

目 录

1 工程事理学释名

1.1 科学·技术·工程	1
1.1.1 钱学森框架	1
1.1.2 科学和技术	2
1.1.3 工程技术	12
1.2 运筹学与事理学	21
1.2.1 运筹学的学科性质	21
1.2.2 事理和事理学	30
1.3 工程事理学	41
1.3.1 什么是事理	42
1.3.2 工程事理学及其研究意义	44
1.3.3 工程事理学与技术学或技术论的区别	48

2 工程事理学的初步探索

2.1 工程事理学的研究范围	57
2.1.1 工程事理应包括工程管理事理	57
2.1.2 工程事理的特征	59
2.1.3 工程事理的各分支	60
2.1.4 析“事理系统”的概念	65

2.2 关于“三个系统论”的探讨.....	70
2.2.1 标准化系统工程研究(工作)对象的 分析	70
2.2.2 三个研究对象的普遍意义.....	73
2.3 工程优化事理初探.....	84
2.3.1 工程优化的实践论事理.....	85
2.3.2 方案优选与参数优化——优化的信息库 事理	92
2.3.3 优化的主体性事理.....	97
2.4 事理分析——评价事情的存在状态和变化趋向 是否合理的工具	111
2.4.1 什么叫事理分析	111
2.4.2 事理分析的系统学依据	114
2.4.3 事理分析方法初探	119
2.4.4 事理分析的一个实例	124
附文:环境巨涨落与我国军用标准化	126
参考文献.....	144

工程事理学释名

1.1 科学·技术·工程

1.1.1 钱学森框架

任何领域,为了便于研究、分析、甚至管理,都有个分类问题。学术领域的分类,尤其复杂。钱老提出的科学技术体系框架(即钱学森框架)是对科学学的一大贡献。他以马克思主义,特别是历史唯物主义哲学为指导,系统地研究了世界两百年来科学技术发展和演变的历史,提出了由三个台阶(基础科学、技术科学和工程技术)、六大部门(自然科学、数学科学、社会科学、系统科学、人体科学和思维科学)组成矩阵结构的人类迄今为止所掌握(或认识到)的科学技术体

系的宏伟结构(后来又发展为九大部门)。在这种框架体系的指导下,我国的系统科学、人体科学和思维科学近十几年来得到了迅速的发展。

这一框架体系的特点之一是把科学技术的每一部门从纵向划分成基础科学、技术(应用)科学和工程技术三个层次(台阶),并通过各自的哲学“桥梁”与马克思主义哲学相联系。这座哲学“桥梁”因科学技术部门的不同而不同。如自然科学通向马克思主义哲学的桥梁是自然辩证法;系统科学的桥梁是系统观(图 1-1)。

这一框架体系把哲学、科学和工程技术按其相互层次关系区分开又组合起来,给人们一种非常鲜明的人类知识体系图景,既符合科学技术发展的历史实际,又尊重人们对哲学、科学和技术的传统概念。逻辑性强,界定明晰,部门间的区分也很清楚,并且指明了新学科群的发展方向,为科学技术体系学奠定了一个重要基础,也为学科分类提出了一种最合理的方案。

1.1.2 科学和技术

由于近年来科学学、科学技术论、技术哲学等学科的蓬勃发展,一方面提出了许多宝贵的理论和经验成果;另一方面由于新概念的层出不穷,也把科学、技术和工程的基本概念混淆了。反映到学科分类上,科学与技术不分,技术与工程不分,这就模糊了学科的性质,影响到学科的发展方向。

从人类早期起始,技术就已经是人类生活的四个环境因素之一。其余三个环境因素是宇宙、自然和社会。它在很

大程度上改变了几千年的社会面貌。所以,技术是先于科学而被人们接受并发展了的。

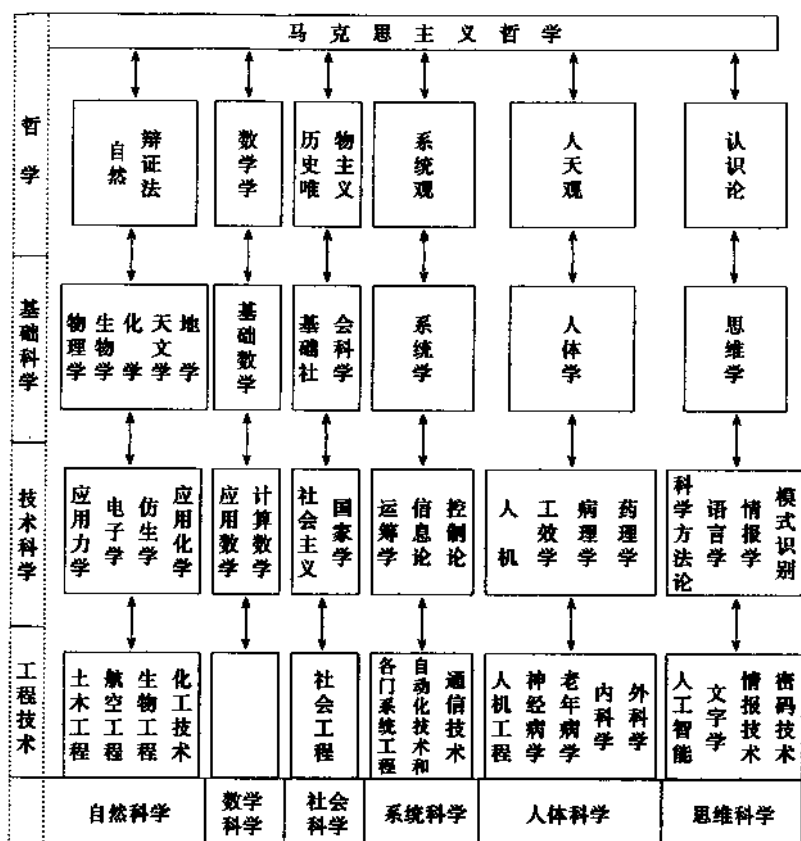


图 1-1 现代科学技术体系总体结构图

什么是科学?很多人,特别像著名的科学学创始人之一 J. 贝尔纳,反对用严格的定义来对这一概念加以简单概括。

本文不可能也不必详细探讨这两个字在各种应用场合下的含义。根据已经提出的各种说法,就科学的狭义理解来说,可以认为:它是系统地反映客观(自然、社会和思维)事实和运动(变化)规律的知识体系。其目的是认识世界。它也可被理解为一种认识世界以便更好地改造世界、服务人群的社会活动。

什么是技术?也是众说纷纭。技术概念的形成也有个历史过程。“技术”一词的希腊文原意是指个人的技能和技艺。在手工业时代,技术涵义的主要之点,仍是指个人的技巧、手艺,但也开始包括世代相传的制作方法、手段和配方等方面内容。随着人类社会的进步,工业,尤其大机器生产的兴起,技术的概念不断发展变化,形成了狭义和广义两种主要概念。狭义的技术,是指实践经验、科学知识和物质设备三者有机结合而形成的经验与技能、知识理论与方法,以及物质手段的总和,以达到将天然自然物改造成人工自然物,为人类社会服务的目的。这一概念从总体上基本反映了科学、技术与生产的统一、历史上的技术概念与当代技术概念的统一、技术的精神因素与物质因素的统一。它与前引的狭义科学定义是互相衔接的。科学与技术的关系,前苏联学者伏尔柯夫说得很清楚:“科学是人类的一种社会活动,其目的是认识自然的、社会的及思维的规律,成果是科学知识;技术也是人类的一种社会活动,其目的是设计和制造用于生产、运输和通讯、战争、科学研究、教育、管理、医学、文化和生活等方面的工具和手段。”科学学的奠基人,英国固体物理学家 J. 贝尔纳也指出过:“科学家和工程师在功能

方面根本不相同,科学家的首要业务在于寻求工作方法,而工程师却以完成工作为主。”诺贝尔奖金获得者,日本科学家江崎认为:“通过对自然的探索 and 认识,以揭示人类对自然的好奇,这就是科学;而怀着明确目的,利用自然知识,对自然进行控制,这就是技术。科学是为人类对自然的某些作为提供可能,而技术则是利用科学知识以实际造福于人类。”

这些论述明确区分了科学与技术概念的基本差别。科学就是科学,技术就是技术,这两类伟大的社会活动是具有明确不同的功能和作用的。它们之间大概有六方面的明显差别(表 1-1)。

表 1-1 科学与技术的差别

对比对象 对比方面	科 学	技 术
目 的	认识世界	改造世界
形 态	知识形态	知识及一定的物质形态
选 题	自由探索	目标明确
完成课题的期限	无规定	有规定
经济效果	不确定的或长远的	确定的或直接的
社会监督	弱	强

世界的发展使科学和技术互相渗透,其联系愈益紧密。它们的内涵和外延都不断发展,从而产生了广义科学和广义技术的新概念。

从科学方面看,现代科学由于研究对象和研究领域的

不断扩大、与社会需求的结合日益密切、规模日趋宏大、试验设备日益先进复杂、计量日趋精微,因此,形成了整体化、社会化、技术化和数字化四大趋势。广义的科学就包括了技术,更出现了“大科学”的概念。所谓大科学是指投入大量科研经费、拥有众多先进技术装备、由大量科技人员参加、规模宏大的科学技术活动,在社会生活中起着前所未有的作用。这是相对于由个别或少数科学家在简陋的实验室中从事“小科学”活动而言的。40年代美国的“曼哈顿计划”标志了大科学时代的开始。大科学冲破了狭义的科学与技术的主要差别,似乎科学吞没了技术。

从技术方面看,广义的技术概念使技术目标越出生产领域。远在200年前,法国百科全书派代表D.狄德罗就提出过如下定义:“技术就是为了完成某种特定目标而协调动作的方法、手段和规则的完整体系。”这个定义包含了技术的明确目的性(这是与科学的最主要区别)、社会协调性(定义中的“协调动作”)、成套的知识体系(定义中的“完整体系”)、软件(指方法、手段和规则)和硬件(“手段”中也包含工具、设备等硬件)这五个要点。把技术的研究对象包括自然和社会在内,要比有些人把技术只规定为“劳动手段的体系”更加把握了技术的本质,而且更具普遍意义。近来出版的由宋健主编、江泽民总书记题名的《现代科学技术基础知识》一书中也引用了狄德罗这一定义,并认为“直到现代,许多辞书上的技术定义,基本上没有超出狄德罗的技术概念范畴”。

百余年前,马克思在《资本论》中谈到关于技术问题时

指出：“工艺学会揭示出人对自然的能动关系，人的生活的直接生产过程，以及人的社会生活条件和由此而产生的精神观念的直接生产过程。”这里，马克思强调了技术的整体性，即技术不仅要揭示人和自然的关系，同时也包括人和社会的种种联系。30年后，恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》一书中更明确地指出：“一个伟大的基本思想，即认为世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体，其中各个似乎稳定的事物以及它们在我们头脑中的思想映象即概念，都处在生成和灭亡的不断变化中，在这种变化中，前进的发展，不管一切表面的偶然性，也不管一切暂时的倒退，终究会给自己开辟出道路。”接着又指出：“事实上，直到上一世纪末（笔者注：指18世纪末），自然科学主要是搜集材料的科学，关于既成事实的科学，但是在本世纪（笔者注：指19世纪），自然科学本质上是整理材料的科学，关于过程，关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大整体的联系的科学。”这里，恩格斯再次强调了科学的整体性，指出：包括科学在内的各种社会活动都是不断变化发展着的过程的集合体。这种哲学思想的指导极有助于我们去理解和认识当代科学技术体系的发展。

钱老在《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》一文中根据历史唯物主义分析指出，恩格斯当时所讲的科学只指自然科学，没有包括社会科学。因为真正的社会科学还刚刚由马克思和恩格斯创立，还来不及纳入整个科学的体系。至于工程技术这一大部类，才刚刚被认为是同自然科学

有联系的学问,尚未发展到能与当时的自然科学相提并论的社会活动体系。这 100 年来,不仅科学,技术也大大发展壮大。

当时马、恩所强调的技术的整体性概念,不仅揭示了人和自然的关系,同时也包括人和社会的种种联系。就人与自然的关系来说,技术主要表现为自然技术,这种技术主要解决在物质资料生产过程中人和自然的关系。就人与社会的联系而言,技术着重解决在非物质资料生产过程中,人与自然、人与社会,以及人与人之间的关系问题,这时,技术主要表现为社会技术。所以,广义技术的定义是:人类在为自身生存和社会发展所进行的实践活动中,为了达到预期目的而根据客观规律对自然、社会进行调节、控制、改造所用的知识、技术、手段、方法和规则的集合。广义技术包括生产技术(含物质生产和知识生产)、管理技术(含生产管理和生活管理)和服务技术(含生产服务和生活服务)。

与大科学概念相对应的有大技术的概念。这是指经济投资巨大、涉及学科比较广泛、使用人力也很多的技术,如核聚变技术、空间技术等。但要解决核聚变问题,首先要解决核聚变可控性的机理和条件问题,这类问题就属于科学问题;所谓空间技术,又称航天技术,或航天工程,实际上是研制航天飞行所需各种技术装备的技术总和,这是一个大口袋。由于宇宙空间对人类来说是一个充满未知数的领域,有许多问题要在空间技术过程中探索,所以空间技术和核聚变技术一样,须要同时研究科学问题。由此可知,大技术也包含了有关科学。换句话说,技术也可以包含科学。从大

技术的概念出发,似乎技术又吞没了科学。

从大科学的具体例子看,如前面提到的曼哈顿计划,实际上是美国首次秘密研制最早期原子弹的计划,代号叫“曼哈顿工程区”,投资 20 亿美元,直接动用人力 60 万,工程重点是如何尽快获得 90% 以上浓度的浓缩铀,用以制成“枪法”和“内爆法”两种原子弹,为此建立了若干座反应堆和化工工厂。这样的“大科学”也可称为大工程或大技术。

由此看来,由于上面提到的科学技术整体化、综合化的大趋向,互相借助,互相靠拢、融合,从而出现了科学社会化、社会科学化、科学技术化、技术科学化,形成令人眼花缭乱的多学科、全方位、大规模、高投资、目标明确、吸引社会各方参与的社会科技活动。它必然会引起许多学者的重视和研究,并从各自角度来分析、解释这种趋势,从而出现了“大科学”、“大技术”、“全科学”等名称,实质上指的是同一类社会科技活动。其共同特征是综合应用科学、技术乃至生产的已有成果,瞄准某一宏伟的社会目标,使三者密切结合并有所发展,从而在短期内达成预定目标。若我们所使用的术语尽量通俗一点,似乎统一称之为“大工程”更加贴切一些。因为它们都有期限紧迫的目标任务,如曼哈顿计划本来就有“工程区”的代号;著名的阿波罗登月计划,也可称为一项典型的空间大技术,实际上也是一项庞大工程。当然,从工程中所须依仗的科技因素来看,曼哈顿计划所要解决的科学问题可能比其它大技术更多一些。但本质上这是一项原子弹研制工程。

综上所述,我们可以认为,除了生产以外,把科学技术

按传统观念先分为科学和工程技术两大类是合理的。在科学这一大类内,为了区分研究对象和层次的不同,再分为基础科学和技术科学两个层次,也是必要的。前者指研究和反映自然界、人类社会和思维的基本规律的知识体系;后者指以基础科学的理论为基础,针对工程技术中带有普遍性的问题,研究和反映各门工程技术中比较具体的基本理论和运动规律的知识体系。前者对科学技术的发展起主导作用,是现代科学技术的基石,但与工程技术的关系比较远;后者介乎基础科学和工程技术之间,是两者关联的桥梁,是从工程技术和生产中直接提炼出来,又反过来直接指导工程技术和生产。技术科学具有如下的一些特点:

1. 与基础科学相比,它研究的是具体对象的特殊运动规律。它所能说明的问题也限于特定的具体对象或类似情况。

2. 它是联系基础科学与工程技术乃至生产的纽带。它研究问题时一方面面对工程技术中的种种具体现象和问题,另一方面也紧密依赖基础科学的理论指导。反过来,它从具体研究对象中提炼出来的特殊原理和运动规律又可向基础科学提供素材,丰富或促使基础科学的进一步发展。

3. 技术科学有它自己独特的研究方法和实验方法。它从提出问题开始,通过实践(实验)观察,建立物理模型,经过分析比较,得出普遍性结论,再应用于各门工程技术中。

4. 与基础科学相比,由于技术科学的实际指导工程技术的效果增加,研究范围缩小,从而也容易取得成果,故其目的性和计划性也相对增强,成果的保密性也增加。

5. 发展速度快,知识陈旧率也很快。如力学于本世纪初开始脱离物理学领域而走上技术科学的发展道路,迄今已迅速建立起近 160 门学科,蓬勃发展着的许多边缘学科、综合学科往往发生在技术科学这个层次上。由于它们所从事研究的对象范围较窄,牵涉的因素错综复杂,新的知识单元的不断出现和参与,故其知识陈旧率也高。

把科学划分为基础科学和技术科学两个基本层次,既符合科学本身蓬勃发展的客观实际,也有助于人们正确认识科学的结构,从而推动科学的发展。除了技术科学这一名称外,还有应用科学这个名称,钱老认为它就是技术科学。但也有人把应用科学看成与工程技术层次相当的学科群,甚至认为应用科学就是工程技术(或技术),这就把科学和技术的基本界限弄模糊了;也有人管工程技术叫生产科学,笔者认为也是不大妥当的。

也有人认为,钱老所提出框架不能容纳新产生的许多交叉学科(包括边缘科学、综合科学和横断科学),因而只能在钱学森框架之外另立一列(纵跨基础科学、技术科学和工程技术三个层次,见图 1-2),把这三类科学放在一个口袋里。这同样也打乱了整个框架体系的严整概念,不仅在学术上不够审慎,而且太草率了。其实,只要对这些交叉学科的性质认真作点分析,对钱学森框架认真加以体察,按照六大科学部门的划分界限和每一新学科的研究对象和学科性质,完全可以解决这些新学科在框架中的放置问题。

1.1.3 工程技术

下面我们来分析一下框架中工程技术这个层次。

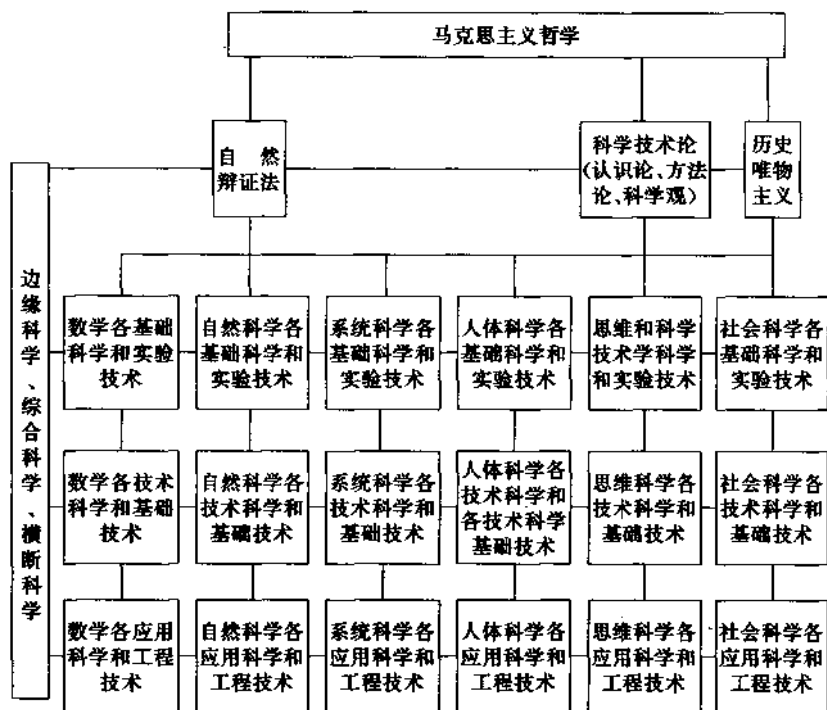


图 1-2

什么叫工程技术？工程技术是否等同于技术？工程与技术有什么区别？这些问题，正是本节所要弄明确的主要内容。

我们先举两条关于工程技术的定义：

1. 所谓工程技术,简单说来就是设计、研制和发展的过程,是技术转化为生产力的最后阶段。具体说来,“主要是指人们按预定目的实现对物质材料、能量、信息进行改造、变换、加工的物质手段和方法”(引自彭纪南:《关于工程、工程技术和工程技术科学》,华中工学院自然辩证法学习通讯,1979年第二期)。

2. 工程技术也是自然技术中的一大门类技术。所谓工程技术是与应用科学相对应的关于各种产业部门技术的总称。“工程技术的功能在于运用技术的原理概念,使之与物质手段结合,把天然自然(物)变为人工自然(物),它的构成方式是规划、设计、工艺、制造和施工等等。从技术与产业部门的角度看,工程技术不是单一的技术,在内容上它是一个由多种技术构成的综合体,即由栽培技术、捕获技术、饲养技术、开采技术、材料技术、机械技术、交通技术、动力技术、建筑技术、控制技术、系统技术等多种不同类型的技术的集合构成了工程技术”(引自邓树增主编:《技术学导论》43页~44页,上海科学技术文献出版社,1987)。

按照《技术学导论》的学科体系概念,它把自然科学分为基础科学、技术科学和应用科学三类,把自然技术分为实验技术、专业技术和工程技术三类,分别一一和自然科学的三类相对应。这里的专业技术是指:“以技术科学理论为指导,把技术科学的理论转化为生产技术,是技术科学理论和生产力之间的桥梁,同时又是检验技术科学理论真理性的客观尺度。例如,把能源科学(技术科学)应用于能源的研究与开发,相应地便产生了能源技术;把空间科学应用于空间

的研究和开发,相应地形成了空间技术。”

这两条定义都是只从自然科学与生产关系这个角度来说明工程技术的含义,属于狭义的理解。但更重要的是技术与工程技术这两个概念的关系区分不清,如第一条定义中所说的“技术转化为生产力的最后阶段”,似乎隐含如下概念:技术转化为生产力有若干阶段,工程技术是其最后阶段,那么,工程技术之前又是些什么阶段呢?从技术到生产力要靠转化,那么技术本身又是什么性质的概念呢?工程技术既是一种转化过程的名称,那它是不是也是一种技术呢?这条定义最后肯定工程技术也是手段和方法,则又如何去理解工程技术是技术转化为生产力的最后阶段之说呢?还有一个问题是工程技术与普通的工程概念有什么区别?

第二条定义中首先把工程技术列为自然技术中的一个分支,使其与实验技术和专业技术并列起来,如空间技术被归入专业技术,不属工程技术,饲养技术则归入工程技术,这样的划分是违反工程技术人员常识的。它关于工程技术概念的具体描述也令人感觉不出与通常所理解的工程概念的区别。而且,其中“运用技术的原理概念,……”一句反映出工程技术又与技术有别,故亦未分清工程技术与技术的关系。

问题的关键是在科学、技术、工程、生产这一系列社会活动和知能体系中未认清工程的重要地位,在下定义时为了强调技术的重要作用而把它的领域概括得太宽了,实际上吞没了工程,而在具体使用术语时,只采用技术这个术语又嫌不能概括工程,只用工程两字又包含不了通常所一致

认可的技术概念。所以,如果把工程技术这个概念理解为既包括一般认可的技术概念,又包括通常使用的工程概念,它是一个大口袋,则这种概念上的包来包去、解释不通的矛盾就解决了。切勿认为:在钱学森框架中的工程技术台阶,是只指某种特殊技术的台阶,从而想法去解释这种特殊技术的含义,这就会钻进牛角尖。合理的区分是:在钱老所提出的三个台阶中,前两个都属于科学范畴,后一个属于工程技术范畴,既有传统意义上的技术,也有传统意义上的工程,它是一个涵盖面很广的领域。这样理解,钱老所提出的框架,是包含了进入生产以前的全部科学技术(工程)体系,为了突出工程在第三个台阶上的重要作用,所以就把这个台阶命名为工程技术台阶。至于研究技术学的人愿意如何去剖析这个总概念,对它如何进行分类,只要言之成理,分析有据,都可各行其是,但按照钱学森框架来概括,则就都概括在工程技术这个台阶里。

另外,钱学森框架中的工程技术台阶是广义的,它不限于自然科学部门,对于其它五大科学部门也是适用的。它是各该科学部门内直接改造客观世界的那部分人类知识技能财富。

我们这样分析钱学森框架,并非否认工程与技术的区别。现在我们就来研究一下工程与技术的区别。

传统意义上的技术,可借用中国社会科学院语言研究所的定义来理解:“人类在认识自然和改造自然的反复实践中积累起来的有关生产劳动的经验和知识,也泛指其它操作方面的技巧。”这个定义的优点是揭示了技术的起源(来