

Shiyanshuxue
Ji Gongcheng Yingyong

实验数学及工程应用

束国刚 薛 飞 著
刘江南 石崇哲



陕西出版集团
陕西科学技术出版社

实验数学及工程应用

束国刚 薛 飞 著
刘江南 石崇哲

陕 西 出 版 集 团
陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

实验数学及工程应用/束国刚等著. —西安:陕西科学技术出版社, 2008. 12

ISBN 978-7-5369-4557-9

I. 实... II. 束... III. 实验数学—应用 IV. 029-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 167604 号

出版者 陕西出版集团 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话(029)87211894 传真(029)87218236
<http://www.snstp.com>

发行者 陕西出版集团 陕西科学技术出版社
电话(029)87212206 87260001

印刷 西安理工大学印刷厂

规格 787mm×960mm 16 开本

印张 27.25

字数 530 千字

版次 2008 年 12 月第 1 版
2008 年 12 月第 1 次印刷

定价 45.00 元

版权所有 翻印必究

序

科学和技术领域中的研究活动,其方法通常是逻辑推理和实验观测。实验是理论的源泉,实验是科学的基础,实验是技术的后盾,实验是工程的导向。实验学便是研究实验观测规律的学科。

科学技术数学化的革命性变革,也使数学在实验学领域取得了辉煌的成就,由算学化功能进步到模型化功能,并发展到今日还正在日益完善的方法论功能。数学的这些辉煌成就促成了今日实验学的形成与发展,今日的实验学(当然包括了实验数学在内)已成为每位科学和技术工作者与工程界人士必备的基本常识与技能,甚至当今也成为社会调研与经济统计以及市场营运者所必备的知识了。实验学的灵魂毫无疑问地就是“实验数学”,实验数学已经形成,适时地认识它和普及它,把握它的形成和发展,是每位科技工作者的职责。

现今科技工作中的信息交流和科技文献如雨后春笋般繁荣,但有不少的科技文献中实验数据的处理还不够规范,这就影响了文献和实验的价值,但实验耗费了人、财、物、时。这种状况有碍于科学与技术的发展,亟待改变。究其原因,在于实验数学的欠普及,在于学士与硕士的高等教育中理论与实践的结合尚有较大欠缺,他们虽然学习了测量与误差,学习了概率论,学习了数理统计,会做习题,却不会在工作中使用它们,更不会做好实验设计了。于是,作者迫切地期望在高等教育的实验数学理论课程与实际工作规范之间构架一座桥梁,以期刚走上工作岗位的年轻的工学硕士们和工学学士们在实验学领域的实验数学应用方面能有个导师和助手,使他们尽快地和更好地完成自己的科学活动和技术活动工作。同时,期盼普及应用实验数学,使科学技术工作者的学术著作和论文都是规范的、高质量的、经过实验数学严格处理的。因而本书适用范围较广。

为了以最少的实验收获最多的结果,必须对实验进行事先的合理设计。实验观测得到观测值并非实验的终结而是开始,其后还必须对观测值进行一系列的数学处理,这种数学处理除经典的误差分析之外,更多的是一系列的统计分析,这些分析结果通常以人们惯用的表格、图形和函数方程予以表达。工程界的同事们更关心实验数学在工程问题上的效应,而这些工程问题还常常涉及诸多学科。本书的作者多年从事相关工作,深知实验数学赋予工程问题取得成功的功力所在,并深知实验数学在工程进步与成就中的灵魂作用。作者也正是在实验数学的导引下,才取得了在工程上的一点小小进步,获得了国家发明奖,国家教委科技进步1等奖,陕西省科技进步1等奖,中国电力科技进步2等奖(2项),兵器工业科技进步2等奖,兵器工业科技进步3等奖,江苏省科技进步2等奖,陕西省国防科技2

等奖,广东省科技进步3等奖等。本书第5章中的一些工程应用实例,就是从本书作者获得的这些获奖项目以及作者的中国发明专利中选取的,也有些则是从作者正在研究的国家863重大科技项目中选取的。

从这些选例中读者可以领悟到,如今的科学与技术既是分化的,又是综合的,还是数学化的和定量化的,单一的学科知识已经不能应对今日的工程技术问题了,既要具备专深的学科才能,又要辅佐以广博的综合学识,还必须有方法论的导引。这就是“方法引领,通才取胜”。

这些将实验数学应用于实际工程的基础常识就是本书所讨论的范畴,但仅限于普及和应用。推进实验学和实验数学向前发展的基石就是认识它和普及它。期盼理论实验数学的诞生,也期盼更优秀的应用实验数学的问世。实验数学的发展,必将把实验学领向更高的阶段与层次,必将在科学与技术的发展中起到指领航向的作用。

真挚地感谢参考文献的作者,为能引用你们的成就使本书得以增辉而非常荣幸。为引用了互联网上的一些文献成就但却不知道作者而甚感抱歉,这些作者的无私奉献精神更令人敬佩。

本书作者是工学出身,对理学的研究涉入不深,更何况数学。因此,本书中的谬误必定不少。然而工作的需要驱使本书问世,承不怕丑,以石换玉当是万利之举。还望识者施玉,以求不断进步,对君、对作者、对工程、对技术、对科学,都是善举。

作者谨识

2008年9月于中广核集团公司

西安工业大学

目 录

导 论	(1)
0.1 实验数学	(1)
0.1.1 科学技术的分裂与整合	(1)
0.1.2 科学技术的数学化	(2)
0.1.3 实验数学的形成	(4)
0.2 逻辑推理	(5)
0.3 实验观测	(6)
0.3.1 观测的精确度与误差	(7)
0.3.2 观测值的记录	(10)
0.4 创新与勤奋	(11)
0.4.1 工作准备	(11)
0.4.2 研究工作	(12)
0.4.3 实验数学的运用	(16)
第 1 章 观测值的误差估计及判别	(17)
1.1 真值的随机性质与正态分布	(17)
1.1.1 (一维)正态分布	(17)
1.1.2 二维正态分布	(18)
1.2 观测样本	(21)
1.2.1 样本的类型	(21)
1.2.2 随机抽样	(21)
1.2.3 抽样方法	(21)
1.3 观测值的随机性质与正态分布	(23)
1.3.1 观测值与偶然误差的随机性质	(23)
1.3.2 高斯误差定律	(23)
1.3.3 高斯误差的概率意义	(24)
1.3.4 有限观测次数时的高斯误差	(25)
1.3.5 研究的进展与误解	(27)

1.4	小样本观测值与偶然误差的几个重要分布	(28)
1.4.1	小样本的单位方差为 χ^2 分布	(28)
1.4.2	小样本期望值的单位偏差服从 t 分布	(30)
1.4.3	小样本方差之比为 F 分布	(32)
1.4.4	离散型的几种分布	(38)
1.5	观测量期望值和偶然误差的数值估计与置信区间估计	(39)
1.5.1	观测量期望值和偶然误差的数值估计	(39)
1.5.2	观测量期望值和偶然误差的区间估计	(42)
1.5.3	关于平均值的讨论	(42)
1.6	观测值和偶然误差的报导	(43)
1.6.1	绝对误差和相对误差的报导	(43)
1.6.2	高斯误差的报导	(44)
1.7	偶然误差的传递与运算	(45)
1.7.1	有效数字及修约	(46)
1.7.2	观测值的运算	(48)
1.7.3	函数误差的运算	(48)
1.7.4	观测值允许误差的求解	(54)
1.7.5	函数误差为最小值的观测条件寻优	(55)
1.8	观测值间差异的判别	(56)
1.8.1	两组观测值之间差异的统计判别模式	(56)
1.8.2	两总体方差之间差异的判别	(59)
1.8.3	两总体期望值之间差异的判别	(60)
1.9	系统误差的判别与校正	(63)
1.9.1	系统误差的判别	(63)
1.9.2	系统误差的校正	(66)
1.10	过失误差的确认和剔除	(66)
1.10.1	可疑观测值的变化	(66)
1.10.2	可疑观测值的判别与剔除	(67)
第2章	统计分析	(70)
2.1	方差分析	(70)
2.1.1	基本思想和模式	(71)
2.1.2	单因素方差分析	(71)
2.1.3	双因素方差分析	(74)

2.1.4	三因素及多因素方差分析	(79)
2.2	相关分析	(79)
2.2.1	二元正态分布的简易判别	(79)
2.2.2	相关系数	(80)
2.2.3	相关分析的程序模式	(81)
2.3	回归分析	(84)
2.3.1	最小二乘原理的应用	(84)
2.3.2	一元线性回归分析	(85)
2.3.3	二元线性回归分析	(90)
2.3.4	多元线性回归分析	(94)
2.3.5	逐步回归分析	(101)
2.3.6	简易的作图回归分析	(111)
2.3.7	两条回归直线的比较	(115)
2.4	协方差分析	(117)
2.4.1	单协变量单因素协方差分析	(118)
2.4.2	单协变量双因素协方差分析	(123)
2.4.3	双协变量单因素协方差分析	(130)
2.5	周期时间序列分析与外推	(132)
2.5.1	稳态周期时间序列分析	(133)
2.5.2	稳态周期时间序列的外推	(137)
2.5.3	生长趋势外推	(138)
第3章	观测结果的表达	(141)
3.1	表格表达	(141)
3.1.1	表达表	(141)
3.1.2	插值法	(142)
3.2	图形表达	(145)
3.2.1	作图	(146)
3.2.2	实验曲线的图解光滑修匀	(147)
3.3	实验曲线的解析平均修匀	(148)
3.3.1	点算术平均修匀法	(148)
3.3.2	简易移动平均修匀法	(148)
3.3.3	线性移动平均修匀法	(149)
3.3.4	多项式移动平均修匀法	(151)

3.3.5	指数平滑修匀法	(152)
3.4	图形的解析	(153)
3.4.1	曲线的微分	(153)
3.4.2	曲线的积分	(156)
3.4.3	曲线积分的电脑软件应用	(159)
3.4.4	列线图	(159)
3.5	函数表达——曲线拟合的回归方程	(160)
3.5.1	一元曲线回归的线性化	(160)
3.5.2	二元和多元曲面回归的线性化	(174)
3.5.3	正交多项式回归分析	(175)
3.5.4	回归方程的意义例——Hall-Petch 方程的扩展	(175)
第4章	实验设计	(178)
4.1	实验设计原理	(178)
4.1.1	实验设计的任务与原则	(178)
4.1.2	实验设计要点	(180)
4.1.3	实验设计方法的选择	(183)
4.2	单因素优选法	(186)
4.2.1	黄金分割序贯试验法	(186)
4.2.2	中分序贯试验法	(188)
4.2.3	均分批量序贯试验法	(188)
4.2.4	非单极值函数的处理	(189)
4.2.5	偶然误差和实验的精确度	(190)
4.3	两因素优选法	(192)
4.3.1	四周探索陡度法	(192)
4.3.2	转换方向陡度法	(193)
4.4	区组设计法	(194)
4.4.1	随机区组实验设计	(194)
4.4.2	拉丁方实验设计	(197)
4.4.3	析因实验设计	(202)
4.5	多因素多水平正交设计法	(202)
4.5.1	正交表	(202)
4.5.2	正交试验设计	(210)
4.5.3	正交试验结果的直观分析	(211)

4.5.4	正交试验结果的方差分析	(214)
4.6	回归正交设计	(216)
4.6.1	回归正交设计方法	(217)
4.6.2	示例	(218)
4.7	多因素多水平均匀设计法	(220)
4.7.1	均匀表	(221)
4.7.2	均匀试验设计	(230)
4.7.3	均匀试验结果的回归分析	(231)
4.7.4	示例	(231)
4.8	配方均匀设计	(236)
4.8.1	配方均匀设计表	(237)
4.8.2	试验数据处理	(238)
第5章	几个工程问题中的数学应用	(240)
5.1	模型与相似原理	(240)
5.1.1	实验与仿真的基础——模型	(240)
5.1.2	相似及相似类型	(242)
5.1.3	相似准则	(244)
5.1.4	相似定理	(246)
5.1.5	建模的相似设计	(248)
5.1.6	模型设计	(253)
5.1.7	常用模型举例	(260)
5.2	系统的可靠性	(266)
5.2.1	可靠性指标	(267)
5.2.2	可靠性模型	(271)
5.2.3	可靠性设计	(278)
5.2.4	故障模式影响及危害性分析	(286)
5.2.5	可靠性试验	(287)
5.2.6	可靠度的改进	(289)
5.2.7	可修复系统	(292)
5.2.8	可靠性工程发展中的几个热点问题	(293)
5.3	材料蠕变持久寿命评估的 Θ 法	(296)
5.3.1	材料高温力学性能的评估	(296)
5.3.2	沉淀强化型高温合金蠕变寿命评估的参数 Θ 法	(301)

5.3.3	CrMoV 型热强钢蠕变寿命评估的参数 Θ 法	(302)
5.3.4	低合金 CrMoV 型热强钢蠕变寿命评估的修正 Θ 法	(303)
5.3.5	修正 Θ 法的工程应用	(308)
5.3.6	蠕变寿命评估的修正损伤法	(312)
5.3.7	蠕变寿命评估的 Θ 法的进步之处与三联法	(312)
5.4	材料力学性能的图像解析	(313)
5.4.1	静拉伸曲线解析	(313)
5.4.2	冲击曲线解析	(321)
5.4.3	冲击能量外推预测	(326)
5.4.4	应变疲劳曲线解析	(327)
5.4.5	断口	(333)
5.5	材料组织结构的体视分析	(341)
5.5.1	基本的数学问题	(341)
5.5.2	投影图像的数学问题	(345)
5.5.3	材料显微组织测量的体视学参数	(347)
5.5.4	晶粒尺寸的观测方法	(348)
5.5.5	弥散粒子体积分数的观测方法	(356)
5.5.6	非粒子形第 2 相体积分数的观测	(358)
5.5.7	拉伸时马氏体板条倾转的观测	(359)
5.6	材料的氧化动力学解析	(362)
5.6.1	水蒸气氧化曲线	(362)
5.6.2	水蒸气氧化动力学方程的回归拟合	(364)
5.6.3	温度对水蒸气氧化影响的剖析	(365)
5.6.4	水蒸气流量对水蒸气氧化影响的剖析	(367)
5.6.5	水蒸气氧化速率剖析	(368)
5.6.6	水蒸气氧化激活能的求取	(370)
5.6.7	空气氧化动力学剖析	(371)
5.6.8	水蒸气氧化动力学的阶段性与氧化层结构的对应	(372)
5.6.9	水蒸气氧化层的 SEM 观察	(373)
5.6.10	水蒸气氧化层表面形态的 SEM 观察	(379)
5.6.11	水蒸气氧化层的形成机理	(381)
5.7	材料焊缝的解剖观测	(383)
5.7.1	T91-T91 管焊接接头的力学性能	(383)

5.7.2	T91-910(T91-T22)管焊接接头的力学性能与断口分析	(386)
5.7.3	15Cr1Mo1V 焊缝的微型杯突法解剖观测	(391)
5.8	钢中微量元素的强韧化与脆化效应	(393)
5.8.1	界面活性元素在晶界的平衡集聚	(394)
5.8.2	界面活性元素 Sn 使钢脆化	(396)
5.8.3	微量 P 促使钢的应力腐蚀开裂	(397)
5.8.4	钢中微量 Zn 的韧化与强化效应	(399)
5.9	多指标综合评估	(402)
5.9.1	评估指标的权和价值系数	(402)
5.9.2	综合评估的价值期望表与价值矩阵	(406)
5.9.3	对 P91 钢厚壁管热处理工艺优化的综合评估例	(409)
5.9.4	对国产 P91 钢厚壁管力学性能的综合评估例	(413)
参考文献		(419)

导 论

戴上数学符号的眼镜,你会意外地发现,我们所接触到的许多学科领域中到处都充斥着数学,并已在这些学科领域中被成功地运用着。数学奇迹般地帮助着这些学科发展到更高的水平并建立理论,同时数学也在其间发展了自己。数学在这些学科中的成功运用,是由于这些学科已达到了可能建立理论的发展水平,并具有逻辑的简明性以适应形式化条件的数学语言,二者的结合也就水到渠成了。于是出现了科学技术的数学化。实验数学就是其中之一。

0.1 实验数学

在人类认识自然的科学活动和适应自然的技术活动中,实验观测和逻辑推理是两种基本的人类活动,它们都是探求真理与真值的活动。更重要的是,除了依赖于各学科所特有的逻辑推理之外,人们还总是不停地进行着科学实验与技术试验。实验是在科学研究中,在一定条件下,为检验某种假设,或者验证某种科学理论,以及为探索某些未知规律而进行的观察和测量活动。试验是在工程技术中,为了察看某事的结果或某物的性能所进行的试用操作或观察和测量活动。在科学和技术广泛融合的今天,实验和试验的概念已无原则区别,而只是概念外延的大小有所不同,因此这里不再严格区分两者的概念而依习惯予以混用,或按大的概念外延统称其为实验。在这些实验活动中,除了繁多的数字之外,常见的就是各种各样的数学模型的形式化表现——数学方程和公式。早年的误差理论,以及近50年来,以随机量数学为主的一些数学分支,已成功地在这个领域中安家落户了,并且孕育了实验数学的诞生。

0.1.1 科学技术的分裂与整合

现代科学技术发展的特征,一方面表现在分化和专门化,这是探索奥秘的深度的需要;另一方面,即更重要的主导的方面,则是综合和整体化,这是人和自然达到动态平衡的必然。这两者相辅相成不可分割,表征着知识的深化和发展过程。分化和专门化是综合和整体化的最重要的条件和不可分割的方面,综合和整体化则是分化和专门化的更高层次。

现代科学技术发展的综合和整体化,既表现在各学科内部的综合,也表现在各学科之间的综合。它涉及科学技术的整个体系,并促进大量的边缘学科和交叉学科迅速发展,促进科学技术整体化过程的加快。

数学、系统论、控制论等这种揭示各领域共同规律性和结构的学科,在科学技术整体化过程中起着重要的作用。它们挺进到其他学科,实现其他学科的数学化、系统论化、控制论化,能够将这些学科的科学方法、研究方式和学科知识的统一加以扩展,更清晰地特殊中揭示一般,不断发现新的与其他学科的交叉领域。

综合的发展促进了科学方法的发展,促进了各学科更深层次的研究与现实各领域的联系,也促进了各不同领域间的基本关系和联系,促进了学科间内在基础的综合理论迅速发展。科学和技术的进步以及二者之间的强力相互交融,如今已经综合成总体的科学技术的进步。核能的利用就是典型的例子。核电站就是高能物理学和技术科学与工程技术整体化产物。这也就是说,高度的分化促进了科学技术整体化,而科学技术整体化又支撑着各学科进一步的分化,其结果又反过来完善整体化。科学技术就是这样不断取得进步。

0.1.2 科学技术的数学化

在各门学科中,运用数学方法仅是学科数学化的表象。学科数学化的本质在于,数学的应用不断扩大,成为学科的通用语言和认识方法,从而加剧了科学技术的分化和专门化;同时,因为数学能够揭示各学科领域的共同特征,数学的应用也促成了科学技术的综合和整体化,由于数学方法在学科方法论中作用的加强,学科的理论 and 体系亦不断发展提升。

反之,各学科对数学的反作用在于,数学在某学科中的巨大作用,是由该学科本身对数学应用的实践来决定和奠定基础的。这就不能把现成的数学理论简单地搬到某个学科中,而要创造性地使之适应这门学科的需要,或者在实践中为这门学科创立数学理论。

因此,数学化并非一厢情愿的事情,它既需要数学具有某学科所能适应的方法和语言,也还取决于该学科已经发展到能在数学的作用下建立本学科的新理论和新体系。

(1) 科学技术数学化的动因和条件

科学技术数学化的动因,首先是科学技术实践的需要,是技术、工程、生产、社会活动的需要。新型的科技问题和社会问题,特别是综合性的重大问题,是某一个学科所无法独立解决的,只有多学科通力合作才能使问题迎刃而解,数学这门学科的方法论优势这时便是显而易见的。

其次,是现代科学技术深化和发展到较高理论水平的需要。经验的积累,知识的深化,由定性向定量的转移,由数量向结构的发展,这些都为新理论的诞生孕育了条件;而数学方法的引入更使这一发展产生了飞跃,催生了新理论的问世。

再次,就是数学的发展能够适应科学技术的需要。数学中新的分支的形成,数学语言

和计算方法的完善化,不断满足科学技术对理论的精确性和严密性的越来越高的追求,这必然把数学引入其他学科,也把其他学科引向数学。

(2)数学在科学技术中的功能

从科学技术数学化的历程上看,科学技术数学化的功能分为3个阶段:

1)数学化初级阶段的算学化功能:人们运用数学对科技的经验知识进行量化研究。

2)数学化中级阶段的模型化功能:人们对问题的研究,从建立被研究对象的数学模型开始,数学模型是对研究对象的质和量的特征及其之间关系的抽象,并以此拟立数学方程,探讨对象性质,表述从科技经验知识中总结和提升的经验科技规律。

3)数学化高级阶段的方法论功能:这时数学方法的运用催生了被数学化学科的新理论,使该学科在数学化的作用下飞跃到一个更高的发展阶段。方法论功能是数学的高级功能。在这个高级阶段,数学化以记号的逻辑形式出现,它从学科的经验知识中脱离出来,以新的概念,通过模型化表述学科的基本现象和过程,借助高度抽象的数学结构记号的逻辑演算,对学科理论进行推论,同时辅助以学科的固有方法,来解释数学演算的结果。

显然,科学技术愈是高度发展,人们愈是较多地运用数学,直至达到数学化的高级方法论阶段。

(3)模型化的数学认识方法

数学语言和方法具有逻辑上无矛盾的结构,这种数学结构可以构造出现实结构形式上和本质上的可能类似物,从而应用于各学科研究自己的对象。而各学科为了运用数学语言和方法,则需要对所研究的现象和过程建立“概念化的图式和抽象的对象”模型。因此,某学科只有在对自身的结构和运用相近的数学结构进行一系列理想化处理之后,才能运用数学工具。

数学模型与其学科原型在限定的近似范围内精确地相符,模型的所有知识与学科原型确切对应,数学模型是理论体系的解释。在数学模型中,只研究数学方程式所包含的参变量和它们之间的依赖关系。模型是为原型而建立的,因而能够在模型研究中获取原型的新知识。在数学化的中级阶段,模型化是一种间接的研究方法。

数学模型的这种结构特征,为学科提供了预测新事件和建立新理论的可能。由于数学语言和方法的同一性,借助于模型化,能够比较有效地进行现代科学技术知识的综合和整体化。在数学化的高级阶段,模型化成为一种科学技术认识方法。

然而,单纯依赖数学模型是会犯形式化的错误的。模型化只有在与其他科学技术认识方法相结合的时候,才能最完整最有效地揭示被研究现象的规律性与本质。

(4)模型的功能

模型与被研究对象(原型)之间的相似点表现在许多不同的水平层面上,因此模型化方法是多功能的,这些功能主要有研究法、解释、判据、预测、计量、描述等。

模型解释源于推测,其先决条件是模型与原型在性质方面必须是类同的,而且原型学科领域的规律应当是已知的。借助于已知规律才能由模型对被研究对象作出解释。模型解释不仅适于单个事实,而且适于规律甚至理论。

模型的判据功能在于它能够检验原型的知识的可靠性,这就要求从被研究对象的原型抽象成模型时必须遵守数学的相似理论。相似理论是模型化方法的理论基础。模型的判据功能保证了模型研究获得的知识,从模型向被研究对象的原型转移时的高可靠性。

预测是模型的另一个重要功能。预测的主观前提是人的认识活动的创造性,而预测的客观基础是现实对象、事件、现象与其发展过程之间的规律性知识。

(5) 模型化的过程

模型建立的过程由如下各阶段顺次发生:确定课题→理论上和实验上的准备→依据数学的相似理论将被研究对象原型抽象成数学语言而建立模型→研究模型→把研究获得的信息向原型转移→提出新的假设并进行验证,以形成新的知识→将新知识纳入到科学技术理论中。

只有系统地运用包括模型化方法在内的所有各种认识方法,博采各法之长,互补互助,才能在科学技术的各领域中有所建树。但是,模型化数学方法毕竟是科学技术发展到较高阶段的重要方法之一。

(6) 方法论的高级层次

方法是达到某种目的而采用的行为方式的总和。方法论则是关于方法的理论学说。方法论具有4个层次:

1) 初级的方法论,是指专业学科的技术操作方法。

2) 中级的方法论,是指专业学科的理解理论基础,去探索和揭示规律性的方法。

3) 高级的方法论,是指不受专业学科限制的普遍的科学研究方法,它主要研究科学技术共同的规律性,例如控制论方法、符号学方法、数学方法等。

4) 最高级的方法论,是指适用于一切科学的方法,它与学科的形式和变体无关。由于该方法论已进入到了哲学的境界,故成为哲学方法论的研究对象。

如今的科学技术数学化已经由初级的记数算学,经历了中级的解析与分析数学,发展到概率化的统计思维的高级阶段。它突破了学科界限而研究科学技术共同的规律性,虽然尚未进入哲学领域的最高层次,但已经产生了哲学问题,并涉及一些基本问题的认识分析,与学科之间相互关系的阐明相联系了。

数学是科技的灯塔,哲学是思想的灯塔。

0.1.3 实验数学的形成

实验是人类认识自然和适应自然的最重要活动。在这个活动中,人们需要处理繁多的

数字,进行各种各样的数学方程和公式的演算,并对这些演算结果进行检验,将这些结果以适当的形式表达出来以便进行交流,以这些结果为依据来验证已有理论或建立新的理论或实施工程设计与施工建设。

显然,实验活动是多么需要数学啊!没有数学的介入,实验活动将无法进行。这就满足了实验领域数学化的首要条件。

实验活动自古以来就是人类对自然界的重要活动。古往今来,实验仪器设备层出不穷,实验知识和理论累积如山。实验室现在已是随处可见,实验成果形成的科技信息量正爆炸式地增长,实验设计技术亦不断取得进步,所有这些实验领域的发展已足以形成实验学这个专门学科了,也表明在实验领域已具备了数学化的第二个条件。

早年的误差理论,随后的解析数学、数值计算、分析数学等都已成功进入实验领域,近50年来,以概率统计与随机过程为主的数学各支,也已成功地在实验这个领域中安家落户,数学已经成功地与实验领域相结合。所以,可以说实验领域数学化的第三个条件也已经得到满足。

于是可以认为,在实验学这个专门学科里,数学化已经进行了许多年了,而在实验学数学化的同时,也催生着实验数学。实验学孕育了实验数学,实验数学又加速了实验学的形成和发展,并使自己成为实验学的一个重要分支,而且已使自己发展到方法论的高级层次。

误差理论、数值计算、图形解析、曲线修匀与拟合方程等,就是数学与实验学结合的典型产物,再加上概率统计与随机过程在和实验学结合后所形成的抽样检验、质量评估、各种统计分析、实验设计等,所有这些就构成了实验数学的体系和主要内容。

0.2 逻辑推理

逻辑是指思维的规律性,推理就是由一个判断或更多的判断,推出另一个新判断的思维过程。

(1) 逻辑推理

逻辑推理是人类认识和适应自然的思维活动,是探求真理的思维活动。其功能是从已有的知识、原理、理论,通过人的有规律的思维活动推出新的知识,作为已有知识、原理、理论的验证、解释、补充、完善、发展和创新。显然,逻辑推理是不能导致新发现的,它所涉及的是正确性与确实性,与创造性思维完全无关。尽管如此,逻辑推理在科学技术的研究中仍然有着重要的、不可替代的作用,而且是我们大多数行动的指南,因为新发现毕竟是科学技术研究中的九牛之一毛,大量的工作还是对已有知识、原理、理论的验证、解释、补充、完善、发展和创新。

只由一个前提而作出结论的推理为直接推理,由几个前提作出结论的推理则称为间接