

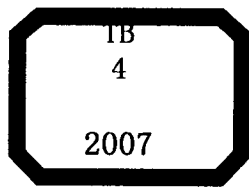
工程技术 思维与创新

GONGCHENG JISHU
SIWEI YU CHUANGXIN

黄志坚 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





工程技术思维与创新

黄志坚 编著

机械工业出版社

本书结合实例系统地论述了当代工程技术的基本内容、作用、特点, 以及与工程技术相关的边沿学科; 工程技术创新的规律、途径、策略、程序; 工程技术问题分析、评判、决策与矛盾解决的思路、原则与对策。本书还深入地分析了工程技术人员的素质、学习实践的途径、成长模式等, 也分析了各种失误的主观原因, 并提出了避免失误的措施。同时从方法论的高度, 结合大量实例论述了系统论、信息论、控制论、辩证唯物论、逻辑学等在工程技术中的应用。

本书对工程技术界广大读者进一步掌握分析与解决实际问题和技术创新的思维方法、学习成才、避免失误有一定的启发、引导、示范、借鉴和参考作用。

本书的读者主要是广大工程技术人员, 技师、技术工人, 高等工科院校及职业技术学院的师生、研究生及其指导教师, 工矿企业、政府科技部门的管理人员, 科学技术方法论的研究人员等。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程技术思维与创新 / 黄志坚编著. —北京: 机械工业出版社, 2006. 12

ISBN 978-7-111-20594-4

I. 工... II. 黄... III. 工程技术 IV. TB

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 155720 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 沈红 责任编辑: 孔劲 版式设计: 冉晓华

责任校对: 刘志文 封面设计: 鞠杨 责任印制: 李妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2007 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm 9.875 印张 · 381 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-20594-4

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010)68326294

购书热线电话: (010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379779

封面无防伪标均为盗版

前 言

21世纪是科技与工程高速发展演变的时代，是充满创新与改革的时代，是竞争日趋激烈的时代，这对我国广大工程技术人员的素质提出了更高的要求。为帮助广大工程技术人员进一步提高综合素质，适应新形势和新任务，特编著此书。

全书分五部分，共13章，第一部分（第1章）主要论述当代工程技术的基本内容、作用、特点，以及与工程技术相关的边沿学科。第二部分（第2、3章）系统地论述了工程技术创新的规律、途径、策略、程序等。第三部分（第4、5、6章）主要论述工程技术问题分析、评判、决策与矛盾解决的思路、原则与对策。第四部分（第7、8、9章）论述工程技术人员的素质；学习实践的途径，成长模式；深入地分析了各种失误的主观原因，提出了避免失误的措施。第五部分（第10、11、12、13章）从方法论的高度，结合大量实例，论述了系统论、信息论、控制论、逻辑学、辩证唯物论等对当代工程技术中的指导作用。

本书写作的基本指导思想是理论与实际应用密切结合，在学科交叉的基础上实现综合创新，紧跟科学技术的发展前沿。本书致力于充分调用工程技术、思维科学、创新理论、逻辑学、系统论、信息论、控制论、辩证唯物论等多学科的相关知识，系统地构筑有效解决实际问题的新知识体系，努力实现研究工作的学科交叉与综合创新。

本书注意从国内外工程技术的不同应用领域（机械、电气、化工、轻工、交通、地质、建筑、能源、材料、信息、军工等）及工程技术工作的各方面（研究、开发、设计、工艺、运行、设备、质量、标准化、安全等）的实际问题中提炼出新的理论，尽量使有关理论与方法具有较高的概括性和普遍的适应性。本书具有较鲜明的特色。

本书的读者对象主要是广大工程技术人员，技师、技术工人，高等工科院校及职业技术学院的学生与教师、研究生及其指导教师，工矿企业、政府科技部门的管理人员，科学技术方法论的研究人员，等等。

本书对工程技术界的广大读者进一步掌握分析与解决实际问题和技术创新的思维方法，有一定的启发、引导、示范、借鉴、参考作用。同时本书还对工程技术人才的素质与学习成长问题进行了研究，分析了工程技术工作的主观失误，提出了避免失误的措施，相信对广大读者（尤其是年轻读者）是很有帮助的。

黄志坚

机械工业出版社机械行业标准出版信息

· 我社出版自 2002 年开始发布的现行机械行业标准 (JB), 其中包括机械、电工、仪表三大行业, 涉及设备、产品、工艺等几大类。为保证用户查询、购买方便, 特提供以下信息:

查询标准出版信息、网上订购

<http://www.cmpbook.com/standardbook/bzl.asp>

<http://www.golden-book.com>——机械工业出版社旗下大型科技图书网站

标准出版咨询

机械工业出版社机械分社电话: 010-88379778

010-88379779

电话订购

电话: 010-68993821 010-88379639

010-88379641

传真: 010-68990188

地址: 北京市西城区百万庄大街 22 号

邮政编码: 100037

户名: 北京世纪金典图书有限公司

账号: 8085 1609 1908 0910 01

开户行: 中国银行北京百万庄支行

目 录

前言

第1章 工程技术概论	1
1.1 工程技术的概念	1
1.2 工程技术的地位与作用	1
1.3 工程技术的特点	3
1.4 工程技术活动的全过程	6
1.5 工程技术的分类	9
1.6 工程技术的相关边缘学科	12
1.7 工程技术与思维科学	19
参考文献	21
第2章 论技术创新	22
2.1 当代技术创新的特点	22
2.2 自主创新	24
2.3 创新思维	26
2.4 技术创新与怀疑方法	28
2.5 工程技术创新能力分析	33
2.6 技术创新规律和方法的启示	35
参考文献	37
第3章 发明与革新理论与方法	38
3.1 发明与革新——技术创新的基本形式	38
3.2 发明与革新的基本方法	41
参考文献	57
第4章 工程技术问题分析的策略	58
4.1 工程技术问题的来源	58
4.2 对工程技术系统(对象)的认识过程	59
4.3 工程技术问题分析的基本途径	61
4.4 工程技术问题分析的重要方法	64
4.5 两项基本原则	78
参考文献	79

第5章 工程技术矛盾的妥善解决	80
5.1 工程技术中的矛盾	80
5.2 解决矛盾的策略	83
5.3 解决矛盾的重要原则	91
5.4 小结	96
参考文献	96
第6章 工程技术决策理论与方法	97
6.1 工程技术决策概述	97
6.2 科学决策的思维模式	99
6.3 工程项目决策的风险分析	106
6.4 层次分析法在课题遴选中的应用	108
6.5 技术开发中的决策问题	110
6.6 煤层气可采性综合评价与决策	112
参考文献	114
第7章 工程技术人员的学习与成长	116
7.1 概述	116
7.2 工程技术人员的知识结构	119
7.3 专业技术课程的学习	124
7.4 课程设计、实习与毕业设计	127
7.5 工学硕士与博士研究生阶段的学习与科研	130
7.6 走好参加工作的第一步	133
7.7 工程技术人员的自学	135
参考文献	143
第8章 工程师成功要素分析	145
8.1 理想、信念和责任	145
8.2 敬业爱岗, 积极进取	146
8.3 坚实的功底	148
8.4 分析判断能力与承担风险的勇气	149
8.5 灵活机动的战略战术	150
8.6 良好的人际关系	154
8.7 身心健康	155
参考文献	156
第9章 工程技术工作失误的主观因素	157
9.1 技术发明与创新中的失误	157
9.2 技术开发中的失误	160

9.3	设计中的失误	166
9.4	工程项目实施过程中的失误	175
9.5	运行维修中的失误	179
9.6	故障诊断中的误诊	187
9.7	小结	191
	参考文献	192
第 10 章	工程技术系统方法论探索与应用	193
10.1	系统与系统方法概述	193
10.2	系统论指导下的工程技术方法论	197
10.3	大型复杂工程系统研究开发中的方法论	199
10.4	城市规划中的系统方法论	203
10.5	“人一机智能工程技术系统”的系统论特征	209
10.6	标准化系统工程方法论	211
10.7	全面安全管理 6Sigma (6 σ) 的方法论	217
10.8	工业反应过程开发系统方法论	222
10.9	煤矿设计系统方法论	225
10.10	岩石力学与隧道围岩支护设计系统方法论	229
10.11	Java 性与泛系理论的关系	235
	参考文献	240
第 11 章	工程技术中的信息论与控制论	241
11.1	信息论与控制论概述	241
11.2	设备故障诊断中的信息论	243
11.3	质量管理的信息与控制机制	250
11.4	控制科学与自动化技术的相互关系	253
11.5	系统论、信息论、控制论与现代钻井科学技术	256
	参考文献	258
第 12 章	工程技术中的逻辑思维	259
12.1	逻辑思维概述	259
12.2	工程技术中的推理	260
12.3	工程技术中的论证	269
12.4	逻辑分析之要点	273
	参考文献	275
第 13 章	工程技术中的唯物辩证法	276
13.1	工程技术与唯物辩证法概述	276
13.2	辩证法在轧钢工程设计中的应用	278

13.3	工程建设项目三大目标的辩证思考·····	281
13.4	工程活动与地质环境的关系分析·····	285
13.5	基因工程技术的辩证分析·····	288
13.6	工程水利与资源水利的辩证关系分析·····	291
13.7	现代战争高技术装备与人的关系辩证思考·····	293
13.8	船舶安全中的辩证法·····	295
13.9	系统中的质量互变·····	299
13.10	石油勘探技术创新与否定之否定规律·····	303
	参考文献·····	305

第 1 章 工程技术概论

1.1 工程技术的概念

工程是人类改造客观世界的实践活动，技术则是手段。工程技术通过组织设计、构建（操作）人造物来实现将自然界、社会向人们所需要的面貌转变，因而它是有特定目的的一项实践活动。工程技术是人类应用科技知识、专门技能与技术装置，对自然资源进行采集、加工、改造和利用，以满足人类生存与发展之需求的活动过程，以及这种过程所使用和创造的各种手段、知识和规则的总和。

工程技术工作的基本内容主要有应用研究、技术开发、产品（或工程）设计、工艺（或施工）设计、质量监控、生产调度、运行监管、设备维修、技术培训和技术服务以及相关的组织管理与经营工作等。

工程技术思维的主要内容是调查工程的约定条件、确定工程的目标、设计工程方案、作出明智的决策、预见工程后果、分析存在的技术问题、探索解决问题的技术途径等。

通过工业生产，人们制造出特定的产品或完成某项工程，以满足社会的需要，并由此获得相应的经济效益。工程技术工作对工业生产起引领、驾驭、组织、监控、管制、支撑与维系作用。工程技术系统是现代工业生产系统的主体，主要涉及特定的生产经营目的以及为实现这一目的而配置的经专门训练的工程技术人员与工人、相关的原材料、能源动力、设备与工具、测试仪器仪表、通信与交通系统、建筑设施及有关管理机构等因素。

工程技术系统也包括知识与智能体系、组织结构状况、经营指导思想和精神文明程度等因素。在这个系统中，人始终处于中心位置。工程技术活动的基本社会角色是企业家、工程师和工人。

显然，工程技术系统的状况与其所处的时代和地域的科技与教育水平、经济繁荣程度、社会状况、自然环境、经济体制、政治法律以及历史文化传统等环境因素密切相关。

1.2 工程技术的地位与作用

在当代社会里，工程技术在社会物质生产和人类文明发展中占据突出地位，

发挥着重大作用。

1.2.1 工程技术是科学转化为生产力的中介与桥梁

纯粹理论形态的科学知识，必须通过工程技术才能应用于生产过程，渗透到生产力的各要素中去。依据科学原理变革劳动手段和劳动对象，离不开工程技术上的发明与革新。生产工艺的改革、控制水平和管理水平的提高等既是工程技术的研究对象，又是科学理论与方法的具体应用。用科学知识武装劳动者是提高生产力的根本途径，与此同时，只有当劳动者掌握了新技术、新工艺，形成了新的劳动技能，科学知识才能在生产中发挥作用。

1.2.2 工程技术是经济增长的动力

社会经济繁荣取决于各企业生产能力与经济效益的提高，后者具体表现在产品产量的增加、质量的提高、品种的增多和成本的下降。要实现这一目的，就必须积极采用新技术、新工艺和新设备，就必须对生产系统进行挖潜、革新、改造和优化。这些内容都是工程技术工作的基本任务。显然，工程技术是社会经济增长的强大推动力。21世纪是知识经济时代，在这个时代，经济效益的增长主要依赖于知识与创新，这里所指的知识与创新在很大程度上就是工程技术研究与实践的成果。

1.2.3 工程技术是社会进步的杠杆

与科学一样，工程技术是社会的产物，同时又是推动社会进步最活跃的革命因素。20世纪50年代以来，原子能、电子计算机、宇航和激光等领域取得了一系列重大突破，在遗传工程、光导通信、海洋开发和新兴材料等方面也取得了长足的进展。科学与技术的飞速发展引起发达地区产业结构的变化，知识密集型产业（如信息产业）正成为最大的产业部门，城乡之间、脑力劳动和体力劳动之间的差别逐步缩小。随着科学与技术的进步和生产力的发展，人们的衣食条件、居住条件、交通通信条件、医疗条件以及工作与学习条件等无不得以显著改善。科技进步还使劳动方式由集中变为分散，需求类型由单一变为多样化，闲暇时间增多，社会生活质量不断提高，使人们的生活与社会面貌发生广泛而深刻的变化。当代社会有大量问题与工程技术相关。例如，现代化的教育方式很大部分属于信息工程；在社会可持续发展课题中，人口、环境、生态等问题的解决，都依赖于工程技术。

1.2.4 工程技术是科学研究的支持手段

在现代科技环境中，科学研究与工程技术日益密切。工程技术离不开科学理论的指导，科学研究也离不开技术手段的支持。如果没有高能加速器的实验装

置,就不可能深入研究基本粒子;没有质谱仪、闪烁计数器等探测器,就不可能探测基本粒子的行踪;没有高性能的分析仪器和计算机,就不可能处理大量的实验数据与信息。

所有这些用于科研的技术装置的设计制造,都离不开工程技术。

1.2.5 工程技术是精神文明的组成部分

文化知识是人类精神文明的一个重要方面,现代工程技术知识是现代文化的一个重要组成部分。工程技术与自然科学、思维科学、社会科学及文学艺术均有密切的联系。例如,建筑工程和工艺美术既有技术成分,又有艺术成分;电影和电视技术,现代化的灯光、舞美、音响使文学艺术领域面目一新;工程技术与有关学科相结合,形成了技术哲学、工程技术方法论、工程心理学、技术美学、技术经济学和技术社会学等一系列交叉学科。

1.3 工程技术的特点

工程技术有一系列显著特点,这是每一个工程技术人员必须充分认识和高度重视的。

1.3.1 科学性^[1]

工程技术是整个科学技术体系的一个重要组成部分,又是科学、技术和生产全过程的一个关键环节。工程技术是科学理论在改造物质世界中的具体应用。任何一门工程技术学科都是以数门基础学科为理论基础的。例如,化学工程的基础学科包括高等数学、无机化学、分析化学、有机及高分子化学以及物理化学等;土木工程的基础学科包括高等数学、材料力学、水力学、弹性力学以及结构力学等。很难想象一个缺乏基础理论知识的人能顺利地从事工程技术工作且有所作为。一个工程师应善于抽象工程技术系统的理论模型,善于用数学、物理、化学基础知识分析工程技术系统的工作原理,只有这样,他才具有较强的认识能力与适应能力。

与此同时,工程技术必须在现代思维科学理论的指导下进行。工程技术人员应自觉地将辩证唯物论、系统论、信息论和控制论的有关理论与方法应用于解决工程技术的实际问题。

工程技术的科学性还体现在工程技术工作需要严肃的科学态度,做到求真求实、严谨细致、正确无误、精益求精,坚决克服主观臆断、盲目蛮干、粗枝大叶和侥幸心理,反对独断专制、虚伪和谬误。严肃的科学态度是工程取得成功的重要保证。例如,在决定是否兴建三峡工程的过程中遇到的一大难题是泥沙问题。

如果不能采取有力的措施解决长江上游的泥沙,过若干年以后泥沙就会把水库填满。有关部门做了大量的调查研究和实验,切实证明泥沙问题是可以解决的,在此基础上才下决心建设三峡工程。又如在上海南浦大桥的建设过程中,为了解决曲线箱梁安装的难题,工程技术人员用了整整一年的时间对6个方案做了20多次优化论证,并做了模拟试吊。相反,那些未经严密论证和严格审查便草草实施的工程项目或技术方案,往往会出现重大偏差,造成严重后果。例如,20世纪50年代我国黄河三门峡大坝的建设,就出现了一系列较大的失误。当时仅以在苏联专家指导下在短时间内完成的《黄河综合利用规划技术经济报告》为蓝本而形成工程决策,缺乏并行的其他可供选择的决策方案,以高坝和大库容实现“蓄水拦沙”作为建造三门峡工程的基本方针就存在战略决策上的错误。其次,该项目对于库区耕地淹没和移民问题的严重后果估计不足,同时,对黄河流域水土保持工作效果的估计过于盲目乐观。由此造成了多方面的严重后果,一直影响至今^[2]。

工程技术还需要科学精神。首先是实事求是的精神,一个正直的工程技术人员,要坚持真理、不唯上、不唯书、只唯实。其次是执着的探索精神,工程技术人员应做到既有方向和信心,又有锲而不舍的意志。再次是改革与创新精神,这是科学技术的生命所在。此外是理性精神,工程技术人员不能沉溺于现有的经验,而是通过归纳、概括、分析与综合不断深化认识,将经验上升为理论,并自觉地、严格地坚持用科学的理论指导工程技术实践。

1.3.2 应用性

工程技术有明确的社会目标,即增进社会利益和满足社会需求,充分理解社会的需求是关系到工程成败的关键因素。工程技术必须讲究经济效益,一个成功的项目,技术上先进成熟,经济上效益巨大。工程技术人员仅懂专业技术是远远不够的,他们必须深入系统地认识社会与经济环境,必须善于对工程项目或技术方案做经济分析、评判、预测和审核。工程技术知识主要用于解决实际问题,更加强调实用。与基础理论相比,它更加具体、简洁,有些地方是近似解,有些地方根据实际情况做了某些修正。例如,工程计算中一些非线性因素要进行线性化处理,一些复杂的计算式被改造成简单的数据表格,一些次要的因素往往忽略不计。工程技术的应用性决定了工程技术人员难以在自然科学基础理论上有重大的发现,这同时也决定了他们的主要任务是学习、领会和掌握他人所创立的自然科学原理和技术方法,并在实践中创造性地应用这些原理与方法,对现实世界进行改造,且取得显著的社会与经济效益。

1.3.3 实践性

工程技术活动是解决实际问题的实践活动,它不仅需要知识,还需要技能,

如测试技能、调整技能、操作技能、维修技能等，而这些技能只能通过实践获得。由于一些相关因素是复杂多变且难以测控的，而且工程技术工作的具体环境常常有很大的差异，使得工程技术的理论无法将实践活动中的所有问题及其解决办法无一遗漏地介绍给工程技术人员，因此很大一部分实际问题是由工程技术人员在实践中探索并获得正确认识后予以解决的。现场经验和技巧都是人们在长期的实践中不断积累所形成的。工程技术方案的构思、评估和前景预测，工程技术问题的解决，都离不开实践经验。工程技术系统的一些技术特点也是人们在实践中发现和归纳出来的。例如，若要问某一台设备或某一个电器元件的技术性能如何，只有经常使用它们的人才能得出最切合实际的结论。工程技术实践活动同时也是技术理论具体运用和综合运用过程。所谓“具体运用”是指这个过程要解决理论的一般性与具体工程环境的特殊性之间的矛盾，不可生搬硬套；所谓“综合运用”是指这个过程要用上多方面的理论知识，而且它们之间是一个有机的整体。

1.3.4 复杂性

工程技术的复杂性首先表现在其相关因素的不确定性。工程技术活动往往是在信息不全或条件不太明确的情况下着手进行的，一些条件与参数是在工作过程中逐步弄清和确定的。

工程技术的复杂性其次表现在技术方案的多元性。一个问题往往具有多种解。平常讲的最佳方案，其实就是优点较多或缺点较少的方案，如果时间和条件允许，还可能得到更好的方案。

工程技术方案的选择和实施，往往要受到社会、经济、技术设施、相关人员技术水平、市场需求和法律等因素的约束和限制，工程技术人员在充分发挥自身创造力的同时，必须正确认识这些制约因素，自觉地将思维限制在此范围内，不可胡思乱想和随意发挥。

工程技术的制约因素有时是互相矛盾的。例如，要提高控制系统的可靠性，就要增设冗余系统，但这又会引起系统结构和重量过大和成本过高的问题。因此，工程技术的一项重要任务是妥善处理各类技术与经济矛盾，统筹兼顾，最终实现综合平衡和整体优化。

工程技术的复杂性还体现在工程技术系统本身结构与功能的复杂性，它涉及众多的相关因素和复杂的相互关系。例如，像神舟五号与六号载人航天工程、青藏铁路工程、三峡工程、奥运工程等这样的大型项目往往需要大量的各类专业人员长时间的共同努力，其组织、管理和协调工作也是极端纷繁复杂的。工程技术的综合性也由于它不仅与某一门科学有关，而且要运用多学科的综合知识，涉及到经济的、社会的、法律的、环境的、心理的和生理的因素。

1.3.5 创造性

工程技术重在创新，在市场竞争激烈的形势下尤其是这样。工程技术创新应具备先进性、独特性、实用性等特征。工程技术的创新首先是技术发明，采用新技术与方法对产品、工艺和设备予以改进或更新等。采用新技术改进设计制造手段（如 CAD/CAPP/CAM、并行设计、敏捷制造等）或实验测试手段（如红外线测温仪）等也属创新。采用新的技术思想或管理理论对工程技术系统或其要素进行优化重组或革新仍是创新。创新的目的是发展生产力，以获得更好的社会效益和经济效益，没有效益的创新是没有意义的。创新又是由研究型学习并应用新事物、发挥工程技术人员的创造力这两个因素聚合而成。

1.3.6 当代工程技术的发展趋势^[3,4]

当代世界科技与经济在飞速发展，工程技术呈现出以下重要发展趋势：

向大科学技术领域挺进，形成大范围化、复杂化和巨系统化格局。复杂巨系统的理论研究进入实战阶段。

信息化扶摇直上，智能化、自动化和系统化形成高新科技领域的共同目标。精细化、标准化和规范化形成科技发展中的指路牌。

自然科学、工程技术和社会科学结合更加紧密。学科杂交、相互渗透成为绝大多数科研成果的原动力，综合型人才成为新世纪的天之骄子。

基础科学、应用技术、工业生产一体化，三者之间互为条件、相互促进，联系更加紧密，科技理论转化为实际应用成果的速度不断加快。

更加关注人类社会与自然界的和谐共存，顺应生态建设与可持续发展成为衡量科学技术发展方向是否正确的风向标，科学发展观成为工程技术工作的重要指导思想。

科学技术特别是高新科技的发展成为经济增长的发动机。

知识产权保护成为促进创新、刺激新技术革命的催化剂。

一些产业关联度大的科技领域与工程项目将获得优先发展。

国际科技与工程合作更加密切。

1.4 工程技术活动的全过程

工程技术活动的全过程由一系列环节构成，它们分别是应用研究、技术开发、工程设计、系统构建、生产运行、技术服务等。

1.4.1 应用研究

应用研究是指运用基础研究所取得的成果，为获取新产品、新工艺、新材

料、新方法等的技术基础和技术原理所进行的研究。它所解决的是技术应用的方向性和适应性问题。与基础研究一样，应用研究也是为获得新知识而进行的创造性研究，它主要针对某一特定的而又比较广泛的应用目标。是否考虑“应用”是区别应用研究与基础研究的主要标志。应用研究的展开一般有两种情形，一是在基础研究取得成果的基础上，探索把这种成果应用于某个领域的可能和途径；二是为了实现某种特定的和事先确定的实际目的，探索新的方法或途径。在应用研究阶段，往往要对现有的科学知识和技术知识进行新的组合和综合。应用研究成果主要表现为发明、学术论文、著作、原理性模型或实验性模型。发明是最高水平的工程技术研究成果，具有新颖性、实用性和先进性三个特点。新颖性是指成果在国内外未曾公开发表和公开使用，先进性指成果比同一领域的现有技术水平先进，实用性是指能够在生产和生活中得到有效应用。

1.4.2 技术开发

技术开发是指为适应生产经营的需要，利用从研究和实际经验中获得的现有知识，旨在生产新的材料、产品和装置，建立新的工艺系统和服务，以及对上述各项做实质性改进等而展开的系统性工程技术工作。技术开发的成果一般是样品、样机、装置原形及相应的图纸与其他技术文件。

技术开发是应用研究的进一步发展，是技术发明的推广和应用。技术开发同样有新颖性、先进性和实用性要求，但与应用研究相比，侧重点有所偏移。对其新颖性和先进性的要求稍低一些，它不必是前所未有或达到原理性的发展，只要实现局部性改良就行。例如，最早的四冲程内燃发动机是一项发明，而把两个乃至更多的四冲程发动机结合成多缸内燃机，大大提高了输出功率，这就属于技术开发的成果。对技术开发的实用性要求则高一些，它目的更明确，工作规定也更为具体。

技术开发是把科学技术转化为生产力的重要步骤，它使先进的科学技术与生产有机地结合起来，推动生产快速发展。技术开发的目标是开发适销对路、具有更强的市场竞争力的新产品，开发先进合理的生产工艺，开发技术先进、性能好、效率高、能源消耗和材料消耗低的设备等。

1.4.3 工程设计

工程设计是为生产和建设而进行的一种独立的构思活动，是以综合利用各类现代技术因素来满足人们某种需要为特定目的的工程技术工作。工程设计以具体的产品或过程为对象，包括新的产品或过程的设计、试制和试验工作，加工工艺系统设计，设备动力系统设计。它要落实从样机或原型到生产之间的全部技术与工艺问题，其成果要满足正式生产的全部技术需要。在工程设计阶段，认识与实

践之间的矛盾、求知与创造之间的矛盾以及技术的可用性与生产对技术的需求之间的矛盾将得到进一步的解决。

工程设计具有一系列特点，它们是：

(1) 有明确的目的。研究和开发往往以满足潜在的需要为目的，而设计则要根据现实的和明确的目标来进行。

(2) 基于现代技术因素。工程设计对象与其他设计对象的区别在于其技术因素起作用的程度。工程设计人员必须正确认识和充分利用与设计对象有关的先进技术因素，必须将这些因素与设计对象及所处环境有机地结合起来。

(3) 受到多种条件的限制和约束。工程设计的制约因素主要是：科学和技术原理，资金、人力和物力等经济条件，生产设施、能源动力、有关资源和自然条件，操作、维修和使用条件，社会和法律，市场条件等。

(4) 有多种选择的可能。在工程技术领域，往往有各种各样的途径和方案可用来实现特定的目标。例如，要把两块金属焊接起来，可以用电弧焊、电阻焊、能量射线焊、热剂焊、压力焊、气焊、铜焊和锡焊等多种方式。随着科学技术的发展，一个本质上相同的问题，将会有越来越多的解决方法。设计者应综合考虑各种因素，从诸多的方案中选出最合适的技术方案。工程设计的多种可能性，有利于设计人员开阔思路和充分发挥创造能力。

1.4.4 工程系统建造

所谓工程系统建造就是指生产运行系统的组织与建立。这里所指的系统，可以是整个工厂或车间，可以是一条生产线，也可以是具有独立生产功能的单台设备及其辅助设施。系统建造即包括从头开始新建一个系统，也包括根据需要对原系统作一些局部的调整与改进。

系统建造是按照工程设计要求与规定来着手进行的，其目标是为其后的工业生产运行充分准备各方面的良好条件。

系统建造阶段的工作内容相当广泛，主要是：厂房的建设，交通通信设施的建设，能源介质系统和电力系统的建设，设备的制造、选购、安装与调试，原材料与备件的准备，工艺装备和工位器具的准备；经营管理规章制度的建立，生产计划的编制，工艺、设备、质量技术标准规范的制定；生产技术组织机构的确立，以及人力资源的配置与培训等。

在系统建造阶段，要着力抓好的是工程的进度与质量，同时要控制好投资额。

系统建造总是以项目为基本单元来着手进行。系统构建过程涉及众多的因素，相互间协调显得更加重要。有些设计错误在建设阶段才暴露出来，有关人员应采取积极有效的措施予以纠正，不能容忍后患的存在。系统建造阶段是一个麻