

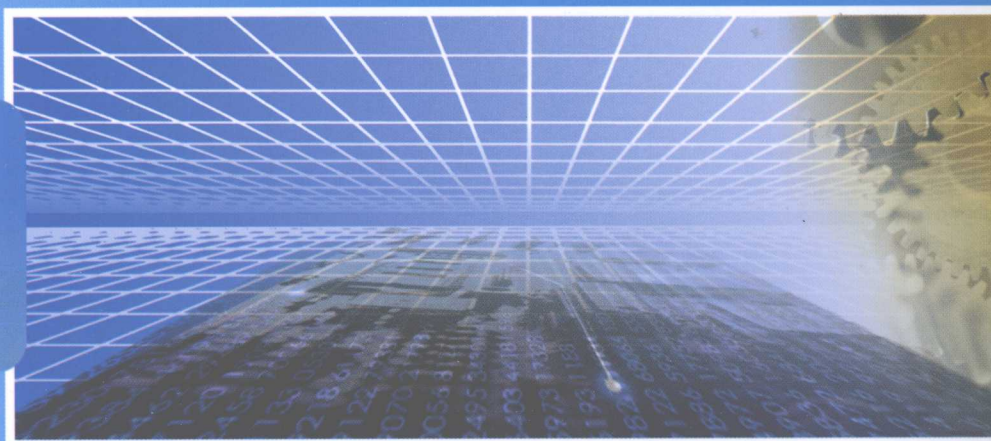


D-K-YT051-0D

空军航空机务系统教材

工程方法论案例

谢寿生 杨秉政 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

D-K-YT051-0D

空军航空机务系统教材

内容简介

工程方法论案例

谢寿生 杨秉政 著

国防工业出版社

(北京·国防工业出版社)

地址：北京·中关村大街22号
电话：(010) 68414444

发行部：(010) 68414444
编辑部：(010) 68414444

内 容 简 介

本书着重介绍几十年来,作者及合作者们共同在工程项目的理论工作和项目实施中处理过的案例及其相应的方法和成果。其中包括数学方法、模型方法、哲学方法、测试技术、信息获取、信号分析、数据处理方法和计算机辅助等的综合运用。案例剖析和计算例证可为读者提供举一反三的创新空间。

本书可供从事工程技术、研究的人员使用,也可作为工程技术专业研究生及高年级学生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程方法论案例 / 谢寿生, 杨秉政著. —北京: 国防工业出版社, 2006. 5

(空军航空机务系统教材)

ISBN 978 - 7 - 118 - 04445 - 4

I. 工... II. ①谢...②杨... III. 航空工程 - 教材 IV. V2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 019344 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 12½ 字数 287 千字

2007 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474

发行业务:(010)68472764

总 序

发生在世纪之交的几场局部战争表明,脱胎于20世纪工业文明的机械化战争正在被迅猛发展的信息文明催生的信息化战争所取代。信息化战争的一个显著特点,就是知识和技术密集,战争的成败越来越取决于各类高技术、高层次人才的质量和数量,以及人与武器的最佳配合。因此,作为人才培养基础工作的教材建设,就显得格外重要和十分紧迫。为了加快推进中国特色军事变革,贯彻执行军队人才战略工程规划,培养造就高素质新型航空机务人才,空军从2003年开始实施了航空机务系统教材体系工程。

实施航空机务系统教材体系工程是空军航空装备事业继往开来的大事,它是空军装备建设的一个重要组成部分,是航空装备保障人才培养的一个重要方面,也是体现空军航空装备技术保障水平的一个重要标志。两年来,空军航空机务系统近千名专家、教授和广大干部、教员积极参与教材编修工作,付出了艰辛的劳动,部分教材已经印发使用,效果显著。实践证明,实施教材体系工程,对于提高空军航空机务人才的现代科学文化水平和综合素质,进而提升航空机务保障力和战斗力,必将发挥重要作用和产生深远影响,是一项具有战略意义的工程。

空军航空机务系统教材体系工程,以邓小平理论和“三个代表”的重要思想为指导,以新时期军事战备方针为依据,以培养高素质新型航空机务人才为目标,着眼空军向攻防兼备型转变和航空装备发展需要,按照整体对应、系统配套、紧贴实际、适应发展,突出重点,解决急需的思路构建了一个较为完整的教材体系。教材体系的结构由部队、院校、训练机构教育训练教材三部分组成,分为航空机务军官教育训练教材和航空机务士兵教育训练教材两个系列十六个类别的教材组成。规划教材按照新编、修编、再版等不同方式组织编修。新编和修编的教材,充实了新技术、新装备的内容,吸收了近年来航空维修理论研究的新成果,对高技术战争条件下航空机务保障的特点和规律进行了有益探索,院校的专业训练教材与国家人才培养规格接轨并具有鲜明的军事特色,部队训练教材与总参颁布的《空军军事训练与考核大纲》配套,能够适应不同层次、不同专业航空机务人员的教育训练需要,教材的系统性、先进性、科学性、针对性和实践性与原有教材相比有了明显提高。

此次大规模教材编修工作,系统整理总结了空军航空机务事业创业50多年来的宝贵经验,将诸多专家、教授、骨干的学识见解和实践经验总结继承下来,优化了航空机务保障教材体系,为装备保障人员提供了一套系统、全面的教科书,满足了人才培养对教材的急需。全航空机务系统一定要认真学习新教材,使其真正发挥对航空机务工作的指导作用。

同时,教材建设又是一项学术性很强的工作,教材反映的学术理论内容是随实践的发展而发展的。当前我军建设正处在一个跨越式发展的历史关键时期,航空装备的飞速发展和空军作战样式的深刻变化,使航空机务人才培养呈现出许多新特点,给航空机务系统教材建设带来许多新问题。因此,必须十分关注航空装备的发展和航空机务教育训练的改革创新,不断发展和完善具有时代特征和我军特色的航空机务系统教材体系,为航空机务人才建设提供知识信息和开发智力资源。

魏 钢

二〇〇五年十二月

空军航空机务系统教材体系工程编委会

主 任	魏 钢					
副主任	周 迈	毕雁翎	王凤银	袁 强	韩云涛	
	吴辉建	王洪国	王晓朝	常 远	蔡风震	
	李绍敏	李瑞迁	张凤鸣	张建华	许志良	
委 员	刘千里	陆阿坤	李 明	郦 卫	沙云松	
	关相春	吴 鸿	朱小军	许家闻	夏利民	
	陈 涛	谢 军	严利华	高 俊	戴震球	
	王力军	曾庆阳	王培森	杜元海		

空军航空机务系统教材体系工程总编审组

组 长	刘桂茂				
副组长	刘千里	郦 卫	张凤鸣		
成 员	孙海涛	陈廷楠	周志刚	杨 军	陈德煌
	韩跃敏	谢先觉	高 虹	彭家荣	富 强
	郭汉堂	呼万丰	童止戈	张 弘	

空军航空机务系统教材体系工程
机械专业编审组

组 长 陈廷楠

成 员 王行江 陈柏松 王献军 赵 斌 高 虹

呼万丰 邱炳辉

序

“方法”是人类生存和文明活动中的有效手段,从钻木取火到航天工程,从烽火信号到微波通信无不伴随着相应的方法。方法的力量是巨大的,笛卡儿曾经说过:“人类历史上最有价值的知识是方法的知识。”但是作为科学方法,一般是指以观察、实验等为基础形成的方法而言的。例如哥白尼(1473年—1543年)的天体运行说和维萨留斯(1514年—1564年)的人体构造论等都是早期的代表。

由于方法本身的内涵极为丰富且具有广泛的知识性、科学性、经济性和社会性,直接关联到经济发展、国防建设、人民生活和社会进步等各个方面,近百年来的世界史也表明了研究方法愈来愈受到人们的重视。正如法国天文、数学和物理学家拉普拉斯所讲:“认识一项天才的研究方法对于科学的进步……并不比发现本身更少用处。”特别是第二次世界大战前后,方法的研究逐步形成自己的体系——方法论。例如控制论是关于机器、生命、社会中的控制和通信的一般规律的科学,但核心却包含着科学方法的内容。

当前,中国正以一个发展中国家的有限投入迈向创新型国家的行列时,寻找科学方法的意义显得更为重要。国家提出了“科学发展观”、“创新型社会”等一系列高瞻远瞩的决策,强调以科学理念、科学理论、科学方法和科学手段等为内容研究的现实性和迫切性,也表明科学方法已是构成国家“软实力”的一个重要分支。《工程方法论案例》一书适应了形势的发展,从工程实际问题出发,以案例的形式进行说明,对于要解决的实际工程问题,既有经过实践检验的理论作指导,又有正确的研究方法和处理方法作指引,使读者通过案例获得处理工程问题的方法。

该专著是作者们与有关单位和科技、教育工作者协同合作多年积累的概括,有着相当高度的思想性、科学性和实践性,表明了作者们深厚的科学功底和丰富的实践知识,也将表明该书在工程界会有着重要的参考和使用价值。

该书具有以下特点:

(1) 其内容的选定是以阐明工程实际项目的研究过程为重点,而不是证明理论的完整性。是由具体的、实际的典型案例出发,引申到科学理论,应是属于归纳法的范畴。这种方法会在广大科技工作者和大多数高年级学生在研究工程实际问题时发挥其重要的参考和应用价值。

(2) 注重处理问题的“综合治理”的理念,以适应工程项目的综合特性。案例中引入了理论知识、实际经验、哲理思维、逻辑判断、计算机辅助、数学分析等多学科的交融策略,

颇有创新之功力。

(3) 案例中特别重视哲理的辅助和指导作用,既开阔宏观思维,把握全局,提纲挈领,也关注学科间的协调,使得层次分明,条理清楚,相得益彰。书中介绍的一些具体的方法也是一种大胆的探索和尝试,国内这方面的书籍还不多见。

今天,全球化的进程使得系统朝着大系统、高精度、高效率、高智能、多功能等方向发展,如何迅速有效地解决其理论机理和实践策略是一个十分重要的课题。但是从理论的层面考察,方法本身具有“无限性”,即使在特定条件下解决同一个问题也会提出许多方法,这既取决于物质、时间、指标等条件,但更重要的是取决于参与者的科学底蕴、实践经验,特别是思想理念和世界观。这对发扬科学民主、学科交融和群体互动是十分必要的。

因此希望更多的科技工作者投入到方法论的讨论和研究中,启迪智慧,创新理念,勇于实践,善于总结,充分发挥中国人民高智商的潜力,在各条战线特别是国防战线上取得新的进展和突破。

2007年3月27日

2007年3月27日

前 言

方法是人们最熟悉和普遍都具有的一种知识性财富。而工程方法则由于其目的涉及面广,因此,由它所界定的内涵兼有理论性、技巧性、实践性、综合性和创新性。从某种意义上讲,工程方法是一种广义的智能软件,有着广阔的交流与共享的空间,并且像信息流一样是一个永恒活跃的主题,因此,受到广大工程科技人员的重视和参与。

当前,我国现代化进程发展迅速,呈现出工程项目激增、技术门类大范围扩展的局面,同时也涌现出许多迫切需要讨论和回答的有关工程方法的问题。

为了适应科技界“实用性”、“有效性”、“典范性”和“可参照性”的需要,本书在介绍工程方法论的内容时,采取以案例为主,适当结合基本理论的综述方式进行。

这是因为,工程案例的内容与工程实际结合紧密、具体、形象,重视定性定量中的工程概念,更贴近工程科技人员的思维过程和工作内容,比较容易地为他们所参考和引用。其次,案例具有工程或科研中多学科和综合性特征,反映出某些客观事物较完整的表象。其中所提出的观点、方法、逻辑判定、要因分析、知识构成和成果形式等,会留给读者充分讨论、评价和自由发挥的思维空间,举一反三,达到相互交流的目的。

案例讨论的重点是系统的宏观理论,而不仅是系统的单科理论。它首先着重案例中分析、定性、定量、决策等较完整的过程,其次才是理论成果。

本书中所列举的工程案例和学科例证多数为作者们几十年来所进行的科研和工程项目。其中一些例子或例证大多是在国内 30 多个厂、所、校和部队进行工程方法论讲座和讨论现场专题的有关内容的补充说明。

为完整地介绍工程方法的总体构成,在各章节中也对重要类型的工程方法的基本原理加以简要阐述并附以案例或例证。

全书共分 9 章。第 1 章是工程方法引论。主要介绍其特征、哲学观和如何学、用工程方法。第 2 章为工程中综合方法案例。强调辩证法的指导意义,并列举冲量共振、无限大平面的实现和发动机建模等的典型案例。第 3 章是工程中数学分析方法案例。讨论数学对科技支撑的重要性,并列举产品装配、振动研磨机、螺旋面加工的根切问题等案例。附记中提出了几点关于工程科技人员如何学、用数学的建议。第 4 章是介绍工程中数据处理方法。包括数字滤波、概率估算的方法、最小二乘算法、复频域拟合、移动平均算法、非线性系统参数估计、伏泰拉泛函算法及随机投点法等的基本原理及例证。第 5 章介绍工程中的模型方法。包括理论建模、实验建模、计算机建模、数学模型案例以及建立数学模型的认识论和方法论,重点介绍非线性化建模以及大型引进项目“惯性台”的建模案例。第 6 章是工程方法中的计算机辅助。介绍计算机辅助几个方面的功能以及面向框图、面

向方程、面向对象等的仿真技术及相应软件。第7章是工程方法中的信息获取,介绍信息的性质、层次以及获取信息的方法及案例等。第8章介绍工程中的测试技术,包括测试系统构成、误差分析及减少误差的方法及例证。第9章是信号分析方法,介绍信号分类、特征、信号分解、变换、采样及应用案例。

在完成本书的过程中,得到了航海学院副院长王英民博导的大力支持;美国数学评论期刊评论员王省富教授审定了数学计算中的若干问题;H. F. Vanlandingham 教授(美国, VPI)、王化民教授、张家桢教授对原稿框架提出了修改意见;董大群教授审阅了本书的若干章节并提出了补充建议;杨复润工程师协助编写了数学软件。在此深表谢意。

特别要感谢空军工程大学的蔡开龙博士,他为文稿的制图、编辑、校对和管理工作付出了辛勤的劳动。

工程方法浩如瀚海,源远流长,远非有限的研究和阐述能释其意、得其髓,挂一漏万、肤浅与错误一定存在,希望读者不吝指正,我们表示衷心感谢。

作者

2007年3月

目 录

第1章 工程方法引论	1
1.1 前言	1
1.2 工程方法的几个特点	2
1.2.1 综合性的特征	2
1.2.2 工程方法的知识性	2
1.2.3 工程方法的实践性	3
1.2.4 工程方法的创新性	6
1.3 工程方法的哲学观	7
1.4 学习、运用工程方法	8
1.5 工程方法的大趋势	10
参考文献	10
第2章 工程中综合方法案例	11
案例1 机关炮后坐力故障诊断	12
案例2 无限大平面模拟装置的研制	16
案例3 航空发动机控制用数学模型	20
案例4 航空发动机排故	24
参考文献	25
第3章 工程中数学分析方法案例	26
3.1 概论	26
3.2 数学方法案例	30
案例1 装配误差的事故“诊断”	30
案例2 振动研磨机工作时摩擦系数 μ 的测定方案	35
案例3 螺旋槽铣削加工中的根切问题	38
3.3 工程人员如何学、用数学的几点建议	42
参考文献	53
第4章 工程中数据处理方法	54
4.1 引言	54
案例1 数字滤波	57
案例2 概率估算的方法	60
案例3 最小二乘方	62
4.2 非线性系统参数估计	70

参考文献	79
第5章 工程中的模型方法	80
5.1 概述	80
5.2 数学模型泛例	84
5.3 建立数学模型的几个观点	87
5.4 数学模型案例剖析	88
5.4.1 数学模型的对偶问题	88
5.4.2 孤立波数学模型	90
5.4.3 无量纲分析与建模	92
5.4.4 具有挡板的水槽流线模型	95
5.4.5 非线性化模型	96
5.5 用数学模型拟定大型引进项目验收论证	99
参考文献	107
第6章 工程方法中的计算机辅助	109
6.1 计算机辅助复杂计算	109
6.2 计算机仿真	112
6.2.1 面向框图的计算机仿真	112
6.2.2 面向方程的计算机仿真	115
6.2.3 面向对象的计算机仿真	116
6.3 计算机辅助建模	117
6.4 计算机辅助证明定理	121
6.5 计算机辅助学、用数学	122
6.6 数学软件 Maple - V 简介	124
参考文献	128
第7章 工程方法中的信息获取	129
7.1 如何定义信息	129
7.2 军事及科技史范例	130
7.3 信息的层次	130
7.4 获取信息的方法举例	133
7.5 用分析、测试等综合方法“侦破”机床振源	136
7.6 信息的性质	137
参考文献	138
第8章 工程中的测试技术	140
8.1 测试系统简介	141
8.2 测试系统的品质	142
8.2.1 测试系统的稳态特性及误差形式	142
8.2.2 测试系统的动态特性及误差性质	144

8.3	测试系统框图及特征分析简介	145
8.4	测试误差算例	147
8.4.1	稳态误差	147
8.4.2	动态误差	150
8.5	负载效应	152
8.6	减少误差的几种方法	154
8.6.1	减少误差的方法很多,要根据具体的条件分别处理	154
8.6.2	实例	154
	参考文献	157
第9章	信号分析方法	158
9.1	信号分类	158
9.2	信号分解	163
9.2.1	波形的时域分解	163
9.2.2	波形的频域分解	166
9.2.3	快速傅里叶变换	172
9.3	随机信号与功谱分析	174
9.3.1	相关函数算法	174
9.3.2	相关函数性质	177
9.3.3	功率谱简介	178
9.4	信号分析应用案例	181
9.5	相干函数和倒谱	183
9.5.1	相干函数	183
9.5.2	倒谱	183
	参考文献	184

第1章 工程方法引论

1.1 前言

“方法”是人类生存过程中并行存在的一种有效手段。从钻木取火到原子能发电,从木牛流马到航天飞机,从烽火信号到微波通信等,无不伴随着相应的方法。它作为生产力发展中的重要因素飘浮在世界各个角落,生根、开花、结果,并不断发展。但是作为科学方法一般是指以观察、实验、分析为基础的科学诞生之后而形成的方法。例如,哥白尼(1473年—1543年)研究天体运行的方法和维萨留斯(1514年—1564年)研究人体构造的方法等都是早期的代表。

近百年来,特别是第二次世界大战前后,研究方法已是人们普遍关心的问题,方法论也逐步形成了自己的体系。以控制论为例,它是关于机器、生命、社会中的控制和通信的一般规律的理论,但其核心是方法论的内涵。其他如信息论、规划论等都具有同类的性质。

从近代科学技术史中可以看到:方法本身涉及到各个领域,从解题技巧到决策过程,从模拟技术到密码破译,无论是大型工程还是小巧的发明创造,信号处理或是过程设计,开发一组程序或是组织大型生产等,无处不是以具有软科学内涵的方法来支撑的。而工程方法可以理解为现代科学方法在工程范畴内的反映。

熟知,工程是为了完成某项生产、科研任务,以期达到某种目的,对客观事物(对象)进行某种变换、改造或建设,如通信工程、输电工程、遗传工程、反导弹系统、探潜系统工程等。但什么是方法?则有各种提法,择要罗列如下。

“科学方法是<科学研究的艺术>”——贝弗里奇

“科学随着方法上获得的成就而不断跃进”——巴甫洛夫

“跛足而不迷路能赶过虽健步如飞但误入歧途的人”——培根

“正确的方法论,是马克思主义的重要组成部分”——陈衡

“……从歪曲的、片面的、不可靠的前提出发,循着错误的、弯曲的、不可靠的途径进行,往往当真理碰到鼻尖上的时候还没有得到真理”——恩格斯

“认识一位天才的研究方法对于科学的进步……并不比发现本身更少用处。”——拉普拉斯

大师们对于方法的高度评价,由此可见一斑。

塞奇(Sage)教授对方法论给了一个较好的说明:“An open set of procedures which provides the means for solving problems has become known as a methodology.”即,方法论可以理解为一组步骤的开集,它提供了解决问题的方法。

这里的关键词如下。

open set——开集,意味着方法的“无限性”。

procedure——表征着“有序性”,“规律性”。

solving problem——意味着解决问题是方法的“目的”。

因此,可以认为:工程方法就是解决工程问题的方案与原则,它致力于工程的研究、发展和应用,并能动地处理工程技术或工程决策中遇到的各种定性或定量的问题。

1.2 工程方法的几个特点

和其他软科学一样,工程方法有着其自身的特点,比较有代表性的是综合性、实践性、知识性和创新性。其中也会显含或隐含着趣味性和技巧性。

1.2.1 综合性的特征

综合性是指在工程中为了研究或处理某项工作,采用单一的方法是难有成效的,需要从硬件与软件,理论与经验,环境条件的预测、预报,经济指标与进度结点计划,统一规划、统一组织等有关方面,在分析的基础上进行综合。例如,1942年—1946年的曼哈顿工程(首批原子弹工程)和2002年的三峡围堰截流工程都涉及了许多方面,需要许多方法的协调、统一才能完成工程项目的各项指标。

分析是研究总体所属的各个部分、各个方面,而综合则是研究各个部分、各个方面的总体。把握了各个方面的矛盾,再把握其总体矛盾,才能真正地深入到事物的本质,掌握全局发展的走向和规律。因此,要研究工程方法,适当地开拓方法的范围,涉猎一些专业或行外的方法,接触一些行外的人士与成果是有益的,因为事物之间是有联系的,而且是无限的。工程方法必须是开放的,也只能是开放的,而封闭则是要付出代价的,这是工程方法自身综合性的性质所决定的。只有充分发挥综合优势,多“兵种”、多谋略地相互配合,才能以最小代价(包括人力、物力、财力和时间)高指标地完成工程任务。

国外有一些企业家认为:“过去办企业选址是考虑有无原料、有无市场,交通及通信条件、环境条件如何等,但现在要加一条,即附近有无大学。因为它们是多学科、多兵种的集中地,有利于发挥综合优势,是企业大发展的希望所在。”这也是仁者见仁,智者见智。

1.2.2 工程方法的知识性

工程方法的内涵有着丰富的知识性,但其表现形式可以是显含的或隐含的。美国西雅图驱鸟的方法曾是悬挂蛇及猫头鹰的警示模型,利用天敌的威慑形象使之逃窜。这种方法是显式的,一目了然。但更多的工程方法随着科学的进步其知识性表现得更深刻、更新奇,即使是详查细究也难入其道、得其髓。典型的例证是大规模芯片的工程制造方法,这里涉及到纳米工艺的精细加工理论:光刻中的掩膜理论、光衍射理论、准分子光源以及掺杂、外延等晶体工艺过程的原理。一个方寸量级的硅片从设计到生产的全套方法中所隐含的文字型知识量相当于一个小图书馆,博大精深。其知识隐含的深度仅从专利套专利,一层又一层的规定即表示它是隐性的。

知识属于认知的范畴,工程方法中的知识主要是在与生产等有关联的过程中产生的,是在不断解决矛盾、不断在更新的客观形势中扩大与积累起来的。因此,工程方法知识性的主要特征是:

(1) 工程方法经历着工程应用的检验,属于应用科学技术的一个组成部分。

(2) 工程方法的知识性一般不是单科性的系统知识,而是多科目的组合性知识。在工程实现的过程中,它必然依托于多学科的支撑。

(3) 工程方法的知识内涵随着工程的发展与更新不断地“吐故纳新”。仅从计算机与武器系统的变更过程即可感受到“更新”的冲击波。

(4) 对于工程方法的评价有 3 条准则,即科学性、经济性和社会性。科学性或精确性并非是评价工程方法的惟一的准则,但科学性却是工程方法的本质因素。

例如,第二次世界大战中,由于盟军的快速推进,急需军用机场随军前移,据报道,当时采取了用钢板焊接的军用跑道,它对地基要求简单、施工周期短,保证了击溃法西斯战役的后勤。这种方法科学性不高,但社会性却有着非常的效果。

工程方法的知识中往往含有技巧性和趣味性,而且层出不穷。

命题一:在直径约 300mm 的有色合金鼓轮表面完成镜面加工。

所谓镜面用符号表示,即是表面粗糙度(R_a)达到 $0.025\mu\text{m}$ 等。

熟知,有色合金不采用磨削方法;用研磨法也不能保证鼓轮柱面 $2\mu\text{m}$ 的半径误差;用车削方法刀痕太重;用金刚石刀具取决于有无此条件。经多方“会诊”选定“挤压法”,即采用高精度、低表面粗糙度的钢珠按车床走刀方式进行鼓轮表面挤压,一次成功。在超高精度表面施行挤压技术,无疑也是有着技巧性和创新性的内容。

命题二:从椭圆形的下脚料中截取一块最大面积的方形。无独有偶,1978 年全国高校招生的数学命题的附加题中也有一题是:求椭圆中最大长方形的面积。但工程和数学两者采用的方法则完全不同。

数学方法可以是配方法、求导法及泛函求极值方法等,计算精确、理论简明,但费时较多。用工程概念处理可以是试凑法、边测量边计算,但效益较差,也可以用最简单的方法,这就是用工程投影及逻辑概念。

(1) 承认圆内的最大方形面积为内接正方形。

(2) 将圆绕 x (或 y)轴转一个角度取投影,则形成椭圆和内接长方形。该内接长方形面积必为最大。

(3) 设长方形一边缩小的比例正比于 b/a ,其中 a 为椭圆长半轴, b 为短半轴,则长方形长边的 $1/2$ 为 $\frac{1}{\sqrt{2}}a$,故短边的 $1/2$ 必为 $\frac{1}{\sqrt{2}}b$,整个面积为 $2ab$ 。

这个方法仅需数十秒的时间,特点是工程概念的介入,发挥才智不拘一格。

知识是一个平台,它支撑着工程方法的发展,知识含量越高,则越接近“科学的规律”,越能创造出更大、更好的社会效益与经济效益。例如,纳米管的生产方法、超大功率激光器的研制方法、超高速飞行器的设计方法等,它们将以无可估量的前景展现未来,但是,它们所包含的知识已超出现有知识平台的内涵,而是需要更新的技术和新的知识生长点。

工程方法受益于理论知识的指导,但也反过来促进理论知识的发展,例如,数字技术方法促成了一整套离散系统理论;完成了一些理论的证明;迹象表明,它也正在为自动或半自动获取知识提供支持。

1.2.3 工程方法的实践性

工程方法产生于工程,又服务于工程,它直接介入改造世界的实施过程,其理论研究、应用技术或工艺流程,都具有明显的“职业特征”——实践性。

如果按内容划分,把工程方法并为 4 个层面,即普及类型、专业类型、应用技术类型、基础理论类型,可以更清晰地表征其实践性的特点。