

导 论

1. 工程伦理教育的意义

当代工程伦理教育受到高度关注。一方面,工程实践在现代社会发挥着越来越重要的作用,工程活动对人们的生活产生越来越广泛的影响。另一方面,工程实践越来越密切地关系到各种伦理问题。这些伦理问题涉及对工程行为正当性的思考和价值判断,往往需要在价值冲突中作出正确的价值选择。

20 世纪 70 年代以来,美国、法国、德国、日本、英国等发达国家相继开展工程伦理教育。20 世纪 90 年代之后,加强工程伦理教育,提高工程师和其他工程实践者的社会责任,成为工程教育的重要方面。自 1994 年起,美国工程教育协会(ASEE)和美国国家科学基金会(NSF)分别发表了关于工程教育改革的相关报告,呼吁重视工程师面临的伦理问题,加强工程伦理方面的教育。美国国家工程院的报告也指出,伦理标准是未来工程师具备的基本素质之一。1996 年开始,美国注册工程师考试将工程伦理纳入“工程基础”考试范围。^①从而使工程伦理教育被纳入到教育认证、工程认证的制度体系之中。

工程伦理教育对于工程师的培养和工程实践具有重要意义。它不仅关系到工程师自身伦理素养和社会责任的提升,而且通过工程这一载体,关系到经济、社会与自然的和谐发展。具体包括以下三个方面。

第一,开展工程伦理教育有利于提升工程师伦理素养,加强工程从业者的社会责任。长期以来,我国工程教育多注重专业知识与技能的培养,工程伦理教育环节相对缺失,使得工程师在工程实践中往往只看到技术问题,认为工程引发的环境问题、社会问题与自己无关,这是造成我国工程实践中环境污染严重的重要原因之一。同时,在具体工程实践中,片面追求经济效益、盲目听从长官意志,无视工程的社会责任的现象屡有发生,导致豆腐渣工程、假冒伪劣工程大量出现。工程伦理教育的重要意义,就在于提升工程师的伦理素养,强化工程师和其他工程从业者的社会责任,使其能够在工程活动中意识到工程对环境和社会造成的影响,将公众的利益而非经济利益或长官意志放在突出的位置。

第二,开展工程伦理教育有利于推动可持续发展,实现人与自然的协同进化。现代工程技术已经得到极大发展,人类控制自然的能力不断提高,改造自然的进程也随之加快。但如果滥用知识和技术的力量,就会对自然环境带来极大破坏,并因此导致能源危机、生态危机和环境污染。近年来我国挥之不去的雾霾就鲜明地将环境污染的严峻形势呈现在公众面前。工程作为经济发展的基本实践方式,必须坚持合理的发展理念,在工程设计和工程建设中,将可持续发展、协调发展作为基本准则之一。工程伦理教育通过技术、利益、责任和环境

^① 哈里斯,等. 工程伦理: 概念与案例[M]. 丛杭青,等译. 北京: 北京理工大学出版社,2006.

等方面伦理问题的探讨和分析,让工程师建立保护自然的意识、在经济利益与自然权力之间作出平衡,从而通过工程推动经济的可持续发展,实现人与自然的协同进化。

第三,开展工程伦理教育有利于协调社会各群体之间的利益关系,确保社会稳定和谐。随着工程规模的扩大和高度集成化,工程对社会产生的影响越来越大,所牵涉的范围也越来越广,如何协调各利益相关方的利益关系,不但关系到社会的稳定和谐,也关系到是否能够有效规避工程的风险,并让广大公众共享工程实践带来的福祉。近年来,类似PX项目这样的超大型化工项目引发的社会冲突就非常值得反思。这些大型化学工程往往年产值高达数十亿,能够极大地拉动地方的经济发展,但与此同时,化工产品生产存在的危险性和工程建造过程中发生的违规操作也给所在地的居民带来了环境问题和重大安全隐患,甚至造成更为严重的后果。厦门、大连、宁波等地接连发生公众集体抵制PX项目事件,从一个侧面说明,如果不能合理地兼顾各种利益诉求,就会导致公众与政府、企业之间出现信任危机,就会影响社会的稳定、和谐和共享发展。工程伦理教育中强调加强社会责任,合理进行价值分配,协调不同的利益诉求,特别是强调要注重和保障公众利益,使工程师能够在工程实践中更有效地发现和解决技术应用中的风险问题,协调好公众、雇主和社会其他利益群体的关系,从而避免冲突,确保社会稳定,这也是工程伦理教育所具有的重要意义之一。

2. 工程伦理教育的目标

工程伦理教育的目标是什么?如果说工程伦理教育的重要任务是提高工程师伦理素养,那么工程师伦理素养的内涵是什么?

针对这些问题,美国工程伦理学家戴维斯(M. Davids)曾将大学工程伦理教育的目标总结为以下4方面:①提高学生的道德敏感性;②增加学生对执业行为标准的了解;③改进学生的伦理判断力;④增强学生的伦理意志力。^①这种观点实际上强调的是两个方面,即培养工程师准确和坚定的伦理意识,以及加强工程师对伦理规范的认知,这也是工程师解决工程伦理问题所需要具备的基本素质。但值得注意的是,在具体的工程实践中,由于工程活动的复杂性和不确定性,工程师还需要培养良好的工程决策能力,即要把伦理意识和伦理规范具体落实到解决工程实践面临的伦理问题上。由此,我们可以把工程伦理教育的目标概括为以下三个主要的方面。

第一,培养工程伦理意识和责任感。广义的意识概念是指大脑对客观世界的反应,狭义的意识概念则是指人们对外界和自身的觉察、认知与关注。工程伦理意识强调的是对工程活动中存在的伦理问题的感知、理解和重视。培养工程伦理意识就是要提高人们对工程伦理问题的敏感性,增强其理解、重视工程实践中各种伦理问题的自觉性和能动性,这是积极面对和有效解决工程伦理问题的重要前提。工程伦理意识并非工程师先天具有,而是通过系统学习和实践逐步培养起来的,缺乏工程伦理意识的工程师往往会在无意识的情况下作出有悖伦理的决定。“在伦理问题上陷入困境的工程师多数不是由于他们人品不好,而是由于他们没有意识到自己所面对的问题是一个具有伦理性质的问题。”^②或者虽然意识到伦理问题的存在,但却往往认为这是与自己无关的。缺乏自觉面对和解决伦理问题的责任感。

① DAVIS M. Engineering ethics[M]. Aldershot: Ashgate Publishing Limited, 2005.

② 李世新. 工程伦理意识淡漠的原因分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2006(6): 93-97.

因此,培养工程伦理意识和责任感,就成为工程伦理教育的基础性任务,也是实现工程伦理教育其余目标的重要基础。

第二,掌握工程伦理的基本规范。工程伦理规范是指工程师面对伦理问题时应遵循的行为准则,是工程师共同体价值观和道德观的具体体现,为工程师如何解决伦理问题提供依据。工程伦理规范并非一成不变,而是随社会的发展不断变化和不断丰富的,在不同时期具有不同的内涵和侧重点。从不同的伦理思想出发,对何为正当性的行为的判断标准不同,也会形成不同的伦理规范。但总体上看,工程伦理规范往往体现的是在一定的社会发展阶段,最能够反映社会主流价值观念和伦理思想的行为准则,因此对工程实践行为具有重要的指导意义。比如,从我国十八届五中全会提出的“创新、协调、绿色、开放、共享”的五大发展理念出发,保护环境、保障公众利益就成为重要的行为准则,即在面临价值冲突和价值选择时,应优先考虑保护环境和保障公众利益,这是当前工程师共同体需要遵从的首要原则。同时,需要指出的是同一时期,不同国家、不同领域的工程伦理规范又有所差异,这一方面需要在具体实践中为工程师提供更有针对性的行为引导,另一方面,工程伦理规范的变化性和差异性也为解决工程伦理问题增添了复杂性。

第三,提高工程伦理的决策能力。工程伦理的决策能力是指在面对伦理困境时,仅依靠工程伦理规范很难作出判断,工程师需要具备的更为复杂的理性决策能力。上文中提到,工程伦理规范并非统一和一成不变,有时不同的规范之间甚至会相互冲突,加上工程活动本身具有不可预测性,工程师时刻需要面对大量无法用工程伦理规范解决的复杂问题。此时,就需要工程师在正确理解和把握规范的前提下,结合实际情况及时作出合理决策。特别是进入大工程阶段,无论是技术问题还是利益关系都空前复杂化,伦理决策能力已经成为处理伦理问题的必要条件之一。

3.《工程伦理》教材的编写思路

相对于西方发达国家,我国工程伦理教育起步较晚。20世纪90年代,工程伦理教育开始引起国内相关学者的注意。董小燕等人介绍了美国、德国和日本等国的工程伦理教育情况,进而曹南燕等相继发表文章探讨工程伦理教育的意义,并呼吁在国内开展工程伦理教育。20世纪90年代后期,清华大学、大连理工大学、北京理工大学、西安交通大学等理工科院校开始开设工程法规和案例分析相关课程。进入21世纪之后,工程伦理教育更受到工程界、教育界和政府相关部门的高度关注,必须在工程教育中全面推进工程伦理教育也成为人们的共识。在全国工程教育指导委员会的指导下,编写工程伦理教育的教材也成为一项重要的基础性工作。

基于以上关于工程伦理教育意义和目标的思考,同时充分借鉴国内外相关教材的经验,本教材的编写试图体现以下几个原则。①立足工程实践特点,以全面树立与强化工程活动的伦理意识为基本目标;②在探讨具有普遍性的工程伦理问题的基础上,充分体现不同专业领域工程伦理问题的特殊性,强化工程伦理规范的针对性;③在坚持职业伦理的规范性、原则性基础上,注意工程伦理实践在具体情景中的复杂性,提升工程伦理决策能力;④重视工程伦理基本原则与不同文化本土特点的结合;⑤以案例教学为特点,同时体现工程伦理基本理论框架论述的系统性。

根据以上编写原则,教材的整体结构分为“通论”和“分论”两个部分。

“通论”部分包括第1章至第5章。通论主要探讨工程伦理的基本概念、基本理论问题,以及工程实践过程中人们将要面对的共性问题。其中,第1章分析工程和伦理的概念,工程实践中的伦理问题,以及处理工程伦理问题的基本原则。第2章至第4章分别从责任伦理与伦理责任、利益分配与公正、环境伦理与环境正义三个方面探讨所有工程实践都可能面对的一些共性问题。我们以为责任、公正和环境正义三个方面是面对伦理问题必须坚持的基本伦理原则,也是工程伦理普遍要遵循的重要准则。第5章重点探讨了工程师的职业伦理,工程师的职业伦理是工程伦理的核心内容之一,倡导工程师的职业伦理并引导工程师恪守职业伦理规范,是工程伦理教育的重要任务。

“分论”部分包括第6至12章。分论主要针对不同的工程实践,有针对性地分析不同的工程领域面对的特殊问题,以及共性的伦理问题在这些领域的特殊表现,分析不同工程领域的工程伦理规范。分论分别涉及土木工程、水利工程、化学工程、核工程、信息工程、环境工程和生物医药工程等具体的工程领域。

教材的编写试图体现“案例教学为特点,职业伦理教育为重心”的教学理念。为此,各章以引导案例为切入点,同时在各章结束时提供参考案例和需要讨论的问题以供进一步思考。在各章的写作中,力求从不同的视角突出工程师和其他工程从业者需要把握和思考的伦理规范,以从不同的方面反映工程职业伦理的丰富内涵。

第1章 工程与伦理

引导案例：怒江水电开发的争议

怒江是我国西南的一条国际河流,其中下游径流丰沛而稳定、落差大、交通方便、开发条件好,是水能资源丰富、开发条件较为优越的河段,是我国尚待开发的水电能源基地之一。1999年,国家发展与改革委员会“根据我国的能源现状,决定用合乎程序的办法对怒江进行开发”。但从2003年国家发改委开始对怒江水电开发进行论证伊始,怒江水电开发的争议已经持续了十余年,成为环保与发展争议的标志性事件,也被外界视为中国乃至世界水利开发主要受阻于环保因素的一个罕见案例。

怒江既是资源最富集的地区之一,但又是全国最贫困的地区之一。怒江州是全国唯一的傈僳族自治州,58.3%的区域面积纳入自然保护范围,丰富的木材资源和矿产资源不能开发,没有支撑地方经济增长的支柱产业。2002年,怒江州全年的财政收入只有1.05亿元,全州4县均为国家扶贫重点县。2004年怒江州人均年收入在625元以下的贫困村有11个,农民人均年收入978元。

怒江水电开发被视为该地区脱贫致富求发展的重要途径。按照云南省有关部门提出的规划,怒江中下游干流共开发13个梯级电站,总投资896.5亿元,可带来40多万个长期就业机会,同时带动地方建材、交通等二、三产业的发展,促进财政增收。不但电力成为地方新兴的支柱产业,而且由此带来的社会经济效益将远远超过电力行业本身。

但怒江水电开发引发了多方面的争议。反对者的主要理由包括以下几个方面。①水电站的建设可能影响怒江的旅游业;②将改变自然河流的水文、地貌及河流生态的完整性和真实性,也将影响和降低其作为世界自然遗产的地质、地貌、生物多样性、珍稀濒危物种以及自然美学价值;③将破坏怒江地区多民族聚居的独特的地方民族文化;④应从国家生态安全长期目标出发,将其作为一条生态河流予以保留;⑤移民问题不易解决。此外,环保组织和一些专家曾联名致信相关部门,提请在怒江水电开发中依照《环境影响评价法》的要求,吸收公众参与环评。

针对反对的声音,当地政府官员认为:“怒江人民有着脱贫致富的强烈愿望,已经初步具备了改变家乡面貌的能力,我们拥有建设新农村的权利。”有的地方官员这样表达他们的不解:“问题是被一些所谓的环保人士和新闻媒体复杂化了,他们的行为甚至引起了中央领导人的注意。我就想不通,以前我们怒江人过了这么多年的穷苦日子他们并不关

心,现在我们想通过开发怒江过好日子他们却特别关注,一致反对了,似乎我们怒江人就不该向往过好日子。”一些专家也认为,怒江现在的问题,不仅仅是保护和恢复生态的问题,还有拯救生态的问题。开发怒江水能资源,对治理怒江流域的生态恶化具有关键的意义。只要在开发中重视环保问题,坚持科学的开发模式,资源开发与环境保护可以实现双赢。

据悉,怒江水电开发在“十三五”期间将重新启动。但争议仍然会继续。过去的争议对今后的水电开发也有不可估量的重要影响。

值得我们思考的是:

(1) 一个规划中的水电开发工程何以引发如此广泛的争论? 这反映了工程实践的什么特点?

(2) 这个争论反映了哪些伦理问题? 如何理解水利开发工程中出现的这些伦理问题?

(3) 重大工程的实施应该如何处理经济社会发展和环境保护之间的关系?

从人类的发展看,工程实践活动有悠久的历史。可以说,人类社会的发展始终伴随着不同类型的工程行为。埃及金字塔、中国万里长城等闻名遐迩的伟大建筑,既是人类文明的重要遗产,也是古代浩大工程的典范;公元前 256 年李冰父子修建的都江堰水利工程至今依然福泽川蜀。但值得注意的是,人类文明的发展,人类大规模改造自然的工程行为不可避免地要涉及人与自然、人与社会、人与人的关系问题,多重价值追求、不同的利益诉求也会导致工程行为选择上的困境和冲突,并引发对工程行为意义与正当性的反思。因此,人类的工程实践不仅是一种改造自然的技术活动,也是一种关涉人、自然与社会的伦理活动。这成为“工程伦理”作为一门学科建立和发展的现实背景。

工程伦理研究始于西方 20 世纪 60 年代,作为一门哲学、伦理学与工程学、社会学交叉的新兴的学科门类。在规范性意义上,“工程伦理”指工程中得到论证的道德价值,明确何为嵌入工程活动中的“德行”(virtues)和“卓越”(excellences)。在描述性意义上,工程伦理关注的是工程实践中出现的特定伦理问题和伦理困境、通过践行并不断完善伦理规范和规则来实现“有限的伦理目标”^①,为应对工程中出现的具体伦理问题提供指导。

本章将重点探讨工程和伦理的概念,分析工程实践中可能出现的各种伦理问题,提出处理工程实践中伦理问题的基本原则。



R1-1 怒江、怒江



R1-2 怒江水电波澜再起
民间力量大打保卫战



R1-3 怒江水电开发求解

^① BOWEN W R. Outline of an aspirational engineering ethics[J]. Engineering Ethics: Outline of an Aspirational Approach, 2009: 69-86.

1.1 如何理解工程?

探讨工程伦理问题,分析人类工程实践中出现的伦理困境,首要的是明确“工程”的概念。然而,在现代社会,人类的工程活动都要以技术为基础,对技术的选择和应用直接或间接地影响工程的进步及发展方向。因此,工程与技术密切相关。在讨论工程伦理的相关问题之前,必须先厘清技术与工程之间的联系与区别。

1.1.1 技术与工程

技术和工程都起源于人的劳动。在西方语言中,technology(技术)一词出自希腊语中 techne(工艺、技能)与 logos(词、讲话)的组合,意指对造型艺术和应用技艺进行论述;当它17世纪在英国首次出现时,主要指各种应用技艺。在我国《辞海》(1979年版)中,“技术”被解释为“人类在利用自然和改造自然的过程中积累起来并在生产劳动中体现出来的经验和知识,也泛指其他操作方面的技巧”。陈昌曙认为,技术“是指生产过程中的劳动手段(如设备)、工艺流程和加工方法,属于社会的物质财富和创造物质财富的实践领域,是劳动技能、生产经验和科学知识的物化形态”^①。

从词源上看,engineering(工程)词根 engine(发动机)和 ingenious(创造能力)源于相同的拉丁语词根 ingenerare(创造)。同时,engineering(工程)与 engineer(工程师)或 ingeniator(拉丁语工程师)密切相关,engineering一词由 engineer 接 ing 后缀构成,由名词 engineer 到动名词 engineering 的过渡,表明动作承担者与其行为结果的内在关联性。在古代西方,“工程”一词特指的是军事工程,但就工程作为具体建设项目而言,古代的房屋、道路、水利、作战器械、土木工事等的各项建造或制作均属工程范围。在中国,“工程”一词最早出现于《新唐书·魏知古传》:“会造金仙、玉真观,随盛夏,工程严促”,此处的“工程”指的是金仙、玉真这两个土木构筑项目的施工进度。到了明清时期,“工程”主要指官室、庙宇、运河、城墙、桥梁、房屋的建造等,强调施工过程和结果^②。及至近代之后,“工程”广泛被认为是人类利用自然界的资源、应用一切技术的生产、创造、实践活动。

从以上“技术”和“工程”的词源、词义的分析来看,可以发现技术与工程之间既相互区别又彼此联系。两者的区别主要表现为以下四个方面:第一,二者内容和性质不同。技术是以发明为核心的活动,它体现为人类改造世界的方法、技巧和技能;工程则是以建造为核心的活动,“工程的建造过程,也就是科学、技术与社会的互动过程,并最终在工程中发挥科学、技术的社会功能、实现其价值的过程”^③。第二,二者“成果”的性质和类型不同。技术活动成果的主要形式是发明、专利、技术技巧和技能(显现为技术文献或论文),它往往在一定

① 陈昌曙. 技术哲学文集[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2002: 10.

② 例如明·李东阳《应诏陈言奏》:“今纵以为紧急工程不可终废,亦宜俟雨泽既降,秋气稍凉,然后再图修治。”清·刘大魁《芋园张君传》:“相国创建石桥,以利民涉,工程浩繁,惟君能董其役。”

③ 张秀华. 工程: 具象化的科学、技术与社会[J]. 自然辩证法研究, 2013(9): 46-52.

时间内是有“产权”的私有知识；工程活动成果的主要形式是物质产品、物质设施，它直接地显现为物质财富本身。第三，二者的活动主体不同。技术活动的主体是发明家，工程活动的主体是工程师以及工人、管理者、投资方等。第四，二者的任务、对象和思维方式不同。技术是探索带有普遍性的、可重复性的“特殊方法”，技术活动是利用科学原理和技术手段的发明创造过程。任何技术方法都必须具有“可重复性”。但是，任何工程项目都是一个相对独立完整的活动单元，其目的明确，在时间、空间上分布不均匀，规模一般比较大，需要周密的分工合作和严格的管理，牵涉到组织、管理、体制、文化等因素，具有独一无二的特征。

虽然技术与工程之间存在差异，但是彼此有着紧密的联系。首先，它们都是以满足人类的某种需要为目的，都是人类在认识世界的过程中为了获得更为优质的生活而改造世界的活动。其次，任何时代的工程活动都要以那个时代的技术为基础，工程要对技术进行集成。同时，工程也必然成为技术的重要载体，并使技术的本质特征得以具体化。“当作为过程的技术在工程中被集成时，动态的技术在其过程中要经历形态的转化，要与工程过程中的相应环节匹配、整合，而被集成为‘在场’技术，即‘工程技术’”^①。可以说，技术是工程的手段，工程是技术的载体和呈现形式，技术往往包含在工程之中。

1.1.2 工程的定义

技术与工程的内在不同使得工匠、发明家和工程师逐渐分化为既有联系又有差异的社会群体。在这个过程中，也开始形成相对独立的工程概念。

工程的概念最初主要用于指代与军事相关的设计和建造活动，比如，工程师最初指设计、创造和建造火炮、弹射器、云梯或其他用于战争的工具的人。近代之后，工程的含义越来越广泛。人们把有目的地控制和改造自然物，建造人工物，以服务于特定人类需要的行为往往都称之为工程。在18世纪，职业化的民用工程师开始出现，他们是道路、桥梁和城市供水系统的设计者。1818年英国民用工程师学会成立，是工程师与传统意义的工匠在职业划分上明确分离的重要标志。现代意义上的工程师们开始反思自身工作的特点和意义，并开始了对工程活动本质的追问，以明确工程师的身份特征。

1828年Thomas Tredgold给英国民用工程师学会的信中，提出了此后在较长时间内被广泛接受的“工程”定义，即认为工程是驾驭源于自然界的力量以供人类使用并为人类提供便利的艺术。这个定义的特点在于：第一，把工程看作通过控制和变革自然界以驾驭和利用自然界力量的工具与技能；第二，突出工程的最终目的是为人类服务，为人们更好地利用自然界提供便利；第三，强调工程是一种艺术或创造，但并不限于军事方面。这一定义也往往被认为是预设了工程是价值中立的这种思想。

随着工业化进程的推进，人类对于自然力量的控制和利用越来越紧密地与近代以来的科学发现和技术发明联系在一起，因此，工程也往往被视为是对科学和技术的应用。一些现代工程师也把是否具备和灵活应用现代科学技术知识作为工程师素养的重要方面，以进一步区别于传统的工匠与技师，这样，对工程的定义就较多地强调工程作为“科学知识的应

^① 张铃. 工程与技术关系的历史嬗变[J]. 科技管理研究, 2010(13): 294-298.

用”。比如,1998年美国工程与技术资格认证委员会就曾经对工程职业作过这样的界定:工程是应用通过研究、经验和实践所得到的数学和自然科学知识,也开发有效利用自然的物质和力量为人类利益服务的途径的职业。^①这种定义突出了工程活动与科学技术日益紧密的联系。但把工程视为科学知识的应用,往往易于忽视工程活动自身的创造性和自主性。20世纪后,工程活动在经济社会发展中扮演了越来越重要的角色。人们开始进一步反思工程的概念。一方面,逐步打破了工程是价值中立的这种观念,开始从社会和伦理维度对工程活动进行探讨。工程与伦理的关系成为重要的理论和实践问题;另一方面,进一步探讨科学、技术与工程之间的关系,逐渐摒弃把工程单纯视为是科学的应用的这种认识。

在现代社会,工程概念的应用更加广泛,也形成了狭义的工程概念和广义的工程概念。广义的工程概念认为,工程是由一群人为达到某种目的,在一个较长时间周期内进行协作活动的过程。这种广义的理解强调众多主体参与的社会性,如“希望工程”等;狭义的工程概念则认为,工程是以满足人类需求的目标为指向,应用各种相关的知识和技术手段,调动多种自然与社会资源,通过一群人的相互协作,将某些现有实体(自然的或人造的)汇聚并建造为具有预期使用价值的人造产品的过程。狭义的工程概念不仅强调多主体参与的社会性,而且主要指针对物质对象的、与生产实践密切联系、运用一定的知识和技术得以实现的人类活动。如“化学工程”“三峡工程”“载人航天工程”等。工程伦理所讨论的“工程”,主要指狭义的工程概念。

1.1.3 工程的过程

不论是古代还是现代,人类的工程实践都表现为动态的过程。因此,从工程过程出发认识工程的特点,把握工程的本质便成为理解工程行为的重要切入点。

一般而言,计划、设计、建造、使用和结束这五个环节构成了工程的完整生命周期。其中,工程的计划环节包括工程设想的提出和决策两个部分,解决的主要是工程建造的的必要性和可行性问题。在工程计划通过之后,就进入了工程的设计环节,包括工程的设计思路、设计理念以及具体施工方案设计等都在这一环节得以确定。工程的第三个环节是建造环节,包括工程实施、安装、试车和验收等具体步骤,是依据工程设计来对自然进行改造和重构的过程。工程通过验收之后并不意味着工程生命周期的结束,接下来还包括工程的使用和结束两个重要环节。工程使用环节是指工程竣工验收之后正式投入运营的时期,工程实现其自身的经济效益或社会效益,在工程过了使用期之后,需要进行报废处理,即工程的结束环节。这五个环节密不可分,互相影响,共同构成了工程的完整生命周期过程。

从过程的角度认识工程,目的之一是试图提炼贯穿在工程过程中发挥核心作为的因素,并由此对工程的实质有所认识。在这个方面,人们对工程的过程形成了两种具有互补性的看法:一种是将工程理解为设计的过程,这种理解认为作为思想行为的“设计”是工程的本质,工程的实施不过是根据设计进行生产或制造,因此,设计是工程的灵魂,真正的工程师就

^① 杜澄,李伯聪.跨学科视野中的工程[M].北京:北京理工大学出版社,2004:165.

是设计师；另一种将工程理解为建造的过程，这种理解认为作为实践行为的“建造”是工程的本质，设计只是工程过程中的重要环节，建造的过程依赖于设计，但却超越了设计，是最终被建造出来的人造物体现了工程的价值和意义。

事实上，在一定意义上，设计和建造是工程实践的两个关键环节，但这两个环节并不是孤立的，而是相互交织并交互建构的。可以说，上述这两种理解从不同角度反映了工程活动的特点。前者强调了工程师或设计者创造性的思想和理念可能对工程行为产生极其深刻的影响，后者强调了工程实践最终要通过建造新的人工物来实现其价值。可以说，创造性的思想和创造性的实践，都是好的工程实践不可或缺的，而且这两者之间是交互促进的。如果从广义的实践概念来理解工程活动中的“建造”和“造物”，那么创造性的设计应该被包含在其中。

1.1.4 作为社会实践的工程

从工程的特点可以看出，任何一个工程项目整体上都是一种社会实践。认识到这一点对于我们探讨工程的伦理问题具有重要的意义。

“作为社会实践的工程”可从两方面进行考量。一方面，工程活动本身具有社会性，它是工程共同体通过实践将工程设计和知识应用于自然的过程；另一方面，工程活动的目的是为了“好的生活”^①，其造福人类社会的目标具有社会性。工程实践作为特定知识在自然界中的运用方式，具有与现代科学实验相似的因素，即不确定性和探索性。

首先，工程活动蕴含着有意识、有目的的设计。在具体实施之前，工程师需要明确工程需实现的多方面目标，需要思考可以调动的自然和社会资源以及可以利用的知识与技术，进而探索实现目标可能采用的路径和方案。这种有目的、有意识的设计既体现了工程中的创造，也反映了人们对工程的预期。

其次，工程设计和实施过程中人们的知识与技术总是不完备的。任何工程都需要面对新的情境和问题，并因此包含着部分的无知和不确定性。在设计过程中基于抽象模型和模拟试验的设计与计算往往包含着不确定性；对材料的采购、加工和利用，其性能和质量等方面也具有不确定性；工程实施过程中的特殊自然条件、地理结构，天气状况等都有可能给工程进展带来不可预期的新问题。面对这些知识和技术上的不完备性，工程设计师和工程实



R1-4 工程活动的主要环节



R1-5 对工程过程的两种理解

^① 在哲学和伦理学意义上，“好的生活”是实现幸福的生活，它以人的完满存在为指向，意味着人通过工程活动使得自身潜能充分展开，达致人自身多方面的发展，即科技进步和工程实践应以提高人的幸福度为价值旨归。基于人类对“好的生活”的理性认知与道德实践，确定了以增进人类的幸福和促进人、自然、社会和谐发展与完善作为处理工程实践中各种伦理问题的基本价值导向。