

普通高等教育“十四五”规划教材

工程师思维训练 工程实践

钱 炜 沈 伟 丁晓红 等
· 编著 ·


上海科学技术出版社

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

普通高等教育“十四五”规划教材

工程师思维训练 工程实践

钱 炜 沈 伟 丁晓红 等
· 编著 ·



上海科学技术出版社

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

内 容 提 要

本书主要介绍典型工程师思维训练所应用的工程案例以及所涉及的工程基础和专业知识,其中工程案例均源于上海理工大学机械工程学院组建的产业技术学院合作企业的实际工程项目。这些工程案例具备典型的复杂工程问题特征,需要学生综合多门工程基础和专业课程所学知识,采用包括理论计算、仿真分析和实践验证等多种方法才能解决。全书共分为4章,包括工程伦理概述、企业实践案例解析、专业知识集成与应用案例以及产教融合协同指导的毕业设计案例。附录部分给出毕业设计与毕业实习规范要求,以供参考。

本书适用于高等院校工科专业的学生,还可供从事校企合作相关研究和实践的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程师思维训练工程实践 / 钱炜等编著. -- 上海 :
上海科学技术出版社, 2021. 7
普通高等教育“十四五”规划教材
ISBN 978-7-5478-5366-5

I. ①工… II. ①钱… III. ①工程师—思维训练—高等
学校—教材 IV. ①T-29

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第110946号

工程师思维训练工程实践

钱 炜 沈 伟 丁晓红 等 编著

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社
(上海钦州南路71号 邮政编码200235 www.sstp.cn)

印刷

开本 787×1092 1/16 印张 10.25
字数: 250千字
2021年7月第1版 2021年7月第1次印刷
ISBN 978-7-5478-5366-5/TH·92
定价: 49.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

编委会

主 编 钱 炜

副主编 沈 伟 丁晓红

编 委 (按姓氏笔画排序)

丁子珊 王新华 申慧敏 吴恩启

前 言

近年来,随着机械行业的快速发展,对机械类创新人才的需求和要求越来越高。对于把培养卓越工程师作为重要培养目标的应用研究型大学,其当前培养学生的现状是思维模式并不能完全满足工程师思维的要求,解决复杂工程问题的能力不足,在工程伦理基础、实践动手能力及创新能力等方面还有提升的空间。

校企合作、产教融合是解决目前我国工程教育理论与实践脱轨、学生工程实践能力弱、企业对毕业生知识结构和解决复杂工程问题能力满意度低的有效手段,这已成为业内专家的共识,但是必须清楚认识到目前校企合作人才培养模式中还存在不少问题,导致部分学生到企业只是做些简单的技术工作。学生在校期间所学的专业课具备普适性,但大多缺少来源于工程实践、需要跨多门课程知识才能解决的实际案例。本书正是针对这些问题,依托上海理工大学机械工程学院建立的产业技术学院的实践运行经验,选取包括上海机床厂有限公司、上海振华重工(集团)股份有限公司、上海波客实业有限公司等产业技术学院合作企业的典型实践案例作为主要内容,编写而成这本适用于企业工程师讲解的工程师思维训练课程的教材。

本书秉承中国工程教育认证和新工科建设的指导思想,首先介绍了工程师思维必须具备的工程伦理内容,主要目的是帮助我国工科院校学生,也就是未来的工程师来理解其职业工作的伦理内涵,对工程师的职业特征和责任有更加深入的认知,并将工程伦理价值理念融入其开展工程技术的实施过程中。此外,针对理论教学中专业知识的“碎片化”现状,通过实际的企业实践案例解析,实现专业知识集成与实践应用,为具有“工程型、创新性和国际化”的工程人才培养提供产教融合、协同指导的案例素材和实践方案,力求做到覆盖面广、多知识点融合。

本书按照以下内容开展:

第1章主要探讨工程伦理概念解析及其对工程师行为规范和教育培养的意义,对工程伦理进行了综述。

第2章重点介绍企业实践案例并开展解析,案例来源于包括上海机床厂有限公司、上海振华重工(集团)股份有限公司、上海波客实业有限公司等上海理工大学机械工程学院产业技术学院的合作企业。

第3章以上海理工大学机械工程学院产业技术学院的学生企业实训案例为主体,分析介

绍了锻炼学生专业知识集成能力的实践案例。

第4章主要介绍了上海理工大学机械工程学院产业技术学院的产教融合协同指导的毕业设计案例。

附录给出了具体的毕业设计样本和企业实习报告样本,并提供了具体实践方案。

本书由上海理工大学钱炜、沈伟和丁晓红担任主要编著人员,编写人员还有吴恩启、王新华、申慧敏、丁子珊。本书编写得到了上海机床厂有限公司、上海振华重工(集团)股份有限公司、上海波客实业有限公司的大力支持与帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,加之工程师思维训练的探究仍在持续进行中,书中内容难免有不足或不妥之处,恳请专家、读者批评指正。

作者

目 录

第 1 章 工程伦理概述	1
1.1 工程师思维和工程伦理的关系	1
1.2 工程师培养与工程伦理教育	1
1.3 工程伦理导论	5
第 2 章 企业实践案例解析	11
2.1 相关企业简介	11
2.2 高精度轴系零件复合磨削中心	13
2.3 静压导轨系统及其在精密磨床中的应用	17
2.4 MK8220/SD 数控随动曲轴磨床	27
2.5 海上风电安装船设计	40
2.6 碳纤维复合材料导弹易碎盖开发	47
第 3 章 专业知识集成与应用案例	54
3.1 智能铺装设备的实验台架	54
3.2 汽车顶盖后横梁技术方案	61
3.3 复合材料产品开发	74
3.4 基于以太网的车间机床状态监控系统开发与应用	82
第 4 章 产教融合协同指导的毕业设计案例	94
4.1 面向工程师思维训练的毕业设计	94
4.2 《碳纤维复合材料汽车 B 柱加强板设计》毕业设计案例	94
4.3 《抛石管及保持架结构设计 with 强度分析》毕业设计案例	124

附录 毕业设计与毕业实习要求	140
附录 I 毕业设计	140
附录 II 毕业实习	146
参考文献	155

工程伦理概述

1.1 工程师思维和工程伦理的关系

古往今来,人类依靠自己的双手或通过制造出机器设备辅助等方式,完成了不计其数“鬼斧神工”般的工程,如古代建造的都江堰、京杭大运河、万里长城等,现代社会小到手表、手机,大到“八纵八横”高速铁路网、中国天眼——贵州平塘球面射电望远镜、港珠澳跨海大桥等“超级工程”。这无数的案例无不彰显着工程活动对人类社会发展的的重要性:工程活动创造了人类物质世界,深刻地影响着人类赖以生存的自然环境,并推动着人类精神文明的进步和发展。

随着现代科学的发展,工业技术水平日新月异,并在全球范围内获得了前所未有的推广应用。工业文明给人们带来社会经济发展、生活水平改善的同时,使得人类社会对工程技术的依赖性日益加剧,也对自然环境造成了巨大的压力。“工程师”就是以“工程”为职业的人,是各类工程活动的策划者、实施者、监督者和维护者。工程师作为新技术、新产业的“开拓者”和“先锋”,在现代社会分工中,被赋予了极大的社会期望,其专业能力不仅影响着工程对象,还在生产力发展和社会发展的进程中发挥了重要的作用。因此,优秀的工程师不仅要具备扎实的专业知识,还必须要追求卓越的工匠精神、强烈的社会责任感和历史使命感,这些无不是工程伦理范畴下“工程师思维”的核心体现。

近年来,随着我国工业化程度日益增加,“中国工程”在全球范围内遍地开花结果,对世界经济和社会发展产生越来越大的影响力,受到了各国的密切关注。在这种新形势下,我国工程技术人员在面对工程技术挑战的同时,需要兼顾解决全球变暖、资源枯竭、城乡发展等复合性难题,这样才能在推动社会生产力发展的同时,担负起更多的社会责任,彰显我国推动构建人类命运共同体的坚定决心,并为之不断做出贡献。

通过对高等院校工科专业学生开展工程师思维训练教育,反思工程伦理的内涵、科技发展对人类未来前途和命运的影响,能够为我国卓越工程技术人才培养提供新的观点和思路,对推动我国新时代工程技术人才的综合素质提升、促进我国工程技术的进一步发展具有重要意义。

1.2 工程师培养与工程伦理教育

当前,我国正处于工业发展的高潮,并向工程强国大步迈进。工程伦理教育对我国工程

类人才培养以及高等工程教育改革具有重要意义。通过工程伦理教育,培养工科学生诚信品质,提升竞争能力,塑造敬业形象,增强社会责任感和历史使命感,强化法纪观念,培养团队精神。学生在掌握基本工程技能和理论知识的同时,能够对工程技术有整体性的认识,从而成为具有高瞻远瞩的工程理念、卓越非凡的工程创新精神、深切的职业自觉意识、强烈的社会责任感和历史使命感的新时代工程技术人员。

党的十九大以来,党中央从严治党,强调敬业精神,从狠抓意识形态和思想斗争的背景出发,强调工程师这一类高级专业人才和专业工种的思想素养。十九大报告提出“加快建设制造强国,加快发展先进制造业”,为我国制造业发展指明了主攻方向。“中国制造 2025”等国家发展战略对我国高等工程教育在“质”与“量”上提出了更高的要求。如何满足产业发展的人才需要,更好地完成新时代所赋予的高质量工程人才教育和培养的使命,成为高等工程教育改革的重要课题。

通过对用人单位和毕业生的双向调研,我们发现出现大量“跳槽”、被辞退现象的根本原因,在很大程度上是由毕业生自己造成的。调研发现,学生职业伦理和职业素养的缺失,是出现就业难的重要原因之一。工程类学生通过学校培养体系的专业学习和训练,很大程度上都能够掌握工程专业理论知识和实践经验,但是当学生真正以工程师的身份走向社会时,往往会面临来自职业生活的伦理挑战,如风险责任承担、施工环境挑战、团队管理服从认同、法律等。

对未来的工程师——工科专业人才培养过程实施工程伦理教育,加速培养中国工程类专业学生的职业道德和规范,严于律己。保证高级技术人才、工程师在自觉自律的情况下,恪守专业操守和职业道德。面对违法乱纪的行为,能够做出客观、专业的职业判断。通过构建工程类专业学生的科学与工程伦理观,能够为企业、社会和国家创造财富,并缩小我国和发达国家对于职业工程师道德和规范教育上的差距,加速我国工程类人才培养与国际接轨。

2018年国务院学位委员会办公室发布的第14号文件《关于转发〈关于制订工程类硕士专业学位研究生培养方案的指导意见〉及说明的通知》中,工程伦理被列为公共课程必修课程,这也说明了工程伦理对于工程类人才培养的重要性和必要性。2020年教育部发布的《高等学校课程思政建设指导纲要》中,明确提出“工学类专业课程,要注重强化学生工程伦理教育,培养学生精益求精的大国工匠精神,激发学生科技报国的家国情怀和使命担当”。

1.2.1 工程师职业素养

从工程师角度出发,工程伦理提出的主动防范工程风险,自觉承担职业责任,增进并可持续发展工程与公众、自然和社会的和谐关系,是工程师认同和诉求的社会意识。

科学与工程技术活动作为一项“社会工程”,能够通过其实践活动影响社会伦理价值的构建,不仅影响科学和工程技术人员,同时能够影响社会制度安排、个体行为,甚至社会伦理价值。因此,通过科学与工程伦理实践,才能增强科研和工程技术人员工作成果的稳定性与可靠性。

然而,科研和工程技术人员并不是没有接受过工程伦理教育,或其职业培养要求等也并不是没有伦理学因素,究其原因,常常是工程伦理没能在工程实践活动中充分发挥实际效用,即“工程伦理的实践有效性”没有体现出来。这种有效性不仅取决于工程伦理观念本身的正确性,还取决于工程伦理观念发挥实际作用的路径适宜性。只有通过工程伦理的实践有效性才能真正体现科学与工程伦理的实际价值。

因此,提高工程伦理观念的实践有效性,关注其发挥实际效用的路径、机制和方法,就必须深入到工程伦理实践中去。随着我国经济和社会的快速发展,我国逐渐成为具有世界影响力的“工程大国”,并完成诸多“超级工程”,而工程风险居高不下,则更应关注科学与工程伦理问题。

中国要将“大国重器”掌握在自己手中,实现“工程大国”向“工程强国”的转变,需要更多的顶尖工程技术人才和工程技术大师。随着高铁、水电等越来越多的工程行业走向国门,中国工程师更多地参与到全球工程实践中来,国际化程度越来越高,工程事务对他们的要求也越来越高。当代社会对工程师的要求不仅是纯技术上的,还要求他们对工程的生态环境、公众健康、安全和人文等社会影响有足够的认识,具备高度的社会责任感,正确的价值观、利益观和强烈的伦理道德意识,尤其是对专业工作进行道德价值判断的能力。因此,工程伦理教育已经成为当今工程教育体系的重要组成部分,直接决定着工程师培养是否全面,对工程师的国际竞争力影响很大。

不论从工作和生活来讲,工程师都是在社会这一大背景下进行活动的。因此,作为应承担一定社会责任的社会成员,且随着工程技术活动对社会影响力的不断扩大,工程师必须具有维持社会持续发展的基本素质,以维护社会的稳定。这不仅是社会对工程师的要求,也是工程师完善自己的要求。如果只具有精湛的职业技能,但是缺乏基本的职业道德、违背职业规范,不仅不利于自身职业发展,还会危害社会。

工程伦理规范其实包括工程师应该对什么人负责、向谁负责、谁负责任等问题,可以归纳为首要责任原则、工程师的权力与责任、工程师的职业美德、如何正确地做出符合伦理的决策。此外,工程师的职业道德按照其参与的实践不同,可以分为工程研究中的道德、工程实验中的道德、工程制造中的道德和工程使用维护中的道德等。

工程师职业素养是工程人员参与社会工程实践活动中需要遵守的行为规范,是工程师职业的内在要求,是通过从事工程实践过程中表现出来的综合品质,其是通过学习、培训、锻炼、自我修养等方式逐步积累和发展起来的。对于工程技术领域,伦理行为与规范可以按照表现形式分为隐性和显性两类。工程伦理对工程师隐性职业素养的培养具有重要作用,影响其全职业发展周期。隐性职业素养可以具体表现为诚信品质、敬业形象、法纪观念和团队精神等。

(1) 诚信品质。“诚”指“内诚于心”,“信”指“外信于人”。具体地说,“诚”是道德主体的道德修行,表现为诚挚、诚恳、真诚等内在的道德诉求;“信”是内诚的外化,表现为重言诺、守信用、讲信义等社会化的道德实践。诚是信的基础与前提,只有诚信于心,才有言行一致。诚信作为立德修身之本,也是有序的市场经济最基本的道德规范要求。

(2) 敬业形象。包括热爱本职工作、投入精神、对其所在单位的忠诚以及在责任感中激发出来的主动性,具体表现为饱满的工作热情、积极的创新精神、甘于奉献的务实作风。

(3) 法纪观念。“没有规矩,不成方圆”“家有家规,国有国法”。说明了规章制度的必要性和纪律教育的重要性。要建设高度文明、民主的社会主义国家,实现中华民族伟大复兴,就必须在全社会形成“以遵纪守法为荣、以违法乱纪为耻”的社会主义道德观念,让遵纪守法成为良好习惯。随着我国法治日臻健全,认识、遵守和自觉维护法制的思想意识,既使我们对自己合法权利的维护意识增强,又要求自己对法律的遵守,必须牢固树立法律底线不可碰触。

(4) 团队精神。“单丝不成线,独树不成林”。具有强烈的团队归属感和一体性,才能更好地将个人工作和团队目标联系在一起,从而推进工程进展。

1.2.2 工程伦理实践案例分析

从工程实践来说,好的工程要给社会带来更多的便利,工程师必须要解决社会背景下工程实践中的伦理问题,这些问题仅仅依靠工程方法是无法解决的,在工程设计中尤其要寻求人文科学的帮助。总之,工程伦理就是对工程与工程师的伦理反思,只要人们生活在工程世界中、使用过程产品,工程伦理便和每个人的生活密切相关。

工程伦理实践是通过工程实践实现的,其融会贯通于机器设备开发、产品生产制造、工艺规划等过程的判断、决策和实践中。工程伦理要求工程人员在具体的工作中,把工程伦理行为规范对工程师的职业素养要求变为自己内在的、自觉的伦理行为模式,主动履行职业承诺并承担相应的责任。

工程伦理教育已经成为当今工程教育体系的重要组成部分,直接决定着工程师培养是否全面;通过科学与工程伦理实践,从而增强科研和工程技术人员工作成果的稳定性与可靠性。下面通过介绍案例“徐小平——德语讲得‘最溜’的上海工人”,加强相关理解。

上海大众汽车有限公司发动机厂有一名从普通机修工成长起来的技术人才,任上海大众汽车有限公司发动机厂维修科高级经理、特级技能师,他就是徐小平。他先后主持参与数十项技术攻关项目,解决了无数发动机生产过程中的技术难题;支持参与进口设备的自主革新和升级改造,为企业节省外汇数亿元。从维修工到技术专家,从夜校生到多项专利拥有者,从一线工人到“蓝领创新”团队领衔者……从徐小平身上,可以得到以下启示:

1) 爱岗敬业

中国汽车工业从无到有、从弱到强,历经从模仿吸收到摸索创新的过程。徐小平的职业轨迹与之高度契合,他从“拜师学艺”到“自主创新”,从普通工人到成为海内外闻名的技术专家。当年修了12年通用机械的徐小平,应聘进入上海大众发动机厂当维修工,面对一排排从未见过的进口机床和密密麻麻的德语,他只有一个念头:学通德语,摸透机器。德语对徐小平来说,无异于“天书”,还要攻克晦涩的技术术语,更是难比登天。但徐小平有一股“韧劲”。为了学德语,他听坏了好几个录音机,不知熬了多少夜,终于,功夫不负有心人,2003年徐小平通过了上海外国语大学“高级德语翻译”的考核,成为国内有名的德语技术翻译。“搞技术就是追前沿,谁偷懒谁完蛋。”深谙此理的徐小平自学并综合运用机电、液压、激光等新型学科和技术,打破外方的技术封锁,驾驭了高精设备,确保了发动机生产线的正常运行,成为上海大众第一个“特级技能师”。

2) 攻坚克难

汽车制造业是全世界公认的投资高、技术含量高、产业链附加值高的“三高”型产业。徐小平所在的上海大众汽车有限公司目前产品保有量全国第一,年产值超过1500亿元。创新不落窠臼,即便是在国际权威面前,徐小平也敢于创新,在多项国际先进技术上成功实现突破。激光调焦难是全球技术瓶颈,徐小平大胆提出“用可见光代替激光,实现可视对焦”的假设,德国专家马上否定:“异想天开!”而徐小平经过4个多月的钻研,终于研制成功“激光可视对焦仪”,不仅使每次对焦时间从16h下降到0.5h,而且填补了国际空白。

长期以来,进口数控机床核心部件的自主修理能力一直是国内制造业的短板。上海大众的电主轴,长期依靠国外提供,并由国外维修。每根电主轴的修理价格从10万元到20万

元,相当于一根新轴价格的2/3。这不仅消耗大笔外汇,也常使设备维修保养陷入被动。这种“受制于人”的状况让徐小平心有不甘。他的探索惊动了国外公司,外方连备件都不愿提供,更不用说图样资料和关键参数了。技术“封锁”反而激发了徐小平的斗志,他通过艰苦钻研实现了突破,电主轴的使用寿命从起初的2000h提高到现在的6000h以上,接近国际先进水平,而每根轴的自主维修费用仅为委托外方修理费的15%。他先后主持攻克了数十项设备的疑难问题,参与了众多进口设备的自主革新和升级改造,为企业节省外汇数亿元。有一次设备出故障,德国专家8天8夜修不好,徐小平挺身而出,仅用2h就修复设备,德国专家的态度也从不屑急转为异常佩服。上汽集团董事长胡茂元说,徐小平身上有“上汽人”不服输、敢拼搏的精神,正是这种执着,让企业创新有底气。

3) 团队精神

在上海大众,不是一两个工人创新,而是一个团队创新;不是偶尔创新,而是滚雪球式的持续创新,带动更多职工投入创新。其中的秘密,就是依托上海大众良好的员工发展政策。徐小平在团队建设中提出了“X+1=TEAM模式”,即每位成员在全方位掌握维修技能以外,必须钻研一项专业知识和专业技能,努力成为某一技术领域中的专家,这些专家整合起来就形成强有力的专业维修。在工作机制上,徐小平充分发挥“劳模创新工作室”的优势,先后建立起六大专业工作室,一批维修专家脱颖而出。发动机厂维修团队2012年申报国家级专利8项、国际专利1项。

更多的工程伦理相关案例,读者可参考查尔斯·E·哈里斯等人编写的 *Engineering Ethics: Concepts and Cases (5th Edition)* 一书。

1.2.3 全球化背景下的工程伦理教育

一个国家的工程竞争力,说到底主要取决于工程师的国际竞争力。中国工程师的国际竞争力如何,如何提升他们的国际竞争力,一直备受关注。与欧美发达国家相比,中国工程师的国际竞争力存在某些优势,比如学习能力强、踏实肯干、追求高效等,但总体上还不尽人意。这固然是多方面因素导致的结果,但与中国工程伦理教育的不足存在较大关联。全球化背景下,工程伦理教育对工程师的国际竞争力产生影响的同时,也可以上升到对国家的国际影响力。

工程伦理教育可引导工程师把伦理作为重要因素融入工程实践中去,使工程不仅追求“真”,还要向“善”的方向发展。当前中国拥有世界上最大规模的高等工程教育,每年培养的工科类工程技术人才数量国际领先,但是不少高等工科院校在对未来工程师正确、全面的工程观与工程文化的塑造方面仍有“短板”。我们应当从工程伦理教育的角度,开展工程师思维训练教育,反思工程伦理的内涵、科技发展对人类未来前途和命运的影响,推动我国新时代工程技术人才的综合素质提升,提升中国工程师的国际竞争力。

1.3 工程伦理导论

由于与技术的研究、开发、生产、使用和处理过程有着密切的联系,科学家和工程师肩负着非同寻常的职责,其工作实践活动会产生规范标准以外的不确定性问题。因此,科学与工程伦理对工程师行为的道德约束具有重要意义。近年来,我国开始关注国外工程伦理学理论体系,如美国、日本、俄罗斯等国屡屡有相关著作的系统介绍与评价面世。如何结合我国当前工程职业化体系建设的时代背景,构建符合我国国情的科学、工程伦理理论和时间模

式,将对我国工程人才培养起到积极的促进作用。

不同于普通伦理学,工程伦理并不是“人品道德、素质修养”等社会意识形态,而是属于职业伦理学范畴。工程伦理学是一门诞生于发达国家的新兴交叉学科,专门研究工程实践活动中的伦理道德问题,包括工程实践活动中的伦理原则、道德规范以及相关工程技术人员社会责任感的培养和评价等方面。工程伦理的目标是“确保公众的安全、健康和福祉”。根据工程职业的定义即“工程师从事的工作具有的权力、应承担的责任和义务,以及工程师职业道德与社会之间的关系”,因此工程师掌握的技术对社会的价值、工程性质与规范、工程安全与风险、工程与环境关系、工程的跨文化规范等都是工程师科学与工程伦理的实践范畴。通过工程伦理教育提升工程技术人员的科技伦理素养,不仅能够预防施工事故等灾难、避免不端的职业行为,还可通过技术对社会的影响提升技术水平,为改善人们的生活水平和推进社会的和谐发展提供重要保障。

20世纪后半叶,随着工业革命的快速发展,工程师的社会地位日益重要,工程伦理也受到越来越多的关注,并在21世纪初逐渐成为科技哲学界的国际热门研究点。在当今欧美等发达国家或地区,几乎所有的工程职业团体都把“公众的安全、健康与福祉”放在工程师职业伦理章程的第一条第一款,这充分体现了工程伦理的核心地位,强调工程人员应遵守职业准则、尽职尽责。

1.3.1 工程伦理发展历史

工程伦理伴随着工程师和工程师职业团体的出现而不断地发展完善。在工业革命初期,人们认为工程任务自然会带给人类福祉,并未对工程伦理给予足够的重视。但是,随着工业革命进入高潮,工程技术与商业之间依赖性日益增强,使得工程师职业价值理念与商业价值之间产生越来越多的伦理冲突。新闻界对涉及工程伦理问题事实的相关报道促进了社会各界对工程伦理不端行为的关注,如剽窃、欺诈、贿赂、歧视等,使人们愈加深刻地感受到因违背工程伦理导致的严重后果,以及带来的经济损失等。

人们开始逐渐意识到:工程伦理缺乏对工程技术的稳定和完善构成了威胁,工程实践的目标不能等同于商业利益增长。人们日益认识到工程技术的实施者——工程师,因为应用现代科学技术拥有了巨大力量,从而对工程师提出承担更多伦理义务和责任的要求。

从职业发展来说,工程师共同体强调行业的专业化和独立性,也需要加强工程师的职业伦理建设,因而很多工程师职业组织从19世纪下半叶开始将明确的伦理规范写入组织章程之中。如美国电气工程师学会[美国电气电子工程师协会(IEEE前身)]于1912年制定了其伦理规则,但在当时的环境下,该伦理规则仅局限于职业团体组织。第二次世界大战期间以及战后,军用技术逐渐转向民用,使得大量的工程师职业技能得到了充分发挥,战争中科学与工程技术所体现出的庞大力量使科技工作者和民众都意识到了其两面性。其中最具代表性的当属爱因斯坦,他指出:“我们这个时代产生了许多天才人物,并提出了很多发明,使得我们的生活舒适很多。我们早已利用机器的力量横渡海洋,并且利用机械力量可以使人类从各种辛苦繁重的体力劳动中最后解放出来。我们学会了飞翔,用电磁波从地球的一个角落方便地同另一角落互通信息。”在感叹科技发展带来便利的同时,他也认为技术将会给人们带来巨大的危险:“技术——或者应用科学却已使人类面临十分严重的问题。人类的继续生存有赖于这些问题的妥善解决。”“技术使距离缩短了,并且创造出新的非常有效的破坏工具,这种工具掌握在要求无限制行动自由的国家手里,就变成了对人类安全和生存的威胁”。

从国家层面看,科学技术的应用与政治直接相关,工程技术也会成为政治斗争的工具。

这些都促使了新的工程伦理观念出现。然而工程伦理学成为一门深入研究的学科领域是在1980年以后,标志性事件包括如下:

——美国学者鲍姆开始“哲学与工程伦理学”国家项目,奠定了工程伦理学作为涉及哲学、工程学、社会科学、法律和管理科学的“跨学科性学科”地位的基础。

——1980年,美国伦塞勒尔工学院召开了第一次关于工程伦理学的跨学科会议,同年莱登逊等人出版了第一本关于工程伦理学的学术论著。

——1981年,面向工程伦理学研究的跨学科刊物 *Journal of Business and Profession Ethics* 创刊。

进入21世纪以来,以信息高速公路为基础,以人工智能、虚拟现实、万物互联、大数据等为技术核心,以社会生产和人类生活全面智能化为基本特征的智能时代不仅给人们带来了便捷,也对人类隐私、生命乃至公平正义造成了巨大威胁和全面挑战。因此,智能信息时代的工程师如何化解技术风险,并在保护隐私、关爱生命、守护公平正义等方面主动承担起自身的伦理责任,从而实现工程造福人类的目标,成为当前和今后一段时期急需深入思考的重大课题。IEEE也于2017年向全球发布了第2版“人工智能设计的伦理准则”白皮书(*Ethically Aligned Design V2*),摘录如下:

I. 宗旨

智能和自主的技术系统的设计,旨在减少日常生活中的人工活动。正因为如此,这些新领域对个人和社会的影响已引起人们的关注。目前的讨论涉及对积极影响的倡导,也涉及关于隐私侵害、歧视、技能丧失、负面经济影响、关键基础设施的安全风险以及社会福祉之长期影响的警告。正是由于系统的这些性质,只有它们能够符合人类的道德价值和伦理原则,这些系统才能充分实现其益处。因此,必须建立框架,指导人们认识这些技术可能造成的技术以外的影响,并就此进行对话和讨论。

II. 目标

合乎伦理地设计、开发和应用这些技术,应遵循以下一般原则:

人权: 确保它们不侵犯国际公认的人权。

福祉: 在它们的设计和使用中优先考虑人类福祉的指标。

问责: 确保它们的设计者和操作者负责任且可问责。

透明: 确保它们以透明的方式运行。

慎用: 将滥用的风险降到最低。

中国人民大学刘永谋教授曾指出,按照美国哲学家卡尔·米切姆被普遍接受的看法,西方工程伦理的发展大致经过5个主要阶段:

(1) 在现代工程和工程师诞生初期,工程伦理处于酝酿阶段,各个工程师团体并没有将之以文字形式明确下来,伦理准则以口耳相传和师徒相传的形式传播,其中最重要的观念是对忠诚或服从权威的强调。这与工程师首先是出现在军队之中是一致的。

(2) 到了19世纪下半叶—20世纪初,工程师的职业伦理开始有了明文规定,成为推动职业发展和提高职业声望的重要手段,比如1912年美国电气工程师学会制订的伦理准则。忠诚要求被明确下来,被描述为对职业共同体的忠诚、对雇主的忠诚和对顾客的忠诚,从而达到公众认可和职业自治的程度。

(3) 20 世纪上半叶,工程伦理关注的焦点转移到效率上,即通过完善技术、提高效率而取得更大的技术进步。效率工程观念在工程师中非常普遍,与当时流行的技术治理运动紧密相连。技术治理的核心观点之一,是要给予工程师以更大的政治和经济权力。

(4) 在第二次世界大战之后,工程伦理进入关注工程与工程师社会责任的阶段。反核武器运动、环境保护运动和反战运动等风起云涌,要求工程师投身于公共福利之中,把公众的安全、健康和福利放到首位,让他们逐渐意识到工程的重大社会影响和相应的社会责任。

(5) 21 世纪初,工程伦理的社会参与问题受到越来越多的重视。从某种意义上说,之前的工程伦理是一种个人主义的工程师伦理,谨遵社会责任的工程师基于严格的技术分析和风险评估,以专家权威身份决定工程问题,并不主张所有公民或利益相关者参与工程决策。新的参与伦理则强调社会公众对工程实践中的有关伦理问题发表意见,工程师不再是工程的独立决策者,而是在参与式民主治理平台或框架中参与对话和调控的贡献者之一。当然,参与伦理实践还不成熟,尚在发展之中。

20 世纪 90 年代,工程伦理的概念开始被介绍到国内,研究主要集中在中国社会科学院、东北大学、大连理工大学及浙江大学的部分教师及学生中。学术界主要的译著为丛杭青等翻译的《工程伦理概念和案例》,主要的专著包括肖平的《工程伦理导论》和李世新的《工程伦理学概论》,主要的研究文章包括李世新的《开展工程伦理学研究增强工程师责任意识》《谈谈工程伦理学》和丛杭青的《美国工程伦理的历史与启示》等。

1.3.2 工程伦理行为与规范

职业伦理是属于职业的,是相应于不同的职业所要求的特殊道德规范。在日常生活的分工体系中,社会赋予每一项职业的使命、责任与义务就是职业伦理。职业素养是人类在社会活动中需要遵守的行为规范,是职业内在的要求,也是一个人在职业从事过程中表现出来的综合品质,是通过学习、培训、锻炼、自我修养等方式逐步积累和发展起来的,它体现一个社会人在职场中成功的素养和智慧。

2006 年,依波·范·德·普尔(Ibo van de Poel)等编著的 *Philosophy and Engineering: An Emerging Agenda* 中指出“通过工程师的负责人行为或揭发能够有效地避免灾难的发生”,该书从诚实、谨慎、公开性、自由、信誉、教育、社会责任、合法性互相尊重、效率、尊重主体等方面,介绍了科学伦理的基本原则。

美国工程师协会提出的工程师行为规范包括:

(1) 工程师在达成其专业任务时,应将公众安全、健康、福祉放在至高无上的位置优先考虑,并作为执行任务时服膺的准绳。

(2) 应只限于在足以胜任的领域中从事工作。

(3) 应以客观诚实的态度发表口头或书面意见。

(4) 应在专业工作上,扮演雇主、业主的忠实经纪人、信托人。

(5) 避免以欺瞒的手段争取专业职务。

1.3.3 现代工程伦理案例分析

近年来,随着我国科学技术的发展,科学与工程伦理引发的重大事故引起了社会各界的广泛关注。探究这些事故发生的重要原因,往往涉及相关工程技术人员的伦理意识和社会责任感存在问题。工程伦理在新时代背景下面临的挑战和变化更加复杂。这种挑战和变化不仅来自工程技术本身,还涉及经济发展、文化背景、自然环境等交叉因素。下面结合近些

年发生的具有广泛国际社会影响力的工程伦理事件,对现代工程技术发展背景下的工程伦理开展讨论。

1) 案例一: 美国挑战者号航天飞机灾难——小零件造成大悲剧

1986年1月28日,美国挑战者号航天飞机在发射中失事,导致7名航天员全部遇难。该次发射原本计划于1月22日进行,因种种原因推迟至1月28日进行。然而,尽管前一天已预测到发射当天的气温会低至允许发射的最低温度,且发射塔上覆盖了冰雪,负责制造和维护该航天飞机固体火箭助推器部件供应商——莫顿聚硫橡胶公司的O型密封圈责任工程师罗杰·博伊斯乔利根据他的职业知识判断,不确定该密封圈能够承受目前这样的低温,O型密封圈在低温下其密封性能可能会失去弹性,导致密封失效,结果将会使得炽热气体溢出,点燃储存舱内的燃料,造成致命的爆炸,建议推迟第二天早上的发射任务。但是,莫顿聚硫橡胶公司高层为了使公司获得美国国家航天局新一轮的签约,推翻了责任工程师罗杰·博伊斯乔利的主张。

美国国家航天局在1月28日上午11时39分执行了发射任务,挑战者号发射升空,仅仅73s后发生解体并爆炸。事故调查结论显示,助推器是通过安装在连接处的6枚橡胶材质O型密封圈实现机身密封的,然而在挑战者号发射升空时,助推器外壳的金属部分在点火产生的压力下因膨胀而出现了裂缝,原本设计用于封闭该裂缝的O型密封圈因过低的温度失去韧性丧失了密封功能。副O型密封圈则因金属外壳崩裂而偏离了原本的位置,点火产生的高温使这两枚O型密封圈都融化了,造成裂缝扩大,燃料溢出产生明火,并最终导致挑战者号在空中爆炸。

此次事故造成直接经济损失12亿美元,使全世界对征服太空的艰巨性有了一个明确的认识。在事故发生前,罗杰·博伊斯乔利作为一名工程师认识到了自己负有保护公众健康和安全的义务,对可能发生的危险依靠职业经验做出了技术判断,以保护公众安全。然而,其他工程人员没有理睬他对发射的抗议。虽然,罗杰·博伊斯乔利没能成功阻止这场人类航天史上最严重的载人航天事故,但是他践行了自己的职业责任。在随后的职业生涯中,他遍访美国各地的学院、大学,宣传工程伦理。1988年美国科学促进会对他挑战者号事件中坚守工程伦理的典范行为授予了“科学自由与责任奖”。

2) 案例二: 日本福岛核电站事故

2011年3月,里氏9.0级地震引发的特大海啸袭击了位于日本福岛的福岛第一核电站,导致其中全部六个反应堆出现不同程度的爆炸,并直接导致放射性物质的泄漏。核电站外泄的放射性物质先后扩散到福岛县的农田、周边的海水及东京等七个城市的饮用水当中。日本政府及东京电力公司先后采取多种措施对各个反应堆进行多次注水冷却,并试图恢复各反应堆的供电,但效果时好时坏,放射性物质的泄漏得不到有效控制。日本地处地震频发地区,福岛第一核电站却采用单层循环沸水堆,并将冷却水直接引入海水,这样的结构设计存在显著缺陷,并埋下了巨大的安全隐患。

不久之后,世界多国就检测到福岛核电站泄漏事故所释放出的微量放射性物质,同时日本在福岛第一核电站区域内检测到了又一种强放射性毒物——铯。日本政府宣布事态非常严重,并宣布将废弃福岛第一核电站的一~四号机组。然而,东京电力公司为了解决福岛核电站设施内部高放射性污水的问题,擅自决定将一部分低放射性的污水直接排入海中,为高放射性污水让出储存空间,并且随后采用了巨型铁板阻止高放射性污水入海。