



内 容 简 介

本书作为全国教育科学规划课题教育部重点课题“‘中国制造 2025’背景下应用型高校工程人才培养的创新机制和路径研究”(批准号: DIA170372)的研究成果,立足于马克思主义文化的实践观,从理论上阐述了工程文化的诸多要素,通过对实体和工程物建构过程的工程意义和文化内涵的剖析,说明工程文化作为工程创新路径的深刻道理和实施的可行性。

本书的特点是理论研究与应用实践相结合,并结合我国制造业的发展规划,通过对工程文化涉及的内涵、历史、现实、思维、哲学、艺术等要素的论述和分析,以若干“知识点滴”作为实例,探讨工程文化作为制造业工程创新路径的现实意义。

本书可作为理论探讨的读物,也可以作为普及工程知识的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工程文化:基于实体建构的工程创新路径/王浩程著. —北京:清华大学出版社,2018
ISBN 978-7-302-50932-5

I. ①工… II. ①王… III. ①文化—关系—工程技术 IV. ①TB-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 190115 号

责任编辑:赵 斌 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:董 瑾

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市君旺印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:11

字 数:265 千字

版 次:2018 年 12 月第 1 版

印 次:2018 年 12 月第 1 次印刷

定 价:48.00 元

产品编号:080378-01

前言

FOREWORD

当把“工程”和“文化”放在一起,细细品味、认真思索“工程文化”的含义和所包含的广博内容、深刻内涵时,在“文化自信”的时代洪流中理性的思考和情感的涌现使我的内心平添了探究“工程文化”真谛的责任与渴望。习近平总书记强调:“文化是一个国家、一个民族的灵魂。中华民族生生不息绵延发展、饱受挫折又不断浴火重生,都离不开中华文化的有力支撑。中华文化独一无二的理念、智慧、气度、神韵,增添了中国人民和中华民族内心深处的自信和自豪。”在经济发展的新常态下,随着供给侧结构性改革的持续深入,“中国制造 2025”行动纲领、“一带一路”倡议等正在稳步推进。在改革和发展中,经济是主战场,工程是影响发展成效的关键,而在经济改革和工程决策运行中蕴含了大量的文化成分。因此,关于工程文化的深入探讨也就成为工程创新路径探索的必然。

如同“哲学”的概念和范畴,“文化”也是一个内涵极其深刻、外延极其广博的词汇,我们几乎想不到没有文化存在的任何时间、空间。正是因为文化的广博性,让我们感觉探讨文化问题是一件既简单又非常艰涩的事情。简单是指可以信手拈来,而艰涩意味着可能永远也挖掘不完甚至琢磨不透哪怕只是某一个领域存在的文化现象。工程文化就是这样一个概念,因为工程贯穿着人类文明发展的全部历史和社会生活的各个领域,所以对工程文化的探讨也是无法穷尽的。这就是说,我面临的一个首要问题是,以怎样的视角去分析探讨工程文化?是泛泛地谈,罗列工程学科中的文化现象加以阐述,还是确定一条包含特定主题的主线,围绕这条主线抓重点方面展开思想?我选择的是后者。工程学科名目繁多,每一个学科都包含着共性的和其自身特有的文化现象,尽管可以丰富我们的知识,但却缺乏一种汇聚性的、使人产生内心感悟的深度。“实体建构”是工程的本质所在,怎样在“实体建构”中发掘工程活动的文化价值,这是一个时代价值观的问题,也是探索工程创新发展路径的问题。它贴合了我承担的教育部重点课题(全国教育科学规划课题教育部重点课题“‘中国制造 2025’背景下应用型高校工程人才培养的创新机制和路径研究”(批准号: DIA170372))的研究本意,对于工程教育的改革和发展也有良好的指向作用。但我仍惴惴不安,不知在书中是否能够将设想的内容表达清楚和透彻,我将尽己所能。

我选择的自认为是工程文化最重要的几个方面:

(1) 工程与历史。知古鉴今是人类社会文明进步的重要哲思。历史传承下来的无论是经验还是教训,都是人类继续向前的宝贵财富。工程在人类漫长的“造物”历史中演变进化,积淀下无数让人心灵震撼、心驰神往的文化精髓。由此,工程文化体现在历史上,是一条继承与发展、吸收与创新的奋进之路。

I 工程文化——基于实体建构的工程创新路径

(2) 工程与当代。科学技术的飞速发展改变着人们的生活方式和思维方式,没有一个时代像当今社会这样,将科学文化、产品文化、生活文化、思维文化等如此高度地融合在一起。当代中国,处处迸发着文化的生机与活力,而工程文化首当其冲。将生态的、智能的理念融入工程中,使工程文化的内涵更加丰富,人与自然同生共存、相互交融的理性发展思路更加清晰。工程文化体现在当代,是一条天人合一、共生共享的理想之路。

(3) 工程与思维。思维是深层次的文化现象。个体的思维方式构成了一个社会整体的价值观念和文化导向。工程活动中,存在实体思维、工程思维、创新思维三种形态和层次。实体思维侧重于静态的物的构型及其功能的实现,工程思维侧重于工程物建构的动态过程,创新思维则追求产生新的工程物或改进现有工程物的思维飞跃过程。工程文化体现在思维上,是一条思维创新、寻求突破的探寻之路。

(4) 工程与哲学。工程物的建构都是在特定的环境中进行的,而且受多种因素的共同作用。这些因素自身的新旧更迭,它们彼此之间能否相互协同,它们对环境的适应性如何,这些问题中包含着许多诸如矛盾的、辩证的、演化的、方法的哲学观点,用这些观点审视工程、决策工程、评价工程,会使工程实践活动更加充满理性,通过工程的实施过程,人的认识水平得到提高,三观得到锻炼,探索精神得到加强。工程文化体现在哲学上,是一条理性思考、探求方法的智慧之路。

(5) 工程与艺术。工程是物的建构,艺术是美的感受。人们在实现生存目标的同时,也在不遗余力地追求精神的满足,艺术是这种满足的直接表达。工程与艺术的紧密相连,让工程成为传播艺术美、感受艺术美的载体,让艺术有更多、更充分的表达方式,这其中既有哲理,又充满了人性的情感。工程文化体现在艺术上,是一条向往美好、通往希望的情感之路。

这五方面的内容并不能穷尽工程文化的全部内涵,但作为一个学术架构的支撑还是有较强力度的。我反复在想,无论是一名工程领域的工作人员,还是一名培养工程人才的教育工作者,甚至是一个普通人,如果能够在这几方面做些思考,付诸些实践,那么其自身的修养和工作的实绩都会不枉这番功夫的。因为工程和工程文化对于任何一个社会的个体都是有身心影响力和成长推动力的。

作为一名工程领域的教师,我深知自己的学识水平还有待提高,因此本书中必然存在问题和不足,希望专家学者不吝赐教。

作者

2018年10月

目 录

C O N T E N T S

第 1 章 工程的本质和内涵	1
1.1 工程与工程文化	1
1.1.1 工程的概念	1
1.1.2 工程文化的理性思考	3
1.2 工程的本质	5
1.2.1 基于建构观点的工程本质	5
1.2.2 基于存在观点的工程本质	6
1.2.3 基于价值观点的工程本质	7
1.2.4 基于文化观点的工程本质	8
1.3 工程的内涵	11
1.3.1 内涵概念解析	11
1.3.2 关于内涵式发展	12
1.3.3 工程的文化内涵	13
1.4 工程与科学、技术、产业	14
1.4.1 概念描述	14
1.4.2 辩证关系	15
第 2 章 工程的历史溯源	19
2.1 工程的起源	19
2.1.1 工程与认识活动	19
2.1.2 基于造物的工程起源	23
2.1.3 基于方法的工程起源	29
2.2 工程的发展	34
2.2.1 采集、狩猎的原始工程发展阶段	34
2.2.2 农业、手工业的工程发展阶段	35
2.2.3 工业革命的工程发展阶段	37
2.2.4 信息革命的工程发展阶段	38
2.3 工程的演化	40

VI

工程文化——基于实体建构的工程创新路径

2.3.1

词义辨析

40

2.3.2

要素作用的工程演化

41

2.3.3

工程演化的动力和机制

48

第3章

工程的时代使命

52

3.1

工程与经济改革

52

3.1.1

工程活动与经济活动

52

3.1.2

新经济下的工程发展

54

3.1.3

供给侧改革中的工程文化

56

3.1.4

经济新常态与工程

58

3.2

工程与国家发展

59

3.2.1

工程与“中国制造 2025”行动纲领

59

3.2.2

工程与“一带一路”合作倡议

63

3.2.3

工程与“互联网+”行动计划

66

3.3

工程与教育改革

69

3.3.1

教育与工程教育

69

3.3.2

工程之于人的塑造

71

3.3.3

“新工科”工程教育

72

3.3.4

基于工程的素质教育

74

第4章

工程与思维

78

4.1

思维的本质

78

4.1.1

思维的含义

78

4.1.2

自我意识提升——思维的发展

80

4.1.3

思维方式

81

4.1.4

马克思主义实践思维方式

83

4.2

“物”的存在——实体思维

87

4.2.1

“实体”的词义解析

87

4.2.2

基于经济的实体思维

89

4.2.3

基于政治的实体思维

90

4.2.4

基于文化的实体思维

91

4.3

“物”的建构——工程思维

92

4.3.1

工程对思维的影响

93

4.3.2

工程思维的概念分析

94

4.3.3

工程思维的特征

95

4.3.4

工程思维的方法

97

4.3.5

工程思维的流程

99

4.4

“物”的新生——创新思维

99

4.4.1

工程创新

100

	目 录	
4.4.2	工程创新思维	101
第5章	工程与哲学	104
5.1	工程的唯物观	104
5.1.1	工程的唯心观	104
5.1.2	工程的旧唯物观	105
5.1.3	工程的历史唯物观	106
5.1.4	工程的辩证唯物观	108
5.2	工程的系统观	109
5.2.1	系统和系统观	109
5.2.2	工程系统	111
5.2.3	系统工程	113
5.3	工程的伦理观	114
5.3.1	伦理和伦理观	114
5.3.2	工程的伦理观问题	115
5.3.3	工程师的伦理意识与责任	116
5.4	工程的价值观	118
5.4.1	价值和价值观	118
5.4.2	工程的利益价值观	120
5.4.3	工程的公益价值观	120
第6章	工程与艺术	122
6.1	艺术的魅力与表达	122
6.1.1	艺术的形式	122
6.1.2	艺术的魅力	123
6.1.3	艺术的工程表达	124
6.2	工程设计与艺术	125
6.2.1	工程设计的艺术要素	126
6.2.2	工程设计的艺术方法	128
6.2.3	工程设计的艺术特征	132
6.3	工程材料与艺术	134
6.3.1	材料的工程属性	134
6.3.2	材料的艺术属性	135
6.3.3	材料工程属性和艺术属性的关系	135
6.4	工程制造与艺术	137
6.4.1	传统工艺与艺术	137
6.4.2	数控工艺与艺术	139
6.4.3	3D打印技术与艺术	140
6.4.4	表面处理工艺与艺术	141

X	工程文化——基于实体建构的工程创新路径	
6.4.5	电火花工艺与艺术	142
第 7 章	工程文化的路径探析	144
7.1	基于中国制造的路径思考	144
7.1.1	理性的路径思考	145
7.1.2	实践的路径思考	146
7.1.3	创新的路径思考	150
7.2	“文化自信”的路径探寻	153
7.2.1	最根本的自信——文化自信	154
7.2.2	最具实感的自信——工程文化自信	155
7.2.3	工程文化自信筑就工程文化路径	156
	参考文献	158
	后记	160

目 录

第一章 工程的本质和内涵	13
1.1 工程与工程文化	13
1.1.1 工程的概念	13
1.1.2 工程文化的理性思考	14
1.2 工程的本质	16
1.2.1 基于建构观点的工程本质	17
1.2.2 基于存在观点的工程本质	18
1.2.3 基于价值观点的工程本质	19
1.2.4 基于文化观点的工程本质	20
1.3 工程的内涵	23
1.3.1 内涵概念解析	23
1.3.2 关于内涵式发展	24
1.3.3 工程的文化内涵	25
1.4 工程与科学、技术、产业	26
1.4.1 概念描述	26
1.4.2 辩证关系	27
第二章 工程的历史溯源	32
2.1 工程的起源	32
2.1.1 工程与认识活动	32
2.1.2 基于造物的工程起源	36
2.1.3 基于方法的工程起源	43
2.2 工程的发展	48
2.2.1 采集、狩猎的原始工程发展阶段	48
2.2.2 农业、手工业的工程发展阶段	49
2.2.3 工业革命的工程发展阶段	51
2.2.4 信息革命的工程发展阶段	53
2.3 工程的演化	55
2.3.1 词义辨析	56
2.3.2 要素作用的工程演化	57
2.3.3 工程演化的动力和机制	63
第三章 工程的时代使命	67
3.1 工程与经济改革	67
3.1.1 工程活动与经济活动	67
3.1.2 新经济下的工程发展	69
3.1.3 供给侧改革中的工程文化	71
3.1.4 经济新常态与工程	73
3.2 工程与国家战略	74
3.2.1 工程与“中国制造 2025”	75

3.2.2 工程与“一带一路”	79
3.2.3 工程与“互联网+”	82
3.3 工程与教育改革	86
3.3.1 教育与工程教育	86
3.3.2 工程之于人的塑造	87
3.3.3 “新工科”工程教育	89
3.3.4 基于工程的素质教育	91
第四章 工程与思维	96
4.1 思维的本质	96
4.1.1 思维是什么	96
4.1.2 自我意识提升——思维的发展	98
4.1.3 思维方式	99
4.1.4 马克思主义实践思维方式	101
4.2 “物”的存在——实体思维	105
4.2.1 “实体”的词义解析	106
4.2.2 基于经济的实体思维	107
4.2.3 基于政治的实体思维	108
4.2.4 基于文化的实体思维	109
4.3 “物”的建构——工程思维	111
4.3.1 工程对思维的影响	111
4.3.2 工程思维的概念分析	112
4.3.3 工程思维的特征	114
4.3.4 工程思维的方法	116
4.3.5 工程思维的流程	119
4.4 “物”的新生——创新思维	120
4.4.1 工程创新	120
4.4.2 工程创新思维	121
第五章 工程与哲学	125
5.1 工程的唯物观	125
5.1.1 工程的唯心观	125
5.1.2 工程的旧唯物观	126
5.1.3 工程的历史唯物观	127
5.1.4 工程的辩证唯物观	129
5.2 工程的系统观	130
5.2.1 系统和系统观	130
5.2.2 工程系统	132
5.2.3 系统工程	135
5.3 工程的伦理观	136
5.3.1 伦理和伦理观	136
5.3.2 工程的伦理观问题	137
5.3.3 工程师的伦理意识与责任	138
5.4 工程的价值观	140
5.4.1 价值和价值观	140

5.4.2 工程的利益价值观.....	142
5.4.3 工程的公益价值观.....	143
第六章 工程与艺术.....	145
6.1 艺术的魅力与表达.....	145
6.1.1 艺术的形式.....	145
6.1.2 艺术的魅力.....	146
6.1.3 艺术的工程表达.....	147
6.2 工程设计与艺术.....	149
6.2.1 工程设计的艺术要素.....	149
6.2.2 工程设计的艺术方法.....	151
6.2.3 工程设计的艺术特征.....	156
6.3 工程材料与艺术.....	159
6.3.1 材料的工程属性.....	159
6.3.2 材料的艺术属性.....	160
6.3.3 材料工程属性和艺术属性的关系.....	160
6.4 工程制造与艺术.....	162
6.4.1 传统工艺与艺术.....	162
6.4.2 数控工艺与艺术.....	164
6.4.3 3D 打印与艺术.....	165
6.4.4 表面处理工艺与艺术.....	166
6.4.5 电火花工艺与艺术.....	168
第七章 工程文化的路径探析.....	170
7.1 基于中国制造的路径思考.....	170
7.1.1 理性的路径思考.....	171
7.1.2 实践的路径思考.....	172
7.1.3 创新的路径思考.....	176
7.2 “文化自信”的路径探寻.....	180
7.2.1 最根本的自信——文化自信.....	180
7.2.2 最具实感的自信——工程文化自信.....	181
7.2.3 工程文化自信筑就工程文化路径.....	182
后 记.....	185
参考文献.....	188

第一章 工程的本质和内涵

生活在色彩斑斓、五彩缤纷的世界，你是否会产生这样的意识，你接触到的一切，你经历过的所有，都与“工程”息息相关。简单的不能再简单，一级台阶，一道沟渠；复杂的让人目不暇接，桥梁、大厦、高空栈道。无论是手的触摸，还是目光的触及，在脑中留下的印迹，或是体验，或是情感，或是不经意间的一次邂逅，究其根本都来源于“工程实体的建构”，或者说，就是“工程造物”。了解工程，认识工程，是每个人提高身心品位、发展思维能力的一条新的路径。

1.1 工程与工程文化

对工程的认识来源于人自身的生存。物质的存在和形态变化，是人类生存发展的基本条件。当人们在意识的基础上通过主观努力去获取物、改变物时，逐步就形成了工程的萌芽。人类的物质文明发展至今，工程的价值和功能已经成为社会牢不可破的发展基础，工程本身也在人的个体和社会现实的方方面面刻下深深的烙印。工程的中心任务是在构思设计的基础上，通过使用一定的原材料和工艺方法实现目标指向的有形物的建造。在工程任务实施中，所有的工作都是围绕着物的实体的产生而展开，首先出现在大脑构思之中的是工程的具体内容，如人、物料、场地、设备、环境等要素。除了技术内容，还包括政策、法规、质量、安全等诸多非技术要素。在工程实施涉及的内容、目标和过程中，包含着许多文化现象，它们对工程活动的顺利开展发挥着重要的引导作用。工程文化作为一个概念整体，它体现的是“物的建构”的文化特征，是融合在物质需求中人的精神追求的价值体现。

1.1.1 工程的概念

“工程”一词对多数人来说都耳熟能详。无论对“工程”一词多么熟悉，作为追求更好地生存与发展的个体，作为有志于投身创造的受教育者，都应该从概念入手，深刻地认识工程，理解工程。工程是一种将人们构思、设计中的物的实体实现出来的主观行为，这种行为的突出特征是它的实践性、组织性和规律性。所以工程可以说是基于实体构建的有组织的社会实践活动。面对历史进程中存在或曾经存在的世间万物，面对社会的物质文明进程，我们必须认识到工程发挥的无可替代的作用。在工程活动过程中，人们不断地应用科学原理，探寻事物发生发展的内在规律，由此形成了工农业生产不同领域基于科学原理应用的知识体系，即所谓工程学科。故“工程”一词的含义有两层，一是实践活动，二是学科总称。

着眼于实体构建的工程是狭义的工程概念。如果将工程的外延拓展，将其拓展至文化、精神的层面，就产生了通过物的建构致力于社会普遍文明价值观念提升的广义工程概念，如希望工程、扶贫工程、爱心工程等。再进一步拓展，由物的建构引伸到普遍意义的实践活动，再深入到深刻的思想领域的实践变革，就产生了思想建设工程的概念，如党的十九大提出的“党的建设伟大工程”，

就是触及到灵魂深处, 涉及社会各领域的深刻意识形态和组织变革。当然, 在本书中, 我们还是将工程的含义聚焦于基于“物的建构”的社会实践活动。

工程是伴随人类认识活动和文明进步的历史发展而产生和发展的。它起源于人类生存的需求, 包括对最基本的衣食住行的需求, 特别是对赖以生存的工具的需求。人类为渴求获得生存的条件, 进而追求生活的美好而进行的辛勤劳作, 生生不息制作、建构出无数新的现实存在物, 从石器到石器, 从手工到智能, 从土屋窑洞到高楼大厦, 从荆钗布裙到绫罗绸缎……所有这些构成了人类工程活动的发展历史。现代工程源自古代, 但其内涵已经得到极大的拓展, 主要表现在现代工程的理论基础、技术手段、组织管理体系等方面。

工程具有如下属性:

1. 工程的实践性。无论是工程的内部人员、技术要素还是外部环境要素, 实践性都是工程的最突出特性。将工程定义为“有组织的社会实践活动”实际也就是在强调工程实践性的属性。

2. 工程的社会性。工程的目标是服务于人类, 为社会创造价值和财富。工程的产物要满足社会的需要。工程活动的过程受社会政治、经济、文化制约, 其社会属性贯穿于工程的始终。

3. 工程的创造性。创造性是工程与生俱来的本质属性。在工程活动中, 通过科学和技术的结合并应用于生产实际中, 从而创造出社会、经济效益, 创造出具有文化特征的“工程物”。

4. 工程的价值性。在符合政策法规要求的前提下, 通过工程活动的实施, 取得一定的工程利润, 这是工程的经济价值。此外, 工程活动的开展, 应该在正确的价值观指导下进行, 由此使得工程在促进社会文明进步, 给人们带来精神愉悦方面发挥作用, 也就是工程的精神和文化价值。

5. 工程的综合性。工程的综合性一方面表现在工程实践过程中所使用的学科和专业知识的综合的, 必须综合应用科学和技术的各种知识, 才能保证工程产出的质量和效率; 另一方面也表现在工程项目在实施过程中, 除技术因素外, 还应综合考虑经济、法律、人文等因素, 只有这样, 才能保证工程能够获得最佳的社会和经济效益。

6. 工程的科学性与经验性。遵循科学规律是保证工程顺利实施的重要前提。同时, 为使工程能够达到预期效果, 要求工程的设计和实施人员必须具备较为丰富的相关领域实践经验。

7. 工程的系统性。任何一项工程都是由许多要素构成的, 并且这些要素之间存在密切的联系, 只有这样, 工程活动才能有序进行, 并最终实现预期目标, 发挥其设计功能, 同时产生效益。

8. 工程的伦理约束性。工程的最终目的是为了造福人类, 因此, 为了确保工程的力量用于造福人类而不是摧毁人类, 工程在应用的过程中必须受到道德的监视和约束。尽管工程对人类做出了巨大贡献, 但是如果缺乏道德制约, 它对人类生活也会产生破坏性的乃至毁灭性的影响。

1.1.2 工程文化的理性思考

殷瑞钰院士在《工程哲学》中关于“工程文化”做了如下阐述: “工程文化在概念内涵上同时与‘工程’和‘文化’有了关联。可是, 另一方面, 工程文化的含义既不等于‘工程’, 又不等于‘文化’。它是在工程概念和文化概念的交叉集合中产生的一个新概念, 必须从两者的交叉、渗透与综合创新的角度来认识和把握工程文化这个新概念的涵义。”在本书中, 我们正是把工程文化作

为一个整体来探讨其理论和实践内涵的。当然，这个整体是建立在分别对“工程”和“文化”两个概念的深刻把握基础上的。后面我们会将工程放在文化的诸多重要组成方面去深入理解工程文化的整体内涵并落脚于作为发展路径的现实意义上。基于对“交叉、渗透与综合创新”的理解，这里将工程文化描述为：人类在基于物质世界的“造物”的实践活动中，通过自身的能动性创造形成的由建构目标和过程彰显出的具有社会价值的文明指征。

基于物的建构，工程的含义是“有组织的社会实践活动”，于是，工程文化就可以理解为有组织的社会实践活动中的文化现象。可以说，人类社会漫长的历史长河积淀下来的各种文化现象，与社会实践活动是息息相关、密不可分的。悠久的工程造物历史，传承着优秀的传统文化，现代社会中，人们也在不断地将工程赋予文化的意义，在工程设计建造中体现出某种象征的文化内涵。工程文化的突出特征就是它的实践性，而实践的观点是马克思主义哲学的首要的根本的观点。

马克思在《关于费尔巴哈的提纲》中，开宗明义地阐明了对人的实践认识的根本观点：“从前的一切唯物主义包括费尔巴哈的唯物主义的主要缺点是：对事物、现实、感性，只是从客体的或者直观的形式去理解，而不是把它们当作感性的人的活动，当作实践去理解，不是从主体方面去理解。”^①可以看出，人作为主体，从最初的感性活动开始，就成为并一直延续着实践的主导作用，而实践又在不断地反作用于人的主体，加深着人的主体的认识能力并促进人进一步为了生存发展去实践。马克思的实践观从根本上肯定了人的存在的本质特征就是在自觉的改造自然的实践活动中完善和提高自我，“这种活动，这种连续不断的感性劳动和创造，这种生产，正是现存感性世界的基础，它哪怕只中断一年，费尔巴哈就会看到，不仅在自然界将发生巨大的变化，而且整个人类世界以及他自己的直观能力，甚至他本身的存在也会很快就没有了”^②。在不断循环和深化的实践中，人的精神、意志、思维、知识以及由此影响到的社会的形态、风貌、政治、经济、宗教等都成为文化内涵的表现形式。由此可见，马克思的实践观在奠定了其唯物史观的坚实基础的同时，也确立了马克思主义文化理论的清晰架构。在马克思主义哲学的视域下，实践与文化并不是外在的、彼此可分离的两个概念，而是具有同生共存，你中有我、我中有你的内在本质联系的孪生体关系。一方面，文化是本质产生于实践的，社会发展中所有文化的东西都是在经济社会的实践活动中积蓄形成的。马克思唯物史观中关于生产力和生产关系、经济基础和上层建筑的论述充分说明了文化在社会实践中产生的深刻道理；另一方面，文化在生成并发展过程中具有自身的独立性，并反作用于实践活动促进社会发展。马克思主义以实践为根基的文化理论深刻阐释了文化在人类社会历史发展中的重要地位和作用，这种地位和作用从任何一种文化形式都可以具体地体会出来。

在马克思主义哲学中，实践是一个具有深刻内涵和宽泛外延的概念。面对生存的需求，实践首先是指人能动地改造客观世界的物质活动，是人所特有的对象性活动。马克思指出，人类生存的首要前提是衣食住行等生活资料的满足，“我们首先应当确定一切人类生存的第一个前提，也就是一切历史的第一个前提，这个前提是：人们为了能够‘创造历史’，必须能够生活。但是为了生活，首先就需要吃喝住穿以及其他一些东西。因此第一个历史活动就是生产满足这些需要的资料，即生产物质生活本身”^③。从这个角度理解，工程就应该进入人们的视线。工程实践是人类获取生存资料的最基本的实践活动，也是人类进而实现美好生活的必然实践过程。而在历史演进过程中

发生的大量工程事件（以工程物的遗存为标志）其本身就包含着丰富的文化内涵，民族风情的、精神意志的、政治权威的、诗情画意的……这些文化的东西把工程作为载体，永世流传。于是，“工程文化”就成为了一个极具理论深度和情感意境的整体概念，马克思主义基于实践的文化理论是其无比深厚的理论源泉，而人们在历史遗存的工程物前发出的感慨和对历史未来的畅想就是这种情感意境的充分表达。

工程文化理性思考的另一方面是工程文化中蕴含的辩证思想。物质和意识，矛盾和运动，联系和发展，实践和理论，这些辩证唯物主义的问题在工程文化的深刻内涵中都有充分体现。“虽然世界的存在是它统一性的前提，因为世界必须存在，然后才能是统一的，但是世界的统一性并不在于它的存在。在我们的视野的范围之外，存在甚至完全是一个悬而未决的问题。世界的真正的统一性是在于它的物质性，而这种物质性不是魔术师的三两句话所能证明的，而是由哲学和自然科学的长期和持续的发展来证明的”^②。马克思辩证唯物主义关于“物质是第一性的，意识是第二性的”的论述，在“工程文化”中可以鲜明的体会到。工程的物质性是突出而且具体的，工程造物是亘古不变的存在真理。工程中所富含的文化意义是人们通过意识在物的存在中感受出来的，如果究其根本经常也是人们受某种“物”（自然的或社会的）的现象的启发，在意识的作用和能动下创造出工程物并使之具有了文化特征。唯物论中的物质决定意识，意识对物质具有能动作用在工程文化的内涵中得到充分体现。

马克思辩证唯物主义强调矛盾的普遍性和运动的绝对性，人类社会是在矛盾运动中发展的。工程在其演化过程中，自身内部的要素矛盾是其进化的根本动力，而社会环境的文化冲突对其也具有重要影响，诸如权力争斗、观念变化、认识不同、制度更迭等，这些文化冲突往往会从根本上左右工程的取舍及方向。有时还会用工程手段（军事）去化解冲突。从这个意义上讲，工程与文化的本质联系实际也是矛盾运动中的必然联系。事物都是联系和发展的，这是马克思辩证唯物主义的基本观点。工程要素间的联系是工程目标实现的基本前提，而文化也是联系产生的结果，因为无论是何种联系，首先是通过人的意识建立起来的，有时意识本身就是这种联系。所以说，工程文化的整体概念也是借助联系形成并发展的。

1.2 工程的本质

从对物的获取和改变角度看，工程的本质是建造。对基于建造的工程本质的理解，可以从工程目标和结果着眼。创建满足个体生存和发展需求的人工存在物是工程追求的目标，同时也是工程实施的结果。在这个层面上，人工存在物的实现是工程实践活动作用的结果。因此可以说，工程实践活动是工程核心意义上的本质。应该说，作为存在物构建的工程，是人们对工程本质最本能和最直观的理解。这是由人的生存和社会属性决定的。许多先哲和学者围绕“物的建造”和“实践活动”对工程的本质做了精辟的阐释。殷瑞玉院士在《工程哲学》一书中，明确指出工程的本质为“造物的实践活动及过程”，是“各种工程要素的集成过程、集成方式和集成模式的统一”，其中着重强调工程是“实践活动过程对工程要素的集成”。在基于物的观点理解工程本质的基础上，其概念外延可以从以下几

方面进行深入探究。

1.2.1 基于建构观点的工程本质

建构的本意是物的构思、设计和建造。在文学艺术创作、社会科学研究中引伸为作品或研究成果形成框架并进一步填充内容的过程，是一种意识形态的建构。从建构的角度审视工程的本质，直观而自然。无论是物的建构还是意识形态的建构，都能使人清晰明了地理解工程的本质。这里我们更多地强调物的建构，从最直接工程建造的层面探寻工程的本质。沿着人类生存发展的轨迹可以看到，从简陋的石器到叉凿斧锯等工具的发明使用，从最原始的栖居住所到豪华宫殿的建造，从荆钗布裙到绫罗绸缎，无论是为满足最基本的生存，还是显示贵族的身份地位，亦或是战争中军事谋略的表达，工程建构的步履伴随时代的变迁从未停歇过。

建构是技术，建构是艺术，建构也是文化。有了建构，才逐渐有了文明，也才逐渐积蓄下了文化。为数众多的中国古文化遗址无一不是以各具特色的出土文物——工程建构物为文化构成的。仰韶文化、河姆渡文化代表了黄河、长江流域新石器时代民族文化的源远流长。色彩不同、造型各异的陶器构成了文化的主色调，民居风格、工具、器具反映了当时人们的生活方式和劳作水平。7000年的历史积淀下的文化光耀着华夏。

从建构的角度理解工程的本质，不仅是物品建造的文化传承性，更多的是侧重关注工程建筑结构的艺术性、巧妙性和坚实性。应县木塔就是一个典型实例，它是世界建筑史上的奇迹。全称佛宫寺释迦塔的应县木塔建于公元1056年的辽清宁二年，是为供奉佛祖释迦牟尼而建。经历了近千年的沧桑岁月，风霜雪雨、大小地震、战乱炮火，至今仍巍然屹立。作为世界最高最古老的全木结构建筑，整个结构不含一根铁钉，从建构技艺上显示了中华民族能工巧匠的高超智慧，成为世界木建筑史上最具价值、包含丰富抗震避雷等领域科学知识的宝贵财富。

【知识点滴】应县木塔千年不倒有着科学道理。从结构力学的理论上来看，木塔的结构非常科学合理，卯榫结合，刚柔相济，这种刚柔结合的特点能够起到非常好的缓冲耗能作用，其减震能力的设计，能与现代建筑工程的科技水平相媲美。从结构上看，一般古建筑都采取矩形、单层六角或八角形平面，而应县木塔是采用两个内外相套的八角形，将整个平面分为内外槽两部分。内槽供奉佛像，外槽供人员活动。内外槽之间又分别有梁、枋等结构件纵横相连，构成了一个刚性很强的双层套式结构。这样，就大大增强了木塔的稳定性能。木塔外观为五层，而实际为九层。每两层之间都设计有一个暗层。从外看暗层是装饰性很强的斗拱平座结构，从内看却是坚固刚强的结构层，建筑格局极为巧妙。经过历代的加固，暗层内又非常科学地增加了许多弦向和经向斜撑，组成了类似于现代的框架结构层，其力学性能非常好。在四道圈梁的共同作用下，木塔的强度和抗震性能也就大大增强了。斗拱是中国古代建筑所特有的结构形式，靠它将梁、枋、柱连接成一体。由于斗拱之间不是刚性连接，所以在受到大风地震等水平力作用时，木材之间产生一定的位移和摩擦，从而可吸收和消耗部分能量，起到了减少变形的作用。除此之外，木塔内外槽的平座斗拱与梁枋等组成的结构层，使内外两圈结合为一个刚性整体。这样，一柔一刚便增强了木塔的抗震能力。释迦塔设计

有近六十种形态各异、功能有别的斗拱，是中国古建筑中使用斗拱种类最多，造型设计最精妙的建筑，堪称一座斗拱博物馆。

在当代，以建构物为突出特征的优秀传统民族文化不断增强着民族自信，推动中华民族迈向世界强者之林。“中国制造 2025”是一项旨在振兴国家装备制造业的国家发展战略，其工程建构的特征极为明显。不仅直接指向十大领域高端装备产品的建构，同时也是相关体制机制以及周围环境要素协调措施的建构。“中国制造 2025”关注的是国家制造业由大变强的进程，是一项波及面广、影响力大的战略工程，这是由其“立国之本、兴国之器、强国之基”的战略地位决定的。

1.2.2 基于存在观点的工程本质

存在是现实社会中作为客观对象的实体和虚体的总称。在人的意识基础上，存在可以定义为被感知的事物，其中同样包含了实体和虚体。对于实体，其占据空间位置的特征至使其与工程相联系的属性十分明显。用实体构建的概念去描述工程的本质其实更加符合人作为生物实体的思考习惯。作为实体的存在，包括人本身，在从古至今的演变和进化过程中，以工程为载体或为方法手段，发展着文明，提高着人们生活的满足感，推动着社会的进步。事实上，基于实体的存在，就是基于物的建构，在此基础上理解工程的本质，就是造物的实践活动。

而对虚体的理解似乎要复杂一些。从字面上看，虚体一词是为与实体相匹配组成一对哲学概念而引出的。否则，有“虚”一个字表达相关含义便够了。况且，“虚”与“体”两个字从含义上似乎本身就存在着矛盾。就象科学上为了研究的清晰和方便，为了整齐划一和完美体系而构建的一些概念或提出的一些假说。虚体也是这样，终究是为了更好地说明问题而定义的。如果说工程是通过构建实体并发挥其功能来实现它的社会价值，那么在实体构建过程中涉及的要素是多方面的。一是要素本身，包括技术方面的和非技术方面的。二是要素间的相互联系，这种联系往往是至关重要的，比如设计和工艺之间、质量和管理之间、效率和设备之间都存在密切的联系。我们可以把除了人、财、物等实体要素之外的其它要素归于虚体，特别是象属性、联系、影响等要素的虚体特征更为明显。这样看来，事实上，这里论述的实体与虚体直接理解为物质和意识也未尝不可，因为所有的属性、联系等都来自于意识、构建于意识。

从哲学上讲，虚与实是矛盾对立统一的两个方面。既没有完全彻底的虚，也没有完全彻底的实。比如科学技术里的虚拟仿真是利用虚的手段来表达实的原理。再比如神的存在，佛的存在，作为事，它是实，而作为物，它是虚。依认识的差异，很多事物可能介于虚实之间。虚体可以定义为存在于人们意识之中的“物”。在人的意识作用和加工下，虚体较之实体可能不仅仅在于产生一个或一些功能，其内在属性可能更趋丰满，更趋理性，更趋智慧，更趋哲思。从人的追求、奋斗、激发潜能来看，目标、理想、信仰都可以看作虚体的存在。而在这里，虚体所发挥的广义的“构建”作用是十分具有积极意义的。由此也就延伸出广义的工程本质。凡是针对存在而进行的创造、建造、改变都可称作工程。这就囊括了“物”的工程和“意识形态”的工程。必须注意到，“物”的工程和“意识形态”的工程在大多数情况下是存在交叉的。希望工程是针对国家贫困地区基础教育实施的一项“意识形态”工程，

但其中如果剥离了学校、设施、师资等“物”的要素，也就失去了其初衷的意义和价值；三峡工程是一项庞大的“物”的实体工程，但其中精神、文化、政治、法规、军事等意识形态方面的内容极其丰富。

人类实践活动的过程，就是人通过认知虚体去把握实体，再通过创造和改变实体去表达虚体的过程。

存在含义的基本阐释是“有”，它是一个很广的哲学范畴。存在的东西不一定是工程，但工程的所有一定是存在。工程本身是一种存在，工程的对象——世间万物更是一种存在。用存在的观点去思考工程的本质，具有很强的现实意义，因为无论是人还是物亦或是思维，或本身就是存在，或以各种方式影响着存在。这样的思考对于人们务实地看待工程、处理工程事物具有十分积极的意义。

存在作为一个普通概念，非常简单。但作为一个哲学概念，则深邃而富于哲理。如果就其本意追根溯源，恐将陷入思维逻辑的循环怪圈。不可否认，将“存在”作为一个哲学命题进行探讨对于人的发展是有价值的。以海德格尔、萨特为代表的西方存在主义者殚精竭虑地探讨“存在”的问题，确也为人类留下了认识上的宝贵财富。这里在工程基础上阐述存在的本意是将其限制在“现实的存在”、“实际的存在”、“价值和功能的存在”范畴，以期对工程本质有更加深刻的理解。

1.2.3 基于价值观点的工程本质

工程的价值属性是毋庸置疑的。无论是“物”的形态建造的工程，还是思想领域意识形态“建造”的工程，究其根本，是要创造一定的价值，或者说是在一定的价值观引导下实现对某种价值或称某种境界的追求。从人们普遍理解的经济学范畴看，价值作为商品的一种属性，它体现的是商品满足社会需要贡献度的大小以及在构建商品过程中耗费社会有效劳动力的多少。价值直接的表达和评判物是货币。对于工程而言，无论是狭义还是广义理解，它都离不开服务经济社会的基本目标。因此现实中的工程活动必然要受经济规律的影响和约束。建立在“造物”基础上的工程概念，与商品经济价值是密不可分的。无论是三峡大坝的建设工程，还是智能手机的研发工程，其经济价值的体现——获取利润都是不可回避的。对于大多数产业工程项目来说，利润获取往往是决定项目命运的首要因素。

抛开经济学价值的概念，将思维上升到哲学高度去思考价值问题，就会深入到对事物的认知领域，以事物间的联系、事物发展的层次水平、人和物存在的意义等为着眼点，在接受教育和参加社会实践中，在知识的积累和素质的养成中，主动历练自己，提升自身的认识水平并形成服务社会的价值取向。在哲学范畴中，价值属于事物的联系视阈，是客体的各个作用要素通过发挥功能满足主体需求的效益联系。以哲学的观点，价值不是单纯以经济效益作为体量的，它体现的这种联系包含了丰富的抽象概念，如信仰、信念、理想、理念、规范、标准、个性、兴趣等等。将这些概念纳入到人对事物的认识和态度中，就形成了一个人的价值观。通过对价值观的培养，人的个体作为改造或改变客观的主体，在工程实践中，通过思维的发展，通过认识的提升，在一个阶梯上升的进程中，逐渐从一个生存的人进步到一个发展的人，再成长为一个奉献的人，这就是价值观不断提升的表现。站在价值观的角度思量工程，就物的建构来说，工程的价值也就不仅仅体现在经济效益层面，一方面工程具有社会属性，在它包含的技术和非技术要素中，涉及政治、经济、文化、历史、法律、质量、环境等许多非技术要

素集中体现了工程的社会价值。比如一座博物馆工程的建设,其本身就包含了文化和历史的双重价值。工程的社会价值是建设者们孜孜以求、生生不息、无尚向往的价值根本,是人类社会迈向文明进步、步入理想殿堂的本质所在,是人们幸福指数提高的重要标准。

另一方面,工程具有创造属性。没有创造性,工程也就失去了存在的意义。不仅是经济效益的创造,更重要的是创造一种时代标识,一种历史风韵,一种诗情画意,一种人文精神。大厦、桥梁、广场、园林、车站、工厂……在功能实现的基础上,其社会价值是对一个国家、一座城市、一方水土、一处家园能否体现蒸蒸日上、欣欣向荣的精神风貌,使人身心健硕、充满朝气的最佳评价。工程社会价值的追求在解决温饱、实现小康之后更加深刻地诠释着美好生活实现过程的愿景。

意识形态的工程同样具有社会性和创造性的属性和特征,而且往往显现出更加宽宏的意义和境界,它体现的常常是关爱、人性,是精神、道德、信仰、信念的“建造”,它的社会价值集中表现在贡献于民族的富强和人民的幸福。比如希望工程承载着全民族共同富裕、均衡发展的使命,这就是它伟大的社会价值。“一带一路”是一项构筑人类命运共同体的伟大工程。

站在价值和价值观的角度审视工程的本质,必然会涉及到工程伦理问题。在工程行为中,价值取向必须得到高度重视。因为价值取向体现了人作为主体在构思、决策、实施工程活动中所持的基本立场和态度,它深刻揭示出对工程起主导作用的人的本质要素在工程实施运行中发挥的作用,特别是价值引导作用,从而左右工程对于社会的价值走向。同时,它 also 通过工程这一具体事物集中反映出不同群体和个体的普遍价值观,甚至可以在实践中改变价值观。由此,可以引伸出工程中的伦理现象。伦理是一个道德范畴的概念,它所体现的深意正是人的行为及其价值对社会的影响。工程涉及的要素非常丰富,特别是政治、经济、法律、环境等方面的要素,不可避免地存在价值取向的问题,也就是工程伦理的问题。是造福人类还是毁灭人类,这是工程活动存在意义在伦理上的根本判别。战争年代,一些反人类的工程行为不顾伦常,大行其道,摧毁了多少人类历史古老灿烂的文明;经济建设年代,为一己之力,破坏环境,弄虚作假,借工程之名,取功利之实,损害着包括人自身健康在内的人类赖以谋取幸福、持续发展的资源根基和信念根基。

1.2.4 基于文化观点的工程本质

文化是一种社会现象。一个人生活在现实中,无论他是否意识到,他的所思所想,所知所感,他的行为举止,身心发展,都会伴随着无数文化现象。文化是包含物质和精神在内所有感知事物内在属性的体悟、提炼和结晶,是人们在长期生存发展中通过创造、体验形成的对事物的认识,是漫漫历史长河中对人类社会文明进步具有留存价值的事物和现象的积淀。具体来说,文化是蕴含在物质之中又通过意识萦绕于物质之外的,能够在传承和发扬中体现国家和民族价值观的历史、地理、风土人情、传统习俗、生活方式、文学艺术、行为规范、思维方式、价值观念等。作为一种意识形态,文化来源于体现人智慧的物的建造,来源于具有进步意义的历史事件的发掘和流传,来源于在某种信仰影响下长期形成的民俗民风。文化是在人们认识世界、改造世界过程中对客观事物从感性到理性获取的知识与经验的升华。能够称之为文化的东西,无论是传统的还是现代的,无论是物质

的还是精神的，也无论是现实的还是传说的，它都表达着人们所向往的、追求的理想和渴望。可以说，文化是一个民族的精神构成，是每一个时代都需要挖掘并传承的内涵宝藏。

党的十九大报告对中华民族的文化观做了深刻阐述：“文化是一个国家、一个民族的灵魂。文化兴国运兴，文化强民族强。没有高度的文化自信，没有文化的繁荣兴盛，就没有中华民族伟大复兴。要坚持中国特色社会主义文化发展道路，激发全民族文化创新创造活力，建设社会主义文化强国。中国特色社会主义文化，源自于中华民族五千多年文明历史所孕育的中华优秀传统文化，熔铸于党领导人民在革命、建设、改革中创造的革命文化和社会主义先进文化，植根于中国特色社会主义伟大实践。发展中国特色社会主义文化，就是以马克思主义为指导，坚守中华文化立场，立足当代中国现实，结合当今时代条件，发展面向现代化、面向世界、面向未来的，民族的科学的大众的社会主义文化，推动社会主义精神文明和物质文明协调发展。要坚持为人民服务、为社会主义服务，坚持百花齐放、百家争鸣，坚持创造性转化、创新性发展，不断铸就中华文化新辉煌。”

从中可以感受到，文化自信是一种民族精神的底蕴和民族自强过程中深厚的历史积淀。

历史形成的人类共有的具有普遍传承价值的文物古迹或自然景观被称作“世界遗产”。从“世界文化遗产”和“世界自然遗产”这两个概念的对比中，我们可以领悟到，文化包含着创造的意境。就是说，通过人的意愿和主观能动性去构思并建造出具有普世、向善或警醒、反思价值的人工物——文化遗产，这是一种真正的创造。莫高窟，一个另人神往的地方，中华民族的图腾在这里闪烁。一座座石窟，一幅幅壁画，生动地再现着历史，映衬着民族向往与追求的美好生活，也让人从建造技艺到雕刻艺术惊叹着我国古代劳动人民的智慧和毅力。在这里，每一个人都会被文化的创造性、文化的深邃性、文化的共鸣性所感染。

一些遗产在历史的画卷中，自然与文化交相辉映。自然为文化增加华丽，文化为自然注入底蕴。大自然鬼斧神工的美丽风光，灵山秀水，奇峰异石，当文人墨客抒发情怀，赋予了它们精神的内涵时，它们就有了文化韵律。在世界遗产的氛围中，人们可以感受到文化的本质。

从本质上看，在一定社会历史的背景下，当产生的事物在时空变化中由于其自身的价值积聚而衍生出来的任何东西都可称之为文化。文化是知识的积累和生存发展的方式方法，比如在人类物质文明进步中不可或缺的学习的文化和科学技术文化；文化是心底情感情怀的流露和表达，比如以脍炙人口、永恒流传的诗词歌赋、文学作品、戏剧曲艺等为表现形式的艺术文化；文化是教人尚善给人信仰的哲思和行为准则，比如千百年来影响人们生存方式和处事原则的宗教文化和民俗文化；文化是源远流长的历史长河积淀下来的各种思想观念和道德水准，比如由人生观、世界观、价值观构成的三观文化。文化本质的博大精深，使得对文化的思考、理解和挖掘，似乎永无止境。

探寻文化的本质，可以感受到，文化与实体建构是密不可分的。而实体建构恰恰是工程的任务。大量的文化现象都是以工程物为载体的，如寺庙、塔雕、碑石、博物馆等。它们本身建造的目的或者说它们的功能就是承载理想、承载信念、承载厚重的历史。很多工程是为现实功能而建的。在发挥功能的过程中，逐渐显现出民族的精神、智慧和力量，从而折射出文化的光辉、积淀下文化的灿

烂。比如长城、都江堰、莫高窟、大运河等等，而且越久远，其文化的底蕴就越深。即便是非物质文化遗产其实也离不开最初物的表达。比如饮食文化，归根到底脱离不了食品的建构。一些民俗，如放风筝、踩高跷、贴吊签儿等，也是以物的构建为基础的。

还有一种文化，更能体现工程文化的本质，就是废墟文化。曾经的辉煌，曾经的繁荣，曾经的华丽，一去不返，或因自然灾害，或因人为破坏。而曾经的文明，曾经的文化是永恒的，随着时光的流逝，它的价值会与日俱增。所以说废墟文化是一种毁灭与坍塌造就的浴火重生的文化。余秋雨在散文《废墟》中写到：“废墟是毁灭，是葬送，是诀别，是选择。时间的力量，理应在大地上留下痕迹；岁月的巨轮，理应在车道间辗碎凹凸。没有废墟就无所谓昨天，没有昨天就无所谓今天和明天。废墟是课本，让我们把一门地理读成历史；废墟是过程，人生就是从旧的废墟出发，走向新的废墟。营造之初就想到它今后的凋零，因此废墟是归宿；更新的营造以废墟为基地，因此废墟是起点。废墟是进化的长链”。

大漠中的黑城遗址，在多次发掘中，出土了大量西夏文物以及庙宇。其中彩塑佛像和政治、军事、法律、历法等文献向世人昭示了西夏王朝的繁荣与兴盛。作为工程建造物的城池遭战乱遗弃了 800 多年，而延绵千年的西夏文明在这里汇成了黑城文化，永世留存。

【知识点滴】黑城遗址位于内蒙古额济纳旗达来呼布镇南偏东方向约 22 公里处，是古丝绸之路北线上现存最完整、规模最宏大的一座古城遗址。该城建于公元九世纪的西夏政权时期。黑城又称黑水城，位于居延地区，属于居延文明的一部分。公元前 119 年霍去病大破匈奴后，汉朝曾在居延屯兵戍边，创造了居延地区灿烂的汉文明。

公元 1226 年，成吉思汗蒙古军第四次南征攻破黑城，1286 年元世祖在此设“亦集乃路总管府”，这里成为中原到漠北的交通枢纽，马克波罗就是沿着这条古道走进了东方天堂。1372 年，明朝征西将军冯胜攻破黑城后明朝随即放弃了这一地区，此后黑城便在尘封的历史里沉睡了近 700 年。

黑城城墙用黄土夯筑而成，残高约 9 米。城西北角建有 5 座覆体式喇嘛塔，原有的街道和主建筑依稀可辨，四周古河道和农田的残貌仍保持其轮廓。沙漠已经快将这里吞噬，黑城里面还埋藏有多少珍宝是一个未解之谜，但它给人类带来的思考绝不应该仅仅是珍宝……虽然黑城因水源枯竭早在 14 世纪中期就已成为沙海中的孤城残址了，但两千年前开辟的丝绸之路的北线——居延北线，就在黑城附近通过，因而黑城仍有极高的考古价值。

圆明园是中华大地华丽园林的象征，显示了中华民族的勤劳智慧。焚毁后 150 多年的时间，以独特的身姿静静地躺在那里，无需表白，无需重建，诉说着历史，警示着后人。“不管是修缮还是重建，对废墟来说，要义在于保存。圆明园废墟是北京城最有历史感的文化遗迹之一，如果把它完全铲平，造一座崭新的圆明园，多么得不偿失。大清王朝不见了，熊熊火光不见了，民族的郁忿不见了，历史的感悟不见了，抹去了昨夜的故事，去收拾前夜的残梦。但是，收拾来的又不是前夜残梦，只是今日的游戏”（余秋雨：《废墟》）。

纵观世界文明发展历史，人们殚精竭虑地考证着遗迹从诞生到消亡的价值留存与延伸。古埃及

金字塔、希腊宙斯神像、罗得斯岛巨像、巴比伦空中花园……以及我国的秦始皇兵马俑、长城、古楼兰、殷墟……从不胜枚举的工程遗迹中，可以感受文明的久远，历史的神秘，时代的变迁，国家和民族的兴衰；可以鉴古知今，从历史发展的脉络中得到时代进步的启迪。所有这些，都蕴含着丰富的文化内涵。

可以说，从古至今，文化与工程千丝万缕的联系从未中断过。因此，从文化的观点思考工程的本质，就是要挖掘工程的文化内涵，在设计工程、实施工程时尽量让其体现民族的价值观和历史的厚重感。文化是许多工程流芳百世的基石，工程可以成为传统和现代文化雅俗共赏、发扬光大的载体。

1.3 工程的内涵

前面我们探讨了工程“本质”的问题。归根到底，本质解决的是“是什么”的问题。除了基本的定义之外（表述概念），对理论的探讨使人要更进一步地追根溯源，沿着时间的脉络，顺着空间的轨迹，去深刻地追问“到底是什么”。这样去深究得到的答案也许有区别，甚至截然不同，但无论如何会加深对概念的理解。这样的深究就到了探索事物内涵的层面。

1.3.1 内涵概念解析

提到内涵，一般本能地解释为“内在的涵养”，是针对人而言，形容一个人包容大度，有很好的品性和修养。一般而言，当一个人内在的品质心性通过感官或举止显现于外的感受，称为“气质”或“特质”。其表现的就是人的内涵。内涵是当代经济社会谋求发展的热频词之一，其含义扩展为“事物的内在本质属性”。内涵是能够给人带来美感或激励的一种表达。内涵描述的是事物的内在本质属性，但事物的属性往往是客观存在的，它本身并不是内涵；只有当它得到深化或拓展并成为促进事物发展的思想内容时，才能称得上内涵。对于一些创造物或作品，有时称其“形神兼备”，就是认为它有了内涵特质。内涵不是表面上的东西，而是内在的，隐藏在事物深处的东西，所以需要探索、挖掘才可以认识到。

探讨事物的“内涵”问题，实际上是从深层次分析解决“有什么”的问题。对于任何事物进行深入地探索、挖掘，这很重要。从大的方面看，人类社会的文明进步归根到底是认识不断深入的结果。没有对事物深刻的认识，就不会有富于成效的实践。所谓“运筹帷幄”也是深刻认识把握了事物规律的体现；从人自身发展来看，深入剖析事物内部特有属性，是提高人的认识水平、思维能力的需要。科学研究与发现就是一个明显的例子，没有人的不懈探索，事物的“内涵”就永远不会自己显露出来。

对内涵的深刻理解，是事物发展的必然要求。让自身的内心积聚丰富的内涵，给事物的内部赋予丰富的内涵，是帮自我回归率真，助社会了去浮尘的修身之路。当我们置身华丽而浮躁的城市中，当我们漫步琳琅满目、拥有奢华外观商品的超市中，当我们思考为什么如此之多华而不实充斥在环境中，事实上，我们就应该反思内涵的存在以及存在多少。有了内涵意味什么？人的品质提升，物的价值提升。当然，这里的价值主要不是单指经济价值，而是价值观的问题。社会发展“不平衡不

充分的矛盾”，其实里边包含了许多“内涵”的东西。如果不注重在实践中挖掘、提炼、特别是积蓄内涵，矛盾的解决无异于纸上谈兵。

内涵与外延是逻辑学中的一对概念。谈内涵常常会论及外延，因为从唯物辩证法上看，事物不会孤立地存在，无论自然界还是社会中，有核心的东西，就必然有环绕周围的东西，哲学上讲，就是事物相联系的因素。于是就理解了外延的概念。简单地说，外延就是周边事物或思维对象的数量和范围。从事物的整体来看，虽然内涵和外延描述了事物的内在属性和外在影响范围，二者应该有一个统一的或互为的关系。但现实中二者的依存关系并不是很密切。也就是说，内涵的丰富深刻并不一定绝对地会带来外延的广博和长远；反之外延的拓展也并不一定非得在内涵深厚积蓄的基础上进行。尽管希望如此，事业的发展进步也要求如此，就是在深厚内涵的基础上去拓展外延，但现实中的偏颇现象比比皆是。在一个忽视培育内涵的社会环境中，擅长于在空洞或伪装内涵的基础上去极力扩大外延，似乎成为了一种习以为常，就象人们都知道华丽包装内的月饼其实并不怎么样却仍趋之若鹜一样。功名利禄的过度追求，利益攫取的投机心理，舍本逐末的目光短浅，使得人们做事常常违背事物发展的自然规律，于是杀鸡取卵，竭泽而渔的事经常见于报端。

1.3.2 关于内涵式发展

发展之路需要人们持续地进行探索。影响发展的因素非常多，有内在的，如发展的结构、规模、质量、效率、水平等；也有外在的，如环境、资源、劳动力、政策、法规等。不同的历史阶段，社会经济发展水平不同，采用的发展方式也不同。在生产力低下的年代，生存是第一位的。这时，人们更多地利用环境、土地等资源要素，采用扩充型的发展方式，依靠扩大资金、厂房、劳动力等生产要素投入，片面追求经济效益，过度扩充规模和数量。这种以外在因素为主的、不注重内部要素激活优化的经济增长方式称为外延式发展方式或粗放型发展方式。外延式发展带来的不良后果是环境持续恶化，资源过度消耗，发展的代价大，质量低。我国自改革开放约 30 年，经济发展都是这种方式。在实现经济快速增长的表面现象下，发展不平衡不充分的深层次社会矛盾也突出显露。

党的十八大以来，国民经济稳中有升。立足自我创新，注重内涵建设，向质量要效益的理念和发展思路逐渐清晰，“一带一路”、“中国制造 2025”等国家发展战略相继实施并快速推进，供给侧改革逐步深化。近几年来，国家持续推动经济发展从要素、投资驱动转向创新驱动。这一转变是国家经济发展方式转向内涵式发展或称集约化发展的突出标志。

在经济领域，有一个在全球较大范围存在的“中等收入陷阱”的经济发展现象，其突出表现是经济快速增长到一定程度，遇到瓶颈，无法突破，经济发展长时间原地踏步。“‘中等收入陷阱’的本质就是一个经济体从低收入进入中等收入之后，如果不能迅速有效地进行制度变迁和政策转化，形成新的增长动力，那就可能出现增长停滞，导致经济和社会问题丛生”^①。自 20 世纪 80 年代至今东南亚和拉美国家就是“中等收入陷阱”现象的典型代表。出现这种经济发展现象的根本原因从总体上看就是外延式发展长期主导着国家经济增长的命脉。具体来说，经济增长无论是过度依赖资源消耗、商品进口，还是自主创新能力薄弱，产品中高端市场长期缺乏竞争力，亦或是政治经济政策出现偏差，改革措施不能及时跟进，所有这些，都表现出外在因素持续在经济发展中占据主导地

位。

由此可见，对于任何一个经济体，如果不注重政策引导，深化社会变革，激活并强化内部发展要素，加速推进经济向内涵式发展方式转变，经济增长就是不可持续的，经济水平也就会出现长期停滞的现象。

不仅是经济，谋生存，求发展，是人和所有方面矛盾运动的基本规律。如何发展？看似简单而又充满挑战的问题，无时无刻不在左右着每一个社会个体以及整个社会的运行轨迹。在信息技术革命引领新经济时代，技术发展日新月异，互联网下知识更新速度日益加快，人们的思维方式、生活方式不断改变。是习惯于被动地接受“改变”，为外界作用下得到的某种“赐予”而沾沾自喜？还是主动寻求“改变”，充实内部要素，激发内在活力，迎接机遇与挑战，在追求有品位的发展中释放激情？社会的每一个领域、每一个单元都存在这样的问题。被动更多的是外延，主动往往意味着内涵。在发展中挖掘、积蓄内涵，努力加快内涵式发展，是包括学校、企事业在内的所有社会服务和职能管理机构需要正视、思考并制定措施加以推进的首要任务。

1.3.3 工程的文化内涵

了解工程的内涵，就是在理解工程本质的基础上，就工程的内在要素以及它们的延伸进行深入思考，挖掘它在意识形态领域所蕴含的博大内容和深远意义，从而对今后的实践活动起到鉴古知今的指导作用。从对文化含义的阐述中可以理解，工程的内涵实质就是工程的文化内涵，因为我们所要挖掘的内容都包含在文化范畴内。

对工程内涵的理解最好的方法就是剖析具体的工程实例。

长城是中国古代乃至世界历史上最为浩繁的建设工程，其最基本的功能就是抵御外来侵略。如果单从“是什么”的角度探寻，我们可能满足于了解其功能以及功能的拓展。在历经千年的历史苍桑岁月中，随着对其精神内涵的发掘，绵亘万里，至今仍巍峨耸立的长城逐渐成为中华民族自强不息、奋斗不止的永恒标识。它的文化内涵体现在以下几方面：

1. 精神的凝练。历经千年的建设，规模巨大的工程量，考验着建设者的毅力和耐心。墙体的筑建，也是精神的筑建，筑建起民族钢铁般的毅力和意志；墙体的延伸，也是精神的延伸，是中华民族自强不息传统的永恒延续。

2. 智慧的结晶。长城的宏伟博大不仅在于工程量的巨大，还在于其工程技术的水平，无论是军事防御布局、通讯联络系统，还是建筑材料、建筑方法，以及复杂艰险的地质条件，都体现出劳动人民智慧的结晶。

3. 力量的积蓄

长城的修建经历了漫长岁月。建筑材料的加工、运输，在生产条件极其低下、物质条件极其匮乏的条件下，主要靠人力完成如此浩大的工程，显示了民族不懈追求、持之以恒的力量。这种力量的积蓄，是国家民族发展兴盛的宝贵财富和持久动力。

4. 价值的升华

重山峻岭、延绵起伏的长城，是中华民族的血脉之躯，沿线遗存着极其丰富多彩的珍贵文物，孕

育了一座瑰丽的长城文化艺术宝库，其历史价值、传承的文化价值在发掘中不断得到升华。

青藏铁路，一条神奇的“天路”，民族未来和希望的世纪工程，是在世界屋脊上创造的人类工程奇迹，是工程促进高原文化传播发扬光大的伟大探索，也是工程与生态文化和谐交融的伟大典范。青藏铁路实现了人类千百年来对青藏高原不断认识、探索以及与之亲近、融合的升华，是不屈不挠的民族精神在青藏高原上的发扬光大。承载着多民族人民向往美好生活的愿望，青藏铁路工程深刻表达和诠释了人与自然和谐相融、民族间和谐共荣、民风民俗间和谐交流的深刻文化内涵。是工程促进文化价值升华的典范。

1.4 工程与科学、技术、产业

1.4.1 概念描述

科学、技术、工程、产业，四种促进人类认识水平提高，社会生产力不断跃升的决定力量，在历史的漫漫征程中永恒不竭地改造着自然，推动着物质文明的发展。这期间，围绕着“物的建构”的核心，人们通过科学研究逐渐加深对自然界本质规律的认识，通过技术经验持续改进着劳作的方式方法，通过产业将人们赖以生存发展的“物”实现出来。不同的目标，不同的过程，工程活动贯穿始终，如果说科学与技术、产业之间的联系是伴随生产力的发展逐步变得紧密起来的，那么工程与技术、产业则是始终同生共存的。物的建构是一个科学发现的工程应用过程，其中包含的“理论联系实际”的道理是实现目标的永恒真理。

科学、技术、工程、产业在任何一种社会形态中都包含着丰富的文化内涵。科学发现、技术发明、工程建设、产业生产是四种不同类型的社会实践活动，它们共同构成了社会物质文明进步和发展的动力的集合体。正确理解和认识四个概念之间的辩证关系，对于科学、技术的发展创新，工程活动的决策、实施、运行，产业生产的经济和社会效益产出以及它们的文化底蕴都有重要的现实意义。科学、技术、工程、产业的概念和特征见表 1-1。

表 1-1 科学、技术、工程、产业的概念

名词	概念描述	突出特征
科学	科学是一种理论化的逻辑连贯的知识体系，是人类探索真理、发展和修正自身的实践活动，是人类认识、解释、探索世界的方法和手段，是人类社会结构、文化体系的重要组成部分。	①探索发现； ②客观性和发展性； ③解决“是什么”、“为什么”的问题； ④主角是科学家。
技术	人类为满足社会需要，运用科学知识，在改造、控制、协调多种要素的实践活动中所创造的劳动手段、工艺方法和技能体系的总称，是人工自然物及其创造过程的统	①发明革新； ②操作形态、实物形态、知识形态；

	一，是在人类历史发展中形成的技能、技巧、经验和知识，是人类合理改造自然、巧妙利用自然的方式方法，是社会生产力的重要构成部分。	③自然属性和社会属性； ④主角是发明家。
工程	将自然科学的原理应用到工农业生产部门中而形成的各学科的总称，是一种解决特定实际问题的活动过程，当技术从观念形态向实物形态转化，其转化过程做为一种活动的存在，就是工程。工程是技术的动态系统。	①集成建造； ②新的存在物； ③实践性、创造性、系统性、经验性； ④主角是工程师。
产业	建立在各类专业技术、各业工程系统基础上的各种行业的专业生产及社会服务系统。产业生产活动是指同类工程活动、运行效果及投入产出特征。	①经济效益； ②标准化； ③可重复性； ④主角是企业家。

1.4.2 辩证关系

科学、技术、工程、产业四个概念在对象、行为、指向、活动等方面是不同的。科学以探索未知、发现本质为核心，技术以发明创造新事物、新方法为核心，工程以集成建造、实现“物的建构”为核心，产业以经济效益、服务社会为核心。四个概念既有明显的不同，又有紧密的联系。在明确概念之间区别的同时，必须重视四者之间的关联性和互动性（图 1-1）。

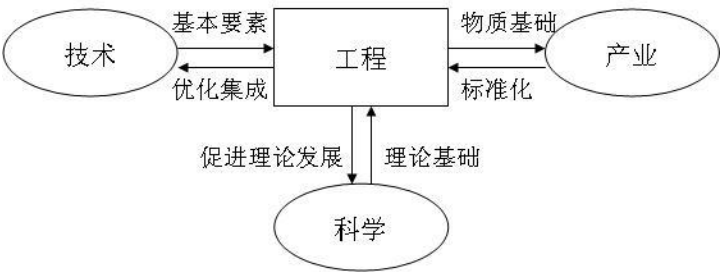


图 1-1 科学、技术、工程、产业的辩证关系

1. 工程与科学及科学文化

科学是工程的理论基础和原则。在过去生产力低下的年代，人们获取赖以生存的物质可以完全凭借反复实践获得的经验，比如古代的很多工程发明创造都是经验作用的结果。现代工程活动以集成建造为核心，许多要素要求具备较高的精度，如果没有科学理论基础，工程活动将无法顺利开展，工程建构得到的有形存在物的可靠性就难以保证。直观来看，科学理论是知识形态的存在，工程活动是物质形态的存在。在工程的诸多要素中，科学是最基础的。科学的价值体现往往不是直接的、显性的、立竿见影的，而是间接的、潜在的、长期积累的。工程的所有技术要素都来源于科学原理。没有空气动力学的理论基础，就不会有航空技术和工程的快速发展；没有原子物理的科学原理，就

不会有核技术及工程的产生和发展；没有微积分、线性代数等数学基础，现代工程和技术将会停滞不前。工程必须遵循科学理论的指导，符合科学的基本原理。

工程在集成建造活动中往往会发现新问题，反过来又促进科学理论的进一步发展。科学理论不是静态和一成不变的，工程实践活动是促进和完善科学理论的重要因素。科学研究中经常根据现象和现有知识提出一些假说，其正确性除必要的理想状态实验验证外，工程实际应用是使之成为真正科学理论的必由之路。由此可见，科学的探索发现与工程的集成建造这两种相对独立的创造性活动，实际上是一个互为条件、双向互动的辩证过程。

科学文化是一种在科学探索中凝结而成的精神力量和意志品质。自从人类为了生存在本能的劳动中产生了自觉意识的认识活动，于是也就产生了可以称之为“文化”的东西。随着人的认识能力的不断提高，人们探索未知的欲求也在不断增加。除了生存，人们也越来越多地为了信仰、为了追逐事物的本质而去孜孜不倦地探索。科学的本质就是探索未知，我们常说的“科学的道路不是平坦的”也即探索未知往往充满了艰辛。正是这种寻着希望的艰辛，造就了一种持之以恒的精神、一种严谨务实的态度、一种追求真理的品质，科学文化的内涵就在于此。与工程文化侧重“物的建构”的实践活动相比，科学文化更加强调建立在实现对事物本质的“知”基础上的精神文化凝炼。寻找科学发现就是“知”的过程，也许会经历一次次的无果而终，但科学家的信念支撑着他们一直走在这样一条道路上，我们可以把这条道路就称之为“科学文化”。就是说，科学文化是以在探索事物本质规律过程中积累下来的知识、经验、方法、成果、品行等文化要素为基础进行进一步探索的坚实路径。

2. 工程与技术及技术文化

工程与技术的界限往往容易混淆，主要是由于工程与技术存在固有的密切联系。工程强调实践活动的过程及结果，技术强调实践活动的方法和手段。人们常说的“工程技术”一词，实际上指的就是技术，是人们将科学知识的研究成果应用于工业生产过程，以达到改造自然的预定目标的方法和手段。技术的运用往往就指向工程，它是在科学和经验的基础上通过改进原有的方法，或进一步地创造出新的方法的过程。就是说，工程的实践活动直接指向实现工程目标的动态过程，而技术产生于科学和工程实践并在实践活动过程中得到运用。技术与工程的关系如图 1-2 所示。

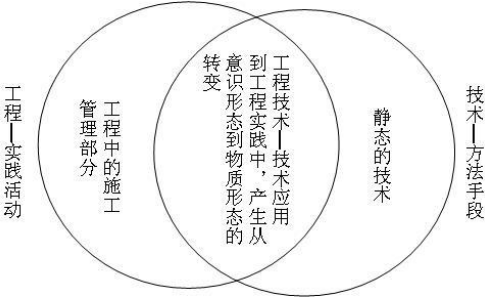


图 1-2 工程与技术

技术是工程的基本要素，单一技术或是若干技术的系统集成决定了工程的规模和水平。技术作为工程的要素具有局部性、多样性和不可分割性的特点。完成一项工程需要多种要素的综合作用，技术只是占有其中的一部分；在工程中诸多技术要素根据其发挥作用的大小从而有不同的地位，它们之间往往存在着不同的功能，所谓关键技术和一般技术就体现了技术在工程中的地位 and 作用；不同的技术作为工程构成的基本单元，在工程环境下以集成形式构成工程整体，形成有效的结构功能形态。例如，在汽车产业工程中，发动机技术无疑是汽车整体工程的关键技术，其它如制动技术、调速技术、转向技术、智能安全技术、车身技术、电器技术等在工程过程中发挥着不同的作用，但所有这些技术构成了汽车工程的不可分割的整体。

工程是技术的系统集成优化。构成工程的各技术要素之间是有机联系组织在一起形成的一个系统的整体，其中涉及的技术有核心和辅助之分。工程作为技术的系统集成具有统一性、协同性和相对稳定性的特征。工程都是以统一整体出现的，所涉及的技术之间必须相互协同配合，同时，各技术应有序有效集成，其功能和结构在一定条件下具有相对的稳定性。技术可以是知识形态的，也可以是实物形态的，当从知识形态向实物形态转化时，就产生了工程活动（图 1-3）。

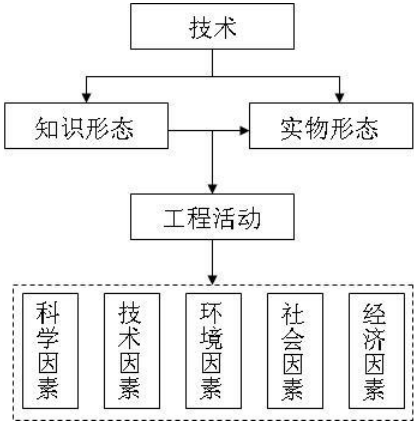


图 1-3 技术与工程活动

技术是解决问题的方法和手段，它是人们基于“物的建构”在对事物运行规律有一熟练掌握的基础上经过反复实践形成的有效技法。由于方法和手段的获得是实践和思维共同作用的结果，其中的核心是人的智慧和精神的体现，是对社会文明的促进，因而方法和手段本身就属于文化的范畴。技术文化是技术方法形成过程中显现或体会出来的一些体现创新和匠心精神的文化内容，比如实现某一个功能的灵活巧妙，发挥某一种特性的匠心独运，形成某一条独特路径的创新精神等。从古至今，人类的所有发明创造都是技术文化最重要的组成，或者说技术文化是社会物质文明乃至精神文明的直接而深刻的表达和体现。中国古代技术文明举世瞩目，除世界闻名的四大发明外，还有许多让国人引以为豪的发明创造。从技术含量很高的工程项目，如运河、长城、都江堰，到充分体现工艺水平的冶铸、冶锻、加工；从手工业的纺车、农具，到水动力的石磨、水车；从天文地理的地动仪、浑天仪，到日常生活的酿酒、制陶，以及养蚕缫丝、机械传动、针灸制药……无不体现出民族智慧的精华。华夏技术文明在人类漫长的历史进程中散发着技术文化的芬芳。

3. 工程与产业及产业文化

广义的产业是建立在各类专业技术、工程系统基础上的各种专业生产以及社会服务系统。产业的组织形式就是企业，企业是从事生产、流通或服务活动的独立核算经济单位。基于“物的建构”的工业生产活动是把具有相同属性的工程活动组织在一起，利用技术、工艺、管理等手段获得产品，进而取得经济效益。工业生产活动的主要目标是以工程活动为基础，以社会需求为动力，以提供服务为宗旨，在政策法规框架内最大限度地获取经济效益。

工程是产业发展的物质基础。工程的不同类型和产业的分类有较强的对应性，如机械工程对应装备制造产业，纺织工程对应棉纺、化纤、织造、制衣产业，冶金工程对应钢铁、有色金属产业，化学工程对应化工产业等。一些大的工程项目，如三峡工程、高速铁路工程、南水北调工程、西气东送工程等，其建设过程和运行过程，往往会形成相关领域的多种产业，也会形成产业发展的必要条件和基本要素。工程活动作为产业发展的基本内容和物质基础，推动着技术经济的升级换代，深刻地影响着人类生活的各个方面。

另一方面，工业生产是标准化、规范化、可重复的工程活动。工业生产活动以经济效益和服务社会为最终目标，其过程以生产出满足社会需求的产品为基本途径。在整个过程中，标准化、规范化生产是提高生产效率、保证生产质量的重要前提，也是一个企业形成市场竞争力并在竞争中生存发展的基础。同时，只有实现可重复性生产才能持续不断地满足社会日益增长的物质需求。在现代产业中，标准化是促进技术进步的重要手段。实现高度的标准化，是不断扩大生产规模、提高技术水平、加强分工协作、协调部门管理、获取最佳效益的必要途径。

从物的建构上讲，产业是生产物质产品的企业的总称，也可以说是由工程物建构经济实体构成的社会领域。以提供产品、服务社会、获取利润为直接目的的经济活动即产业经济。产业经济是社会的主体经济形态，是促进社会生产力水平提高的主要因素，它的稳定运行取决于其内部人员、资金、材料等要素和外部资源环境、质量标准、政策法规等要素的健全程度以及要素间的协同程度。这些要素本身及要素间的关系都包含着大量的文化成分。比如质量是产业经济的命脉和永恒主题，产业围绕质量所做的工作都可以称为质量文化建设，它既包含着产业靠精品服务社会、谋求发展的理念和方向，也包含着产业内部清新的风气和积极的氛围。产业文化正是各种产业经济要素及关系文化蕴意的凝结和汇聚，它孕育在产业经济中，是产业经济健康快速发展的重要支撑。作为产业经济的具体构成，企业一般都非常重视自身的文化建设。企业在发展中，对质量品质的追求是永恒的，质量的终极目标是形成深入人心、具有经济和人文价值的品牌，品牌较之质量蕴含的内容更丰富，体现的文化韵味更强烈。品牌文化是产业文化的一个重要方面，它对于表现企业的发展理念，提升企业的社会影响力和市场竞争力都具有极其重要的战略意义。

第二章 工程的历史溯源

历史静静地躺在那里，还在延伸，不用表诉，不用示意，放出着光芒，折射着文明。漫长的岁月，苍桑的旅程，历史留下的痕迹，有思想，有精神，还有实实在在的“工程物”。即便是思想和精神，追根溯源，往往也与“工程物”脱不了干系。在生存发展的过程中，工程建构贯穿了人类文明进步的整个历史。寻根溯源是对继续向前信心的提升。历史的东西也是文化的东西，了解工程的历史，就是挖掘工程文化理论深度，就是了解人类文明的运行轨迹，其中蕴含着太多的文化内涵。

2.1 工程的起源

历史映衬着现实，现实得益于历史。鉴古知今，是人类文明发展历程中积存下来的最有价值的哲思。漫漫历史长河，荡涤着污浊，沉积着精华。历史发展的每一个阶段，人物、事件形成了思想、精神，影响着社会，推动着进步。而让人思之不尽、流连忘返，给人以情之寄托、心之想往的“物”——工程建造物，在苍桑岁月中，无论是留存下来，还是成为废墟遗迹，都永恒传达着人世间富于情感的寄思、倾诉、信仰、信念、情谊。布达拉宫，一个民族的精神和灵魂，历尽苍桑，永恒矗立；大运河仍在流淌，身姿不比往先，文化内涵却越积越深；都江堰的功能一直在延续着，不离不弃，造福一方……古往今来，工程建造物满足了人们的各种需求，也传播出不同的文化、民俗，生生不息，永久传承。历史的、文化的，传统的、现代的，交相辉映，灿若星辰。

2.1.1 工程与认识活动

工程是基于实体建构的社会实践活动。人的实践活动是建立在对事物认识的基础上的，没有认识，就谈不上实践活动。因此，探寻工程的起源和发展，首先对人的认识活动有一个基本的了解和把握。

从心理学角度看，认识是大脑意识活动的一种表现形式。感官接触到了某种刺激，在头脑中留下了印象，这是意识。意识的产生是人的底层心理活动。意识不能脱离客观世界而存在，因此心理学上讲意识是大脑对于客观世界的反应，是接受某种带有偶然性暗示后的感觉、思考等各种心理过程的总和。意识在多数情况下是被动的，因为它的激发是来自外界。当谈到“主观意识”时，也往往是受到某种事物的启发而意识到了另外的东西，或者说产生了新的意识。而此时，实际也就接近了认识的范畴。人的认识活动是一种主观意愿。当作为主体的人面对客体产生了要去了解其属性的愿望并付诸实践时，就产生了人的认识活动。人的认识从产生到不断提升，是人生存发展的必然，也是社会文明进步的原始动力。

人的认识活动起源于意识。如果深究意识产生的渊源，恐得追溯到远古时代。只要存在物在人的生存活动中产生了或发生了改变，就说明存在意识的活动。而“主动的意识”就是认识活动的萌芽。从距今170万年前元谋人遗址发掘的石器可以证实，那时的人已经意识到经过加工的石块可以当作工具使用，于是这样去做了。这种“主动做”的结果也就印证了人类认识活动的发端。意识是一种感觉、

知觉,通过感觉、知觉获得的对事物的认识称为经验。所谓“感性认识”实际就是取得经验的结果,它是上升到理性认识之前的一个认识阶段。古往今来,许多先哲都认为认识,包括逐渐积累起来的知识,全部来源于经验。从辩证唯物主义的观点看,这是理所当然的朴素道理。因为人是通过劳动实践在客观世界中进化发展的,感受、接触并进而改变客观世界是人生存发展的必经之路。

亚里士多德认为,人类认识活动的对象,是客观世界的具体事物,即实体,因此需要依靠感觉经验才能实现和完成这种认识。他说过:“那引起感觉的东西是外在的。……要感觉,就必须有被感觉的东西。”^①这里,亚里士多德以感觉、认识依赖于客观事物的思想表明了他的经验主义主张和朴素浅显的唯物主义倾向。

英国哲学家约翰·洛克指出,“人心中没有天赋的原则”。就是说,人对事物的认识不是生来就有的。“普遍的同意不能证明天赋”。那么所谓人的天赋是从哪里来的呢?洛克在他的《人类理解论》一书中写到,“所有的观念都来自于感觉或者反映。如果把人的思想假定为一张没有任何标记和观念的白纸,人们通过无限的想象力,已经在思想上描绘出无穷的花样,而思想又由何处得到关于理性和知识方面的材料?我的回答是:它们都是由经验得来。我们的全部知识是建立在经验上。同时,经验从中引出自己,人们靠观察所知觉到的外部可感的对象和关于思想内部的感知和反映,向自己的理解提供思想的一切材料,这便是知识的源泉,人们已经有的观念,或是还要有的观念,都源于此。知识归根到底都是来源于经验的”^②。这里的观念就是对事物的认识。洛克以一个经验主义者敏锐的洞察力和深邃的思考深刻地论述了人的认识首先来源于“感觉的对象”,通过感官熟悉了可感觉的对象后,根据这些对象刺激感官的各种方式,进行思维加工,把对事物形成的知觉传达到思想中。“我们的大部分观念,都是来自于感官,且是由感官进入到思想中的,我称之为感觉”。

瑞士心理学家皮亚杰在《发生认识论原理》中写到,“知觉确也起着重要的作用,但知觉是部分地依赖于整个活动的。一些被认为是与生俱来的或者是很原始的知觉机制也只是在客观建构的某种水平上才形成的。用一般的方式,每一种知觉都会赋予被知觉到的要素以一些同活动有联系的意义,所以我们的研究需要从活动开始”^③。

中国古代哲学思想内容丰富,源远流长。春秋战国时期形成的以孔孟和老庄为代表的诸子百家哲学思想流派从人性、自然、社会等各方面触及着人的精神世界,探寻着客观世界运行规律的本源,告诫着历朝历代统治者和普通百姓处事的哲理。在老子的《道德经》中,“道”的思想贯穿始终。老子认为,“道”是万物之起源,是宇宙的运行规律。“道法自然”、“万物生于有,有生于无”、“无为而为”、“为而不争”、“上善若水”、“天网恢恢”等都是“道”的体现结果。这种思想历经2600年,世代相传,如今仍对社会现实具有深刻的哲理影响和现实意义。如果深究老子哲学思想的产生根源,可以说是一种感悟,是一种在对自然和社会的体验和感觉中产生的大彻大悟。在人们赖以生存的土地上,山峦叠障,古木参天,流水不息,风动不止,日出日落,日月穿梭。在接触和体验中,在思考和感悟中,经验集成着养分,智慧吐露着新芽。社会动荡,诸侯纷争,民众不堪其苦。老子“道”的思想正是在这种自然和社会感受的交织中产生并逐渐形成体系,试图引导人们放弃争执,顺应自然,走向人与自然和谐共融的理想境地。“道生之,德畜之,物形之,势成之。是以万物莫不尊道而贵德”、“人法地,地法天,天法道,道法自然”。遵循自然,格物致知,用自然统理天下,用自然治理国家,

这是老子经验之大成，智慧之大彻，虽唯心，但朴实，千百年来为世界所推崇。

从以上论述中可以看出，古今大智慧者无不是在天地间万事万物的循环运行中感悟大的道理。

需要指出的是，就经验而言，古今哲人推崇的以感觉、知觉为基础的经验主义与形而上学唯经验论的经验主义是有区别的。唯经验论是一种狭隘的经验主义，是在思维定势影响下思维僵化、固化的表现。这样的人常常自以为是，墨守成规，遇事固执己见，不知变通。历史上赵括纸上谈兵，马谡失守街亭就是这种经验主义的典型代表。事实上，经验对于每个人都是非常重要的。无论是学习还是工作，无论是研究还是经营，如果不去努力地积累经验，并从经验中寻找把握事物的规律，想要在事业中取得成就是不可能的。当今社会非常注重能力。无论是哪方面的能力，其来源都是知识和经验。其实广义上讲，经验也是一种知识，是在理论知识的反复实践中形成的具有重要应用价值的实践知识。

从实践的观点看，马克思主义哲学的实践观认为，实践是认识的来源，是认识发展的根本动力，是检验认识正确与否的唯一标准。马克思《关于费尔巴哈的提纲》是一份辩证唯物主义实践观的伟大宣言。“全部社会生活在本质上是实践的。凡是把理论导致神秘主义方面去的神秘东西，都能在人的实践中以及对这个实践的理解中得到合理的解决”^①。实践的观点是马克思主义认识论最根本的观点。实践与认识是辩证统一的关系，实践决定认识，认识对实践有巨大的反作用。正确的科学的认识促进实践的发展，错误的认识阻碍实践的发展。认识要随着实践的发展而不断进步。认识来源于人类的实践活动，实践又进一步促进了对事物认识的加深。在社会生活中，人们要接触事物，获取感觉、知觉，从而积累起对事物认识的经验，这实际也是一个实践的过程。实践是促进事物发生、发展的根本动力。

毛泽东在《实践论》中，站在马克思主义哲学的高度，深刻论述了认识与实践的关系，阐明了知行合一的道理。“人的认识，主要地依赖于物质的生产活动，逐渐地了解自然的现象、自然的性质、自然的规律性、人和自然的关系；而且经过生产活动，也在各种不同程度上逐渐地认识了人和人的一定的相互关系。一切这些知识，离开生产活动是不能得到的”。关于对人类认识活动的发展，毛泽东指出，“人们的认识，不论对于自然界方面，对于社会方面，也都是一步又一步地由低级向高级发展，即由浅入深，由片面到更多的方面”。人类认识活动的发展都是从感性认识开始的，就是通过接触获得了感觉、知觉。由感性认识通过深化、剖析、把握规律，使认识上升到理性，这是认识发展的两阶段，然而并没有结束，“辩证唯物论的认识运动，如果只到理性认识为止，那末还只说到问题的一半。而且对于马克思主义的哲学说来，还只说到非十分重要的那一半。马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界”。从毛泽东对知行关系的深刻阐述中可以看出，“实践、认识、再实践、再认识，这种形式，循环往复以至无穷，而实践和认识之每一循环的内容，都比较地进到了高一级的程度。这就是辩证唯物论的全部认识论，这就是辩证唯物论的知行统一观”

^①。

认识和实践是工程活动最基本也是最重要的组成。人类社会进化的过程就是对事物认识不断深化并付诸实践的过程。在这个过程中，无论是唯物的还是唯心的，许许多多都以“工程物”的形式留存于世。宫殿民居、工具器皿、运河坎井，是唯物的，是人们生存以及追求美好生活的创造产物；教堂、庙宇、祀祠，是唯心的，是人们寄托希望与思念的场所。

工程与人类的认识活动密切相关。无论是“物的建构”，还是“有组织的实践活动”，没有对事物基本的认识，进而在此基础上做出应有评判和选择，也就谈不上工程，更谈不上工程的文化积蓄。人类的认识活动是工程实施的根源，也是工程的文化内涵积蓄的开始。在中国久远的文明历史进程中，作为认识活动的成果——思想和精神的存在物或场所数不胜数。晋祠，三晋大地的灵秀之所，中国最古老的奉祀祠庙，蕴含着深厚的儒道文化内涵，它是为纪念贤明之君——晋国始祖唐叔虞而建，历经3000年岁月，历代君王顶礼膜拜，扩充修缮，使之成为一座具有古韵遗风，融大美秀丽风光和丰厚文化底蕴于一体的古园林建筑群。它所传扬的精神是为政者亲民、爱民、造福于民，为民之所向而施政，为民之所愿而倾心。

【知识点滴】晋祠，是中国现存最早的古典宗祠园林建筑群，现存有三百年以上的建筑98座、塑像110尊、碑刻300块、铸造艺术品37尊，是集庄严壮观与清雅秀丽，宗祠祭祀建筑与自然山水完美结合的建筑典范。晋祠有明确的纪念意义、浓厚的审美价值和强烈的艺术感染力。即便是一个单体建筑，也有着自己的序列。柱廊的排列，斗拱的组合，瓦垄的明暗相间，空间的穿插、色调的配置，都安置得合理妥贴，又符合审美习惯。

晋祠现存最早的主体建筑圣母殿，创建于北宋太平兴国九年（984年），殿四周围廊，为中国现存古建筑中的最早实例，是中国宋代建筑的代表作，对研究中国宋代建筑 and 建筑发展史有着重要意义；宋代建筑鱼沼飞梁，造型奇特，是中国现存唯一的古代木结构十字型桥梁建筑，在世界古代桥梁建筑史上也具有较高的科学、艺术、研究价值；金代建筑献殿，结构稳固，梁架轻巧，既为大殿，又巧似凉亭。

圣母殿内的43尊宋代彩色泥塑，是反映中国宋代宫廷人物的现实主义作品。塑像写实传神，清秀典雅，是中国雕塑艺术宝库中的珍品。晋祠现存碑碣中，以唐太宗李世民亲自书写的《晋祠之铭并序》和武则天亲自作序的《华严经石刻》最为珍贵。《晋祠之铭并序》碑制于唐贞观二十年（646年），是一通集史学、文学、政治、书法为一体的丰碑，是文笔俱佳的行书杰作，开创了中国行书碑文之先河，是一部研究、探讨盛唐时期的政治、文化、文学、书法艺术等方面的珍贵的“石史”。

晋祠创建年代久远，所处地理位置优越，以大量的古建筑、雕塑、碑刻、壁画、古树名木，从不同的侧面反映了中国古代政治、经济、建筑、园林、雕塑、宗教、文化等诸多领域的发展变化。晋祠的历史、艺术、科学和鉴赏价值，使其成为古代宗祠与园林艺术相结合的且跨越的历史最长又最具代表性的唯一实例，也是中国古代文化和人类建筑艺术宝库中一份珍贵的遗产。

当代中国，正在汲取着华夏 5000 年文明的养分，吸收着中华优秀传统文化的精华，在新时代新征程旅途上砥砺前行。知行合一，探索和实践必须在理论的指导下进行。而理论是在实践活动中通过对事物内在本质、属性和规律的深刻认识形成的知识体系。这就说明了认识活动在社会发展进步过程中的重要性。事实上，人类在对自然和社会的不懈探索中得到的所有科学发现和发明创造都是认识深化的结果。信息技术突飞猛进，离不开电磁学理论的步步深入；现代桥梁、大厦的挺立身姿，有限元原理功不可没；高速铁路、航空技术融入生活，没有空气动力学的发展难以想象；大数据带来的变革无处不在，计算机网络技术身先士卒。科学家的伟大，就在于以一己之力推动着社会进步，使人们赖以生存的地球焕发出勃勃生机。在“中国制造 2025”、“一带一路”等国家发展战略的实施中，深化认识同样是一项重要而紧迫的任务。一方面要有一个宏观的认识，就是要把握战略内涵，清晰发展要素，理顺工作思路；另一方面，就是要深入到战略项目的具体内部去深化认识，强化创新驱动，加大研发力度，掌握核心技术。这是实现产业技术领域由大变强的关键所在。

2.1.2 基于造物的工程起源

工程的基本功能就是造物。造物的目的是满足人们的各种需要，包括生存的或享受的需要，精神的或物质的需要，现实的或想象的需要等。从造物的角度考虑工程起源问题，会把我们的思维拉的很久远，让我们深入地思考，人本身从何而来？人为什么要生存？殷瑞钰院士在《工程哲学》中引经据典从人的起源中寻找工程起源的印记，认为只有能够使用和制造工具的人的产生之时才能称得上是工程的起源之时，且仅仅是工程的萌芽。人类有一个漫长的进化过程。在远古相当长的时期内，即使所谓的“人”或称“类人猿”能够直立行走，能够捕食生存，这只能称为本能，还不能与工程相提并论。实际上探寻基于造物的工程起源与前面阐述的人类认识起源有异曲同工之处。只要“人”有了“主动的意识”，他就必然要为提高生存质量而做一些前所未有的事情。只有到了这时，造物也就变得水到渠成，也就看到了工程的踪迹。因为自然界到处都存在着自然物，尤其是天然的石块、木棒。当自然物满足不了使用的要求时，“人”本能地就会想办法改变它们，提高它们的使用效率，于是工具就产生了。这时的“本能”是提高了、进步的“本能”，其质的标志是工具物品的出现。因为能够制造工具了，这时的“人”又被称为“智人”。如果将“智人”认定为真正“人”的概念，那么“人”的起源和工程的起源就合二为一了。殷瑞钰院士也正是这样认为的。这样的过程也说明了恩格斯关于劳动创造了人的精辟论述。

造物是得到物品、建筑的行为。基于造物的工程起源是工具的使用和制造。由此追溯到最古老的工具——石器的产生和发展。岩石碎块是自然界最常见的物品，用其作为工具的原材料是再合适不过了，也是“智人”最本能的想法。于是经过不同加工方法得到的“石器”便出现了。从约200万年前中国最古老的“巫山人”古人类遗址的发掘，到“元谋人”、“蓝田人”、“丁村人”、“北京人”、“山顶洞人”等具代表性的古人类遗址发掘研究，其最突出的文明特征就是石器的打制和使用。这些古人类的年代、文物、特征如表2-1所列。

表2-1 部分古人类的特征比较

古人类	年代	文物	文明特征
巫山人	约 204 万年前	颌骨化石以及一些有人工打磨痕迹的骨片、石器，古人类生活遗迹。	打制石器 生活遗迹
元谋人	170 万年前	两枚牙齿、少量石制品（类型包括尖状器、刮削器和砍砸器）、大量的炭屑和哺乳动物化石	打制石器 火的使用
蓝田人	115-70 万年前	蓝田人头骨、颌骨化石，尖状器、砍砸器、刮削器和石球等石器，加工方法为简单的锤击法，动物化石、炭屑	打制石器 火的使用
北京人	70-20 万年前	完整的北京人头盖骨化石和一些其他部位的化石尖状器、刮削器、石锤和石砧及骨器、角器等；丰富的用火遗迹，北京人住过的山洞里有很厚的灰烬层，最厚处达 6 米，灰烬堆中有烧过的兽骨、树籽、石块和木炭块。	用石块、兽骨和鹿角等制作各类工具，使用这些工具猎取动物，采集植物果实；群居生活，居住在石灰岩的山洞里，用木柴燃火，烧烤食物，已经会使用火和保存火种形成了早期的原始社会。
丁村人	12-10 万年前	3 枚人类牙齿属于约 12、13 岁的小孩，白齿 1 枚；石器二千多件，有砍砸器、刮削器、石球、小型尖状器、厚三棱尖状器和鹤嘴形厚尖状器等，在石器中，三棱大尖状器最具特色。	石器类型，组合了人类生存必需的全部功能，表现出丁村人的 <u>勤劳和智慧</u> ；以各种生产、生活类的器物为代表的丁村文化。
山顶洞人	3.4-2.7 万年前	装饰品非常丰富，有穿孔的兽牙、海蚶壳、小石珠、小石坠、鲛鱼眼上骨和刻沟的骨管等；骨器，除了一些打击骨器外，最有代表性的是	应用磨光技术和钻孔技术，制造出造型精美的骨器、角制品和大量的艺术品；捕捞水生动物，把生产活动

		一枚骨针；出土的石器，人工痕迹清楚；用火遗迹；大量哺乳动物化石，并发现中国迄今所知最早的埋葬方式。	范围扩大至水域，标志著人类认识和利用自然界的能力的提高。
--	--	---	------------------------------

以使用打制石器作为工具标志的人类物质文化发展阶段称为旧石器时代，到距今约1万年止，延续了约300万年。原始社会的旧石器时代人类的生产活动，受到自然条件的极大限制，制造石器一般都是就地取材，从附近的河滩上或者从熟悉的岩石区拣拾石块，打制成合适的工具，用其完成基本的生存活动。

【知识点滴】丁村人是发现于中国山西襄汾县丁村的早期智人化石，距今 20 多万年。1954 年，从丁村考古发掘出的三枚牙齿，经过检测证实这是同一个人的牙齿，是个少年，年龄只有十二三岁。臼齿咬合面为椭圆形，纹理比北京猿人简单，比现代人复杂。牙齿的间沟为十字型，而这种十字型结构的牙齿中国人最多，占此类牙齿比例的 81%。至于那两枚牙齿，则被定为铲型门齿。它既有北京猿人的特征，也有现代黄种人的特征，而与外国白种人的门齿特征差别却极大。显然，这三枚牙齿是中国人的牙齿。研究在进一步深入，结论在进一步明确，各种特点表明生活在汾河岸边的丁村人距今 10 万年左右。也就是说：丁村人介于北京猿人和山顶洞人之间，正好弥补了这 23 万年到 1.3 万年间的中国古人类间断期。考古实证向世界宣告：中华大地，岁月悠悠，中华祖先一脉相承，代代承接。

丁村文化早段，属于旧石器时代的初期，但稍微靠后一些，主要石器有三棱大尖状器、斧状器、宽型斧状器和石球等，距今约 20 多万年；丁村文化中段，属于旧石器中期，主要器物 and 早段完全一致，只是精细了一些，距今为 10 万年左右。而丁村文化晚期，既有先前的石器，又有了以燧石为原料的细石器，如锥形石棱、琢背小刀等，这说明这一时期还有新的文化融合了进来，经测定距今约 2.6 万年。丁村文化扩充了丁村人生活的时间，丁村人上承北京猿人，下启山顶洞人，将这漫长的时间填充的滴水不漏。

跨越了百万年的时空隧道，历史进入了万年之内。以使用磨制石器为标志的人类物质文化发展进入了一个新的阶段，被称作新石器时代。陶器、青铜、铁器、玉器，不同地域出土的一系列文物各具特色，代表了不同的文化。金属冶铸技术、纺织技术、陶艺技术等显示出工程发展的生机。基于造物的工程类别、方法逐渐丰富起来。农业生产形态的出现意味着人类不在单纯依靠自然界现有的食物维持生存，而是能够主动地通过耕种来获取食物，这是文明进步的一大标志，也是工程发展的重要体现。有了农业生产物，食物的储存对器皿的需求进一步扩大，促进了工业生产的繁荣兴旺。特别是有了固定的食物来源，人们不再需要散居流动捕食，可以定居生活。洞穴群居的生活方式随着居住场所的建造也就结束了。人类进入了能够主动地构思、建造建筑物来改变生存环境、提高生活质量的生存时代。工程建筑物的出现又是人类进化的一个突出标志。从表2-2所列的几个有代表性的古文化特征可以感

受到这些。

表2-2 新石器有代表性的古文化特征

古文化	年代	分布	文物	文化特征
河姆渡文化	约 7000 年前	长江流域下游以南地区。	黑陶；干栏式建筑；各种形态的骨器；人工栽培的稻谷；纺轮、两端削有缺口的卷布棍、梭形器和机刀等；农业工具；骨哨是一种乐器，也是一种模拟动物声音的狩猎工具；陶埙也是一种古老的乐器。	母系氏族公社时期的氏族村落遗址；黑陶；干栏式建筑；稻作农业为主，兼有畜牧、采集和渔猎。
仰韶文化	7000-5000 年前	黄河中游地区，以渭、汾、洛诸黄河支流汇集的关中豫西晋南为中心，北到长城沿线及河套地区，南达鄂西北，东至豫东一带，西到甘、青接壤地带。	陶器、石器、骨器、蚌器；陶器主要有各式鼎、盆、钵、壶、瓮、罐、豆、甑、缸及大口尖底器，彩陶花纹有六角星纹、太阳纹、星月纹、网纹等；房基。	彩陶文化；以农业为主的文化，农业生产仍以种植粟类作物为主；手工业生产主要是制陶业和制石、制骨、制革、纺织、编织等；采集和渔猎经济占有重要的地位；村落建筑的布局整齐有序；殡葬风俗；
半坡文化	6800—6300 年前	黄河中游地区，陕西省境内。	半坡彩陶；埙是最古老的乐器，具有典型的仰韶文化特点；房屋遗址；圈栏；储藏物品的地窖；各类墓葬；烧陶窑址；大量生产工具和生活用品约近万件文物。	半坡的彩陶几乎就是半坡文化的代言，其中最为著名的就是人面鱼纹盆。古代的艺术品，人面鱼纹是半坡彩陶画的典型作品，这一生动的形象反映了半坡人丰富的艺术想象力。
良渚文化	5300—4500 年前	钱塘江流域的东北部、东部	大量石器、玉器、陶器，农业稻作物，石犁、石镰等农具。	稻作农业已相当进步。普遍使用石犁、石镰；手工业也有很高的成就，玉石制作、制陶、木作、竹器编织、丝麻纺织都达到较高水平，

				尤其是琢制的玉器，其数量之多、品种之丰富、雕琢之精美，均达到史前玉器的高峰
龙山文化	约 4000 年前	黄河中、下游地区约新石器时代晚期的一类文化遗存，分布于黄河中下游的河南、山东、山西、陕西等省。	石器、陶器、玉器、骨蚌器和角器；陶器以黑陶为主，胎薄质坚的蛋壳陶水平最高，造型优美，附加堆纹；单孔扁平斧、长方形扁平石铲、半月形双孔石刀、长方形带孔砺石、石铈、石凿、石镰、石矛；奠基坑和祭祀坑。	许多薄、硬、光、黑的陶器，尤其是蛋壳黑陶最具特色，形成黑陶文化；以农业为主而兼有狩猎、打鱼、蓄养牲畜；骨刻文；玉器器物造型以几何形和人物动物形为主。

基于造物的工程起源，在原始社会漫漫长夜中显现出一丝延绵不绝的光，那是祈望美好的光，通向文明进步的光。物，为人之所需而造；物，沉积着先人的智慧和血脉；物，延续着人们对美好生活的无限向往。这里我们选取几个具体的对人类进步促进明显的基于造物的工程，再来看看它们的起源。

1. 机械工程

机械是机器、设备、装置、机构等的总称。从功能上讲，机械是为代替人的部分甚至全部工作，提高生产效率而设计制造出来的工具。人类社会所有的生活生产领域都存在机械。机械工程是为完成机械构建物的设计、加工而进行的工程实践活动。机械工程的另一层含义是在建构或使用机械产品时需要用到的各种知识的总和，称为机械工程学科。这里我们谈机械工程的起源，是指作为工程实践活动的机械工程。

如前所述，“人”成为现实意义上的人的标志是使用和制造工具。远古石器时代人们用各种简单的方法打制、打磨各种石斧、石锤和以及制作骨质、木质、皮质等简单粗糙的工具是机械制造活动的开端。尽管很简单，但它是生产力发展的起源，也是人类进化的标志。从制造简单工具演进到制造由多个零件、部件组成的现代机械，经历了漫长的过程。以多零件组合为特征的机械，最早见于中国 28000 年前出现的弓箭。在弓箭出现以前，人类使用的工具都是单一的。而弓箭是一种机械复合工具，它的出现，是原始社会技术显著进步的一个标志。它射程远，命中率高，携带方便，大大加强了人类向自然界作斗争的力量。公元前 8000 至 2800 年间出现了制陶用的转台。中国夏朝期间已经出现了有辐条和无辐条的各种车轮，说明车辆已经在使用，到殷商和西周时期两轮车已非常精致。在加工工艺方面，中国在新石器时代晚期就出现了用石范和泥范进行熔铸的技术，夏代发展能够熔铸青铜，到了殷商时期青铜冶铸高度发展，

形成灿烂的青铜文化。

从世界的范围看，具有组合特征的机械也经历了悠久的历史。公元前 3500 年古巴比伦出现了装有轮子的橇板。两轮和四轮的木质马车出现在公元前 2500 年的欧亚大陆间。埃及古代墓葬中发现公元前 1500 年的两轮战车。用于钻孔、取火的弓形钻也出现于史前，再往后不久又发展出弓形车床，是现代车床的雏形。

从具有复合特征的机械物件的起源可以感受到中华民族在工业文明的历史上是占有重要地位的。

2. 纺织工程

“纺织”意味着人的衣着。穿衣是人类在进化过程中步入文明的重要标志。纺织工程就是指生产制作衣物等纺织品的工业实践活动，它包括纺纱、织布、服装等工业领域。纺织的功能体现在遮丑示美、御寒避风、防虫护体，纺织的起源目的也基本在此。向往文明，追求美好，是纺织发展的基本也是根本方向。

探寻纺织工程的起源，脑海中自然会出现远古人类的生活景象，从裸身奔波求生的动物本能到树枝遮掩、洞穴御寒的文明萌芽。历史漫漫向前，文明缓缓提升。纺织工程从起源到发展印证了人类的文明进程。

中国纺织劳作，大约起源在旧石器时代晚期，从对出土的骨针的研究推断，距今约 2 万年左右的北京山顶洞人已学会利用骨针来缝制苇、皮衣物。这种原始的缝纫术可以说是原始纺织的起源。而真正纺织工艺出现在新石器时代。

浙江余姚河姆渡文化遗址距今约 7000 年，在那里出土了木质纺车及零部件；在出土的牙雕盅上发现发现苧麻的双股线痕迹。

江苏吴县草鞋山遗址距今约 6000 年，从马家浜文化、崧泽文化、良渚文化到春秋吴越文化，汇聚了太湖地区乃至长江下游新石器时代直至先秦江南的全部史前文化。从遗址发现迄今最早的葛纤维纺织品，经线是以双股纱线合成的罗地葛布材料。

在山西夏县仰韶文化遗址中发现经人工割裂过的蚕丝迹象，这是迄今最早的蚕茧实物，距今约 5000 多年。河北正定仰韶文化遗址距今 5400 年，1980 年出土两件陶塑蚕蛹，这则是迄今最早的陶塑蚕蛹。

河南郑州青台遗址，距今约 5500 年。发现了粘附在红陶片、头盖骨上的苧麻、大麻布纹和丝帛残片，并出土十多枚红陶纺轮。其中丝帛残片是迄今最早的丝织品实物。

浙江吴兴钱山漾遗址距今 4700 年。出土了多块麻纺织技术的苧麻布残片，还发现了丝带、丝绳和丝帛残片。从丝织品编织的密度、拈向、拈度情况看，钱山漾的纴丝、合股、加捻等丝织技术已具有相当的水平。

众多文化遗址发掘出土的纺织文物，让人们看到了中华民族纺织起源的年代和地域，也突显着华夏祖先的勤劳和智慧。

在世界范围内,大约公元前 5000 年,纺织已经陆续起源于世界各文明地域。基本都是就地取材开始纺织劳作。从地域上梳理,北非尼罗河流域的居民开始利用亚麻纺织;中国黄河、长江流域的人们认识并实践利用葛、麻纺织;印度河流域的民族种植棉花用于纺织;小亚细亚地区已出现羊毛纺织。各种材料的纺织工艺所用的原始纺纱工具——纺车和原始纺织机零件已在中国河北、浙江,南亚印度河流域和北非埃及等地区出现。纺车有竖式和卧式两种。希腊保存的公元前 550 年的花瓶上有用吊式纺车纺羊毛的古代手纺图象,中国西南部少数民族则保存了倚膝立地竖式纺车纺纱的古代工艺。南美安第斯地区则把卧式纺车放在腿上纺纱。原始织机有悬挂式和平铺式两种,平铺式织机的两根轴用四根木桩固定于地面上,称地织机。埃及出土公元前 4000 年的陶碟上绘有这种地织机的图象。

3. 建筑工程

从起源的角度看,纺织解决的是“穿”的问题,建筑则是解决“住”的问题。建筑工程是指建造或构建满足各种环境需求的实体结构物的实践活动。应该说,建筑也是伴随着人类起源发展的生存需求而产生的。在世界文明的每一个角落,人类的建筑活动都是从洞穴居或巢居时代开始的,都是出于遮风蔽雨、躲避灾害的需要。

早在五十万年前的旧石器时代,中国长江、黄河流域许多地方都发现有原始人居住过的崖洞,说明远古人类那时就已经知道利用天然的洞穴作为栖身之所。进入新石器时代,黄河中游的氏族部落因地制宜,就地取材,采用木材建造构架,利用崖壁为墙壁,用草泥建造半洞穴房居,进而发展为地面上的草棚建筑,并形成聚居部落。长江流域潮湿多雨,并常发洪水,因而发展为干栏式建筑。据远古文化遗址的发掘资料,约在距今 7000 年前,干栏式建筑在浙江余姚河姆渡文化地域大量存在,说明那时的居民已在使用榫卯构筑木架房屋。黄河流域也发现有不少原始聚居部落(如西安半坡遗址、临潼姜寨遗址)。这些部落的居住区、墓葬区、制陶场,分区明确,布局别致。多采用木质架构形式,房屋形状也因用途和工艺不同而呈圆形、方形等。这是中国古建筑的起源阶段,虽简陋,但也显示了原始社会的文明进步。

公元前 21 世纪夏朝的建立,标志着中国的历史进入了奴隶社会。在夏、商、周三代,干栏式建筑仍在长江流域广泛实行,而在黄河流域多为木骨泥墙形式,伞架圆形结构。到了春秋、战国时期,许多都邑在各地先后建造,夯土技术已广泛使用于筑墙造台。如河南偃师早商都城遗址,有长、宽均为百米的夯土台,台上建有八开间的殿堂,周围建有廊廓。此时木构技术较之原始社会已有很大提高,已有斧、刀、锯、凿、钻、铲等加工木质构件的专用工具。木质构架的制作工艺和夯土技术均已经产生,并取得了一定的进步。

苏美尔人是历史上两河流域(幼发拉底河和底格里斯河中下游)早期的定居民族。他们所建立的苏美尔文明是整个美索不达米亚文明中最早,同时也是全世界已知最早产生的文明,可以追溯至公元前 4000 年。那时苏美尔人的一些早期城邦已经颇具规模。

建于公元前 2350~前 1750 年时期的摩亨-朱达罗城是体现古印度河流域文明最古老的城池。它位于印度河下游的巴基斯坦境内。摩亨佐-达罗城总体规划非常先进且又极为科学, 可谓世界土木工程史上的一项伟大成就。印度河和恒河流域是古代世界文明发达地区之一, 是佛教、婆罗门教、耆那教的发祥地, 后来又有伊斯兰教流行, 自公元前 250 年始, 留下了各种特色鲜明的宗教建筑。在欧洲建筑史上, 最具历史感并富有特色的是古希腊建筑和古罗马建筑。古希腊建筑以石砌神庙为主。神庙是古希腊建筑史中最重要的类型, 也是古希腊留给后世的重要文化遗产。公元前 6 世纪, 神庙定型为围廊式。后来人们开始认识到了柱子在造型中起的关键作用。古希腊建筑的代表有当属雅典卫城、帕提农神庙。古罗马在公元前 2 世纪成为地中海地区强国, 从那时起就开始了罗马的建城过程。古代罗马建筑建筑给人的艺术感极强, 它继承了古希腊文明中的建筑风格, 是古希腊建筑的发展, 同时又极具地中海地域特色。各式各样的凯旋门和斗兽场, 组合复杂的拱形结构使古罗马建筑驰名全球。

2.1.3 基于方法的工程起源

较之物之实体, 方法属于虚体范畴, 它是指在实践过程中通过对经验和知识的积累而获得的改变事物或创造事物的手段及技巧。通常“技术”的概念就是指实体建构领域所使用的各种方法。方法之于人类和社会的重要性是毋庸置疑的。在物质和意识所有领域的发展中都存在方法问题。与工程相关, 可以说所有的科学发现和发明创造都与方法密切相关。当科学原理被发现时, 相关的应用方法就会陆续产生并不断发展。牛顿力学原理、电磁学原理等自发现到今天, 其相关方法及其应用在我们身边无处不在。而且科学研究本身也是讲求方法的, 无论是理论还是实验, 方法问题贯穿始终。发明创造是人类社会文明进步的永恒源泉和不竭动力。在经验的积累和知识的凝炼中形成的方法是任何一项发明创造产生的根源和必经的路径。

方法来源于思想, 所谓“想办法”; 方法促进思维, 所谓“练脑子”。探寻工程的起源和发展, 方法的探源是无法回避的。在工程领域, 方法与物就象一对不可分离的孪生体, 你中有我, 我中有你, 物是目标, 方法是路径。殷瑞钰院士在《工程哲学》中也谈到了工程的起源和技术的起源问题, 实际论述的也是工程方法问题。他认为, “在起源上, 工程和技术是不分家的, 技术的起源就是工程的起源”。确实如此, 我们可以以做任何事情为例展开想象, 如果没有方法, 怎么会有过程和结果? 或者说怎么会达到预计目标的结果?

远古时代, 人类的进化起源于使用和制造工具。在几乎所有的古文化遗址, 都留存有石器打制的痕迹。利用碰、摔、砸等击打方法, 制作出砍砸器、刮削器、斧形器、刀形器等各种器物。旧石器时代的原始人通过摸索看似简单的石器打制方法, 进化着躯体, 进化着大脑, 不断增强着自身生存的能力, 在与大自然的搏击中稳步向前, 占据上风。丁村人是旧石器时代打制石器技术发展的典范。从对发掘出土的大量形状各异的石器工具, 特别是极具特色的三棱大尖状器和鹤嘴形厚尖状器的考证中, 可以推断出当时的人在打制较为复杂的狩猎工具、挖掘工具过程中, 已经极具大脑的主动意识。这种主动意识对于人类在恶劣的环境中生存发展具有重要意义。到了新石器时代, 石斧、

石刀、石凿、石镞、石镰等更为复杂的石制工具出现在人们的生活中，更加有力地说明了人的智力伴随着制作技术方法的进步在不断提升。

基于方法的工程起源就是了解工程领域最本源的“如何做”的问题。它对于我们从进化的观点思考未来“如何做”具有积极意义。下面我们从技术方法的角度来看看机械、纺织、建筑的工程起源。

1. 机械制造技术

对物的认识是一种发现。而对技术方法的认识则是在物的发现基础上进行分析研究的结果。可以说机械制造技术是实现一切实体物的建构最基本的方法。没有哪一种东西不是“制作”出来的。典型的机械制造技术主要有铸造、锻压、切削加工等。这里要先提一下火，因为许多制造技术需要对材料进行加热，火是实现加热的前提。火的使用是人类迈向文明最重要的标志之一。火提供的不仅是御寒、吃熟食等基本功能，它对于制造技术的产生和发展起着举足轻重的作用。

铸造又称金属冶铸技术，它是一种最古老的热加工技术。中国最早的铸造技术是距今 4800 年前新石器时代晚期的青铜冶铸技术。从熔化温度上可以推测，铜的冶铸技术是制陶技术的沿用和发展，因为陶器已有近万年的使用历史。在商代后期，青铜冶铸技术已非常成熟，青铜器时代趋于鼎盛，可以使用多种分铸方法获得复杂的器物，如各类生活器皿、兵器、工具、车马器物、乐器等。大型铸件用竖炉熔铜，由槽道浇注。商周时期青铜铸造的主要工艺方法为泥范法。商代的青铜冶铸技术已经能够达到超过 1200 度的炉温。

生铁的铸造技术出现在春秋时代，比欧洲早 1800 年。公元前 513 年，晋国铸出了世界上最早见于文字记载的重约 270 公斤铸铁件型鼎。战国时期的著作《管子》中记载：出铁之山三千六百九。到了战国中期，生铁铸造的农具、手工工具已取代青铜成为主要的生产工具，使社会生产面貌发生了巨大变化。由于社会对生铁工具的大量需求，人们发明了铁范法和失腊法铸造并得到了广泛应用。河北兴隆燕国冶铸作坊曾出土战国铁范八十七件，可以铸造铁锄、铁斧，铁镰，铁凿和车具，工艺水平很高。在湖北随县曾侯乙墓出土的战国早期青铜件是用失腊法铸造的，从铸件的精巧纤细、玲珑剔透可以看出当时的铸造技术已经非常成熟了。

锻造是机械制造技术中另一类重要的工艺方法。它是利用材料自身的延展性通过施加压力使其变形，从而得到所需要形状的工件。中国锻造加工的历史非常悠久。类似于打制石器，以锤击金属获取一定形状的器物也是古人生活经验的积累。甘肃齐家文化遗址出土的有明显锤击痕迹的红铜青铜装饰器物说明了在距今 4000 多年的新石器时代末期人们就掌握了冷锻技术。在夏朝中期人们就能够采用热锻工艺加工陨铁。到春秋末期已经掌握了经反复锻打去除杂质和氧化物的块炼熟铁技术。提到锻造，刀、剑等冷兵器常常会映入脑海。锋刀利剑、削铁如泥是文艺作品中的常见描绘。固然有夸张渲染的成分，但中国古代锻造技术的精湛却是无可争辩的。《天工开物》中专门有“锤锻”一篇，记述了冶铁、冶铜以及工农业生产中常用的工具生产工艺。钢和铁是不同的。没有高超的炼钢和淬火工艺，就不可能有所谓的神刀神剑。中国的炼钢技术至少有 2500 年的历史。从春秋墓葬

发现的钢剑说明在春秋晚期钢的冶炼和淬火工艺就已成熟。河北易县燕下都遗址出土了大量剑、矛、戟、盔、甲等铁制兵器，其中有经冶炼和淬火的钢制品，证实了战国时期的炼钢和淬火工艺。刀剑的品质关键在于刃口锋利和耐用。从炼钢方法看，由先秦到西汉中晚期，炼钢技术主要是块铁渗碳法；由汉代到明清，主要采用炒钢法和灌钢法，此外还有百炼钢法、炒铁渗碳法和坩埚炼钢法。炒钢工艺主要生产一般的可锻铁，灌钢工艺主要生产含碳较高的刃钢，百炼钢是对普通炒钢的再加工。东汉时期发明的炒钢技术是炼钢技术的一次技术革命，它比英国工业革命时期才出现的炒钢技术早了 1600 多年。淬火工艺对刀剑质量影响极大。三国时期的工匠蒲元在那时就发现了水质的优劣会影响淬火的效果，这确实是了不起的成就。而在欧洲，到近代才开始研究这个问题。

切削加工是机械制造中基本的加工方法。它的任务是利用刀具去除工件的多余材料，从而得到符合要求的加工表面。在中国，切削加工的历史可以追溯到远古时代。事实上，原始人打制石器的过程就带有明显的切削特征。特别是新石器时代的各种带刃的石器，如石刀、石斧、石凿、石镰、石镞等，其切削加工的痕迹显而易见。在使用这些工具时，就具备了刀具、加工对象和运动这三个切削的基本要素。随着春秋战国时期金属冶炼技术的迅速发展，在青铜器上显示的雕刻图案和孔的形式表明了那时手工的切削加工技术已经得到普及。春秋时代的手工艺专著《考工记》记录了各种兵器、生产生活用具的制作方法，包含了一些土木、金工的技术知识，表明当时的社会已经广泛地存在着各种加工方法，其中也包括切削加工。

新石器时代的河姆渡人所用的石钻是研究具有规律运动特征的切削加工技术起源的重要证据。用绳索驱动的石钻可加工低硬度的骨类和木材上的孔。再跨过 1000 多年，分布在钱塘江和太湖流域的良渚文化对孔的加工技术又有了进一步的拓展，集中体现在很多玉器上分布的各种尺寸、深浅不一的孔。良渚文化遗址出土了大量钻头实物，有三角形、叶形、细腰扁身形、长身形等。

车削在切削加工中是一种典型的也是最古老的加工方法。因为从远古人类开始无论是手持的工具，还是生活器具用品，旋转体类型的居多。古埃及人用的弓形车床，古罗马人用的长轴车床都证明了这一点。中国周代一些圆形的青铜器皿表面带有环状的纹路，也说明车削加工方法的古老。

2. 纺织技术

这里要探寻的是人们利用天然纤维获取纱线和织物的方法。涉及到人类的生存，纺织业有着古老的历史。原始人制作骨针来缝制苇、皮衣物，这本身也是技术和方法，可以说是纺织业的起源。从方法的角度说，从古到今，无论多么简陋，也无论多么复杂，纺制纱线的工作都是围绕着利用棉麻等纤维“如何牵伸”、“如何加捻”来进行，而织布都是围绕着“如何引纬”进行。

在旧石器时代的原始社会，当人们知道遮体御寒时，都是就地取材，靠采集野生的葛、麻、蚕丝以及鸟兽羽毛制作织物。进入新石器时代后，逐渐有了农牧业，人们一步一步地学会了种麻、育蚕、养羊等培育纤维原料的方法。那时已产生了较多的纺织工具，产品向精细发展，生产率极低。在新石器时代人们发明了“纺专”进行纺纱，所谓纺专由专盘和专杆组成。专盘是由陶土或石块制作的圆盘，直径 50mm 左右，厚 10mm 左右。专盘中间有一个孔，可插一根杆，叫专杆。纺纱时，先把要纺的纤维捻一

段缠在专杆上，然后垂下，一手提杆，一手转动专盘，向左或向右旋转，并不断添加纤维，就可促使纤维牵伸和加捻。待纺到一定长度，就把已纺的纱线缠绕到专杆上。然后重复再纺，一直到纺专上绕满纱为止。这种纺纱方法是很原始，既吃力又缓慢，纱线不均匀，产量也很低。

从夏朝到战国是中国采用手工机器进行纺织生产的阶段。主要操作方法是，人手参与牵伸、加捻、引纬等工艺动作，手还要同时不停地拨动转轮或者脚踏动踏板。使用手工机器尽管仍比较简陋，但劳动生产率比原始手工大幅度提高。实现手工机器化是纺织生产历史上的第一次飞跃。到了宋代，纺织工艺和手工机器已达到普遍完善的程度。正规缎纹的出现，使织物组织臻于完全。一家一户个人使用的手工纺织机器已相当完备，以后一直很少变动地流传到近代。南宋以后，棉纺织生产逐步发展成为全国许多地区的主要纺织生产。棉布成为全国人民日常衣着的主要材料。

【知识点滴】黄道婆（1245 ~ 1330 年），松江府乌泥泾镇人（上海市徐汇区华泾镇）。宋末元初著名的棉纺织家、技术改革家。由于传授先进的纺织技术以及推广先进的纺织工具，而受到百姓的敬仰。在清代的时候，被尊为布业的始祖。黄道婆出身贫苦，少年受封建家庭压迫流落崖州（今海南岛），以道观为家，劳动、生活在黎族姐妹中，并师从黎族人学会了使用棉织工具，并熟练掌握了当地织被的方法。元代元贞年间（1295—1296）重返故乡，在松江府以东的乌泥泾镇，教人纺棉，传授和推广纺纱织布技术。在纺纱工艺上黄道婆发明了新式纺车。当时淞江一带使用的都是旧式单锭手摇纺车，功效很低，要三四个人纺纱才能供上一台织布机的需要。黄道婆就跟木工师傅一起，经过反复试验，把用于纺麻的脚踏纺车改成三锭棉纺车，使纺纱效率一下子提高了两三倍，而且操作也很省力。这种新式纺车很快在淞江一带地推广开来，使得乌泥泾和松江一带人民迅速掌握了先进的纺纱织造技术，当时的太仓、上海等县都纷纷仿效。棉纺织品色泽繁多，纺织呈现出空前的繁荣。黄道婆去世以后，松江府曾成为全国最大的棉纺织中心，松江布有“衣被天下”的美称。

在世界上，距今约 9000-8000 年前位于土耳其西南部的哈吉拉尔遗址中发现了世界上较早的纺轮。利用纺轮可纺出较细软的纱线，其过程是把一根根纱线依次系在一条木棍上，另一端也以同样的方法系在另一条木棍上，绷紧这两条固定了纱线的木棍，然后就可像编席子一样一根根地编结了。通常人们把纵向纱称为“经纱”，依次横向织入的纱称“纬纱”，当经纱组成的经面被纬纱交织完毕，织物就编成了。这是原始的织布方法，效率很低。后来人们在原始织布方法的基础上发明了原始织机，就是用木棍把经纱单双分开，只要提起一根木棍，所有的经线单数同时抬起来，纬线可一下子穿过，大大提高了织布的效率。为了使经、纬交织紧密，再用一把扁平的木刀把纬线打紧。

古埃及人在公元前 5000 年前就掌握了手工纺织亚麻布的技术。当时的纺织技术已可同时用两个锭子操作，把锭子放在离纤维原料较远的地方，纺出较长的纱。这时期埃及人使用的织机是平放的。从埃及第十八王朝时期陵墓的一些浮雕上可知，中王国时期已有了立式纺织机，它与地面垂直安放，可织出更长的织物。织布方面，从公元前 1200 年前埃及人所绘制的手织机的图样来看，经

纬方向是在两根卷轴之间水平排列着一种“棕丝杆”，利用棕丝杆完成上述原始织机的动作。

3. 建筑技术

建筑技术经常可以体现为建筑艺术，往往可以成为一个民族长期积蓄的文化内涵的突出表征。从这里也可以看到方法对物的生命力所起的作用。建筑起源于人类筑构适于生存的栖居之所。河姆渡文化的“干栏式建筑”就是当时的人们适应当地适应气候变化、提高生存能力的一个创造。这种建筑的支架是一排排的桩木，上面架设大小梁支撑地板，构成了有一定高度的承重架构，上面再立柱、置梁、盖顶。在垂直相交的构件接点上，使用榫卯结构技术。这是中国最早的榫卯木结构。

中国上下5000年文明历史积存了无数各具风格的建筑物。其中尤以宫殿建筑、宗教建筑和园林建筑最能体现高超的建筑技艺和内涵。这里从“起源”或“之最”的角度举几个中外有影响力的古建筑实例。

故宫，世界规模最大的皇室宫殿建筑群，历经800年风霜雨雪，巍峨壮观，华丽庄严。它是朝代、国家兴衰的见证，是政治、权力的象征，也是民族智慧、勤劳的表达。故宫建筑无以伦比的坚稳性和艺术感染力来自于华夏5000年文明对木质结构建筑技术的精髓掌握。从两个方面欣赏故宫建筑，一是其木质榫卯结构的坚稳与柔韧。通过木构件之间凹凸结合的连接，实现构件间的紧密咬合。多与少、高与低、长与短的巧妙组合，有效地限制了构件在各个方向的自由度，使整体结构既有无比的强韧性，同时又有一定的柔合度。这是其历经多次地震而仍岿然屹立的关键所在；二是建筑结构的艺术性。建筑的外观表现如同艺术的语言和形体表达。其表现形式非常丰富，包括最基本的空间要素，建筑的总体轮廓，建筑物各部分间的比例关系、均衡关系，体现建筑艺术形象和风格的色彩和装饰构成等等，故宫建筑在无数能工巧匠的智慧构建下，实现了这些方面的高度融合统一。

故宫建筑除了多种艺术交相辉映外，结构与艺术的合理运配更是其傲然于世的深层原因。斗拱是木结构建筑支撑柱和屋顶梁架之间的过渡构件，体现了中国古建筑最具特色的结构和外观。一层层错落有致的排列，有力地托起整个屋顶的重量，其实用性和装饰性有机融合，达到浑然天成的境界。作为明清两代皇宫，故宫建筑的斗拱种类繁多，构造复杂。错落有序的排列能够使斗拱起到减振器的缓冲作用，保证了其在地震等灾害中坚韧挺立。在美学方面，斗拱尺寸各异、造型各异、色彩各异的特征，让我们驻足观望，流连忘返，给我们视觉美的震撼。

被建筑学家梁思成誉为“中国第一国宝”的五台山佛光寺东大殿建于公元857年（唐大中11年），是中国现存规模最大的唐代木构建筑。其建筑技术及艺术价值在世界建筑史上占有重要地位。东大殿外观古朴、端庄，尤其是各种造型的斗拱，平缓舒展的屋檐，配以朴素自然的条瓦和高大的装饰构件，凸显出唐代的建筑风格。大殿构架由立柱、底铺层和屋顶梁架三部分叠加而成，是现存中国古建筑中斗拱挑出层数最多、距离最远的一个实例，也是我国集唐代建筑、彩塑、壁画、题记、经幢于一殿的典范。佛光寺东大殿体现了中国古代木质建筑结构与艺术的高度统一。

此外，桥梁建筑也是技术与艺术有机结合的典型。如果单从通行意义上探寻桥梁建筑的起源，可以追溯到原始社会。中国的建桥技术在古代很多方面都领先于世界。如果论及结构形式、建造技术、艺术价值的完美统一，应首推赵州桥。赵州桥建于公元605年的隋代，距今1400多年，是当今世界上

现存最早保存最完整的石拱桥。其结构特征主要表现在圆弧拱形设计，大大降低了石拱高度，实现了低桥面和大跨度的双重目标。另外，敞肩拱和单孔长跨也赵州桥建筑的创举，在分洪和提高承载力、稳定性方面能够发挥重要作用。

在西方，建筑技术的起源同样是简陋的栖居空间。距今约2.7万年前的捷克多尼维托尼斯遗址中，发现许多排列成椭圆形的大兽骨，学者们推测这些兽骨是当时人类的建筑材料，人们可能选用一些不大的树木枝干塔成架子，用若干块兽皮盖上去，在兽皮上再压些兽骨。类似的建筑在欧洲的其他地点及西伯利亚等地区也有发现。这类建筑较简陋，但已具备了房屋建筑的雏型。距今10000-9000年前，西亚耶利哥遗址中的地面建筑，一般为方形大房间，墙内由烟卷型的泥砖建造，地面涂灰泥。距今8500-8000年前西亚的梭万遗址中，房屋建筑物是由模制泥砖砌成的，这是世界上出现最早的模制砖。距今6000年前两河流域的苏美尔人就建筑了四合院式的住宅。距今4000年时，较富裕的苏美尔人的房屋多为两层建筑，是用窑中烧制的泥砖造成。

居所之后就是寄托信仰的宗教建筑。位于伊拉克南部距今约5500-5100年前的乌鲁克文化遗址中，发现了许多大规模的神殿遗迹，神殿集中在伊安纳塔庙和天神安努塔庙。伊安纳塔庙中较有代表性的是红庙和柱廊神庙。墙壁上涂有红颜色是红庙的基本特征。柱廊神庙是筑在台基之上，大厅柱廊由两排直径达2.62米的柱子拱立，围墙用红、白、黑色的锥形装饰物装饰，构成各种几何形图案，这是世界上最早的马赛克装饰建筑形式。两河流域文明的苏美尔时期典型的神庙建筑是乌尔大寺塔，建于距今4200年前，其结构复杂，规模宏伟，废墟高出地面，塔庙造在沥青基础上，为砖坯砌成的多层建筑。

2.2 工程的发展

“人类随着时间的推移积累着各种改进，这就是说，人类具有文化历史。他们积累改进并且拥有历史，因为支持他们的是威力特别强的文化学习过程，而使文化特别强的原因是它受到了人类独有的认知适应所支持，即把他人理解为像自己一样的有意义的生命体，这样就产生了社会学习的各种形式，它们起到了棘轮的作用，在社会群体中忠实地保留新发明的结果，直到更新的发明取代它”^①。这里的棘轮是指用积累性的改进生产出人造物品。基于造物实践活动的工程是沿着一定轨迹不断前行的。生存和不断提高生存质量的需要是工程活动产生和发展的基本动力。探讨工程的发展问题，缕清工程历史的脉络，工程进化的基本规律，这是哲学上历史观的问题，对于人们立足当前、展望未来、创新发展具有重要意义。在科学技术突飞猛进的今天，面对让我们无比惊叹的工程建构发展水平，将思维延伸到靠打制石器作为工具采集狩猎为生的原始社会初期，这以百万年计的漫漫时光，造就了不同历史阶段虽然水平不同但同样伟大的灿烂工程文化发展历程。以工程的显著特征为历史分界标识，沿着工程活动的发展轨迹，让我们细细品味、慢慢体会人类造物智慧的进化过程。

2.2.1 采集、狩猎的原始工程发展阶段

这一阶段是人类认识活动的起源时期。从远古的200万年到1万年前，这超乎想象的漫长原始阶段，即旧石器时代。这个时期，原始人要获取更多的食物，要在大自然的物竞天择中占得先机，就必须想

方设法提高自身生存能力。采集植物，狩猎动物，是这个时期原始人获取食物的两种方式。也是任何一种动物的本能——就这一点来说，原始人与动物是无异的。但人不同于动物，人能够在与自然的搏击中发展意识，产生智慧。在采集狩猎过程中，他们要提高食物获取的效率，还要避免危险，增强防御能力。这就迫使他们想办法借助自然的力量提高自身的能力，于是开始动脑筋得到有效的器物——工具。这就成为人类产生主动意识，利用工程认识自然、改造自然的起萌。有效的器物——工具，其原材料自然首先就是随处可见的石块。原始时期工程活动最显著的特征是石器的打制，而工程活动很大程度是出于生存本能。从元谋人的简陋粗糙到丁村人的多样细致，显示了原始人运用石器作为工具采集植物，狩猎动物，谋生本领不断提高的过程。北京人使用火特别是控制火能力增强的突出证据，表明人类文明得到了极大的发展，同时也意味着人类工程活动的本领将会得到进一步增强，因为除了加工食物外，人们认识了光和热，就可以在照明、御寒、驱逐野兽的基础上，在工程上为更多材料的加工提供有效方法。到了旧石器时代晚期的山顶洞人时代，除了石器外，丰富的骨器、装饰物表明人们的生存追求在不断扩充，进行工程活动的主动意识不断增强。

原始人漫长的采集、狩猎时期是人类生存发展的起步阶段。工程的造物活动对于人类从动物群体中分化出来，成为“智人”、“能人”所起的作用是至关重要的。物竞天择，适者生存，生物进化法则大的方向是必然的。瑞士心理学家皮亚杰认为，生物的发展是个体组织环境和适应环境这两种活动的相互作用过程，也就是生物的内部活动和外部活动的相互作用过程。在工程造物活动的发展中，人的意识从启蒙到深化，从被动到主动，逐渐上升到认识，正是在不断增强这种相互作用。皮亚杰把适应看作智力的本质，通过适应，同化和调节这两种活动达到相对平衡。原始人的采集、狩猎是适应自身生存的活动过程，而在与自然的竞争中，一种“增强的适应”尤其重要，它是智力上升的基础。这种“增强的适应”就来自于工程活动，对原始人来说，就是石器的打制。

2.2.2 农业、手工业的工程发展阶段

农业的产生可追溯到旧石器时代的晚期，有上万年的历史，它是人们为提高生存能力不断探索的结果。原始人在采集植物中发现了种子，意识到了种植，摸索出了种植方法，创造出了种植工具，这就是种植业的产生过程；同样，原始人在猎获动物中发现了动物的习性，意识到了畜养，摸索出了畜养方法，创造出了畜养工具，这就是畜牧业的产生过程。以种植业为最显著标志的农业有上万年的产生历史。河北徐水南庄头遗址发掘出土的石磨盘、石磨棒等谷物加工工具将中国农业产生的历史带到万年以前。也使中国成为世界最早开始农业生产的国家。新石器时代的河姆渡文化已经包含了丰富的农业生产元素。大量出土的稻壳说明当时社会经济是以水稻耕种农业为主的。农业的产生和发展对人们生活方式的改变，进而提升社会文明程度起到了重要的促进作用。种植业最基本的土地资源是固定的，这就实现了人类的定居生活，形成了部落群体。随之带来的是居住场所的迫切需求。河姆渡文化的干栏式建筑是人类从洞穴居住转到地面建筑居住的重要标志。古村落的发展就是由此而来。从农业起源我们也看到了许多以工具制造使用为特征的工程活动的痕迹。

农业自产生以来，在中国奴隶、封建社会的漫长岁月中一直是社会经济的主体。从农业工具的演化历史可以深入地了解农业工程活动的发展历程。自农业产生延续到春秋前后，石制农具一直在农

业生产中扮演着主要角色。尽管商代是青铜器的鼎盛时期，但青铜用来制作农具的数量还有限。春秋末期出现了铁制农具，它和牛耕生产方式被认为是农业生产发展史上的大事件。铁器时代对于社会经济发展具有里程碑式的重要意义。战国是铁制农具大发展的时期，铁制农具广泛代替了木质、石质农具，生产效率大大提高，农业生产有了质的飞跃。秦统一中国后，冶铁技术发展很快，铁制农具种类进一步增加，质量也不断提高，这使得铁制农具得到了更快的普及。之后近千年农具品种平稳增加，农业生产稳步发展。宋元两代是中国农业又一个快速发展时期。水力、风力等动力得到利用，很多农具持续改进，品种和使用范围进一步充实扩展。到了明清农业生产基本维持平稳发展。

这里还要提一下对农业生产有重要影响的灌溉技术。西汉末年出现的龙骨水车逐渐普及民间，又经过东汉末年及三国魏时的继续革新，堪称灌溉工具上的一个重大创造。它利用齿轮带动链上的许多刮水板将水刮入车槽，以人力或畜力驱动，用于提水灌溉和排涝时，效率远胜于过去的灌溉器具。唐、宋、五代时发明的立井水车主要用于深井取水，也是利用齿轮原理。至于高转筒车，则是用许多竹筒连接、借助水力转动轮轴汲水入筒提至高处的装置，主要应用于长江流域。

手工业生产在以农业经济为主体的漫长社会形态中是生产力发展的主要促进方式。在科学技术水平低下的时代，人们生存发展所依赖的主要是手工。人类认识的提高以至于发明创造的产生，也是长期手工劳动经验知识积累总结的结果。手工业生产源自远古人类石器的打制。在相当长的历史阶段，手工业生产只是满足人们自身生存的需要。在手工业发展到一定水平后，当人们手中存留的加工器物有了剩余时，就产生了交换的需要，再后来，出现了货币。商业就是这样起源发展的。中国的商业发源于河南商丘，经商始祖王亥生活在夏代后期，那时社会的手工业已经比较发达。烧制陶器，琢磨石器，雕制骨器、蚌器，冶铸青铜器、制作木器、加工纺织品等各种手工业欣欣向荣，加工技术的提高带来了产品种类不断丰富，如青铜器有戈、刀、铍、凿、锥、鱼钩等多种工具和兵器。

中国的手工业作为产品生产的主要手段一直延续到封建社会后期。手工业产品涉及到社会生产生活的各个领域，农业用具多数都是手工制作。除了工具用品外，战乱纷争造成了兵器的大量需求，这也是手工业发展的一个重要领域。在手工业发展过程中，已经在局部出现了水或风动力形式的工具或产品，如公元前 1000 年，中国发明冶铸青铜用的鼓风机；晋代发明的和水动石磨，连机碓是以水为动力的一种谷物加工工具；唐代已有筒车，从人力提水发展为水力提水；南宋末期又创造出先进的水转大纺车。公元前 110 年前后，罗马桔槔式提水工具和吊桶式水车使用范围扩大，涡形轮和诺斯水磨等新的流体机械出现，前者靠转动螺纹形杆，将水由低处提到高处，主要用于罗马城市的供水。公元前 100 年，罗马功率较大的维特鲁维亚水磨出现，水轮靠下冲的水流推动，通过适当选择大小齿轮的齿数，就可调整水磨的转速。

手工业产品作为商品在贸易交流过程中，发展了经济，促进了国家、民族之间的和谐交往。西汉时期张骞出使西域开辟的东西方商贸通道——古丝绸之路是古代社会手工业生产兴旺繁荣的一个典范。古丝绸之路以西安为起点，经甘肃、新疆，到中亚、西亚，并连接地中海各国。它的最初作用是运输中国古代出产的丝绸。历经 1000 多年，在漫长的东西方陆路商道上从事商队贩运贸易的，有中国、欧洲、西亚、中亚地区的商人。欧州和中、西亚商人一般都携带大量金银、珠宝、药物、

奇禽异兽、香料、竹布等商品来中国或在沿途出售，他们从中国购买的主要是丝绸、茶叶、瓷器、药材等。丝绸之路是人类的文明之路，进步之路。它承载着东西方无数人对美好生活的向往和希望。

在农业、手工业发展时期，物质文明得到进一步充盈，社会生产力水平虽不均衡但总体在不断提高之中。在经济发展的带动下，中国历史出现了许多诸如文景之治、贞观之治、康乾盛世等强盛繁华之景。世界文明发展历程中出现的两河文明、古印度文明、古埃及文明、华夏文明等究其原因与自然条件、经济发展密不可分，其中农业、手工业在经济发展中所占的地位是显而易见的。经济发展体现最充分的就是工程的发展。随着经济水平的提高，人们的需求日益多元化。一些无法解释的自然现象和人世轮回的社会现象，人们寄托在精神世界中，又把精神世界的东西用工程物表达出来，这就出现了庙宇、神殿、教堂、陵墓等宗教建筑，试图将精神信仰世代相传。而恰恰是这些建筑最能体现工程发展的精华和工程文化的内涵。

作为工程发展的一个重要阶段，农业、手工业时期更能从知觉、主观能动性方面体现工程造物的特征，实际体现的也是人的认识能力、实践能力不断提高的过程。在这个过程中一方面为社会积累了财富，另一方面促进了社会物质和意识形态的进步，为工业发展质的飞跃奠定坚实的基础。

2.2.3 工业革命的工程发展阶段

工业革命对于工程的建构或实践活动而言，不仅是技术、方法的革命，更是认识的革命，思想的革命，体制机制的革命。在这里论述工业革命，主要基于工程的发展，与前面介绍的农业、手工业生产并不能构成空间和时间的序列链条。这是由物质文明发展在全球范围内空间和时间的不均衡造成的。大千世界，众所不同，社会发展的浪潮，此起彼伏，此消彼长。在工业革命的视角下，必须把目光转向欧洲，因为那里是影响全球的工业革命的中心。

发端于 13 世纪的欧洲文艺复兴是一场冲破教会思想禁锢牢笼的思想文化解放运动。欧洲中世纪，当东方文明还在放出耀眼光芒的时候，随着罗马帝国的衰亡，西方世界陷入黑暗。封建割据，战乱不断，经济萧条，疾病流行。教会统治着一切，宗教扼杀着创造，科技和生产力发展停滞不前。中世纪后期，意大利国家政体对资本主义萌芽起到了积极的促进作用。而资本主义商品经济的逐渐推行使人们心中“自由”、“人文主义”的思想得到强化并不断发展，人们强烈地渴望摆脱神中心论的思想枷锁，迈向以人为中心的自由理想王国。在这样的背景下，文艺复兴运动的帷幕拉开了。在 300 年的历程中，但丁、彼特拉克、莎士比亚、达芬奇等文化思想巨匠用他们的表达方式推动着历史向前发展。

在欧洲文艺复兴运动的促进下，新兴资产阶级势力不断增强，他们要复兴的是罗马古典文化，他们真正追求的是精神的解放和知识的创新。在随后发源于法国的以反封建、反教会为目的的“启蒙运动”为资产阶级革命进行了进一步的思想准备。这期间牛顿力学理论确立，标志着人们从本质上认识到工程建构内部运动与力的发生规律，为工业革命奠定了科学基础。在资本主义逐渐走向兴盛的西方社会现实中，随着商品经济的逐渐繁荣，随着政治体制的改革，随着科学技术的振兴与发展，加之社会需求与工业生产之间的矛盾与日俱增，资本主义工业革命的爆发也就水到渠成。值得

一提的是，西方与中国之间的古丝绸之路作为一条自由贸易通道，对于文艺复兴期间资本主义商品经济的繁荣发展产生了积极的影响。

爆发于18世纪中叶的英国工业革命是人类历史上第一次以工业技术发明应用为突出特征的深刻的社会变革，它对于工程发展具有划时代的意义。在欧洲资本主义蓬勃兴起的历史背景下，1688年英国资产阶级革命确立的君主立宪政体是工业革命的先决条件。此后资本的原始积累、自然科学的突出成果、新经济学理论的确立、手工工场产业的发展及矛盾等为大规模工业革命的到来积蓄了强有力的能量。

发生工业革命的领域首先来自于棉纺织行业。纱线供不应求造成的织与纺的矛盾催生了棉纺技术革新的热潮。1764年珍妮纺纱机的发明将纺纱效率提高了十几倍，这一事件成为工业革命开始的标志。蒸汽机的发明使得人类漫长的手工业生产迈入了蒸汽动力时代，它标志着工业革命的真正爆发。此后蒸汽动力迅速应用到纺织、机械、交通、矿冶等领域，机器大规模生产的工厂组织模式得到确立并迅速推广。工业革命使社会生产力突飞猛进，英国成为世界最强大的资本主义国家，其联动效应迅速波及整个欧洲及美国，并影响到中国。

【知识点滴】18世纪60年代英国工业革命初期，市场繁荣，许多商品供应不足。为了提高产量，人们想方设法改进生产技术。在纺织领域，人们先是发明了一种叫飞梭的织布工具，大大加快了织布的速度，棉纱供给不足的矛盾日益突出。1764年的一天，英国纺织工哈格里夫斯晚上回家，开门后不小心踢翻了妻子正在使用的纺纱机，当时他的第一个反应就是赶快把纺纱机扶正。但是当他弯下腰来的时候，却突然愣住了，原来他看到那被踢倒的纺纱机还在转，只是原先横着的纱锭现在变成直立的了。他猛然想到：如果把几个纱锭都竖着排列，用一个纺轮带动，不就可以一下子纺出更多的纱了吗？哈格里夫斯非常兴奋，马上试着干，第二天他就造出用一个纺轮带动八个竖直纱锭的新纺纱机，效率一下子提高了八倍。这是最早的多锭手工纺纱机，装有8个锭子，以罗拉喂入纤维条，适用于棉、毛、麻纤维纺纱。

激发社会的活力与生机，激发人的创造力，这是工业文明的显著特征，也是工程发展的强大动力。工业革命的每一项具体内容，都是工程建构与实践活动的生动体现，它带来的工业文明的勃勃生机，对人类社会发展的各方面形成了巨大的冲击，包括历史的，现实的，物质的，精神的，文化的，未来的等等。

从总体上看，英国工业革命带来的从农业、手工业生产到机器大规模生产的转变是人类社会历史发展的巨大进步。但在其进行过程中，资本主义资本积累的掠夺性和剥削性也显露无疑。以鸦片战争为标志的中国近代屈辱的历史就是不能忘怀的实证。尽管洋务运动也试图引进吸收资本主义发展的经验和技術，自强国家，并在发展民族资本主义方面产生了积极作用，但近代中国工程发展缓慢，技术水平低下，工业文明迟滞却是不争的事实。

历史延伸着。在工程活动中，以科学家、工程师为代表的生产力促进者的探索活动在继续着。随着欧美、日本等国家资本主义在政治、经济、文化等领域的壮大，科学技术发展愈发呈现繁荣景象。历史进入到 19 世纪中期，以电器应用为标志的第二次工业革命在科学技术的促进下逐步展开。麦克斯韦电磁学理论作为人类历史上最伟大的科学发现之一，在推动工业化进程，引发第二次工业革命方面居功至伟。在科学的指导下，以发电机为代表的一系列电器应用到工业生产中，使人类生产生活进入了电器时代。内燃机的发明有力地促动了交通运输业的迅速发展。第二次工业革命所表现出来的科学技术对生产力的促进作用更加显著。

工业革命的浪潮还在不断掀起。工程发展的水平在工业革命浪潮的涌动中迅速提升。人类对信念和美好生活的追求是永无止境的。在第二次工业革命生产力水平再次发生质的飞跃后，基于机电技术的应用，人们紧接着就会思考，下一个促进生产力和人类生活质的飞跃的要素会是什么？

2.2.4 信息革命的工程发展阶段

人类从起源开始，就在与大自然的搏击中努力提高着信息表达的能力，不断拓展着信息交流的方式。在劳动实践中产生了语言，发明了文字。烽火台、纸张印刷、书籍、图形、电报、电话、音像、磁盘……与信息相关的发明创造在人类智慧的光芒中产生，又在为人类生存发展，追求美好生活迸发着永世不竭的力量。可以说，信息的传播是人类赖以生存的基本保障，是社会实现进步的动力源泉。从这个意义上讲，信息传播方式的发展，也就是信息技术的发展，将会在人类的不懈努力下取得一个又一个造福于世的技术成果。

工程发展，为时代所需，为生活所求，为矛盾所迫。战争中军事技术装备的优劣对战时主动权的左右是人所共知的。切肤之痛留存在受过创伤的每一位指挥者心中。其中隐含最深的，莫过于情报的获取，信息的传递。二战末期，两次工业革命带来的工业文明消失殆尽，一些曾经的繁华景象变得满目苍痍。战争的反思，促使每一个国家对军事装备技术的发展都不敢怠慢。其中信息技术尤为为甚。人们深深认识到，不仅军事领域，谁占有信息高地，谁就能立于不败之地。故此，作为信息技术的重要载体和信息处理传播的执行器，计算机的研发倍加引人注目。1946 年诞生的世界第一台计算机是为军事相关的计算技术而研发的。尽管与现代计算机不可同日而语，但那是一个时代的标志，是计算机信息技术的起始。20 世纪 50 年代以来，高新技术领域非常活跃，研发成果及应用加速着产业经济发展。如核技术除了军事应用外，在核电、医疗、探测等和平领域得到了广泛推广。作为高科技和国家实力的象征，核技术可以看作触发又一次工业革命的重要引擎。此外，空间技术、生物技术、新能源技术、新材料技术、海洋技术等在技术研发和产业应用方面同样得到快速发展。所以，在机电应用的基础上，新工业革命是以高科技的突飞猛进为引领，来实现生产力又一次质的飞跃的。应该注意到，所有这些高科技领域的发展如果没有计算机信息技术的支撑，其目标都将成为一纸空文。由此看来，计算机信息技术是现代自然科学以至人文科学取得成就的基础。工业革命也就变为以信息技术为先导的信息产业革命。

工程物的构建，是人们实现心中梦想的永恒追求。千百年来人们为之付出无数的心血和汗水。今天以至未来，这种追求仍将持续，而追求的方式较之过去会有天翻地覆的改变。信息技术正在颠

覆着传统，信息革命带来的冲击是全方位的，产业结构、生产方式、管理组织、营销策略，以及意识形态、社会生活、工作学习、休闲娱乐，在时光的流转中这些东西无不在镌刻着越来越深的信息革命的印迹。视频电话、即时通讯、随意点播，在并不遥远的过去它们还是奢谈，现在已经成为生活平常；流量、网购、在线、点赞，这些词汇曾经并不存在，现在已经耳熟能详。人工智能，作为信息技术发展的一个新的坐标，在不远的将来又会以不同的方式在我们周围出现，惊奇感慨之余又会习以为常，因为信息技术的发展潮流已经预示了这个趋势。物联网，从概念的出现仅仅有 20 年的历史，如今已经成为信息技术的重要方向，它所要实现的“物物相联”也使人感到惊奇并充满期待。当今世界，信息技术革命的浪潮席卷全球。以信息技术为引领，实现经济持续、健康、快速发展的新经济已经深入人心。互联网的普及带来了社会政治、经济、文化、民生等领域深刻的社会变革。高科技产品的层出不穷使人们的生活方式、思维方式都在悄然改变。生产力水平是度量社会现状及发展的关键指标。历史上两次工业革命带来的生产力水平质的飞跃是有目共睹的。而信息技术革命以及由此形成的连锁反应将会给人类社会带来生产力水平提升的效果可能超乎想象。

在信息革命时代下，互联网技术日新月异，工程实体的构建并不显得过时，相反更加充满生机。因为在信息技术的帮助下，工程构建物仿佛有了生命，它们之间的连接与通讯会推进社会向着更富有活力的方向前行。

信息技术主导的工业生产新模式突出体现了工程发展的特征。美国的工业互联网旨在信息网络技术与实体建构相连接，形成更有效率的工业生产系统，在软件和互联网经济方面推动新一轮工业革命。2013 年德国发布实施“工业 4.0”战略规划，广泛将物联网和服务应用于制造领域，在生产企业创建全面的智能环境，覆盖于整个制造过程。近年来，云计算、大数据、移动互联、物联网、人工智能等新一代信息技术有了突破性发展，与制造业和产业变革交汇在一起，给全球制造产业带来了一场新的科技革命和产业革命，给我国制造业的快速发展、转型升级提供了最好的契机。

工程的发展经历了从原始到现代悠久的历史进程。期间围绕着工程造物留下太多人类奋斗的足迹。正是由工程造物带来的实体建构的思想和理念，以及追求美好生活的愿望，从古至今永不停歇地激励着人们的创造热情。追古溯源，理清历史的脉络，可以帮助我们沉心静气，明确目标，沿着创造的道路继续前进。作为总结，现把工程发展各阶段的情况列于表 2-3 中。

表 2-3 工程发展阶段总结

工程发展阶段	年代	标志	工程特征	文化代表
采集、狩猎阶段	旧石器时代（约 200 万年前-1 万年前）	打制石器，火的使用和控制	简单的石器加工、骨器加工、装饰品加工	元谋人、北京人、丁村人、山顶洞人（中国）； 克鲁马努人（法国）； 尼安德特人（德国）

农业、手工业阶段	新石器时代（约5000-10000年前）； 奴隶社会时代； 封建社会时代	磨制复杂石器、陶器等； 青铜器； 铁器	复杂的石器、骨器、装饰品加工； 各种陶器的烧制； 冶铸技术； 锻造技术； 农业工具加工； 水力、风力驱动	河姆渡文化、仰韶文化、良渚文化、龙山文化（中国）； 两河流域文明（亚欧）； 印度河文明（亚洲）； 尼罗河文明（非洲）。 青铜器时代； 铁器时代
工业革命阶段	英国工业革命时期（18世纪60年代—19世纪40年代）	珍妮纺纱机发明； 蒸汽机发明	机器生产大规模代替手工生产	生产力质的飞跃——工匠生产经验发挥主导作用
	第二次工业革命时期（19世纪60年代—20世纪初）	发电机发明； 内燃机发明	电器大量应用于工业生产中	生产力质的飞跃——科学技术发挥主导作用
信息革命阶段	20世纪40年代至今并仍将持续	世界第一台计算机问世； 原子弹试制成功； 空间技术等高科技迅速发展	信息技术的普遍应用； 高科技应用产生的工程物； 互联网、大数据的普及； 物联网技术的发展； 人工智能的研发及展望	生产力质的飞跃——信息技术为基础，高科技发挥主导作用

2.3 工程的演化

工程的演化作为一个哲学命题，许多专家学者进行了深入探讨。首先应该明确工程的演化研究分析的是什么问题？它与工程的发展有什么区别？为了思路更加清晰，有必要先来对一些含义相近的字词做一番探究。

2.3.1 词义辨析

“发展”一词的本意是“事物由小到大、由简单到复杂、由低级到高级的运动变化”，它强调的是时间方向的“渐变过程”。工程的发展是沿着时间轴线去感知和认识工程在不同历史条件下存在状态、实施过程、产生效果的逐渐变化，从而在认识过程中发展人的思维，促进人的主观能动性进一步发挥。前面讲过，工程是受多种因素影响的，除技术因素外，还有政策、法规、环境、资源、劳动力、资本等因素。用“发展”的概念去描述、理解工程是基本的、必要的，也是单维度的，或者说我们从历史的角度比较浅显地但是能够比较系统地知道了工程一步一步地变成了什么样，给人类社会带来了什么。但我们要深层次地认识工程，了解工程，挖掘工程的本质和内涵，就必须多要素地考虑分析问题。如果细致地探讨各要素对工程在不同历史时期生产力水平的促进作用，就必须要在时间轴线的基础上增加要素轴线，这时，单纯用“发展”一词就显得力度不够。殷瑞钰院士的《工程演化论》一书，从工程哲学的角度对工程发生发展的机制和规律做了系统阐述。可以感受到，“演化”一词能够深刻地揭示工程运行的道理，包括工程涉及到的时空改变，要素作用于工程产生的效果等。“演化”在现代汉语词典中的解释是“演变”，而“演变”的解释是“长时间变化发展”。老子《道德经》中所言，“道生一，一生二，二生三，三生万物”，是对宇宙万物发生生长规律的彻悟，实际就是自然、社会的遵循“道”的“演变”，或万物按自然规律的“衍生”。这里不单纯是“变化”，其内部蕴含着“生发”、“新生”之意。对工程来讲，在产生变化的同时，必须使其目标对作用对象有促进作用。于是，对“演化”一词应予拆分，理解成“演变和进化”或“演进和变化”。工程推动着社会历史向前，工程是有生命力的。“演”字的本意中有一条“通‘衍’”。“衍”有富足之意。由繁衍生息的“衍”可以联想到“枝繁叶茂”、“生生不息”。由此看来，生命的繁衍生息对于工程是有象征意义的。无论如何，理解工程，首先注意到它是一种变化，进而再考虑它的递进上升之意。当然，“演化”一词的方向性并不确定，并不单纯指前进和上升，它也可以用来表达退化或衰减的过程。在这里，我们的本意是用“演化”一词阐明工程发生、成长、壮大、衰减、消亡、再生……的永无止境的循环上升过程，并探讨其中的影响因素。这正是工程演化所追寻的研究目标。

“进化”一词现代汉语词典中解释为“事物由简单到复杂，由低级到高级逐渐发展变化”。与“发展”的解释相近，且解释语也出现了“发展”一词。可以看到，“进化”的词意带有明显的进步方向性。一般而言，“进化”一词多作为生物学名词用于说明生物种群里的遗传性状在世代之间的变化。事实上，英文中的“evolution”一词，起源于拉丁文的“evolvere”，原意是将一个卷在一起的东西打开，引伸为可以指任何事物的生长、变化或发展。中文被译为“进化”、“演化”、“逐步发展”等。只是后来生物学界多采用“生物体的进步”、“生物体变化中的继承”等表述，于是“进化”便更多地用在生物学中了。从本意来讲，“进化”用于其它领域并无不可，并且表达明确而精炼。工程活动建构的物品常可称为技术系统。基本功能相同的技术系统在经历长期演变后各方面性能得到高度的发展与完善，我们称技术系统的进化。在发明问题解决理论（TRIZ）中，有专门介绍技术系统进化所遵循法则的内容。

通过以上辨析,在这里所要明确并强调的内容基于两方面。一是工程的实施必然会带来其所作用对象某些或根本的“改变”;二是要注意到在“改变”的同时由于要素的作用使工程的目标能够“生发”出新的东西。正是这些新的东西造就了工程在发展中永恒的活力。

2.3.2 要素作用的工程演化

工程的演化是一种文化现象,它体现的是任何社会形态下主体和客体能够在相互作用过程中达到交融协调的理想境地所涉及到的内涵和外延。探讨工程的演化问题,首先要立足于动态的观点,明确人类工程活动是一个漫长、曲折、复杂的演进过程,是一个在循环中生新,在生新中成长的过程。在这个过程中,不同历史时期的生产力水平、社会政治环境、人的思维认识能力等要素对工程活动的产生、实施和结果都发挥着重要作用。

1. 经验与工程演化

经验自始至终是伴随着工程而产生、发展并一直延续下去的。经验的范畴很广,一些经验看似与工程无关,如意识形态运动中形成的经验,包括管理经验。但归根到底意识形态的东西也都来自于物或物的建构。这里谈的经验,主要集中在工程经验范畴内。在生产力水平十分低下的年代,工程活动主要凭借工程经验来进行。人类社会漫长的农业、手工业发展时期,工程的实施基本上都是经验主导的结果。中国古代四大发明,代表着劳动人民在经验积累与总结基础上的创新成果。即使在现代社会,工业生产高度集成化、自动化的情况下,经验仍然非常重要。在工程活动中,丰富的经验代表着细节的把握,意味着匠心独运。当前我国大力提倡工匠精神,实际就是重视工程经验积累的具体体现。

经验与工程演化是一个互动的过程。一方面,在实践中积累起来的经验对工程演变和进化过程的促进作用是十分显著的。庖丁解牛的典故说明了经验对于掌握事物内在规律,进而顺利完成相关工作操控的重要性。经验从何而来?毫无疑问来自工程活动的实践过程。《天工开物》是记述中国古代农业、手工业工艺技术的综合性科技著作,被誉为17世纪的工艺百科全书。书中描述了农业、手工业领域130多项生产技术的工艺流程及所用工具的结构、形状、尺寸等。从内容可以体会出,书中记录的工艺方法及工具结构功能,多数都是能工巧匠们通过长期操作经验的积累逐步演化、完善的发明创造。这里举两个例子,从中可以感受一下。

(1) 上篇中“乃服”一章通篇讲的是纺织工艺。从养蚕到织出丝绸,流程描述细致清晰。其中“经具”一节云:“凡丝既簠之后,牵经就织。以直竹竿穿眼三十余,透过簠圈,名曰溜眼。竿横架柱上,丝从圈透过掌扇,然后缠绕经耙之上。度数既足,将印架捆卷。既捆,中以交竹二度,一上一下间丝,然后极于箱内(此箱非织箱)。极箱之后,然的杠与印架相望,登开五七丈。或过糊者,就此过糊。或不过糊,就此卷于的杠,穿综就织”^①。

(2) 中篇中的“锤锻”一章介绍了金属加工工艺以及一些工具的制作过程。其中“冶铁”一节云:“凡冶铁成器,取已炒熟铁为之。先铸铁成砧,以为受锤之地。谚云“万器以钳为祖”,非无稽之说也。凡出炉熟铁名曰毛铁。受锻之时,十耗其三为铁华、铁落。若已成废器未锈烂者,名

曰劳铁，改造他器与本器，再经锤锻，十止耗去其一也。凡炉中炽铁用炭，煤炭居十七，木炭居十三。凡山林无煤之处，锻工先择坚硬条木烧成火墨（俗名火矢，扬烧不闭穴火）。其炎更烈于煤。即用煤炭，也别有铁炭一种，取其火性内攻、焰不虚腾者，与炊炭同形而有分类也。凡铁性逐节黏合，涂上黄泥于接口之上，入火挥槌，泥滓成枵而去，取其神气为媒合。胶结之后，非灼红斧斩，永不可断也。凡熟铁、钢铁已经炉锤，水火未济，其质未坚。乘其出火时，入清水淬之，名曰健钢、健铁。言乎未健之时，为钢为铁，弱性犹存也。凡焊铁之法，西洋诸国别有奇药。中华小焊用白铜末，大焊则竭力挥锤而强合之，历岁之久终不可坚。故大炮西番有锻成者，中国则惟恃冶铸也”^②。

在这一节中，除了介绍钢铁冶炼之术外，特别强调了“淬火”工艺。这其中经验的作用极其重要。

另一方面，工程在演变和进化过程中会进一步加深人们对事物的感性和理性认识，而且在演化过程中，环境条件、工具设施都会有所发展，也会从中汲取新的经验，同时使以往经验的积累更加丰富和完善。

2. 科学技术与工程演化

工程演化的突出标志是生产力水平的变化。而生产力水平是受社会意识形态、思想发展等要素影响的。思想解放很大程度上意味着多种要素的激活。欧洲文艺复兴在人类社会发展的历史上具有里程碑式的积极意义。哥白尼、伽利略、哈维、牛顿、开普勒、笛卡尔、哥伦布等，这些文艺复兴时期的伟大科学家，也是思想家，在取得自然科学举世瞩目成就的同时，也成为向旧思想、保守势力挑战的先驱。文艺复兴时期的哲学家、思想家培根发出的“知识就是力量”的历史最强音，宣示了科学促进生产力的历史性认识。文艺复兴以及后来的启蒙运动印证了资本主义从萌芽到快速发展是思想文化运动直接推动的结果，而资本主义商品经济的蓬勃兴起激发了对社会生产力加速提升的强烈需求。这种需求不断促进商品经济环境下技术、资本、劳动力、资源等要素量的积累，到了一定程度，以技术要素中的突出成果为标志，便引发了生产力质的飞跃的工业革命。英国工业革命的成果标志是珍妮纺纱机和蒸汽机。较之封建社会，英国资本主义工业革命科技推动的特征已经相当明显。但在当时的生产力水平下，从珍妮纺纱机和蒸汽机和发明过程可以看出，工业革命的技术创新还是以工匠的经验探索、灵感思维为主的。即便如此，我们也应该看到工业革命前相当长时间思想和科学技术的积蓄作用。

马克思指出，“资本是以生产力的一定的现有的历史发展为前提的——在这些生产力中也包括科学”^①，“如果生产这些劳动资料的部门的劳动生产力发展了（劳动生产力是随着科学和技术的不断进步而不断发展的），旧的机器、工具、器具等等就为效率更高的、从功效来说更便宜的机器、工具和器具等等所代替”^②，“生产力的这种发展，归根到底总是来源于发挥着作用的劳动的性质，来源于社会内部的分工，来源于智力劳动特别是自然科学的发展”^③。

在英国工业革命机器大规模使用的工程形态发生改变后，生产力水平骤然跃升，科学技术的理论和实践又进一步得到快速推进。到电器时代的第二次工业革命，科学技术对工业发展的促进作用已经上升到主导地位。从麦克斯韦电磁学理论的确立到发电机、内燃机以及一系列电器产品的发明

应用可以确证这一点。

历史发展到以计算机诞生为标志的信息革命时代，工程演化的科技促进特征就更为显著。核技术、空间技术等高科技发展迅速，也不断刺激着信息技术和产业的阔步向前。今天，互联网把人类生活带到一个崭新的世界，人们在大数据下体验到的前所未有的工作生活方式，毫无疑问也是科技促进生产力的结果。中国自改革开放到当今的新时代，经济、社会的发展成就也突出地印证了邓小平“科学技术是第一生产力”的科学论断。

综上所述，工程的演变和进化过程与科学技术是捆绑而进的，越是向前，捆绑越牢。从中也可以感受到，工程的演化是一个渐进的过程，而且并不是一个一直向前的过程。尽管在演变中，工程出现过局部的衰减和倒退现象，如欧洲中世纪封建教皇的统治，中国近代被殖民、受屈辱的年代，也包括战争带来的毁灭与萧条，但在人类社会整个的历史长河中，工程是不断演进的。从图 2-2 可以看出工程演化过程中生产力水平的突变点及造成突变的主要因素。

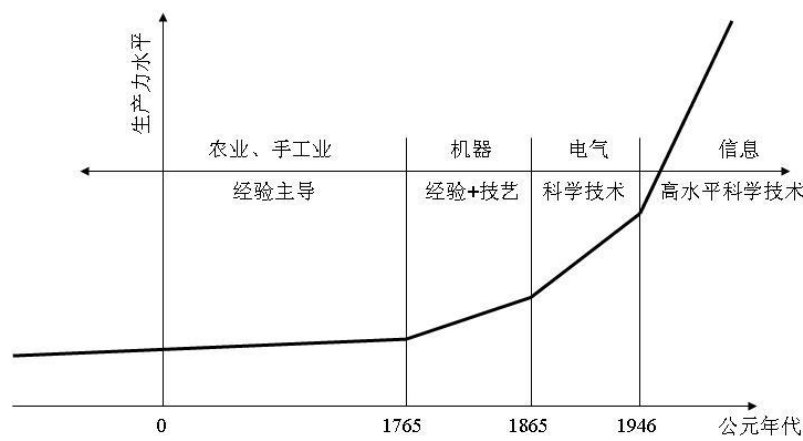


图 2-2 工程演化过程

3. 资源环境与工程演化

工程演化论是针对工程演进过程的哲学之论。站在哲学的角度，工程活动存在主体和客体，二者相互作用，构成工程演化的因果关系。主体作用于客体，促成客体内外组元发生变化；客体反作用于主体，能够完善和提高主体的内在机能，激发主体的活力。自然资源环境是工程演化的客体，是文明形成并发展的先决条件，也是影响工程演化的基本因素。自人类起源开始，自然资源环境就在影响着人们生存的质量。依靠认识能力的提高，人类在与自然的斗争中，锻炼完善着自身机体的功能，不断提高着对自然的适应性，增强着开展工程造物活动的的能力。可以说，自然资源环境的变迁与工程的演化如影随形。

地球上，人类生存的遗迹揭示着人类曾经的生活，也揭示着人类赖以生存的环境。考古学家针对文化遗址的发掘整理，考证了一个本不需考证的自然公理：人类的生存发展，总是选择大自然馈赠最为丰厚的地方。水是生命之源。中国的黄河流域是发现古人类文化遗址众多的区域；长江流域的河姆渡文化显示出新石器时代物美水丰的自然环境下人们劳作、耕耘的生机盎然；世界两河流域

的美索不达米亚平原肥沃的土地孕育了苏美尔、亚述、巴比伦等民族文明强盛的历史；还有印度河流域文明，尼罗河流域文明等。大河流域水源充足，地势平坦，土地肥沃，气候温和，人类的生存条件得天独厚，农作物容易培植和生长，人们衣食住行的基本需求容易满足。这些也为工程的衍生和进化奠定了良好的基础。

良好的自然环境促进着工程的演化，演化的结果是社会进步和人民生活水平提高。反过来，工程的演化也在改变着自然环境。这一改变，有可能是生态的改善，也有可能是环境的恶化。

都江堰，人类历史上一项伟大的水利工程，也是工程演化中实现天人合一的永久实证。2200多年前，岷江滔滔江水涌出岷山，顺势倾泻，所到之处，水患泛滥，一片汪洋。枯水季节，又是江底裸露，泥土干裂，作物颗粒无收。水旱灾害频发，成都平原民不聊生。李冰父子吸取前人治水经验，从开山修建宝瓶口开始，一步一步，一级一级，打通了玉垒山，构筑了分水堰——鱼嘴，修建了飞沙堰。经过8年的努力，适时顺势，造堤建坝，引水分流，建成了世人惊叹的人间奇迹——都江堰水利工程。从此成都平原物宝天华，人杰地灵，成为真正的天府之国。都江堰的神奇还在于，它的功能延续了2000多年，至今仍对富足一方发挥着作用。

都江堰带给人们的哲学思考是，工程的演化如何在改造自然和顺应自然中得到一个最佳的平衡点。

从都江堰的工程示意图（图2-3）和模块路径图（图2-4）可以从哲学和历史的角度进行深入的反思。在看到都江堰是历史和工程留给人类的宝贵财富的同时也认识到它会留给人们一个有沉重感的问题：如何让工程的演化更多地成为进化，世代地造福于人？

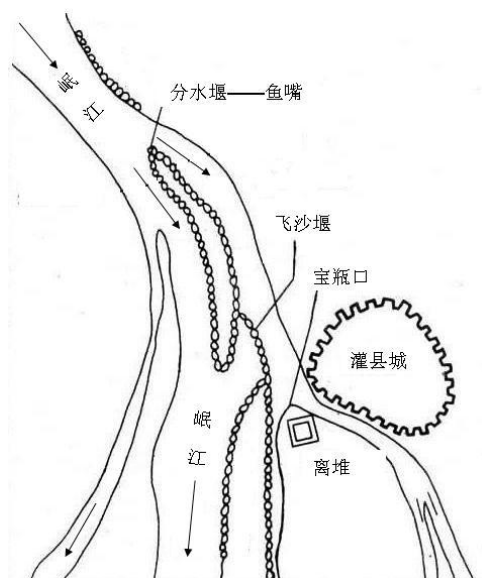


图 2-3 都江堰水利工程示意图

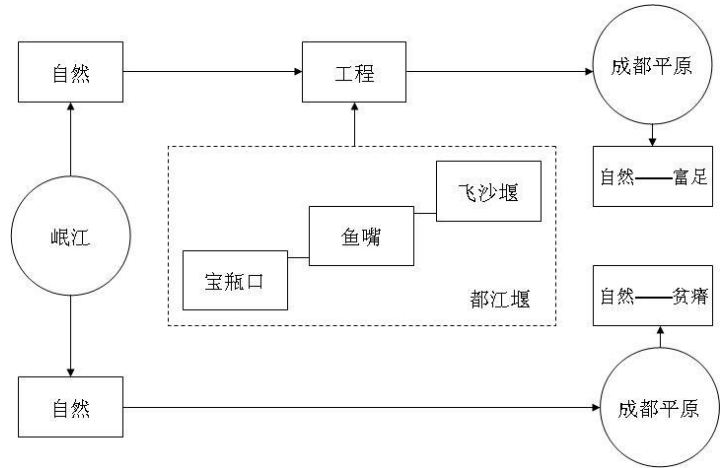


图 2-4 都江堰水利工程模块路径

工业文明在带来生产力发展、生活水平提高的同时，往往也伴生着自然环境的破坏。这实际是工程演化过程中忽视环境因素带来的社会退化。工业革命使英国成为当时世界最强大的资本主义帝国。机器的大量应用使得生产力水平突飞猛进，而由此产生的工业污染也是触目惊心。伦敦，著名的雾都，大量的煤炭在驱动蒸汽机的同时，让城市陷入烟尘之中。或许是一次集中爆发，1952 年底的伦敦雾霾事件夺去了上万人的生命。经济发展引起环境恶化的现象伦敦不是孤例。我国自改革开放以来由于单纯追求 GDP 增长造成的生态退化令人心悸。植被破坏，水土流失，河流污染，空气污染，人们在利益攫取的同时，似乎忘记了自己还得生存，忘记了还得为子孙后代的生存留下什么。还有战争和事故，一颗原子弹、一次核泄漏，工程演化负面效应的生态灾难给人们心灵的创伤是难以弥补的。

工程演化带来的“进”与“退”永恒地考问着社会，考问着人类。我们应该以怎样的理性去反思工程的行为？

4. 政治制度与工程演化

马克思说，“在一切生产工具中，最强大的一种生产力是革命阶级本身。”显然，马克思这里所说的“工具”是一种形象的比喻，其基本含义是劳动生产力的各种要素。因此，劳动者——革命阶级才是劳动生产力的决定因素。

政治制度的起源可以追溯到原始社会母系氏族公社时期。氏族是以血缘关系为基础的一种具有相当稳定性的早期社会组织，是社会制度的基础。当人类在谋求生存过程中形成了氏族群体（聚落、部落），有了管理、分配、继承，有了一些规定，如同族人之间不允许结婚。这样的社会组织形态便成为人类历史政治制度的萌芽。社会发展中，由于人的动物占有本性，当资源无法实现平均分配时，氏族群体之间便开始了为财物、领地等的争斗。胜利一方在一定区域内成为统治者，进一步为稳固并扩充统治而制定强制人们遵守的政策规矩。于是国家、阶级、制度就产生了。人类社会的发展史是以政治制度为阶段划分的。

事实上，人类社会政治制度的产生、发展与自然物和工程造物是密不可分的。这是由阶级私有

社会剩余物的本质特征决定的。从古至今，工程的演化无不打上阶级的烙印。也就是说，在阶级社会里，工程活动的过程总是应统治者不同的目的和需求而进行的。

中国的运河开凿从春秋时代就开始了。当时都是出于征服他国的军事目的。有史书记载的世界最古老的运河是春秋吴国国王夫差为伐齐运送军队及军事物资便捷而下令修建的邗沟。历朝历代，无论是军事战略需要，还是国家物资调剂、民间商品流通，漕运都是主要的物资通达手段。统治者为巩固政权，加强管理，及时调配、疏通物资人员，首要的策略就是建立庞大系统的漕运体系。人工运河是这一体系的重要组成。从隋代开始，封建集权制国家趋于稳定，发展经济成为迫切需要。而当时由于长期战乱和自然条件，北方经济萧条，南北经济差异明显。出于政权巩固、战备需要，南北之间必须加强物资运送通畅、人员往来便捷的能力。隋唐期间，统治者大规模开凿、疏通人工河道，以洛阳为中心，连通了黄河、淮河、长江等河流，形成了 2700 公里的水运交通动脉。政权更迭，都城变迁，也意味着政治制度中心的迁移。到了元代，北京成为首都，运河的走向也必须为王朝的政权服务。于是，通过改建、疏浚，现代意义上的京杭大运河诞生了。千年流淌的运河，是工程演化的实证，是社会变迁的见证，也是统治阶层意志的表达，客观上促进了经济的发展，社会的繁荣，成为民族勤劳智慧的象征。

【知识点滴】京杭大运河是世界上里程最长、工程量最大的古代运河，是中华优秀传统文化的象征之一。大运河南起余杭（今杭州），北到涿郡（今北京），途经今浙江、江苏、山东、河北四省及天津、北京两市，贯通海河、黄河、淮河、长江、钱塘江五大水系，全长约 1797 公里。大运河的开凿始于春秋，吴王夫差出于军事目的修建的邗沟是大运河最早修建的一段。十三世纪末元朝定都北京后，为了巩固政权，发展经济，通过水路使南北相连，不再绕道洛阳，缩短距离，必须开凿或改建运河以使漕运更加便捷。为此元朝先后开凿了三段河道，把原来以洛阳为中心的隋代横向运河，改建成以大都（北京）为中心，南下直达杭州的纵向大运河，花了 10 年时间，先后开挖了“洛州河”和“会通河”，把天津至江苏清江之间的天然河道和湖泊连接起来，清江以南接邗沟和江南运河，直达杭州。而北京与天津之间，原有运河已废，又新修“通惠河”。这样，新的京杭大运河比绕道洛阳的隋唐大运河缩短了九百多公里。

长城也是一个典型的例证。国家的强盛，政权的稳固，离不开军事力量的强大。不扩张可以，不防御是不行的。长城作为军事防御工程，在演化过程中，同样体现的是政权的意志，发挥着抵抗外来入侵的作用。

政治制度要素作用于工程演化，还常常会对其它要素产生抑制或激励影响，从而加剧工程的演化。欧洲中世纪的中前期，封建教会势力统治一切，陈腐苛刻的教规扼杀了人们的新思想、创造力以及由生产力发展带来的社会活力。科学技术要素被严重抑制，在长达 400 年的历史时期没有产生较有影响的科学发现和技术发明，生产力发展陷于停滞。

1688 年英国资产阶级革命胜利建立了君主立宪制，政体确立了内阁制和近代议会制，政治制度适应了英国国内社会发展的需要，从而成为在英国发展资本主义和进行工业革命的根本保证。而

英国工业革命带来的生产力质的飞跃也证明了政治制度要素对工程演化的激励作用。

在当代，中国特色社会主义制度和理论体系是对马克思主义关于人类、社会、经济实践发展观的继承和创新，也是对其内容的丰富和拓展。自改革开放以来，特别是党的十八大以来，中国在社会生产生活各领域取得的举世瞩目的发展成就，尤其是产业经济和一些宏大的工程项目，比如装备制造业的集成创新使得交通运输、航空航天、信息产业等的发展突飞猛进，三峡工程、青藏铁路、南水北调等令世人震撼惊叹的工程创举，充分证明了先进的社会制度和理论体系有力地激活了影响生产力发展的诸多要素，对工程的正向演化发挥着不可估量的作用。

还有很多要素，如资本、劳动力、思维和认识能力等，对工程演化的影响都十分深远。工程的演化，可以是野蛮的退化，也可以是文明的进化。经历了遥远的历史而留存的工程物，或者已经成为废墟、遗址的工程物，无声地诉说着这种退化与进化，从各种要素的作用过程启示着人们不断地思考在创造历史的过程中，如何让工程更多地造福于人类，实现更多的“进化”。

2.3.3 工程演化的动力和机制

动力和机制是工程演化的两个决定因素。动力就是引擎，自然界和人类社会，一切事物产生变化的根本原因都是存在动力。工程演化的首要基础就是在历史的进程中不断发生变化。这种变化不带有方向性，有可能是跃迁，也有可能是衰减。人们的追求总是希望进步与提高。在动力作用下如何保证方向？这就是机制问题。要素的作用机制，要素间的联系机制是决定事物走向的关键。生物肌体如果内部机制不畅，就会走向衰竭；社会运行如果内部机制消弱，就会走向没落。工程的演化同样如此。

1. 工程演化的动力

如前所述，工程要素对工程的演化过程发挥着重要作用。无论何种要素，要使工程产生变化，归根到底，是二者之间出现矛盾的结果。这样看来，矛盾是工程演化得以进行的根本原因。马克思指出，“一切的历史冲突都来源于生产力和交往方式的矛盾”^①。生产力和生产关系、经济基础和上层建筑的矛盾是社会基本矛盾。这两对矛盾贯穿于从人类起源到社会发展过程的始终，在矛盾运动中形成了社会发展过程中各种社会形态、社会制度及其基本性质；基本矛盾制约着社会其他矛盾的存在和发展，决定社会历史的一般进程，推动社会向前发展。工程的演化是社会历史发展的一部分，其演化过程无时无刻不受自然和社会矛盾的影响和驱动。

工程是直接的社会现实存在。工程活动的每一个环节都包含着需要克服的矛盾，无论是内部构造、功能实现方面的，还是外部环境、政策制度方面的。正是在这些大大小小的矛盾解决中，工程得到演化。从历史的发展过程来看，当原始人意识到经过加工的石块更有利于取得所需，从而增强生存本领时，就产生了“如何加工石块”的问题，实际也就产生了矛盾。解决了矛盾，人们掌握了制造使用工具的方法，于是在人生存能力增强的同时，方法逐渐改进，工具变得更加复杂有效。在矛盾产生和解决永不停歇的循环上升中，工程造物的技术系统由简单到复杂，由低级到高级得到持续演进，社会在工程演化中也得到发展。矛盾是普遍的。

人生活在一定的自然环境中，作为客体的工程活动当然也是在一定的自然环境中进行。或者说，工程活动是依附于特定的自然环境的。一般来说，工程活动的任务是建造或开采，是从自然环境中得到所需。因此，工程与自然之间必然会产生矛盾。当这种矛盾加剧时，就说明自然生态环境受到了严重破坏。在人的生存能力有限的时代，人们在自然环境中获取生活所需时，主要还是顺应自然、依靠自然。当生产力水平提高后，人的占有欲增强，以征服自然为荣耀的心理不断膨胀，为一己之利恣意妄为、不计后果的工程活动充斥世间，积累到一定程度，工程与自然之间的矛盾无法调和时，便会爆发环境危机。由此可见，作为工程演化的外部动力，工程与自然之间的矛盾在工程活动中始终存在。当这种动力与天人合一的社会进步同向时，即工程演化是正向的，它对自然与社会的和谐共进起促进激励作用。当这种动力与社会进步方向相反时，即工程演化是负向的，这时工程演化就会制约和束缚社会的进步发展。

人也是必定要生活在社会环境中的。工程活动也是必然要在社会环境中进行的。在生产力得到一定发展之后，社会的经济基础逐渐变得厚实，于是生产关系和上层建筑在社会生活中的作用就会变得越来越明显。如同自然界中物种之间因矛盾而优胜劣汰一样，社会中生产力和生产关系、经济基础和上层建筑之间的矛盾也在不断形成并演变。比如生产资料所属的问题，上层阶级垄断和平民大众得不到基本所需的问题。这些矛盾体现在工程活动中也是非常显著的。规模宏大的陵墓工程是贵族统治阶级的需求，耗费的是千千万万劳苦大众的血汗和生命；在工业生产中资本家大把攫取剩余价值的同时，工人创造了传世辉煌和盛世繁华，自身却基本生活都难以保证。工程演化的背后，往往是统治阶级的奢华和劳动人民的辛酸。

马克思在《〈政治经济学批判〉序言》中阐述到，“物质生活的生产方式制约着整个社会生活、政治生活和精神生活的过程。不是人们的意识决定人们的存在，相反，是人们的社会存在决定人们的意识。社会的物质生产力发展到一定阶段，便同它们一直在其中运动的现存生产关系或财产关系（这只是生产关系的法律用语）发生矛盾。于是这些关系便由生产力的发展形式变成生产力的桎梏。那时社会革命的时代就到来。随着经济基础的变更，全部庞大的上层建筑也或慢或快地发生变革”^①。这里，马克思论述的实际是社会的物质需求刺激着物质生产，从而也就成为社会矛盾产生的根源。工程是物质的一种重要的体现形式。因此，在社会发展的进程中，一切对物质攫取的形式和内容都将成为工程演化的直接动力。

还必须认识到，除了物质需求以外，人的意识形态需求也常常成为工程演化的重要推动力。古往今来，许多工程建筑物其建造的初衷是寻求精神的寄托。曲阜孔庙，规模宏大、气势宏伟、富有东方特色的古建筑群，千百年来传播着孔子“仁、义、礼、智、信”的中华优秀传统文化传统思想，表达着历代君王期盼用儒家思想规范社会，使国家长治久安的渴望；宏大而神秘的金字塔是古埃及法老的陵寝，是古埃及人出于对神的虔诚信仰而建造的永久享受的“来世王国”；古老的哥特式建筑风格的教堂遍布欧洲各地，恢宏而又极富历史厚重感的造型，永久地表达着“神的懿旨”。

综上所述，工程与自然、工程与社会之间的矛盾是工程演化的外部动力。矛盾的根源是人类赖以生存发展的对资源和物质的需求占有。

2. 工程演化的机制

“机制”一词在现代汉语词典中解释为“泛指一个工作系统的组织或部分之间相互作用的过程和方式”。事物运行发展都有其内在规律。不同要素之间规律性的协同配合才能实现事物存在的功能。由此可见，当我们要透彻理解事物变化的“机制”时，必须在事物的内部探究要素间相互作用的规律以及最终要实现的功能。在生物肌体正常生活过程中，水、蛋白质、矿物质、维生素、菌类等维持生命的要素在分秒不停地按相互协调的多种运行机制工作，如果任何一种机制出现了问题，肌体就会呈现病态甚至走向衰竭。因此，生物体的生长其内部机制发挥的作用是至关重要的。自然界和人类社会的许多事物具有相似的发生、发展规律。把握这些规律，发挥主观能动性去协调要素，形成事物良好的运行机制，是人类社会向前发展的基本路径。

工程在演化过程中，内部的要素也在随之演化。但各要素的演化速度、演化方向可能不尽相同，由此造成工程活动内部产生矛盾，造成机制不畅，从而对工程的正常演化产生不利影响。工程的演化总是伴随着社会生产力的发展而进行的。社会生产力水平对工程内部的要素起着重要的影响作用。比如工程活动过程中使用的各种工具、各种技术手段都是随着社会生产力水平的提高在不断发生变化。英国工业革命机器生产大规模代替手工业生产，使得工程活动内部要素发生了根本性的变化。一些有活力的要素经过改进适应生产力发展的需求，成为工程正向演化的积极推动力。一些落后的要素由于不能与新生要素相融合而遭到淘汰。与自然界物竞天择，适者生存的道理一样，工程活动在演变过程中也必然有一个选择与淘汰的机制，只不过前者所言的“天择”在社会发展的工程演化中是“适应生产力的选择”。工程的正向演化是人类为追求幸福美好生活而期盼并为之不懈努力的，它是由一个良性的选择与淘汰机制决定的。其目标首先是正义的、善良的、充满人性的。如果目标是邪恶的，那它所引导下的工程活动以及其中的要素协同机制有可能将工程演化成人类的灾难。在演化过程中，工程对于自然和社会的环境存在着“自适应”的现象。就是说，工程在演化过程中会自发地适应当前生产力水平，适应意识形态需求。这里尽管摆脱不了社会环境中存在主观色彩，但就工程本身来说，它也是一个“适者生存”的现实存在。在工程的内部，由于这种“自适应”而产生的调节机制、竞争机制、协同机制也都是增强工程“自适应”能力的表现。这些机制各自发挥作用，最终目标就是合理地选择与淘汰，共同促进工程的演化。就象嫩芽的新生和老枝的枯萎，工程演化中的选择与淘汰作为一种机制就是人类社会历史车轮转动的“物竞天择”。

如果说“选择”是在已经“有”了的基础上去获取“优”的，从中会感觉到这一概念带有一定的被动和消极的成分。当“没有”时还能选择吗？“淘汰”也是这样，在“有”的基础上经过发展不适应了，于是退出了。如果根本就“没有”，也就谈不上“淘汰”了。那么如何在“没有”时让其变为“有”，这就是“创造与竞争”的任务。工程本身具有创造性的属性。在工程演化过程中，许多要素如技术、材料、设施、产品等因不能满足新的需要而被淘汰。实际上被淘汰的真正原因是这些要素在发展中失去了竞争力，自然会被创新的东西所代替。

所以，工程活动的演变和进化也是创新和竞争的结果。这里的竞争应该说上升了一个层面，是在创新的前提下展开的。在生产力水平较低的时代，工程的演进主要是靠选择和淘汰机制来实现的。

当生产力不断发展，特别是科学技术成为生产力推动的主角时，工程的演进就进入了创新和竞争机制的时代。作为机制，创新和竞争在工程内部要素相互作用时体现的推陈出新的主动性更强，有可能是创新的主体要素推动次体要素增强自身的竞争力；也有可能是次体要素首先出现创新替代，反过来促进主体要素的创新发展。这些都是由于工程的构成要素科技含量不断增多从而竞争力不断增强的原因。事实上，由于创新和竞争机制的引入，工程活动的活力被大大激发和加强了。

创新和竞争在当今的信息时代尤其重要。互联网把距离缩得越来越短，知识更新的速度越来越快。工程内部的影响因素在信息化的促进下不但大大增强了，而且数量越来越多。大数据为优胜劣汰提供了技术保证，作为工程的主体——工程人员在工程内部要素的识别和判断中深深感受到了竞争的压力。这里并不是把竞争转移到了人的主体上，恰恰是工程内部过多的要素竞争使人们感受到技术更新的速度从而带来的竞争压力。总之，创新和竞争机制的形成不仅是工程演化过程中激活内部要素，为人类创造更多财富的需要，也是在市场经济环境中市场机制对工程演化提出的要求。

在对历史的追溯过程中，我们也深刻体会到了工程的文化内涵。历史本身就是文化的东西，它能使置身于纷繁浮华的人们在纷乱中找到一丝宁静，得到一许净化。在历史中，我们看到了工程的起源，尽管是那样的简陋，却丝毫不逊于现代奢华的物品；我们看到了工程的发展，从简单到复杂，从低级到高级。目视着当今的大厦桥梁、高铁物流，思考应该延伸，目光应该触及到工程发展的每一个阶段，从而使我们更好地理解：事情不是一蹴而就的；我们还看到了工程的演化，那是在把我们的大脑拉入哲学的领地，用富有哲理的思维去认识工程，理解工程。总而言之，在历史的轴线上去寻找工程的踪迹，会使我们更深一步地认识到工程的文化深邃性。

第三章 工程的时代使命

每一个时代都留有富于时代特征的工程印迹。每一个时代工程都担负着生存与发展的基本使命。当历史迈入一个新的时代，无论是哲人还是匠人，无论是师者还是学者，也无论身处高贵还是平凡，每个人在历史的门前，都应该回眸远望，在工程发展和演化的轨迹上凝神静思，期盼能得到身心发展的启迪。然后就是面向未来，思考如何将历史“工程物”的传统与现代交相辉映，将工程文化的优秀经典永世传承。进而也就思考，以什么样的姿态走进新时代，如何肩负起新时代的使命？

3.1 工程与经济改革

人类社会自有了商品交换，工程与经济就紧密地联系在一起。工程的创造和价值属性决定了它对经济既有高度的依赖性又有很强的促进作用。伴随着社会生产力水平的日益高涨，工程与经济相联系、相互作用的紧密度越来越高。用互联网时代的语言描述，二者被紧紧地捆绑在一起。经济，经世济民，价值的创造、转化和实现。经济活动是人们在社会生活中为实现物质财富的产生、转移和拥有而进行的一切主观能动性的努力。它在不同的历史时期与社会发展的适应性也是不同的。当代中国正在进行大规模的经济改革，以期让社会经济活动更好地适应国计民生的发展，更有利于满足人民幸福生活指数提高的需求。从经济活动的概念中，也可以突出地感受到它与工程活动的交叉。

3.1.1 工程活动与经济活动

工程活动和经济活动在人类社会共同满足的是人们不断增长的对物质文化生活的需求。二者在内容上主要交叉于“产品的生产”和“项目的实施”（图 3-1）。作用于工程活动中的内部外部要素对经济活动同样有效，比如对工程活动起决定作用的技术要素在经济活动中同样发挥着重要作用，从“技术经济学”的研究内容中可以体会到这一点。工程活动强调的是“造物”，即通过实现实体的建构为社会提供物质财富，同时也使人们在“物”的基础上得到精神的愉悦感。经济活动强调的是以资本运作为基础的价值获取、转移或分配的过程。在人们进行工程活动时，无论是各种类型的工程建设项目，还是不同领域的工农业生产项目，人们最为关心的是项目投入后所产生的效果，即是否能够获得利益的最大化，这也是商品经济社会最为显著的特征。前面讲过工程的演化有正向和反向之分，即工程活动在演变过程中有可能促进社会的繁荣与进步，也有可能破坏环境和生产力，阻碍社会的发展。经济活动同样如此，当人们按照经济规律并遵守社会法规去发展经济、获取利益时，给社会带来的是兴旺繁荣。反之，单纯追求利润，违背经济规律，不顾道德法律地进行经济活动，社会就会面临许多恶果。

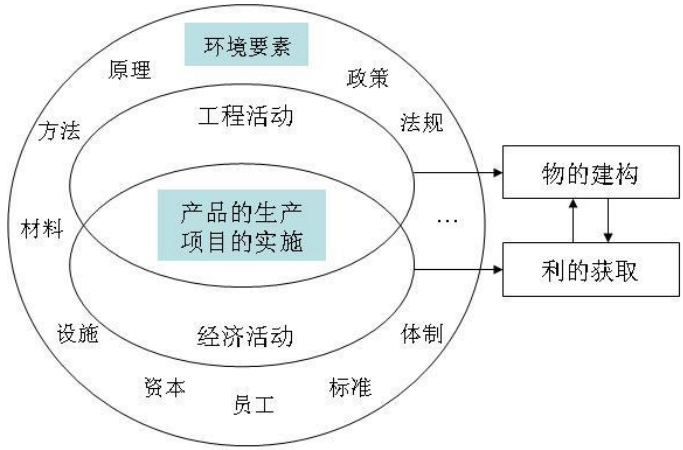


图 3-1 工程活动与经济活动

工程活动与经济活动在社会生活中体现的另一个突出特征是共有的价值观取向。工程活动追求通过“有组织的社会实践活动”实现“有形物”的建构，从而促进现实生活的丰富多彩。人通过工程活动获取了“物”而变得内心充实；社会通过工程活动逐渐繁华起来，展现出满目丰腴。对“物”的追求是知足常乐，还是贪婪成性；通过“物的建构”是得到人类福祉还是变得生灵涂炭，这里工程活动价值观的取向在人对“物”的占有欲中表现得淋漓尽致。军事工程在人类发展过程中从来都是双重价值观的代名词。侵略扩张，无端掠夺；防御制衡，保障发展，人类历史就是在相互争斗的双重价值观矛盾中曲折前行的。除军事工程外，工业发展中工程的许多领域都存在相应的价值观问题，现代社会表现突出的是面对生态文明持有的观点和态度。

如果说工程活动中价值观的表现还有些含蓄，那么经济活动中的价值观就显露得非常赤裸。无论在哪一个历史阶段，商品交易的目的是十分明确的。以生产、交换、分配、消费为组织形式的经济活动毫无隐晦的目标就是利润的获取。从社会发展和进步的角度看，这是必然的，它对人的心智发展、社会的繁荣稳定、国家的富强兴旺都具有显著的积极意义。但这一定是在自然、社会规律的运行轨迹上，在法律、机制健全的基础上才能实现的。在资本原始积累阶段，社会运行机制尚不完善，特别是法律制约机制存在严重缺陷，人们对经济发展规律没有透彻掌握，于是经济活动中对利润的获取往往会表现出人性最阴暗的一面。马克思的剩余价值理论深刻揭示了土地、劳动、资本等生产要素的占有者——资本家在榨取工人剩余价值时的贪婪本性。马克思指出，“由于劳动被进行了买卖，所以它本身就成为了商品”。而“劳动产品在直接劳动者与积累劳动占有者之间的不平等分配”^①，造成劳动产生的价值超过了劳动本身的价值，其中的差额（剩余价值）被资本家所占有。经济活动在市场环境下，这种剥削与被剥削的关系是普遍存在的。

随着社会财富的不断积累，人们的生活水平稳步提高，现代社会的文明程度越来越高，经济活动也逐渐趋于理性。虽然目标指向没有变，但随着市场运行机制的不断完善以及法制的不断健全，人们在经济活动中逐渐认识到，垄断经营，不可能长久；恶性竞争，只会自毁前程；投入产出是有规则、有比例的。于是经济活动在自我认识、自我调整中慢慢规范起来。我国自改革开放以来经济发展的过程实际也是逐步规范的一个例证。改革开放初期，“下海”、“发家致富”、“一夜暴富”

充斥人心，也造成人心不稳。“白猫黑猫论”、“摸着石头过河”等论断在当时的社会背景中，对促进社会经济快速增长发挥了巨大的推动作用。但也引起了社会发展的一些负面效应，这也是改革需要付出的代价。改革开放的 40 年，社会主义市场经济逐步建立并完善，经济活动的主体——企业在国家宏观调控和市场自主运营的机制下渐行健稳，民族自强的不懈努力探索出了中国特色社会主义的发展之路。

3.1.2 新经济下的工程发展

“新经济”是当今社会热捧的高频词。什么是新经济？从字面上看，新经济应该是产生不久的一种经济运行模式或经济存在状态。纵观时下世界经济发展潮流，结合我国近年来突飞猛进、日新月异的社会新貌，我们能够感受到，新技术是引发新经济的根源。也就是说，足以引起社会变革、人们生活方式和思维方式改变的新技术将会引发经济领域的一场深刻革命。

从经济发展的阶段性来看，历史上每次发生的深刻的社会变革，总是经济领域的革新在唱主角。因为生产力水平的提升是社会变革最显著的标志，而经济模式的改变是促进生产力的首要前提。所以这时形成的经济现象都可以称作新经济。亚当·斯密的《国富论》出版于英国工业革命初期，这是一部代表工业资产阶级利益的政治学巨著，它标志着为工业革命进行理论指导和造势的新政治学说的诞生，对此后工业资产阶级的蓬勃发展产生了极其深刻的影响。在《国富论》中，亚当·斯密阐述的经济社会的现象和观点至今乃至今后多年仍具有强烈的现实意义。比如，以人为本，是当代社会我们突出强调的发展道理，它在各领域都是应当遵从的。在经济活动中，亚当·斯密主张，经济体制之建构，应以保障个人之生存及发展为原则。因为每个人若能充分发展自我，则社会整体也将获得进步。“他们所以会如此指导产业，使其生产物价值达到最大程度，亦只是为了他们自己的利益。在这场合，像在其他许多场合一样，他们是受着一只看不见的手的指导，促进了他们全不放在心上的目的。他们不把这目的放在心上，不必是社会之害。他们各自追求各自的利益，往往更能有效的促进社会的利益”^①。从亚当·斯密的言论可以看出，人的自利与人的奋进是有相当关联度的。当然，这里的“自利”是指人在经济活动中通过努力去获取利益的本性，而且这种本性是受道德法律约束的。

在当代，“新经济”作为一个专有名词，其概念起源于美国。20 世纪 90 年代以来，美国的信息技术迅猛发展，政府、企业、风险投资的联动效应使得以网络技术为核心的信息技术革命风起云涌，技术水平和发展速度在全球独领风骚。在信息技术的引领下，传统和新兴产业活力四射，高科技产品层出不穷。信息技术的发展带动了汽车、钢铁等传统企业生机再现。航空航天、生物工程、新材料、新能源等领域成为全球的风向标。位于旧金山的美国信息技术和产业的摇篮和中心——硅谷也是世界高科技研发和产业的中心。这里是无数莘莘学子实现梦想的求学之地，也是创业者、企业家想往的淘金之地。以信息技术为代表的高科技集群为美国带来了持续 20 多年经济的快速增长，并由此引发的低失业率、低通胀率等鸿利进一步稳固了美国经济的全球领先地位。在这样的经济形势下，美国《商业周刊》杂志将由信息技术革命形成的持续的经济高增长、低失业率、低通胀率的经济现象定义为“新经济”，并成为现代经济社会各国家普遍向往、探索和追求的经济发展目标。

美国的新经济现象确实为全世界提供了一个经济模式的范本，促使各个国家根据本国国情并借鉴美国的成功经验来制定切实可行的经济发展策略。

从工程的角度看，新经济无论是发端、发展还是涉及的领域、模式，都与工程息息相关。信息技术本身也属于工程领域。可以说，工程的本质决定了它就是新经济的始作俑者。新经济与工程是相互作用的。一方面，新经济对工程的发展起到了巨大的推动作用。没有源于信息技术支撑的高科技原理的应用，一些现代工程项目是不可能实现的。比如有限元技术对于大型桁架结构受力分析的贡献，是我们看到的高楼大厦、车站机场、隧道桥梁能够实现的关键所在。而有限元技术的重要依托就是信息软件的计算技术。在有限元技术基础上发展起来的拓扑优化技术，为工程构架实现结构美观、性能可靠、集成简约提供了广阔的发展前景。可以看到，新经济带来的连锁效应对工程活动涉及的所有要素的活力激发都是前所未有的。人类也必将在新经济时代创造出以“现代工程物”为代表的更加灿烂辉煌的成就。

另一方面，工程的发展也为新经济模式的进一步完善和强化，特别是在不同国家根据不同国情的改良提供了大量的极具参考价值的经验。中国的铁路建设近十几年取得的成就举世瞩目。一些高原、高寒的建设项目涉足了人类建设史上的禁区。其中工程建设技术上取得的突破也为国家经济的发展，特别是新经济的快速推进积累了宝贵经验。一些传统与现代相融合的博物馆工程、文物保护工程，信息技术应用的特征极为明显，这些工程项目的实施，本身也促进了我国新经济在不同领域的腾飞，为新经济下中华文明古国优秀传统文化的传承与发展指明了方向。

【知识点滴】“数字敦煌”是一项旨在保护敦煌石窟壁画，减少人为损坏的国家重点文物保护单位工程项目，包括虚拟现实、增强现实和交互现实等内容。通过工程实施使敦煌瑰宝数字化，在满足人们游览、欣赏、研究等需求的基础上，能够使古老珍贵的壁画多一份安静，多一份休养。上世纪90年代初，敦煌研究院院长樊锦诗就策划了“数字敦煌”的构想，希望运用高科技手段为壁画、泥塑、洞窟建立数字档案，用于敦煌文化展示，为文化遗产保护提供新方案。

已经完成的“数字敦煌”工程项目利用先进的科学技术手段与文物保护方法相结合，对敦煌石窟和相关文物进行全面的数字化采集、加工和存储。将获得的图像、视频、三维模型等多种数据和文献资料有机链接，构建一个传统与现代相结合的文物数字化资源库，通过网络实现全球共享。“数字敦煌”项目是一个具有示范意义的世纪工程，任重道远。今后还会在现有成果的基础上，深入挖掘传统文化精髓，继续创新，为敦煌文化遗产的魅力永世流传。

新经济的蓬勃兴起也是数字经济开启的时代。信息化是数字经济的本质所在。新经济“持续、快速、健康”的经济发展理念也为工程的发展提供了新的动力，注入了新的生机与活力。

3.1.3 供给侧改革中的工程文化

当前,我国经济领域正在进行的供给侧结构性改革是一场深刻的社会变革,它涉及到思想观念、体制机制、产业运营、创新发展等方方面面的内容。自2015年11月中央经济工作会议研究部署的供给侧结构性改革拉开帷幕两年多以来,随着改革的不断深化,以去产能、去库存、去杠杆、降成本、补短板为重点的改革任务已初见成效。供给侧改革的持续深入为国家发展战略的顺利实施奠定了良好的体制基础。

1. 供给侧改革是什么

供给侧结构性改革强调的是“结构”。任何改革都是针对以往事物发展中存在的不适应、束缚、抑制现象而展开的。经济发展出现了瓶颈,负面效应突出,首先需要审视的就应该是经济结构是否存在问题。供给与需求是任何社会任何时代经济生活中相互依存、不可或缺的两大要素,也是矛盾对立统一体的两个方面,二者同生并存。从人类生存发展的历史来看,需求是主观在先的。社会生产力发展的根本动力首先就是满足人们生存的物质需求。需求就是解决“我要什么?我想得到什么?”这样的问题。用需求主导人的行为,看似很自然,社会在相当长的历史时期都是这样运行的。当人们发挥主观能动性去得到所需的同时,社会也在逐渐取得进步。“用劳动换取美好生活”是多少年来催人奋进的心声。可问题恰恰也出在需求。当生产力水平较低时,人们关心的是“有”,而无法企及到“优”。这时国家的经济政策一般也是需求侧管理,其特征是,在发展中过渡依赖现有资源,经济活动中少顾及发展质量和发展能否持续,更多地关心经济的增速和总量。在这样的社会环境下,表达上看经济繁荣了,人们生活水平提高了。但表象下面是积存的环境和社会矛盾,时间越长,矛盾越深,激化的可能性越大。我国自改革开放以来经济持续高速增长,经过30年的励精图治,经济体量已经稳居世界前列。毫无疑问,需求侧管理在其中发挥了重要作用。但近十几年资源型经济带来的环境污染、资源过度消耗等问题愈发严重,由此引发的社会问题已不容忽视。需求侧管理在经济水平达到一定高度后与人们追求的生态健康文明产生了严重的不适应。从需求侧管理拉动经济的三架马车——投资、消费、出口也可以认识到,国家财政在这种经济体制下要实现增长只能靠这三方面,一是投资,就是政府必须拿出钱来,付出成本;二是消费,就是国内大众的花销;三是出口,就是接国际订单,出口资源或产品。这三方面作为经济增长的要素,其中隐含着大量资源和能源的消耗。

需求侧管理是经济阶段性发展的产物,是低水平供需平衡的经济管理模式。当经济水平提升到一定高度时,需求侧管理的弊端就会凸显出来,资源枯萎,环境恶化,社会面临的生态危机逐步加剧,同时还伴随着由于片面追求经济以至公益缺失、道德水准下降等社会问题。进行供给侧结构性改革,就是把聚焦点从需求转向供给,提高供给质量,扩大有效供给,调整经济结构要素,增加活力要素。供给侧改革涉及4大要素——劳动力、土地、资本、创新。其中创新是改革最具活力和效力的要素。因为供给质量是靠科技创新来实现并保证的。从要素驱动、投资驱动转向创新驱动,是供给侧改革的根本目标。

2. 供给侧改革改什么

针对经济结构出现的不适应发展需求的问题，供给侧改革确定了 5 项改革任务，中心点就是实施创新驱动，促进转型升级，增强竞争实力。

去产能。主要目标是化解过剩产能。在片面追求经济效益的时代，“争分夺秒，大干快上”主导着决策和人们的心理。城市建设、基础设施的高速推进使钢铁、煤炭、水泥等产业急剧膨胀，产能过剩且高品质产品欠缺，低劣产品充斥市场。同时资源消耗浪费严重，环境污染加剧。去产能就是要通过调整产业结构，将占有宝贵资源而又创新增长力不强，产能严重过剩的产业进行升级改造或淘汰掉，发展高端产业，扩大有效供给，创造新的生产力。

去库存。就是通过政策调整和市场机制消除产品库存，化解房地产库存，使市场流通迸发活力。盲目投资、盲目上马、跟风跃进是造成产品或房地产过剩库存的根本原因。这些无效供给大量占据着宝贵的土地资源，成为发展的羁绊。清除供给冗余是保证供给侧改革顺利推进的重要一环。

去杠杆。杠杆在企业经营中是指实际投入较少，通过贷款负债经营获取收益的运营方式。在经济冒进时期，貌似商机的到来，企业常常不惜血本地投入，以期博得大的收益。可以说在这里“杠杆”就是金融风险的代名词。去杠杆实际就是通过政策调节手段，使投资和企业经营趋于理性，也促使经济发展更稳妥地步入正轨。

降成本。发展的代价过高，人民的幸福指数、社会的稳定性就会下降。企事业运营成本是社会是否健康有序的重要体现。国家关于降低实体经济企业运营成本的政策和制度实施，对于企业提升供给能力，形成创新机制具有重要意义。

补短板。短板效应也称木桶效应，是说一只木桶能盛多少水取决于最短的那块木板。经济发展的影响要素非常多，而最薄弱的环节往往是对成败起决定作用。“千里之堤溃于蚁穴”也是这个道理。补短板就是要针对存在的问题和矛盾，采取有力措施持续改善有效供给的数量和质量，提高效益，培育增长动力。

供给侧改革和需求侧管理在历史不同的发展阶段对促进经济发展、增加社会活力都在发挥着重要作用。二者只是侧重点不同，并不是说重视一个就忽略另一个。二者的相互关系从图 3-2 中可以较深入地理解。从图中可以体会出供给侧改革对于当代我国的社会发展特别是在发展中着力克服“人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”。

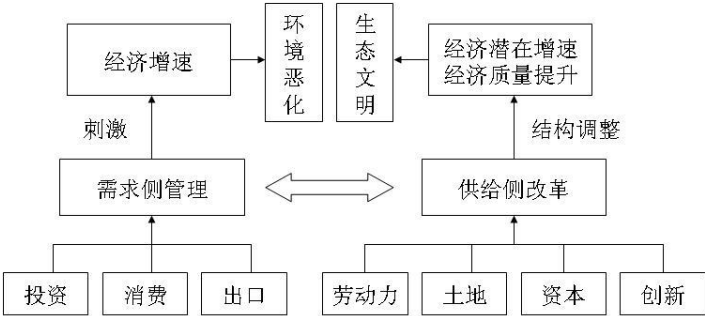


图 3-2 供给侧改革和需求侧管理的比较

3. 供给侧改革蕴含了什么

供给侧改革内容丰富，意义深远。它是经济领域的改革，而在经济领域中，许多问题“牵一发而动全身”，对社会正常稳定地运行有极强的影响力。从以上对供给侧改革的描述中，我们进行深入的思考分析，可以看到供给侧改革中蕴含了许多工程文化的内容。

前面讲过，工程与经济是密不可分的。供给侧改革在经济领域进行，就必然涉及到工程活动。在供给侧改革的5项任务中，“去产能”直接涉及的工程活动最多，大量的工程项目停建改建，大量落后产能的项目需要拆除，还要在创新驱动指导下建设大量的新兴产业；“降成本”涉及到企业信息化、自动化的改造工程。除了直接的工程活动，供给侧改革更多涉及的是政策、体制、机制方面的调整、制定和推行。“降成本”除了直接的工程改造项目外，还涉及许多提高工程运营质量和效率的政策体制内容；“去杠杆”意味着降低工程投资风险，从制度上消除人们的博弈心理，使工程项目从酝酿、延生到发挥功能都能实现理性和稳妥。它将有力地保障保证工程健康有序的发展；“去库存”的相关政策着力清除无效供给的经济冗余，促使工程发展轻车简从，有利于富有竞争力的创新项目引入；“补短板”使人们在发展中更加清晰地认识到，经济活动中不能只顾优中扶优，工程项目的分析论证也不能眼中只有优势环节。应该关注薄弱环节，敏锐地查漏补缺。

供给侧改革是一项庞大的系统工程，所有涉及工程建设、政策制度以及功能意义等方面的改革内容、改革目标、改革方法，我们都可以将其归于工程文化范畴。供给侧改革内容中蕴含着丰富的工程文化内涵，从4个要素和5项任务中，都可以提炼出大量的直接工程活动内容以及涉及工程的政策体制机制等内容。从图3-3可以看出，供给侧改革与工程文化可以紧密地关联起来。

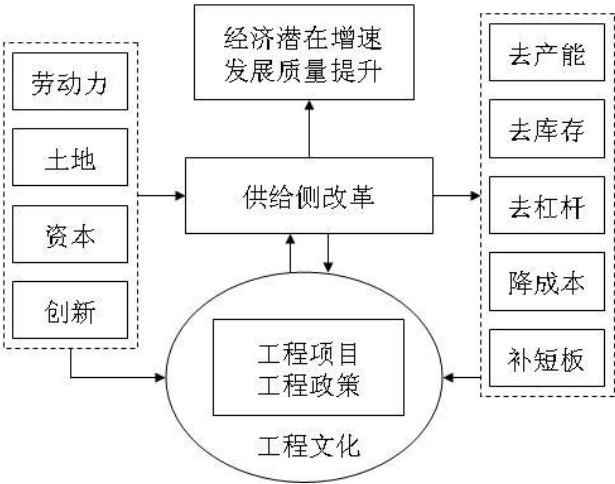


图 3-3 供给侧改革与工程文化

3.1.4 经济新常态与工程

常态，正常的状态。当社会发展到一定阶段，社会各领域形成相对稳定、均衡的态势，就可以看作形成了一种常态。“新常态”是中国经济通过较长时间一以贯之的发展态势后由于某种动因使

经济进入到与以往不同的新阶段的表述。在经历了多年经济的高速增长后，自 2013 年开始，中国经济增速放缓。这预示着国家经济进行结构优化调整的开始，也标志着中国经济进入到一个新的正常发展态势，即新常态。2013 年 12 月习近平总书记在中央经济工作会议上首次提到“新常态”，指出要“理性对待经济由高速增长转向中高速增长的新常态”。此后在不同场合总书记又多次提到“要适应经济发展新常态”。在经济增速换挡期、结构调整阵痛期、刺激政策消化期的“三期叠加”背景下，经济结构现状和经济发展规律促使政府深刻认识到经济转型发展的必要性和迫切性。进入新常态后，中国经济发展呈现三大特点：经济增速放缓；经济结构优化升级；经济增长动力由要素、投资驱动转为创新驱动。这三大特点实际也是政府主导的经济发展目标。要实现目标，必须有通畅的路径。供给侧改革的不断深化实际也是为切实推动经济发展目标的实现理顺关系，疏通道路，奠定制度基础。事实上，在旧常态下，由于长时期侧重经济增速而忽视经济结构的不合理，导致发展中深层次的矛盾不断积累，到一定时段，经济结构的颓势已经显露无疑。因此，政府的宏观调控必须发挥作用，促使经济发展出现拐点，在经济适度增长的基础上，将目光更多地转向经济结构的优化，也即发展的质量上。“新常态”就是这样一个概念和经济发展的新阶段。

在新常态下，经济调整了姿态仍在向前。工程将以何种姿态发展？毫无疑问，也是沿着不断优化的路径前行。由于经济改革的鸿利多数都落在产业经济上，而工程与产业可以说是相依相存，因此工程的发展在新常态经济模式下必然会获得更多更好的政策支持。同时在新常态下一些不适应经济结构优化的工程领域也会受到抑制而发展放缓，如高耗能产业、泡沫严重的房地产业、创新力不强的企业等。从新常态经济发展的与工程相关的突出特征可以看到，涉及教育、医疗等民生领域的基础设施建设，与互联网、信息化等高新技术密切相关的工程项目，创新驱动明显、有较强国际竞争力的新兴产业项目都会得到政策支持，推进速度会不断加大。这些都是新常态下工程繁荣发展的明显趋势。

3.2 工程与国家战略

战略是在全局谋划的基础上确定整体宏大的目标并为实现目标制定的全局规划。国家战略就是根据整体实力确定国家全局的发展目标并制定运用国家人力物力实现目标的全局规划。习近平总书记在十九大报告中提出“两个阶段”的国家发展目标，即“第一个阶段，从二〇二〇年到二〇三五年，在全面建成小康社会的基础上，再奋斗十五年，基本实现社会主义现代化”，“第二个阶段，从二〇三五年到本世纪中叶，在基本实现现代化的基础上，再奋斗十五年，把我国建成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国”。这就是一个全局的宏大国家战略。实际上已经有很多规划支撑着这一目标，因此它是“新时代中国特色社会主义发展的战略安排”。一个国家在不同的领域，为了国家整体共同的发展目标，会制订若干国家战略。这里我们重点关注与工程密切相关的“中国制造 2025”和“一带一路”战略。

3.2.1 工程与“中国制造 2025”

世间万物都是制造的结果，制造业是一个国家实现繁荣富强的最重要的物质发展基础。中国制造大而不强，这是社会对中国制造业现状的普遍公认。漫步在工业发达国家的商场、街道，中国制造的纺织品、日用品、五金件随处可见，价格低廉，档次低端。在欣慰中国国力日渐强大的同时，心中也有一种隐忧和刺痛感。

1. 中国制造大而不强的原因

中国制造业发展长期滞后，原因是多方面的。

纵观历史，中国漫长的封建社会经济形态均以农业手工业为主。在世界经济普遍不发达的情况下，由于中国文明历史发源早，进步快，因此古代文明出现了多次另世界瞩目的社会经济鼎盛时期。但长期封建集权统治严重束缚了人们追求进步的思想，经济发展一直徘徊在农耕手织时代，生产力水平提升有限。英国工业革命的机器生产为世界带来了工业文明的突飞猛进。而近代中国却陷入被列强殖民、军阀混战的动荡年代。晚清洋务运动虽对中国民族资产阶级的兴起具有积极意义，但封建势力的根深蒂固使之终未成大器。孙中山一腔热血推动国家迈向资本主义共和，也以失败告终。抗战期间，中日军事装备的对比也说明制造不强，国将不国。新民主主义革命胜利后，国家仍是一穷二白，加之政治运动，工业发展雪上加霜。历史证明，没有强大的工业制造，一个国家就难以立足于世界强者之林。

经济结构不合理是制造业落后的又一原因。建国以来，中国工业经济经历了“大跃进”和“文革”违背科学规律的时期，政治因素左右一切，工业进步趋于停滞。改革开放以来，中国告别了一穷二白，经济发展逐渐驶入快车道，工业经济比例逐年加大。至 2012 年，中国经济持续高速发展，经济体量已跃升世界第二。在经济增速和总量已实现领先的情况下，与发达国家相比，中国的制造业仍远远落后，说明了什么？从经济学的角度只能说明经济的结构组成存在问题。资源要素过重，创新要素过轻，这是中国经济多年发展形成的最显著特征。片面追求量的积累，只要有利可图就去追逐，造成制造业长期拚产量、拚规模的发展局面，同时也形成消耗与产出不成比例的现状。随着“中国制造 2025”等国家战略的实施和供给侧改革的深化，情况已逐步在好转。但根本扭转还需艰苦的努力和时间的积蓄。

科学技术发展滞后是制造业不强的重要原因。事实上，经济结构中创新要素的缺失就是在产业发展中不注重科学技术的突出体现。20 世纪 80 年代邓小平提出的“科学技术是第一生产力”的科学论断对中国科技事业的发展起到了重要的推动作用。但渴望经济效益快速攀升的社会形势在较长时间又制约着科学技术特别是高新技术的发展。制造业的“强”，就是指产品的科技含量高。人类社会发展到当今的高科技时代，国家与国家之间、企业与企业之间的竞争关系突出体现在科技人才、科技手段、科技应用的竞争。因此，发展高科技是中国制造业变强的不二之选。

在意识形态方面，“工匠精神”缺失也是中国制造业发展的难隐之痛。制造需要理论，需要设计，但更需要工艺，需要大量经验丰富、技术精湛的操作者，需要精益求精的精神和态度。德国产

品精致，这是很多人的共识。从德国拥有的世界品牌数和德国百年企业数去深入分析就可以悟出，德国工业发达、工业品闻名于世的重要原因就是务实敬业、精益求精的工匠精神。专注利润，容易形成浮华，甚至假冒伪劣。专注产品，才能真正立足、形成品牌。德国工业正是在悠久的历史中始终关注产品的品质，才使高品质的品牌固化于世，在激烈竞争的环境中常胜不衰。中国历史不乏敬业的工匠，鲁班就是代表。但在浮华尘世中，被名利左右的浮躁心态游荡于社会各个角落。人们在攀比浮夸之余越来越不屑于成为一个埋头苦干的“匠人”。于是，尽管“不差钱”了，社会却少了一种制造业所需要的沉稳静心、坚韧不懈的风气。

2. 中国制造由大变强的动力——“中国制造 2025”

在信息技术迅猛发展，美国工业互联网和德国工业 4.0 相继触发全球互联网+制造业发展热潮的国际背景下，结合中国制造业多年来大而不强的现状，2015 年 5 月，中国政府发布“中国制造 2025”，提出要通过政策和制度优势，突出创新驱动，重点发展高端装备制造业，实现中国由制造大国向制造强国的转变。

“中国制造2025”总体布局及内容如图3-4所示。

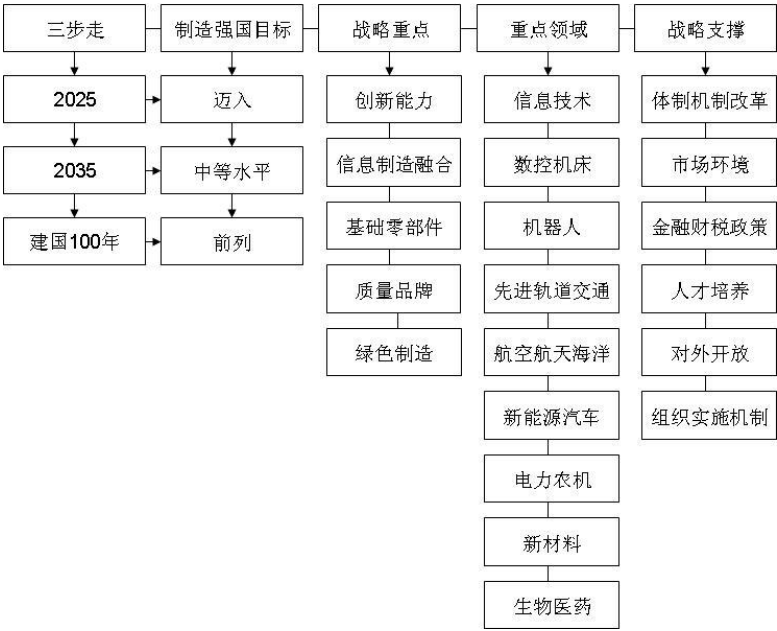


图 3-4 “中国制造 2025” 的布局和内容

“中国制造 2025” 是国家制造强国战略的第一个十年行动纲领，是中国制造业发展的战略规划文件。它是在国内产业经济在经历了粗放式发展模式后迫切需要转型升级和以信息技术为引领的国际新工业模式蓬勃兴起的背景下应运而生的。“中国制造 2025” 开篇强调“制造是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基”。它为中国制造业发展制定的基本方针是“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”。在“中国制造 2025” 中，一个核心指向是，通过分阶段的努力，完成从“中国制造”到“中国创造”的转变。不断增强制造业技术创新能力是实现中国创造的具体努力方向。

透视“中国制造 2025”，从 9 大战略任务特别是其中的 10 大重点突破领域中寻觅更深层的内容，可以领会到中国制造业发展的几大方向。

智能制造——中国制造的核心方向。信息化、智能化是全球工业技术发展的热点。把握制造业技术前沿，努力探索、突破工业领域的核心技术，是中国制造业跻身世界强国的必经之路。当今世界，各领域信息化的推广应用速度让人应接不暇。物联网以信息技术为依托搭建起物物相通的桥梁，在制造业中的应用前景令人无比期待。建立在一系列高新技术基础上的人工智能将引领制造业跨入一个崭新的历史阶段。中国制造瞄准的最新前沿就是人工智能在制造业的广泛应用。从设计、材料、工艺、检测等制造流程信息化发展来看，人工智能首当其冲应成为制造业发展的核心技术。由此，智能制造将成为中国制造业阔步向前的核心方向。

绿色制造——中国制造的理性方向。谈到理性，它是经验教训换来的新生。经济多年的粗放式发展，造成了制造业规模的膨胀式扩充。低端产品或直接的资源开采消耗着大量的能源，排放着数不清的污浊。经济上去了，环境恶化了，制造水平仍然低下。积重并非难返，现实促人反思。低端制造业带来的种种乱象触发了改革的引擎。严酷的现实催生着中国制造的浴火重生。要发展，更要青山绿水。绿色制造，当仁不让地成为中国制造的理性方向。

中国品牌——中国制造的品质方向。提到品牌，又是国人心中的一个痛点。篇幅并不长的“中国制造 2025”品牌一词出现了 25 次。可见“品牌”对于“中国制造”的重要性。经济繁荣，市场商品琳琅满目。浮躁的社会人们更是对高端品牌趋之若鹜。国内国际市场，叫得响的中国制造品牌屈指可数。“代购潮”、“抢购潮”涉及的无一不是国外品牌。抚思中华文明 5000 年的历史，不觉悲从中来。品牌是从品质中积淀而来，是经过多年锤炼而铸成。“中国制造 2025”的重要意图之一，就是通过做强中国制造业，打造更多为世人所赞叹的中国品牌。

3. 中国制造的工程助推

制造本身就是工程。在“中国制造 2025”战略规划实施过程中，会有大小、方方面面无数的工程项目。它们在建设新的制造产业和研发基地、改造升级或淘汰落后产能方面都将发挥不可替代的作用。在“中国制造 2025”中明确提出要建设的工程项目有，“制造业创新中心”、“智能制造网络系统平台工程”、“核心基础零部件研发工程”、“绿色制造示范工业园区工程”、“高端装备创新工程”等。这些工程可以说是助推制造业实现战略规划目标的关键所在，也是实施创新驱动的显著标志。由此可见，工程对于制造业的助推作用极为明显，它将为制造业的腾飞插上有力翅膀，使之飞向远方。

经济领域的供给侧改革为工程活动的正常有序开展提供了有力的政策保证，也会创造工程活动良好的自然和社会环境。这无疑给工程注入了发展的正能量，使之更好地服务于经济建设。制造业也是供给侧结构性改革的主战区，在推动改革的进程中，大批向好的政策法规、体制机制对激发要素活力，促进工程的科学性、严谨性将发挥有效作用，进而会帮助制造业的诸多工程项目特别是重要节点工程项目顺利实施并实现效果。

4. 中国制造成就的工程实证——中国高铁

中国真正意义上的高铁，是2008年北京奥运会前开通的京津城际铁路。而从2004年开始，中国就启动了高铁建设的准备工作，2005年7月京津城际铁路正式开工建设。自第一条高铁建成短短不到10年，中国高铁遍地开花，不但改变了中国人的时空观念和出行方式，就连发达国家的出行者乘坐之后都啧啧称奇。中国高铁取得的发展成就举世瞩目。

高速铁路是一套高度机电一体化的集成系统。动力供给、牵引、制动、轨道、转向架、控制系统等每一个环节都涉及到信息、材料、能源、检测等高科技产品应用。中国高铁走的是一条引进——消化吸收——系统集成创新——自主创新的发展之路。创新是主旋律，系统集成创新是探索积累经验阶段，自主创新推动中国高铁走向真正的辉煌。2015年中国标准动车组下线并投入运营。它是完全正向设计、原创创新的成果。在标准动车组研制的实践中，针对中国高铁车体的一系列国家标准、行业标准、专业技术标准相继制订，涵盖了技术、维护等10几方面。标准的制订意味着中国已经掌握了高铁动车组设计制造的成套技术，具备了极强的系统集成改进创新的能力，而且也形成了完全正向设计的能力，完成了高速列车从“中国制造”到“中国创造”的质的飞跃。

【知识点滴】集成创新在科技高度发达的现代社会是一种非常重要的创新模式和方法。集成就是一些孤立的事物或元素通过某种方式集中在一起，产生联系，从而构成一个有机整体的过程。集成创新是利用各种现有技术如机械技术、电子技术、信息技术、管理技术等以及各种工具，对涉及的创新要素或内容进行选择、集成和优化，形成具有新的功能的有机整体的动态创新过程。集成创新强调灵活性，重视质量和产品多样化。集成创新是自主创新的一种重要形式。自主创新包括原始创新、集成创新和引进吸收再创新等三种主要形式。在经济全球化的今天进行创新，绝不是关起门来搞封闭的创新，而是要广泛整合全球的创新资源，走集成创新的道路。实际上现实中的任何一项原始创新，往往不能直接应用于市场。而能够应用于市场的产品，大多是集成创新的成果。比如iPhone手机主要是苹果公司集成创新的成果，手机的触摸屏、芯片、存储器、操作系统、应用软件、网上商店等技术以及商业模式都不是苹果公司的原创，但苹果公司把这些创新成果集成起来，形成了一个革命性的产品和新的商业模式，这就是典型的集成创新。

2017年6月，具有完全自主知识产权、达到世界先进水平的“复兴号”动车组正式投入运营，这是中国高铁发展新时代的又一个重要标志。“复兴号”动车组采用中国标准从多方面进一步提升了技术和安全性能。比如在智能监测方面，“复兴号”动车组建立了强大的安全监测系统，2500余项实时监测内容涉及到行车状态、关键部位温度、制动情况、环境变化影响等。复兴是中华民族的伟大梦想。“复兴号”的深刻寓意提升着中国人的自豪感和奋发图强的信心。

中国高铁的技术路线和取得的成就证实了中国制造业能够在不懈追求中做到大而又强。中国高

铁的成功之路也为中国制造业的其它领域提供了可以借鉴的宝贵经验，成为“中国制造 2025”战略实施的重要支撑。

3.2.2 工程与“一带一路”

“一带一路”的国家战略把传统中永恒传承的丝路精神与现代社会人类共同的渴望和追求完美交融，描绘了国家和民族为创建和谐、包容、共赢的人类命运共同体而不懈努力的美好蓝图。

1. “一带一路”的概念和意义

“一带一路”是 2013 年 9 月、10 月习近平总书记提出的一项战略构思。是“丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路”的简称。这一国家战略旨在借用古代丝绸之路的历史标识，高举和平发展的旗帜，积极发展与沿线国家的经济合作伙伴关系，共同打造政治互信、经济融合、文化包容的利益共同体、命运共同体和责任共同体。习近平总书记在一带一路高峰论坛中谈到，要将“一带一路”建成和平之路、繁荣之路、开放之路、创新之路、文明之路。他强调，“创新是推动发展的重要力量。”“一带一路”建设本身就是一个创举，搞好“一带一路”建设也要向创新要动力。我们要坚持创新驱动发展，加强在数字经济、人工智能、纳米技术、量子计算机等前沿领域合作，推动大数据、云计算、智慧城市建设，连接成 21 世纪的数字丝绸之路。我们要促进科技同产业、科技同金融深度融合，优化创新环境，集聚创新资源。我们要为互联网时代的各国青年打造创业空间、创业工厂，成就未来一代的青春梦想”。

丝绸之路是人类的文明之路，进步之路。它承载着东西方无数人对美好生活的向往和希望。张骞出使西域开辟了这条商贸通道，在当时这本身就是一种创新，一个创举。跨越两千年的时空隧道，历史进入了新纪元。沿着古丝绸之路拓展开来的陆路及海上多条商旅通道，国家之间，民族之间，需要在一个博大包容的创新理念、倡导和战略的引领下，深度交流融合，互惠共赢，共创美好生活。这个理念、倡导和战略就是“一带一路”。

当今世界，创新是发展的主旋律和关键词，新一轮科技创新与产业革命在全球范围内风起云涌，互联网时代人们深刻切感受到科技创新带来的思维观念和生活方式的颠覆。创新成为重塑世界经济结构和经济格局的聚焦点。在这样的背景下，“一带一路”战略构想的实施，为世界范围内科技创新之大同提供了一个良好的平台。

“一带一路”战略具有极强的创新特征。首先是它的价值体现。一带一路不是简单的商贸通道从古至今的延续，也不是单一经济价值的追求。它体现的是一个价值体系。除了经济价值以外，它更多地表达民族的和谐交融，人类渴望和平、渴望富强的价值观；其次是现代科技成果的传播与发展。在一带一路经济带上，串接了不同的国家，地理位置不同，资源环境不同，政治体制不同，文化传统不同，现代文明程度不同。但有一点是相同的，就是渴望繁荣，渴望发展。一带一路顺应了历史的发展潮流，以共同富裕为己任，切合时代步伐，将高科技文明的种子播撒到世界充满生机的沃土中。

2. “一带一路”的工程情结

“一带一路”沿线蕴含着许多情结。物的沟通，心的沟通，民族传统的共融，兄弟情谊的流淌，这些情结凝聚着人类共同追求幸福生活的力量。而把这些传统情结串在一起，具有更大影响力和号召力的纽带也是一个宏大的情节——工程情结。

古丝绸之路是一条商旅之路，在生产力不发达的年代，它仅仅担负着商品流通的使命。作为彼此交往的平台，丝绸之路汇聚着不同语言、不同民族、不同信仰、不同文化对美好生活的共同期待，在漫长时光的流逝中积淀形成了“团结互信、平等互利、包容互鉴、合作共赢，不同种族、不同信仰、不同文化背景的国家可以共享和平，共同发展”的丝路精神。

如今，“一带一路”的内涵和内容已远远超过传统的丝绸之路，沿线国家之间的交流合作已经远不仅限于单纯的经贸往来，而更多的是在包容互惠、取长补短的基础上进行工程项目的合作，在基础设施、能源、高新技术等建设领域共同投资、共同开发、共同获益。工程融于“一带一路”中，是纽带，是桥梁。而作为一个富于感染力的情结，它为沿线国家政治、宗教、习俗、地域差异增添了极强的亲和力与温柔的感情色彩。

在当今的网络世界里，“一带一路”不仅局限于现实，很多场合也体现为“虚拟”。现实工程与虚拟工程相结合，体现了科技发展的突出特征。数字“一带一路”利用信息网络技术的优势将把更多的合作交流带入到现实，带入到国与国之间，高效地进行沟通洽谈、互通有无，促进更多的工程项目实现对接。

自习近平总书记提出“一带一路”战略构思以来，合作包容、互惠共赢的理念深入人心，沿线各国纷纷响应，中国与沿线国家之间掀起了巨大的经济建设合作浪潮，3年多的时间共有1600多个有影响力的项目顺利推进或已经完成，许多大型的工程项目为当地人民带来了福祉。表3-1列出了一些代表性的国际合作项目，从中可以对“一带一路”的国际合作工程项目略见一斑。

表 3-1 部分“一带一路”合作项目

项目名称	合作国家（城市）	起止时间	项目简况
沙特延布炼厂	沙特（延布） （中国在沙特最大的投资项目，中国石化首个海外炼化项目）	2012.1-2016.1	以沙特重油作为原料，设计加工能力达40万桶/日。该炼厂每日生产超过1350万加仑超清洁交通燃料及其他高附加值炼油产品。
哈萨克斯坦苏克石油天然气公司	哈萨克斯坦克孜尔达州	2011年确认苏克超大型气田，2015年9月初步建成气田，后续井场建设、道路工程、新钻井工程正在加快推进中。	香港中科集团投资，国内专家勘探论证的大型天然气田开发项目

帕德玛大桥及河道疏浚项目	孟加拉国达卡地区 Mawa 镇	2014 年 11 月起，工期 4 年	全长 6 公里的帕德玛大桥由中铁大桥局承建，是连接中国与东南亚泛亚铁路重要通道之一，不仅连接孟加拉国南部 21 个区与首都达卡交通，结束了这些地区与达卡之间摆渡往来的历史，也使中国和印度泛亚铁路的南部对接，对深化中国与南亚及周边国家合作具有重要作用。（
中老铁路（玉溪-磨憨-万象）	中国云南、老挝孟赛、琅勃拉邦、万荣、万象	2015 年 12 月起，在建	中老铁路由国内段昆明至玉溪、玉溪至磨憨段与老挝境内段磨丁至万象铁路组成，昆明至玉溪段年内即将开通；玉溪至磨憨段正加紧建设，其北起玉溪，南至中老边境口岸磨憨，正线全长 509 公里，设计速度为每小时 160 公里，为国铁 I 级电气化铁路
白俄罗斯中白工业园	白俄罗斯明斯克州斯莫列维奇区，距明斯克市 25 公里	2016 年 9 月起，已初具规模。	中国—白俄罗斯工业园重点发展的项目是电子信息、生物医药、精细化工、高端制造、物流仓储等产业。工业园位于明斯克国际机场附近，交通便捷，总用地面积 91.5 平方公里，一期工程用地面积 8.5 平方公里
中缅天然气管道项目	管道起自中缅天然气管道楚雄分输站，终点位于四川省攀枝花市仁和区	2013 年 9 月 30 日，中缅天然气管道全线贯通，开始输气	中缅油气管道是继中亚油气管道、中俄原油管道、海上通道之后的第四大能源进口通道。它包括原油管道和天然气管道，可以使原油运输不经过马六甲海峡，从西南地区输送到中国。
马来西亚马中关丹产业园	马来西亚彭亨州关丹市	经过 3 年的艰苦创业，“两国双园”已初具规模，从“打基础”迈入“质提升”的跨越发展阶段。	2012 年 6 月，中国与马来西亚两国共同签署了《关于马中关丹产业园合作的协定》。自此，两国政府合作共建的马中关丹产业园区，与中马钦州产业园一起，成为世界上首个互相在对方建设产业园区的姊妹区。
印度尼西亚雅万高铁瓦利尼	雅加达-万隆	2017 年 7 月开工	雅万高铁一期工程全长 142 公里，连接印尼首都雅加达和第四大城市万

隧道工程			隆，最高设计时速 350 公里，计划 3 年建成通车。雅万高速铁路是中国“高铁走出去”第一单，对实现我国与“一带一路”沿线国家交通基础设施互联互通，具有十分重要的意义。
中俄原油管道二线工程	中国-俄罗斯	2017 年 11 月全线贯通	2018 年 1 月 1 日起，中俄原油管道二线工程将正式投产，届时，从东北输油管道进口的俄罗斯原油将由现在的每年 1500 万吨增加到 3000 万吨。中俄原油二线工程是加快我国能源战略通道建设、保障国家能源供应安全的重要举措。
匈塞铁路塞尔维亚段工程	布达佩斯-贝尔格莱德	2017 年 11 月开工	匈塞铁路连接匈牙利首都布达佩斯与塞尔维亚首都贝尔格莱德，是中国·中东欧合作的旗舰项目，也是中欧互联互通合作的重要组成部分，对于“一带一路”倡议与欧洲发展战略对接，深化中欧合作、实现共同发展具有重要意义。
中乌合建卡拉库利气田项目	乌兹别克斯坦卡拉库利	2017 年 12 月一期投产	卡拉库利项目具有重要的政治经济意义，既是我国“一带一路”倡议在乌兹别克斯坦落地的标志性工程，也是中乌首个上游合作项目，受到两国政府的高度关注。同时，项目投产标志着中国石油前期勘探投资进入回收阶段，具有十分重要的经济意义。

值得一提的是，中国高铁在“一带一路”建设中以强大的竞争力成为中国装备制造业跻身世界市场的亮丽名片。迄今为止，包括普速铁路在内，亚吉（埃塞俄比亚至吉布提）铁路已开通运营，蒙内（肯尼亚蒙巴萨至内罗毕）铁路即将通车，中老（中国至老挝）等铁路已开工建设，中泰（中国至泰国）铁路等一批铁路项目也在加快推进。其中，高铁走出国门成效显著，雅万（印尼雅加达至万隆）高铁等一批高铁项目成为“一带一路”沿线的耀眼明珠。

3.2.3 工程与“互联网+”

在当今信息时代，互联网作为社会全行业、全领域知识和信息的传播工具，已经深深地融入到

人们的生活、工作和学习中。我们几乎很难想出要做的事情哪一样与网络无关。互联网无所不在的信息传播鱼龙混杂。利用网络促进发展，让互联网在不同领域中成为社会进步的加速器是时代提出的愿望和课题。2015年7月，经李克强总理签批，国务院发布《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》，这是推动互联网应用向社会各领域特别是产业领域拓展，利用网络加速提升社会发展水平，强化创新驱动能力，构筑产业和服务发展新动力的重要举措。至此，“互联网+”成为推动国家经济发展的战略规划。

对“互联网+”的深刻理解非常重要。互联网充当一个关键要素将对作用对象产生积极显著的影响。其后的“加号”最准确的含义是“深度融合”。加号后面应该有一个大大的问号，加什么？实际就是让我们回答，互联网与什么深度融合？进一步的问题是，在融合之后形成的集合体具备了什么特点？哪些优势？对一个领域的促进作用怎样深刻地去体现？真正回答了这些问题，并付诸了实践，互联网加速器的作用也就充分地得以发挥了。

在工程领域，“互联网+”大有作为。前面提到的制造业的核心发展方向是智能制造，实际也是“互联网+工业制造”的发展方向。工程包括产业工程和项目工程，无论哪一类，互联网都可以深度融合其中，在提升效率、改善质量、加强管理等方面大显身手。在《指导意见》的“重点行动”中，“互联网+智能制造”体现的工程内容是“以智能工厂为发展方向，开展智能制造试点示范，加快推动云计算、物联网、智能工业机器人、增材制造等技术在生产过程中的应用，推进生产装备智能化升级、工艺流程改造和基础数据共享。着力在工控系统、智能感知元器件、工业云平台、操作系统和工业软件等核心环节取得突破，加强工业大数据的开发与利用，有效支撑制造业智能化转型，构建开放、共享、协作的智能制造产业生态”。从中可以深刻地体会到，在互联网的助推下，制造业的工程建设水平以及智能制造的产业生产过程的自动化水平将会得到极大的提升。此外，“互联网+现代农业”也体现了互联网的介入将使生态农业建设工程得到高水平的快速发展。实际上，深入分析“重点行动”的每一项，我们都可以从中找到直接或间接互联网促进工程建设的内容。表3-2列出了“互联网+”战略的“重点行动”11项内容与工程的对接点。

表 3-2 “互联网+” 战略的“重点行动” 内容与工程的对接

“重点行动”项目	内容要点	工程项目对接
“互联网+”创新创业	充分发挥互联网的创新驱动作用，以促进创新创业为重点，推动各类要素资源聚集、开放和共享，大力发展众创空间、开放式创新等，引导和推动全社会形成大众创业、万众创新的浓厚氛围，打造经济发展新引擎。	<ul style="list-style-type: none"> ● 科技型产业建设工程 ● 众创空间建设工程 ● 科技成果孵化工程 ● 研发基地建设工程
“互联网+”协同制造	推动互联网与制造业融合，提升制造业数	<ul style="list-style-type: none"> ● 智能制造产业建设工程

	字化、网络化、智能化水平。在重点领域推进智能制造、大规模个性化定制、网络化协同制造和服务型制造,打造一批网络化协同制造公共服务平台,加快形成制造业网络化产业生态体系。	<ul style="list-style-type: none"> ● 传统制造业改造升级工程 ● 信息化产业建设工程 ● 控制系统研发工程
“互联网+”现代农业	利用互联网提升农业生产、经营、管理和服务水平,培育一批网络化、智能化、精细化的现代“种养加”生态农业新模式,形成示范带动效应,加快完善新型农业生产经营体系,培育多样化农业互联网管理服务模式,逐步建立农副产品、农资质量安全追溯体系,促进农业现代化水平明显提升。	<ul style="list-style-type: none"> ● 生态农业建设工程 ● 农副产品研发工程 ● 种植养殖基地建设工程
“互联网+”智慧能源	通过互联网促进能源系统扁平化,推进能源生产与消费模式革命,提高能源利用效率,推动节能减排。加强分布式能源网络建设,提高可再生能源占比,促进能源利用结构优化。加快发电设施、用电设施和电网智能化改造,提高电力系统的安全性、稳定性和可靠性。	<ul style="list-style-type: none"> ● 新能源利用建设工程 ● 节能减排工程 ● 再生能源建设工程 ● 电力设施建设改造工程
“互联网+”普惠金融	促进互联网金融健康发展,全面提升互联网金融服务能力和普惠水平,鼓励互联网与银行、证券、保险、基金的融合创新,为大众提供丰富、安全、便捷的金融产品和服务,更好满足不同层次实体经济的投融资需求,培育一批具有行业影响力的互联网金融创新型企业。	<ul style="list-style-type: none"> ● 促进实体经济建设工程 ● 金融设备研发工程 ● 金融创新型企业建设工程
“互联网+”益民服务	充分发挥互联网的高效、便捷优势,提高资源利用效率,降低服务消费成本。大力发展以互联网为载体、线上线下互动的新兴消费,加快发展基于互联网的医疗、健康、养老、教育、旅游、社会保障等新兴服务,创新政府服务模式,提升政府科学决策能力和管理水平。	<ul style="list-style-type: none"> ● 基础设施建设工程 ● 教育、医疗等民生设施工程 ● 养老机构建设工程

“互联网+” 高效物流	加快建设跨行业、跨区域的物流信息服务平台，提高物流供需信息对接和使用效率。鼓励大数据、云计算在物流领域的应用，建设智能仓储体系，优化物流运作流程，提升物流仓储的自动化、智能化水平和运转效率，降低物流成本。	<ul style="list-style-type: none"> ● 高端物流传送设施建设工程 ● 智能仓储体系建设工程 ● 物流信息平台建设工程
“互联网+” 电子商务	巩固和增强我国电子商务发展领先优势，大力发展农村电商、行业电商和跨境电商，进一步扩大电子商务发展空间。电子商务与其他产业的融合不断深化，网络化生产、流通、消费更加普及，标准规范、公共服务等支撑环境基本完善。	<ul style="list-style-type: none"> ● 电子商务服务平台建设工程 ● 软件研发工程 ● 电子技术研发工程
“互联网+” 便捷交通	加快互联网与交通运输领域的深度融合，通过基础设施、运输工具、运行信息等互联网化，推进基于互联网平台的便捷化交通运输服务发展，显著提高交通运输资源利用效率和管理精细化水平，全面提升交通运输行业服务品质和科学治理能力。	<ul style="list-style-type: none"> ● 新型交通工具研发工程 ● 交通基础设施建设工程 ● 新能源利用开发工程
“互联网+” 绿色生态	推动互联网与生态文明建设深度融合，完善污染物监测及信息发布系统，形成覆盖主要生态要素的资源环境承载能力动态监测网络，实现生态环境数据互联互通和开放共享。充分发挥互联网在逆向物流回收体系中的平台作用，促进再生资源交易利用便捷化、互动化、透明化，促进生产生活方式绿色化。	<ul style="list-style-type: none"> ● 环境质量监测工程 ● 园林等生态建设工程 ● 自然生态保护工程 ● 再生资源利用工程
“互联网+” 人工智能	依托互联网平台提供人工智能公共创新服务，加快人工智能核心技术突破，促进人工智能在智能家居、智能终端、智能汽车、机器人等领域的推广应用，培育若干引领全球人工智能发展的骨干企业和创新团队，形成创新活跃、开放合作、协同发展的产业生态。	<ul style="list-style-type: none"> ● 智能服务平台建设工程 ● 智能核心技术研发工程 ● 人工智能产业建设发展工程

3.3 工程与教育改革

教育作为一项提高人自身认识自然改造自然能力的社会实践活动，它是在人类提高生存本领、改造自然的劳动中起源的，并且在长期的历史进程中不断发展的。在这个过程中，当教育的要素不适应社会进步的要求时，就面临着调整和改变，即教育改革。当前信息技术革命的浪潮席卷全球，工程人才在高科技飞速发展的社会环境中无论是需求数量还是需求标准都发生着巨大的改变。从人才培养的角度，工程与教育改革联系越来越紧，它们面向时代，面向社会，面向不均衡不充分发展的矛盾，为社会进步所迫切需要的工程人才大量涌现共同发力。

3.3.1 教育与工程教育

教育是增进人的知识和技能，影响人的思想道德的社会活动。由于教育的过程主要表现出在意识形态领域发展人的思维水平，提高人的认识能力，而且教育是在一定的经济基础上进行的，因此它具有社会上层建筑的明显属性；另一方面，通过发展人的身心健康，使人具备创造和发展生产力的能力，或者说，社会生产力水平的不断提升是人主观能动性在接受教育的过程中不断提升并发挥的结果。因此教育又具备生产力的显著属性。教育的目标是使受教育者通过一定的方式获得知识，培养受教育者的个体素质和能力。教育的方式是多种多样的，最普遍的就是学校教育、课堂传授。在教育的过程中，环境因素起着重要作用。一般而言，环境是指围绕着某一主体事物并对该事物会产生影响的所有外界事物（通常称其为客体）。良好的环境在很大程度上有利于理解掌握事物的本质特征，取得好的教育效果。我们常说“潜移默化”一词，如果没有环境作用的因素，任何人和事物都不会有“潜移默化”的效果。例如，学校整体的环境包括教室、实验室、教学设施、图书馆等，形成了一个有利于促进学生知识能力协调发展的教育环境。

人们在认识自然、改造自然的过程中，积累了丰富的自然科学原理的知识。将自然科学原理应用到生产实践中，由此产生了包括材料、设计、工艺、设备等工农业生产的一系列成果。将不同领域的成果系统化，使之成为反映事物内在本质规律的知识体系，于是就形成了各种工程学科，如机械工程、电子工程、纺织工程等等。以工程学科作为职业发展方向，培养相关工程人才的教育活动就是工程教育。作为一个教育分支，工程教育在促进社会生产力方面发挥着举足轻重的作用。可以说，工程中所有物的建构都包含着工程教育的内容。衣食住行，宏观到宇宙星球，微观到分子原子，需要认识了解的工程内容通过工程教育为受教育者所接受，丰富人的知识和经验，提升和拓展人参与工程活动的能力。一般来讲，工程教育多出现在高等教育阶段。根据培养目标的不同，中专、技校也进行初级的工程教育。工程教育也称为工科教育。

工程教育的功能目标是培养具备优秀工程素质的工程人才。由于工程领域学习和工作的内容往往要面对已经存在的或构思开发中的现实存在物，要创造出新的存在物必须对该物的历史发展、当前状态有一充分了解和把握，就是要有一个学习的过程。而学习的方法和效果与周围的环境因素是密不可分的。我们都能体会到“身临其境”地认识事物所带来的感受触动，所留下的深刻印象，所

产生的知识经验增长效应。工程教育的功能目标决定了其教育过程凸出的实践性特征，同时也决定了整个教育过程对教育环境的需求与依赖。

工程教育要培养出合格的工程师，其教育环境必须尽可能地贴近工程活动的实际，特别是企业产品生产实际。企业生产环境具有以下几方面的固有特征：

1. 围绕市场研发生产产品，以客户需求为本；
2. 提供性能、品质优良的产品和优质的服务；
3. 注重技术创新，引进新技术新发明，不断改进企业工作；
4. 着重实际问题的解决，而不是学科导向；
5. 团队合作与有效沟通
6. 注重现有资源和条件的有效利用。

在当前产业转型升级的形势下，基于创新驱动的工程产业链向高端发展，其首要任务就是培养适应经济改革发展的大批工程人才。然而，长期以来，我国大学的工程教育环境及教学内容、方法与工程实际脱离较远，工程的应用性、工程教育的实践性的突出特征难以充分体现，应试教育贯穿始终，工程教育也和文理教育一样，基本上是“学以致用考”而不是“学以致用”。在这样的工程教育环境下，对于培养工程师而言，学生只学到了一些理论，而少有实践锻炼的学生，学到的理论也难说准确和深入。这样的教育过程也就必然产生了大量的学生求职应聘遇阻，而企业却招聘不到学有所长的工程技术人员的社会矛盾现象。

工程教育最适合的教学方法应为“项目教学”，这种教学方法的有效性已被大量的研究和数据所证实。CDIO 的教育理念在全球已经成为工程教育改革的热点。美国教育家约翰·杜威提出的“教育即生活”、“教育即生长”、“教育即经验的改造”突出体现了他在实践中学习成长的教育理念。他提出的“做中学”的教育思想在教育活动的实践中显示出强大的活力，是知行合一的充分体现。按照心理学理论和人的思维习惯，当学习者处在与所学知识相关的参考系中，他们才能产生兴趣，才能更好地接受新的知识，理解复杂事物的原理。环境教学的特点是让学生在真实情境和经验中学习知识，将问题和概念在应用环境中展示给学生，鼓励学生在有需求的环境中应用所学的理论。工程教育的环境应体现在产品规划设计、制造流程和工程系统生命周期（构思—设计—实施—操作）等方面。在这样环境中更能有效地学习工程技术知识。

3.3.2 工程之于人的塑造

本书的立足点和出发点都在于人的塑造。作为认识世界、改造世界、推动社会向前发展的人，是社会构成的核心和主体。但这里的“人”是一个集合名词，它的指向不具有具体性，它是一个笼统的甚至是虚拟的概念。我们说社会实践活动由很多要素组成，每一种要素的具备或实现都可以分解为若干基本的任务，而这些任务都需要具体的人去承担，去完成。作为社会的核心，人的价值是由具体的人的个体来体现的。于是我们就应该深思，当我们每每谈到人的集合概念，包括学生、老师、工人等，都必须意识到，对于需求的实现，最根本的需求是具体的人的个体，或由个体组成的

具有共同目标的群体。一个成熟的社会本应深切地关注生物意义上的人的个体在成长过程中具有的属性特征及其变化，这就是教育的责任和意义。每一个人的个体在成长过程中必定处于三种层次之一：

一是生存层次。人的生存是作为生物体的人最基本的需求和动力。自从产生了意识和认识活动（此时才能称之为“人”），人就在为生存而劳作、探求。随着社会生产力的向前发展，人的生存标准也在不断提高，除了满足基本的衣食住行生存条件外，每个人的个体在特定生存环境中都在尽可能地获取更好的物质和精神满足，于是人的原始本能——欲望就会或多或少地显露出来。生存乃至更好地生存是无可厚非的，是正当的，如果没有生存的追求，人类社会也就不会变得这般美好。问题是，对于个体来说，生存依靠什么？这个简单的问题涉及价值观，是每个人都需要深入思考的，也是社会教育需要认真审视的。社会的一切美好都来自这个问题，社会的一切丑恶也都来自这个问题。

二是发展层次。发展是一个进步提升的过程，每一个生物个体的成长过程，实际也是发展的过程。如果仅仅针对肌体细胞从诞生到成熟，这种发展是底层的，或者说是自然界生息繁衍的规则，当然其中也包含着新陈代谢、推陈出新、吐故纳新的进化哲理。作为社会的个体，人的个体的成长更多地体现在意识、思维、观念等表达人的特质方面。只有这些东西才能形成社会的价值形态，在这个意义上论及的发展就提升了社会的品质和水准，成为个体受环境的影响产生自我完善、自我追求理性认识和实践的社会文明进步的需求。促进人的全面发展是社会教育的目标，其中需要深刻反思的还是“人的个体”的身心发展问题，如果总是在笼统地谈“人”，往往会助长发展的空洞，形成“口号式”的社会风气。只有顾及“个体”了，才能避免发展中的形而上学，以人为本的发展理念才能落在实处。

三是奉献层次。奉献体现的是境界，是发展的高级阶段。我们常常鼓励一个人“做最好的自己”，出发点还是强调自我发展。但这里的“最好”一定要包含品质、道德层面的东西。当一个人在自我发展的基础上形成了基本的道德观念，也许并不需要高深的学识，在他心中就能形成“利他”的思想和意愿，这时也就具有了一种境界，具备了奉献的潜质。在经济社会中讲奉献并不是一件容易的事，如果社会的个体都能做到安分守己、做好自己，这个社会也会是安乐祥和、其乐融融的。但社会矛盾的存在，社会竞争、攀比心态的存在，不断地在打破着一种平静，经济规律的“利己”和道德情操的“利他”在社会现实中长久地冲击碰撞。社会教育的职责和方向是引导奉献，这是毫无疑问的。只是要真正实现以“利他”思想为主导的奉献精神的塑造，不单纯是教育的任务，整个社会都任重道远。

以上三个层次“人的个体”的进步阶梯是人类社会文明发展的标志和永恒追求。工程对于人的生存、发展、奉献的态度和精神的形成是有直接作用动力的。生存需求是每一个个体最基本的需求，工程解决人的生存问题是古往今来一以贯之的。只是由于“人心不足”而夸大生存标准为过度攫取物质利益寻找“生存”借口的现象古今中外大量有之。开展工程文化建设的教育和宣传对于确立正确的“生存观”也是有必要的。工程对于人的身心发展是有显著意义和作用的，这种针对发展的作用实际也是工程文化的表达结果。人的个体在工程行为中至少可以得到三方面的发展。一是学识，

工程的科学性和其中的技术要素包含着大量的学科知识，从工程的实践中，知识和经验会得到巩固和提高；二是素养，经过工程实践的磨炼，经历者的个性品质、精神素养的提升是不言而喻的；三是合作，工程的综合性要求多方面人才的通力合作，在合作中会锻炼人的团队精神。在生存的基础上，在发展的动力下，置身时代的潮流，人的个体产生奉献的愿望，这是毋庸置疑的。

3.3.3 “新工科”工程教育

信息化的现代社会是知识经济时代。技术频繁更新，竞争压力与日俱增，工程人才的培养越来越看重能力和素质，实践能力、创新能力和独立学习的能力代表着个体的社会竞争力。而素质为用人单位所看重，因为它是个人和单位能够在竞争环境中持续发展上升的重要因素。经济发展的新常态改变着人们的观念，互联网、大数据、人工智能、云计算等高科技越来越显著地影响着人们的生活，科技创新、产业革命呼唤着新型工程人才的涌现，催生着工程教育的转型。在这样的背景下，必须重新审视现行工程教育的体制、方式以及人才培养与产业发展的适应性。

工程教育与产业发展密切相联，相互支撑。中国已经建成世界最大规模的高等工程教育体系，但经过多年的发展，大而不强的现状使中国高等工程教育深处窘境。产业的转型升级，新常态下的经济发展，国家战略的深入推进，所有这些都离不开人才的支撑，特别是工程人才作用的突出发挥。在迫切需求大批高素质工程人才涌现的同时，新形势下经济持续、健康、快速的发展也对工程人才的培养标准提出了更高要求。或者说，传统工程人才培养模式以至培养质量与信息时代供给侧改革持续发力对工程人才在知识结构、身心素质等方面的要求不相适应。在这样的背景下，经过一系列的研讨，教育部发布了《关于开展新工科研究与实践的通知》、《关于推进新工科研究与实践项目的通知》，全力探索新形势下中国工程教育适应经济转型升级的改革路径。这标志着“新工科”工程教育改革拉开了序幕。“新工科”体现的是学科专业的“新结构”、工程人才培养的“新模式”、具有广泛竞争力的工程教育“新质量”、中国特色工程教育的“新体系”。一系列的“新”体现了“新工科”工程教育的具体内容和改革方向。其核心目标是实现中国工程教育从大到强的质的飞跃。“复旦共识”、“天大行动”、“北京指南”是教育部组织的关于“新工科”工程教育改革的三次战略研讨会。它们共同指向“新工科”的内涵、方向和目标，明确了中国工程教育改革的时间表和路线图。这里，我们从时间阶段性来看一下中国工程教育改革、“中国制造 2025”、十九大报告关于发展目标的安排：

1. 中国工程教育改革。“到 2030 年，形成中国特色、世界一流工程教育体系，有力支撑国家创新发展；到 2050 年，形成领跑全球工程教育的中国模式，建成工程教育强国，成为世界工程创新中心和人才高地”。

2. “中国制造 2025”。“到 2035 年，我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平。创新能力大幅提升，重点领域发展取得重大突破，整体竞争力明显增强，优势行业形成全球创新引领能力，全面实现工业化”。“新中国成立一百年时，制造业大国地位更加巩固，综合实力进入世界制造强国前列。制造业主要领域具有创新引领能力和明显竞争优势，建成全球领先的技术体系和产业体系”。

3. 十九大报告。“从 2020 年到 2035 年，在全面建成小康社会的基础上，再奋斗十五年，基本实现社会主义现代化”。“从 2035 年到本世纪中叶，在基本实现现代化的基础上，再奋斗十五年，把我国建成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国。到那时，我国物质文明、政治文明、精神文明、社会文明、生态文明将全面提升，实现国家治理体系和治理能力现代化，成为综合国力和国际影响力领先的国家，全体人民共同富裕基本实现，我国人民将享有更加幸福安康的生活，中华民族将以更加昂扬的姿态屹立于世界民族之林”。

从相同的时间结点可以强烈地感受到，强大的制造业造就强大的国家，而强大的工程教育又是强大制造业的有力保证。工程教育塑造着工程人才。工程人才包含能够完成工程活动所需的专业技术人员、管理人员和技能操作人员。在产业转型升级中，工程人才担负着通过实施工程项目来创造社会财富、实现价值积累，促进社会进步的重要使命。在高速发展的信息社会，世界经济竞争主要是科学技术的竞争，归根结底是人才的竞争。变革、竞争与发展是当今时代的特征。在世界综合国力的竞争中，拥有高素质工程技术人才的多少已成为衡量一个国家科技进步、经济实力、生产力发展水平的重要指标和依据。因此，通过工程教育培养大批具有高素质工程技术人才，是我国经济发展、科技产业国际化和时代进步的需要。随着世界范围内高新科技的迅猛发展，随着新时代中国特色社会主义建设的不断加快，工程教育将显示出愈发充满活力的美好前景，培养高素质工程人才重大的现实意义和深远的战略意义更加突出。如何培养大批符合时代发展需要的高素质工程人才，对社会经济发展和科技进步至关重要。

新经济的发展，“中国制造 2025”、“一带一路”等国家战略的实施，对传统工程教育人才培养提出了新的挑战。传统工程人才培养面临着向综合性、交叉性转型的迫切需求。经济转型升级推动着科技创新和产业革命，在这个过程中，产业、服务业需要的是工程实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型“新工科”人才。很显然，知识交叉融合是“新工科”工程人才的突出特征，强调知识交叉融合主要是为了适应现代科技中大数据、物联网、人工智能、云计算无处不在的实际应用。国家经济转型升级对工程人才提出的新的目标定位与需求为“新工科”提供了发展契机。从图 3-5 可以看出，“新工科”工程教育与国家经济改革及国家发展战略的关系是非常密切的。

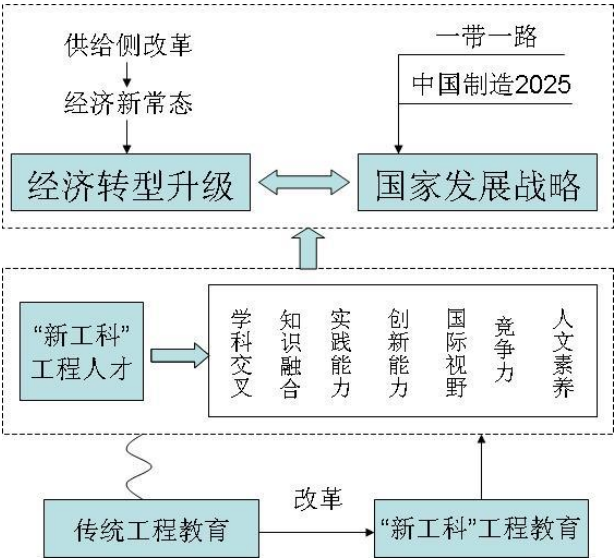


图 3-5 “新工科”工程教育

3.3.4 基于工程的素质教育

从工程的角度去思考素质教育问题，并不仅限于在工程领域的工作、学习者，而是一个全领域、全社会的问题。只要从“工程物”着眼，深入分析就会理解这一点。因为每一个人的一生，都会接触无数的“工程物”。它对人的思维、观念以至个性品质都会产生潜移默化的影响。

1. 素质

素质，又称素养。“素养”一词中的“养”是“养成”的含义。一个人从出生开始就在养成；一个人所有身心内在的东西，包括个性、品行、修养、学识、习惯、意识、礼仪等，都是养成的结果。“养成”是一个指向“后天”而非“天生”的概念，它是指人的品行通过后天主观努力或接受影响而形成。很多人相信天赋，认为人内心的很多东西是与生俱来的、挥之不去的。以柏拉图为代表的西方客观唯心主义先验论主张“人的一切知识都是由天赋而来，它以潜在的方式存在于人的灵魂之中，因此知识不是对世界物质的感受，而是对理念世界的回忆”。英国唯物主义经验论的创始者洛克认为，“人只要利用自己自然的才能，而不用任何天赋印象的帮助，就可以得到已有的所有知识；同时，不用任何原来的意念或原则，就可以达到知识的确实性”。可以看出，思想是对立的。但这种对立并不影响他们对人类认识活动的进步所起的作用。柏拉图用他的思想开展教育，发展学生的思维，让他们在回忆“理念世界”中获取知识。而洛克以他的经验论为基础传播着物质世界的知识和道理。

马克思主义认识论是以实践为首要和基本观点的，认为人为生存发展所进行的实

践活动在人的认识能力形成并不断提升过程中发挥着决定性作用，实践是认识产生的根本原因。人的素质是建立在认识基础上的。因此，站在马克思唯物主义的角度看，素质包含的所有内容都来自实践活动。可能会有疑问，人的很多品行习惯来自于潜移默化，与实践相关吗？稍深入思考一下就会清楚，所谓“潜移默化”尽管是被动接受，但也离不开传授者的实践指导。即使是思想内容，也必定包含着实践案例。而且接受者也必须经过反复的模仿实践，才能将内容固化于身心。再比如，涵养是每个人素质的重要体现，它直接表现为控制自己情绪的能力，实际也表现了一个人的自身修养。涵养是人的思维达到善于高度理性化思考处理问题时形成的，它是在实践中积累的知识、经验、道德、法制观念等的综合体现。

不可否认，现实中评价人常用的“天资聪颖”、“极具天分”、“智商超群”等词汇所表现出的对人天生个性的认可，确实显示了人在某些方面存在先天的特质。但从唯物论的角度看，人的“天资”、“智商”等无一不是基因继承、遗传的结果，或者说是生物体构成延续了机能强大的一面。即便天生聪慧，如果没有成长环境的养分，要想成为一个高素质的人，也无异于缘木求鱼。我们经常听到“这孩子特别聪明，就是没用对路”这样的说词，实际就是一个后天引导的问题。环境对于个体品性的形成是至关重要的。肥沃的土壤生长优良的物种。家庭环境、社会环境，学习氛围、工作环境都象土壤一样，对素质的养成时时刻刻发挥着作用。社会从古至今大量存在的“世家”现象也说明在有了良好基因的基础上，还必须要有个适于形成个性、态度、精神、方法、认识等素质内涵的优势环境。素质表现在个人身上是无形的，是看不到摸不着的；同时又是“有形”的，它能直观地表现在人的外观气质上，能使人怡然挺立，神清气爽。素质使人高雅，大气；素质使社会高端，明志。所以，对素质的追求，是人与社会的向往。

2. 素质教育

素质教育是以提高人的素质为根本宗旨，在教育的各个环节全面实施德智体美育人，全面发展人的身心，并着重培养创新精神和实践能力。应该说，素质教育是教育的全部目标，是教育的本质和灵魂。对于社会的进步和发展，素质教育是形成一个社会充满积极向上力量基础的重要保证。如前所述，一个人的优秀素质是其在成长过程中多方面因素共同作用形成的。其中教育的作用是毋庸置疑的。事实上，从广义来讲，人从出生开始，教育对素质的影响就无时无刻不蕴含在身边。家庭教育，学校教育，社会教育，自我教育，凡此种种。教育对素质提升作用的强与弱取决于施教者对理念、道德、责任等的认识水平和受教方的观念、兴趣的形成水平。从根本上说是取决于双方持有的价值观取向。教育的社会价值实际也是表现在对人的价值观取向的正向引导和促进。也就是通过对人的个体的价值观塑造，使其具备投身社会变革与进步的素质和能力。推动社会进步历史进程的是具有不同方面素质的人的群体。作为一个“自然

的人”，其本来并不具备社会发展所需的品性和学识。通过教育活动，使“自然的人”变为“社会的人”，这里所谓“社会的人”是指将所需素质融入身心的人，是社会政治、经济、文化发展所需要的人。教育的价值观塑造功能在这个转变过程中也得到充分的体现。由此可见，素质教育在人和社会的发展中占有重要地位。

教育对素质的作用可以是直接的，面对面的，也可以是间接的，耳濡目染、潜移默化的。无论采用什么形式，教育“个人价值观塑造”的功能和意义都是极其重要的。如果在这方面出现缺失或偏差，对整个社会都有可能产生灾难性的后果。事实上，在当今市场经济的环境中，人们对关乎个人生存发展质量的“资源”颇为偏爱，它已经影响到人们特别是青年学子的人生观、世界观和价值观。也就是说，教育本应存在的功能和意义已经出现缺失或偏差。爱因斯坦说，“我确实相信：在我们的教育中，往往只是为着实用和实际的目的，过分强调单纯智育的态度，已经直接导致对伦理教育的损害”。这里所说的“单纯智育”即教育出现的偏差。长久以来，素质教育虽然一直都在倡导，但随着经济的发展，在市场繁荣的表象下，社会价值观越来越为单纯的经济利益所左右。人们从事包括教育在内的一切社会活动都在趋于对利益目标的追求。长期占据教育主导地位的“应试教育”模式实际也是利益博弈的产物。在这样的社会环境中，素质教育似乎成为了一句口号，教育某种程度上弱化了促进人身心全面发展，促进社会进步的功能而成为一种获取利益的资源。

素质教育是教育的本来意义。也可以说教育起源的含义就是素质教育。从教育的目标来看，根本就不应该将教育分为各种模式。强调素质教育实际就是认识到了教育领域在市场环境中的种种乱象，呼唤教育的返璞归真。

3. 工程素质的养成

工程素质是从素质所涵盖的全要素中提取出与工程活动相关的涉及人品性的要素，如基于“工程物”的思维，对“工程物”的本质认识，工程活动所涉及的构思、设计、材料、机器、动力等技术要素以及政策、法规、管理、质量、成本、环境、安全、伦理等非技术要素。一个具备良好工程素质的人，不一定对事物的工程要素了解得很全面，也不一定理解的非常深。重要的是有一种思考习惯和对事物工程特性的意识和敏感度。比如在公共场合，人们会接触到各种设施，包括交通、娱乐、金融、衣食住行等各方面。工程素质要求人们不仅关注这些设施的功能，而且对功能是如何实现的产生兴趣，进行思考。再比如，当我们置身商场、酒店、家庭，富丽堂皇、新颖别致的装修也许会带来视觉的冲击，惊叹之余，我们是否能够进一步地思考装修材料的特性，装修工艺的原理。所有这些，很多人一定会认为，这是从事工程活动的技术人员或学习工程学科的学生需要了解的，与我无关。这里提出以下观点，现实是以“物的构建”为基础的；社会的繁花似锦是以“物的构建”为基础的；人的思维发展是以“物的构建”为基础的。所以“物的构建”与人人皆有关，而且关系密切。所不同的是，对于很多人来说，关系到自身发展的工作内容不属于工程领域，因此也就意识不到工程素质的存在和养成问题。但如果我们细致分析工程素质潜在对人的个性品质

的影响，就会发现人的许多优良品行来自工程素质的熏陶。脚踏实地，匠心独运，锲而不舍，精雕细琢，百炼成钢……这些描写人高尚品德的成语，究其本源，我们总能追寻到人的内心追求完美“物的建构”的踪迹，直观地说，就是工程素质在促进着人务实品质的形成。

工程素质的养成是一个重要的教育问题，它绝不仅仅存在于工程领域，它的作用也绝不仅仅局限于工程领域。工程素质应该作为一个普遍的道理通过恰当的教育灌输于心。儿童在成长过程中，当他蒙眬地感受着物质世界时，就可以在搭积木等益智游戏中循循善诱他的工程素质。从“这是什么”到“它怎么组成”、“为什么这样”，在问题的转换中，逐渐显出工程的意境。如果形成习惯，在长期反复的练习中，工程素质就会慢慢养成，尽管他还不知道工程一词的含义。在功利思想广泛蔓延，素质教育严重缺失的当今社会，工程素质的养成显得尤为重要，它对人生的价值观取向发挥着不可小视的作用。“全面工程教育”理念为世界所崇尚。它倡导全过程、全包容、全民的工程教育，使工程素质养成的普遍意义得到深刻的诠释。全过程是指纵向贯穿，将工程素质的渗透从幼儿园开始，贯穿一生；全包容是指学科交叉，工科之间，工科与理科、工科与文科，接受高等教育的学生，无论什么专业，都应该进行基本的工程文化素质训练；全民是指横向跨越，即社会的价值观应该引导民众认识到工程素质对个人身心发展的意义和对社会具有的普世价值。

工程素质对人的创新潜质的积累和触发具有十分积极的意义。从心理学上讲，人自身所具有的特质或个性对其形成创新的思想并产生创新的行为非常重要。在日常生活中，在不经意间，也许一万个人都不去想的事，你去想了，长此以往，你的创新潜质就会逐渐显露出来。你就会比他人更善于捕捉生活、生产中的问题点和创新点。工程素质养成所追求的工程思考习惯即是形成个体独特思维能力的重要因素，也就是对创新思维和能力有良好的促进作用的因素。这里应该明确，工程知识的增长对工程素质的形成和发展是有帮助的，但不是绝对成正比的。工程素质强调兴趣使然，在兴趣引导下形成人专注、钻研的品性。这也是创新精神所需要的。

总之，工程素质的养成是健康向上的人格追求，是塑造品质、磨练意志的基础，是持重、沉稳、务实的社会氛围和风气的催化。必须清醒地认识到，在素质教育中，工程素质的养成扮演着重要的角色，是素质教育的重要组成和实现路径，是形成人完美人格的有效方法。

时代的使命是继承和发展。将历史长河中的精华沉淀下来，凝炼出来。让其在滔滔不绝的继续行程中成为动力，永显光芒。工程既是继承发展的对象，又是继续前进的能量。我们只有在前进的道路上不断挖掘工程的文化内涵，从工程的历史传承中寻找人生和社会的价值，从工程的现代特征中吸取精神和物质的力量，从工程的未来趋势中追求生命和活力的愿景，才能让工程无愧于时代的使命，在人类永不停息的奋斗中迸发出无限生机。

第四章 工程与思维

历史的追溯是靠思维；未来的展望是靠思维；历史、未来与工程交织出富有文化内涵的深邃也是靠思维。思维是什么？思维对于工程，对于创造意味着什么？这样一个耳熟能详的词，能给我们带来无限的遐思。深入挖掘思维的文化内涵，站在工程的角度，我们可以感受到，人的发展需要工程思维，社会的发展同样需要工程思维。学习并拓展以“工程物”的建构为基础的工程思维，会使人们迈向幸福生活的每一步变得更坚实，会使社会沉稳务实的氛围变得更浓郁。

4.1 思维的本质

思维起源于人类的认识活动。当原始人意识到经过打磨的石块能够更有效地谋求生存时，人类思维的萌芽就产生了。在社会发展过程中，人的思维和实践活动总是相互作用的，是一个交替循环、螺旋上升的过程。从工程的起源和发展历史可以看出，“物的建构”是一步步复杂起来的。从单一的工具构件到多组件协同作用的机器，技术方法在不断进化，其中人的构思设计的能力也在不断增强。人探索自然规律的科学发现，人改造自然形态的发明创造，都深刻地揭示着人的思维水平随着社会生产力的发展在不断地提高。思维有一个“意识——自觉——主动——创造”的阶跃过程。了解思维的本质，对于人们主观能动性的发挥、增强认识事物本质规律和分析问题解决问题能力的提高都具有积极的意义。

4.1.1 思维是什么

思维是指在表象、概念的基础上进行分析、综合、判断、推理等认识活动的过程。思维是人类特有的精神活动，它来自于社会实践。人们在生活、工作、学习过程中，一刻也离不开大脑的思想活动。想一下，做个计划，进行适当的安排，这些都需要大脑的“思”。思即思考，是人面对简单的问题进行的主观意识活动，是人的大脑面对客观事物具有的基本功能。最初的“思”来源于人生存的本能。所谓“潜意识”、“下意识”实际就是最底层的“思”，是生理本能刺激大脑产生的“思”。当大脑处于正常意识作用下，面对一些需要解决或处理的问题，就会自觉地思考方法。由此可见，“思”是人们认识事物从感性到理性的初级阶段。人的所有行为都源于“思”，人与动物最根本的区别就在于人可以“思”。在人的成长过程中，其心智发展是无数的“思”汇聚的结果。人要成事首先必须善思。古人云，“学起于思，思源于疑”，明代学者陈献章说，“前辈学贵有疑，小疑则小进，大疑则大进。疑者，觉悟之机也，一番觉悟，一番长进”。这些都说明善思对于解决问题的重要性。

当大脑面对较为复杂的问题进行思考需要对问题进行逻辑分析或思考方法拓展到了多维时空时，人对事物的认识就上升到了理性，这时的思考就成为了思维。可以看出，思维是大脑对事物的认识

从潜意识、下意识上升到理性的逻辑层面的全过程。作为认识的高级阶段，思维超越了低级的感知，它是在理性高度上探索事物内在本质和规律的精神活动的必然过程。思维包括对事物的概括性和间接反映。概括性表现为针对某事物进行思维时，从不同要素中提炼出相同的本质特征，同时可以去除一些不重要的事物属性；间接反映是指通过中间媒介认识事物的本质和规律。或借鉴已有的知识经验来推测未知的事物及其内在属性。从图 4-1 可以看出，当知识、经验等输入信息经过大脑的加工处理后，就产生了基于目标的输出信息。

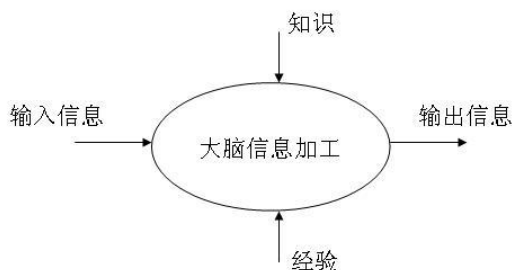


图 4-1 思维的过程

思维是以目标为存在依据的，或者说是受目标支配的。没有较为复杂的问题，就不会有思维。而问题的解决就是要实现的目标。美国教育家约翰·杜威指出，“思维起于岔路的疑难，起于两歧的取舍”，“解决疑难的要求，是持续与引导思维全程的因素”，“问题的性质决定思维的目的，而目的支配着思维的过程”^①。可见思维中目标的重要性。事实上，人生存发展过程中所有为需求而进行的努力都是在追求目标的实现，而追求目标首先体现在思维活动的过程。在谈及思维的价值时，杜威认为，“思维使我们解脱冲动的、惯例的行为，它使我们的行为有先见和目的，它使我们做有意的行动以达到预期的结果，或把握住遥远的将来。想到不同的行动产生不同的结果，我们便知道自己在做什么。这样一来，思维把盲目的、情感的行动转化为智慧的行动”^②。

思维有三个基本过程：

一是分析与综合。复杂的事物由许多要素组成。各要素的特性决定了事物整体的特性。分析是指在头脑中拆解事物，就是把事物的整体分解为若干不同的组成部分的过程，或者把事物整体中的个别属性、个别要素提取出来的过程；综合是指在头脑中把对象的各个组成部分联系起来，或把事物的个别特性、个别方面结合成整体的过程。综合对于整体把握事物的属性非常重要。分析和综合是同一思维过程不可分割的两个方面。它们指向相反而又紧密联系。没有分析，人们就不能对客观事物的内在本质认识得更清晰，构成事物整体的各种要素就会变得非常模糊；不善于综合，人们则容易形而上学，片面认识客观事物的各个组成部分、个别属性，难于从对象的有机组成因素中完整地认识事物。

比如，工厂生产过程不正常了，产品质量或生产效率出了问题。必须梳理影响生产的各种要素，根据现象分析产生问题的原因，判断出是哪个环节出问题了，是技术，还是管理？从而找到解决问题的方法，确定整改方案。这个过程很大一部分是管理人员和工程师大脑分析综合的结果。

二是比较与分类。事物之间和构成事物整体的各种要素之间是相互联系的。明确相同点和不同

点对于深刻地认识事物并在实践中发展事物具有重要意义。比较是在大脑中确定对象之间差异点和共同点的思维过程。分类是根据通过比较得到的对象的共同点和差异点，将它们区分为不同类别、类型的思维过程。分类是在比较的基础上进行。比较在认识客观事物的本质和规律中发挥着重要作用。只有通过比较才能确认事物的主要和次要特征，共同点和不同点，进而把事物分门别类，揭示出事物之间或事物构成要素之间的从属关系，为进一步完善发展事物奠定基础。

比如在教育教学中，需要教师通过对学生的比较和分类，找出教学中存在的问题，有的放矢地加强教学内容、教学方法、教学评价等各教学要素的改革和管理，从而提高教学效果。

三是抽象与概括。事物往往都是具体的。其本质属性一般隐含在内部。抽象是在分析、综合、比较的基础上，抽取同类事物共同的、本质的特征而舍弃非本质特征的思维过程。概括是把事物的共同点、本质特征综合起来的思维过程。抽象是形成概念的必要过程和前提。

比如，在科学研究中，经常会把具体指向的研究结论抽象出来，形成一套理论，并验证它使之具有普遍的应用价值。

思维对人类社会的文明进步发挥着不可替代的作用。从古至今，在人类认识自然改造自然的过程中，物种的变迁，文明的更迭都源自人的思维作用的结果。思维和事物发展是相互作用的，战术、计谋、方略、规划等都是思维的成效，它们显著地影响着事物发展的结果；反过来，事物发展的过程和结果又在不断地修正着人们的思维，直至发展出新的思维。

4.1.2 自我意识提升——思维的发展

意识是大脑对外界事物刺激的反应，是对自然或社会事物或现象在感知、觉察层面的认识活动。美国哲学教授约翰·希特勒通俗地将意识解释为：“从无梦的睡眠醒来之后，除非再次入睡或进入无意识状态，否则在白天持续进行的，知觉、感觉或觉察的状态”。不同人的大脑对外界刺激的反应能力是不一样的。也就是说意识存在“度”的问题，或是敏感度，或是清晰度。当一个人善于在事物表象下通过某些蛛丝马迹捕捉到存在的特殊现象或机制时，就可以说他的意识能力强。所谓“敏锐的洞察力”也是此意。我们说某人具有某方面的素质或潜质，也是指他在这方面的意识能力强。意识发展的结果就是思维。当产生了意识后，哪怕是很弱的一个火花，紧接着顺其自然就是思考的延伸。在涉及到要素间的逻辑关系或大脑中出现了推断或假设的情境时，就到了思维阶段。

意识具有主观度。“潜意识”、“下意识”的主观度很弱。随着大脑思考的深入，意识的主观度在增强，也就是自我意识体现的更充分。自我意识实际就是强调意识主观性的一个概念。从本意上讲，自我意识是对自己身心状态的认识，包括智力、品性、爱好、能力、追求、健康等。自我意识是在生活实践和教育引导过程中形成的，主要包括客观的自我认知、自我评价和自我上升三个层次。在环境的影响下，人在成长过程中自我意识时刻都在发展和上升。自我意识上升对人的重要意义在于，首先加强人认识事物的自觉性和主动性，激发人探索的热情；其次对人综合素质的提高是一种磨炼。你只有意识到了才能进一步深入去探究，在探究过程中历练自身的秉性、个性、品性。

美国演说家丹尼斯·威特利的《成功心理学》中有这样一段：与自我意识密切联系的是自我引导、自尊、自律和自我激励，这些都是保持你在向着目标和理想的方向上不懈前进的手段。你的态度也

是成功的一个重要构成要素；积极思考能帮助你正确地观察事物，并度过艰难时光。最后，缺乏积极的人际关系就不可能有真正的成功。自我意识包括指出并评价你的个人价值观、个人品质、技能和兴趣。缺乏自我意识，你就难以断定你对生活的真实想法。成功人士运用自我意识来建立自信，并获得追求梦想的勇气。此外还运用自我意识去理解自己的思想、感觉和行动，并更好地与他人相处。

这里的“自我意识”就是人不断向前发展的思维。加强自我意识培养，就能够在实践中逐渐形成自己多方面优良的个性品质。

在自我意识上升的过程中，人的思维能力自然也会得到发展。杜威说，“思维不像自然燃烧、也不凭自然原理而可以凌空发生，它必定要有引起它的情境”^①。这里所谓的“情境”就是现实中遇到的“疑难”，也就是外界事物刺激大脑产生的问题。由此可见，问题首先是人们产生意识的结果，自我意识上升对提出问题有极大帮助。而解决问题往往更复杂，需要思维过程的综合运用。于是在解决问题的过程中，思维就会得到不断发展。

老子说：“上善若水，水善利万物而不争，处众人之所恶，故几于道。”这句话的意思是：水能够滋养万物，它使万物得到它的好处，而不与万物发生争执、冲突，故水是天下最大的善性。2600年前，面对人人都离不开，再普通不过的水，老子从中悟出了深刻哲理，总结出千古流传的警世名言。这何尝不是思维大彻大悟的转换与提升！

思维的发展，实际也是对每个人个性修养的磨练。青年学生都想上大学，接受高等教育，上个好大学，名牌大学。上大学的目的是为了学习一技之长，今后能有个好的工作。但上大学并不单纯为了学习专业知识。接受高等教育更重要的目的是个性品质的养成，其中很大程度取决于思维的发展提升。人的很多品性，思维的延伸拓展，形成于浓郁学术环境的潜移默化之中，形成于对知识的探求之中。比如高等数学课程对很多人 importance 并不在于学会了解题方法，而在于对人的思维从有限到无限，从发散到收敛发潜在培养。一个好的环境，比如文化内涵深，学风好的学校，无疑对人良好品性的形成和提升、思维的拓展有很大的帮助。实际上，大学阶段也是人生中形成创新品格、激发创新渴望，锻炼创新思维，促进创新实践的重要阶段。

4.1.3 思维方式

思维方式是思考问题的根本方法。也是认识 and 解决问题的思路、手段和工具。如何思考问题？如何认识问题？这是思维方式的基本问题。一个人的思维和思维方式是如影随形的。只要有思维，就必然伴随着某种思维方式。这是由思维及思维方式源于人类的认识活动决定的。在社会实践中，人们寻觅、发现着更适合生存发展的资源、手段，在这个过程中，人的思维不断发展，思维方式也不断发生转变。从历史的进过程中可以感受到，生产力发展水平与人的思维方式是相互作用的。一方面，生产力促进思维方式的转变。在农业手工业时代，人们在经验基础上不断探索减轻劳动强度，减少自然灾害的方法，思维方式逐步从完全被动地顺应依靠自然转变到部分主动利用改造自然。从

纯手工到水力、风力的应用，再到电力的应用，技术的进步促使人思维方式发生了很大变化。在现代社会，信息革命带来的互联网技术的无所不在对人们思维方式的冲击是巨大的；另一方面，思维方式的转变又进一步推动了生产力的发展。从直觉、悟性思维方式到辩证、实践思维方式的转变，大大丰富了人们的思考时空，增强了人们改造自然的能力，对于科学发现、技术发明的促进作用是显著的。从人类认识能力的渐近过程可以将思维方式分为以下几种：

1. 唯心论思维方式

在科学技术不发达的时代，人们认识客观世界存在很大的局限性。当不能对自然和社会现象作出合理解释时，人的思维很容易被引入单纯的精神世界，在意念中创造出种种主宰世界的帝、神、王。人们的思维方式被这种思想主导，社会生活方式也受精神思维方式影响形成一系列的行为规范。宗教就是唯心论思维方式的典型产物，每一种宗教都有自己顶礼膜拜的对象，也是精神寄托的本原。从认识论的角度看，唯心论思维方式并非完全消极，历史和现实中，它对于促进思维发展也是有积极意义的，如柏拉图的“理念世界”，也是一种对美好生活的向往和追求；予人向善的宗教在规范社会、促进民族和睦方面是有积极作用的。

2. 直觉、悟性思维方式

直觉、悟性思维是以经验为基础的思维方式，是一种朴素的唯物主义思维方式。在生存目标引导下，人们耕耘着，劳作着，在实践中积累了大量的经验，并从经验中悟出了一些道理，进而改进生产方式。利用积累的经验，去观察感悟事物的发展趋势，进而作出创造性的成果，这是这种思维方式的积极意义。杜威倡导的“反省的思维”是指“从现有事实暗示其它事实，而以其间的实在关系作为信念根据的一种过程”，“它是对于问题反复而严正地，持续地思考的一种过程”。从中可以理解，所谓“现有事实”实际就是已经存在的、可以加以利用的经验。因此，杜威的“反省思维”实际也属于悟性思维的范畴。

3. 辩证、逻辑思维方式

辩证，意味着看问题的全面性；逻辑，体现着思考问题的条理和规律性。随着对客观事物认识的不断加深，人思维的理性层面不断提升，思维方式也变得更加多元化。在事物复杂性逐渐加剧的现实中，用系统的、联系的观点分析思考问题显得越来越重要。当多要素同时作用于事物产生功能时，辩证、逻辑思维方式思考处理问题的有效性大大增强。

老子《道德经》中云，“有物混成，先天地生。寂兮寥兮，独立而不改，周行而不殆，可以为天地母。吾不知其名，强字之曰：道，强为之名曰：大。大曰逝，逝曰远，远曰反。故道大，天大，地大，人亦大。域中有四大，而人居其一焉。人法地，地法天，天法道，道法自然”。这里，老子从天地万物生生不息，日出日落，四季更迭，山川耸立，河流奔腾的自然规律悟出“道”的哲思，这是一个由悟性思维深化到辩证思维的深刻实证。

思维方式是从很多具体的思维过程中通过分析、综合、判断、归纳等逻辑方法抽象提炼出来的。

如同自然界许多科学规律的归纳总结相似（这本身也是某种思维方式作用的结果），思维方式的抽象提炼对于它在不同领域中的广泛应用具有重要意义。《孙子兵法》是一部为全球广泛推崇的中国古代军事著作。书中体现的军事谋略是多种思维方式作用的结果。和平年代，这些谋略对于工程、商业、经济、管理等领域建立占有发展先机的思维方式仍有极强的指导意义。

思维方式包含着丰富的内容和哲理。不同民族，不同文化、不同地域、不同历史阶段的人们，其思维方式存在很大的差异。所谓传统思维方式，就是长久生活在某一地域的人们受文化、环境、生产力水平等的影响以某一信仰为核心形成的生活习俗。在传统思维方式的作用下，人们之间的交往，衣食住行等都永久地具有与生活习俗相吻合的地域生活特色。

4.1.4 马克思主义实践思维方式

实践的观点是马克思主义哲学首要的基本的观点，也是其本质特征和思想精髓。社会实践活动是人类历史发展的根本动力。而人类历史全部的社会实践活动印证了马克思主义实践观的科学性，更说明了它贯穿于全部辩证唯物主义和历史唯物主义的各个环节。改造和利用自然的实践活动如此，改造和利用社会的实践活动同样如此。马克思主义实践观从哲学的高度对实践在人类社会文明进步中所起的决定性作用作出了科学精准的概括。任何观点的形成都是在一定的思维方式指导下进行的。实践的观点从其本质来看，其必然来源于科学合理的实践思维方式。

1. 马克思实践思维方式的特征

实践思维方式的突出特征是实践。即在探讨如何认识问题、思考问题时，始终将实践的观点置于核心地位。我国著名哲学家高清海在论述实践观点的思维方式时，认为实践思维方式是“从人和自然主体和客体、主观和客观在现实活动中的相互作用关系出发，以本原存在和超越形态在现实活动中的相互作用关系为依据，去观察各种事物、理解现实世界、回答两重化矛盾的思维方式”。这里提到的“相互作用关系”实际都是指社会实践活动。从人类起源发展、社会进步的整个过程可以感受到，历史发展的每一个细节，都是由实践活动作为动力而展开的。实践思维方式是马克思辩证唯物主义和历史唯物主义的基本和根本观点。其突出标志是始终坚持从实践特别是物质生产实践出发来分析回答各种问题。马克思在《关于费尔巴哈的提纲》中首次鲜明地提出了唯物主义实践观。关于思维的实践性，马克思指出，“人的思维是否具有客观的真理性，这不是一个理论的问题，而是一个实践的问题。人应该在实践中证明自己思维的真理性，即自己思维的现实性和力量，自己思维的此岸性”^①。1846年，马克思恩格斯在《德意志意识形态》中对社会实践的丰富内涵和根本动因做了深入分析，提出社会实践的基本形式包括生产实践、社会实践和科学实验，其中最根本的形式是物质生产实践。站在实践认识观的角度，最根本的就是以物质生产实践及其矛盾运动即生产力与生产关系、经济基础与上层建筑的矛盾运动为认识基点，来认识人与社会的本质及其发展规律，从而创立了历史唯物主义哲学观点，创造性地实现了哲学历史观的变革和突破。

2. 马克思实践思维方式的形成

在马克思主义实践思维方式之前,人类社会的存在和发展主要由两种思维方式所左右,一是唯心主义思维方式,二是经验主义思维方式。这两种思维方式又可以细分为许多种类,如客观唯心和主观唯心,朴素唯物、朴素辩证、主体论、形而上学、思辨思维等。应该说,从单纯的唯心主义思维方式到关注客观存在的经验主义思维方式是人类思维发展的巨大进步。这种进步是伴随着人的认识能力提高,科学技术发展而产生的。历史上的许多哲学大家如亚里士多德、休谟、洛克、康德、黑格尔等,在他们的哲学思想里,都能显现出“活动”、“存在”、“实践”等唯物主义观念。但在他们的实践哲学中,实践的概念多集中在感知或道德层面。例如,亚里士多德的实践哲学是经验论的体现。他认为,人类认识的对象,是客观世界的具体事物,即实体,因此需要依靠感觉经验才能实现和完成这种认识。康德的实践哲学是建立在道德伦理之上的。他说:“我将所有的通过意志而可能的东西称为实践的。”^②康德是主体论思维方式的确立者,他的实践强调自由意志对客观世界作用的有效性,认为实践是主体性在本体世界或理性世界的表现。

受时代、阶级、生产力水平的局限,无论是唯心还是经验,他们的实践哲学都是建立在完全的意念或以感知为基础的意念之上,是以精神作用为主体的思维方式占据着主导地位的“实践”观点。马克思处在社会变革的时代,批判地继承了德国古典哲学的进步思想,特别是黑格尔辩证法中关于世界是运动、发展、变化的一个过程并且内部相互联系的观点,抛弃了其中的唯心主义基础和体系,确立了辩证唯物主义思想体系。这个过程实际就是马克思实践思维方式在理论上的形成过程。马克思实践思维方式立足于人类生产实践的基础,用辩证唯物主义的观点看待人与自然、人与社会,认识并处理社会矛盾,对人类社会的进步具有开创性的意义。

探究马克思实践观的形成,其中非常重要的一方面就是社会变革环境的影响。马克思致力于寻求人类社会理想发展轨迹的时代,正值欧洲工业革命如火如荼地开展。当时德国的工业也紧跟那个时代机器代替手工业生产的前进步伐,纺织、煤炭、钢铁等领域生机盎然,电器工业是世界发展最早的国家,1847年成立的西门子公司就是一个代表。到19世纪50~60年代德国工业发展速度已超过英、法。置身于生产力飞跃、社会大规模变革的时代洪流,马克思充满智慧和探索的大脑必然会融入其中,对身边的社会变革在透彻了解的基础上进行深入分析,以大规模机器生产的社会实践作为鲜活的实例,从哲学的角度思考社会发展的矛盾及解决途径。这个时期正是马克思探寻人类社会历史发展和根本动因的哲学思想最为活跃的时期。

在理论与实践的影响下,经过深入地探索,马克思确立了对现实社会有重要影响作用的实践思维方式。

3. 马克思实践思维方式的当代意义

马克思实践思维方式是人类社会发展历史证明的科学的认识事物的方法。它对人们在不同时期、不同领域从事社会实践活动具有普遍的指导意义。

(1) 与科学技术的发展

马克思主义唯物史观认为,人类社会的发展与进步,首要决定因素是生产力的发展水平。人类的历史就是发展生产的历史,也就是发展劳动生产力的历史。马克思在

对资产阶级古典经济学的生产力理论进行批判性地吸收后，创立了实践的生产力观。对于生产力的研究，马克思首先注重的是从事实践活动的劳动者，他们进行的生产活动，是主客体之间的物质和信息、物质与观念的变换过程。于是马克思从人类基本的生产实践活动中找到了把主客观性、现实性、创造性统一起来的基础，从而，实现了人类生产力理论的革命性变革。马克思实践生产力观使人类对生产力的认识发生了根本性变革。它以实践思维方式来理解生产力的生成、本质和规律，为认识并提高生产力提供了科学方法。

生产力的进步离不开科学技术的发展。当科学技术成果有效融入到生产力要素时，会极大地激发生产力要素的活力，使劳动者能力更强，劳动资料更先进，对劳动对象的认识更清晰、驾驭度更高。人类生产实践历史充分证明，生产力水平的提高对科学技术依赖程度是逐步提高的。当发展到一定阶段时，科学技术就成为了促进生产力发展的决定因素。马克思关于科学技术是“直接的生产力”的论断意及如此。

人——劳动者是生产力要素中最活跃的因素。科学技术成果的产生无一不是研究人员能动性充分发挥的结果。进一步说，是大脑思维作用的结果。因此，思维方式对于科学技术发展的影响就显得尤为重要。作为科学的、普遍的认识方法，马克思实践思维方式历史上对人类生产实践和社会变革产生了巨大的推动作用。现实中——尽管环境条件发生了很大变化——它仍将指导人们开拓视野，将事业推向新的高度。当代中国，国际地位日益提高，科技发展日新月异。但静心思考，在市场繁荣的表象下，发展中“不平衡不充分”的矛盾仍然严峻，体制机制的羁绊仍然突出。在信息化、高科技带来生产力持续飞跃的环境下，化解明显的矛盾，抢占发展的先机，马克思实践思维方式仍具有极强的指导意义，通过与互联网生活中的新型思维模式相结合，为在知识经济全球化的浪潮中觅得制高点创造优势的环境和条件。

（2）与绿色发展

在生产力要素中，劳动资料和劳动对象是不可或缺的。劳动资料是指人用以影响和改变劳动对象的一切物质资料的总和。可以将劳动资料分为人工的和自然的两类。工具、厂房、机器等是人工劳动资料；土地、水资源、矿产资源等是自然的劳动资料。辩证地看，劳动资料和劳动对象是相对的，可以相互转换的。比如制造工具时，工具就是劳动对象；而使用工具时工具就成为了劳动资料。按这样的思路，我们总可以将劳动资料追寻到自然状态，即原始材料——天然的劳动资料。在获取劳动资料（劳动对象）的过程中，人们需要付出劳动力、能源等成本。特别是工业革命大规模机器生产带来生产力质的飞跃的同时，能源消耗也在成倍增长。能源消耗一方面造成河流山川自然资源的无度破坏，另一方面工业排放严重污染了人类赖以生存的空气、水等资源环境。人类在工业化进程中尝到了甜头，但同时也在影响环境方面付出了沉重的代价。现代社会经济快速发展引起的环境问题深深地刺痛着人们的心。

自然资源是不可再生的，生态修复是漫长而艰难的。发展的代价促使人们转换思

思维方式。人们迫切需要在马克思实践思维方式的指导下寻求一条绿色发展之路。要经济增长，更要绿水青山。不要经济增长，也要绿水青山。这就是思维方式转变后人们需要深入探索并长期坚持走下去的发展之路。马克思实践思维方式主张从主客体、主客观二元统一的角度去看待和处理问题，既不单纯强调主观（唯心主义）也不过度依赖客观（朴素唯物主义），从而能够实现发挥主观，尊重客观，合理有序，张弛有度的科学发展目标。而经济发展规律中主客观因素的协同配合恰恰需要马克思实践思维方式的科学引导。

我国自新民主主义革命胜利到改革开放前，过多地陷于意识形态斗争的泥潭，实际是主观唯心主义思维方式在主导社会的运行。改革开放 30 年，经济发展成就斐然，但不能说真正迈入马克思实践思维方式的轨道。经验主义、形而上学的思维方式始终萦绕周围，片面追求经济增长而造成生态环境恶化，道德水准下降的社会乱象。当前我国经济领域正在进行的供给侧改革是一场深刻的社会变革。实际也是思维上的一场革命，它所要实现的就是让经济运行从需求侧到供给侧管理的转化。这个过程最突出的特征就是思维方式的改变，让发展思路步入马克思实践思维方式的科学路径，在发展中真正转变“对对象、现实、感性，只是从客体的或直观的形式去理解，而不是把它们当作感性的人的活动，当作实践去理解。”的旧唯物主义思维方式。为经济建设注入更多地绿色发展理念，主体上强调以人为本，客观上追求人与自然协同共进的生态目标。

【知识点滴】在“中国制造 2025”中，关于“绿色制造”阐述的非常详细，它是 9 大战略任务和发展重点之一。在这方面提出的目标和要求是：(1)加快制造业绿色改造升级。全面推进传统制造业绿色改造，大力研发推广绿色环保工艺技术装备，加快应用清洁高效加工工艺。持续提升产品能效水平，加快淘汰落后机电产品和技术。积极引领新兴产业高起点绿色发展，大幅降低电子信息产品生产、使用能耗及限用物质含量，建设绿色数据中心和绿色基站，大力促进新材料、新能源、高端装备、生物产业绿色低碳发展；(2)推进资源高效循环利用。增强绿色精益制造能力，大幅降低能耗、物耗和水耗水平。全面推行循环生产方式，促进企业、园区、行业间链接共生、原料互供、资源共享。推进资源再生利用产业规范化、规模化发展。大力发展再制造产业，实施高端再制造、智能再制造、在役再制造，推进产品认定，促进再制造产业持续健康发展。(3)积极构建绿色制造体系。支持企业开发绿色产品，推行生态设计，显著提升产品节能环保低碳水平，引导绿色生产和绿色消费。支持企业实施绿色战略、绿色标准、绿色管理和绿色生产。强化绿色监管，健全节能环保法规、标准体系，加强节能环保监察，推行企业社会责任报告制度，开展绿色评价。

(3) 与和谐发展

和谐是指事物和睦协调地存在并发展。古往今来，向往和追求理想中的幸福生活是不同国家、不同民族、不同时代人们共同的思想基础。中国古代“天人合一”的理念源自《周易》，“立天之

道，曰阴与阳；立地之道，曰柔与刚；立人之道，曰仁与义”。天地人合而为一，表达了人与自然和谐相处，顺天应人的朴素思想。老子的一个“道”字将世间万物的起源、变化融入其中，“知常容，容乃公……”中的包容思想也体现了天地人合的“道”的力量，“天地相合以降甘露”表达万物和顺的“道法自然”的观念。在“万物负阴而抱阳，冲气以为和”中，尽管“阴阳二气”对立，但仍处于和谐的“道”的统一体中。孔子曰，“大道之行也，天下为公，选贤与能，讲信修睦。故人不独亲其亲，不独子其子，使老有所终，壮有所用，幼有所长，矜寡孤独废疾者皆有所养，男有分，女有归……”从中可以看出，孔子描绘了一个理想中和谐社会的美好画卷。中国古代哲学，由理想而阐发的诸如“和为贵”、“和而不寡”、“和而不同”的哲思不胜枚举。

西方哲学关于和谐的理念也由来已久。柏拉图的“理想国”，毕达哥拉斯的“道德乃是一种和谐”，赫拉克利特的“对立造成和谐”，亚里士多德的和谐教育思想，康帕内拉的空想共产主义，黑格尔的“和谐的辩证法”等，他们用充满睿智和理想主义的大脑构筑着遥远的“和谐社会”。

马克思主义和谐观是建立在实践思维方式基础上的社会发展观念。在阐述人与自然、人与社会、人与人之间的相互关系时，马克思始终站在现实历史的基础上，不是从观念出发来解释社会现实，而是从物质实践出发来解释观念的东西，认为人自身及其与自然、社会的关系都应该是矛盾体中的高度统一。只有实现了这种统一，才能在现实的社会矛盾运动中实现和谐的发展。可以看出，马克思主义和谐思想对当代中国建设人与自然和谐共生的现代化具有重要的指导意义。

和谐，就是共融、包容。而实践的思维方式引导人们务实、踏实，形成用心交往、其乐融融的社会氛围。在经济建设中，国家主导的产业转型升级的供给侧改革中也包含着丰富的和谐内涵。以人为本，生态文明，文化建设充分体现了马克思实践思维方式关于主体与客体、主观与客观、能动性与自然规律协调统一的哲学理念。“一带一路”倡导的“人类命运共同体”是和谐社会建设的深刻体现。

4.2 “物”的存在——实体思维

“思想、观念、意识的生产最初是直接与人们的物质活动，与人们的物质交往，与现实生活的语言交织在一起的。人们的想象、思维、精神交往在这里还是人们物质行动的直接产物。表现在某一民族的政治、法律、道德、宗教、形而上学等的语言中的精神生产也是这样”^①。在马克思的论述中，“物质”我们就可以理解为“存在的实体”。在信息技术飞速发展的当今，数字经济占据了社会经济生活中越来越大的份额。人们在感叹互联网大数据给生活带来的便捷之余，思维方式也在悄然转变。在“数字的”、“虚拟的”东西大量涌现，信息化融入人们生活的方方面面时，许多人又隐约感到怅然若失。过去的一些“实际”的东西不见了或少见了，人与人之间的交往也更加淡漠了。如果单纯是新事物代替旧事物，也就坦然了。但恰恰是传统与现代的冲击，人们心中不变的情怀，加之现实中过于“虚”的东西实在太多，于是怀念“实”、向往“实”的渴望在社会中又成为了时尚，于是“实体”又成为了一个热词。这里讨论实

体思维,是以“物”为基础的。“物”之为经济、政治、文化的载体,经济、政治、文化又是“物”中内涵的体现。由此,在“物”的基础上理解实体思维也就离不开经济、政治、文化了。

4.2.1 “实体”的词义解析

“实体”一词在现代汉语词典中有三个释义:真实的具体的东西;主体,要点;马克思主义之前的哲学概念。在现实生活中,对“实体”最直观、最普遍的理解应该是第一个释义,即“真实的具体的东西”。而所谓“真实”、“具体”实际也包含了一个比较广的范畴,既可以是物,也可以是意识、精神层面的东西。就工程“造物”的本质来讲,“实体”是指“真实的具体的有形物”。在前面介绍的“基于存在的工程本质”中,简要阐述了实体与存在的关系。事实上,“存在”是日常生活中再平常不过的一个词,任何人都会说不理解什么是存在。一些人经常用“存在即合理”为一些事情进行辩解。实际这已经进入了哲学的思考范畴。德国哲学家海德格尔在《存在与时间》中归纳了人们对“存在”的认识,即“存在”是“最普遍的”、“不可定义的”、“自明的”概念。而海德格尔本人作为存在主义的创立者,一生都在探讨“存在”问题的哲理。从海德格尔的影响力来看,存在问题确实是一个重要的哲学命题。这里先抛开深奥的哲学思考,从人们熟知的一般意义上的“存在”来理解,并与“有形物的实体”相联系。“存在”包含的内容很广,从时间轴线上看,有现实的存在和历史的(曾经的)存在;从空间坐标上看,有宏观的存在和微观的存在;从思维的延展上看,有物质的存在和精神的存在。这里,我们仍要回归工程,站在工程的角度将“存在”聚焦于占据空间位置,有一定结构组成的“物”的存在。实体也是这样,作为实体,一定是存在的东西。“实”取实际、真实之意,“体”取“物质存在的状态”之意。于是“实体”就成为了工程物的概念了,至少在大脑中实体是一个有空间几何形状的物体。

将工程实体的概念进行延伸,以实际存在的工程物如建筑、商品等为依托的社会组织或机构即成为信息社会中“实体”一词的含意,在当代社会中广泛使用,如实体经济、实体产业、实体商店等。当今的产业和服务业广泛流行“线上线下”之分,这里的“线下”即指实体。新经济下的“实体”概念实际是一种强调和对应,是对虚拟经济、数字经济、网络经济大规模兴起产生很多社会问题的反思和审视。如果传统的“实体经济”不加重重视,不予推动,而一味地任由网络虚拟流行,社会的价值观和诚信根基就可能动摇,国家倡导的沉稳务实的风气就会受到抑制。

从以上对“实体”概念的解析可以感受到,“实体”对于“存在”来说是极其重要的,是首要的。无论是工程实物还是信息社会中的“实体”,在“存在”的集合中如果没有了“实体”,“存在”本身也就不存在了。“实体”的重要性也体现在它“主体、要点”的释义上,体现在对复杂事物的繁枝缛节进行去芜存精、求得真谛的过程中。黑格尔哲学有一个“实体即主体”的原则,他在《精神现象学》中指出,“不仅把真实的东西或真理理解和表述为实体,而且同样理解表述为主体。”在他看来,由于实体自身就具有能动性,因而它的运动过程乃是自我运动,于是实体也就成为了主体。这里阐述的实际也是对实体重要性的高度认同。

对“实体”一词的理解从哲学上再深入一些，对促进大脑的思维是有好处的。毕竟“实体”作为一个哲学概念已经存在了 2000 多年。古希腊哲学是以探讨万物本原为开端的。亚里士多德在总结前人关于对“存在”认识的基础上，提出了实体学说。他认为实体作为事物的一种存在，是事物包括数量、性质、状态等所有属性存在的基础。它是独立存在的东西，是一切属性的承担者。此后的西方哲学家在亚里士多德的基础上针对“实体”提出了不同的见解。笛卡尔认为同时存在精神实体和物质实体，二者并立且互不依赖；斯宾诺莎主张实体是唯一不变的、无限的存在；莱布尼茨则坚持实体有内在的活力，不是僵死的东西，不同意用机械论的观点来看待实体；休谟唯心地看待物质实体和精神实体是不可知的；18 世纪的法国唯物主义哲学家狄德罗吸取了洛克认识论和笛卡尔物理学的合理成分，建立起唯物主义一元论，认为有广延的、能运动的、有感受性的形体即物质是唯一的实体，精神只是物质的机能，精神实体的上帝是根本不存在的；19 世纪德国古典哲学家另辟蹊径。康德认为实体并不是独立存在的东西，只是知性的一个范畴，是知性构成判断的条件。黑格尔根本改造了这个范畴，认为“绝对理念”才是最高、最丰富的范畴，实体只是理念发展过程中的一个重要阶段，而对实体的认识必须经过一个辩证的中介过程。他的这一理论含有深刻的辩证法思想。

马克思辩证唯物主义科学地总结了哲学范畴的实体的各种论述，认为物质概念是最高的哲学范畴，它是指物质是第一位的，物质是不依赖于意识而又能为意识所反映的客观实在。马克思主义实体观是人类对自然界认识发展过程中的新高度。

4.2.2 基于经济的实体思维

对“实体”一词的解析使我们看到，思想在延伸，认识在发展，其过程深刻地影响到人们思维水平的不断提高。实体思维是面向现实中真实存在的实体从感知到理性认识其特征和规律的思维方式。进行实体思维的目的是在大脑中建立对实际的存在（包括物的存在以及与物相关的一切属性的存在）的完整和深入的认识，从而在某些激发点形成成果以服务社会。事实上，对事物实现完整和深入的认识往往是一个艰难的过程。面向实体的实体思维在这个过程中会对大脑思维的条理性和目的性以及形成人的个性品质会起到显著的促进作用。

在经济社会中，不可否认存在许多貌似超于实体的思维内容，因为经济活动中的“智力”、“关系”因素时刻左右着经济行为的成效。但经济活动的根本是围绕实体来进行的。生产关系是为生产力服务的，上层建筑是为经济基础服务的。这其中是以实体思维为主的。因为构成生产力和经济基础的要素都是最直接的“物”的实体。实体之外的意识形态思维是将实体属性有机连接融合起来的不可缺少的粘合剂和催化剂。许多并非“物”的实体的内容如“市场”、“金融”、“利润”等在经济活动中也是至关重要的。这些实际存在的内容也当纳入实体的范畴。亚当·斯密的“看不见的手”几百年来在比实体更广的范畴内影响着人们的思维，推动着社会经济向着更加规范有序的方向前行。可以看出，实体思维在经济生活中是一个内涵非常丰富的概念。

随着信息技术不断融入社会生活，人们的思维日益多元化。事实上过去的经济活动中并没有“实体”一词，因为商品交易过程中对象、手段等所有内容都是实体，也就没有必要再强调实体了。当今社会，数字、虚拟、网络、云、线、流量等词逐步深入人心。人们的思维日趋转向虚拟的网络世

界，以至工作、学习、生活须臾也离不开终端设施。在这样的环境中，人的思维转“虚”也就不足为怪。高科技给人们生活带来便捷的同时，也带来了许多负面效应。人们好像变得更加惰性了，甚至找不到起床的理由了。社会出现的许多“奇葩”都是“实体”概念及思维渐行渐远的结果。专家指出，互联网的三大基础要件——带宽、存储、服务器都将无限趋于免费。在互联网经济中，垄断生产、销售以及传播将不再可能。无可否认，互联网思维是一种进步的、创新的思维方式，它给人们思维带来的跃升、突破、爆发，无以用语言描述。网络媒体报导，“互联网时代，互联网思维的四个核心观点（用户至上、体验为王、免费的商业模式、颠覆式创新）和九大思维（用户思维、简约思维、极致思维、迭代思维、流量思维、社会化思维、大数据思维、平台思维、跨界思维），是所有行业都要深思和深刻领悟的时代议题。利用这四个核心观点及九大思维，能帮助企业快速提升创新能力和核心竞争力。”这里我们仍要强调实体思维，因为互联网下所有的思维方式都在指向获取“实体”效率更高，效果更好（图 4-2）。强调实体思维，并非排斥互联网思维，二者应该是高新技术促成的相互依存关系，或者说是互联网思维辅助下的实体思维模式，即“互联网+”模式。

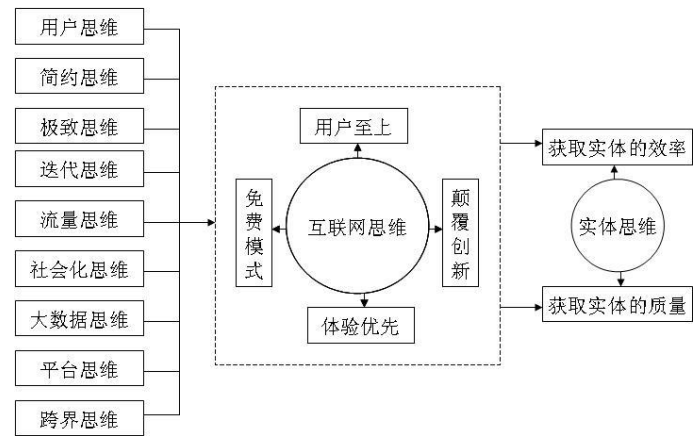


图 4-2 互联网思维内涵

实体经济是指人通过思维使用工具进行创造的经济。它包括物质、精神产品的生产以及服务、流通等的经济活动。实体经济是任何一种社会形态的经济发展命脉，是人类社会赖以生存和发展的基础。它是社会生机与活力的具体体现。一个品牌形成，可以是实体的，也可以是虚拟的。但归根到底是实体的。比如阿里巴巴是一个网络虚拟电商平台的品牌，但它是由无数实体品牌支撑而成的。振兴实体经济是国家经济发展战略，它对于实现国家强盛，民族富强意义重大。目前，国家在供给侧改革引领下，多措并举振兴实体经济。当务之急是在多元化思维的现实中加强意识形态的宣传教育 and 体制机制的制定健全工作，力促实体思维方式的再建构和重引导。

4.2.3 基于政治的实体思维

经济实体是在经济领域以“物”的实体为基础集合实际的存在内容形成的经济组织或机构。经济实体有各种规模，多数是国内的，也有很多是跨国的。相比较而言，政治实体强调国家政权治理的地域和制度整体。实体思维体现在政治上，从整体的观点突出关注国家的完整统一、社会的繁荣

稳定。从哲学上讲,整体是由若干具有内在联系的对象按照一定的结构形式构成的统一体。整体与实体中的“体”都是“部分”的含义,两个概念是形式与内容的关系,其内涵和外延要结合具体情况而定。比如国家是一个整体,同时又是一个政治实体,二者从治域上是对等的,只是侧重点不同;欧盟作为一个全球最大的经济实体在经济上超越了国家整体;联邦制国家从整体上是一个政治实体,联邦成员具有相对独立的立法权,属于分立的政治实体。

从政治角度分析,整体思维和实体思维有交叉,但也有很大的不同。整体思维强调“全”、“大局”,当代中国发展倡导的“大局意识”是整体思维的一个具体表达。在中国悠久的文明历史上广受推崇的“大一统”思想也是整体思维治国方略长盛不衰的思想基础。自春秋始,诸子百家在论述兴国安邦之道、国计民生之策时,无不鼓动“大一统”观念,统治者也将其奉为至宝。汉代董仲舒说:“春秋大一统者,天地之常经,古今之通谊也。”阐明了“大一统”是天地古今之道。大一统的国家必须有与之相适应的统一思想,只有上下统一,才能保证国家法规制度的畅行。近代以来,民族意识使得“大一统”观念更加盛行。康有为的“大同世界”,孙中山的“天下为公”等都是这种思想的继承和发扬。除了整体统一外,“大一统”思想也为历朝历代政治实体的稳定发展提供了有实效的治国策略保证。

较之整体思维,实体思维更加注重内容,注重实干兴邦的处事态度。在经历了改革开放 30 多年的快速发展后,社会总体政通人和。但发展中的问题也逐渐凸显。经验和教训促使人们转变观念,调整思维方式,将侧重要速度转为侧重要质量,实际这也是实体思维发挥作用的结果。当实体思维在大脑占主导地位时,思考者总是自觉地避免空洞,将问题引入“物”的范畴。即便是纯意识形态的问题,也会结合“可操作性”这样的实际方法,从方法论的角度去思考处理问题。

作为一个实证,“一带一路”战略蕴含着丰富的实体思维和创新思维。与沿线国家合作开展的大批工程项目,体现了实体思维作用下取得的丰硕成果。构建人类命运共同体的思想中,凝结着整体思维和实体思维的智慧 and 卓识,是中国为全世界提供的良好的发展机遇。

4.2.4 基于文化的实体思维

文化是本书全部内容的核心和灵魂。思维及思维方式本身就归属于文化范畴。文化与实体两个概念仿佛联系并不紧密。但当我们深入了解了它们的本质内涵,就会发现,它们有很大的相融度。

文化的社会现象更多指向精神层面的东西,但它是物质文明为基础的。综合来说,文化是指人类在长期社会实践历史中创造并积累的物质财富和精神财富的总和。这里的“财富”特别指能够促进社会进步和人身心发展的要素和动力。“文化”的含义早在 3000 多年前中国古代先贤就有精辟阐述。《易经》贲卦彖辞:“刚柔交错,天文也;文明以止,人文也。观乎天文,以察时变,观乎人文,以化成天下。”就是说,自然现象由刚柔交错组成。而人们生活的基础——社会风俗称为人文现象。从自然现象中可以观察到时序之变;从人文现象中,可以使人得到教化、身心得到陶冶。所谓“人文化成”,也就形成了“文化”。这里我们感受到了自然与人文的交织融合,万

千世界万变不离其宗。而自然就是“物”的代表，“人文”就是精神的体现。可以说人世间存在的所有进步的人文活动其目的都在于教化人的身心及身心发展所涉及的环境外物，使之具有无限的道德意义。这就是文化的本质内涵。这里无论是人的个体还是外物，都与“实体”密不可分。

由此可见，在自然和社会中，文化是一种汇聚，它汇聚着千百年来人们生生不息探索得来的智慧成果；文化是一种凝结，它凝结出民族在生存壮大中汲取的知识的精华；文化是一种传承，它传承了社会历史发展中萌生成长的富于创造的品性与精神。而所有这些，都是人类在生存发展中不断深入认识自然改造自然的结果，是“物”的创造的过程和结果。

历史留给人类太多的文化积存。这些积存我们总会找到承载它们的实体，包括工程物的遗产和非物质文化遗产。长城、运河、故宫等“工程物”蕴含的民族智慧和精神是永恒的。非物质文化遗产是突出民族文化特征的历史遗存，主要是各种艺术形式。而其具体的内容往往都是借助于“物”来表达和烘托的。世界非物质文化遗产中国的端午节具有深厚的传统文化底蕴。古代南方吴越族人在农历五月初五以龙舟竞渡形式举行部落图腾祭祀的习俗源远流长。这是端午节的主要成因。战国时期楚国诗人屈原抱石投江使这一天又增加了一份爱国情怀。无论是竞龙舟还是吃粽子，人们都在利用“物”的形式表达着心中的寄托与情怀。

现代化建设中“工程物”表达文化内涵的实例不胜枚举。各具风格的博物馆是不同地域历史和现实文化的载体；桥梁、大厦等建筑在实用功能之外也会体现城市的文化风貌。中国改革开放的标志——上海陆家嘴以夺人眼目的文化风采展现了中国几十年现代化建设的突出成就。

回到思维。文化的载体都是不同时代劳动人民智慧和汗水的结晶，其中思维方式是永远的智慧。实体思维面向“物”，面向“实”，是人们认识自然改造自然不可缺少的思维方式。“鲁班造锯”、“蔡伦造纸”、“李春造桥”……无数的发明创造都是实体思维在运作。都江堰千百年造福一方的神奇，体现了李冰父子对地形地貌的深刻体察和独特务实的思考。文化的传承是随历史长河滚滚向前而连续的、永不间断的。于是思维也就永恒传续。实体思维是将人引入社会实践活动的发端。在实体思维引导下思考分析问题时，“实体”的概念必然会始终萦绕脑际，一些针对实体的关于“是什么”、“为什么”的问题会激发探究者的钻研兴致，并为之在思考的基础上进行实践探索。于是实体思维就与实践思维串联了起来。在科学研究中，一般的思路都是在现有成果基础上根据问题的期望目标做出科学假设，然后通过实验去验证假设。这个过程可表达为：实体（现存）思维——目标假设——实验设计（实践思维）——实体（新成果）思维。

从亚里士多德的实体学说将实体视为事物的基础、本原起，哲学家们在唯心、经验、唯物等不同思维方式主导下对实体做了不同的阐述。直到马克思主义实践思维方

式的确定，才将实体思维归于实践的科学本位。尽管如此，思维也是随着人类认识水平的提高不断发展着。

【知识点滴】亚里士多德的实体学说主要体现在他的《范畴篇》中。他认为，实体是独立存在的东西，是一切属性的承担者，从语言和逻辑上说它处于主词地位，其他表示数量、性质的范畴依附于实体，处于宾词的地位。在亚里士多德看来，实体首先的涵义就是形成世界万物的最基本的本原。他把实体分为第一性实体和第二性实体。第一性实体是个别的特殊的事物，如某一个个别的人或某匹马。“但在第二性的意义之下作为属而包含着第一性的东西也被称作实体。例如，个别的人是被包含在‘人’这个属里的，而‘动物’又是这个属所隶属的种。因此这些东西——‘人’这个属和‘动物’这个种——就被称为第二性实体”。他指出，第一性实体之所以最得当地被称为实体，是因为它们是其它一切东西的基础，而其它一切东西或者是用来说明它们，或者是存在于它们里面。亚里士多德关于“第一实体”的思想是唯物主义的，他运用“实体”概念来概括一切特殊具体事物的共同本质是客观独立的存在，这表明他在寻求物质的一般概念。亚里士多德的“实体学说”也包含了一些辩证法思想。他认为作为实体本身是不变的，但是实体的性质可以变化。

4.3 “物”的建构——工程思维

所有的“物”都是通过建构得到的。建构是实现“物”的形态转换的根本手段。进行建构是工程的任务。在有组织社会实践的工程活动中，“物”才能按人的意愿得以实现。所以工程非常重要。由于实施工程是一个复杂的系统过程，需要有针对性的思维方式进行指导。工程思维属于系统思维的范畴。认识工程思维，把握工程思维，是工程素质养成的重要过程。它不仅仅是工程领域人员的事情，而是人在成长过程中形成良好个性品质的重要方法。

4.3.1 工程对思维的影响

现实世界是由工程的建构物组成的。每一个人一生的每一个瞬间都生活在工程的建构物中，衣食住行，一本书，一支笔，一个杯子……可以说，抛开意识形态，世界就是工程的世界，没有任何一种活动比工程对人类的影响更加显著。人作为生物体，身心的生长机制也与工程息息相关。所以说，从客观的角度工程对人的身心发展的影响是不可估量的（尽管很多人没有意识到）。更重要的是主观性，或称主体性。工程的建构不是自生的，也不是随意的，而是按人的主体意愿进行的。人要依赖自然和社会生存发展，这就迫使人不断增强主体意愿去寻求更有助于生存发展的“物”和更适宜生存发展的环境。在工程建构中，人获得了所需的“物”，提高了改造环境的本领。于是在需求欲的促进下，人们开展工程建构的主观愿望也就不断增强。可以看出，在主观视域内，工程建

构和人的能动性是相互促进的，呈循环螺旋上升的态势。这说明工程强烈的主体意识促进人的思维围绕“什么”、“怎样”的问题不断思考并付诸实践，去建构工程实体；而从无到有的工程实体又会对人的思维反作用，促进思维进一步发展。

事实上，所谓主观性或主体性或主体意愿，最充分的表达就是思维。人的思维无论是从幼儿到成人还是从远古人到现代人，其发展都是一个逐渐提升的过程。如果说从幼儿到成人主要是肌体生长机制作用的结果，那么从远古人到现代人心智发展应该以受环境影响为主。而客观环境工程建构物的影响应该占据了绝大部分。实际上，即使是儿童的成长，其思维发展环境作用因素也是非常显著的。

在任何一个时代，工程都是最具现实性的社会实践活动。工程的对象——人工有形物以其功能存在于世，或实用功能，或精神意义的功能，或兼而有之。不同的功能对人大脑思维会产生不同的作用。从心智发展的角度看，往往精神意识的功能更能激起人思考的潜质，从建构的实体中汲取精神的养分。平遥古城经过 2000 多年的建设，到康熙年间达到繁荣兴盛的高峰。漫步城中，欣赏着古朴的工程建筑风格，犹如回到了一个古老的年代，政治、经济、文化乃至市井生活在城中的完美布局，给人以思维多方面的启迪。

【知识点滴】平遥古城是中国古代城市在明清时期的杰出工程范例，平遥古城保存了其所有特征。而且，在中国历史的发展中，为人们展示了一幅非同寻常的文化、社会、经济及宗教发展的完整画卷（联合国教科文世界遗产委员会）。

平遥古城始建于公元前 827 年～前 782 年间的周宣王时期，为西周大将尹吉甫驻军而建。春秋时属晋国，战国属赵国。秦置平陶县，汉置中都县，为宗室代王的都城。北魏改名为平遥县。明朝初年，为防御外族南扰，始建城墙。明洪武三年（公元 1370 年）在旧墙垣基础上重筑扩修，并全面包砖。以后景泰、正德、嘉靖、隆庆和万历各代进行过十次的补修和修葺，更新城楼，增设敌台。康熙四十三年（公元 1703 年）因皇帝西巡路经平遥，而筑了四面大城楼，使城池更加壮观。平遥城墙总周长 6163 米，墙高约 12 米，把面积约 2.25 平方公里的平遥县城一隔为两个风格迥异的世界。

平遥古城自明洪武三年（公元 1370 年）重建以后，保持了原有格局。城内的重点民居建于清朝末年。建筑布局严谨，轴线明确，左右对称、主次分明、轮廓起伏。精巧的木雕、砖雕和石雕配以浓重乡土气息的剪纸窗花、惟妙惟肖，栩栩如生，集中体现了公元 14 至 19 世纪前后汉民族的历史文化特色，对研究这一时期的社会形态、经济结构、军事防御、宗教信仰、传统思想、伦理道德的人类居住形式有重要的参考价值，是迄今汉民族地区保存最完整的古代民居聚落。

4.3.2 工程思维的概念分析

如果说实体思维偏重于静态地审视思考现实的存在，那么工程思维应该强调思考如何动态地展开针对“构建”的过程。工程的要素很多，从系统观的角度看待工程，各要素间都是相互联系相互作用的。要顺利地实施工程，除具备完全的要素外，要素间的协调配合也非常重要。据此，工程思维是指以工程目标为起点针对影响工程实施

的要素及要素间协同关系展开思考、形成认识的思维过程和方式。对工程思维的概念，需要明确以下几点：

1. 思维导向问题

工程思维最具现实意义的思维导向是“实现”。“实现”也是人们在思维导向作用下形成稳重踏实处事风格的显著因素。没有一个需要实现的目标，或者说目标不是为了实现，围绕工程展开的思维过程也就失去了存在的意义。现实中确也有不需实现的工程思维，准确地说，是不需真实地“实现”。一些艺术表达就是实例。比如科幻电影，它将想象中实现的情节借助工程思维和工程手段在银幕上“实现”出现，给人们带来感官刺激，仅此而已。事实上，银幕效果的实现也是一种真实的“实现”。此外，也有很多经过了筹划的工程思维而因条件变化没有实施或部分实施的工程案例。这里我们还是将“实现”更多地聚焦在完整的“工程物的建构”。在工程思维的导向下，基于某一个或多个功能，经过构思、设计、实施的完整过程，使目标得以实现。这是工程活动的基本程序，是在工程思维的引导下运行的。为了将构思的东西顺利实现出来，并保证实现的质量和效率，工程思维要用严谨的逻辑和非逻辑的思维过程以及务实的态度组织工程要素，将各要素调整到最佳状态。要素也有导向问题。比如技术要素，采用什么原理？选择什么材料？政策法规要素，怎样在法制的框架内去优化工程方案？标准与成本要素，执行什么标准？如何在保证质量的前提下降低成本？工程思维的导向对于为工程实施确定正确的路径具有重要意义。

2. 价值取向问题

工程思维指向明显的价值取向。事物都是依其价值而存在的。任何一个工程项目，其产生的根源在于它对个体或环境形成的使用价值。功能是价值的具体体现。在工程项目构思及论证阶段，其功能的实现和发挥是首要目标。工程的价值也正是体现在这一点。效益是在功能实现的基础上产生的。价值取向是一个富有哲理的问题，实际就是价值观的问题。工程是需要投入的，人财物所有的投入都视为成本。投入是为了产出，产出的目的又是什么？这里价值取向问题就突出表现出来了。市场经济环境中，获取利润是所有经济行为的目标指向，也是正常的经济规律。问题是，这里的目标是不是唯一的和不择手段的？获取利润的“度”是不是符合市场规律？这样就将问题引向了道德范畴。实际上，价值取向问题本身就包含着强烈的道德伦理意蕴。当今社会，经济活动中的拜金主义左右着人们的思维方式。包括工程活动在内的几乎所有经济行为都趋向于单一经济价值取向。于是，社会公益的东西少了，人与人之间的情谊少了，浮躁的心态多了，各领域的矛盾多了。工程思维的价值取向引导，一方面使工程活动的运行符合价值规律，投入产出适度；另一方面引导人们正确的价值观，在工程活动中树社会正气，为工程赋予社会发展所规定的价值取向。

3. 主体性发挥问题

主体性是人在实践过程中表现出来的能力、地位和作用。前面讲过，工程活动带有强烈的主观意愿，是主体产生改变客观现状的诉求，进而形成方案，实施工程的过程。人作为工程的主体，从决策到方案再到实施都起着决定性的作用。问题是，人的主体驾驭工程的能力如何？再有，人的主体有没有强烈的愿望去驾驭工程？两个问题都与工程思维有关。第一个问题涉及到工程知识和经验的积累，特别是工程整体运行或实施的经验。由于工程思维包含着对工程要素的整理和排序，因此，在接受工程教育或在工程的实践中，主体的大脑会持续地接受工程的知识并积累经验，在这个过程中工程思维也会得到发展；第二个问题就是意愿问题，也就是是驱动力的问题。主体意愿是思维促进的结果。在工程进行过程中，需要相关人员不断开动脑筋，解决工程活动中存在的问题，直至完成工程。这中间主体意愿发挥程度非常重要。意愿或者说动力来自哪里？不可避免地又涉及道德伦理问题。是单纯的物质利益驱使？还是有一份奉献社会的热情？亦或是三观基础上的兴趣使然？答案应该是兼而有之，重要的是社会倡导的因素占得比例应多一些。总而言之，在工程思维引导下，人的主体意愿被激发，主观能动性被充分调动，这是工程活动顺利开展并取得成功的必要前提。

4.3.3 工程思维的特征

人的思维是随社会历史的更迭而逐步发展的，是受社会生产力水平制约的。工程思维同样如此。在生产力水平低下的时代，工程思维的目的仅仅是动脑子维持生计而已。历史上的能工巧匠以及他们的钻研精神其动力来源也大致如此。因此，从总体上来看，工程思维的时代特征非常明显。但是由于工程活动对人类社会的特殊意义，特别是工程建构给社会带来的巨大价值提升，使得工程思维的特征在若干方面得以拓展。

1. 工程思维的建构性

“建构”一词来源于建筑学，它涵盖了建筑物从工程到艺术的主要内容，包括建筑的功能、结构、设计、受力分析、艺术审美等。随着社会的发展和社会科学研究的深入，人们将“建构”一词引入人文研究或创作领域，借以用思维中的一种框架形象地表达研究要素的逻辑关系或艺术作品的总体构思。对于工程实体来说，我们可以将“建构”一词用于所有“工程物”的形成功能实体的过程。在思维中，用“建构”能够形象地体现从构思到设计的思想运行过程。现代技术中的虚拟现实、模拟仿真实际是“思维建构”的信息化验证的显示。建构能够表达工程存在的突出属性和特征，通过建构获得现实存在涵盖着工程造物的基本过程。思维的建构是大脑中在对事物深刻认识的基础上浮现及创造的过程。对于工程思维而言，它是大脑中对工程要素的集合、排序及优化，因此思维的结果是浮现出工程目标的轮廓，并对之进行思维的细化加工。

可见，建构性对于工程思维而言是必要且独特的，它可以被描述为工程思维的首要特征。建构性体现了工程思维的形象性和缜密性。工程建构的结构形式、功能特性、艺术风格都是在工程思维的形象思考和缜密构思下形成的。由此，在工程活动的全过程充分利用工程思维的建构性是非常必要的。

2. 工程思维的科学性

质量是工程最重要的要素之一。影响工程质量的因素很多，如工程设计的合理性、技术条件的完备性、价值追求的倾向性、施工标准的严格性等。所有这些因素与工程决策者、组织者的态度是分不开的。归纳来看，质量问题实际是受大脑认识活动的两大方面支配的。一方面是客观，就是对实践对象规律的认识程度和知识的掌握程度；另一方面是主观，就是作为主体的实践者其态度如何，价值观指向如何。所有这些都是由科学来规定的。科学手段、科学方法、科学标准、科学态度对事物运行的结果至关重要。科学作为反映自然和社会变化规律的知识体系，它来自于探索者的思维，经过了实践的检验，再应用于生产实践，为人们在工程物的建构中获得完美的目标结果提供保障。毫无疑问，在科学不发达的年代，人们从事工程实践活动主要依赖经验。在经验的积累和作用下，即便对工程对象的本质规律认识并不深刻，人们仍能够建造出杰出的工程实体。是能工巧匠经验的汇聚，更是精神和态度的体现。经灾害、乱世而千年不毁的古塔、古寺、古宫殿就是充分的印证。从广义上讲，经验也是知识，也属于科学的范畴，因而究其根本也是来源于对实践的体悟，即实践思维。当代大国工匠令人惊叹的手艺也是在实践思维引导下的精神和态度的体现。工程思维归属实践思维范畴，工程质量的决定权在于科学，而工程始于思维，于是工程思维的科学性就显得尤为重要。我国改革开放 30 年的发展实际是需求侧管理在左右着经济运行。由于思维的局限性和片面性，许多工程不遵循科学规律，带有盲目性。于是在经济快速增长的表象下，积蓄了许多社会矛盾，发展的不均衡性越来越显明。从中可以看出，工业的发展，也包括科学技术的发展，没有一个科学的工程思维引导就会累积起发展的隐患，造成事业的损失。

3. 工程思维的创造性

工程的属性中包含着创造性，无论是工程建构物本身的创造还是其价值的创造，也可能兼而有之，新颖独特都是工程追求的重要目标。创造与价值是紧密相联的，创造性越强，必然就会带来更高的价值。在科学技术主导竞争优势的今天，创造性在生产生活的各个领域都表现出强劲的影响力。单纯的模仿也许会产生价值，但不会创造出有竞争力的工程物，并且价值也不会高。工程的创造性既体现在工程建构物的经久耐用，也体现在它给人们带来的眼前一亮，还有经过岁月洗礼焕发出的文化韵律。人的创造力首先来自大脑的开发，突出体现在思维的转变。市场环境中，创造意味着生

存，工程尤为如此。因此工程思维中的创造性特征也就显而易见了。对于工程的构思是伴随着决策进行的，也是以针对现在相似工程的调研为基础的，以至在工程设计施工中，思维中的创新要素应始终跟随。工程思维的创造性特征是基于知识的。工程师在构思工程方案时，从宏观的方向到微观的每一个细节，都需要知识的支持。现代分析计算技术使得实现更复杂的工程建构成为可能。人们对美好生活的追求也更多地促使工程与艺术的融合。不只现代，中国古建筑广泛采用的斗拱结构堪称木结构建筑奇迹，它是工程结构与建筑艺术的完美结合。斗拱的榫卯构件有均衡和极强的承载能力，同时也起到了极好的装饰作用。由此可见，工程思维中的创造性特征的体现，需要交叉性、综合性的知识做支撑，在现代复杂工程建构物的建造中尤其如此。

4. 工程思维的多元性

现代社会越来越趋于多元化。互联网技术带来的生活方式的改变，使人们头脑中新的概念、新的元素不断增多。体现在工程技术上，工程建构的智能化发展方向已经明确，这就需要知识结构的调整，技术方法的更新；体现在工程管理上，伴随技术的飞速发展工程的实施也需要注入新的管理理念和方法；体现在价值观追求上，人们也需要在市场环境中进一步思考工程建构的社会道德伦理价值。所有这些意味着人的思维需要有一个提升，需要促使工程思维向着更全面、更细致、更理性的方向发展。于是工程思维多元性的特征便得以凸显。还有在现代工程建构的整个过程中人员需求更加多元化的问题。工程技术人员、工程管理人员、操作人员、保障人员是工程开展基本的人员类别。在工程建构逐渐复杂化的现实中，人员的细化分工也是必然的。总之，工程的复杂性增加使工程组织也变得更加复杂。这就需求工程思维的条理更加清晰，思维的分析综合能力更强，以应对要素增加引起的复杂局面。

4.3.4 工程思维的方法

方法一般是指为获得某种东西或达到某种目的而采取的手段与行为方式。而思维的方法即是指如何思考问题、怎样处理问题。工程思维的方法就是如何进行思维以使工程获得更好的筹划方案和实施效果。为实现工程建构从设计到施工完美的功能，大脑必须统筹各种工程要素，其中内涵的理性深度非常重要。理性思维实际就是概括性的思维方法，这里分为以下几种：

1. 逻辑思维方法

逻辑思维是大脑思考问题趋于理性的最典型、应用最广泛的思维方法。逻辑思维的本源根据是事物的联系性，其最基本的过程是在概念的基础上通过判断、推理了解事物发生发展的本质规律。逻辑思维的内容非常丰富，包括概念、判断、推理等思维形式和比较、分析、综合、抽象、概括等具体的思维方法，而掌握和运用这些思维形

式和方法的程度，直接影响着实践活动的成效。逻辑思维深化发展是建立在实践的身体力行和感性经验积累的基础上的，其中工程实践活动对大脑逻辑思维的健全发展的作用是显而易见的。工程思维中，大脑要对各种相互关联的工程要素进行权衡和梳理，这是高度理性的思维过程，因此大脑思维的逻辑性格外重要。比如在工程项目的策划中，对项目的未来前景要借助现有条件以及形势发展趋势进行分析与综合，经科学预测做出决断；在项目的构思设计阶段，一般要制定几种不同的方案，通过比较进行取舍，以得到最佳方案；面对大量庞杂的工程影响因素，大脑必须具备较强的归纳概括能力，去伪存真，提炼精华，以使工程能够科学地展开；逻辑思维中的主次关系、因果关系也非常重要，理清工程要素的主次因果关系从而明确侧重点，对于项目节省人力物力、高效运行意义重大。

2. 非逻辑思维方法

一些思维构想的东西，如大脑浮现的形象或结构，很多时候用通常的逻辑概念、层次、流程无法表达、说明或解释，于是人们经常借助大脑的想象能力形象化地思考现存问题。这一类思维方法统称为非逻辑性思维方法。其中最显著的实例是艺术表达。作家在构思艺术形象时，脑海中会反复出现所塑造人物的外貌形象、言谈举止、个性品质。然后在主观意愿引导下逐步丰满人物形象，用文字表达出来，同时也建构起作品整体的主题构架。这个过程即是非逻辑思维中的形象思维方法在发挥作用。人们在成长过程中，会有许多经历或体验，有些东西（物质的和精神的）还会反复接触。这个过程不但会强化大脑的存储特质，而且会建立起潜意识的“印象库”，在适当的情境下，“印象库”中的东西因提示而激活，显现在大脑中。非逻辑思维实际就是一个“印象激活过程”，当然也包括大脑基于知识的加工过程。直觉、联想、灵感、发散、逆向等表现为构思形象时为提高效率而采用的思维方法。这些思维方法也更多地作为创新思维方法而呈现。工程思维是以在大脑中创建工程建构物为目标的，思维的第一个阶段就是工程建构物外观和内部结构在脑中的浮现，因此不可避免地会用到非逻辑思维方法。另一方面，工程建构物的艺术造型表达也需要工程人员具备较强的非逻辑思维能力，以使自身工程建构的职责履行得更为出色。

3. TRIZ 方法

“TRIZ”是“发明问题解决理论”的俄文缩写。是一套理论，也可以说是一类方法。由于 TRIZ 方法体系（图 4-3）来自于专利分析，因此它对于解决工程问题具有很强的针对性。

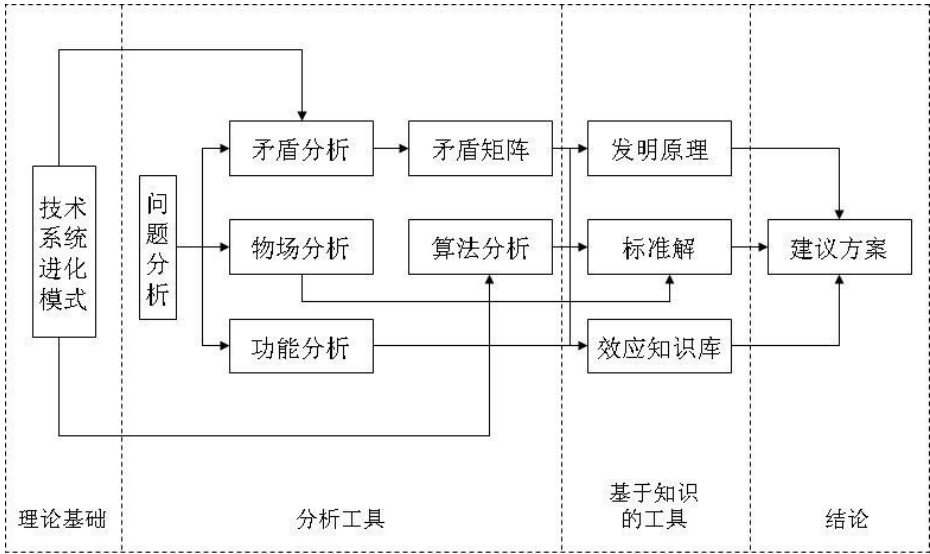


图 4-3 TRIZ 方法体系

虽然 TRIZ 方法体系中的很多内容都是工程问题直接的解题模式，但它们却是思维作用的结果。就是就，在工程思维中吸取 TRIZ 方法的解题思路，会给工程问题的解决开辟一条高效的路径。比如矛盾分析是将哲学上矛盾对立统一的原理移植到工程中，定义了一大类矛盾问题(技术的和物理的)，并在专利分析的基础上给出了一套解题模式。再比如物场分析，它是一个在情境中解决工程结构问题的方法。首先要定义出问题中物质和场的概念，借助规定的符号将二者联系起来，形成一个结构模型，利用模型分析工程问题，补足所缺要素，从而得到解决问题的答案。在 TRIZ 中，还有一些本身就偏重于思维的解题方法，它们的共同特点是帮助克服认识事物中的思维惯性。这些方法包括九屏幕法、小人法、STC 算子法、最终理想解法 (IFR) 等。比如九屏幕法 (图 4-4) 是针对技术系统 (工程建构物) 存在的空间、时间状态，通过分析找到当前系统，当前系统的超系统和子系统。当前系统的过去和未来，超系统和子系统的过去和将来。由技术系统、子系统、超系统以及这三个系统的过去和未来组成九个屏幕。可作为系统 (工程建构物) 构思、创意、改进、研发的引导思考工具。TRIZ 的方法体系内容非常丰富。工程人员在使用工程思维构思并实施工程方案时，注意引入 TRIZ 方法的思维方式，对提高工程思维的效率大有裨益。

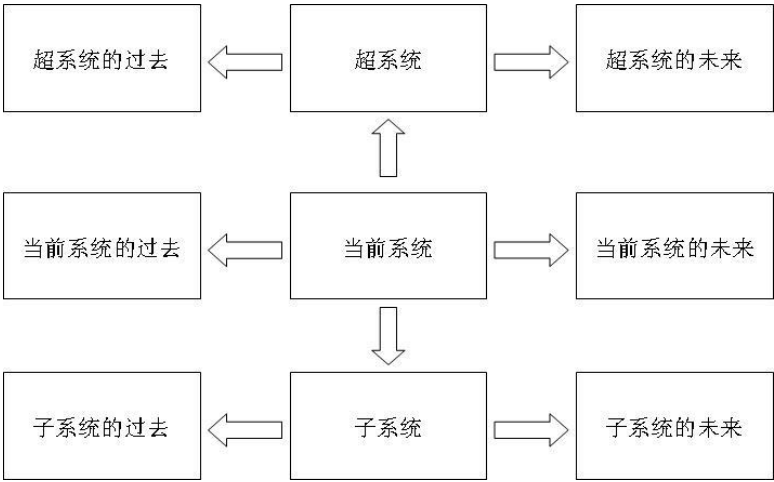


图 4-4 TRIZ 方法的九屏幕法

4.3.5 工程思维的流程

工程问题的求解过程是有序的，如图 4-5 所示，问题产生后，首先要确定问题所涉及的知识，包括理论知识和实践知识。这时大脑的初始意识很重要，借助初始意识，大脑敏锐地抓住问题的关键点，在大脑中凭经验做出解题的方向判断，并形成若干解题的设想方案。利用思维制定一个定性的模型，根据已知条件，进行必要的验证，看是否解题方向正确。如果正确，则将已知条件量化，建立数学模型，进行具体分析，得到结果后进行细致验证，判断结果是否正确，如正确，即得到了最终的工程解。以上两次验证若与设想结果偏差较大，则认为结果不正确，于是对最初的思维设想进行调整，重新建立模型，如此循环，直至解决问题。

从上述过程可以看出，工程问题解题中工程思维的流程是否通畅，取决于知识和经验的积累程度以及大脑的逻辑思维能力。与纯理科分析解题不同，工程问题往往涉及到工程物的结构分析、运动分析、动力分析等，思维过程中工程物的形象始终存在。所以，对于工程问题的解决而言，除了逻辑思维外，还需要一定的形象思维、联想思维等非逻辑思维能力。

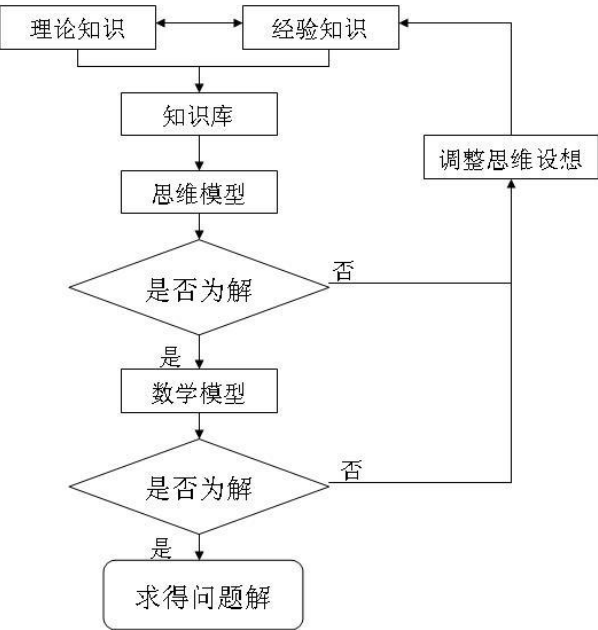


图 4-5 工程问题求解的思维流程

4.4 “物”的新生——创新思维

创新思维是一种优化组合多种思维方式来产生新事物、取得新成果的综合思维，是思维主体在自身具有的知识、经验和实践基础上，主观意识的能动性不断增强，通过思维方式的变革提出新的理论、观点和想法的思维过程。相对于日常思维而言，创新思维是一种超出已知的认识范围的思维活动。它意味着一个人在解决问题过程中，能站在与他人不同的角度去思考，提出与他人不同而且经得起实践检验的新观点、新思路、新方案。创新思维的本质在于将创新意识的感性愿望提升到理性探索上，实现创新活动由感性认识到理性思考的飞跃。

4.4.1 工程创新

一般意义上，创新是指以现有的知识和物质，在特定的环境中，改进或创造新的事物，获取新的方法、元素、路径、环境等，并获得一定经济或社会效益的行为。1912年，美籍经济学家熊彼特在其著作《经济发展理论》中提出：创新是指把一种新的生产要素和生产条件的“新结合”引入生产体系。它包括五种情况：引入一种新产品，引入一种新的生产方法，开辟一个新的市场，获得原材料或半成品的一种新的供应来源，新的组织形式^①。熊彼特创新的概念集中在经济领域，偏重于产业活动。通常“技术创新”更多地使用这一概念。对“工程”而言，其“造物”的本质决定了它与技术和产业关系密切。技术是方法和手段，产业是社会服务机构，工程是社会实践活动。从三个概念的宾词我们可以理解工程概念的外延更广，它包含了技术和产业中的许多

内容。因此工程创新也就有了一个更广的创新范畴，它涵盖了工程活动中所有环节通过主观努力产生的新的东西。其中最为突出的是，由于原理突破和手段更新引发的技术创新实际为工程创新增添了巨大活力。从根本上说，工程创新是工程活动涉及的各种要素实现创新的集合体。

工程创新从类型上可分为工程过程创新和工程管理创新。工程过程创新主要体现在从设计到施工生产的工程活动开展过程中每一个细节的创新。如全新的工程理念、新颖的构思设计、独特的方法手段、别致的营销方式等；工程管理创新就是根据生产经营和项目建设的客观规律和环境条件，对传统的工程或企业管理模式和管理方法进行改革，激发活力。通过工程或企业管理创新，培育先进的工程文化和奋发有为的企业精神，使各种工程要素有机结融合，优化资源配置，提高工程生产效率，从而保证工程项目或产品的质量 and 企业的竞争能力。

工程创新具体来说主要包括两方面。一是工程项目建设的创新。近年来另人耳目一新又倍感惊叹的建筑如雨后春笋，车站、机场、桥梁、隧道、高楼、场馆……结构的创新和造型的创新使城市焕发了无限生机；二是产品研发。高校和研究部门工程创新中心的建设特别指向高新技术的原理研究和工程零部件的科技攻关。高铁、大飞机、机器人等核心技术和关键零部件的研发突破，标志着我国正在向着世界强者之林稳步迈进。

“中国制造 2025”在“战略任务和重点”中将“提高国家制造业创新能力”放在首位，突出强调“加强关键核心技术研发”，“发挥行业骨干企业的主导作用和高等院校、科研院所的基础作用，建立一批产业创新联盟，开展政产学研用协同创新，攻克一批对产业竞争力整体提升具有全局性影响、带动性强的关键共性技术，加快成果转化”。在整个“战略任务和重点”中设置了 5 项专栏：制造业创新中心建设工程、智能制造工程、工业强基工程、绿色制造工程、高端装备创新工程，提出了具体的任务和指标。从中可以感受到工程创新将给国家发展带来的强劲动力。

4.4.2 工程创新思维

创新的欲求来源于思维，没有思维的创新也就没有实践的创新。一般而言，创新思维就是不受现成的常规的思路的约束，寻求对问题的全新的独特性的解答和方法的思维过程。创新思维的本质在于将创新意识的感性愿望提升到理性探索上，实现创新活动由感性认识到理性思考的飞跃。创新思维的过程和内容如图 4-6 所示。

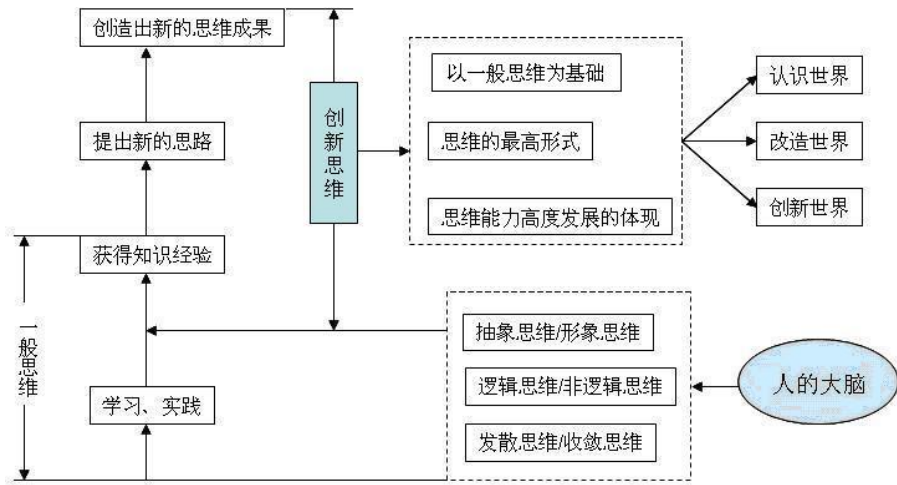


图 4-6 创新思维的过程和内容

工程实践活动中的思维创新强调新思想、新理念、新观点、新思路。这些集中在工程活动主观意识方面的思维活动构成了工程创新思维的主要内容。可以从多层次来理解工程创新思维的内涵。在功能方面，工程创新思维的本质突出在于“工程造物”的出新，在于创造前所未有的“工程物”的新成果。这是工程创新思维最根本的依据，是多种形式的工程创新思维的实质所在；在结构方面，工程创新思维体现在思维主体按照解决工程问题的需要，使思维围绕“物的建构”在设计与实施中突破和超越原有的思维结构；在机制方面，工程创新思维体现了逻辑与非逻辑思维两方面的融合统一。工程创新思维特别强调形象思维，注重发散性思维和收敛性思维综合运用，是思维在逻辑的制约下向非逻辑的跨越。这是工程创新思维的关键所在，也是其最深刻的本质。综上所述，工程创新思维本质上是一个系统。其中，实现思维的“物”的出新是它的功能性本质；实现对原有基于“物”的思维结构的超越是它的结构性本质，在逻辑与非逻辑统一的基础上实现工程要素的合理组合是它的过程性本质。从根本上说，工程创新思维是功能性、结构性和过程性本质的统一。对工程活动出新出彩有明显促进作用的几种工程创新思维方式包括：

1. 形象思维

形象思维是在对形象信息传递的客观形象体系进行感受、储存的基础上，结合主观的认识和情感进行识别，并用一定的形式、手段和工具创造和描述形象的一种基本的思维形式。形象是指客观事物或者现象的外在特点和具体表象在人脑中的反映。形象思维是通过外在特点和表象来对事物和现象和本质进行思考，其表达方式主要有语言、图表、音像、模型、动作等。形象思维具有形象性、直观性、灵活性和模糊性。例如仿生学中从蜜蜂蜂房的正六边体结构的具体结构出发设计出既轻巧又坚固的新型建筑结构。

在工程实践中，人们建构的物品都是有形的，在脑中会形成直观形状的印象或映象。日常生活的多数事情往往也是直接的，如选择出行路线，确定服装款式。利用直

观的、直接的事物去思考，去分析判断，从而得到思路或方法的认识过程，就是形象思维。形象思维关注的是事物的表象，通过表象特征得到解决问题或构建事物的方法，这是形象思维的存在价值。对于一些晦涩难懂的东西，就是抽象的东西，人们往往做形象类比，借助于简单有形的事物或道理去理解。

2. 灵感思维

灵感思维是指凭借直觉而进行的快速、顿悟性的思维。它不是一种简单逻辑或非逻辑的单向思维运动，而是逻辑性与非逻辑性相统一的理性思维整体过程。灵感是人们思维过程中认识飞跃的心理现象，一种新的思路突然接通。这种状态能导致艺术、科学、技术的新的构思和观念的产生或实现。简而言之，灵感就是人们大脑中产生的新想法。现代科学研究表明，灵感是大脑的一种特殊技能，是思维发展到高级阶段的产物，是人脑的一种高级的感知能力。正如著名科学家钱学森所说：

“我认为现在不能以为思维仅有逻辑思维和形象思维这两类，还有一类可称为灵感。也就是人在科学和文艺创作的高潮中，突然出现的、瞬息即逝的短暂思维过程。它不是逻辑思维，也不是形象思维，这两种思维持续的时间都很长，以致人们所说的废寝忘食。而是灵感时间极短，几秒钟而已。总之，灵感是又一种人们可以控制的大脑活动，又一种思维，也是有规律的。”

围绕工程进行的发明创造活动中，以大量知识和经验思考为基础的灵感思维往往能起到点石成金的效果。

3. 联想思维

联想思维就是大脑在认识并创建新事物时，或是在解决问题时，根据事物的原理、功能以及社会的需求，或是要解决问题的现象，同时受到周边能够建立联系的事物的启发，在头脑中自我构建新事物的轮廓、映象和结构的过程。简单地说，就是由此及彼认识或创建新事物或是解决问题的心理活动过程。鲁班造锯、尼龙扣的发明都包含着联想思维的运用。

做为战略构想，“一带一路”与我们讲的联想与创新高度融合，它跨越时空，从历史深处走来，承载着丝绸之路沿途各国发展繁荣的梦想，赋予古老丝绸之路以崭新的时代创新内涵。

4. 逆向思维

逆向思维也称逆反思维或者反向思维，是指转换思维角度，从反方向来思考问题的思维方式。逆向思维本质上还是属于发散思维，只不过一般的发散思维总是遵循一定的逻辑思维方式，而逆向思维则常常有悖情理，但正是这种反逆却带来意想不到的创造性成果，所以把它单列为第三种思维方向。逆向思维是一种有意识从常规思维的反向去思考问题的思维方式。它是由事物对立统一两面性决定的。反方向思考问题并不能保证问题得到完全解决，但它有助于判断原先的努力方向是否正确，要做哪些调整。

在思维层面思考工程、认识工程、了解工程，以工程为切入发展思维、锻炼思维、提升思维，是工程文化内涵的深刻体现。从古至今，先贤们基于不同时代不同的认识水平阐述了实体的概念。这里我们将实体聚焦于实际存在的工程建构物，由此引出的实体思维就是大脑中针对三个维度存在物的外形和内在结构的思考。将实体思维进行延伸，以动态过程去思考工程建构物，就形成了工程思维。工程的最终目的永远是造福于人类。工程思维是人类重要的思维方式，它不仅对工程活动具有直接的指导意义，促进生产力发展，推动社会进步，而且就思维本身而言，工程思维对于大脑的思考能力、认识水平，乃至创新潜质的激发，都具有非凡的价值和作用。进一步地，工程思维在工程素质养成、身心全面发展方面的影响也是不容忽视的。工程蕴含着创新，工程思维引发、促进着创新思维。随着信息技术掀起的全球经济一体化的浪潮，工程创新思维将会对经济发展、社会繁荣、文化进步发挥越来越重要的作用。

第五章 工程与哲学

也许，我们并没有意识到，在我们经历的每一个时刻，在我们思考的每一个瞬间，哲学都在影响着我們。哲学是研究社会普遍规律的科学，是研究人类认识规律的科学。它通过智慧的理性探索为人类提供一切普遍适用的科学的认识方法和实践方法。工程活动在人类社会是普遍存在的。通过工程，人与自然、人与社会、人与人联系起来，联系得更紧。从这些联系中我们可以得到认识的升华与哲思的精华。工程加深着人的认识，加深了的人的认识进一步促进着工程。这个循环上升的过程本身就蕴含着深刻的哲学。于是在循环中产生了哲学的分支——工程哲学。这里，我们先来看看几个方面基于工程的哲学思考。

5.1 工程的唯物观

从“造物”的本质特征看，工程是唯物的，工程所有的表现形式或者直接是物质的，或者是建立在物质基础上的。人类的认识是一个渐进的过程。从古代哲学探索世界万物的起源开始，哲学家们就在不断地提出对世界，对自然本原的认识观点。唯物观是人类认识自然和社会的过程步入正确科学轨迹的认识成果，尽管“唯物”的程度存在差异，但对社会进步的促进意义是无可置疑的。

5.1.1 工程的唯心观

超自然的、精神主体的唯心主义观点在人类历史发展进程中从未消亡过，较长时间占据着认识的主导地位，并且客观上说是人类认识产生和演化的必然。在人类认识活动的早期，人们为了生存而进行的“造物”活动与意识和思维的发展是互动前行的。我们无法说清对于人的个体是先有意识还是先有本能的实践活动。我们也不能否认主观意识对实践的促进作用。在工程活动中存在大量的诸如决策、判断、构思、设计、管理等意识和思维的工作。它们在工程活动的开展中不可或缺。尽管我们不能唯意志论，但也应该注意到“唯心”在社会进步中的积极意义。柏拉图是西方哲学唯心主义的代表，他对世界认识的核心是“理念论”，在《理想国》中，他提出，正义是最高善，它不是某种外在的东西，而是灵魂自身的适当状态。一个理想的国家就是要符合至善理念的、正义的国家。正义不仅是个人的德性，而且是国家和个人的共同德性，是国家和个人的双向约束和互动，是对个人更是对国家的要求。孔子《礼记·礼运》中描述的“大道之行，天下为公”的理想社会与柏拉图的理想国可谓异曲同工。可以感受到，现代以至未来，人类社会的追求不外如此。工程活动是为社会服务的，工程的追求也是完美至善的。所以，“唯心”对工程也具有积极意义。

宗教都是唯心的。宗教的根源来自人们为解惑或精神寄托而在意念中创造的崇拜

体并顶礼膜拜。其主旨多是教人向善的。在漫长的历史发展中,人们为了信仰坚定信念、尽其所能建造着寄托精神和灵魂的祭拜场所。古老的欧洲教堂,宏大的东方寺庙,无声地表述着人类的唯心认识历程。

“唯心”一词的运用常是站在批判角度的表达,往往带有极端色彩。事实上,马克思创立科学的辩证唯物主义和历史唯物主义学说的心路过程是继承和批判。黑格尔的绝对精神或绝对观念表明他是一个纯粹的唯心主义者。但黑格尔辩证法阐述了事物间的联系性,成为马克思哲学的重要思想来源。列宁曾经说过:“判断历史的功绩,不是根据历史活动家没有提供现在所要求的東西,而是根据他们比他们的前辈提供了新的东西。”^①由此可见,对唯心主义体系本身中的许多真知灼见,不能因为是唯心主义而弃之不用,其实它也属于人类历史的优秀文化遗产。

提到唯心,人们总有一种抵触心态,认为它与社会主流观念格格不入。这里我们只是从意识的角度去看待它。工程活动中人的主观意识反作用于客观工程对象,它突出的表现是人在自觉的、有目的的工程过程中思维与实践的有机结合。主观意识和实践活动对于客观世界的能动作用即主观能动性。工程活动主观能动性的意蕴非常强烈。在主观能动性中主观意识重要的引导作用实际包含着“唯心”的成分。从历史发展唯心主义存在的积极意义方面看,这里的“唯心”并不想将其引向批判的角度,而是将其看作与唯物相对并存的哲学概念辩证地吸取其中的有益成分。据此,针对“唯物”和“唯心”的概念,在实践活动中应该以辩证分析的态度待之,不能趋之若鹜或避之不及。

5.1.2 工程的旧唯物观

旧唯物观泛指马克思哲学以前的唯物主义观点。人类对“物”的认识激发了人们“改造物”的意识和愿望,这也就是工程活动的起源。朴素的唯物主义是人类最早形成的对“物”的认识,它是建立在具体物质形态基础上解释世界本原的哲学学说。西方哲学中朴素唯物观起源于古希腊哲学家泰德勒的世界“水的起源说”。亚里士多德认为世界乃是由各种本身的形式与质料和谐一致的事物所组成的。“质料”是事物组成的材料,“形式”则是每一件事物的个别特征。从中可以看出他的唯物主义倾向。他指出,因主要有四种,一是质料因,即形成物体的主要物质;二是形式因,即主要物质被赋予的外形;三是动力因,即为实现设计而提供的作用;四是目的因,即设计物体所要达到的目的。这四种因与现代工程主要技术要素构成也是相吻合的。他还认为,在具体事物中,没有无质料的形式,也没有无形式的质料,质料与形式的结合过程,就是潜能转化为现实的运动。这一理论表现出自发的辩证法的思想。

中国古代朴素唯物观最为古老、深刻、智慧的哲学思想是阴阳五行学说。阴阳学说阐明世间万物都是依阴阳而产生、分类、消长、变化、共存的,阴阳的对立统一运动规律是世间一切事物固有的变化规律,体现了古人朴素的辩证唯物思想。五行学说

认为自然界万物都是由木、火、土、金、水这五种基本物质之间的运动变化生成的，这五种物质之间，存在着既相互资生又相互制约的关系，在不断的相生相克运动中维持着动态的平衡。老子“道法自然”的思想也是中国古代朴素唯物观的重要表现。其唯物主义体系的核心是“道”，老子反对天道有“知”，提出了天道无为的思想以及“道常无为，而无不为”的思想，即道是构成万物的基础，道并不是意志有目的的构成世界万物，道是世界万物自身构成和运动的规律。

西方形而上学唯物观是旧唯物观发展的又一个阶段。培根的观察、实验和归纳等认识自然的方法是形而上学唯物观的开端。霍布斯继承了培根的思想，系统阐述了机械唯物主义的观念，实际就是形而上学唯物观。他指出一切物体都在按照必然的因果规律运动，客观存在的物质实体是不依赖于人们思想的东西，是世界一切事物变化的基础。

以欧洲文艺复兴时期培根、洛克等为代表的唯物主义经验论认为人的一切知识都是后天得来的，都建立在经验的基础上。经验是外物作用于人的感官而引起，是对物质自然界的反映。其思想对于促进人类关于物质和实践主体性的认识发挥了积极作用。

唯物观认识的来源是“物”及“造物”，即使是旧唯物观，我们也能够体察到，自然界万物的运行规律、工程物的存在和建构对人们认识水平提升的深刻影响。及至今日，旧唯物观的一些思想仍在社会实践活动中影响着人们，特别是经验论。工程活动是讲求经验的，没有亲身经历的感觉、知觉，人的个体就难以把握工程要素的复杂性和多变性，工程也就难以获得良好的效果。“知识归根结底由经验而来”、“我思故我在”、“知识就是力量”、“存在就是被感知”、“天地合气，万物自生”、“形存则神存，形谢则神灭”……旧唯物观哲学家、思想家的名言警句到今天在生活中，在实践中，在工程中还在启迪着人们的思想，激发着人们的热情。

5.1.3 工程的历史唯物观

社会现实的存在是以工程为基础的。工程活动的过程涉及了社会现实生活的方方面面。任何社会形态下工程的发展和演变都是受当时社会生产力水平制约的，而人的思想和认识能力对生产力发展的主观推动作用十分显著。人类工程活动从原始采摘、狩猎到农业、手工业再到机器生产就是生产力和认识活动相互作用的充分印证。欧洲中世纪，从古罗马的消亡到文艺复兴千年时光，封建教会势力对人们思想的束缚直接导致社会生产力的发展几近停滞。文艺复兴和思想启蒙的思想解放运动是工业革命时代到来的强大动力积蓄。当我们感慨古代先贤哲人的智慧思想促进社会进步的同时，我们也会顿悟，生产力发展经历了从量的变化到质的飞跃一次次的循环上升，人们的思想认识也必然会存在一个从量变到质变的过程。主观唯心、客观唯心、朴素唯物、机械唯物、经验唯物，这些思想观念交融前行，在一步步促进生产力发展的同时，也显示出思想局限、抑制发展的落后一面。继承和批判，催生了崭新思想观念的诞生。从社会发展的层面，马克思历史唯物观在工业革命风起云涌的浪潮下从根本上动摇了旧思想统制的根基。

“思想、观念、意识的生产最初是直接与人们的物质活动，与人们的物质交往，与现实生活的语言交织在一起的。人们的想象、思维、精神交往在这里还是人们物质行动的直接产物。表现在某一民族的政治、法律、道德、宗教、形而上学等的语言中的精神生产也是这样”^①。马克思历史唯物观是哲学中关于人类社会发展普遍规律的理论，是科学的历史观，是马克思主义哲学的重要组成部分。历史唯物观指出，历史的所有事件发生的根本原因是物质的丰富程度，社会历史的发展有其自身固有的客观规律。“这种历史观就在于：从直接生活的物质生产出发阐述现实的生产过程，把同这种生产方式相联系的、它所产生的交往形式即各个不同阶段上的市民社会理解为整个历史的基础，从市民社会作为国家的活描述市民社会，同时从市民社会出发阐明意识的所有各种不同理论的产物和形式，如宗教、哲学、道德等等，而且追溯它们产生的过程。这样当然也能够完整地描述事物（因而也能够描述事物的这些不同方面之间的相互作用）。这种历史观和唯心主义历史观不同，它不是在每个时代中寻找某种范畴，而是始终站在现实历史的基础上，不是从观念出发来解释实践，而是从物质实践出发来解释观念的形成”^②。在历史唯物观中，物质生活的生产方式决定社会生活、政治生活和精神生活的一般过程；社会存在决定社会意识，社会意识又反作用于社会存在；生产力和生产关系之间的矛盾、经济基础与上层建筑之间的矛盾，是推动一切社会发展的基本矛盾；在阶级社会中，社会基本矛盾表现为阶级斗争，阶级斗争是阶级社会发展的直接动力；阶级斗争的最高形式是进行社会革命，夺取国家政权；社会发展的历史是人民群众的实践活动的历史，人民群众是历史的创造者，但人民群众创造历史的活动和作用总是受到一定历史阶段的经济、政治、思想和文化环境条件的制约。

马克思历史唯物观深刻揭示了人类社会的发展规律，对人们从事的社会实践活动具有重要的指导意义。关于工程与历史唯物观的联系可以从以下几方面理解：

1. 工程的演化过程是历史唯物观的实据和确证。历史唯物观阐明了人类社会物质的逐步丰盛是社会发展的根本原因。而物质丰盛所依赖的就是工程。工程活动是促成社会物质富足的人类最基本也是最根本的动力。

2. 工程的主体是人，历史唯物观论述的历史的主体也是人。工程主体的人完全符合历史唯物观关于“历史不过是追求着自己目的的人的活动而已”^③中人的特征。历史唯物主义指出，现实的人无非是一定社会关系的人格化，他们所有的性质和活动始终取决于自己所处的物质生活条件。从那些使人们成为现在这种样子的周围物质生活条件去观察人及其活动，能准确的站在现实历史的基础上描绘出人类发展的真实过程。从人的主体方面体现了工程的发展是符合历史唯物主义观点的。

3. 与工程活动关系最密切的社会要素就是生产力水平。历史唯物观指出，社会生产力的发展水平，决定了人类社会的进程，是推动社会历史前进的根本动力。与生产力发展相适应的生产关系，构成一定的社会形态和经济结构的现实基础，规定着社会形态的主要特征。一定的社会形态是一定的经济基础和一定的上层建筑的统一，经济基础的性质决定上层建筑的变更。上层建筑又服务和反作用于经济基础。

4. 工程的历史传承性充分体现了历史唯物观的基本观点。历史唯物观主张承认历史，尊重历史。只有借鉴历史，才能准确认识当前，判断形势，分清利弊，从而有针对性开展工作。工程活动

在开展过程中，对于每一个工程要素都要认真对待，必须充分吸收以往类似项目的历史经验，取其精华，去其糟粕，唯此工程的传统与现代交织的文化特征才能得到传承和发扬。

5.1.4 工程的辩证唯物观

“辩证”一词在现代汉语词典中解释为“辨析考证”，意为对事物做清晰理性地分辨并进行考察证实。用“思辨实证”的表达应该更贴切和深刻。大脑中的思辨与用各种手段进行实证结合起来形成的探寻事物本质规律的方法即为辩证法。作为哲学概念，辩证法是关于事物矛盾的运动、发展、变化的一般规律的哲学学说。

朴素的辩证思想在西方久已有之。古希腊哲学家赫拉克利特的“人不能两次走进同一条河流”，阐明了事物运动、变化、发展的客观现实。他说，“一切都存在，同时又不存在，因为一切都在流动，都在不断地变化，不断地产生和消失”。表明了他朴素的辩证思想。之后西方哲学辩证法的思想研究一直在延续。巴门尼德的“存在论”，柏拉图的“理念从个别到一般再到个别”，亚里士多德关于“质料与形式”相互作用的论述，笛卡尔的“我思故我在”，康德的“理性自身包含的矛盾”，黑格尔的客观唯心主义辩证法，海德格尔的“存在主义”等。

中国古代朴素的辩证思想源远流长。《易经》是人类最早的包含大量辩证思想的哲学著作。“易”本身就有既时时变易又保持恒常的辩证含义。阴阳的对立统一是《易经》辩证法的精髓。老子在《道德经》中以“道”为核心，论述修身、治国、用兵、养生之道，内容包含了丰富的辩证法思想。“有无相生”、“物壮则老”、“不争而善胜”、“正言若反”、“天网恢恢，疏而不失”、“千里之行，始于足下”、“无为而无不为”……对立统一，矛盾运动，变化规律，其中无所不含。

朴素的辩证思想有其积极进步的意义，在启迪心智、修身养性方面给人以熏陶；但也有其历史的局限性，很多表现出唯心和宿命。马克思批判地继承了古代朴素辩证唯物主义思想，特别是批判地吸收了黑格尔客观唯心主义辩证法的合理性和费尔巴哈唯物主义的基本观点，创立了科学的辩证唯物主义学说。辩证唯物主义的诞生是哲学史上的伟大变革，它克服了古代朴素唯物主义、近代形而上学唯物主义的片面性和不彻底性，真正实现了唯物主义与辩证法的有机统一。

辩证唯物观产生的基础是社会实践，它指出人类认识的根本来源就是实践。实践是认识发展的动力，是认识的真理性的唯一标准，也是认识活动的最终目的。另一方面，认识对社会实践活动的促进是显著的。从古至今，人类为了生存发展而进行的社会实践活动都是认识推动的结果。在认识深化基础上形成的真理是人们对客观事物及其规律的正确反映，人类对真理的追求能有效促进实践活动沿正确方向实施。由此可见科学的认识对人类社会实践活动有巨大的推动作用。而马克思辩证唯物观正是对自然和社会的一种科学认识。正确运用辩证唯物观，要求人们首先要坚持实践第一的观点，积极在实践中检验并深化对事物的认识，同时利用认识的反作用强化实践的效果，坚持理论和实践相结合的原则。

工程活动具有广泛的社会实践性，在工程活动中必须坚持辩证唯物观，用矛盾和联系的观点统领工程活动的整个过程。

1. 从矛盾运动的角度看待工程

辩证唯物观指出,自然界、社会和思想领域中的任何事物以及事物之间都包含着矛盾性,事物矛盾双方又统一又斗争推动事物的运动、变化和发展。对立统一规律的内涵体现在矛盾双方的同一性与斗争性;矛盾的普遍性与特殊性;事物发展过程中的矛盾以及矛盾双方发展的不平衡性。工程是一套复杂的系统,其演化过程受内因(内部矛盾)和外因(外部矛盾)的共同作用。如工程内部的某一要素取得了技术突破,其它要素即与之产生了不相适应。于是技术要素间不平衡的矛盾就促使工程技术整体向前发展。工程的外部环境要素也是这样,供给与需求之间、利润与资源之间、成本与标准之间.....矛盾时时处处都存在,矛盾的运动形成了工程活动的进展动力。

2. 从普遍联系的角度看待工程

事物的普遍联系是辩证唯物观的重要观点。联系是指事物之间以及事物内部组成要素之间的相互依赖、相互影响、相互制约和相互作用。辩证唯物观认为事物的内部联系是最根本的联系,是事物存在和发展的根据,而任何事物存在的基本条件是同其它事物的相互联系,就是说,万物之间总是有着这样或那样的联系。工程作为社会实践活动,它由内部和外部的多种要素组成。要素间的相互联系是工程整体存在并取得成效的基本条件。比如,在工程的技术要素中,设计和工艺之间的联系对于最终“物的建构”目标的实现作用显著。如果将二者脱离开来,设计成为了闭门造车,而工艺缺少了设计依据,势必会导致工程建构的盲目性,工程损失也在所难免。现代工业中强调的“产业链”、“资金链”就是要素联系的充分说明。

5.2 工程的系统观

丰富多彩的现实世界是由工程建构物组成的。当我们审视任何一个物的实体时,它首先是一个整体,映入眼帘的是它完整的外形,如一辆汽车,一台机器,一座建筑。然后有心之人就会思考它的组成部分的结构,即它是怎样组成的。功能是工程建构物价值的最根本体现。人们生存发展使用的工程物,商品交换买卖的工程物,实际都是在获取功能。整体、部分(组元)、功能,概念的组成了一个新的概念——系统。系统是普遍存在的,对每一个人来说,自然和社会的系统都会相伴一生,对人的知识积累、认识水平、思维能力都有潜移默化的影响。

5.2.1 系统和系统观

系统是由若干相互联系、相互作用的要素组成的具有特定功能的整体。系统一般分为自然系统、人工系统和复合系统。自然系统是由自然力所形成的系统,也称天然系统。如天体运行系统、大气环流系统、生命系统、生态系统、分子原子系统等;人工系统是通过工程造物所形成的系统。社会生活中一切物的实体都属于人工系统;复合系统是二者结合形成的系统,如水利发电、风力发电就

是借助自然力与人工力共同作用形成的系统。在自然界和人类社会中，具有实用功能的系统总是表现为“物”的特征，它的实现是工程造物的结果。这样的系统具有以下几方面的特征：

1. 时间的延续性

任何一个系统作为“工程物”我们都可以探寻它的起源，也就是发明的时间。然后寻着时间的轨迹去了解它围绕核心功能的变化发展历史。一般来讲，同一个系统随着技术的发展，外观及结构也许发生了很大变化，功能可能得到了很大拓展，但主要和基本功能是不会变的。例如电话自 1876 年发明以来，经历的改进和发明包括：碳粉话筒，人工交换板，拨号盘，自动电话交换机，程控电话交换机，双音多频拨号，语音数字采样，模拟移动电话，数字移动电话网络智能移动电话等，从外观到内部结构都发生了颠覆性的变化，但基本通讯功能不变。

2. 空间的伸展性

“工程物”的系统是具有空间尺寸的。大的系统如宇宙飞船、万吨巨轮、高速铁路等，小的系统如分子、原子等。同样的系统尺寸也有很大的区别。多数系统的发展是向着尺寸减小方向进行的，如最初的计算机是个庞然大物，占地 170 平方米，重约 30 吨。经过电子管——晶体管——集成电路——大规模集成电路的发展过程，现代计算机品种、尺寸多样，用于工业控制的单片微型计算机仅有 1 平方厘米。根据需要，系统也可以放大，如大型客机、超高建筑物等。

3. 要素排列的有序性

系统从设计到施工，各个组元依据相互联系的紧密程度及功能实现的便捷性，其位置是固定有序的。一些活动组元可以在一定范围内灵活有序地运动。例如汽车的发动机可设计成前置或后置；机床的组件是按固定位置安装的；工厂车间的生产设施有固定的布局；信息系统硬件实现的关系排序等。精度对于系统功能的实现是一个重要因素，它反映了系统组件位置的准确程度，也涉及到固定组件、固定方式与执行组件的作用关系。

4. 功能实现的可控性

系统的功能何时实现、怎样实现，必须由人的意志决定。也就是说，任何系统的任何工作都要接受人的主观意识的控制。所谓系统的故障很大程度都是各种原因造成的机构失控的结果。人们在研发系统时，控制是一个重要环节，必须做到系统控制的安全可靠。信息社会中，系统的控制越来越迅速地由手工操作控制向自动控制方向发展。特别是现代智能制造系统，网络控制、远程控制已经成为发展方向。系统的优良与否，很大程度上由自动监控的准确性来评判。“中国制造 2025”在智能制造发展方向上提出了很多具体要求和目标。

系统观即系统的观点。用系统的观点看待问题、分析问题、处理问题对于人的成长中世界观、人生观、价值观的形成意义重大。在日常生活中锻炼用系统观思考问题意味着思维清晰的条理性和多维度。系统观整体、联系的观点是符合马克思辩证唯物主义和历史唯物主义理论和实践原理的。

“海纳百川有容乃大，山高万仞无欲则刚”、“忍一时风平浪静，退一步海阔天空”、“条条大路通罗马”、“得饶人处且饶人”、“宰相肚里能撑船”……这些俗语中都包含着系统观思想以及由系统观思想带来的个性品质的磨炼。用系统的观点看问题实际上就是在头脑中建立系统思想。人的一生在成长过程中，系统思想的养成对于自身身心健康发展，个性品质成熟，为人处事豁达，思维敏捷开放具有重要意义。无论是上学与同学室友的友好交往，还是工作团队中的协同共进，亦或是家庭生活的和谐宽松，系统思维就象润滑剂和助推剂一样发挥着不可替代的作用。对于开发一个新产品，也就是进行发明创造，系统思想更是成功的必要保证。因为任何一个功能的实现，都是多种因素共同作用的结果。

中国古代“天人合一”的观念实际也体现了系统观思想。天地万物与人形成整体，在宇宙中繁衍生息，为宇宙带来生机活力。这样一个整体，实现的是人与自然的和谐相处，同生共荣，自然为人类提供了生存的物质基础，人类在生存发展中应该珍惜环境，爱护自然。所谓天之道在于“始万物”；地之道在于“生万物”，人之道的作用就在于“成万物”。《易经·说卦传》中云，“是以立天之道，曰阴曰阳；立地之道，曰柔曰刚；立人之道，曰仁曰义”。天地人三者虽各有其道，构成一个自然和社会共融的大系统，人类伴随着日月星辰，生息劳作，永不停歇。这是一个理想的系统观。

自然科学的三大发现——能量守恒、细胞学说、达尔文进化论深刻揭示了客观世界事物的普遍联系性。系统观以整体观念为特征，成为马克思唯物辩证法的重要组成部分。当今社会建立在信息网络技术基础上的物联网技术的迅猛发展，也是系统观在科学技术领域的重要体现。

与系统观相对的是孤立和片面的看问题。我们常说的“只见树木不见森林”就是孤立地看问题。我们非常熟悉的“盲人摸象”，形象地阐明了片面认识事物带来的认识偏差。这些都是形而上学的观点。世界上没有孤立存在的事物。辩证地看，任何事物的发生、发展都与周围其它事物或环境存在着联系。正是这种联系，成就了事物的存在价值。人在思考问题时，如果忽略了事物或其组成要素间的相互联系，就不可能在其头脑中产生创新的思想。

5.2.2 工程系统

工程系统是为了实现工程建构的目标，由各种技术要素和非技术要素根据功能要求所形成的完整的集成系统。具体来说，工程系统是要实现集成创新和工程物的建构的功能，由人、物料、设施、能源、技术、管理、资金、资源、信息等要素，按照特定目标及技术要求所形成的有机整体，并受到自然、社会、经济等环境因素广泛深刻的影响。工程系统是包含了多种要素的动态集成系统，需要用系统观的思想认识、分析和把握。工程系统的组成及分解如图 5-1 所示。

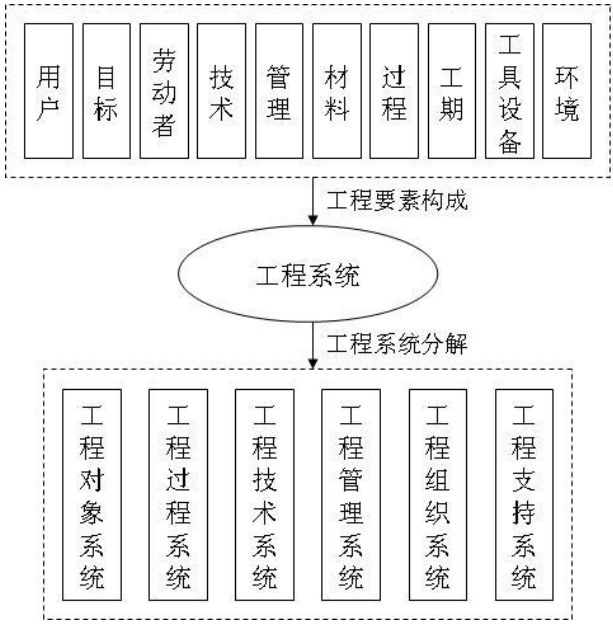


图 5-1 工程系统的组成及分解

系统是一个严谨有序的整体，之所以把工程描述为系统，是因为工程具备系统概念所指的所有特征，特别是工程活动服务社会的严谨有序性和目标指向使之成为社会赖以发展的主要存在和手段。站在系统的角度去审视工程，一方面可以强化对工程的理性认识，对工程进行整齐划一的条理分析，对工程的要素以及要素间的联系进行更有针对性的梳理，提高工程活动的效果；另一方面，对大脑的思维水平会产生显著的促进作用。系统观是将系统的概念上升到哲学的高度形成的一种思维方式。利用系统观的思维方式，大脑思考问题的全面性、均衡性和条理性都会得到发展，分析问题、解决问题的能力得到提高，集成、创新、发展的理念会帮助人的优良品性得到升华。在工程系统观念的引导下开展工程活动，不仅会使工程的质量保证更加有效，服务社会的功能更加突出，而且在工程实施过程中会有效促进工程主体——人的身心全面发展，形成健全的人格，推动人与自然的和谐共存。三峡工程是一项具有深远现实和历史影响的庞大的工程系统，其构成要素涉及技术、经济、政治、文化、生态等多方面。要素间相互牵制、相互作用，表现出极大的效益与风险的共存性。系统观的思维方式会有效地引导三峡工程的国家决策机构从宏观上把控工程的效益前景和地质生态环境利害。从具体工作上可以指导包括工程设计、科学实验、工艺施工等技术环节以及一系列统筹管理工作。

工程系统具有以下特性：

1. 工程系统的完整性

这是由系统本身的特征决定的。任何一个工程项目最终展现给世人的都是一个完整的“工程物”的现实存在。完整性是工程活动成功与否的标志之一，它表明工程具备了实现功能、产生效益的条件。工程活动决策的科学性、投入的充裕性、技术的完备性、管理的严密性都是实现工程系统完整

性的必要条件。市场经济环境下,一些利益获取的短视行为常常造成工程的盲目性,由于不用系统观的思维统筹规划,缺乏系统的工程论证,没有采取科学审慎的态度,决策失误,冲动投资,工程不能完全实现的现象屡见不鲜,带来的损失是巨大的。城市中的“烂尾工程”形成了一道具有讽刺意味的“风景线”。

2. 工程系统的集成性

集成是指一些孤立的事物或元素通过某种方式集中在一起,产生联系,从而构成一个有机整体的过程。集成的目标也指向整体,但它更强调过程的集约,即集中合理地运用现代管理与技术,采用先进的设备和工艺手段,充分发挥人的主观能动性,尽可能提高工程项目的综合效益。工程系统伴随生产力水平的提高逐渐变得功能更强,系统构成更复杂。当工程系统构造简单、功能单一时,系统集成性的特点并不明显。随着信息网络技术的迅速发展,现代工程系统集成度越来越高,以创新赢得市场的理念深入人心,而集成创新已经成为现代工程系统研发改进的主要路径。集成创新是自主创新的一种重要形式。自主创新包括原始创新、集成创新和引进吸收再创新等三种主要形式。在经济全球化的今天进行创新,绝不是关起门来搞封闭的创新,而是要广泛整合全球的创新资源,走集成创新的道路。实际上现实中的任何一项原始创新,往往不能直接应用于市场。而能够应用于市场的产品,大多是集成创新的成果。比如,苹果的 iPhone 手机,主要是苹果公司集成创新的成果,手机的触摸屏、芯片、存储器、操作系统、应用软件、网上商店等技术以及商业模式都不是苹果公司的原创,但苹果公司把这些创新成果集成起来,形成了一个革命性的产品和新的商业模式,这就是典型的集成创新。

3. 工程系统的协同性

协同性简单地讲就是事物之间协调配合的能力。马克思辩证唯物观强调事物是相互联系的。这种联系实际是一种配合机制。在科学技术高度发达的今天,新技术不断涌现,工程系统的要素越来越突出地向着技术融合、学科交叉的方向发展。现代社会产业分工协作的特征十分明显。类似于不同领域、不同行业间的协调配合,工程系统内部各要素间也存在协调配合的特性,并且这种特性越明显,系统功能的发挥就越出色。工程系统的协同性即构成工程系统的各要素间相互协作,互相促进的特性。正是这种特性,显露着工程系统创新的发展趋势。协同创新作为一种新的组织方式,多元主体协调互动的创新组织模式。

4. 工程系统的环境适应性

任何工程系统都是在一定环境中从无到有的。自然界中,生物体的繁衍进化是按“物竞天择,适者生存”的规律进行的。如果我们仔细想想,不仅是生物体,人类赖以生存发展的工程建构物其演进过程与自然和社会环境也是息息相关的。单一的物品经过有目的的组合作就成为了工程系统。而这个组合过程受自然和社会环境的影响非常显著。就自然环境来说,每一个工程系统其组件的原材料究其根本都来自天然,自然资源促成工程项目、产生人工系统的实例不胜枚举。比如石油来自天

然，借石油开采、提炼而形成的产业链包含了大量的人工系统或复合系统。石油资源丰富的地域，工程系统生成发展的几率会远超石油匮乏地域，这是经济规律决定的。社会环境对工程系统的影响更为显著。每一种社会形态、不同的政策体制对生产力发展的作用差异是明显的。工业革命的兴起，我国国家战略的实施，都是政治体制作用于经济发展，从中可以感受到社会环境对工程系统的显著促进。

5.2.3 系统工程

系统工程和工程系统是两个概念，前者是一门以系统为研究对象的知识的学科，后者是一个工程领域的系统。钱学森为系统工程下的定义是，“系统工程是组织管理‘系统’的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有‘系统’都具有普遍意义的科学方法”^①。

系统作为一个具有特定功能的整体，其内部组成复杂而有序。无论是自然系统，还是人工系统或复合系统，也包括人的思维系统，都有一个建构的过程。自然系统是在自然力长期作用下演化建构形成的，自然界的生态循环系统就是在生物体生存需求的基础上自然资源分配调整从而建构的结果。人的思维系统是借助思维逻辑或非逻辑要素构建起问题的框架并寻求解决方案的过程整体。这里我们还是将目光集中在人工系统或复合系统，因为它们是“工程物”的系统，是我们想要表达的工程建构的主体内容。在“系统工程”中，“系统”成为了需要建构的对象，要搭建一个系统，其过程不是随意的，而是有规律可以遵循的。掌握这些规律有助于提高系统构建的科学合理性。系统建构中蕴含的规律实际体现为需要学习运用的知识和经验，以及知识和经验的有机嵌合，使之在系统构建中的作用更加充分。于是系统工程就成为了一个知识领域的学科，同时系统工程也是一种基于知识的方法，它是为了实现系统功能的最优化，对系统的组成要素、组织结构、信息交互、控制原理等进行分析研究的科学方法。系统工程运用各种组织管理技术，使系统的整体与局部之间的关系协调和相互配合，实现总体的最优运行。系统工程不同于一般的传统工程学，它所研究的对象不限于特定的工程物质对象，而是任何一种系统。它是在现代科学技术基础之上发展起来的一门跨学科的边缘学科。

系统工程是一门基于系统建构的工程技术，但它并不针对某一特定的物质工程系统，如机械工程、电子工程、纺织工程等。它具有普遍的针对性，其中包含的一般方法和规律可以用于任何一种物质工程系统或其它系统，如经济系统、教育系统、管理系统等。就是说，系统工程的研究对象和应用范畴并不局限于工程技术的“物”的系统，而是普遍意义下的系统，包括“物”的系统，也包括非“物”的系统。由于系统工程的主要工作是利用计算机信息处理软件服务于各行各业的决策管理，因此它是一门软科学。将系统工程应用于不同的领域，就成为相应领域的系统工程技术，比如交通系统工程就是研究铁路、公路、水运、空运的综合运输管理规划，各种调度系统，优化模型，效益分析等。将系统工程应用于物质工程系统，就有了“工程系统工程”的称谓。工程系统工程就是研究机械、电子、材料、化工、纺织等工程领域统筹决策的技术学科。

系统工程作为方法论，主要专注于分析解决系统开发、运行、管理中的问题，指明其中的工作程序和基本方法。这种方法论所阐述的各种方法是思考处理系统问题的一般方法和总体框架。系统

工程方法与机械、电气等具体的工程技术相比，有如下特点：

1. 先整体后具体。即用整体的观念来分析客观研究对象，分析整体的各个部分之间相互联系和相互制约的关系，使各个部分相互协调配合，服从整体优化要求。在分析局部问题时，是从整体协调的需要出发，选择优化方案，综合评价系统的效果。
2. 要素合理配置。即通过将构成整体事物的各要素适当配置以提高系统整体功能，综合运用各种科学管理的技术和方法，定性分析和定量分析相结合。
3. 软科学特征。即强调人与信息的重要作用。同时对系统的外部环境和变化规律进行分析，分析它们对系统的影响，使系统适应外部环境的变化。

5.3 工程的伦理观

从工程活动的内容和环境来看，在进行工程活动的过程中，不可避免地会涉及许多复杂的伦理问题。随着科学技术的发展，目前，人类已经在工程活动的世界，工程和科学、技术一起，在给人类带来巨大福祉的同时也使人类遇到了许多风险和挑战。工程伦理问题已经成为人类需要正视的重要问题之一。

5.3.1 伦理和伦理观

伦理即人伦道德之理，指人与人相处的各种道德准则。人类社会的发展与进步，离不开不断丰富的物质资源。但对物质资源的取得存在深刻的伦理问题。事实上，整个社会的正常运行，包括人与人、人与自然、人与社会的相互联系和相互作用都在道德伦理规范的统筹之下。伦理的本源是对自然和谐的遵从与守护。大自然的繁衍生息是有规律的，人作为自然的个体也是主体，在进化过程中，随着思维能力的提高，认识事物的角度呈多元化展开，利己与利他交织在一起，共同作用于社会。当极端利己的思想和行为作祟时，有违人伦纲常的事物便会出现，大到侵略战争，小到损人利己。从原始社会开始，当人为了生存有了意识去获取利益时，伦理便伴随其中。不同的历史时代，伦理的标准是不同的。如中国古代的“三纲五常”就是封建社会长期遵从的伦理规范，其中有为封建统治阶级服务的糟粕的东西，也含有宏扬社会道德风尚的积极的东西，如“五常”的仁义礼智信。

伦理观就是基于道德领域的对人伦理性的认识观点。从哲学上讲，伦理观是人们对于伦理问题的根本看法和态度，是人的世界观、人生观、价值观的集中体现。伦理观是社会道德观念的外在化，属于主观和客观的行为关系，表现为显示性的社会群体规范，它具有外在性、客观性、群体性的特征。“人之初性本善”就是人类最本能的伦理观。伦理观作为行为的判断标准，它按照风俗，习惯和观念的检验和反省来对行为进行社会标准判断。

树立正确的伦理观是一个人在社会上安身立命、接人待物、自身发展的基本态度。事实上，在任何一种社会形态下，政权部门制定的各种制度法规，都是以维护社会基本道德伦理规范为考虑的，也是强制人们固守人类普世的道德伦理观念，促进社会文明进步、和谐繁荣的必要手段。不可否认，人作为具有意识和思维的生物体，在任何时候都具有社会属性和动物属性的两面性。一个文明程度

高的社会，人的理性的社会属性占主导地位，社会的伦理价值基础就厚实；反之，当社会经济发展不均衡，贫富差距悬殊时，人的动物属性暴露无遗，贪婪成性、违背纲常就会横行社会，危害人类。由此可见，伦理和伦理观并不是孤立存在的社会现象，而是受社会经济、政治、文化、风俗等多方面影响的。一个成熟的社会，应该宣传宏扬正确的伦理观，把伦理观教育落实在社会的各个层面。

5.3.2 工程的伦理观问题

工程系统汇集了科学、技术、经济、法律、文化、环境等要素，其中的许多因素与伦理问题密不可分，或者说，伦理在工程系统的各要素中起着重要的定向和调节作用。在工程活动中存在着许多不同的利益主体和不同的利益集团，诸如工程的投资者、承担者、设计者、管理者 and 使用者等。伦理学在工程领域必须直接面对和解决的重要问题就是如何公正合理地分配工程活动带来的利益、风险和代价。事实上，伦理问题在整个工程活动过程中都会时时存在，如在设计阶段关于产品的合法性、是否侵权等问题；在签署合同阶段会出现恶性竞争等问题；在产品销售阶段可能存在贿赂、夸大广告等问题；在产品使用阶段可能存在没有告知用户有关风险的问题。

工程伦理学起源于对技术的批判，对工程师的质疑。所以，工程伦理学既称其为“技术伦理学”，也可称其为“工程师伦理学”。前者主要是针对技术的负面影响和消极作用，其实技术的无论积极还是消极的作用和影响都是在具体的工程活动中得以体现；后者主要是从工程共同体出发，工程师在工程活动中对于技术设计、改进等方面起到重要作用，同时也面临着利益冲突，忠诚于雇主还是负责于公众等道德困境。因此结合美国工程伦理学发展经验而言，首先要加强工程师的职业化进程，制定现实合理的伦理规范，促进工程师伦理制度化发展。其次加速工程伦理教育的发展，在工程类院校开设工程伦理方面的相关课程，开展工程伦理培训，提高工程学生的道德敏感性。再次，由于工程的境域性特征，在我国的工程活动中，不仅工程师面临着道德困境，其他工程共同体如管理者共同体、工人共同体、企业家共同体、公众共同体等都要面对多种的道德选择，与工程师的处境有一定相似性。所以在工程伦理学发展过程中，更需要关注其他工程共同体的道德困境。

工程伦理是一个极现实的问题。在工程建设中出现伦理问题，细想一下，可能使我们不寒而栗。比如战争永远有正义和非正义之分。非正义即指伦理观的滑落。而战争所依赖的军事工程——所有为军事服务的器械、设施就成为人类最危险的“工程物”。和平年代，当把工程过度地当做谋生或致富的手段时，伦理观也会出问题，所表现出来的就是豆腐渣工程、假冒伪劣产品等。

工程的对象是出于一定目的需要建构的“物”，而这样的“物”的价值有二，一是通过其具备的功能为社会提供预期的服务；二是借助为社会提供的服务为工程的实施方带来利益。伦理问题就在这二者之中产生。工程的伦理观很大程度是指工程的主体——施工人员特别是管理者和技术人员对工程的价值持有的观点。当工程的伦理观出现问题时，工程就会存在很大的风险。因为从道德领

域看，一个人内心最深处的东西实际就是伦理观，他也许自己意识不到，但通过行为能够表露出来。伦理观如果不正确，工程人员就不能把工程完美实现服务社会造福民众的功能作为责任和使命，就会为获取私利而做手脚，或因责任心不强而疏忽工程的某些环节。于是工程隐患就会形成。在极端的情况下，伦理观有问题的工程人员或因心胸狭隘发泄情绪而用工程手段去破坏工程，破坏人们精心建造的美好环境。

5.3.3 工程师的伦理意识与责任

无数的工程事故如楼房倒塌、桥梁断裂、火车出轨、煤矿爆燃等给人们以深刻的启示，如果抛开管理方面的责任，在技术层面，在工程质量与安全方面，工程技术人员特别是工程师应该树立怎样的意识与责任？如果说关于科学家对科学的社会后果应负什么责任尚存在很大分歧的话，那么工程师对其工作的社会后果应负责任似乎应该有一致的认识。工程师探索应用知识并把它们付诸实践。他们进行的工作与研究，获得的工程项目的效果是高度清晰的。那么工程师应该怎样对工程的后果负责？

1. 工程师应遵守的工程伦理原则

（1）以人为本

以人为本是工程伦理观的核心，是工程师处理工程活动中各种伦理关系最基本的伦理原则。它体现的是工程师对人类利益的关心，对绝大多数社会成员的关爱和尊重。以人为本的工程伦理原则意味着工程建设要有利于人的福，提高人民的生活水平，改善人的生活质量。

（2）关爱生命

工程师必须尊重人的生命权，要始终将保护人的生命摆在重要位置，意味着不支持以毁灭人的生命为目标的研制开发，不从事危害人的健康的工程设计和实施。这是对工程师最基本的道德要求，也是所有工程伦理的根本依据。尊重人的生命权而不是剥夺人的生命权，是人类最基本的道德要求。

（3）安全可靠

在工程设计和实施中以对待生命高度负责的态度充分考虑产品的安全性能和劳动保护措施，要求工程师在进行工程技术活动时必须考虑安全可靠，对人类无害。

（4）关爱自然

工程技术人员在工程活动中要坚持生态伦理原则，不从事和开发可能破坏生态环境或对生态环境有害的工程，工程师进行的工程活动要有利于自然界的生命和生态系统健全发展，提高环境质量。要在开发中保护，在保护中开发。在工程活动中要善待和敬畏自然，保护生态环境，建立人与自然的友好伙伴关系，实现生态循环。

（5）公平正义

工程技术人员的行为要有利于他人和社会，尤其是面对利益冲突时要坚决按照道德原则和法律行事。公平正义原则还要求工程师不把从事工程活动视为名誉、地位、声望的敲门砖，反对用不正当的手段在竞争中抬高自己。在工程活动中体现尊重并保障每个人合法的生存权、发展权、财产权、

隐私权等个人权益。

2. 工程师的伦理责任

工程师应该有强烈的责任感，应该意识到自己的工作可能给社会带来的影响。如果是积极的影响，工程师是有自豪感和成就感的。问题是有可能产生的消极影响，特别是由于利己思想造成的技术环节的人为削弱，从而会形成事故隐患。事实上，在工程活动中，工程师承担的事故责任是非常有限的。因为，所有工程技术专家的工作在相当大程度上是受经营者或政府控制，而不是由工程师所支配的。当然工程师对自身工作中由于失职或有意破坏造成的后果应负责任，但对由于无意的疏忽（如产品缺陷）或由于根本没有认识（如地震预报失误）而造成的影响分别应负什么责任？更重要的是，在前一种情况，即大量的工程项目是受经营者或政府控制的情况下，工程师是否有责任，应对谁负责？是对工程本身（桥梁、房屋、汽车等）负责，还是对雇主、对用户乃至对国家、对整个社会负责？如果在工程本身，公众利益，雇主利益以至社会或人类的长期利益之间有冲突，工程师应首先维护谁的利益？

伦理责任的含义是指人们要对自己的行为负责，该行为是可以以正义为标准进行解释说明的。相对于法律责任而言，伦理责任具有前瞻性，它是一种以善与恶、正义与非正义、公正与偏私、诚实与虚伪、荣誉与耻辱等作为评判准则的社会责任。工程师必须增强自身的伦理责任意识，勇于承担伦理责任。只有这样，他们才能恪尽职守，工作中一丝不苟。工程师之所以要承担伦理责任，首先是因为工程师的工作职责事关人类和社会的前途，其次是因为工程师的行为选择。选择和责任是分不开的，选择将工程师带进价值冲突之中，使他们在多种可能性中取舍。传统观点认为，工程师的社会责任是做好本职工作。实际上这种看法是片面的，当代工程技术日新月异赋予了科技工作者前所未有的力量，使他们的行为后果常常难以预测，信息技术、基因工程等工程技术在给人类带来利益的同时还带来了可以预见有时又难以预见的危害甚至灾难，或者给一些人带来利益而给另一些人带来危害。可见在现代社会，工程师的伦理责任要远远超过做好本职工作。

3. 工程师的职业精神和伦理规范

工程师的工作广泛地影响着人们的日常生活。工程师投身于工程活动的工作中，必须树立一种职业精神，具有来自于为人类服务的强烈愿望。在工作中，人们希望工程师能够充分发挥自己的技术专业特长，同时也应表现出诚实、正直、高尚的态度和精神。工程师的职业精神主要表现在：

- (1) 利用专业知识和技能造福于人类。
- (2) 诚信、公正、忠实地服务于客户、雇主和公众。
- (3) 致力于提高工程职业的能力与声誉。

美国国家专业工程师协会（National Society of Professional Engineers, NSPE）制订的工程师伦理规范分为三个主要部分：

（1）基本准则 从伦理和专业角度约束专业工程师的行为。

（2）实施细则 详细地阐述了基本准则所涉及的工程师工作方方面面应遵守的规则。

（3）专业职责 专注于法律、伦理和社会更为详细地规定了工程师的行为细则。其中基本准则规定了工程师在从业过程中应该做到：

（1）把公众的安全、健康和福祉放在第一位。

（2）在他们的能力范围内提供服务。

（3）以客观、真实的态度发表公开声明。

（4）做每个雇主或客户的忠实代理人或信托人。

（5）杜绝欺骗行为。

（6）体面、负责、道德、合法地从事工程专业活动，提高专业的声誉和实效。

5.4 工程的价值观

价值是现代社会谈论最多的话题。在市场经济环境中，提到价值人们想到更多的是经济利益。诚然，社会对存在事物意义深浅的评价标准往往体现的经济价值上。在现实观念中，任何事物包括人在内都成为了可以用金钱来衡量的“物”。明星、运动员的“身价”带来的人们思维的困惑，价值观的扭曲和冲击是巨大的。这促进人们反思，一个社会到底需要什么？倡导什么？什么才是人们最应该追求的东西？

5.4.1 价值和价值观

“价值”一词在现代汉语词典中解释有二，一是“体现在商品里的社会必要劳动。价值量的大小决定于生产这一商品所需的社会必要劳动时间的多少”；二是“积极的作用”。前者体现的是经济价值，是人们对“价值”最基本的理解。而后者则包含了对价值理解更丰富的内涵。一般来讲，价值的“庸俗”表现就是金钱，这是任何人都回避不开的。而价值的“高尚”表现是“三观”，需要人在生活中进行磨炼、体悟才能获得。现代社会中，在信息技术和经济发展的促进下，社会多元化形态愈发明显，“价值”表现出的内涵的深刻性和外延的广博性都值得人们深思。实际上，价值的对象不仅限于商品，一切劳动所得均有价值。人的价值是通过人的劳动创造体现出来的。从概念本身理解，价值的主体是人，客体是物，人创造了物，让物拥有了价值。同时，人在创造的过程中也体现出了自身的价值。在经济社会中，价值更多地体现在事物被社会接受的程度，而不单纯是付出的劳动。一个研究者也许付出了很多努力，但其成果不被认可，其价值就不会产生。人的价值可能受天赋影响，就是遗传因素的影响。但归根结底还要靠后天的努力，其中家庭、学校、社会环境

也是重要因素。

现实中，价值表现出以下三方面的特性：

1. 价值的存在性

价值的存在形态有两种，一是天然的存在，二是人为的存在。前者着眼客观，体现在自然景观和原生态作物。当我们走进大自然，呼吸着清新富氧的空气，惊叹于天工造物的鬼斧神工，欣赏着神来之笔的纯美画卷，这时，天然存在的价值就展现在我们眼前，留存在我们心中。而后者则强调主观，是指社会发展中“人工物”及思想存在的价值。人类生存发展的过程，实际就是寻求并建构有价值的“物”的过程。因为对物质的追求是人类迈向文明的必经之路。而思想的价值表现出人的认识水平的提升，智慧的展现，实际也是为物质社会发展服务的。事实上，世间存在的价值多数是天然和人为的复合。人们经过对天然物进行处理来提升其价值，表现出人们认识自然、改造自然能力的提升。但是当人们过度关注由人为价值带来的利益时，天然存在的价值就会缩小甚至忽略，继而会出现自然环境的破坏和恶化。人类已经在发展中品尝到了这种恶果。

2. 价值的变化性

价值不是恒定的。不同的时间，不同的角度，不同的认识，同一个“存在”可能表现出不同的价值。价值的变化有衰减也有提升。单纯经济的角度，价值的变化表现为价格的变动，可以从瞬息万变的市场中体会。但对价值变化更广泛的理解应该深入地在我们脑中感悟。商品的价值降低是不持续创新、人们审美疲劳的结果；品牌的价值提升是长期精雕细琢、口碑相传的结果。当一种物或思想触及到人类共同的认识基础和追求目标时，比如爱情和家园、家国情怀，它的价值就会随时间的推移逐步提升，如同老酒的芬芳，成为传世的经典。

3. 价值的认知性

存在的价值有时是隐性的，需要探索挖掘才能使其显露出来。比如深藏的矿产资源，宝贵的文物资源。在人类历史进程中，体现建构技艺的“工程物”，表达思想智慧的书籍都具有不同程度的存世价值，而真正的价值内涵需要人们追寻历史的脉络，掌握相关的知识，借助先进的科学手段去认知。历史、地理、社会、考古等许多学科的重要任务和使命就是认知、发掘和整理，使传统的、隐密的、内含的东西展现于世，使其价值得到凸显或新生。价值的认知对社会、对人的自身是非常重要的。一个人如果不具备价值的认知能力，其价值取向就会出问题，追求和奉献的愿望和意志就不能在成长中得到历练。

【知识点滴】甲骨文是世界公认的三大文字系统之一，它与埃及象形文字、两河流域楔形文字一同代表着古代人类文明辉煌的成就。甲骨文发现于中国河南省安阳市殷墟，是商朝(约公元前 17 世纪-公元前 11 世纪)的文化遗存,距今约 3600 多年的历史。现已发现的约 5000 个甲骨文单字中，

约 1500 个已为学术界识读。另有约 500 个识读结果尚存疑问。没有识读的文字辨识的难度很大。当今的学术界，能够正确破解出一个甲骨文，即可获得一个博士学位。甲骨文在汉字漫长的发展历史上具有极其重要的地位和文化价值，从一片殷商甲骨上的文字释义，可以确认一个距今 3000 多年、长达 600 多年的朝代，其历史的重大价值可以想象。我国汉字的萌芽，大约出现于新石器时代晚期陶片上的刻划符号。这些刻划文字虽已具备了文字的雏形，但都是一些简单的符号和单字，无完整的体系和规律。真正具有一定的体系并有比较严密的规律的文字，最早就算是甲骨文了。

价值观是如何看待价值的问题。它是基于人在意识和思维上从感性到理性对事物作出的认知、理解、判断、选择，也就是人评判事物、辨别是非的思维观点或方向，通过较长时间环境的同化所形成的看待事物价值的观念。在不同社会形态中，不同阶层的人有不同的价值观念。价值观具有稳定性、选择性、主观性的特点，它对人做事动机有导向作用，同时也反映了人们的认知和需求状况。一个人在成长过程中价值观的形成极其重要。所谓价值取向实际就是价值观的取向。因为只有人的思想观念才有方向，价值本身是没有方向性的。对于“这东西有价值”，或“积极作用”的词义解释，也是单一正向的价值指向。人的“三观”——人生观、世界观、价值观三者是密切关联的。而价值观对人生观、世界观具有极强的引导作用。对于一个十足的拜金主义者，唯金钱是问，其人生的意义和看待世界的眼光是什么？不言自明。

5.4.2 工程的利益价值观

利益价值观问题在当今市场经济的环境中具有极强的针对性和现实性。对利益的占有和争夺，是人类社会自产生商品交换开始就存在的社会现象。时至今日，其幽魂仍在人们的身旁游荡。探讨利益价值观，就是希望人们更加理性、人性地看待利益获取的问题，将利益获取建立在和睦相融的基础上，如同“一带一路”倡导的“利益共同体”。利益价值观并不是突出强调利益，而是指在价值观的导向下如何看待利益获取的问题。工程可以带来利益，尽人皆知。工程的利益价值观是向世人突出地提出，工程的核心利益到底应该落脚何处？是以造福社会、服务民众为中心，还是让工程成为获得一己之利的淘金地？当建设者将工程的目标集中地放在利益的获取上，而不是其服务功能的完美实现上，这时工程的利益价值观就出现了大的偏差。由此可能引发严重的社会矛盾。

价值观并不排斥金钱和物质利益，毕竟人的生存发展都离不开物质。关键是一个人看待这个世界，除了物质利益以外还有什么？或者在物质利益中还能感悟出什么？工程的目标是建构出人和社会需求的有形物。这种需求使得建构的有形物必然会在价值，价值也自然会产生利益。因此需求是价值的本源。工程的组织管理机构是企业，而“企业”的含义是“以盈利为目的，运用各种生产要素（土地、劳动力、资本、技术和企业家才能等），向市场提供商品或服务，实行自主经营、自负盈亏、独立核算

的法人或其他社会经济组织”。从中自然可以理解，工程的经济目标是产生利润，也就是物质利益。工程的价值观直接指向利益是必然的，它是人生存、社会发展的基本动力，我们不能要求企业不挣钱而去实施工程。恰恰相反，企业应该在法律的框架内调动多方面因素获取尽可能大的利益，以增添企业活力，为社会提供最优服务。老子讲的“道法自然”运用在经济运行和工程活动中，也提示人们，万事都有“道”，对利益的攫取必须有度，必须遵循客观经济规律，必须将法律意识和服务宗旨时刻放在前头，树立正确的工程利益价值观。

另一方面，正确的工程利益价值观也必然会为企业带来利益。经济规律是在长期经济实践中形成的，法律是在人伦规范和无数教训下确立的。它们都是企业正常运营、赚取利益的有利保证。在正确的工程利益价值观的引导下，按经济规律办事，企业就会得到正常的利润，实现可持续发展。工程建设特别强调科学规律，涉及到工程的每一个要素其存在的价值都是在保证工程按标准顺利实施。在不规范不平衡的社会中，一些人不顾道德底线，投机心态广泛存在，为获取利益而不择手段。这时的利益价值观就转向了负面的危险境地，对工程而言尤其危险。工程的安全质量得不到保证，服务功能得不到发挥，守法经营赚不到钱，歪门邪道大发其财。工程利益价值观的扭曲，造成了社会的混乱和人心的涣散。

5.4.3 工程的公益价值观

公益的核心是社会关爱，它为社会带来的是道德的价值。通过公益行为的过程去教育人、引导人、净化人，这是文明进步的社会的核心价值观取向。公益价值观即人看待事物存在价值的公益导向问题，它是社会价值观的努力和追求方向，它引导人们用利他的精神境界充实内心、淡泊名利、追求奉献、迈向文明。一个成熟的社会，一个有向心力、凝聚力的社会，一个文明程度高的社会，应该是一个公益满满的社会。几乎所有的社会矛盾都源于公益的缺失。公益价值观是面向社会大众群体的价值观念，特别是面向弱势群体价值观念。社会的慈善事业，政府的福利计划，都是公益价值观引导作用的结果。

工程的目标首先是服务社会和造福民众，这是工程的公益价值。立足于此，工程都包含着利益与公益的双重内涵，实际也是一对辩证统一的矛盾。问题是，哪一方占主导？当公益优先时，工程的实施运行有可能是不计成本的。为弱者付出，为未来付出，是一个国家发展理念、文明程度的显著标志，也是公益价值观的重要体现。在社会大量的工程活动中，政府主导的道路、桥梁等公共基础设施工程、涉及国计民生的大型建设工程都是以公益为主体的；在社会实践的各个领域，教育和医疗是最能体现公益的行业，或者说其行业的本源就是公益。涉及教育医疗的工程建设项目应该根植于公益价值观去策划、构思并实施；在产业工程领域，为老人儿童研发生产的产品、体现社会服务关爱的产品都应该在公益价值观引导下去发展和提高。希望工程是一个

公益概念，其中也包含了许多学校建设的实际工程项目。这样的工程都是在公益价值观引领下的社会道德策划。社会是由人的个体组成的，社会的价值观是由每个人的价值观聚合而成的。人的一生是在“工程物”的环境和社会思想的环境中成长的。如果充满关爱的“工程物”、工程行为、工程的公益价值观普遍存在，那么人的心智、品质就更容易得到锤炼，关爱他人、奉献社会的价值观就更容易形成、固化。

然而在现实中，在经济发展的潮流中，情况并不乐观，而且使人心痛。经济在带给社会繁华、人们生活水平提高的同时，也在扼杀着人们对公益的渴求。许多本该公益的东西不在公益。市场仿佛把人世间的一切都归于了利益。伴随公益的缺失，社会变得冷漠，价值观出现偏颇，偶有所见的公益行为在利益追逐的洪流中显得微不足道。工程也是这样。在利益核心的主导下，工程偏离了公益价值观的轨道，以获取最大利益为根本，弄虚作假，偷工减料，降低标准，利益驱使无所不及。

工程的公益价值观是工程的基础和前提。突破了这个底线，意味着潜在的灾难。公益价值观的形成是一个系统工程。国家层面的道德和法治建设，社会层面的宣传与教育引导，个人层面的品性与素质磨炼，都应该共同指向公益回归，指向公益价值观的形成与巩固。工程的公益价值观和利益价值观之间存在矛盾。这种矛盾表现在所追求的东西其长远性和短视性之间的对立，物质需求和精神需求之间的取舍。由于两种价值观之间存在利益方面的交叉，因此公与私的矛盾只能通过理性和宽容去化解或缩减。事实上，工程的公益价值观本身就是趋于理性的，它是外因和内因共同作用于个体形成的价值观念，为社会所倡导和追求。

这里，我们了解的仅仅是工程与哲学的浅显内容。事实上，工程与哲学的交叉具有深厚的文化底蕴和丰富的文化内涵。工程与哲学的内容涉及认识论、方法论、系统论、演化论、辩证法、历史观等等。我们在工程整体和组成要素的任何一个细节都可以找到哲学的思考。深入地思考工程与哲学的关系，将哲学思想融入到工程中，对于增强人的理性思维，培养个性品质，促进工程活动每一个细节的顺利开展都大有裨益。工程哲学已经成为哲学的一个分支，它是在哲学的范畴内研究探讨工程过程、工程现象、工程演进、工程系统等，以期工程从决策到实施提供更加理性、科学的发展路径。哲学重在思考，工程重在实践。在思考中实践和在实践中思考，人一生的成长历程都是需要去做的。

第六章 工程与艺术

每一个人都曾陶醉于艺术，都曾受到过艺术魅力的感染与冲击。这里的艺术，并不单指专业上艺术的含义，也包含哲学的蕴意。艺术是文化的重要组成，也是文化内涵的体现和表达。它通过不同的形式表达生活，表达感情，表达渴望。艺术给人带来的是美，这种美，有可能是心情的放松与愉悦，也有可能是心灵的启迪与感悟，还有可能是精神的激励与振奋，而更多的，是几方面的兼有与交融。如果说工程的功能是“用”，那么艺术的功能就是“美”。工程与艺术的结合就是“用”与“美”的结合，它是现代社会人们对幸福生活永无止境的追求。

6.1 艺术的魅力与表达

艺术存在于生活中，它丰富人的精神，陶冶人的情操，影响人的品性，净化人的心灵。艺术是一种社会意识形态和文化表现形式，它通过形象塑造来反映社会生活，表现作者思想感情。艺术通过形象表现理性，在感官直接感知形象的过程中使人得到审美感受，更使人得到某些启发从而潜移默化地提高素质。艺术通过情感体验提升人的认知水平。情感是艺术创作最基本的要素和出发点，所有的艺术作品都试图以各种形式激发人的情感。打动人，感染人，还不是艺术的唯一目的，在感触中提高人的认知能力和水平才体现出艺术的真正价值。

6.1.1 艺术的形式

艺术归属上层建筑中的意识形态范畴，它在审美活动中与意识形态高度统一起来。艺术的目的是给人以精神的满足和力量，人们会通过感官汲取艺术的养分去滋润内心的田园。在艺术的氛围中，人们可以把握社会的主流价值观，实现精神的自我超越。艺术可以表现人间百态，善与恶，美与丑，时间的延续，空间的拓展。艺术形式多样，归纳起来分三大类，即造型艺术、表演艺术和文学艺术。

1. 造型艺术

造型艺术是指创作者利用构思、捕捉等手段塑造出具有审美价值的平面或立体形象的艺术形式。在造型艺术中，形象的审美体验是通过人的视觉感官来接受的。在人的各种感官觉察中，视觉最为普遍、直观，也最为复杂、细致和灵敏。视觉是人获取外界信息的主要来源。造型艺术具体有很多种类，如美术、雕塑、陶艺、摄影、书法等。它是最古老的艺术形式之一。古代的彩绘、石刻、饰品、刺绣、陶器、铜器等造型艺术作品是人类文明的传世之宝。随着计算机技术的发展，造型艺术的方法手段拓展到了一种新的境界。平面设计、三维造型、虚拟现实，现代技术极大地扩展了艺术

的创作和表现方式，古老的珍宝也可借助数字技术在屏幕上逼真再现。

建筑艺术是最能表达工程与艺术的结合的造型艺术。建筑最突出的特征是实用，在此基础上随着人们生活水平的提高，建筑越来越讲究它的审美特征。自古以来，包括宫殿、园林、楼宇、寺庙、教堂等在内，古典建筑的美学指征使其越长久越显弥足珍贵。现代建筑往往体现出地域或某种象征意义的艺术风格。

2. 表演艺术

造型艺术多表现为静态形式，艺术的逼真和传神效果一般取决于创作者的技艺水平。具有动态效果的艺术形式主要就是表演艺术，包括真人表演艺术和动漫表演艺术。表演艺术是以舞台或场景为主要特征的艺术表现形式。形体表演艺术就是舞蹈，是利用肢体不同姿态及其变化、衔接、停顿等来表达人的感情、生活和追求。语音表演艺术多指音乐和曲艺，主要是利用音符创作音乐曲艺作品，通过演唱者抑扬顿挫的声音和迷人的嗓音表达情感，引起共鸣。

3. 语言艺术

语言艺术即文学艺术，包括诗歌、散文、小说等形式。文学作品的艺术价值是举世公认的。文学艺术表达的情感、情节不象其它艺术形式那样直观，需要品味和想象。诗歌是最早出现的文学艺术形式，它以极富韵律和节奏的语言，特别是语言中咏景咏物咏人的深刻哲理，直接引发人的情感，让人欲罢不能。散文是一种自由的文学体裁，所谓形散而神不散，是通过带有喻意地描述某些事物来表达人的精神情感、歌颂或批判某种社会现实。小说的表达方式是叙述故事、塑造人物形象，通过完整的故事情节，塑造人物形象。总体来说，文学艺术的审美特征主要表现为形象性、总体性、间接性和深刻性四个方面。

在日常生活中人们最为熟知的影视、戏剧艺术实际上汇聚了不同的艺术形式，表现出来的艺术效果是综合性的。所以也称综合艺术。现代影视艺术借助高科技手段实现的视听冲击、震撼效果另人叹为观止。舞台艺术的美轮美奂也是借助科技手段与艺术完美结合的效果。

6.1.2 艺术的魅力

艺术的魅力体现在艺术作品强大的艺术感染力和影响力方面。有人不厌其烦地听同一首歌，有人一部电影看了多遍，有人沉浸在诗词的意境中，有人痴迷于书法篆刻.....所有这些都源自艺术的魅力。艺术的魅力是形式和内容完美结合的结果。看到“梁祝”两个字，我们脑中就会响起悠扬动听的钢琴协奏曲，一段凄婉动人的爱情故事就会映现在我们的脑海。“化蝶”的意境让人泪眼朦胧，引发人对美好生活的无限向往。这就是艺术的魅力，蕴含其中的巨大感染力、影响力、号召力，为人的全新

塑造，为人类社会的进步发挥着永世不竭的作用。

艺术的魅力不是孤立存在的，它是艺术的表达方式和内容的深刻融合，是作品的旋律、韵味、思想的高度统一，是创作者与接受者内心感应的完美契合。缺乏了某一要素，艺术的魅力就会黯然失色。比如现实中，很多作品也很流行，街头巷尾不绝于耳，但难以谈及魅力。究其根本是缺乏思想性，缺乏让人产生共鸣的情感要素。单纯追求形式的作品注定只能是昙花一现。市场环境下短视的利益目标也难以产生有魅力的艺术作品。艺术的魅力来源于生活，根植于生活，还必须有一个深刻的主题，一个体现人类共同愿望的主题。在《乱世佳人》中我们能看到土地、家园的主题，在《友谊地久天长》中我们能体会出友谊、爱情的主题，在《泰坦尼克号》中我们会感受到人性的主题。共同的家园，共同的命运，追求美好的生活，向往纯真的爱情，匡扶正义，惩恶扬善，所有的传世之作，其主题不外如此。

探求艺术魅力的来源，我们能够注意到，创作者深厚的艺术功底以及独具匠心、精雕细琢的创作精神和态度造就了作品贴近生活、朴实自然的美学价值，加之受众的艺术修养、艺术鉴赏能力和文化水平共同成就了作品的艺术魅力。由于作品艺术魅力的深入人心形成的艺术冲击力和艺术感染力，足以超越时代、国度、民族的界限，而成为全人类所共同珍爱的宝贵精神财富。

艺术的魅力有不同的表现方式。人们忘情地追逐、热捧；具有很大的受众面；特定的受众群体；在某领域内的弥足珍贵；历史的积淀；深刻的思想内涵或警示意义；在深思中规范人的行为。

许多具有工程建筑特征的艺术作品的艺术魅力来自工程与艺术结合的历史厚重感。中国古代木结构建筑广泛采用的斗拱其结构的巧妙性和外观的精美独特性实现了坚固和美观的高度统一，是人类建筑艺术的典范，其艺术魅力是永恒的。古老的青铜器静静地陈列在博物馆中，它们代表着一个时代，代表着一个人类能够用智慧掌握技能，创造财富，创造艺术的辉煌时代。就历史积淀的价值来讲，它们都是散发永恒艺术魅力的艺术珍品。

6.1.3 艺术的工程表达

艺术的各种形式实际也就是艺术的表达方式，同样的艺术内容可以有多种表达。艺术的工程表达并不是一般概念下艺术的某种表达形式，而是将工程看作艺术的一个承载体，它对艺术的表达发挥着不可替代的平台功能。当一名演员站在舞台上纵情歌唱或翩翩起舞时，人们所关注的往往仅是演员的表演功底或节目的质量高低，却忽略了舞台本身为演员营造的热烈气氛。事实上，舞台的整体效果和局部设计对艺术表达所起的作用是不可小觑的。戏剧、歌舞、杂技等艺术表演，舞台对艺术主题的烘托、艺术情节的映衬、艺术氛围的汇聚都不可或缺。舞台是一个大的工程体，舞台设计既需要艺术家结合作品的睿智构思，也需要工程师采用科技手段将构思形成工程设计。而舞台效果的实现就更离不开工程技术的方法与手段。灯光变幻、色彩斑斓、动静结合、虚实相映，现代舞美

给人带来的视觉冲击是巨大的,我们经常说的“视听盛宴”实际是艺术家、工程师、演员协同配合、共同作用的结果。

道具,艺术表达不可缺少的“工程物”,在许多艺术形式中对艺术主题和内容的展现极为重要。我们开动脑筋,在表演艺术中很难想到完全不需要道具的演出过程。相声可能是一个例外,单纯的口头表演,既不需要伴舞,也不需要配乐。但相声与其它艺术形式的结合,或相声本身的多样化发展,采用各种道具的也屡见不鲜。在戏剧表演中,艺术的夸张会赋予道具更加深刻的表现内涵、更加丰富的表达内容、更加突出的表演作用。也许一张桌子就代表了军政大帐,也许一种服饰就代表了一类群体,也许一把刀具就代表了所有兵器。艺术道具,表达着艺术的深邃与精髓,表达着工程的内涵与外延。

城市的景观多姿多彩,成就了人们生活的丰富多彩。景观工程表达的是艺术氛围,这种艺术氛围折射出人们在富裕之后对美的无限追求,也折射出时代造就的不同地域不同文化的特色与风采。大型的音乐喷泉是机械、电子、信息控制工程技术协同设计制造的产物,它给人带来力量与美相交融的视听感受,它使人在优美的音乐旋律和协调的喷头舞动中享受着艺术的美并放松着心情。夜晚,华灯初上,霓虹闪烁。灯光艺术造就了一个盛世繁华。这也是借工程表达艺术的一个范例。博物馆,装载着一个地域的悠久历史。特色的民族风情,古老的生活习俗,珍贵的器具文物,展示着一方水土养一方人的恒久道理,也从中散发也浓郁的艺术气息。历史的艺术与承载它的建筑应该有一个呼应,所以,博物馆的建筑风格都体现了地域风情的特征,其中蕴含了无尽的艺术深思。

工程作为艺术的载体,范例很多。这里需要我们把握的还是二者的结合。“工艺”一词,泛指做事的过程,工程上是指劳动者利用各类生产工具对各种原材料、半成品进行加工或处理,最终使之成为成品的方法与过程。将“工艺”一词分成“工”和“艺”两个字,“艺”是指技艺、手艺,理解成艺术也未尝不可,因为通过技艺、手艺产生的物品都具有艺术的特征或本身就是艺术品。由此,“工艺”也就包含了工程与艺术紧密结合的含义。

认识艺术的工程表达对于一个人良好素质的养成是有现实意义的。我们常说的“艺术修养”并不仅是针对艺术的工作人员或艺术专业的学生来说的,而是一个普遍的概念。对于工程人员来说,艺术修养对于成就工程事业是有帮助的。从前面举的例子可以看出,当工程具有了艺术特征时,其价值会节节攀升。所以艺术修养会帮助工程人员在构思、设计、实施时,拓展思路,注重功能与美的结合,以求最佳的工程效果。更一般地,艺术修养会增强人的气质和魅力,塑造人的个性品质,为社会带来一股清风,增添一道靓丽的风景。

【知识点滴】内蒙古博物院位于首府呼和浩特,建筑面积 15000 余平方米,展厅面积 7000 平方米,是国家一级博物院。它的建筑风格集合了现代元素、地域特征与民族特色,局部外形有凸显民族风情的硕大蒙古包,楼顶塑有凌空奔驰的骏马,整体象征民族团结与腾飞的艺术感极强。该建筑从建成之日起就成为自治区首府标志性建筑之一和热门景点。博物院内部展示内容草原风情的民族特征十分突出,“草原雄风”、“草原天骄”、“草原烽火”等板块概览了草原文化古代、近代、现代的发展路径。“草原服饰”、“草原华章”、“古道遗风”展示了内蒙古民族发展历史极为珍贵的文物精

品。内蒙古古代民族历史陈列，展出了草原先民、东胡、匈奴、鲜卑、突厥、契丹等古代民族的历史遗存，其中突出了新石器时代的红山文化和辽文化的历史。还有神舟飞船发射、回落的宝贵史迹。各展厅富有民族特色的展览布局呈现出强烈的艺术氛围。在整个博物院内外艺术风格的交织中，工程与艺术实现了完美的融合。

6.2 工程设计与艺术

工程设计是设计者在工程领域为满足人们对工程项目或产品功能的需求，运用基础及专业知识、实践经验、系统工程等方法进行构思、计算和分析，最终以技术文件的形式提供工程对象制造依据的全过程活动。通过工程设计，人们运用科技知识和方法，有目标地创造工程对象构思和计划，对工程项目的建设提供技术依据、设计文件和图纸。工程设计几乎涉及到人类活动的全部领域，它是形成工程目标的第一步工作。工程的质量和效益取决于设计、施工及管理的综合运作，这中间设计工作非常重要，没有高质量的设计就没有高质量的工程建构物。狭义的设计通常指工程对象从概念到绘出图纸或建出模型的过程。从广义上讲，设计的概念和内容非常广泛，如材料选择、机构分析、受力分析、运动和动力分析、强度校核、建模仿真、优化分析等。在实际设计中，往往根据工程目标的功能、结构及使用场合来选取设计的具体内容。与工程活动的其它环节相比，工程设计具有一些重要特点：

1. 创造性：创造出以前不存在于现实甚至不存在于观念的新事物；
2. 复杂性：工程问题总是涉及到多变量、多参数、多目标、多约束条件的复杂问题；
3. 选择性：工程设计者必须在各个层面上从许多不同的解决方案中做出选择；
4. 妥协性：工程设计者往往要在多个相互矛盾的目标及约束条件之间进行权衡和折中。

6.2.1 工程设计的艺术要素

设计工作的核心是大脑的思维活动。当由于社会环境的需求产生了实施工程的设想时，就开始了构思的设计工作。工程的主体功能是服务社会，也是工程的目标。工程设计总是在围绕功能的实现进行。工程的价值也是在功能实现的过程中得以产生。在生产力低下的年代，实用是工程唯一的追求。我们看到一些少数民族村寨的房屋结构非常简陋，屋顶的瓦片摆放也显得松松垮垮，但非常实用，抵抗自然灾害和风吹雨打的能力很强。这就是人们追求的实用。随着科学技术的发展，人们生活水平逐渐提高，对待工程，在追求实用的同时，越来越注重美感的体现。工程与艺术的共同追求就是“实用+美感”（图 6-1）。

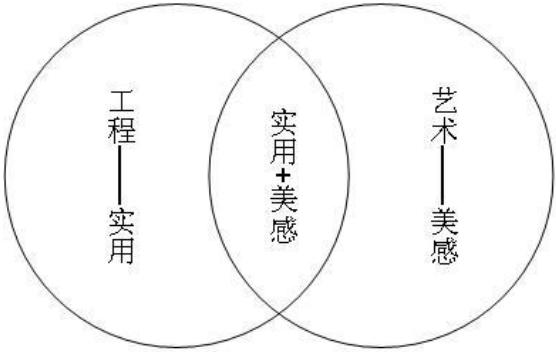


图 6-1 工程与艺术的交叉

在有些领域的工程建设，对美感的追求甚至占据了主体位置，如室内装饰工程涉及的物料选择和整体的艺术布局。工程设计涉及的要素主要有：结构的合理性（受力均衡）、设计方法、计算校核方法、工程知识、设计和分析软件等；艺术设计需要考虑的要素有：结构的协调性（视觉美感）、设计方法、美学知识、心理学知识、平面和三维设计软件等。可以看出，二者有很大不同，但也存在交叉。当我们立足于工程设计来考虑艺术因素时，实际就是将艺术设计的要素渗透到工程设计中。工程设计中需要考虑的艺术要素主要有以下三方面：

1. 工程结构的构型

构型问题是工程与艺术结合最密切的问题。无论如何，保证工程结构的稳固性是第一位的。在工程原理没有问题，工程结构的坚实耐用性得到充分保证的基础上，构型的美观性和心理适应性就成为了设计的主要因素。前面提到过的中国古代木结构建筑的构型中，各种形式的斗拱结构就是一种兼顾了结构稳定性和美观性的巧妙构型。现代建筑中，由于人们发展了有限元技术，大型复杂结构的受力分析不在成为问题，加之工程机械的技术手段不断强化，于是各种造型各异、美感十足的建筑物不断涌现。在日常生活中，人们漫步琳琅满目的“工程物”的商品中，越来越能够更深刻地体会到商品构型的美观和人性化特征。这一方面体现了人们生活水平的普遍提高，另一方面也体现了制造方法的进步。一般来讲，表达人们审美需求的构型如流线型结构在工程上实现起来成本较高。实际上工程结构的构型也需要权衡资金的充裕量。设计者如果面对的是一个庞大的市场，就可以驰骋思维，在构型美感上下足功夫，因为所有的事情都有量大成本低的规律。

2. 工程结构的风格

风格是艺术概念，是美学追求的感受效果。它是指艺术作品在整体上呈现的有代表性的面貌。所有艺术形式的艺术作品都可论及风格。风格不同于一般的艺术特色，它是在作品构建过程中调动各种设计因素使艺术作品表现出来的相对稳定、内在、反映时代、民族或艺术家的思想、审美等的内在特性。风格类似于描述人的“气质”的含义，都是指由外观表现出的内在的东西。艺术作品风格的形成由主客观两方面因素决定，主观方面源自艺术家自身的创作经历、个性理想、情感倾向、审美情趣、思想观念等；客观方面受历史背景下的时代、社会、阶级等条件的影响。风格具有多样性

和统一性的对立特征。不同地域、不同民族、不同观念，风格是多样的；而在共同价值观下生活的环境，艺术作品的风格是大致统一的，我国不同朝代的服饰就是明显的例证。

工程物从美学设计的角度也可以视作艺术作品。一些历经千年的古老建筑、珍贵的文物、不同朝代的服饰等也是经典的艺术作品，这一点是毫无疑问的。因此工程物的风格也是其明显的艺术特性。工程物的建造风格体现了时代风貌和工程设计者的艺术素养。风格能够表达时代的特征和风采。我国高铁车体的构型风格极深刻地宏扬出中华民族和谐、复兴的发展风貌和前景；风格能够体现地域、民族的特色和风情，也能成为一个民族显著的标识。如蒙古族游牧生活流传下来的蒙古包建筑成为民族最具传统风格的典型标志；建筑风格最能体现某一地域别具一格的民间传统。在安徽的西递宏村，古朴淡雅的徽式民居伴着小桥流水，透着清新甘纯，民风淳朴，风格别致，另人心旷神怡。

3. 工程结构的协调

协调意味着美。仔细想想，建构物的协调使人视觉舒适、心情愉悦。协调就是和谐一致，配合得当。协调用于艺术，表明艺术作品的构思框架结构优雅，各种构料布置合理，色彩搭配得当。工程结构的协调分为对称的协调和非对称的协调。多数情况下，人们接受对称的协调。实际上如果处理得当，非对称的协调更具美的意蕴。协调可以在人们的内心形成艺术美的感受。北京故宫建筑群的美突出体现在布局的协调、比例的协调和均衡对称的协调等方面。布局上，建筑群由天安门、端门、午门的前序、太和门的过渡，到太和殿、中和殿、保和殿的高潮，再经过乾清门到乾清宫的高潮，最后以御花园结尾几个部分组成，整体布局恢宏大气，建筑空间变化丰富，宫殿雄伟壮丽，主从搭配有序，凸显庄严肃穆、帝王独尊的气势。比例协调方面，在处理建筑物各部分之间的比例关系，建筑中长宽高的比例，凹与凸的比例、虚与实的比例等都极具匠心，不同宫殿屋顶形式错落有致，既表明封建等级观念，又形成协调的美；均衡对称的协调表现在建筑结构的对称，包括建筑物前后、左右、上下各部分之间的关系。均衡对称常常给人一种严肃庄重的美的感觉。故宫完整的建筑群呈现给人非的总体感觉是极为均衡对称，每座建筑物都是在一条由南到北的中轴线上展开，建筑群的中心太和殿，以此为中心南北伸展开来。

从故宫的实例可以看出工程结构的协调对于艺术美的重要性。现代建筑由于技术先进，协调美的形式更加多样，根据地域特色形成的建筑造型突破了传统对称的形式，非对称的格局又变化多端，给人以很大的想象空间。

6.2.2 工程设计的艺术方法

在信息技术时代，设计方法对设计效果和效率的影响越来越显著。现代工程讲求实用与艺术美感密切结合，因此，在工程设计过程中就须要采用恰当的方法融入更多的艺术成分。工程设计本身就有很多方法，艺术也有自己的表达方法。我们需要思考的是，如何将艺术表达的方法更多更自然地渗透到工程设计中。

1. 工程设计方法

传统工程设计方法以手工操作为主,效率低且精确度低。在计算机辅助设计(CAD)技术多年快速发展之后,手工设计方法已经很少采用,只是在方案讨论、勾画草图时可见。CAD 技术又分平面绘图和三维建模。平面工程设计主要使用 AutoCAD 软件策划结构、绘制图纸;三维建模软件有许多,如 Solidworks、Pro/E、UG、CATIA 等。事实上,关于软件设计方法只是命令的熟练使用和技巧的把握。软件是思想的具体表达方式。工程设计最前端的方法应该是思想方法,也就是思维方式。要想得到好的设计效果,必须配合创新思维方式。形象、发散、收敛、联想、灵感、逆向等非逻辑思维方式的锻炼及在工程设计过程中的运用,对于获得好的设计结果非常重要。在掌握软件、锻炼思维的基础上,对于现代工程设计,还需了解一些基于先进计算分析软件的设计方法。

(1) 优化设计方法

优化思想古已有之。公元前约 300 年古希腊数学家欧几里得就系统阐述了黄金分割法。直到今天 0.618 的黄金分割点被人们公认为自然界最具美与和谐的现象。优化设计就是在多种方案中寻求最佳方案的设计方法,它在工程设计中的应用十分广泛。优化的基本方法是迭代搜索,编制程序进行反复迭代计算,逐渐逼近目标值,设定误差准则,找到最佳目标值。优化设计的流程如图 6-2 所示。

(2) 可靠性设计

可靠性设计是最能体现工程本质的设计方法。工程追求的直接目标就是实用并可靠。可靠性是工程物在规定的时间内和规定的条件完成规定的功能的能力。可靠性设计的理论基础是统计学,通过对工程物关键性能的统计计算,得到可靠度值,为提高工程质量、安全性、效益提供有效依据。

(3) 虚拟设计

虚拟设计以工程物为对象,建立虚拟模型后,在计算机上对对象进行设计分析、功能测试、修改完善。虚拟设计是建立在虚拟现实技术基础上的,是计算机图形学、人工智能、网络技术、机电技术综合发展的产物。虚拟设计是一个完全数字化的过程,它对于真实建构的各种性能具有极大的促进作用,在许多领域显示了形象、高效、低成本的优势。

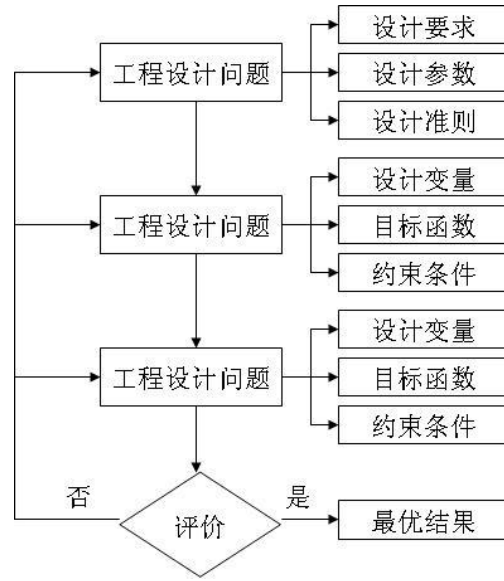


图 6-2 优化设计的流程

（4）有限元方法

有限元方法的基本思想是化整为零、化复杂为简单。它以现代计算技术为基础，将大型复杂工程结构分解为单元模型进行分析计算，从而把握工程结构整体的建构特性，为其稳定可靠性奠定基础。由于单元的数目是有限的，节点的数目也是有限的，所以称为有限元法。这种方法灵活性很大，只要改变单元的数目，就可以使解的精确度改变，得到与真实情况无限接近的解。有限元方法是现代工程中最重要工程分析技术之一。可以说，如果没有有限元方法，给我们以视觉震撼的车站、机场、桥梁、大厦都将不复存在。

（5）逆向工程方法

常规的工程过程是：思维——设计——模型——实物。逆向工程的过程是：实物——模型——设计——新的实物。就是对现有的工程物进行扫描建模，对得到的模型进行再设计，优化结构，然后用快速成形方法得到新的实物。逆向工程方法对于缩短研发周期、降低研发成本、提高研发质量具有重要意义。作为一种逆向思维的工作方式，逆向工程技术与传统的正向设计方法不同，它是根据已经存在的产品或零件原型来构造产品的工程设计或概念模型，在此基础上对已有产品进行解剖、深化和再创造。逆向工程是一系列分析方法和应用技术的结合，是一个认识原型—再现原型—超越原型的过 程。逆向工程流程如图 6-3 所示。

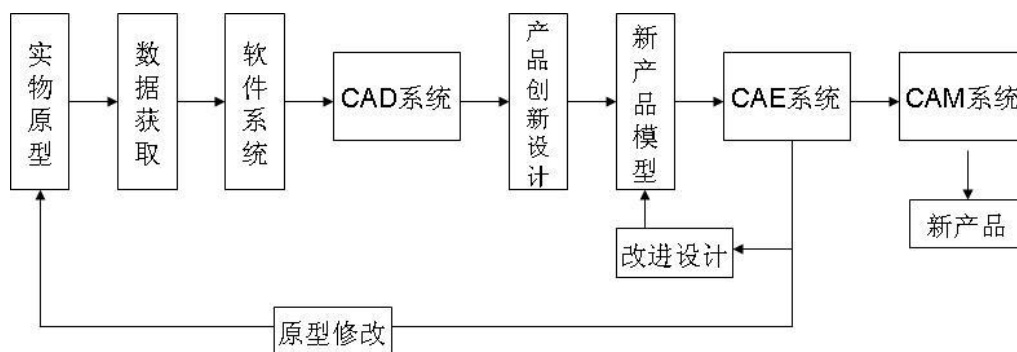


图 6-3 逆向工程流程

2. 艺术设计方法

艺术设计方法的关注点在工程物造型的美感，这种美感首先来自设计者的艺术素养和美学知识。艺术家创作的经典作品都集中体现了美的元素。广义的美，是能够触发人心灵感，给人内心带来情感共鸣指向渴求的东西。艺术设计方法中，传统的绘画、书法是不可缺少的，很多场合能够彰显作品的价值。在计算机技术的支持下，艺术设计以思维发展为基础，平面设计方法、三维动画设计方法得到广泛应用。

（1）创新思维方法

由于艺术设计的过程主要是在脑中构思、浮现场景、外形、结构并进行加工处理，因此较之工程设计对前述的一些创新思维方式方法更加看重。艺术创作者在实践中也需要不断加强创新思维方法的培养和锻炼。

（2）平面设计方法

当我们睁开眼睛面对色彩缤纷的世界，目光所至，点、线、面的概念元素随处可见。利用思维将这些元素进行有目的的组合，形成具有尺寸、形状和色彩的图形，这样的过程，就是最基本的平面设计。这里谈到的“目的”，实际就是常说的创意。平面设计就是在思维创意的引导下进行平面构图以表达某种思想或意图的创作过程。从古代的壁画、帛纸图画、服饰色彩图案、器皿饰品上的图形可以感受到平面设计历史的悠久。平面设计应用极为广泛，只要有印刷、只要涉及图形，就存在平面设计。在经济社会中，广告是平面设计最为典型的应用表达。利用计算机进行图形设计，实际就分为工程和艺术两大类。图像艺术处理最流行的软件是 Photoshop；应用于商标设计、标志制作、模型绘制、插图描画、排版等诸多领域的常用软件是 CorelDRAW, Illustrator；网页设计软件主要有 Flash、Fireworks、Dreamweaver。

（3）三维动画设计

影视、网页中的动画效果在现代生活中大量存在，它是应人们表达真实形象场景的意图而产生的一类设计方法。事实上，在艺术设计中，三维静态表达和基于构造物的动态图形是属于平面设计范畴的。如室内装饰设计要表达的是三维效果，但它是在

平面图中实现的。用 Flash 创作的动图与文字、图片构成精致的网页也是平面设计的常见形式。动画是一种综合艺术，它是迎合人的自然审美感受，集合绘画、漫画、电影、数字媒体、摄影、音乐、文学等众多艺术门类形成的艺术表现形式。从技术上讲，动画是采用图形的逐帧设计制作并连续播放而形成动态效果的影像技术。不论制作对象是什么，只要是采用逐格方式，播放时连续显示对象形成了活动影像。三维动画设计作为独立的艺术设计方法，它能实现模拟真实物体运动或人、动物行为的设计创意，在实际应用中视觉传达效果更显优势。在广告、影视特效、网络游戏会给人带来强烈的艺术冲击和情感震撼。三维动画设计使用的软件主要是 3ds max 和 Maya。

3. 工程设计中的艺术方法

工程设计和艺术设计各有侧重点。以工程设计为立足点去思考艺术设计，就是基于工程建构的实用的需求，包括结构稳固可靠、受力均衡、寿命可期、成本合理等，融入艺术设计的观念和方法，充分实现“实用+美感”的建构效果。这里谈的艺术方法是渗透和交融。工程设计中的艺术方法主要包括：

（1）工程构件联接时过渡的艺术特征

工程的整体是由不同构件相互联接而成的。不论采用何种联接形式，结构常常存在过渡形式。设计时在充分考虑联接强度的同时，也应该从艺术的角度思考如何过渡得更美观。艺术柔和的美感经常与工程结构应力分散或消减是统一的，利用这一点，采用流线、曲面、弧形结构，实现功能与美的结合。

（2）工程构件本身构型的艺术特征

工程构件本身的造型涉及到加工成本、稳定性、美观性等。工程设计人员往往将构思精力集中在前两方面，注重工程特性而不注重外观的艺术美感。现代社会人们对生活美感的追求不断提高，主要体现在对各种用品美的品评和“挑剔”。随着时代的变迁，外观造型在工程物的价值构成中占的比重越来越大。工业设计专业就是培养工程人员进行工程物外观造型的艺术审美和设计能力，目前在工业领域也是热门专业。由此可见工程物外观美感设计的重要性。

（3）工程构件表面处理方法的艺术特征

工程构件的表面处理方法很多，抛光、电镀、涂覆、氧化等等。各种方法特点不同，原理不同，形成的表达效果也不同。光泽、磨砂、拉丝，处理后形成的外观效果有多种。工程人员应该具备一些审美心理知识，注意观察社会上人们争相竞逐的物品的的外观质地，了解其工艺处理方法，以便于合理选择。

（4）工程构件色彩的艺术特征

色彩是最直观的美的体现。简单的喷漆、静电喷涂和一些表面处理方法都可以形成工程构件的表面色彩。艺术工作者可能对色彩非常敏感，会懂得色彩的色系、色相、纯度、明度等知识，会了解关于不同色彩给人带来的心理感受。这些都是与艺术或心理学相关的知识。对于工程人员，应该从中得到启发，有意识地增加一些这方面的知识。这对于工程建构物的设计是有帮助的。毕竟物

品的外观给人留下的第一印象是很重要的。

(5) 工程设计软件与艺术设计软件的交互使用

工程设计软件注重工程构件结构细节的表达,设计精度的实现,尺寸的方便标注,往往能够实现参数化设计。此外都有不同强度的计算分析功能。艺术设计软件专注于造型的美感,一般曲线、曲面、渲染功能比较强。在进行工程设计时,一方面要注意发挥所熟悉的工程设计软件进行一些艺术处理,如在 AutoCAD 中就能进行许多艺术造型和渲染工作;另一方面也可以将艺术设计软件用来进行工程设计的一些工作。如用 Flash 制作机械原理的动态过程,效果非常清晰直观。

【知识点滴】犀牛软件(Rhino)是由美国 Robert McNeel 公司于 1998 年推出的一款基于 NURBS 为主的三维建模软件。NURBS 是非均匀有理 B 样条(Non-Uniform Rational B-Splines)的缩写,它是一种非常优秀的建模方式,是专门做曲面造型的一种造型方法,高级三维建模软件都支持这种建模方式。NURBS 能够比传统的网格建模方式更好地控制物体表面的曲线度,从而能够创建出更加逼真、生动的造型。自从 Rhino 推出以来,无数的 3D 专业制作人员及爱好者都被其强大的建模功能特别是工业设计曲面造型功能所折服。Rhino 可以创建、编辑、分析和转换 NURBS 曲线、曲面、实体,并且在复杂度、角度、和尺寸方面没有任何限制。Rhino 是流行的工业设计软件,擅长于产品外观造型建模,但随着程序相关插件的开发,应用范围越来越广,如在建筑设计领域,Rhino 配合 grasshopper 参数化建模插件,可以快速做出各种优美曲面的建筑造型,其简单的操作方法、可视化的操作界面深受广大建筑设计人员的欢迎。另外在珠宝、家具、鞋模、船模等设计领域也有应用广泛。

6.2.3 工程设计的艺术特征

在工程设计中融入一些艺术特征,这是现代社会对工程建构物的普遍要求。艺术的根本特征是美,人们欣赏艺术总是希望让艺术所包含的各种美的形式触动情感,在情感的喜怒哀乐中得到思想的启迪和精神的振作。不同的艺术形式表现出来的美的形式也不同。比如绘画艺术的美体现在线条、色彩、构图等元素的运用以及元素构成的整体表达的意境;音乐艺术的美体现在音符元素组合形成的旋律。为工程设计赋予艺术特征,是为了让工程建构物增加更多的美感,更好地实现工程建构物的价值。工程设计中的艺术特征主要体现在以下几方面:

1. “点”的艺术特征

“点”是一个符号,在几何上没有大小,没有方向,它仅表明一个位置。点是构成几何图形的基本元素。在艺术造型上为构思和创意的需要,我们可以给点赋予形状、大小和位置的含义。点是艺术平面构成中形态构成要素之一,是造型艺术最小的构成单位。受日常生活及数学知识的影响,一般认为点是圆的。但在艺术表达中,点可能有各种形状,圆形、方形、三角形、菱形、十字形、

不规则形等。自然界中的任何物质当无限缩小时都会形成不同形态的点。从视觉上看,由于点离散性的特点使之能够吸引人的视线,特别是当点有一定形状、处于特殊位置或有一定含义时,往往会成为视觉中心,产生较强的视觉效果。点处于不同的位置、点的形状大小不同、点之间的联系不同,都会对视觉的注意力产生影响。

由此可见,单纯的一个点在艺术构成中所起的作用也是很明显的。工程设计并不以艺术构成为重要关注点。进行工程设计时有一些工程上约定俗成的东西,或者适应加工,或者降低成本,同时还要遵循工程上的标准。以艺术眼光形成的点在工程建构物上大量存在。比如孔,工程构件实现功能,满足性能及工艺要求都离不开各种尺寸的孔。孔在安装后形成的螺丝帽就是工程建构物上最终存在的点。它的分布排列就有艺术构成的视觉效果。再如,出于强度、刚度的需要,工程设计中经常会有凸起或凹陷结构,用艺术的眼光也可以看作点的构成。在不离开功能主线的前提下,无论是与实用功能相结合,还是单纯装饰意义的点的设计,都需要设计人员一定的艺术素养和艺术敏锐性,在工程设计中关注点的作用。

2. “线”的艺术特征

几何上,线是点移动的轨迹。在艺术构成上,线有形状、长度、宽度、方向、位置等,这与数学意义上的线的概念有很大区别。不同的线视觉效果不同。在艺术设计中线可谓千变万化,是整体设计不可缺少的元素。直线和曲线是线的两大分类。从位置上,直线有垂直、水平、倾斜之分;从形状上,直线可以无限打折;从关系上,若干直线可以交叉,也可以平行;从形态上,直线有实虚和粗细之分。曲线包括函数曲线和任意曲线,最常见的是圆弧和整圆。在艺术上,线的视觉效果体现为动静结合。人们可以通过心理感受把线的各种变化赋予情感特征,这是通过人的创新思维能力来实现的。不同的线可以示意表达自然界和科学技术中不同的事物及其形态,如水面的平静或波浪、树木、山形、科学原理示意等。

工程设计中线的使用极其广泛。一方面作为设计要素线代表了各种结构的边缘投影;另一方面也可用较粗的线直接表示结构件,如梁、柱等,特别是在示意性的表达中。工程设计中线的形成方法有两种,一是由面相交得到的线,如折弯形成的角接直线,圆柱相交形成的相贯线;二是由棒、条料相联得到的线。线的成形是需要成本的,越是复杂形状的线、曲线,成本越高,这是工程需要考虑的问题,也是工程与艺术的矛盾点。轿车的流线车身、高铁车头和飞机机身的流线造型都是科学原理与艺术美的协调统一。除了工程性能需要形成的线构型外,工程设计中经常会见到纯装饰作用的线结构,或整齐排列,或对称布置。线结构力与美相结合的工程实例非常多,桥梁、机场、车站、艺术馆、体育场等,也包括车辆、机器,我们驻足观望,审视深思,总能得到设计的启发和灵感。

3. “面”的艺术特征

“面”是形成闭合构型最重要的元素。几何上面是由母线移动形成的,有长度、宽度,没有厚度。直线的平移或旋转可以形成方形面、圆形面、扇形面等。复杂的曲面利用工程或艺术的建模软

件都可实现。艺术的本意是表达情感，无论是效果的实现还是价值的实现，都与艺术表达的情感密切相关。面较之点和线更容易形成艺术情感的视觉效果。比如当我们观察高铁机车外观的曲面造型时，总是能赋予其速度与激情的情感色彩。艺术家在审视面的构成时，完全没有功能的概念，也可以说他追求的艺术效果本身就是功能的体现。在艺术家眼中，不同形状尺寸的面被赋予了不同的性格，沉稳、冲动、柔顺、直率、紧张、放松等。艺术的美很多时候讲求柔和、自然、抽象，引导人们在精神世界中体会面中表现的意境。这与工程设计的追求是截然不同的。但现实中的工程物，如手机、电脑等，其外观设计越来越追求艺术上朦胧的美、意境的美。人们越来越丰富的审美情趣使得这些产品价值大增。色彩也是平面构成的重要元素，它对于形成面的视觉艺术效果以及显露情感、性格方面的特性有突出的作用。

工程设计要求设计者的大脑始终处于现实之中。在进行平面或曲面造型时，脑中时刻不离强度、刚度的概念。事实上，现代工程设计建模软件常具有一定的分析功能，而具有强大分析功能的软件必然都有建模功能。在这种情况下，工程设计人员必须具备较丰富的工程知识和经验，在完成结构设计后，根据使用条件做必要的分析，以保证结构受力的合理。工程设计人员不能像艺术家那样去设计工程物，但应该具有一定的艺术素养，其好处是在工程设计中能够统筹考虑。工程面造型中有些艺术特征的融入是顺势而为的。比如在不影响力学性能的前提下，使用工程软件或艺术软件进行必要的修饰或渲染，使设计更具某种风格的美感。当然，对于人们普遍关注的产品，应该组织工程设计人员和工业设计人员协作进行设计。

4. “体”的艺术特征

“体”一般指空间构型物。从艺术上讲，由点、线、面和色彩构成的体是造型艺术作品的最终表达。艺术家在创作实体时，一般会将其视作有情感的有机体，运用艺术手法赋予它更丰富的艺术情感。体的突出特征是完整，在此基础上讲求艺术造型及色彩搭配形成的亲和力和感染力。从市场的角度看，物品如果没有亲和力和感染力，其市场前景就会暗淡。艺术家在构建一个实体时，首先确定的是要表达的主题，如果是人物的雕塑，就要考虑形神兼备和气质表达。因为艺术家总是在用情感审视世间万物。

工程设计所针对的都是体。工程物就是工程实体。工程体强调功能，强调可靠，强调经济实用。而艺术体所关注的是给人眼前一亮、神清气爽的感觉，是独特清新的风格，是催人向上的精神力量。工程体和艺术体不同的追求如果合并在同一个“体”上，如果处理得当，实际并不会形成完全对立的矛盾，而是会产生相互促进，共促工程体价值提升的效果。用局部的艺术体来装饰整体的工程体，以提高其美学价值，在工程设计中也是常见的。在舞台艺术中，整体的舞台实际是一个工程系统，它是由很多工程体的机电构件共同作用完成舞台的移动、旋转、升降等工程效果，同时还必须有艺术体（部分道具）的烘托渲染才能达到预期的艺术感染力。所以，舞台系统实际就是一个工程体和艺术体完美结合的整体。当然，演员也可归于艺术体的范畴。

6.3 工程材料与艺术

就工程物的建构来说,追求“实用+美感”是现代社会生产和生活的发展方向。“实用”意味着要有生产出的工程实体,也就意味着需要使用工程材料;“美感”是艺术设计带来的。由此可见,在现代工程中,材料与艺术是密切相关的。材料为工程物形成艺术的质感,给使用者奉献良好的视觉感受,艺术效果的不断追求也促使新型设计材料及加工手段持续发展。

6.3.1 材料的工程属性

材料的工程属性即指材料在加工和使用过程中注重其功能方面的属性,主要是指强度、塑性、韧性、硬度等力学性能属性。制作工程构件的材料力学性能是主要的性能指标。此外还有一些其它的性能指标。例如不锈钢材料,其功能方面的属性主要是指它的耐蚀能力。一般而言,强调功能方面属性的材料又称工程材料。

材料的工程属性所涉及的内容更多地联系到材料的本质特征,应该是工程设计人员重点把握的,主要包括材料的性能特点、内部结构、加工工艺、应用范围等。材料的各种性能是由其内部组织结构决定的,通过改变材料的内部组织结构可以改变材料的使用和工艺性能。工程设计过程中的一项重要内容是根据工程物的应用特点确定所需材料的性能,进而选择所需的材料。把握材料的性能,首先要从原子的角度来了解材料的内部组织结构,进而了解材料为什么会具备不同的性能特点。

具有工程属性的材料主要分以下几类:

1. 金属材料

金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料是指铁及铁基合金,即钢和铸铁;有色金属材料是指铁及铁基合金以外的金属及其合金,可分为轻金属如铝、镁、钛,重金属如铅、锡,贵金属如金、银、镍、铂和稀有金属等,其中以铝、铜及其合金用途最广。金属材料具有良好的导电性、导热性、塑性和金属光泽等,是目前工程领域中应用最广泛的工程材料。

2. 有机高分子材料

高分子材料是指以高分子化合物为基础的材料。主要包括塑料、橡胶、纤维、涂料、胶粘剂和高分子基复合材料。在有机高分子材料中,各种工程塑料和橡胶应用最为广泛。

3. 无机非金属材料

无机非金属材料是指以某些元素的氧化物、碳化物、氮化物等以及硅酸盐、铝酸盐、磷酸盐等物质组成的材料,是除有机高分子材料和金属材料以外的所有材料的统

称。常见的无机非金属材料有水泥、玻璃、陶瓷等。

6.3.2 材料的艺术属性

材料的艺术属性即指材料在使用过程中注重其感观方面的属性。同样是不锈钢材料，当我们在使用它时，更多地关注它的光泽、色泽效果；关注它的视觉、触觉感受；关注它给人的感觉器官带来的直接感受的材料性能，如硬软、重轻、冷暖等；关注材料性能中能直接赋予视觉的表面性能，如肌理、色彩、光泽等。这些都是在关注它的艺术属性。从不同的角度为材料分类，如果我们提到造型材料、装饰材料、服装材料等，其内涵更多地体现出艺术属性的特征。绿色材料的概念给了我们更加丰富的材料方面的人性化的艺术思考。

应该说，材料的艺术属性最突出的表现就是材料的表观特征，或者说是外在美感。随着社会的发展，随着人们生活水平的日益提高，对产品美的追求成为人们的共同心愿。不同材料制成的产品美的表现形式包括色彩美、光泽美、肌理美、质地美和形态美等方面。其中质地美是一种内在的、本质的美，是与材料本质特征相关的美。镀金饰品和纯金饰品外观也许相同，但给人的美的感受是截然不同的。无论是内在美还是外在美，在现代社会中已经越来越显著地决定着工程物的价值实现。

注重艺术属性的材料常称为设计材料。从形态上看，设计材料分以下几种：

1. 线状材料 设计中常用的线状材料有钢管、钢丝、钢棒、铜棒、铜管、铝管、塑料管、塑料棒、木条、竹条、藤条等。
2. 板状材料 设计中常用的板状材料有金属板、塑料板、木板、合成板、金属网板、玻璃板、纸板、皮革、纺织布等。
3. 块状材料 设计中常用的块状材料有木材、石材、泡沫塑料、混凝土、金属、石膏、橡胶等。

设计材料用在艺术设计中，主要注重的是材料的感受特性，即人的感官感受作品时对材料作出的评判。或由人的知觉系统从材料表面特征得出的信息，感受特性是人在获得材料表观信息后对材料产生的生理和心理反应，它是人通过感觉器官对材料产生的综合印象。产品设计中材料的感受特性表现为材料的质感，包括触觉质感和视觉质感。触觉质感是人们通过手或皮肤触及材料表面而产生的对材料表面的知觉感受和认识。材料的触觉质感与材料表面组织构造的形态密切相关。材料表面微观构成形式的不同是产生不同触觉质感的主要原因。材料的视觉质感是靠眼睛来感知材料的表面特征，是材料经视觉感受后由大脑传递出的对材料表面特征的感觉和印象。材料的表面特征对眼睛的刺激而产生视觉质感，并因表面特性的不同而产生视觉质感的差异。

6.3.3 材料工程属性和艺术属性的关系

从功能和美感相结合的角度看，材料的工程属性和艺术属性之间都存在着密切的关系。没有核心的功能属性也就谈不上外观的艺术属性。反之，如果不注重外观的艺术属性，功能属性的价值实现就会打折扣。无论从哪方面看，如果孤立地对待材料的工程属性和艺术属性，实际效果都有可能不尽人意。只有很好地把握二者之间的关系，根据应用条件找到一个结合点，设计制造的工程物才

能指向理想的目标。

1. 本质特征与表现特征的关系

哲学上讲的内容与形式的关系，或内因与外因的关系，都能够用来描述材料的本质特征和表现特征的关系。这种关系是辩证统一的。一方面本质特征起决定作用。使用一种材料，如果不注重其本质特征，或叫内在品质，就会形成伪劣产品。而且材料的本质特征往往会直接影响到其表现特征。如硬质材料和软质材料、柔性材料和脆性材料、晶体材料和非晶体材料、细晶材料和粗晶材料等等，内在品质有很大差异，其表现出来的外观颜色、光泽、纹路等都有很大不同。由本质特征派生出来的材料的工艺特性也会影响到材料的表现特征。如不同切削加工方法形成的工件表面纹理区别十分明显；用氧化、电镀、喷涂等工艺对工件进行表面处理，得到的表面处理效果是完全不同的。

另一方面，在现代社会，材料的表现特征对产品整体价值的实现正在发挥越来越重要的作用。这种作用实际上就是材料的表现特征从人们心理接受的角度对材料的本质特征的影响。日常生活中的不锈钢制品在其制作过程中，材料的内在品质及成型工艺占了产品成本的绝大部分，但最后的表面处工艺如果达不到色泽、光泽等表现特征的要求，产品在感官上满足不了人们的心理需求，其内在品质的价值就难以实现。

理解材料的本质特征和表现特征的关系对于我们深入学习材料、认识材料、应用材料会有很大帮助。直接作用于材料的教学上，会极大地拓展学生的思路，使他们认识问题的深度和广度有所增加。

2. 功能和美感的关系

功能和美感的关系实际上与本质特征和表现特征的关系有相通之处，都是一种辩证的关系。这里谈材料的功能和美感的关系主要是从材料应用的角度加以阐述。

应该说材料的发展是从其功能开始的。人们为了满足生存的需要而发现、发明各种不同性能的材料，进而使用各种材料制成具有不同功能的产品。对于多数生产、生活用品，功能需求是第一位的，能否发挥功能，是产品质量好坏的最直接标志。做为工程师，其工作的基本出发点就是分析、研究、维护产品的功能，他所关心的材料，首先是对材料的功能发挥产生重要影响的材料的各种性能，实际上就是材料的本质特征。

随着科学技术的发展，人类的生活质量得到极大提高。在现代生活中，人们越来越注重材料的美感特征，由不同材料制成的产品其美的形态、美的表现、美的质地已经在越来越多的场合为人们所追求。从辩证的角度看，现代社会已经不能绝对地谈论功能与美感哪一方面更重要。在工程领域，如车辆、桥梁的制造，功能质量是基础和前提，离开了功能质量来谈美感是毫无意义的。在视听家电领域，尽管产品的功能质量仍是基础和前提，但随着技术的成熟，产品的竞争已经越来越多地集中在外形美感和表现美感方面。人们购买这类产品，已经在很大程度上在被对产品美感的接受程度所支配。在装饰品艺术品领域，追求美感是第一位的。或者说在这些领域内产品的功能就是它的美感。

功能与美感的结合，实际上是工程与艺术的结合。材料功能的发挥是产品质量的基本保证，注重材料的美感是追求产品高利润的重要途径。

6.4 工程制造与艺术

艺术是一种彻底的文化现象，它指向精神，指向情感。它追求美的本质使其在社会每一个角落散发着甘美的芬芳。艺术手段的多样性满足着人们在社会生活中不同的审美情趣。工程制造作为工程物实现的工艺手段，在人类物质文明发展进程中发挥着不可替代的作用。古往今来，无数以“物”的形式表达出来的艺术作品，如雕塑、装饰等，都是通过工程制造手段实现的；现代社会，无数工程物在实现功能的同时，也在追求美的感觉和美的传播。工程制造与艺术之间，正是通过有形的表达与实现建立起一种相互依存的联系。工程制造的方法很多，每一种方法都有其表达艺术精髓的独到之处。

6.4.1 传统工艺与艺术

传统工艺的范围很广，一般工程意义上讲，凡是通过力的作用来实现物的结构或外形改变的工艺方法均属于传统工艺。从“传统”一词的含义也可以这样理解传统工艺，就是世代相传、历史沿续下来的物品制作过程和方法，如历朝历代的服饰制作、器具加工等。这里我们围绕艺术品的造型或工程物的艺术修饰，说明以下两类传统工艺：

1. 传统车铣工艺

艺术构型的基本元素是点、线、面，从几何构造上看，点的轨迹构成线，线的轨迹构成面，以“体”形式表达的各种艺术特征均是由不同形式的面构成的。艺术构型体与工程物一样，其几何特征分三种类型，一是旋转体，二是平面组合体，三是一般曲面构型体。现实中，前两种构型体占绝大多数。理论上讲，任何表面形式都可以用一个点的运动来实现，但在实际实现过程中，效果和效率是人们主要关心的要素。这两个要素常常是矛盾的，即追求好的效果效率就低一些；而效率要求高时，就要降低效果的标准。用一个点的运动去形成旋转体表面构型，效果和效率是能够满足要求的，于是针对旋转体用一个点的运动来实现构型就形成了“车”的运动形式，这个“点”就是车刀的刀尖。准确地说，这里的“点”并不是严格意义上的“点”，而是一条短线（刀刃）。用点的运动去实现第二种构型体，即平面组合体，效率是难以保证的。于是考虑能否直接依靠线的运动去实现平面组合的构型。在刀体上制出不同线形的刀刃，借助刀刃的整体运动，可高效地实现表面的构型。这样就产生了“铣”的运动形式。对于第三种复杂的曲面构型体，也可以用特殊形式的线的运动来实现，就是说也可以使用“铣”的运动形式。无论是车还是铣，仅有点或线的运动形式还无法完成真正的构型，必须施加进给运动，才能实现材料的去除并完成构型。

以上从艺术构型的角度论述的“车”和“铣”即工程上讲的车削加工和铣削加工。这两种加工方法的组合，可以实现所有实体建构的外形和部分内部结构的加工。车削是最古老的机械加工工艺，

它的历史可追溯到公元前 2000 多年古埃及时代最原始的弓车床，是将圆木支撑后靠拽拉绳索使其旋转，同时用石片刮削圆木表面实现加工的过程。英国工业革命时期，具有真正意义的不同形式的车床陆续出现。铣床也是这个时期发明的。现代工程制造领域，尽管以计算机技术为基础的先进制造工艺大量涌现，但传统车铣工艺以成本低、操作灵活的优点仍在加工业占有一定份额。从车铣等传统加工设备的进化历史可以体会出工程文化的久远与深邃。

传统车铣是靠操作者手工摇动手柄实现进给运动从而完成加工工作的，虽然劳动强度较大，但非常能体现操作人员的技术水平，特别是靠双手控制 x 、 y 两个方向的运动实现复杂曲面构型，非常能展示“工匠”的精神实质。

2. 铸造工艺

铸造工艺也是一种非常传统的制造工艺方法。与车铣的减质量加工特点不同，铸造工艺是一种质量不变的加工工艺，其技术特征是“液态浇注”。最常见的铸造方法是以砂为造型材料建造铸型浇注成型的砂型铸造工艺，主要用于工程构件的毛坯制造。

中国古代的青铜文化举世闻名。在商周时期青铜冶铸技术就具有了很高水平。各种青铜生产工具对农业生产发挥了重要作用。商周时期的青铜器具多是用陶范法铸造的，相当于现在的砂型铸造。春秋时期，随着失腊铸造的发明，青铜器的铸造工艺有了很大的改进，可以实现超薄壁铸件的铸造。秦汉时期青铜冶铸技术继续发展，叠铸技术成熟使用，鎏金器物、铜镜等精美铸件显示了青铜文化的鼎盛。代表着一个历史时代，映衬着生产力的显著提高，青铜器经历了 1500 多年的辉煌历史，留存下来的每一件文物都成为了艺术珍品。

【知识点滴】秦始皇陵铜车马是中华民族文化传承的无价之宝、艺术杰作，它是迄今为止世界上发现年代最早、体积最大、最为完整的铜铸车马。对研究中国古代车马制度、雕刻艺术和冶炼技术等，都具有极其重要的文化历史价值。除了艺术构型准确生动令人惊叹不已，铜车马的冶金和铸造技术也是当时世界最高水平。其构建经过制模、造型、浇注、整形等工序。马的铸造工艺采用空心造型，有效减少变形。铜车马在制作上运用了铸造、焊接、镶嵌、粘接以及子母扣、纽环扣、锥度配合、销钉连接等各种工艺。钻孔的最小直径为 1 毫米，饰件多处用如发丝的铜丝，窗板的铜片仅厚至 0.12 到 0.2 厘米，车辆头的内孔滚圆，就象车床加工的一般。3000 多个零部件的组接方式涵盖了现焊、嵌、粘等多种连接工艺，一些工艺在世界上领先了千年以上。

失腊铸造又称熔模铸造，它是利用腊质材料制作壳型然后浇注金属的铸造工艺。由于腊模可以制作的很精致，各种艺术构型都容易实现，因此失腊铸造可以形成外观精美的艺术作品或工程物。中国自春秋时期就掌握了失腊铸造工艺，主要用于制作各种铜器。战国以后，失腊铸造法的应用范围进一步扩大，除鼎、彝外，还用于铸造印玺、乐钟、佛像和少数民族地区的器具、饰品等。现代工业生产中，失腊铸造作为一种精密铸造工艺方法，在金、银、铜等贵金属制品的制造中发挥着

不可替代的作用。同时，由于失腊铸造成形精度高，表面质量好，能够实现具有复杂曲面构型的制件，因此在航空、仪表、工艺美术等领域得到广泛应用。

失腊铸造具有突出的工程与艺术结合的特征，其产生发展的历史无论是从工程演化、技术文明的角度，还是从人文艺术、思维方法的角度，都显示出极强的工程文化意蕴。比如春秋战国时期的曾侯乙尊盘造型极其复杂和精美，底座为多条相互缠绕、首尾相连的龙，多层云纹状图案构型独特，用其它工艺很难制造出来，而利用石蜡强度很低、易于刻划的特点，可以雕刻出曾侯乙尊盘一样的石蜡材质的工艺品，然后再附加浇注系统，涂料、脱蜡、浇注，就可以得到精美的曾侯乙尊盘。曾侯乙尊盘工程与艺术浑然天成，是价值连城的文化艺术珍品，展现了中华民族的勤劳和智慧。

3. 连接工艺

连接工艺即组合构型工艺。工程上经常把复杂的型体结构分为简单构件，分别加工，然后用一定的方法连接起来，形成整体，实现设计的功能需要。艺术构型也有类似情况。艺术工作者或工业设计人员在构思艺术作品或工程物的美观效果时，往往专注于艺术情感的发挥，以实现艺术的美为唯一目标。但在现实中，无论是工程物还是艺术品，只要计划实现出来，就一定存在成本问题。艺术构思中常用的曲面构型在用工程制造手段加工时，一般成本都较高。一方面要求设计人员要综合考虑艺术美和制造成本问题，另一方面可以灵活地采用“化繁为简”、“化整为零”的方法，分别设计制造出较为简单的组件，然后进行拼接，以实现艺术构思。

工业上常用的连接工艺是焊接，即通过加热或加压的方法将组件连接在一起。对于艺术构型的组合，特别是小巧精致的工艺品组合，使用常规的电弧焊往往难以实现艺术的美观效果。除碳钢之外的其它金属材料用普通的电弧焊也难以获得满意的焊接效果。现代工业生产中，以不锈钢材料为代表的一系列金属材料的组合拼焊应用最广泛的焊接方法是氩弧焊。使用惰性气体氩气作为保护气体的氩弧焊电流密度大，热量集中，可以得到组织致密、力学性能高、外形美观的焊接接头。由于氩弧焊的电弧燃烧稳定，热量集中，弧柱温度高，焊接生产效率高，热影响区窄，因而所焊的焊件应力、变形、裂纹倾向小，这些都是艺术构型精度提高的保证。

6.4.2 数控工艺与艺术

数控即数字控制，它是利用计算机数字化信息对机床若干方向的运动及加工过程进行控制的一种加工工艺。数控工艺目前已发展成为现代制造业的主流加工工艺，其技术原理是通过程序控制坐标运动，工作机构在几个方向的同时或顺序运动中实现刀刃的切削工作。数控工艺使用的程序简称 G 代码，可以手工编制，也可以用软件设计建模后通过软件的 CAM 功能生成。数控机床的大脑——数控系统负责识别程序指令，按程序指令规定的功能控制相应的执行元件运动实现加工所需的运动形式。数控加工工艺主要也分为车铣两类，数控车削完成旋转体工件的自动构型加工，数控铣削实现平面或复杂曲面组合体的构型加工。对于数控铣削，如果能够实现不同加工工序所使用的不同刀具的自动更换工作，由此形成的加工机床即“加工中心”。将车、铣等加

工工艺复合成一台机床,就形成了具有更高性能的“车削中心”或“卧式加工中心”的数控加工方式。数控工艺刀具运动的切削原理与传统车铣是相同的,但由于计算机可以同时控制多个运动而且运动控制精度和主轴电机的运动速度均大幅提高,使得数控工艺构型更加复杂和精确,表面成形效果更具美感,加工效率显著提高。

从艺术表征实现的角度看数控工艺,可以认识到通过数控工艺能够将艺术构思设计所期待的更加复杂、更加精美的“物”的艺术构型实现出来,且无论从美观度表达方面还是完成效率方面都是传统手工操作无法比拟的。这是数控工艺在艺术品制作及工程物增加美观度的应用领域得到极大的拓展。需要注意的是,从艺术价值体现的层面应辩证看待现代数控工艺和传统手工工艺。其中表现出来的是传统与现代在交织过程中文化价值观取向问题。一般来讲,传统的东西由于积蓄的内涵更丰富,因而会具有更高的价值。现实中,随着科学技术的飞速发展,艺术品的实现手段以及工程物的美化手段日益丰富,当对象的现代感过于强烈时,其价值反而会降低。比如用数控工艺雕刻的印章与手工精细雕琢出的同样的印章相比其文化价值孰高孰低是不言而喻的。从另一方面看,这也体现了随着社会文明程度的提高,人的价值也在提升,也即人在社会实践活动中的主体地位不断在提升。

除了数控车铣工艺外,与艺术构型实现关系较为密切且工作原理是利用数控运动形式的加工工艺典型的还有一些切割和雕刻工艺,如等离子切割、水切割、激光切割、激光雕刻、气动打标等。其中激光切割和雕刻是应用非常广泛的加工工艺。由于激光的温度和能量密度非常高,在面的构型过程中,经激光束作用的面非常平滑,平面构型结构的精度非常高。

6.4.3 3D 打印与艺术

3D 打印技术又称增材制造技术、叠层制造技术,它是一种以计算机建模控制为基础,运用粉末状或丝状可粘合材料,在加温的同时通过挤压送进逐层粘接的方式来实现物体构型的技术。在构型过程中,当人们目睹艺术作品或工程物在一个运动平台上“从无到有”时,往往会触发人们无限的设计遐思,期待着这项技术能够将更多的文化艺术精品呈现在眼前。事实确是如此,3D 打印技术是近年来发展非常迅速的快速成形技术,它以其构型的精确复杂而又色彩缤纷的构型能力在珠宝、鞋类、工业设计、建筑、工程施工、汽车,航空航天、牙科和医疗产业、教育、土木工程等领域得到广泛应用。在工艺美术方面也显示了它的构型魅力。从加工原理上看,目前常用的熔融沉积式打印方式(FDM)实际是采用数控工艺的运动形式,加之丝状材料通过高温挤压熔融沉积过程连续送进实现物的构型的。

使用不同材料完成 3D 打印构型,实现不同功能、不同质感、不同色彩的设计要求,对人们充满了文化和艺术的诱惑,为社会增添了发展的活力。最常见的工程塑料类打印材料在日用品、工程及艺术模型、工程构件等方面已经得到成熟的应用;金属材料 3D 打印技术以金属快速成形的高精度和艺术美感以及在工程领域的实用性使其成为制造工艺构型的热点研究发展方向。以电子束熔融、

激光熔融、激光烧结等技术原理为代表的金属增材制造工艺设备在高端智能制造领域得到迅速推广，德国、美国等金属 3D 打印技术厂商提供的相关设备以精美高效的构型效果得到全球推崇。中国在这个领域技术发展也非常快，铂力特、华科三维等品牌致力于金属增材技术的持续创新，为航空航天、医疗、制造、汽车等众多行业提供了卓越产品及解决方案。

食品 3D 打印技术的研究推广为人们的生活增添了新的文化艺术品味和乐趣。通过挤压或其它作用形式将柔性或半融态食材从型嘴推出，利用数控工艺的运动形式形成食品的精美构型。根据食材的不同，还可为机器增加烤制造等辅助功能。可用于食品 3D 打印的食材有巧克力、面品、奶酪等。设计者在计算机上设计出食品的构型样式，根据需要配好原料，开动机器，在充满韵律的打印构型过程中完成设计食品的构型工作。食品 3D 打印机会把人引入充满趣味的工程与艺术交融的文化情境，同时也能够帮助人们制作出更加营养、健康且具有艺术美感食品，应用于家庭，可以增加家庭的文化氛围。

作为艺术构型的一种现代手段，3D 打印作品的造型特征、机器本身的构型及色彩都极具现代感、文化感和艺术美感。配合现代的三维扫描技术，可以实现“立体成像”的功能。在“3D 照像馆”，利用“三维扫描+3D 打印”的技术组合，可以将本人的立体图像栩栩如生地实现出来。这项技术实际是一个完整的“逆向工程”过程，其中工程与文化艺术交织融合的意蕴十分深厚。

3D 打印作为一项现代加工技术和艺术构型方法，它的文化价值首先表现在促进人的工程文化思维的发展，将现代的技术文化与传统的艺术设计结合起来。我们可以赋予它更加丰富的时代感，用 3D 打印机构建出“中国梦”、“福娃”等充满时代文化气息的构思方案。

6.4.4 表面处理工艺与艺术

色彩和质地是艺术构型完成后最终获得艺术效果的两大关键因素，同时也对作品或用品的文化和艺术价值产生重要影响。色彩的三大属性——色相、纯度和明度决定了色彩带给人们的心理感受。比如说，对于色相的选择，是玫瑰红，还是桔黄，是人们对色彩形成的感观第一印象。纯度和明度进一步形成了人们对于色彩的精致感受。色调的冷暖轻重可以表达不同的情感特征，是人们对于色彩选择的重要依据。质地是对构型材料结构性质的特征描述，当人们用感观去评判材料的质地时，形成的视觉或触觉印象就是所谓的质地感或质感。如果说色彩更多偏重于美工的构思设计，那么形成质感的原因则更多地源自工程因素。实现色彩和质感的工程方法很多，下面简要介绍几种。

1. 静电喷涂

喷涂是形成物体表面色泽最常见的方法，是用漆料在物品表面形成色彩保护和装饰层的过程。喷涂形成的表观效果主要取决于物品本身的表面平整程度以及漆料的质量。静电喷涂是利用静电吸引的原理，通过高压电场使涂料带负电荷，机械喷出后形成雾状吸附于带正电荷的物品表面。在物品经前期处理达到平整清洁效果的前提下，静电喷涂在构件表面形成的涂层也会平整均匀，并且色泽鲜艳，附着牢固，具有较高的涂饰效率。在操作方面，静电喷涂一般是手持喷枪人工控制喷嘴移

动，喷涂质量与操作熟练程度关系很大。现代化大规模生产已经实现了采用数控运动形式的自动喷涂生产线，使得喷涂质量更稳定，效率更高。

2. 表面抛光

抛光是一种最传统的表面处理工艺，它是用工具或设备打磨工件表面形成光泽效果的加工方法。古代青铜器外观精美的艺术效果就是在冶铸成形后经表面抛光实现的。由金银、玉石等贵重材料制成的精美工艺品、装饰品、首饰等均需在加工过程中进行抛光才能实现艺术精美效果。传统的手工布轮抛光能够形成金属表面细致的纹路，光泽效果明显，金属本色的质感突出，常会形成高档的艺术品价值。比如精美的高档不锈钢餐具一般由手工抛光得到。手工抛光得到制件的表面质量好，柔和的光泽及美的质感突出，但操作者的劳动强度大、劳动环境恶劣、劳动效率较低。对于产量大，要求档次不高的制件，往往采用机械抛光方法，如振动抛光、滚筒抛光等。

3. 电镀、化学镀工艺

电镀工艺是利用电解原理在导电制件表面形成镀层的工艺方法。电镀时，镀层金属为阳极，工件为阴极，通过电解作用实现，镀层金属在工件表面被还原沉积形成镀层。镀层牢固地附着在工件表面，发挥防护功能或装饰功能，多数情况下，两个功能兼而有之。钢铁基体上镀铬是最常见的电镀工艺，铬层在自然环境中非常稳定，能够长期保持光泽，且硬度高、耐磨性好。电镀时，需要根据电镀的主要目的加入合适的添加剂。如以装饰为主要目的，则加入光亮剂；如以耐磨为主要目的，则加入稳定剂。除镀铬外，常用的还有镀铜、镀锌等。其中镀铜可以经过适当处理得到不同的装饰色彩，艺术效果十分明显。

化学镀是在无外加电流的情况下借助还原剂的还原作用，使镀液中的金属离子还原沉积在工件表面形成镀层的过程。化学镀的优点是环境污染小及成本低，在电子、汽车、航空航天等领域中得到广泛应用。镀镍和镀镍磷是化学镀的常用方法，以耐磨为主要目的，同时能够得到较美观的表面特征。

4. 氧化处理

氧化处理是通过化学反应在基体表面形成氧化薄膜达到防护和美化功能的金属表面处理工艺。钢铁制件氧化处理通常称为发黑或发蓝处理，其过程是在化学溶液中经过一定时间的高温或常温浸泡，形成黑色或蓝色氧化膜，有较好的光泽，表现出沉稳的质感。铝合金的阳极氧化在工业生产中应用广泛，它是以铝合金制件为阳极，通过电解作用在其表面形成氧化膜的过程。一般得到白色的表面效果，色泽均匀柔和，给人以纯和洁净感。通过添加剂铝合金氧化也可得到其它色彩，如灰色、黄色等，使其装饰风格得以丰富。不锈钢是当今社会生产生活应用非常广泛的金属材料。现实中，不锈钢表面一般都追求各种美观效果，如镜面、磨砂、拉丝、着色等，其中着色可实现彩色不锈钢的效果，其原理就是利用化学或电化学的氧化处理方法。

现代表面处理技术还有许多，如真空镀膜、离子镀膜、电泳漆膜等，多数都以提高材料表面性

能为主,同时采用不同手段实现各种视觉美感。无论哪种表面处理方法,前处理工艺都非常重要,污渍、油渍、杂质、凸起、凹陷等会严重破坏表面处理后的美观效果。因此,采用超声波清洗、抛光等方法进行处理前预加工是表面处理技术的必要步骤。

6.4.5 电火花工艺与艺术

艺术构型主要指外形,也包括内形。当构造的作品外形需要大量重复实现时,用刀具运动形式依次加工,效率就会很低,满足不了实际需要。工程上实现对同一物品大量重复加工的方法称为模具加工,所使用的成形工具——模具是一个专门的制造领域。工件要实现的外形对于模具来说就成为了内形。用常规的方法大量加工内形精度低、效率低、成本高。于是人们在实践中发明了电火花加工,用于加工模具内形具有独特优势。比如一辆造型为流线车身的轿车,车身壳体分为车顶、侧身、车门、底盘几部分,需要分别制造模具,模具内形即车身壳体几部分的构型,模具分上下两部分,分别称为凸模和凹模,需用大型电火花机床精密成形,然后将模具安装在冲压机床上,凸凹模相对运动一次,就完成了壳体部分的构型。由于模具制作精度很高,因此车身壳体的设计构型能够也能够高精度地实现出来。

电火花加工是一种利用电能和热能对导电的金属制件进行精密构型的加工工艺,也称放电加工。电火花加工是靠工具电极与工件电极间不断产生的脉冲火花放电,利用瞬时接触区域在微观放电时产生的超高温熔蚀多余金属材料而完成设计构型的加工。由于电极放电过程中产生火花,故称电火花加工,它也特指针对模具内腔的成形加工。而针对平面制件上各种形式的孔的电火花加工又称为线切割加工,因为工具电极是一根铅直的细丝(钼丝)在运动过程中貌似在切割制件。电火花加工有两大优势,一是无论工件材料强度硬度多高,只要导电就可以实现加工;二是加工精细,内腔成形表面质量好。电火花穿孔机可以实现 0.2mm 的细孔加工,线切割加工可加工出如“中国龙”样复杂的平面构型。

电火花工艺在制造领域属于特种加工。所谓特种加工是指加工过程中使用的是除机械能以外的其它能源的加工方法。由于电火花加工不产生切削力,因此适合加工低刚度工件及微细精密加工。此外可以将工具电极的任意形状精确地复制到工件上,因此特别适合复杂表面尤其是各种模具内形型腔的加工。

本章我们探讨的工程与艺术,也包含着很深的文化底蕴。或者说是“工程文化”整体概念的艺术表达。无论是“工程物”中蕴喻的艺术情感的表达,还是“艺术品”中给人带来的美的享受和更高标准的祈求,都是社会的主体——人的创造和孜孜以求。就象物质文明所追求的社会的满足与精致,就象生态文明所向往的自然的心旷神怡,就象精神文明所追求的内心的愉悦与充实,工程与艺术中蕴含的文化内涵也是充满激情的人和充满生机的社会所追求的进步与提升。每一件“物”的艺术品或功能用品,都包含着工程与艺术这两大要素。用文化将二者联系起来,就是说工程与艺术的结合能够体现出很多文化的情结。用艺术的目光审视工程,我们会发现工程涉及的所有要

素中都蕴含着美；用工程的目光审视艺术，我们会感受到艺术在带来美的同时还包含着那样多的充满厚重感的实际内容。

第七章 工程文化的路径探析

路径，作为现实中存在的交通设施，其含义再简单不过。但将其上升到理性，成为意识形态中战略、规划、发展的通道，探索这条通道的畅达性、方向性以及构成要素，其深邃性、广博性骤然突显。将工程文化作为路径是一个很宽泛的概念，但极具现实意义。中心问题是，工程文化作为什么的路径？怎样将工程文化的概念、范畴、内容具体化，使之成为一条通畅的路径，并为路径上运行的东西提供动力？中国特色社会主义道路是一条引导中国人民走向现代化、实现中国梦的阳光大道。几十年发展取得的巨大成就证明了这种道路对中国的唯一正确性。我们需要思考的是，立足新时代，如何在这条宏观道路上具体探索相关领域中的发展路径。

7.1 基于中国制造的路径思考

我们探讨了工程文化的本质和内涵、工程的历史溯源、工程的时代使命、工程与思维、工程与哲学、工程与艺术。所有这些，都是工程文化的构成要素。作为一个内容丰富、内涵深刻的集合体，工程文化在新时代担当着重要的责任与使命。这里，我们将目光集中在中国制造业的现状与发展，集中在“中国制造 2025”国家战略规划的现实与远景。在这个意义上，工程文化可以成为中国制造业发展的一条路径，一条指向宽广、快速、光明的发展之路。

“中国制造 2025”为中国制造业由大变强描绘了发展蓝图。经过改革开放 30 多年经济的快速增长，中国经济总体实力已稳居世界前列。自 2011 年起，国内工业经济增长开始呈现回落态势。经济增速下降趋稳，稳中求进，是近几年中国经济的运行特点，显示出“新常态”的发展趋势。在“大干快上”的年代，人们处理事情急于求成，凡事希望立竿见影，讲求不惜代价。这是感性大大超越理性的年代，当然也可以说是只争朝夕的年代。发展的果实确实见到了，但发展的代价也确实付出了。现实促使人们稳一稳，反思一下，到底应该追求什么样的发展。2015 年 11 月开始的供给侧结构性改革，实际就是在反思的基础上针对发展带来的环境破坏等弊端进行的理性的、全方位的社会深刻变革。供给侧改革实际上也是为稍早发布的“中国制造 2025”国家战略铺设道路，扫清障碍。本书论述的主题——工程文化就是在“中国制造 2025”大力推进的背景下，着眼于中国制造的由大变强，为发展过程中出现的问题把脉探路。从图 6-1 可以看出，中国制造由大变强的路径涉及工程文化中的理性、实践、创新三方面的内容。

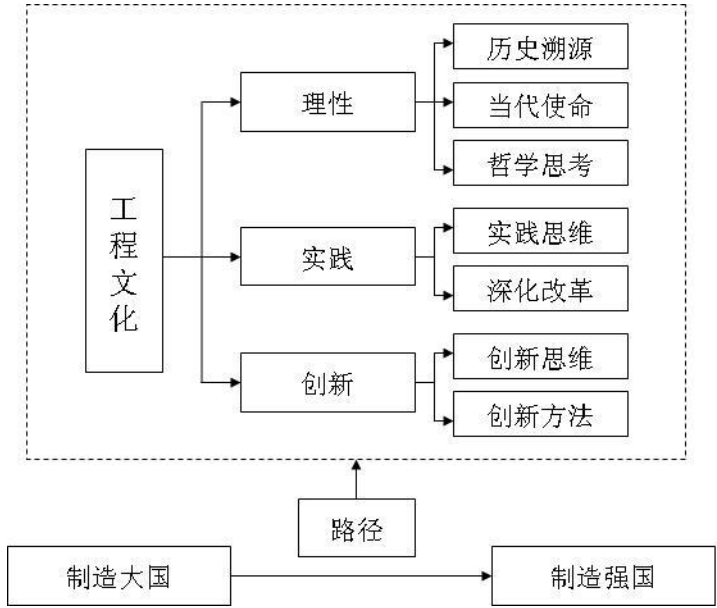


图 6-1 中国制造由大变强的发展路径

7.1.1 理性的路径思考

理性是一种指向思维的人的情感态度和能力，通过这样的态度和能力，人能够在知识和个性素养的引导下用概念、判断、推理等逻辑形式去分析和处理问题。理性通过分析观点与具有因果联系的论据发现真理，通过符合逻辑的推理而非依靠表象而来获得结论或行为的根据。人的理性是受情感支配的，而情感的变化来自于外界的刺激。当这种刺激较强烈地作用于人的内心时，人的情绪会产生较大波动，理性的天平常常失去平衡，于是就会产生非理性的行为。常见的例子是“非理性消费”，又称“冲动消费”。由于历史原因，受民族感情和情绪影响，一定时期经常会出现“抵制日货”、“抵制韩货”的呼声。理性地想一下，在全球经济一体化的今天，经济上相互牵制，你中有我，我中有你，即使不考虑产品质量的因素，依市场规律的作用，加之变化万千的人的心态，这种情绪化的东西也不会长久。从这里可以理解，理性和非理性产生的结果受人的情感因素和社会环境因素的共同作用。

理性的意义在于以贴近社会的价值观取向去实施行为，在于对自身的存在价值及超出自身范畴的社会使命负责。理性是较强自我意识的体现，它对于规范人的社会行为，促进思维发展具有积极的现实意义。理性是伴随人类的认识活动而产生和发展的，它在人类生存发展中促进生产力水平的提高作用巨大。理性是一种哲学思考，古今中外的哲学家、思想家对事物本原和演化的探讨，形成的诸家百说，无不是理性思考的结果。亚里士多德的“范畴”，柏拉图的“理念”，洛克、休谟的“经验”，笛卡尔的“理性”，康德的“先验”，直到马克思的辩证唯物主义和历史唯物主义，理性思考虽然引导出不同的世界观认识论，但它们对发展人类思维，促进社会进步都具有积极的意义。

对于人的个体来说，理性和非理性含义的褒贬色彩很浓。所谓“失去理智”、“遇事冲动”就是非理性的极端表达。社会是由人的个体组成的。非理性行为的广泛存在意味着社会的不规范和

稳定。中国历史上传承下来的优秀传统文化思想如孔子的“仁义礼智信”，老子的“道法自然”，应该说都是经典的理性哲思。这些思想千百年来传播形成了中华民族和谐共荣、追求美好的社会基础。理性和非理性作为看待事物对立的两种态度，当辩证地从不同角度看待事物时，往往会做出不同的取舍。用现在的目光审视，我国自建国到文革结束，由于“阶级斗争”的意识处于主体位置，很多政策措施显得“非理性”，特别是文革时期很多行为是失去理智的。但站在当时社会背景、国际形势的角度，有些事情是可以理解的。

改革开放初期，经济萧条，百废待兴，在无经验可鉴的情况下，能够解放思想，摸着石头过河，大胆去闯，大干快上，这也是难能可贵的。可以说中国特色社会主义道路就是从这种精神和干劲中探索到的。当然，在后来，由于过分地追求经济增长，过分地依赖资源，造成了发展的盲目性，自然环境和社会环境的一些弊病显露出来，其中确实含有经济追求中非理性的成分。这里面存在的理性和非理性的辩证关系，同样需要我们进行理性的思索。

认识到发展中存在的问题，及时调整方略，这是对待事物的科学态度。自 2012 年以来，中国在经济、政治、社会领域中的一系列战略规划和改革措施，其中包含着大量的理性元素。比如国家发展中摆在突出位置的生态文明建设，体现在“中国制造 2025”中，绿色制造的概念内涵和实施策略阐述得非常具体；再比如创新驱动，对比过去的要素驱动和投资驱动，理性发展的意蕴非常强烈。

“中国制造 2025”将智能制造确定为装备制造业的主攻方向，是充分认识到信息、生物、新材料、新能源等高科技产业的兴起都将以智能制造为核心。这是中国制造由大变强的关键所在，也是产业经济转型升级的突出标志，其中蕴含了时代要求的深刻的理性发展内涵。供给侧改革提出的五项任务——去产能、去库存、去杠杆、降成本、补短板，直指以往发展中对待经济指标、对待环境资源的非理性行为，树立新的理念，制定新的政策，在各领域扶育创新的氛围，着力打造新经济全球浪潮中适应中国经济发展的新引擎。

理性并不是一个可以直接作用路径的概念，但它可以作为要素在发展的路径上扮演重要角色。理性意味着权衡，代表着审慎，它包含着唯物观、系统观的思想。强调理性并非完全忽视了感性，认识事物从感性上升到理性的规律是不会变的。只是在继续前行的路径上更多地吸取以往的教训，借助理性强化思维，将它视作路径上的调和剂、消融剂和加速剂，化解要素间的矛盾，消除路面上的羁绊，为发展提供更充足的动力。理性不是唯心观和旧唯物观认识的理想主义，通过理性的思考可以在行进中正视矛盾，发现问题，并利用科学的方法找到化解矛盾、解决问题的钥匙。

7.1.2 实践的路径思考

在探讨发展路径的问题时，一定要重视实践观的问题。可以说实践的观点和思维方式是“中国制造 2025”战略实施的科学路径。实践的观点是马克思主义哲学首要的基本的观点，也是其本质特征和思想精髓。人类历史全部的社会实践活动印证了马克思主义实践观的科学性，更说明了它贯穿于全部辩证唯物主义和历史唯物主义的各个环节。改造和利用自然的实践如此，改造和利用社会的实践同样如此。马克思主义实践观从哲学的高度对实践在人类社会文明进步中所起的决定性作用作出了科学精准的概括。

1. 实践思维方式

人的思维方式简单地理解就是如何思考问题，如何认识问题。事物在产生、发展过程中，必然存在主客体双方。站在不同的角度看待事物的特征和规律，大脑中的思维方式可能是截然不同的。从古到今，伴随着社会的文明进程和技术的进步过程，人的心智逐渐愈发成熟，思维层次不断跃升，思考问题的方式方法也日趋理性。在发展中必须深刻地认识到，思维方式对于人类历史进化过程中出现的所有社会活动，产生的所有目标结果都发挥着极其重要的引导作用。它决定着人是否有能动性去作为，去创造；也决定着能动性发挥的效果。毋庸置疑，教育对于人的思维方式形成、发展和转化所起的促进作用是显著的。

从普遍意义上讲，实践的含义包括三方面。一是涉及实体构建的社会活动，包括所有面向产品的产业生产行为；二是涉及实体实现并延续其功能所进行的偿试活动，也就是面向产品的原理、结构、性能所进行的科学实验工作；三是涉及组织管理、政策法规等意识形态方面的社会活动，如改革措施、发展战略的制订活动，包括调研、讨论、会议等方式方法。对于实践概念的总体把握，应该突出一个“实”字，是将通过思想意识形成的认识成果加以验证的整个过程。

毛泽东的《实践论》深刻阐述了人类认识活动和实践活动的关系，是对马克思主义实践哲学立足阶级烙印和时代特征的深刻探究。“认识从实践始，经过实践得到了理论的认识，还须再回到实践去。认识的能动作用，不但表现于从感性的认识到理性的认识之能动的飞跃，更重要的还须表现于从理性的认识到革命的实践这一个飞跃。”^①从中可以看出，实践对于事物沿着科学的轨迹、向着真理的目标矫健前行，并不断促进人的认知能力提升具有重要的现实意义。

在对实践概念深刻理解的基础上，可以进一步掌握实践思维方式的要旨。设身处地去想，如果脱离了实践，人的思维方式会处于什么境况。在人们对自然界的现象、原理知之不多的年代，思想意识占主导地位是尽然的。可以说，唯心论的东西在人类社会的发展进程中，在人的现实生活中，经常性地存在于人的大脑甚至左右着人的行为。在人的思维方式发展历史上曾经大行其道的朴素辩证思维方式、形而上学思维方式、思辨思维方式无不以脱离实践为本质特征，以超越现实的意念去统领一切，用超经验的精神把握观念理解世界。其中不可否认在一定历史阶段对个体的生存和社会的稳定发挥了积极作用，但总体上阻碍了历史的文明进程。

所谓的实践思维方式，就是从感性实践活动出发去理解、把握和评价相关问题的方法。历史和现实证明，马克思的实践思维方式真正反映和体现了伴随大工业的资本主义社会政治经济发展状况的新时代客观要求，是最先进、最科学的哲学思维方式^[2]。它具有显著的时代特征，在不同的社会形态和历史时期都具有促进社会文明进步的强大生命力。正确思维的形成和发展离不开教育，教育学关于促进个体身心全面发展的教育目标决定了教育在引导人的思维方面意义非凡。面向实体构建的教育即为工程教育，从思维的角度看，自然也就产生了实体思维和工程思维的概念。

如果说实体思维或工程思维是物的构建过程中涉及具体环节和细节的思路引导，如产品的功能、原理、结构等，那么对于在一定社会环境中进行的工程活动整体来说，还得有紧扣时代脉络的方向性、路径性的思想基础做保障。这个思想基础也是一种思

思维方式，就是建立在马克思实践哲学思想上的实践思维方式。工程是实践的工程，实体是实践的实体。在马克思看来，作为实践主体的人从起源到发展上也具有深刻的实践性的。

实践思维方式的客体集中在面向工程实体建构以及工程活动组织管理中存在的人才培养规模和质量问题。对这一问题的深入探讨，或从新时代的全新视角去分析研究，对于当前形势下解决党的十九大提出的“人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”具有全局战略意义。为此，必须充分认识到实践思维方式以下三个主要特征：

（1）突出的物性特征

工程活动的目标是通过创造产生新产品、新工艺、新市场、新材料、新管理。所有这些都围绕着能够实现商品价值的有形实物。工程教育贯穿其中，以塑造人的务实品质，提升人的创造价值，进而推动社会的物质文明为责任担当。因此，在工程教育过程中起指导作用的实践思维方式具有突出的物性特征。面对工程教育，面对实体构建，以实践思维方式去探究事物从无到有的发生轨迹，必须始终不离“物”的概念，本着物性原则去展开思索，去寻求解决问题的创新方法和路径。

（2）显著的进化过程

毛泽东在《实践论》中指出，“人类社会的生产活动，是一步又一步地由低级向高级发展。因此，人们的认识，不论对于自然界方面，对于社会方面，也都是一步一步地由低级向高级发展，即由浅入深，由片面到更多的方面”^①。进化的含义是指事物由简单到复杂，由低级到高级逐渐发展变化。通过进化，不断提升，是自然界、人类社会和人的思维向前发展的基本轨迹。从一辆轿车、一部手机的发展历程，就可以体会中进化对于工程实体存在的重要意义。思维方式是伴随着人面对自然和社会的认识活动而产生和发展的。科学发现和技术进步显著地促进了人类认识能力的不断提高。这个过程与工程教育唇齿相依，实践思维方式作为思维方式进化的高级阶段，其本身也在进化中不断完善。

（3）鲜明的时代标志

工程教育的改革和发展是顺应时代要求的。现阶段工程教育中存在的脱离实践观的突出问题也是不容回避的。近年来，人们深刻感受到了科技的飞速发展给生活方式带来的巨大影响。高铁改变了我们的时空观；大数据下的共享带给我们生活的便捷和新奇；商业运行新模式送给我们更高的工作效率和更多的生活乐趣。改革开放以来，经济发展中的很多弊端，生态环境的恶化使国家充分认识到了国力的提升、国富民强与发展高端技术，生产高端产品密不可分。为此国家提出了一系列的改革措施和发展战略。应该说，这些都离不开实践思维方式的指导，特别是新型工程人才的培养是基于工程教育改革的实践思维方式的运行方向。

作为国家战略规划，“中国制造 2025”提出要通过政策和制度优势，突出创新驱动，重点发展高端装备制造业，实现中国由制造大国向制造强国的转变。在其引领下，在改革措施的推动下，以智能制造为引领的中国制造业在很多领域发展迅速，取得了另人瞩目的成就。高铁已经融入生活，中国标准动车组“复兴号”在创新实践中呼啸而至，逐梦前行。

2. 深化改革

改革是深入的实践，改革是路径的探索。我国在中国特色社会主义道路上高歌前行的征程中，取得了辉煌的成就，也产生了不容回避的问题。矛盾的普遍性决定了矛盾在任何时间、任何地点都存在，矛盾运动是事物发展的根本原因。马克思主义哲学原理阐明了人类社会的基本矛盾是生产力和生产关系、经济基础和上层建筑之间的矛盾。这一基本矛盾表现在中国社会主义建设历程，也就是国内的主要矛盾，经历了三个阶段。建国初期直至改革开放，我国确立的社会基本矛盾“是人民对于建立先进的工业国的要求同落后的农业国的现实之间的矛盾，是人民对于经济文化迅速发展的需要同当前经济文化不能满足人民需要的状况之间的矛盾”。应该说，这一矛盾定位也是准确的。只是在当时的社会状况下过多地陷于阶级斗争的漩涡，没有立足经济发展着力解决这一矛盾。改革开放初期，我国将国内社会主要矛盾明确表述为“是人民日益增长的物质文化需要同落后的社会生产力之间的矛盾”。对这一主要矛盾的深刻认识和牢固把握，触发了中国特色社会主义建设的伟大实践热潮。经过 30 多年的改革实践，中国经济从弱到强，人民生活从贫到富，改革带来的鸿利惠及到社会的各个领域，人民也充分品尝到了物质生活不断丰富的甜头。但事物都是一分为二的，事物矛盾的主次方面也是会转化的。经济发展最显著的标志就是 GDP 的数字指标，而人们心理需求的舒适美好生活的标准却不是单一的经济指标能够涵盖的。享受着改革开放成果的同时，人们渐渐感到缺失了许多，大自然的蓝天碧草，社会中的人情冷暖，人与自然的和谐交融。原先的次要矛盾在经济发展中逐渐上升至主要矛盾，这使我们感觉到深化改革的必要性和迫切性。

党的十九大报告指出，我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。社会主要矛盾的转化是中国特色社会主义进入新时代的重要标志。从对社会主要矛盾转化的阐述中我们可以看出，不断深化对社会形态中突出要素的认识，善于抓住社会主要矛盾，为发展确立方向，是形成社会前行动力的根本。从建国以来社会主义建设的改革实践可以总结出，对矛盾的认识左右着方向，左右着决策，左右着改革的方略和成效。

在认识到发展中出现的瓶颈及包括技术水平和体制机制的原因的基础上，自 2012 年始，国家发布并实施了一系列旨在提高发展质量的战略规划，“中国制造 2025”、“一带一路”、“互联网+”、“双创”等。要经济增长，更要增长质量；宁可降低增长速度，也要增长质量。新的发展理念确定了新的发展方向。近年来在不断深化的全方位改革促进下，产业转型升级已见成效，以高科技为核心的经济新的增长极日显生机，大国地位有效巩固并提高。经济新常态引领的供给侧结构性改革是一场深刻的社会变革，它从具体的任务措施到体制机制改革为信息时代新经济环境下经过科学调整的经济发展战略目标保驾护航。

在教育方面，人才培养过程中所包含的各种要素协同配合保证和促进着人才培养的质量。教育理念、教育方法、教育模式、教育内容、教育管理……这些要素不是一成不变的。要素是环境需求的产物，当自然、社会环境发生变化时，由其产生并为其服务的要素必然会随之变化。产业经济的转型升级，创新驱动的持续发力，人与自然的和谐共存，新常态下的改革深入，这些都迫切需要与之相适应的高质量人才的支撑。可以说，如果没有人才培养涉及的教育改革，特别是与经济发展

更加贴合的工程教育改革不走在前头,各种教育的要素不能与产业经济改革要求相适应,人才培养质量受到影响,产业转型升级中首当其冲的人才要素得不到满足,改革很大程度上就会成为空谈。在这种形势下,发展的需求催生了“新工科”工程教育改革。“新工科”的“新”体现了经济形势发展对工程人才的新需求,对人才的知识结构、能力培养的新要求。改革的方向是面向高新技术多学科、跨学科的特点,调整教学过程和管理,大力培养具有综合型、交叉型的知识结构和创新实践能力的工程人才。

发展任重道远,改革永无止境。“中国制造 2025”确定的制造业分阶段发展目标与十九大报告提出的国家发展“两个阶段”的奋斗目标是相吻合的,这也凸显出制造业对国计民生的重要意义。

“立国之本,兴国之器,强国之基”,“中国制造 2025”为制造业在国家发展中提出的定位给我们增添了责任感和使命感。其中包含的目标和任务都必须通过改革实践来完成。制造业中包含了大量的工程内容,也是典型的工程领域。“中国制造 2025”中智能、绿色、质量、品牌等核心内容富有强烈的文化内涵,是工程与文化协调交融的突出表现。将工程文化涉及的各种要素聚集凝炼在一起,成为制造业发展的宽广路径是当之无愧的。

7.1.3 创新的路径思考

从概念上讲,创新是一种在主观努力作用下形成新事物的实践行为。在现代社会中,随着社会多元化的不断拓展,“创新”一词的概念外延也在不断拓展。或者说,在当今社会,“创新”一词极具活力。创新是行为,创新是过程,创新是路径,创新是动力,创新是引擎,创新是发展,创新是改革……我们细细品味,每一种说法都有它的道理,都有认识事物的角度和侧重点。从这些表述中,我们深切地感受到,创新的概念在无限延伸,归根到底,创新是无限的。聚焦在路径上,面对发展的问题,“路径”的喻意也是极其深刻和广博的。路径是通往目标的通道,形象地理解,一条真实的、高标准的道路是由很多工程要素构成的,“高标准”意味着这些工程要素必须含有创新的元素,如新理念、新技术、新管理等。当创新元素大量存在,为突出其作用,就可以说,我们铺设了一条创新之路。由此引发,将前进的道路做喻意上的高度凝炼,就形成了“创新是路径”这样的表述。“信息高速公路”是一个形象比喻说法,它是指高速度、大容量、多媒体的信息传输网络通道。技术创新是“信息高速公路”发展的核心。可以说,这条“高速公路”是典型的创新之路。

创新是当代中国发展的主题。所有的改革措施、战略规划突出的要旨都是创新。也就自然可以说,创新是事业持续、快速、健康发展的必经之路。事实也是这样,没有创新,就谈不上改革,改革的方方面面都需要人们发挥发挥主观能动性去开拓并进而取得创新的成果。我们不能在倡导创新的浪潮中让创新成为空泛的口号;我们必须为创新赋予丰富的内容和深刻的内涵。由创新铺就的路径才会增添我们前进的信心,才会引导我们通往希望的目标和顶点。下面我们再来从以下三个发展的主题中进一步理解一下创新的意义。

1. 创新之于“中国梦”

“中国梦”的内涵是国家富强,民族复兴,人民幸福,社会和谐。从中我们也会感受到,实现

“中国梦”的首要目标和前提是综合国力的进一步提升。新时代“五位一体”的总体布局，包含着广泛而深刻的创新蕴意。经济的转型升级，改革创新是根本的动力、方向和路径；政治建设的民主、文明是发展的保障，需要创新的思想理念去把舵、导航；文化是中华民族屹立东方的灵魂，而唯有创新才能更好地传承优秀的民族文化并使之在新时代征程中焕发出新的勃勃生机；社会的文明建设是民生和法治的需要，通过创新，可以使人民的生活更加安逸充实；大力开展生态文明建设是我们国家在发展中认识到的刻骨铭心的道理，是人与自然和谐共存，人民生活幸福指数提升的显著标志，是创新发展理念的认识成果。其建设成效同样需要创新的思维和方法来保证和检验。“五位一体”融入到中华民族伟大复兴的“中国梦”的发展道路中，创新的路径和驱动意义极为显著。

实现“中国梦”，必须坚定不移地“走中国道路，宏扬中国精神，凝聚中国力量”。创新之于“中国梦”，是中国特色社会主义道路的基石，是装载着民族复兴和人民幸福希望的新时代动车飞速前行的引擎。

2. 创新之于中国制造

中国制造承载着经济发展振兴、综合国力提升的重要职责，是技术创新的主战场。“中国制造2025”以创新为主线，谋划出让中国制造跻身世界强者之林的创新发展之路。在“战略任务和重点”，首先强调的就是“提高国家制造业创新能力”。在确定的9项战略任务以及其中的10大重点发展领域中，以下几方面体现了中国制造业发展的突出创新引领：

（1）智能制造

智能制造是信息社会科技创新的核心。“智能”包含了意识、思维、感知等元素，本是人大脑所特有的东西。随着计算机信息技术的发展，现实中大量的工作激发起人们的热情，用技术的手段去实现“智能”的内容。人工智能是一项尖端的科学技术，它的研究内容包括人类智能活动的规律和构造以计算机技术为基础的智能的人工系统，并应用于实际工作中，其中的理论、方法和技术对于制造业的创新发展意义不可估量。它将为中国制造插上腾飞的翅膀。

【知识点滴】 机器人技术中的关键零部件是制约我国相关领域发展的瓶颈。用于工业机器人、机械臂中的减速器就是一个典型实例。这类减速器一般都要求结构紧凑，大传动比，传递动力大。工业机器人、机械臂中常用的减速器包括谐波减速器和RV减速器两类。在关节型机器人中，由于RV减速器具有更高的刚度和回转精度，一般将RV减速器放置在机座、大臂、肩部等重负载的位置，而将谐波减速器放置在小臂、腕部或手部。谐波齿轮传动是建立在弹性变形理论基础上的—种新型传动，它的出现为机器人传动技术上带来了重大突破。谐波齿轮传动由三个主要构件组成，即具有内齿轮的刚轮、具有外齿的柔轮和波发生器。谐波减速器传动比大、范围宽，且在传动比很大的情况下，仍具有较高的效率；结构简单、体积小、重量轻、承载能力强、传动平稳、运动精度高。RV减速器由一个行星齿轮减速机的前级和一个摆线针轮减速机的后级组

成, RV 减速器具有结构紧凑, 传动比大, 以及在一定条件下具有自锁功能的传动机械, 是机器人领域最常用的减速机。对于高精度机器人减速器, 日本具备绝对领先优势。

(2) 绿色制造

绿色制造是一种创新的理念, 它是生态文明建设、美丽中国建设的迫切需要。绿色制造体现在制造业发展中, 就是“努力构建高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系”; 就是新材料、新能源的重点研发; 就是改变依靠现成资源的思想观念, 树立可持续发展的理念; 就是创新管理模式, 打造集成环境, 突出清洁效能的发展思路。绿色制造的创新意境极强, 因为提到绿色, 我们总会想到蓝天碧水、清新富氧。而制造又是我们生存发展、追求美好生活的基础。由此, 我们会充满无限的期待, 在创新引领下, 绿色制造将带给我们崭新的美好生活画卷。

(3) 质量和品牌

制造的目标, 是为社会提供具有一定功能的“工程物”的产品。功能需求实现的程度就是产品的质量。人们围绕产品所做的工作, 以及在社会上从事的服务也具有质量的特征, 即满足需求的程度。质量是一种向往更高境界的标准。无论什么行业, 质量意识淡漠就不会形成产品和工程项目的市场竞争力。更可怕的是, 缺乏质量意识, 会给社会带来许多隐患。对于产品的使用者和服务的接受者来说, 工程质量、产品质量、服务质量往往意味着他们的生存质量、生活的幸福感质量。所以, 质量问题, 不仅仅是物的问题, 更重要的是它能带坏社会风气, 引导社会负面的价值观。中国制造大而不强, 是中国制造业公认的现状。“大”仅仅只规模大, 总量大, 其中隐含着许多发展的弊端; “不强”直指质量的低弱, 是制造业长期现实的写照。“中国制造 2025”明确强调, 制造业发展要“提升质量控制技术, 完善质量管理机制, 夯实质量发展基础, 优化质量发展环境, 努力实现制造业质量大幅提升”, 为中国制造提升品质指明了方向。

品牌是国人的一个痛点。泱泱大国, 拥有华夏 5000 年的文明发展历史, 进入现代社会, 在经济全球化的浪潮中, 我们能够引以自豪、聊以自慰的自主品牌却屈指可数。品牌是用文字或图案表达事物特征的标识。传统的品牌多是物性的, 也有很多服务性的。网络时代涌现了许多网络品牌或虚拟品牌, 如网购平台、线上媒体等。品牌很大程度能代表事物的品质。所谓高端品牌是某种事物在发挥功能过程中, 经过较长时间的积淀, 其品质获得广泛认同感的事物的标识。制造业的高端品牌大都集中在工业发达国家, 中国制造业大而不强的特点决定了现阶段自主高端品牌数量有限。好在已经认识到了这一点, 并已经在奋起直追, “和谐”、“复兴”等品牌奏着时代的最强音呼啸前行。“中国制造 2025”为中国品牌奏响了腾飞的序曲。

3. 创新之于共同体

“共同体”一词在现代汉语词典中释义有二, 一是“人们在共同条件下结成的集体”; 二是“由若干国家在某一方面组成的集体组织”。对于第二种解释, 从“欧盟”的概念即可理解。而第一种释义包含的内容却极其广泛。可以说, 自从人类开始有了认识活动, 即人的社会属性逐渐显露时, 人与人之间就有了结成基于谋求共同利益的共同体的基础。无论是原始的聚落还是亲缘的氏

族,无论是习俗的民族还是政权的国家,无论是地域的情感还是信仰的精神,无论是生存的本能还是探索的需求,氏族、部落、阶级、国家、团体、企业……无数种形式的共同体基于某个存在发展的基础伴随着人类繁衍生息。“人们之所以要建立一种共同体,则是为了某种善的目的。因为很显然,人们的一切行为的目的都是为了某种善,不为了某种某种善的人类行为是不存在的,建立共同体的行为也不例外。由此可以推知,人们建立最崇高、最有权威的共同体的目的,就在于人们追求至善的愿望”^①。人类社会共同体的理论思想基础,源自欧洲文艺复兴时期的思想家霍布斯、洛克、卢梭的社会契约论,认为国家就是一个政治利益的契约共同体,是人类在竞争中为了维护各自利益而缔结契约的产物。德国社会学家滕尼斯认为,“共同体”是通过血缘、邻里和朋友关系建立起的群体,其基础是“本质意志”,靠本质意志建立的群体即“共同体”是以共同信仰为目标的有机整体。任何共同体,本质上都是利益共同体,这个利益可以经济利益、政治利益、文化利益等。

在现代社会中,科学技术促进下的经济发展是全球共同关注的利益热点。习近平总书记提出的“构建人类命运共同体,建设持久和平、普遍安全、共同繁荣、开放包容、清洁美丽的世界”,其中本质的内容就是合作共赢。“一带一路”战略中国与沿线国家合作开发的大量工程项目,即是中国智慧和方案在命运共同体、责任共同体、利益共同体构建中的具体体现。当代中国,建立在追求“中国梦”基础上的核心价值观形成了中华民族的命运共同体。命运是人和事物发展变化的趋势。这种趋势尽管包含着矛盾运动的客观性,即顺其自然的过程和结果,但更重要的是,这种趋势具有很强的主观把握性,即通过人,特别是结成共同体的人通过主观努力把握变化规律,向着理想目标前行。

在经济全球一体化的今天,产业经济活动中形成的各种利益关系的共同体深刻地影响着社会的运行状态。在生产要素构成要素中,劳动者是最重要、最活跃的要素。而经济活动中的共同体都是由劳动者组成的。因此,共同体的规模及各种特征对于经济活动的效果是至关重要的。经济活动的主体构成是工程项目,工程项目的运行依赖于相关的各类人员,如投资者、管理者、设计人员、施工人员等,这些人组成了一个具有共同利益目标的群体,我们称之为工程共同体。工程共同体的工作目标指向完成工程任务,实现工程价值。在工程实施运行过程中,各类人员立足岗位,面向技术因素的设计、材料、工艺、装备,以及非技术因素的政策、法规、质量、管理、环境、安全等,发挥主观能动性,协调配置,协同配合,共同促使工程实现其应有功能。工程共同体是一个肩负时代责任和使命的团队,它生存发展在经济社会充满竞争的环境中,工作效率、工作品质及成员的知识结构和水平是其竞争力的体现,协作精神、服务意识、价值取向决定着其是否具有发展的潜力和可持续性。在产业经济转型升级的形势下,任何工程共同体都必须深刻地审视自我和发展环境,做到与时俱进,不断增强新陈代谢、自我更新的意识和能力,只有这样,才能以绿色理念、创新理念为引领,在时代洪流中恒久作为。

创新与共同体的关系是非常密切的,它是任何一种共同体迸发活力的关键要素。创新共同体是表明共同体突出特征的一个概念,它所指向的是共同体中的每个个体应具有创新精神,在自己的领域内开拓进取,不断地用新的思路去探求工作的新方法和新手段,寻求创新的成果。共同体应该是一个理工与人文特征的交融体。在经济活动的共同体中,无论是工程项目还是产业生产,理工特征

体现的十分突出，但也需理念、精神、态度、价值观等人文特征的支撑，其作用也非常重要；在一些社会共同体中，如学术团体、党团组织，人文气息非常浓郁，精神熏陶、观念引导是其主要功能，但工作的务实，成效的取得也需要一些理工特征发挥作用。这实际上也是一种创新的理念。在工程共同体中，工程的创新属性决定着工程共同体必须具备突出的创新特征，直接所指是工程人员所具备的创新素质，特别是工程技术人员多学科、交叉型的技术素养。唯有工程人员的创新品质得到培育，涉及工程的所有要素才能不断地渗入创新的养分。

共同体是当代中国的一个热词，它体现了新时代中国特色社会主义建设征程中智慧的汇聚，力量的凝聚，精神的积聚。创新之于共同体，是目标实现的动力、方向和路径。对于工程共同体，创新更能在技术上体现出“第一动力”的深刻内涵。构建人类命运共同体，表现了中华民族立足自我，贡献人类的宽广胸怀和磅礴气势，其中蕴含了太多的创新睿智。

7.2 “文化自信”的路径探寻

文化是一个极其宽宏的概念，它存在于时光的每一个瞬间，空间的每一个角落；存在于事物的本原和表象、人认识活动的方方面面。也许我们殚精竭虑地思考，仍不能从内涵和外延全面地把握文化本质的深邃。但我们仍需要深入地、不断地思考，站在个人成长的视角，为了成长，站在社会进步的前沿，为了进步。当我们从历史的传承中汲取到优秀传统文化的养分时，当我们从现实中体验到传统与现代交融的文化承载着梦想、激发着能量，让我们充满自信奔向复兴的光明时，当我们从对未来的无限憧憬中感受着先进文化的魂牵梦萦，追逐着灿烂文化的蓬勃生机时，我们感到了无比的自信，我们满怀信心带着感性的情怀与理性的思维，用民族文化博大精深的思想魅力充实内心，去探寻通往理想的富强之路。

7.2.1 最根本的自信——文化自信

自信是一种对自己身心所具备的能力能否适应社会角色需求的自我积极评价。美国心理学家阿尔伯特·班杜拉提出的“自我效能”的概念，从人的心理活动深层次阐明了自信心的来源。他认为，自我效能是人的一种对自身能力的期望，就是置身特定的社会情境中，面对通过行为完成任务这样的需求，基于自我认识主观判断自身是否有能力去实施这种行为并产生预期结果。人的自我效能感是知识、经验和价值观综合作用的结果，是以实践为主导逐渐积累的心理活动要素。同时也要注意，自我效能感的获得除了主观努力因素外，受环境的影响和作用十分明显，一个正面激励作用较强的社会环境有利于自身效能感的积累。当一个人自我效能感逐步积累提升后，表现在行为欲求方面的主观能动性就会增强，行为的效能若得到结果的确证，内心的自信将会不断生发。

中国千百年来优秀传统文化的传承，为“文化”本身博大精深的含义做出了深刻的诠释。这里再重复一遍，“刚柔交错，天文也；文明以止，人文也。关乎天文以察时变，关乎人文，以化成天下。”人文——化成天下——文化，人类最古老的关于“文化”的阐释，经历了 3000 多年的世事苍桑，其内涵仍透精深，其外延仍显广博。一个社会的文明程度是由其文化底蕴的深度决定的。物

质文明尽管为社会带来了丰厚的物质利益,给人们增添了生活的幸福愉悦感,但如果缺乏文化气息,缺乏由文化形成的精神风貌,社会单纯为物性的利益所左右,人情冷暖皆见诸于由房车形成的体面,这样的社会是不具有真正的生机与活力的。回眸历史,展望未来,当我们为“富起来”而努力拼搏时,更多地体现生存物性质量的渴望与追求,拼搏的成分中往往缺少了文化的内涵,拼搏的结果也容易滋长拜金主义。30多年来,我们受益于改革开放,迈着坚实的步伐“富起来”时,正视社会的现状,在文化方面怅然若失;而今,当我们迈着更坚实的步伐走向“强起来”时,曾经失落的文化蕴意正在复兴的征程中强势归来。

文化是一个民族的灵魂,它体现在社会的意识形态,体现在人的精神和气质,体现在物的外观和内涵。中国悠久的历史,为华夏儿女积存下了丰富的文化宝藏。治国理政、伦理公德、奋斗进取、爱国情怀、理想追求、价值理念、忧患意识、创新精神……所有富于民族文化底蕴的思想认识以文化的哲文警句,以先贤的实践探索,贯穿在中华民族古老文明的发展历程中,增强着后人传承历史、继续奋斗的决心和自信。

每一个人在自身发展过程中,面对现实,面对未来,面对自我作为社会的个体在社会环境中所处的或将要所处的位置,内心所持有的态度总是分为主动和被动或称积极和消极两种。而自信表现为人的个体对自身所具有的素质和能力的客观现实评价,其首先是主动和积极的。一个人的自信心建立在通过主观努力获得的知识和经验基础上,建立在实践探索中个性品质磨炼的基础上,建立在催人奋进的时代社会环境以人为本的评价和鼓励机制的基础上。这中间,一个优秀的文化氛围显得尤其重要。从根本上说,自信是以文化为基础的。不遵循客观规律,脱离了文化意境的自信就成为了盲目自信,它是个人主义自身意识膨胀的产物,必须清醒地认识到优秀的个体文化素质和优良的环境文化意境的综合作用是形成个体自信的不竭源泉。

由此可见,文化自信是触及个体在灵魂深处产生向上激情的自信,是民族对发展的美好前景充满期待的自信,是汇聚社会力量开拓通往复兴目标的创新路径的自信。总而言之是最根本的自信。正如习近平总书记强调的,“只有坚持从历史走向未来,从延续民族文化血脉中开拓前进,我们才能做好今天的事业”,“没有文明的继承和发展,没有文化的弘扬和繁荣,就没有中国梦的实现”。这正是文化自信的本质所在。

7.2.2 最具实感的自信——工程文化自信

贯穿我们所论述的工程的历史、现实、思维、哲学、艺术,一条始终的主线,就是工程文化。基于实体的建构,获取工程物的工程目标,为实现工程价值的工程过程,从这些内容的每一个细节,我们都会感受到“脚踏实地”,感受到“创新与匠心”。人类为了生存和发展,从来没有停止过工程物建构的探索与实践。这些历史上的工程物在经历了漫长的岁月洗礼后,凝结着民族智慧的文化特征愈显厚重,弥足珍贵。长城文化、运河文化折射出民族精神,古城文化、大院文化透视出民俗民商,庙宇文化、祠堂文化蕴含着信仰宗亲情怀。在传统文化传承中,许多工程建构物积淀的东西,见证着历史,发扬着古朴纯情、坚毅隐忍的精神和意志,散播着文风武韵、诗情画意的情感和韵律。于是,工程与文化结为一体,工程文化成为极具底蕴的人本内涵。现代的工程建构,工程同样也经

常表现出文化情结。地域标识，往往具有极强的象征意义，表达着奋斗足迹或民族风情；城市建筑，可以赋予独特的风格，体现时代风貌或某种文化主题；车辆造型，在表现艺术美感的同时，也喻意着时代风尚和向往追求。工程文化徜徉在历史和现实之间，以工程实体的挺拔和厚重，以文化风骨的韵味和坚实，昭示着民族伟岸的脊梁，带给人们精神的力量和昂扬的斗志。

“工匠精神”是最能体现历史和现实工程文化务实底蕴的时代诉求。“精于工，匠于心，品于行”，“工匠精神”的深刻而精炼的诠释，它直接作用于工程，催生着精品，也成为各行各业精益求精的代名词。“工匠精神”不仅仅彰显时代征程中对大国工匠的赞美与渴求，更重要的是在一个心浮气躁、利益至上的社会环境中，作为一股文化清泉，“工匠精神”为社会带来的沉稳练达、坚守隐忍、秉节持重的价值观的提升是奔向伟大复兴道路上弥足珍贵的文化品质。

中华民族悠久的工程历史，灿烂的工程文化遗存，显示民族勤劳智慧的技术文明，不仅是我们开创新的伟大事业的重要基础，更是我们每一个人增强民族自豪感，内心“文化自信”的底气更具实感、更加充足的力量保证。

如果说文化作为一种社会现象更多地体现在思想、精神等意识形态内容的传播、发扬方面，那么以构建“物”为主体工作的工程对于文化来说就成为了一个载体。这个工程的载体承载着精神上的文化崇尚或哲思，或者是它唯一的功能，或者与其它实用功能兼而有之。从这个意义上说，工程文化成为了一个整体，它具有深刻的思想内涵和理论基础。从工程建构物包含的文化喻意和文化现象具有的工程现实感中，工程文化的思想性得以凸显；从马克思主义认识论、实践观的理论角度，工程文化就是人类在认识自然、改造自然的实践活动中积存下来的能够促进生产力发展和社会进步的全部思想和精神的传承。当我们深刻地把握了工程文化的思想内涵和理论基础时，我们内心的充实感就会骤增，表征身心健康发展的心理感受——自信就会形成并逐渐变得厚实。工程文化自信是建立在工程物建构基础上的文化自信，它是民族文化自信的工程瞩目和提炼，是对由华夏 5000 年文明形成的民族文化自信的厚重感和现实感的长久累积。工程文化自信是基于实体存在的自信，这种自信具有真实感、存在感、沉稳感的显著特征，对于一个人正确的人生观、世界观和价值观的形成和发展具有重要的现实意义。

7.2.3 工程文化自信筑就工程文化路径

一条平坦坚实的道路，需要理论和实践的共同支撑，现实中的道路是这样，指向理想目标的探索路径也是这样。“中国制造 2025”战略规划描绘的制造业发展蓝图是基于工程文化的理性方略，总体思想是“培育有中国特色的制造文化”，其中生态文化是基调，品牌文化是底蕴，创新文化是支撑，人本文化是核心，路径文化是根本。制造文化就是工程文化，从其历史溯源、时代使命、思维方式、哲学思考、艺术表达等诸多方面永远脱离不开并且时时都会体现理论和实践的文化韵味。工程文化的理论基础是马克思主义文化的实践观的充分体现，其深邃的思想内涵昭示着中国特色社会主义道路的光明前景。中国制造的发展目标是智能、绿色、质量，中国制造发展的路径是具有深厚底蕴的工程文化，中国制造发展的自信源于文化的历史和变革的时代。工程文化自信体现在中国制造业发展的坚实步伐上，就是工程文化丰富的构成要素的协同配合，就是创新驱动的强大动力，

就是发展中智慧和力量的不断汇聚。

工程文化路径是中国特色社会主义道路引导下制造业发展的创新路径，也是普遍意义下通往工程物建构完美目标的必由之路。它在理论和实践的坚实根基下成为一条指向工程复兴的意义深远的光明大道。它的构筑凝结了历史的、当代的、思维的、哲思的、艺术的全部精华，正是因为这些精华的存在，使得人们在工程物的建构过程中充满了自信，由此形成的工程文化自信成为了工程实践活动中最具力量的工程心理要素。从中可以深刻地感受到，在工程物建构中树立起的工程文化自信将以强大的动力助推工程文化路径的铺就和延伸。

工程文化路径还充分体现出它是人才培养的创新之路。以人为本的思想古已有之，在现代化建设中仍意义非凡。“中国制造 2025”的战略方针强调，“坚持把人才作为建设制造强国的根本，建立健全科学合理的选人、用人、育人机制，加快培养制造业发展急需的专业技术人才、经营管理人才、技能人才。”工程文化中以人为本的思想内涵十分深刻。从工程的角度来说，工程物建构活动的每一个环节都需要智力和体力的综合作用。随着国家供给侧改革的不断深入，产业经济转型升级步入实质，对工程建设所需人才的标准提出了更高要求。工程系统的复杂性也涵盖了越来越明显的多学科、交叉学科、边缘学科的特征。这些在科技文化中越来越凸显活力的元素，融入工程教育的人才培养中也越来越凸显出适应社会需求的重要性和迫切性。

体现在文化现象中，作为精神和意志的主体，人在社会演变进化的所有阶段、所有认识实践活动都是最具活力、最显能效的要素。在文化的形成和积淀中，永远也缺少不了人的主动性和积极性。从根本上说，文化的核心就是人。离开了人的意识、认识、思维以及实践活动，也就谈不上文化了。春秋时期齐国名相管仲说：“夫霸王之所始也，以人为本。本理则国固，本乱则国危。”意为霸王的事业之所以有良好的开端，是以人民为根本的，本理顺了国家才能巩固，本搞乱了国家势必危亡。中国古代以民为本，民为邦本，民本固邦的思想所传承的就是以人为本的文化精神，实际也是中华优秀传统文化最根本的精神。

人本主义在西方思想史中占有重要地位，它承认并尊重人的价值和尊严，认为人应该对自己的行为负责，人有自由意志，有能力决定自己的目的和行动方向。笛卡尔的理性主义，洛克、休谟的经验主义，康德“三大批判”的哲学体系，胡塞尔的现象学，海德格尔、萨特的存在主义，其思想中都包含着强烈的人本主义倾向。

马克思主义人本学是建立在实践基础上的科学的文化理论。它体现在人的实践活动不同于动物的自然本能性活动，是“自由的有意识的活动”，是一种超越自然创造客观存在物质对象的活动。因此，人的实践活动不仅表现在物质层面，而且更多地阐发出精神层面的东西，即文化的东西。故在马克思主义人本学里，文化并非游离于实践之外，二者具有不可分割的本质联系，或者说，文化在实践中充当着本质属性的角色。

崇尚人本，是社会成熟和进步的表现，工程文化中的人本思想丰富而具实感。自信本来就是一种人本思想，建立在实践基础上的自信更加符合马克思主义文化理论的人本思想，由此形成的工程文化自信会更好地服务于工程实践活动，也就会为通往复兴的工程文化路径筑就坚实的基础。

探析工程文化的路径，实际得出的结论就是，工程文化是一条通向复兴的工程创新路径。它具体体现在“中国制造 2025”中，就是以强大的创新驱动引擎推动中国制造由大变强，真正成为“立国之本、强国之基、兴国之器”。在历史、当代、思维、哲学、艺术等文化元素的支撑下，在基于实体建构的理性思维主导下，工程文化以马克思主义文化的实践观为理论基础，以人的主体性、创造性为核心内涵，突出物的建构，突出生态绿色和质量品牌，由此形成的路径会引领人们走向物质和精神的富裕，引领民族奔向复兴和富强的理想目标。这里还需特别强调，工程文化是一条工程创新的生态之路，它会形成自然的清新、富氧，也会形成社会的清爽、生机。

后 记

通过本书，作者试图站在理性思考者的角度，结合“中国制造 2025”国家发展战略，充分把握产业经济转型升级，供给侧改革持续深化的发展形势和背景，深入挖掘工程的本质和文化内涵，并阐明工程并不仅仅是工程界需要了解和把握的；工程素质也并不仅仅是工程人员才需要具有的。在论述工程与历史、现实、思维、哲学、艺术的密切关系的基础上，展现工程文化内涵的深刻与广博。本书也具有通识性教育的特点，让读者从多角度认识工程、了解工程。

对基于实体建构的工程文化的探讨暂且告一段落。这里想记述两方面的事情。一是结合工程领域的教学工作，谈谈本书主题“基于工程建构的工程文化路径”的思想来源；二是对本书的内容与自己承担教育部重点课题的联系。

我是一名普通的大学教师，在我 30 多年的教育生涯中，最熟悉的两个词就是“工程”和“制造”。本以为自己一生都会徜徉在专业技术的海洋中，做一名知识的传播者和技术的探索者——当然这样一个梦想与现实一直都在延续，只是随着时光荏苒，经历的事情多了，思考的东西也在延伸，内心越来越对时间、空间、自然、社会、物的变化、人的变化有了更多的感悟，于是就想把一些东西写出来。与我相濡以沫的家人，与我共走人生路的同事和朋友，对我有一个惊人相似的评价，此人实在。我自认为也是这样。“实在”本来就是做人的本份，社会的文明进步本身就需要“实在”。我在想，是不是浮华的社会造就了很多的“不实在”才显出了我的“实在”。重要的不在于此，我深深地感觉到，“实”这个单字词与工程及“物的建构”存在千丝万缕的联系。如果我们深入思考这种联系，特别是赋予哲理的思考，会从中挖掘出很多珍贵的文化的东西，会在培养人、塑造人的精神品质方面得到很多启发。进而想到“实体”一词，一般理解，“实体”就是现实存在的有形物，它的从无到有，从有到丰富，必定要使用工程的方法和手段，所以“实体”又称为“工程建构物”。从文化的角度看，我们可以从浮躁的经济社会呼唤沉稳务实之风切入，体会“基于实体建构”在完成工程物构建的同时，其中包含的精神文化蕴意。这确实值得每一个人思考并践行，因为现实社会中对经济利益的攫取似乎湮灭了许多文化的甚至是人性的东西。在书中对思维一部分的阐述中，沿着“实体思维——工程思维——创新思维”的层次和顺序推进，实际也是本着社会的精神基础和底线就是“实”这样的认识来展开讨论的。

在工程中我们看到、感觉到的一种“实”，正是在重构社会精神文化过程中迫切需要回归的东西。于是，一条路径在我们眼前也就渐渐清晰起来，沿着这条路径，我们可以找回社会的清新、社会的实感、社会的稳重。这条路径叫做工程文化。

我是一个喜欢做事的人，也是一个喜欢接受新事物的人，用一个词——现在也过时——“与时俱进”形容比较恰当。在工作奔波中，总感觉有一种情结笼罩在身——人活一世，虽然最终都是走了一个过场，但也不能让这个过场过于“空”。我认为，一个人在自己的岗位上——任何的岗位，如果三年五年、八年十年甚至更长时间，都是重复同样的工作内容和工作方式，这本身就是有问题的，尤其是教师，可能会误人子弟。回想起来值得欣慰，在教师生涯中做了一些实际的事，也是探

索的事,包括为企业研制的设备,也包括带学生制作的作品,有成功的,也有失败的。但从教育的角度,归根到底是成功的,一方面,在多年的实践(工程建构)过程中,知识和经验的积累,自我感觉工程教学或指导学生在知识的把握上游刃有余;另一方面,因为在工程文化的环境中,在创新的氛围中,总是可以发现学生求知的目光和进取的热情与激情,不在于所构建的物的功能发挥有多么充分,而在于这样一个锻炼人、塑造人的过程所拥有的价值。近年来,我教了一门课,叫“创新方法”。围绕创新,我投入了大量精力,在实验室建设、教材建设、网络课程建设等方面做了许多工作,总结来看,实际所做都是工程文化范畴的事情。多年的工程教学实践,使我深深体会到工程文化对人的身心、素质,对社会的风尚、观念的显著影响。工程文化体现在教育方面,我非常认同有专家提出的“全面工程教育”理念。认为工程的东西并不仅仅是工程领域的人才需要了解和把握的;工程素质也并不仅仅是工程人员才需要具有的。毕竟我们的社会以工程建构物的形态存在的东西太多太多。

思想上关于“工程建构物”以及由此引发的对工程文化路径的思考大致就是这样的过程,这也是我形成用马克思主义文化的实践观来认识并阐述工程文化的思想基础。书中理性思考的内容以及围绕主题有感而发的内容皆是来源于自身实践的体悟。

下面表述一下本书内容与课题的联系。我承担的课题名称为“‘中国制造 2025’背景下应用型高校工程人才培养的创新机制和路径研究”。从题目上看,中心点是“机制和路径研究”,而且关注的是工程人才培养的工程教育领域。正如申报书中所述,课题是经济发展理论及方法在工程教育领域的应用,其研究目标是针对工程人才培养中存在的问题,为工程教育适应经济转型升级注入活力,使学生的创新思维和实践能力得到显著提高。课题关注供给侧改革推动制造业升级形成的工程人才培养升级问题,将对目前工程人才培养方面存在问题的解决起到积极的促进作用。本想结合自身的实践教学感悟及对当代中国改革发展的理解写几篇论文——确实也写了,但多年在教学岗位上对工程教育现状及发展的感悟和深思,特别是对历史的回顾和现实的考究,总觉得意犹未尽。于是细细考量“工程”、“制造”、“机制”、“路径”等关键词,结合时代发展的主题——中国特色社会主义道路、“四个自信”之根本的“文化自信”展开思维,从理论和实践多个角度思量“工程”,确也感受到现实中由于多年片面追求经济指标而造成的社会上人们浮躁的心态、人情的淡薄和文化公益的缺失。我渐渐体会到在文化范畴内的“工程文化”大有深意。一方面工程所涉及的“实体建构”除了针对“物”的功能的实现,在文化方面也有极强的延展性;另一方面,教育是文化内涵和外延最为丰富的领域之一,工程教育所蕴含的文化坚实感和厚重感每个人只要稍加思索就会感同身受。在这样的思想基础上,我感觉将课题的研究内容纳入到基于实体建构的工程文化范畴内是具有可以进行深入挖掘的理论基础和实际意义的。

首先,学校教育本身就是文化的沃土,应用型高校更增添了工程文化的浓郁氛围。事实上,在本书中,并未特别提及工程文化阐述内容的应用型高校教育所指,或工程人才培养所指,但从我本心,工程教学并教书育人是我永恒不变的内心情愫,书中也潜在表达了这层意思。同时我也真切地希望书中的内容能够在现实社会中具有更广泛的价值观引导作用;其次,机制和路径问题。机制是指“工作系统的组织或部分之间相互作用的过程和方式”,对于工程建构物来说,也就是其内部构

成要素间相互作用的过程和方式。要素不匹配、不协同，机制就不健全、不合理，进而也就导致通往目标的路径不畅通、不平坦。因此机制和路径是密切关联的。本书的主题确定为寻求路径的问题，实际也涵盖了理顺机制的内容。比如在书中的哲学部分，要用工程系统观分析解决问题，实际就是要让工程的各个组成要素彼此协调，相互配合，这就是机制问题。而机制理顺了，工程就会沿着畅达的路径通往成功的目标。其中包含的实际也就是工程文化的路径；最后，关于“中国制造 2025”，这是课题的研究背景，也是重要的前提条件。书中多处对“中国制造 2025”做了重点分析，工程文化的路径探索和内涵挖掘也是为其服务的。这里再着重谈一下工程人才的培养问题。事实上，在“中国制造 2025”发布并实施的同时，人才培养也就成为了当务之急的首要问题。制造业的创新能力提升，生态绿色发展，质量品牌突破，关键取决于工程人才的培养。从知识结构方面，“中国制造 2025”对工程人才的需求标准是综合型和复合型，因为“智能制造”、“绿色制造”、“质量品牌”等发展方向包含着大量交叉性、边缘性的学科知识；从素质教育方面，国家发展战略和产业转型升级都要求工程人才具备较高的工程素养和个性修养，“中国制造 2025”也要求“建设一支素质优良、结构合理的制造业人才队伍，走人才引领的发展道路”。

总之，我思之再三，从基于实体建构的工程文化路径探寻的方向去展开课题的研究，为现阶段工程教育存在的问题寻找良策是可行且有现实意义的。于是我夙兴夜寐，追本溯源，写下这些文字，一来作为探寻“机制和路径”的研究结果，同时也是自我学习、自我提高的一个努力过程。

王浩程

2018 年 4 月于天津工业大学

参考文献

- 1 (英)洛克.谭善明,徐文秀编译.人类理解论[M].西安:陕西人民出版社,2016.
- 2 殷瑞钰,汪应洛,李伯聪.工程哲学[M].北京:高等教育出版社,2007.
- 3 邵华.工程学导论[M].北京:机械工业出版社,2016.
- 4 张策.机械工程史[M].北京:清华大学出版社,2015.
- 5 殷瑞钰,李伯聪,汪应洛.工程演化论[M].北京:高等教育出版社,2001.
- 6 徐长福.理论思维与工程思维[M].重庆出版社,2013.
- 7 (美)迈克尔·托马塞洛.张敦敏译.人类认知的文化起源[M].北京:中国社会科学出版社,2011.
- 8 胡成广.论工程的文化本质[J].黑龙江高教研究,2012.4(216).
- 9 (瑞士)皮亚杰.王宪钊译.发生认识论原理[M].北京:商务印书馆,1981.
- 10 (英)亚当·斯密.郭大力,王亚南译.国富论[M].南京:译林出版社,2011.
- 11 叶朗,朱良志.中国文化读本[M].北京:外语教学与研究出版社,2016.
- 12 (明)宋应星.邹其昌整理.天工开物[M].北京:人民出版社,2015.
- 13 国家行政学院经济学教研部.中国供给侧结构性改革[M].北京:人民出版社,2016.
- 14 王晓芳,权飞过.供给侧结构性改革背景下的创新路径选择[J].上海经济研究,2016.3.
- 15 逢锦聚.经济发展新常态中的主要矛盾和供给侧结构性改革[J].政治经济学评论,2016.2(7).
- 17 金碚.中国制造 2025[M].北京:中信出版社,2015.
- 18 张庆英.创新教育与教育的创新[M].北京:中国财富出版社,2016.
- 19 薛忠祥.基于教育存在论的教育价值论研究[M].北京:科学出版社,2017.
- 20 (英)戴维·卡尔.徐悟译.教育的意义[M].北京:中国人民大学出版社,2015.
- 21 周峰.主体的实践[M].广州:广东人民出版社,2016.
- 22 (英)伯特兰·罗素.文利编译.西方哲学简史[M].西安:陕西师范大学出版社,2010.
- 23 联合国教科文组织.教育——财富蕴藏其中[M].北京:教育科学出版社,2014.
- 24 江湘云.设计材料与加工工艺[M].北京:北京工业大学出版社 2003 年版.
- 25 (美)约翰·杜威.孟宪承,俞庆棠译.思维的本质[M].北京:台海出版社,2018.
- 26 王景贵.现代工程认知实践[M].北京:国防工业出版社,1992.
- 27 王连成.工程系统论[M].北京:中国宇航出版社,2002.
- 28 汪应洛.系统工程[M].北京:机械工业出版社,2016.
- 29 涂善东.“全面工程教育”引论[J].高等工程教育研究,2007.2.
- 30 赵建中.机械制造基础[M].北京:北京理工大学出版社,2008.
- 31 查建中.中国工程教育改革三大战略[M].北京:北京理工大学出版社,2009.
- 32 易中天.艺术的特征[M].长沙:湖南人民出版社,2002.
- 33 (古希腊)亚里士多德.方书春译.范畴篇 解释篇[M].北京:商务印书馆,1959.
- 34 吴现立.工程哲学[M].郑州:郑州大学出版社,2013.
- 35 (英)弗朗西期·培根.刘运同译.学术的进展[M].上海:上海人民出版社,2007.
- 36 陈春花.大学的意义[M].北京:机械工业出版社,2017.
- 37 江帆.TRIZ 创新应用与创新工程教育研究[M].北京:北京理工大学出版社,2013.
- 38 全国十二所重点师范大学.教育学基础[M].北京:教育科学出版社,2014.
- 39 刘伟军,孙玉文.逆向工程[M].北京:机械工业出版社,2009.
- 40 刘秋华.技术经济学[M].北京:机械工业出版社,2010.

- 41 约瑟夫·熊彼得著, 郭武军, 吕阳译. 经济发展理论[M]. 北京: 华夏出版社, 2015.
- 42 候继迎. 实践思维视域下马克思哲学的实践本体论[J]. 中国石油大学学报(社会科学版), 2016.4 (32)
- 43 倪志安. 论马克思新哲学的实践思维方式[J]. 西南师范大学学报(人文社会科学版), 2005.1 (31) 27 李建军. 创造发明学导引[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2009.
- 44 陈丹. 论马克思主义实践思维方式下的实践主体[J]. 西南农业大学学报(社会科学版), 2012.5
- 45 张军. 论感性世界的实践本质[J]. 理论建设, 2012.4
- 46 殷瑞钰, 李伯聪, 汪应洛. 工程方法论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- 47 (美) 丹尼期·韦特利. 成功心理学[M]. 北京: 北京联合出版公司, 2016.
- 48 (古希腊) 柏拉图. 理想国[M]. 北京: 商务印书馆, 1986.
- 49 (古希腊) 亚里士多德. 政治学[M]. 北京: 北京出版社, 2012.
- 50 李淑文. 创新思维方法论[M]. 北京: 中国传媒大学出版社, 2006.

