

WUTP 现代陶瓷教科丛书

GONG CHENG SHI YAN
SHE JI FANG FA

工程试验设计方法

成 岳 编著

(第2版)



武汉理工大学出版社

现代陶瓷教科丛书

工程试验设计方法

(第2版)

成 岳 编著

武汉理工大学出版社

Wuhan University of Technology Press

【内容简介】

本书主要介绍了科学与技术、科学研究工作的基本程序与内容、研究课题的选择与论证、试验方案的选择和试验计划的制订、研究试样的采取与制备、试验数据分析和处理、单因素试验设计法、多因素试验设计法、正交试验设计与极差分析、方差分析、正交试验设计的方差分析、正交试验设计的灵活应用、正交试验设计法在工业上的应用、实验室的安全与防护等。

为了读者便于应用研究,本书列举了大量的工程实例,在书后还附加了法定计量单位制的单位、基本物理量、矿物表及主要性能、常用正交表和 F 分布表、均匀设计表等。既适合各类工程专业技术人员参考阅读,也可满足本科生、研究生等不同层次读者的需要。

图书在版编目(CIP)数据

工程试验设计方法/成岳编著. —2 版. —武汉:武汉理工大学出版社,2010.12
ISBN 978-7-5629-3394-6

I. 工… II. ① 成… III. ① 工程材料-科学研究-方法 ② 工程材料-试验-设计
IV. TB302

项目负责人:田道全 责任编辑:田道全 周中亮
责任校对:张明华 装帧设计:陶冶
出版发行:武汉理工大学出版社有限责任公司
社 址:武汉市珞狮路 122 号(邮编:430070)
网 址:<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网
经 销:各地新华书店
印 刷:荆州市鸿盛印务有限公司
开 本:787×1092 1/16
印 张:21.5
字 数:537 千字
版 次:2010 年 12 月第 2 版
印 次:2010 年 12 月第 1 次印刷 总第 4 次印刷
印 数:7001~10000 册
定 价:36.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87394412

版权所有,盗版必究。

总 序

在漫长的文明进程中,中国制瓷业的发展,不仅促进了中国古代手工业的繁荣,而且还促进了世界制瓷业的生成。它的产生、发展和繁荣,在带给我们美轮美奂陶瓷的同时,也为中国文化和经济史写下灿烂的篇章,这已是世所公认的事实。

在英文中,CHINA既是“中国”的意思,也是瓷器的意思。虽说瓷器与国同名,但其正规的、系统的教育却起步很晚。直到19世纪末的“百日维新”后,一些陶瓷产区才开始了新型的陶瓷教育事业,如1906年创办的湖南醴陵陶瓷学堂、1909年在江西饶州创办的中国陶业学堂等。由于受西方科技思想的影响,这些学堂注重数、理、化等基础课程和陶瓷技艺课程的教学,教师一般都是学识丰富、技艺精良及资历较深的教员、技师和工程师,其中不少接受过西方正规专业教育;毕业学生主要担负陶瓷工业试验和技术改良工作,教材大多由留日、留美的学者或教员自行编写。新中国成立后,陶瓷工业得到了迅速发展,对陶瓷人才的需求日益迫切,以往师徒世代相传技艺和凭经验管理企业的传统做法难于满足。1958年6月一个为中国陶瓷工业培养和输送专门技术、设计人才的景德镇陶瓷学院应运而生。这是一所为我国系统培养陶瓷专门技术、艺术设计人才的唯一高等学府,它已经建设成为一所以陶瓷为特色,集工学、艺术、文学、经济等体系完整、实力雄厚的多科性的工科大学。特别是在陶瓷教育、科技领域等先后出版了一批具有较大影响的专业教材,为陶瓷科技、教育事业作出了积极贡献。

《现代陶瓷教科丛书》是景德镇陶瓷学院为满足新世纪陶瓷发展需要,汇集一大批在陶瓷学术界卓有成就的专家、学者经过两年多辛勤努力编撰而成的。它是目前国内一套不仅涵盖了陶瓷工艺、窑炉和陶瓷机械,还涵盖了建筑卫生陶瓷和陶瓷科技英语等多学科,较为完整的陶瓷类教育丛书。它的问世,有助于中国陶瓷产业的发展,为陶瓷科技与教育提供了理论和实践的参考。期望这套丛书,在促进陶瓷科技转化为生产力,为培育和造就更多陶瓷高级专门人才起到有力的推动作用。为此衷心地感谢景德镇陶瓷学院领导的大力支持和参与编写这套丛书的专家、学者们的热忱奉献,也缅怀为陶瓷科技、教育、产业作出巨大贡献的先人们,是他们留下极为宝贵的知识遗产,为本丛书的编撰奠定了坚实的基础。与此同时,我们也感谢武汉理工大学出版社对这套丛书给予的大力支持,并对他们的敬业精神深表敬意。由于编写时间仓促,书中难免存在一些不足和错误,欢迎广大读者提出宝贵意见,以使这套丛书更趋完善。

《现代陶瓷教科丛书》编审委员会主任 周健儿

2010年8月

《现代陶瓷教科丛书》编审委员会

名 誉 主 任 郭景坤 秦锡麟

主 任 委 员 周健儿

副主任委员 肖任贤 曹春娥 江伟辉 蔡德民

委 员 (以姓氏笔画为序)

马光华 冯 青 朱小平 朱竹芳 江向平

刘维良 成 岳 何炳钦 陈雨前 邹晓松

张柏清 喻佑华 罗二平 罗贤海 胡国林

胡鸿豪 顾幸勇 章义来 黄 弘

秘 书 长 田道全

(总责任编辑)

前 言

21 世纪是竞争的世纪,而竞争的实质是能力的竞争。科学技术应用水平和技术创新能力是全面提高竞争力,进而推动科学技术发展的重要保障。面对新时期经济建设的需要,特别是我国在提倡科学发展观的今天,如何从提高科技应用水平入手,切实提高竞争能力,从而带动经济繁荣发展,是值得我们深思熟虑的重要课题。

人们在从事科研、生产和工作的实践中,为了能获得预期的效果,总是非常讲究方式方法。这是由于人们已经懂得方法得当,不仅省时、省力、省消耗,而且容易获得理想的结果,“工欲善其事,必先利其器”的道理也就在这里。随着生产、科学技术的发展,采用和选择科学的方法来解决生产、科研工作实践中遇到的各种问题尤其显得重要。

科学的方法,具有适应范围广的特点,是人们从事各项工作的有效工具。例如优选法、正交试验法已经在机械、冶金工业领域得到广泛的应用,同样,该试验优选法在陶瓷工业、环境保护中也得到了广泛的应用。

正交试验设计法运用数理统计技术对工业生产进行试验控制,从而大大减少试验次数,缩短试验周期,有效降低试验和生产成本,为迅速找到优化方案、稳定生产工艺、保障全面质量控制、实现效益最大化奠定了科学技术基础。

掌握科学研究的原理和正确的试验方法,能够适应工业实践中生产工艺改进、革新,新产品的研究、开发以及初步科学研究工作的需要,已成为当代科技工作者必备的素质,也是为实现我国科教兴国的宏伟战略,还是对理工科大学生进行素质教育的重要组成部分。

编者根据本科无机非金属材料工程、环境工程等专业培养计划及培养目标要求,结合十几年来在学校进行工程试验设计法的教学经验和科研方面的实际运用,在《科学研究与工程试验设计方法》第 1 版的基础上,并参照教学反馈的信息以及专家的意见,经反复补充修订,编著了此书。

本书力求内容全面、翔实,主要分为 4 个部分来介绍,第 1~5 章主要介绍了科学与技术、研究课题的选择与论证、试验方案的选择和试验计划的制订、研究试样的采取与制备、试验数据分析和处理,第 6~7 章系统介绍了单因素试验设计法、多因素试验设计法,第 8~12 章系统介绍了正交试验设计与极差分析、方差分析、正交试验设计的方差分析、正交试验设计的灵活应用、正交试验设计法在工业上的应用,第 13 章阐述了实验室的安全与防护等方面的知识。

本书既是一本教学用书,又可作为工具书;既有较强的理论深度,又有大量的实例;既适合各类工程专业的技术人员参考阅读,也可满足本科生、研究生等不同层次读者的需要。

由于时间紧迫,编写水平有限,书中不当之处欢迎读者批评指正。本书引用了较多资料、文献,在此向被引用的参考文献的作者们致以谢意!

编 者

2010 年 8 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 科学与技术	(1)
1.1.1 科学与科学精神	(1)
1.1.2 技术与高技术	(4)
1.1.3 科学与技术的关系	(7)
1.2 科学研究及其类型	(9)
1.2.1 科学研究的概念	(9)
1.2.2 科学研究的内容	(9)
1.2.3 科学研究的步骤	(9)
1.2.4 科学研究的类型	(10)
1.3 科学研究工作的特点	(15)
1.3.1 科学研究是生产知识的特殊产业	(15)
1.3.2 科学劳动是创造性的劳动	(16)
1.3.3 科学劳动是艰苦的脑力劳动	(17)
1.4 科学研究的一般方法	(18)
1.4.1 方法与方法论	(18)
1.4.2 科学研究方法	(18)
1.5 科学实验与观测	(20)
1.5.1 科学实验的意义和作用	(20)
1.5.2 科学实验的类型及基本原则	(21)
1.5.3 实验的准备和观测	(23)
1.5.4 实验与试验的区别和联系	(26)
思考题与习题	(27)
2 科学研究的内容	(28)
2.1 研究对象	(28)
2.1.1 研究对象的形成	(28)
2.1.2 研究对象的分解与转移	(29)
2.1.3 研究对象的状态特征	(30)
2.2 研究课题的选择	(31)
2.2.1 研究课题的来源	(31)
2.2.2 研究课题选择的原则	(32)
2.3 研究课题的论证与审批	(33)
2.3.1 课题论证的方法和实施程序	(33)
2.3.2 课题论证的主要内容	(34)

2.3.3 科研课题的审批	(36)
2.4 试验方案和试验计划	(38)
2.4.1 试验方案的制订与选择	(38)
2.4.2 试验计划的制订	(42)
思考题与习题	(44)
3 工程试验设计的方法	(45)
3.1 工程试验法与工程试验类型	(45)
3.1.1 工程试验法	(45)
3.1.2 工程试验类型	(46)
3.1.3 工程试验研究的阶段	(46)
3.2 工程试验的基本程序	(47)
3.2.1 概述	(47)
3.2.2 实验室研究工作程序	(47)
3.2.3 扩大实验室和半工业试验的工作程序	(47)
3.3 试验设计	(48)
3.3.1 试验设计的概念与意义	(48)
3.3.2 试验设计的目的	(48)
3.3.3 试验设计书的具体内容	(48)
3.3.4 开题报告	(49)
3.3.5 开题报告会	(49)
3.4 试验设计方法	(51)
3.4.1 几种常用的方法	(51)
3.4.2 指标、因素与水平	(52)
3.4.3 试验设计的基本原则	(55)
3.4.4 试验设计的步骤	(56)
3.4.5 正交试验设计	(57)
3.4.6 均匀设计	(62)
思考题与习题	(71)
4 研究试样的采取与制备	(72)
4.1 矿床采样	(72)
4.1.1 采样要求	(72)
4.1.2 采样设计	(74)
4.1.3 采样施工注意事项	(76)
4.2 工厂取样	(77)
4.2.1 静置料堆的取样	(77)
4.2.2 流动物料的取样	(78)
4.3 研究前试样的制备	(78)
4.3.1 试样加工操作	(78)
4.3.2 固体原料试样的采取和加工工作的自动化和联动化	(80)

思考题与习题	(80)
5 试验数据分析与处理	(81)
5.1 常用统计量及其计算	(81)
5.1.1 和与平均值	(81)
5.1.2 偏差	(81)
5.1.3 偏差平方和与自由度	(82)
5.1.4 平均偏差平方和(方差)与标准偏差	(83)
5.1.5 极差	(83)
5.1.6 变异系数	(83)
5.2 试验数据的整理与归纳	(84)
5.2.1 列表法	(84)
5.2.2 图示法	(84)
5.2.3 方程法	(86)
5.3 数据分析统计处理的相关软件	(96)
5.3.1 Microsoft Excel	(96)
5.3.2 Origin	(97)
5.3.3 Matlab	(98)
5.3.4 SPSS	(98)
5.3.5 1stOpt	(101)
思考题与习题	(102)
6 单因素试验设计法	(103)
6.1 黄金分割法	(103)
6.1.1 黄金分割法的概念	(103)
6.1.2 0.618 法的作法	(103)
6.2 平分法	(104)
6.2.1 平分法概念	(104)
6.2.2 平分法的作法	(104)
6.3 分数法	(106)
6.3.1 所有可能的试验总数正好是某一个 F_{n-1}	(106)
6.3.2 所有可能的试验总数大于某一 F_n-1 而小于 $F_{n+1}-1$	(107)
6.4 抛物线法	(108)
6.5 预给要求法	(109)
6.6 比例分割法	(109)
6.7 应用实例	(110)
思考题与习题	(113)
7 多因素试验设计法	(114)
7.1 多因素降维法	(114)
7.1.1 纵横对折法	(114)
7.1.2 平行线法	(116)

7.1.3	等高线法	(118)
7.1.4	坐标轮换法	(119)
7.2	多因素爬山法	(119)
7.2.1	陡度法	(120)
7.2.2	转轴法	(120)
7.3	应用实例	(121)
7.4	三角配料法	(123)
7.4.1	试验内容	(123)
7.4.2	试验工艺	(123)
7.4.3	试验结果与讨论	(124)
7.4.4	试验结论	(126)
7.5	四角配料法	(126)
7.5.1	四角配料法的步骤	(126)
7.5.2	四角配料法的优点	(127)
7.5.3	注意事项	(128)
7.5.4	实例	(128)
7.5.5	试验结论	(132)
7.6	均匀设计	(132)
7.6.1	实例 1	(133)
7.6.2	实例 2	(135)
7.7	经验设计法	(137)
7.7.1	现行规程的配合比设计	(137)
7.7.2	经验设计法思路	(138)
7.7.3	计算实例	(138)
7.7.4	试验结论	(139)
8	正交试验设计与极差分析	(140)
8.1	单指标正交试验设计	(140)
8.1.1	试验方案设计	(140)
8.1.2	试验结果的计算、分析	(142)
8.2	正交试验设计原理的直观解释	(146)
8.3	多指标正交试验设计	(147)
8.3.1	综合平衡法	(147)
8.3.2	综合评分法	(152)
8.3.3	排队评分法	(154)
8.4	混合型正交表的试验设计	(154)
8.5	考虑交互作用的正交试验设计	(157)
8.6	混合型正交表和多指标的正交试验法	(164)
8.6.1	试验 1	(164)
8.6.2	试验 2	(166)

思考题与习题	(168)
9 方差分析	(170)
9.1 概述	(170)
9.1.1 方差分析的意义	(170)
9.1.2 方差分析的概念	(170)
9.1.3 方差分析的种类	(171)
9.2 单因素试验的方差分析	(171)
9.2.1 问题的提出	(171)
9.2.2 简单的例子	(171)
9.2.3 单因素试验方差分析的一般步骤	(174)
9.3 双因素试验的方差分析	(180)
思考题与习题	(183)
10 正交试验设计的方差分析	(185)
10.1 在正交表上进行方差分析的步骤与格式	(185)
10.1.1 偏差平方和的计算	(185)
10.1.2 计算平均偏差平方和与自由度	(185)
10.1.3 计算 F 值及查 F 分布表	(186)
10.1.4 对因素进行显著性检验	(187)
10.2 二水平正交试验设计的方差分析	(188)
10.2.1 不考虑交互作用的二水平正交试验设计的方差分析	(188)
10.2.2 考虑交互作用的二水平正交试验设计的方差分析	(191)
10.3 三水平正交试验设计的方差分析	(193)
10.3.1 不考虑交互作用的三水平正交试验设计的方差分析	(193)
10.3.2 有交互作用的三水平正交试验设计的方差分析	(196)
10.4 四水平正交试验设计的方差分析	(201)
10.5 混合型正交表的方差分析	(204)
10.6 重复试验和重复取样的方差分析	(206)
10.6.1 重复试验的方差分析	(206)
10.6.2 重复取样的方差分析	(210)
10.7 0-1 数据的计算分析法	(212)
思考题与习题	(214)
11 正交试验设计的灵活应用	(216)
11.1 并列法	(216)
11.2 拟水平法	(218)
11.2.1 拟水平法的直观分析	(218)
11.2.2 拟水平法的方差分析	(219)
11.3 组合法	(221)
11.4 部分追加法	(225)
11.5 直积法	(229)

11.6	灵活应用实例	(233)
11.6.1	第一批试验	(234)
11.6.2	第二批试验	(235)
11.6.3	第三批试验	(236)
12	正交试验设计法在工业上的应用	(238)
12.1	高压陶瓷电容器的研制	(238)
12.1.1	前言	(238)
12.1.2	试验内容	(239)
12.1.3	结果与讨论	(241)
12.1.4	结论	(242)
12.2	氧化铝材料的研制	(242)
12.2.1	试验内容	(242)
12.2.2	试验过程	(243)
12.2.3	样品性能测定及显微分析	(243)
12.2.4	结果与讨论	(243)
12.2.5	结论	(248)
12.3	陶瓷颜料的研制	(248)
12.3.1	试验内容与试剂	(248)
12.3.2	试验设备	(249)
12.3.3	试验结果与分析	(249)
12.3.4	色度测定	(251)
12.3.5	结论	(252)
12.4	釉的研制	(253)
12.4.1	熔块配方的拟定	(253)
12.4.2	试验结果	(254)
12.4.3	釉料配方确定	(255)
12.5	乳白釉的研制	(256)
12.5.1	试验内容	(257)
12.5.2	试验结果与分析	(257)
12.5.3	结论	(265)
12.6	环境监测分析	(266)
12.7	水污染处理	(267)
12.7.1	试验内容和药品及仪器	(267)
12.7.2	试验方法	(267)
12.7.3	结果与讨论	(268)
12.7.4	结论	(269)
12.8	污泥厌氧消化试验	(270)
12.9	活性染料废水脱色正交试验设计与分析	(271)
12.9.1	试验方案的设计	(271)

12.9.2	正交试验	(272)
12.9.3	正交试验结果分析	(273)
	思考题与习题	(274)
13	实验室的安全与防护	(276)
13.1	实验室的安全	(276)
13.1.1	一般安全守则	(276)
13.1.2	水、火、电、气的安全使用	(276)
13.1.3	化学药品的安全使用	(277)
13.1.4	安全操作技术	(277)
13.2	常用的急救法	(277)
	附录	(279)
	参考文献	(329)

1 绪 论

本章提要

现代社会,科学技术发挥着越来越重要的作用。科学的基本含义是知识、学问,知识是人们在社会实践、科学实验、生产实践中发现的事实和规律。但是科学不仅是知识,而且是方法、建制、生产力要素,最重要的是它在观念层次上体现的科学精神。技术是在生产实践经验和自然科学原理基础上发展起来的方法、技能和工具的体系。本章主要介绍了科学与科学精神、技术与高技术、科学与技术的区别和联系,科学研究的特点和内容,科学实验与观测等。

1.1 科学与技术

1.1.1 科学与科学精神

1.1.1.1 科学

从自然科学出发,一般认为科学的本质是知识。科学这个词源于中世纪拉丁文“scientia”,即“知识”、“学问”之意。在中国,形成科学这个概念并有科学这个名词迟于西方,它是个引进的概念。16世纪传入中国,当时将英文“science”译成“格致”,是“格物致知”的简称,以表达实践出真知的概念。在日本明治维新时期,日本教育家福泽瑜吉把“science”译成“科学”,在日本广泛应用。1893年康有为引进和使用“科学”这个词。严复在翻译《天演论》时,也用了“科学”两字,以后“科学”替代了“格致”,并沿用至今。

所谓知识和学问,是人们在社会实践、科学实验、生产实践中发现的事实和规律。能够反映客观事实和运动规律的认识,就是知识的基本单位,这些知识基本单位的系统化进一步构成知识体系,也就成为学科。各学科知识的总和又构成科学的整体。所以,科学是人类对自然界规律性的认识活动的反映,它既包括正确知识的积累、补充和发展,也包括对错误理论的否定和更新。因此,科学是反映自然界规律性的知识体系。

科学作为人对自然界的认识,包括两层意思:一是指科学认识主体(科学劳动者)应用科学工具(科学仪器和科学方法)所进行的科学认识活动;二是指这种活动或特殊劳动生产出来的产品是知识。科学就是科学认识活动和科学认识成果二者的统一。

但是,究竟什么是科学,至今还没有一个公认的定义。有人曾把科学的种种定义,归结为六种基本认识,即:

- (1) 科学是准确的判断。
- (2) 科学就是事实和规律在人们头脑中的反映。
- (3) 科学是种种知识单元通过它内在联系而建立起来的知识体系。

(4) 科学是一种方法,也是人类认识自然与社会从而征服自然、改造社会的武器和工具。

(5) 科学是一种社会现象。

(6) 科学是有渊源而无止境的长河。

然而,随着现代科学技术的发展,人们越来越认识到应当从历史的动态过程来考察科学,可以认为,科学是处于不断完善和发展中能够反映客观现实与规律的知识体系的创造过程。不应该把科学理解为仅仅是知识本身,也不应该把科学看成是单一的社会活动,而应该看成是知识和知识发展与运用过程的统一。

英国科学家贝尔纳在《历史的科学》一书中认为,科学具备五种形象,它可以作为“一种积累的知识传统”,“一种方法”,“一种建制”,“一种维持或发展生产力的主要因素”,以及“一种重要的观念来源”。他认为科学比任何其他人类事业都变化得快,因而不能用定义一劳永逸地固定下来。科学经过 16 世纪伽利略时代的个体活动到 17 世纪牛顿松散组织皇家学会时代,又到爱迪生“实验工厂”的集体研究时代,尔后是 20 世纪 40 年代美国实施曼哈顿计划研制出原子弹的国家规模建制时代,最后是今天国际合作的跨国建制时代。如果说,19 世纪前科学还处于“小科学”时代,其特征是以自然界为研究对象,以增长人类的知识为主要目的,以个人自由研究为主要活动方式,那么,20 世纪以来科学已发展到“大科学”时代,科学的目的不仅是追求知识,更重要的是追求这些知识的应用与开发。科学活动已经从单纯的基础研究,发展为基础研究、应用研究、开发研究三种科学活动组成的体系,科学与技术一体化了。科学作为人类社会的一项伟大的实践活动,它既包括活动的结果,也包括整个的活动过程。

可见,科学不仅是知识,而且是方法、建制、生产力要素,最重要的是它在观念层次上体现的科学精神。科学知识固然重要,但是从某种意义上来说,科学精神是科学中更为根本的东西,是科学知识体系的精华、底蕴或深层本质,它是统率科学知识、科学方法的灵魂,“是隐而不见但又无时无刻不在影响我们的认识和实践活动的东西,是科学赖以生存、发展的内在生命线”。

1.1.1.2 科学精神

什么是科学精神呢?按照近代著名学者梁启超的看法,“有系统之真知识,叫做科学,可以教人求得有系统之真知识的方法,叫做科学精神。”美国一位学者是这么看待科学精神的,科学精神是“对逻辑的尊重,对查找数据的渴望,对知识和理解的愿望,对结果和前提条件的考量,对验证的要求以及质疑所有事情。”

所谓科学精神,就是由科学共同体凝聚产生的,被迄今为止人类文明史所证明的最伟大、最优秀和最有力量的精神特质。科学精神是科学家在长期科学实践活动中产生和形成的,随着科学技术的发展,它走出科学殿堂,走向社会,影响大众,并成为越来越多的人的自觉的思想和行为品质。科学精神在融入社会中发挥出越来越大的推动社会文明进步的作用。

科学精神内涵非常丰富,概括起来,主要有以下四个方面的基本内容。

第一,求知精神。人们对待知识历来有两种态度:一种是将求知本身看做是目的;另一种是将求知看做是获取知识的手段。古希腊哲学家亚里士多德在其《形而上学》一书中说:他们探索哲理只是为了想摆脱愚蠢,虽然他们是为求知而从事学术,但是并无任何实用目的。正是这种“学以致用”的态度,使他们创造了欧几里德公理化体系,为近代科学在西方诞生播下了种子。而我国虽然在 3~13 世纪曾保持着让西方国家望尘莫及的科学知识水平,可是在近代,中国的科学技术落后了。虽然我国近代科学技术落后有一系列复杂的政治、经济方面的原因,但

有一个原因是不可忽视的,那就是我国古代长期以来形成的重实用、轻理论的文化传统,导致人们行为中过于强烈的功利色彩,满足于表面现象的直观解释,缺乏深究其理的勇气、毅力和社会氛围。显然,科学建设的确立必将大大改变人们对求知的看法,对推动我国科技进步,特别是基础科学研究很有好处。

第二,创新精神。科学认识是一个永无止境的过程,永远不会停留在一个水平上,就其动机和本性来说,不断追求真理比占有真理更为宝贵。科学不等于真理,否则,对一切科学知识就不应当有任何怀疑。这样一来,科学岂不成了教条,对科学的相信岂不变成了一种迷信?科学又何以发展?所以,科学没有穷尽对客观真理的认识,而只是不断开辟认识真理的道路。它要求人们对外部世界和人自身以及身边的所有事物保持好奇心和新鲜感,善于独立思考,勇于探索,大胆发现新问题,不断尝试新方法。任何停滞、悲观、无所作为、骄傲自满的观点,都是违背科学精神的。

第三,怀疑和批评精神。科学研究开始于问题,而问题又是从怀疑产生的。怀疑精神是科学研究的最重要的精神,没有这种精神,就不会有创造性的思维,就不会有科学的发现。这里所说的“怀疑”,不是无端的随便的怀疑,不是轻率或单纯的否定,也不是仅仅在信念上对事物的动摇和犹豫,而是对事物根据的追问,也就是毛泽东同志所提倡的,对任何事情都要问一个“为什么”。所以,怀疑精神,就是将事物置于科学理性的审视之下,在“为什么”这种追问中不断探索事物根据的精神。怀疑之后,要敢于批评。牛顿力学理论构筑了经典物理学的大厦,一度被看成是物理学的终结,可是爱因斯坦相对论的问世宣告了牛顿力学的局限性,即在宏观低速范围内它才是适用的,这也表明真理的相对性。科学探索没有止境,科学就是在不断的扬弃中发展的。因此,科学工作的本质就是怀疑和批评,当科学家富有批评精神,敢于大胆怀疑的时候,也就是能出成果的时候,一旦失去批判精神,变得墨守成规,那么生机勃勃的科学生涯也就结束了。可见,批判精神和大胆的怀疑精神是多么的可贵!

第四,敬业和协作精神。科学家,特别是从事基础科学研究的科学家,探索的是前人从未涉足过的领域,能否出成果,何时出成果,是难以预料的,因此,从事这样的工作没有高度的敬业精神是不行的。门捷列夫发现元素周期律之后,曾有记者问他:“我听说您是在一个晚上做了一个梦,梦见您桌子上的牌变成了一条龙,这条龙又弯成几折,醒来后就制出了周期表。是这样吗?”门捷列夫答道:“您要知道,这个问题我想了 20 年。”爱迪生在总结自己的发明时说:那是“百分之一的灵感,百分之九十九的汗水”。科学史上,每一位卓有成就的科学家背后都有许多可歌可泣的感人故事。

现代大科学的发展给科学精神注入了新的内容:协作精神。美国的“曼哈顿工程”调动了 200 家公司、120 所大学、十几个不同学科的科学家,历时 3 年制造出了世界上第一颗原子弹。“阿波罗登月计划”也是如此,动员了数万名来自不同学科的科技人员。像这样的大科学项目没有高度的协作精神和组织纪律性,那是不可想象的。除了这些大科学项目,通常的科学研究,合作已成为主流形式。有人统计,在设立诺贝尔奖后,合作研究获奖项目所占比例在第一个 25 年中占 41%,第二个 25 年中上升到 65%,到 20 世纪 70 年代上升到 79%。这种趋势说明了现代科学研究越来越需要不同专长或不同学科的科学家密切配合和共同努力。这种合作造就了科学家尊重他人、团结互助、取长补短等一系列优秀品质,这些品质成了科学精神的有机组成部分。

总之,求知创新精神、怀疑批判精神和敬业协作精神等科学精神是人类精神的核心和精

华,是人类进步和社会发展的第一精神力量。

1.1.2 技术与高技术

1.1.2.1 技术

技术的历史源远流长。从人类制造的第一把石斧头起,就已经有了技术的萌芽。然而,把技术这一特殊的社会现象进行整体研究,还是近代以来的事。

什么是技术?这是一个似乎已经明确却又模糊不清的概念,是一个发展着的历史性范畴。17世纪初美国出现了“Technology”一词,它来源于希腊语,是希腊语“techne”(技艺、手艺)和“logos”(文字、语词)的组合,本意是完美而实用的技艺,也是指个人的技巧、手艺。这个词,中文译为工艺学或技术学,它既可以指关于具体工艺的学问,也可以理解为关于技术的学问和理论。

在漫长的人类文明史中,随着社会的不断发展与进步,技术的含义也在不断地变换和更新。

古代的工匠以一定的方式制作出某种物品,由此而积累了实际操作经验和技巧。当时的人们便将这些个人掌握的技巧、经验视为技术。我国古代则是把这些有经验有技巧的人称为“工”,打制石器是人类技术的最初认识。制造并使用工具对原材料进行有效加工的方法,就是技术。在手工业时代,技术的主要特点仍然是指个人的技巧、手艺,但也包括世代相传的制作方法、手段和配方等方面的内容。这时的人们还主要是把技术理解为经验、技巧和技能。

在古希腊,亚里士多德把技术看做是制作的智慧。17世纪,英国培根(1561~1626年)提出技术是操作性学问。到了18世纪,法国科学家狄德罗(1713~1784年)在他主编的《百科全书》中认为“科学是为某一目的共同协作组成的各种工具和规则体系”。英国《新百科全书》中认为技术是“人类借以改变或改造其环境的方法或活动”。大机器生产时代的到来,劳动手段发生了革命,人们又把技术活动的物质手段看做是技术的主要标志;把技术理解为生产手段的体系,或者是“社会生产体系中发展起来的劳动手段”。技术是由劳动手段和劳动对象组成的,劳动手段与劳动对象既对立统一又互相依赖。

随着现代科学技术的发展,技术的概念又有了新的延伸和扩展。日本科学界曾对技术的定义展开过讨论,概括起来有三种不同的理解:一是把技术看做是纯客观的物质因素——“体系说”,认为技术就是劳动手段的体系;二是把技术看做是一个实践概念——“适用说”,认为技术是人们在实践中对自然界客观规律思想的有意识的应用,并认为技术应包括人的因素,提出了客观的技术、主观的技能的看法;三是把技术看做是一种主观所具有的能力——“能力说”,认为技术是通过教育和训练所获得的固有的能力。

以上种种定义,有人把它们归纳成两类:一是方法体系说;二是科学应用说。前者强调技术是从实践中产生的方法体系,后者强调技术只是科学理论的应用。前者重视实践,后者重视理论的应用。

为了全面地理解技术的含义,不妨将上述两种对立的说法加以统一,并概括为“技术是在生产实践经验和自然科学原理基础上发展起来的方法、技能和工具的体系”。

在科学技术一体化的大科学时代,技术的物质手段越来越复杂和庞大,人的主观因素的份量和地位逐步增加,这表现在技术的物质手段中越来越多地凝结着科学知识的因素,需要由具备相当智力水平的人来操作,才能实现技术的目的。人们对技术的理解越来越深入,除了“能