



“十三五”江苏省高等学校重点教材
普通高等教育“十三五”规划教材

土木类大学生创新实践与 学科竞赛进阶教程

主 编 沈 扬

副主编 胡锦涛 喻 君

丁小庆 许俊红



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

“十三五”江苏省高等学校重点教材（编号：2016-2-044）

江苏省教育科学“十三五”规划青年专项重点课题（C-a/2016/01/25）研究成果

土木类大学生创新实践与 学科竞赛进阶教程

主 编 沈 扬

副主编 胡锦林 喻 君

丁小庆 许俊红

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书基于高等学校土木及相关专业本科生的专业知识基础与培养特点,通过匠心独运的文字组织,层层递进的逻辑表述和丰富生动的资源呈现,从理论与实践两方面对大学生创新教育进行系统、专业指导。本书共 6 章,从土木专业视角循序渐进地阐述了创新的基本概念、创新素养的基本要点、工程类的创新思维培养方法,并从土木类的创新性实验、创新实践训练、学科竞赛三个层次的讲解来引导相关专业学生接受创新实训。本书无论是理论阐述还是实践指导均充分体现土木特色,专业性、实践性、趣味性强。本书特别提供了大量原创性的土木类学科竞赛中各类材料运用和模型制作的指导视频,做到对大学生用脑到动手的全方位培养。

本书为高等学校土木以及相关专业的专业型创新教育教材,也可作为开展土木工程大学生创新实验和学科竞赛的辅导用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木类大学生创新实践与学科竞赛进阶教程 / 沈扬主编. —北京: 科学出版社, 2017.9

ISBN 978-7-03-054499-5

I. ①土… II. ①沈… III. ①土木工程-高等学校-教学参考资料
IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 224484 号

责任编辑: 邹 杰 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 吴兆东 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 9 月第一次印刷 印张: 12 1/2

字数: 285 000

定价: 69.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

当今中国,创新已成为一个时代性名词,融入中国的社会活动。然而,创新虽不是遥不可及,但也不能一蹴而就。对于土木类专业的同学而言,在迎接时代召唤的时候,既要具备创新的意识,更要有能将创新应用于土木建筑专业的知识储备与实践积累,才能更好地实现创新能力的培养与提升。而中国的教育,一直以来都存在着素质教育与应试教育的艰难博弈,同时创新教育的开展也面临内生性和功利性的矛盾,在解决上述问题的种种途径中,创新类教材的引导显得愈发重要。

为响应国家“健全创新创业教育课程体系”、“加强教师创新创业教育教学能力建设”之号召,也为传承河海大学近年来创建土木类“双主”并举、三层递进的创新人才培养模式的实践特色,本书创作团队在多年实践应用基础上,编写了本书。以期通过本书启蒙土木类专业学生的创新意识,普及与传承创新知识,并将创新能力与创新品格更好地在一届又一届大学生中巩固传递,助力于培养高素质的土木类创新型人才。

因此,本书的基本定位是让学生循序渐进地了解创新的基本概念、工程类的创新思维培养以及创新与土木工程的密切关联,进而掌握如何通过创新训练和学科竞赛去提升自己的创新能力。书中每个章节中均充分体现土木特色,让同学们能够充分体会到创新与土木这个自己即将从事的行业密切关联。全书内容丰富,由浅入深,从开始的一般性导引逐步进入到创新性实验、创新实践训练、学科竞赛三个层次的专业类训练,专业性、实践性、趣味性强。此外,本书还提供了大量原创性的电子素材,特别是学科竞赛中各类材料运用和模型制作的指导视频,做到对大学生用脑到动手的全方位培养。

本书主要面向土木工程及相关专业本科生,可作为高校开展土木工程类创新教育和学科竞赛辅导的通用教材,教师可根据授课对象和学时选择相关内容进行重点授课;而本书中实验部分的内容还可作为创新型土木工程实验的有益补充。

本书由指导和参与创新实践及学科竞赛经验丰富的河海大学土木与交通学院师生共同著写。各章主要分工如下:第1章(沈扬、王璐),第2章(丁小庆、周广东),第3章(胡锦涛、许俊红、张勤),第4章(沈扬、张勤、沈雪、陈俊),第5章(喻君、李红伟、胡锦涛、陈徐东、许俊红、张洁),第6章(胡锦涛、罗力中、龚云皓、孙达明、喻君、沈扬、高磊),视频制作(丁小庆、罗力中、孙达明、阚锦照、刘龙、徐艳、孟依柯等)。陈晨、徐捷、葛长飞、任兆鹏、翁禾、冯建挺、葛华阳、芮笑曦等也在资料收集、整理和校核方面做了大量工作。全书由沈扬、胡锦涛、许俊红做最终审校和编辑加工。

本书同时入选江苏省高等学校重点教材和科学出版社普通高等教育“十三五”规划教材,并在出版过程中得到江苏高校品牌专业建设工程一期项目(PPZY2015B142)和中央高校基本科研业务费专项基金(2017B44914)的资助,在此谨表谢忱。在本书编写过程中,参阅了相关的教材、著作、论文等资料,在此亦对有关作者深表谢意!

受时间、水平限制，书中难免存在疏漏、不妥之处，恳请广大读者批评指正。

联系邮箱：shenyang1998@163.com。

作 者

2017年9月

目 录

第 1 章 创新的内涵	1	3.6 强制联想创新法	32
1.1 创新的定义	1	3.7 缺点列举法	34
1.2 创新与国家发展	4	3.8 奥斯本检核表法	36
1.2.1 创新促进经济发展	4	3.9 头脑风暴法	37
1.2.2 创新系乎于人才	6	3.10 菲利普斯 66 法	40
1.3 创新与传承	7	思考题	40
1.4 创新型土建工程示例	9	第 4 章 土木类大学生小型创新实验	45
1.4.1 中国京沪高速铁路	9	4.1 高液限土的膨胀特性演示	
1.4.2 中国国家体育场(鸟巢)	9	实验	45
1.4.3 美国纽约帝国大厦	10	4.1.1 简述	45
1.4.4 美国南加州大学医院	11	4.1.2 实验材料与仪器	45
思考题	12	4.1.3 实验步骤简述	46
第 2 章 创新能力及人才培养	13	4.1.4 实验结果揭示	47
2.1 创新过程	13	4.1.5 实验原理揭秘	47
2.1.1 创新观察阶段	13	4.1.6 拓展延伸	47
2.1.2 创新思考阶段	14	4.2 盐碱地形成过程演示实验	48
2.1.3 创新交流阶段	14	4.2.1 简述	48
2.1.4 创新实践阶段	15	4.2.2 实验材料与仪器	48
2.2 创新者能力培养	15	4.2.3 实验步骤简述	49
2.2.1 自我创新能力	16	4.2.4 实验结果揭示	49
2.2.2 预测决策能力	18	4.2.5 实验原理揭秘	49
2.2.3 应变能力	19	4.2.6 拓展延伸	50
2.2.4 实践操作能力	20	4.3 管涌及流土现象演示实验	50
2.3 创新团队组织建设与管理	20	4.3.1 简述	50
思考题	23	4.3.2 实验材料与仪器	50
第 3 章 创新思维方法	24	4.3.3 实验步骤简述	51
3.1 优缺点互补创新法	24	4.3.4 实验结果揭示	51
3.2 逆向思维创新法	26	4.3.5 实验原理揭秘	53
3.3 组合技术创新法	27	4.3.6 拓展延伸	53
3.4 希望点列举创新法	30	4.4 土的剪胀剪缩性演示实验	53
3.5 触类旁通创新法	31	4.4.1 简述	53
		4.4.2 实验材料与仪器	54

4.4.3	实验步骤简述	54	4.9.2	实验材料与仪器	65
4.4.4	实验结果揭示	54	4.9.3	实验步骤简述	67
4.4.5	实验原理揭秘	55	4.9.4	实验结果揭示	67
4.4.6	拓展延伸	55	4.9.5	实验原理揭秘	68
4.5	朗肯土压力以及库仑土压力 原理演示实验	55	4.9.6	拓展延伸	68
4.5.1	简述	55	4.10	大空隙沥青混合料渗水性能 测试实验	69
4.5.2	实验材料与仪器	56	4.10.1	简述	69
4.5.3	实验步骤简述	56	4.10.2	实验材料与仪器	69
4.5.4	实验结果揭示	57	4.10.3	实验步骤简述	70
4.5.5	实验原理揭秘	57	4.10.4	实验结果揭示	71
4.5.6	拓展延伸	58	4.10.5	实验原理揭秘	71
4.6	饱和土体振动液化演示实验	58	4.10.6	拓展延伸	73
4.6.1	简述	58	第5章	土木类大学生创训类竞赛 进阶	74
4.6.2	实验材料与仪器	58	5.1	如何做好创新训练项目	74
4.6.3	实验步骤简述	59	5.1.1	如何做好土木方向创训 项目	75
4.6.4	实验结果揭示	59	5.1.2	如何做好交通方向创训 项目	80
4.6.5	实验原理揭秘	59	5.1.3	创训成果形式	90
4.6.6	拓展延伸	60	5.2	土木类创训竞赛实战	92
4.7	混凝土动态弯拉实验	60	5.2.1	不同作品形式释义	93
4.7.1	简述	60	5.2.2	土木创训的高阶实战——全国 土木大创赛	99
4.7.2	实验材料与仪器	60	5.2.3	土木创训的高阶实战——全国 交通大赛	120
4.7.3	实验步骤简述	61	第6章	土木类大学生制作类竞赛 进阶	130
4.7.4	实验结果揭示	61	6.1	土木类大学生学科竞赛一览	130
4.7.5	实验原理揭秘	61	6.2	结构类竞赛从构思到实践	132
4.7.6	拓展延伸	62	6.2.1	结构类相关竞赛的 理论分析	133
4.8	正交异性钢桥面板顶板-U 肋连接细节疲劳开裂实验	62	6.2.2	制作工艺	139
4.8.1	简述	62	6.2.3	如何撰写好计算书	150
4.8.2	实验材料与仪器	63	6.2.4	经典实例	151
4.8.3	实验步骤简述	64	6.3	岩土类竞赛从构思到实践	163
4.8.4	实验结果揭示	64			
4.8.5	实验原理揭秘	64			
4.8.6	拓展延伸	64			
4.9	钢筋混凝土柱拟静力实验 加载装置设计	65			
4.9.1	简述	65			

6.3.1 岩土类相关竞赛的 理论分析.....	163	6.3.4 经典案例.....	179
6.3.2 制作工艺.....	169	思考题.....	186
6.3.3 计算书撰写	178	参考文献.....	188

第 1 章 创新的内涵

1.1 创新的定义

在已经沉寂的研究领域提出创新思想，在十分活跃的研究领域取得重大进步，将原先彼此分离的研究领域融合在一起。——*Science* 对创新的解释

要领会创新的内涵，不妨先来感知创新。

美国德克萨斯州博蒙特市在 1901 年之前还是个名不见经传的小城，这里有个怪异的高地叫“大山”，到处是供牲畜治疗虱子和疥癣的臭污泥坑，但正是这些臭污泥坑中的泥浆成就了博蒙特，成为了后来举世闻名的“纺锤顶”油田，如图 1-1 所示。

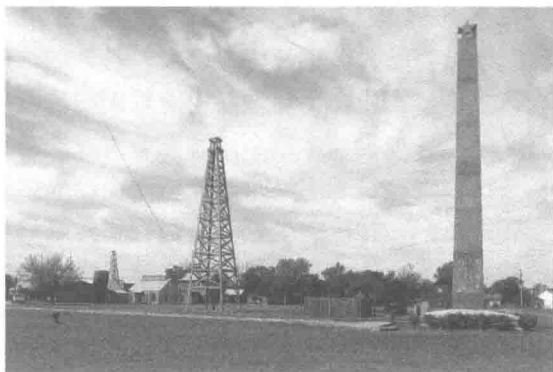


图 1-1 美国纺锤顶山上的石油开采纪念碑

博蒙特的大山地处海湾平原，从 1893 年开始，先后有人在这里花了 7 年的时间打了 4 口井，却都因为井口塌陷而以失败告终。美国著名石油财团洛克菲勒公司的专家曾一度判定：在这种平原下是挖不到石油的。但是仍有一些“冒险家”不放弃，有人请来了打井行家哈米尔兄弟：艾尔·哈米尔和喀尔特·哈米尔来“掘金”。哈米尔兄弟和雇主商讨的施工报酬是掘进 1m 深度得到 6.5 美元，按照合同掘进一口 360m 深的油井，就可以获得 2300 美元的薪资（相当于今天 11 万美元的购买力）。虽然诱惑巨大，但是这些财富最初看来只像是空中楼阁——因为当地土质以砂土为主，钻孔后极易坍塌，根本无法掘进。哈米尔兄弟经历了一次次钻井失败，即将要放弃的时候，突然想出了一个看似怪诞的招数：他们干起了放牛的老本行，并在油井旁边挖了一个泥塘，让奶牛在那里栖息奔跑，疯狂地践踏着泥塘，兄弟俩将泥塘中产生的泥浆涂抹在钻井壁上。令人意想不到的是，这些泥浆表现出了明显的支护作用，井壁不再有颗粒下落，塌孔的情况大大改善，钻井的深度也随之变深。终于，当掘进 2 个月（1901 年 1 月 10 日），钻井深度达到 330m 时，发生了前所未有的井喷。在 9 天时间里，这口井把大约 11 万吨原油喷向天空，洒向大地，平均日产达 1 万多吨，相当于当时全美国日产量的一半。这口井也因此成为世界上第一口日产万吨的高产油井，也正式拉开了一个新掘金时代的序幕！

哈米尔兄弟这种看似原始的“小把戏”，实际是一个重大的技术创新，他们利用了当地泥浆中黏土具有的触变性（简而言之就是某些类型的黏土颗粒间存在特殊的电键连接机械结构，使其在外界扰动下易变为随意流动、几乎没有强度的流体，而当扰动停止以后，它的强度又会慢慢恢复），以泥浆形成低透水性泥膜，一方面阻碍外部泥浆渗入地层，防止

地下水浸出而稀释泥浆；另一方面形成外部泥浆柱压力作用面，以抵抗地压来维护土壁稳定从而起到支撑钻井的作用，虽然强度不大，但防止砂土的塌落已是绰绰有余。这个创新所带来的施工界的技术革命对世界经济的影响力之大很难估量，而如今称作“泥浆护壁”的这项施工技术也已在岩土工程施工的各个角落广泛应用。

上面的故事让我们感受到了创新的力量及其无处不在的潜质，那么创新究竟包含哪些内容呢？应该说，创新包含的内容非常广泛，它是指人们为实现一定目的，遵循事物的发展规律而进行的更新和发展活动，是在人类政治、经济、工程和精神等各个领域、各个层面上进行的需要付诸于实践的新发展、新突破，且具有高风险、高回报、重创造等特点。纺锤顶油田上，哈米尔兄弟利用泥浆触变性这一土力学特性，开发钻井的泥浆护壁技术，正是创新在工程领域留下的一个生动注脚。

下面，就让我们一起进一步走近创新，了解创新的系统内蕴。

世所公认的，第一次从经济学的角度出发将创新完全区分于创造、发明并进行深入研究的，是被誉为创新之父的美籍奥地利经济学家约瑟夫·熊彼特（J.A.Schumpeter）。他在1912年出版的《经济发展理论》一书中提出了创新的概念，并对其模式进行了探讨。约瑟夫·熊彼特认为，创新就是建立一种新的生产函数，首次把生产要素和生产条件的新组合引入生产体系中，而这些新组合较旧组合能够生产出成本更低或利润更高的产品，从而具有了新意。他把技术创新过程划分为发明、创新、推广和选择四个步骤。发明通常是指人们首次对一项技术、一个理论或一个产品的创造；创新是从发明到产品，并在市场上实现销售的过程；推广就是把新产品提供给最终用户的市场行为；选择指的是客户对创新产品的选择行为。一项成功的创新，就是企业家发现潜在市场价值和创新机会，通过整合各种创新要素和资源，在合适的创新环境下，把技术上的可行性转化成市场和客户认可的产品，最后获得创新收益。约瑟夫·熊彼特把创新活动归结为以下五种形式：①生产一种新产品或与过去产品有本质区别的产品；②采用一种新的生产方法、新的技术或新的工艺；③开拓新的市场，不管这个市场以前是否存在；④获取或控制一种原材料或半成品的新的供给来源；⑤实行新的企业组织方式或管理方法。

约瑟夫·熊彼特提出创新的概念主要是从技术经济的角度考虑的，此后，国内外专家学者在此基础上又进行了深入研究，使创新的内涵和外延有了进一步的扩展，而这期间形成的研究视角、研究方法、研究层面、研究分类已然像是一片汪洋大海。

20世纪60年代，新技术革命迅猛发展，美国经济学家华尔特·罗斯托提出了“起飞”六阶段理论，将一个国家的经济发展依次分为传统社会阶段、准备起飞阶段、起飞阶段、走向成熟阶段、大众消费阶段和超越大众消费阶段，把“创新”的概念发展为“技术创新”，把“技术创新”提高到“创新”的主导地位。伊诺思在“石油加工业中的发明与创新”一文中首次直接明确地对“技术创新”进行定义：“技术创新是几种行为综合的结果，这些行为包括发明的选择、资本投入保证、组织建立、制定计划、招用工人和开辟市场等”。美国国家科学基金会将“技术创新”定义为将新的或改进的产品、过程或服务引入市场。被誉为现代管理学之父的彼得·德鲁克提出“创新是创业者的特殊工具。通过创新，他们把变化作为发展不同业务和服务的机会。它可以作为一种学科，可以学习，可以实践”。

由此可见，一部分学者的观点和《经济发展理论》一样：创新的共同特点是要付诸实

践,内容可概括为:个体为了取得某一有益效果,创造某种符合国家、社会或个人价值需要的具有革新性或独创性产品的事物、方法、路径、环境等。

随着时代发展,创新概念也逐步地从单纯技术领域扩展到非技术领域,出现了制度创新、组织创新、管理创新等新内容。具体分析类型从两个层面来谈:第一层面包含创新的内容及范围;第二层面包括创新的层次。创新的内容及范围分类分为:①产品或者服务的创新;②根据自然科学原理和生产实践经验而发展成的各种工艺流程、加工方法、劳动技能的创新;③对生产、生活中所有资源(包括人、财、物)进行有效组织与管理的方法、模式等的创新。创新层次可以归为渐进性创新和根本性创新,渐进性创新是指对现有技术的改进引起的渐进的、连续的创新;根本性创新是指技术有重大突破的技术创新。总之,创新是一项系统工程,创新的过程是一个创造性破坏过程,是破坏某种均衡又达到新的均衡的过程。

1995年,时任国家主席的江泽民同志在全国科技大会上指出:“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。”创新对于一个国家是如此,对于一个学科、一个专业的发展也是如此。那么,土木工程及其相关领域的创新又是指什么呢?

土木工程按照流程分为规划、勘察、设计、施工、管理、后评价等,在这流程中的各个方面提出新观念、新概念、新材料、新理论、新技术、新工艺等,并将其付诸实施,在土木工程领域取得新成果,都可称为土木类创新。土木工程创新一般有以下四种:①概念创新,指在土木工程领域的科研、技术开发和应用等方面提出新的概念,改善或解决相关技术难题;②原理创新,主要针对基础研究和应用基础研究中的理论创新;③技术集成创新,主要针对新技术的开发、应用领域、应用方式等进行组合,发挥效用最大化;④技术应用创新,在应用中,根据实际工程需要以提高效率、降低成本、创造更高价值等为目标的技术革新等。

为引导和加强我国土木工程建设自主创新,中国土木工程学会、詹天佑土木工程科技发展基金会于1999年联合设立“中国土木工程詹天佑奖”,主要目的是推动土木工程建设领域的科技创新活动,促进土木工程建设的技术进步,进一步激励土木工程界的科技与创新意识。

下面以2015年公布的第十三届詹天佑奖中的部分获奖项目为例,简要分析当下我国土木工程领域的创新之举。如图1-2所示的武汉天兴洲公铁两用长江大桥正桥工程首次提出并采用了三索面三主桁斜拉桥结构,解决了桥梁跨度大、桥面宽、活载重、列车速度快等带来的技术难题,实现了我国铁路桥梁跨度从300m级到500m级的跨越,有关技术还曾获国家科技进步一等奖。南京长江隧道工程(图1-3),解决了高水压、浅覆土、复杂地层的超大直径隧道施工技术难题,构建了大直径盾构隧道设计、施工和运营过程结构安全体系,开发了适用于高磨蚀性砂卵石地层的刀具配置技术、刀具更换技术与进舱泥膜技术及开挖面稳定控制技术体系,有关创新技术两获国家科技进步二等奖。窥一斑而知全豹,土木工程在中国、在世界得到了快速的发展,人们对工程需求的不断提高,对现有的概念、原理及技术也提出了新的要求,所以,必须以创新来保证土木工程更稳定、更长远的发展。



图 1-2 武汉天兴洲公铁两用长江大桥

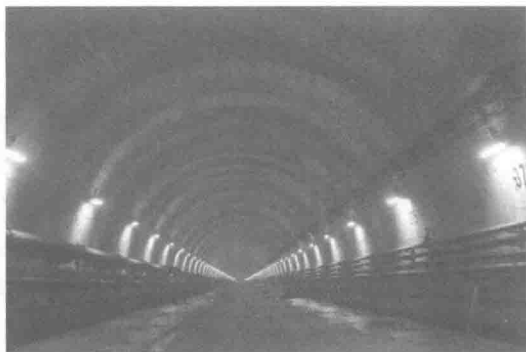


图 1-3 南京长江隧道工程

土木工程专业是一个实践性非常强、工程性质十分明显的专业，其创新必须在工程实践中得到应用和取得成效才能取得突破性进展，这就需要一大批专业人才针对现在土木工程领域出现的问题，综合各方面的经验和研究力量来进行必要的创新与实践。我国《高等教育法》第五条明确指出：“高等教育的任务是培养具有创新精神和实践能力的高级专业人才。”因此，土木工程专业要以培养专业技术人才为目标，在强调扎实的理论基础和宽广的知识面的同时，应将培养学生的实践及创新能力作为重中之重。

本书主要专注于大学生创新实践能力培养，意图通过阐述创新方法，构建以创新实践为平台、创新竞赛为抓手的培养体系，通过环境氛围的熏陶，让学生具备创新实践的相关知识，并能够得到必要的能力培训。

1.2 创新与国家发展

1.2.1 创新促进经济发展

美国某大型公司进行过一项调研，调查了该公司 12 个国家 1000 名高级业务主管。发现这样一组数据：95% 的受访者认为创新是一个让国家经济更具竞争力的重要杠杆，而 88% 的受访者相信，创新是为他们的国家创造就业机会的最好的方式。

美国里奇蒙德联邦储备银行（Richmond FED）主席杰佛瑞·莱克说：“近年来，推动美国薪资和就业趋势的幕后因素是科技进步，而非贸易。”美国作为当今世界第一经济强国，也是世界上创新能力最强、科技实力最雄厚的国家。2016 年，《福布斯》杂志发布了年度全球科技巨头 100 强富豪榜，美国总人数排行第一。

2016 年最新自然指数发布，在国家与地区排名中，美国以压倒性优势雄踞第一，三项指标几乎均是中国的两倍，而我国和德国、英国分别位列 2、3、4 位，且相互之间差距很小，为什么美国会有这样一个与众不同的地位呢？

北京师范大学黄安年教授从历史发展角度，分析了美国科技带动经济发展的情况。他在《美国经济发展史》中指出：“20 世纪的科学成就及其所创造的物质财富，大大超过了以往数千年的总和。美国强大的经济实力正源于其背后有着强大的科技实力。美国之所以成为站在当今知识经济浪潮前头的国家，绝非一日之功。”

回顾美国过去一个世纪的发展历程,基本上验证了创新是提升国家竞争力、增强国家国力、创造就业和不断提高生活水平的重要动力。美国政府非常重视科技创新,第一部美国宪法就提出,教育与科学事业不受任何干预独立发展。1990年,美国商务部实施了“先进技术计划(ATP)”;1993年11月,美国破天荒地在白宫内设立了以国家领导人为首的国家科技委员会,与国家安全委员会、经济委员会三足鼎立;后来,政府又陆续颁布和实施的《国家创新议程》、《美国竞争力计划》和《美国竞争法》等。这一系列立法、制度、措施都反映出美国政府对科学研究与开发、教育、基础设施投入的支持,不仅形成了良好的创新环境基础,也建立了一个良性创新生态系统。新的研究与开发创造新的产业和产品,这需要教育体系能保证劳动力具备必要的技能,满足创新对研究人员的需求,从而迫使强化教育;不断更新基础设施刺激研究与开发,又需要教育系统不断转化新的创新人员,这样一个生态的循环系统,造就了美国的地位。

然而,现在也有了不同的声音:美国的创新能力有所下降。泰勒·考恩作为美国炙手可热的非主流经济学家、名博博主,2011年在《大滞胀》(曾两度跻身《纽约时报》最畅销电子书)中提到美国正处在大停滞时期,罪魁祸首之一是美国自1973年以来,科技创新的步子大幅放缓。美国《财富》杂志著名专栏作家克里斯·马修斯写了一篇《为什么在创新领域中国已然赶超美国》的文章,严肃地讨论了目前美国在研发创新领域的停滞。而这些发声,都是为了让美国政府引起注意,注重科技创新的重要性,注重在创新上的投入。

麦肯锡在2015年10月出品《量化中国创新的力量》的报告中指出:目前,中国每年的研发投入在2000亿美金,在工程和科学领域产生的PHD有大约3万人,同时专利申请的数量也居世界之首(2013年大约在82万项)。2016年度自然指数排名(Nature Index 2016 Tables)榜单上,中国是全球第二大高质量科研论文贡献国。虽然仍排在美国之后,但在前10名中分值增幅最大,不得不说,世界上有越来越多最好的研究是在中国发起、主导和完成的。

根据以上数据的比较,我们会发现,中国也在悄悄发生变化,国民逐步意识到创新创业是国家发展之根,是民族振兴之魂,并在一步步地进行努力的变革。

党的十六大以来,国家制定实施了科技、教育、人才三项中长期发展规划纲要,科技和教育投入大幅增加,重要科学前沿和战略必争领域取得了一批重大创新成果。胡锦涛同志曾深刻指出:“要鼓励创新、爱护创新,使一切创新想法得到尊重、一切创新举措得到支持、一切创新才能得到发挥、一切创新成果得到肯定。”这“四个一切”表明,创新是推动社会发展的根本动力,是人才强国战略得以实现的根本保证。

近几年,国家对于创新投入及重视程度越来越明显。党的十八大报告在论述加快完善社会主义市场经济体制和加快转变经济发展方式时明确提出,要实施创新驱动发展战略,即把创新在中国经济发展中的位置提得更高,科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑,摆在国家发展全局的核心位置。自党的十八大以来,在习近平总书记的公开讲话和报道中,“创新”一词出现超过千次,可见其受重视程度。这些论述涵盖了科技、人才、文艺、军事等方面的创新,以及在理论、制度、实践上如何创新。

1.2.2 创新系乎于人才

现在很多企业,对不断开发新技术和新产品相当重视,他们认为只有抢占新技术和新产品的制高点,才能取得竞争优势。

其实国势之强弱,实际系乎人才。

2010年,国务院颁布《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020)》,确定了“服务发展、人才优先、以用为本、创新机制、高端引领、整体开发”的指导方针,把突出培养造就创新型科技人才作为新时期人才队伍建设的主要任务。《国家中长期教育改革和发展规划纲要》中提出坚持以人为本、推进素质教育是教育改革发展的战略主题,核心是解决好培养什么人、怎样培养人的重大问题,重点是面向全体学生、促进学生全面发展,着力提高学生服务国家人民的社会责任感,培养勇于探索的创新精神和善于解决问题的实践能力。

大学生是最具有创新、创业潜力的群体之一,因此深入推进高等学校创新、创业能力教育改革更是高校发展的重要工作。

《教育部关于做好“本科教学工程”国家级大学生创新创业训练计划实施工作的通知》(教高函[2012] 15号)明确提出“通过实施国家级大学生创新创业训练计划,促进高等学校转变教育思想观念,改革人才培养模式,强化创新创业能力训练,增强高校学生的创新能力和在创新基础上的创业能力,培养适应创新型国家建设需要的高水平创新人才。”

《关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》(国办发[2015]36号)也指出“坚持创新引领创业、创业带动就业,主动适应经济发展新常态,以推进素质教育为主题,以提高人才培养质量为核心,以创新人才培养机制为重点,以完善条件和政策保障为支撑,促进高等教育与科技、经济、社会紧密结合,加快培养规模宏大、富有创新精神、勇于投身实践的创新创业人才队伍。”

国家提出的这一系列对于高等学校培养创新型人才的纲领性文件,通过不断深化教育教学改革,在专业教育基础上,以转变教育思想、更新教育观念为先导,以提升学生的社会责任感、创新精神、创业意识和创业能力为核心,以改革人才培养模式和课程体系为重点,大力推进高等学校创新创业教育工作,不断提高人才培养质量。

在我国,土木建筑业目前已成为国民经济名副其实的支柱产业。截至2015年年末,我国建筑业企业共有80911家,建筑业从业人数5003.4万人。2015年建筑业增加值占GDP的比例高达6.86%。

土木建筑业一直都在快速奔跑:第一,从2006年以来,以国家重点工程和交通枢纽工程项目建设、城市公共交通等基础设施建设、房地产开发、交通能源建设为主体的基本建设市场蓬勃发展。第二,现在国家在大力推进城镇化建设,城镇化是我国现代化建设的必由之路,也是保持经济持续健康发展的强大引擎。在城镇化建设的带动下,房地产、建筑业等行业将继续保持增长趋势。第三,随着国家重视环境保护和建设资源节约型社会,保证建筑的节能环保、绿色多功能和舒适性,是我国建筑业发展的必由之路。

面对这样一个好的发展环境和氛围,我国的土建业是否能够顺势而上呢?目前,我们必须面对这样一个现实:我国的土建业企业规模呈“金字塔”状,即存在极少量大型企业、少量大中型企业和数量庞大的小微型企业。同时,大部分企业都存在产业集中度低、规模

较小、技术粗糙、过度竞争等问题；从业人员则存在数量庞大、知识层次和劳动生产率整体较低、技术创新缺乏这一系列弱点，进而导致建筑工业化发展水平不高。另外，无论在设计理念、科技研发、工厂化制造、现场管理，还是在城市规划、建筑管理体制、建筑建材业联动发展、产业链配套延伸发展等方面都与发达国家建筑行业水平存在明显差距。虽然，土建行业早期一直是跟踪国际发展的状态，处于“模仿”“照抄”“照搬”模式较多，很难做到超越，有自己的独创性。但是，随着社会经济的发展，先进材料、信息技术、传感技术与控制技术等高新技术向土木工程的渗透，以及土木工程建设市场的开放，如今，土木工程施工和监理相关的企业也逐渐改变了过去的单一经营模式，并试图横向全面发展。山区高速公路、大型桥梁隧道工程、超高层建筑工程、特大型水利水电工程和港口航道工程等各项工程的技术难度不断提高，与国际化接轨越来越密切，行业对于专业化、创新性人才的要求越来越高。

国际土木工程未来的发展方向也迫使我国必须加速土木工程各学科的创新。例如，在结构工程领域，国际上提出了智能结构、基于性态的结构设计原则、可持续结构工程等一系列的新理念。我国结构工程在未来表现出的基本走向：结构材料向高标准、多功能方向发展；结构形式向自感知、自适应、自修复的智能结构方向发展；结构设计理论向精细化、全寿命、可生成方向发展；结构实验技术向复杂受力与复杂环境下的本构关系、大型复杂结构的协同试验两极发展；工程系统全局设计的思想与理念深入研究。在未来，我国桥梁工程学科发展的突破点和超越点主要表现在以下几点：超大跨度桥梁的结构体系和极限跨径、大型桥梁全寿命结构设计理论与方法、桥梁结构响应的数值模拟方法及其应用、大跨度桥梁抗震抗风设计研究的规范化、桥梁结构的精细化设计与施工方法和桥梁结构健康监测与振动控制技术。而岩土学科发展前沿主要为以下几方面：岩土体破坏理论、岩土工程数值分析方法、地下工程施工力学和逆问题、岩土工程信息技术、复杂环境中岩土介质性态研究。跟得上学科发展前沿，才能够做到“超越”，土建类各个分支学科的发展，最终都会应用到工程实践，为解决这些问题，优秀的、特别是具有创新精神和能力的土木工程专业人才的培养显得尤为必要与迫切。

我国不仅需要在相当长时期内快速发展土木工程建设，还需要跟得上国际上发达国家开展的现代土木工程研究，这都强烈地表现出我国对创新人才的需求。另外，以人为本、更多考虑环境及能耗等多学科交叉特征，国际交流、合作和竞争也都是创新发展的大势所趋，这些不仅是土建领域必须进行创新的一个重要缘由和目的，也将对当前及未来土木工程专业人才的培养提出更高的要求。

1.3 创新与传承

传承，从字面上来看，即传播与继承。传承可以从两个角度来理解：一个角度是横向交流传播，使传承的内容具有多样性；另一个角度是纵向继承发展，使传承的内容具有延续性。总之，传承就是传播、继承、发扬所有值得保留下来的传统。

世界上各个民族的繁衍最终都归结于文化的传承，没有人一开始就会创造事物，每件事物的产生都是经过几代人乃至几百代人不断地改造和发展，逐渐形成今日的模样，在今

后的岁月里,也会由后人在此基础上创新改造,不断完善。只有这样,人类的生活水平、思想层面才能不断提高。通过传承,一方面,后人可以少走很多弯路,在前人探究的基础上进行深层次发展,避免了时间的浪费和过程的重复;另一方面,传承这种习惯一旦形成,将一代代传递下去,前辈的成果和精神很好地保留下来。一个学校、一个民族、一个国家只要有了这种习惯,凝聚力将空前提高,也能更好地在这个社会竞争逐步激烈、世界全球化的背景下保持独立,创立更好的成就。

推陈出新、继承创新、传承发展,是推动发展的规律。陈和新、传承和创新发展不是对立的,传承是基础,在传承基础上的创新,才符合积累、提高的规律。传承是创新的基础和源泉,创新渗透于传承之中。创新的过程既是一个改造传统的过程,又是一个创造新事物、发展先进事物的过程。创新离不开对传统的继承,继承是创新的必要前提,这是创新必然要经历的过程。对一个国家、一个民族来说,如果藐视对传统的批判性继承,其民族的创新就失去了根基。传承的广度和深度决定了创新的广度与深度。传承不仅是创新的必经阶段,也为创新指明了发展方向。传承是创新的根本和灵魂,创新是传承的途径和升华;传承为创新注入深厚的生命力,创新为传承提供丰富的表现力。没有传承的积淀,创新就难以维系。同时,创新的目的就是更好地传承,没有创新的突破,传承就难以延续。二者紧密联系,相辅相成,共同推动了人类文明科技的发展。我们今天享有的一切成果,都是在世代传承和创新的基础上形成的。

习近平总书记在谈中国优秀传统文化时说:“不忘本来才能开辟未来,善于继承才能更好创新。要处理好继承和创造性发展的关系,重点做好创造性转化和创新性发展。”

传承与创新相互依存、相互作用、相互渗透,它们的辩证关系要求大家要做到二者的有机结合和统一。传承与创新构成一个“传承—创新—再传承”循环圈,是一个永恒运动的前进过程。一方面,要着眼于继承,绝对不能离开传统空谈创新。任何时代的学生创新能力的发展,都离不开对传统的继承。任何形式的学生创新能力的提高,都不可能抛弃传统而从头开始。而缺少了传承,创新便会成为无源之水,无本之木。可见,继承和创新是不可分的,只有在“取其精华,去其糟粕”的传承中,创新才是可取的。另一方面,实现创新,需要博采众长。创新的过程,实际上也是交流、借鉴、融合的过程,是学习和吸收各行各业的优秀成果、发展本专业的过程,是不同领域之间相互借鉴、取长补短的过程。创新的过程中,必须以世界优秀成果为营养,充分吸收其有益成果。马克思作为世界无产阶级的革命导师,用毕生的心血写成了光辉巨著《资本论》,他的创新精神鼓舞了一大批的仁人志士为社会的进步而奋斗。诚然,大英博物馆的一桌一椅见证了他冥思苦想之后的豁然开朗,之后的奋笔疾书,见证了他那前无古人后无来者的理论。但是如果没有前人的专著和摘抄资料供其参阅,以及圣西门、傅里叶他们的空想理论供其参考,他也无法成功。或者可以断言,如果没有这些,《资本论》也许不会这么快地完成。

在大学生创新实践过程中,优秀的作品同样离不开学生的传承和创新。低年级同学在进行创新实践的过程中,往往由于专业知识的匮乏和竞赛经验的欠缺,很难取得满意的结果。然而,若高年级的同学愿意将自己的实践经验与之分享并愿意协同低年级同学一同参与,成绩则会有大幅度的提升。第一年,高年级是主力,低年级是助力;第二年,助力即成为主力并帮助下一届的助力。这样逐届学习和传承下去,对前辈的经验“取其精华”,并在此

基础上“革故鼎新”，才能不断完善和进步。例如，近年来，为保障创新训练和参与学科竞赛的团队能够可持续发展，河海大学土木与交通学院构建“造血”——“输血”薪火传承体制，从大一到大四遵循“挖掘—辅赛—参赛—教练”发展轨迹，四年磨剑，形成“学生成长，并反哺于学生”的高效传承接力创新的培养方法。

1.4 创新型土建工程示例

如前所述，创新是提升国家竞争力、增强国家国力、创造就业和不断提高生活水平的重要动力。下面就简单结合一些具体土建工程实例，管中窥豹创新的魅力及其给社会所带来的巨大变化。

1.4.1 中国京沪高速铁路

京沪高速铁路是国家战略性重大交通工程，起自北京南站，途经北京、天津、河北、山东、安徽、江苏及上海，终到上海虹桥站，全长 1318km，全线共设 24 个车站，如图 1-4 所示。

项目概况：该工程于 2008 年 1 月 16 日开工建设，2011 年 6 月 30 日竣工通车，2013 年 2 月 25 日通过国家验收，总投资 1958.88 亿元。全线正线桥梁长约 1060km，隧道长约 16km，路基长约 242km。包括引入既有线的联络线等工程在内，主要实物工程量为：路基土石方 5669 万 m^3 ，桥梁长约 1168.8km，隧道长约 17.9km，无砟轨道正线长约 1298.6km，牵引变电所 27 座。

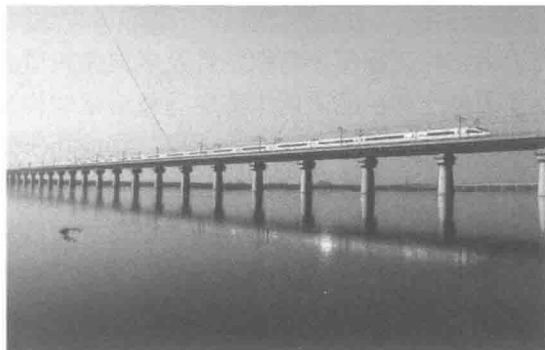


图 1-4 中国京沪高速铁路

创新之处：①高速铁路复杂结构桥梁建造技术创新，采用大量新结构、新材料、新工艺，解决了在温度场、风场环境下车辆、线路、桥梁之间的关系问题以及高速状态下结构变形等问题，最有代表性的是南京大胜关长江大桥，主跨采用双连拱形式，每拱跨度达 336m；②大跨度桥梁承载六线重荷载，研发使用了 Q420QE 新型桥梁钢，实现了钢桁拱桥架设空中多点精确合龙；③高速铁路超长高架桥上无砟轨道无缝线路建造技术创新，达到国际先进水平，解决了桥梁—无砟轨道—无缝线路、高速车辆—道岔—纵连无砟轨道—桥梁之间原本存在的问题；④复杂工程环境下高速铁路路基刚性桩复合地基成套技术创新；⑤高速铁路接触网大张力和材料关键技术等的创新。

在京沪高速铁路工程建设中，设计理念、建设技术和管理体制的创新，形成了我国高速铁路建设的创新模式，完善了我国高速铁路建设标准体系。

1.4.2 中国国家体育场（鸟巢）

国家体育场是北京 2008 年第 29 届奥运会主会场，承担开闭幕式和田径比赛，可容纳观众 91000 人，如图 1-5 所示。