

HÜTTE

工程技术基础手册

“HÜTTE工程技术基础手册”翻译组

机械工业出版社
Springer-Verlag

HÜTTE

工程技术基础手册

Horst Czichos 主编

(HÜTTE 科学联合会学术委员会授权)

《HÜTTE 工程技术基础手册》翻译组



机械工业出版社

Springer - Verlag



《HÜTTE 工程师手册》是德国工程界使用最广泛的,并在国际上广为人知的工程工具书,至今已出版到 29 版。

《HÜTTE 工程技术基础手册》是根据第 29 版翻译的,全书汇总了各工程专业所共同需要的、最基本的科学技术知识。它包括数学与统计、物理、化学、工程材料、工程力学、工程热力学、电工技术、测量技术、自动控制技术、工程信息学、开发与设计、标准化、法律、专利事业、企业经济等 15 个部分,并配有大量的图表、数据。该书体系完整,内容充实、新颖、精炼、实用,是广大工程界和工程专业学生十分有用的工具书。

HÜTTE

Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften 29., völlig neubearbeitete Auflage © Springer - Verlag Berlin, Heidelberg 1989 1991

图书在版编目 (CIP) 数据

HÜTTE 工程技术基础手册 / (德) Horst Czichos 主编. 《HÜTTE 工程技术基础手册》翻译组. —北京:机械工业出版社, 1996.6

ISBN 7-111-05104-1

I. H… II. C… III. 工程技术 - 基础理论 - 手册 IV. TB-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 00745 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 康振章等 版式设计: 霍永明 责任校对: 肖新民

封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳

机械工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1996 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·80 印张·2 插页·2443 千字

0 001—1500 册

定价: 170.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

译者的话

何为工程师手册？顾名思义，它是广大工程师们在日常工作中经常要查阅、参考的书。它应全面地包括工程师在工作中所最需要的最基本的并且反映最新发展、业已成熟的科学技术知识。它应既全面又系统。为了便于使用者查阅和携带，它的篇幅不宜过大。对公式，它一般不做详细推导，但要说明其适用范围，而不详细讨论。它汇总大量常用的数据、公式和图表，供人们快速查找，以免工程师们花费时日，去寻查分散在书刊中的资料。它还要与通用的标准和规范密切联系。由于近代科学技术迅速发展，学科之间的相互渗透日益显著，工程师日常工作所需要的知识不只局限于本专业，而恰恰往往涉及许多学科。因此手册应包括多方面的科学技术乃至有关企业管理的各方面的基本知识。这是手册的另一特点。

总之，手册必须非常实用。因此，它既不是某一学科的教科书，又不同于某一学科的专著，而是独具特色的、为广大在第一线工作的工程师乃至各工科专业的高年级学生所必备的工具书。

世界许多工业发达国家均出版适用的工程师手册。其中德国的“HÜTTE”是世界上最早问世的。“HÜTTE”这个词原是德国柏林工商学校（Gewerbeschule，当时属于中专水平）的校友们为了彼此交流知识和工作经验，在1846年成立的校友会组织的名称。这个组织就是德国最大的、影响最广泛的工程师组织——德国工程师协会（Verein Deutscher Ingenieure，简称VDI）的前身。在这里，定期举行技术交流报告会。后来，人们将这些报告的资料汇编成书，于1854年出版，并以该校友会名作为书名。这是第一版“HÜTTE”手册的起源。经过一百多年的演变，“HÜTTE”一再改编和再版，至今它已出版到二十九版。其各版的内容均适应了当时工业界对科学技术知识的要求和反映了该时期的科学技术先进水平。因此，它成为德国工程界使用最广泛的，并在国际上广为人知的工程工具书。

“HÜTTE”共有许多册。本书汇总了各工程专业所共同需要的、最基本的科学技术知识。它包括由基础科学（数学、物理、化学）、技术科学、计算机乃至制造和专利等领域。其他各册则均为专业性的，如土木工程师手册，电机工程师手册等。因此，本册书名的副标题是：工程技术基础。

“HÜTTE”不仅在德语国家和地区广为使用，而且曾先后译成法文，西班牙文，希腊文和俄文等版本。

这次，我们征得施普林格出版社（Springer-Verlag）的同意，组织了各学科精通德文的教授和工程师分别承担了第二十九版“HÜTTE”工程师手册各章的中文翻译和审校工作，以飨我国广大工程界。希望它的出版能为我国广大工程界和工程专业学生提供一本日常工作与学习十分需要而有用的工具书。

机械工业出版社对出版此书十分重视，为它的编辑和出版发行倾注了很多心血。

德国“Internation”基金会为翻译工作在经济上通过机械工业出版社给予了支持。

我谨代表翻译组的同仁们对施普林格出版社、中国机械工业出版社和德国 Internation

IV

基金会一并表示衷心的感谢。

是为记。

张 维
清华大学教授
中国科学院院士
中国工程院院士
瑞典皇家工程科学院外籍院士
1995 年 11 月 北京

原书导言

1846年，在柏林，一批昔日的皇家工商学院，后改名为夏洛腾堡高等工业学校，今称柏林工业大学的大学生们联合成立了“皇家工商学院学生联合会”。此后，他们将联合会定名为“HÜTTE 科学联合会”。其成员的大多数在1856年都参与创建“德国工程师协会(VDI)”的工作。

HÜTTE 科学联合会一开始就提出了促进并发表学术文献的任务。1856年联合会全体大会决议，成立一个八人委员会，负责以该校教师讲课内容为基础，汇编一部可随身携带的手册。1857年这部简明手册由HÜTTE联合会出版，定名为“工程师袖珍手册”。

1857年版本问世后，此书很快就多次再版。自1908年以来，从第20版起，这部著作开始加冠主标题“HÜTTE”。由于工程学科的迅速发展，随着时间的推移，不可能把日益增多的材料统统编入一卷手册中去。这样，到第28版时，总共已出版了14种不同的分册。其中有的分册被译为法、意、西和俄文。

目前以崭新的面貌呈现在读者面前的这一卷称为“HÜTTE 工程技术基础手册”卷。它自130多年以来就在人们的学习和实践中陪伴过好几代的工程师。但自从第一版就确定下来的编辑方针却基本上至今仍被保持了下来。第一卷的前言中有这样一段话：

“本委员会致力于在这一著作中论述工程师们需要的全部主要科学知识，特别是考虑到它在实践中的应用，我们力图做到，既在总体安排上条理清楚，一目了然，又在内容上全面照顾，简明扼要。”

对130多年前写下的这段话没有必要做任何补充。这些话也适用于新版的“HÜTTE 工程技术基础手册”卷。

HÜTTE 科学联合会感谢工程博士 Horst Czichos 教授受聘负责主编本书。同时我们特别感谢各位作者，奉献出了他们的专业知识和教学经验。也要感谢 HÜTTE 的编辑，文凭工程师 Ulrich Klug 先生。

我们感谢施普林格出版社对本书忱挚的合作和出色的装帧。

HÜTTE 科学联合会
主席、工程博士
Werner Sommerfeld
于柏林，1989.6

原书前言

展现在我们面前的这部著作，简明扼要地概括了各工程学科的基础知识。“HÜTTE 工程技术基础”既是工科大学生的简编教程，又是于所有工程师有益的基础性工作资料和可供广泛参考的著作。这部全新构想的著作的内容，符合工科大学和高等专科学校的教学计划。自 1955 年版问世以来所取得的科学技术的巨大进步，除了要把目前的各专业知识重新改写以外，还要求增加其他基础学科领域。

数学和统计部分，介绍了工程学科需要的数学知识，它反应了结构性描述法（矩阵）、非基本场问题（微分几何、格律学，张量）、数值方法灵敏度以及工程问题的统计处理技术等这些新知识不断增长的趋势。物理部分，分为三个分支，即“质点与质点系”、“相互作用与场”、“波与量子”，把古典物理和现代物理结合起来，作为各工程技术领域的学科基础。化学部分，除了无机化学和有机化学作为材料化学的基础知识外，对分析计算、热力学计算和动力学计算作了专门的化学计量法的论述。

工程材料部分，讨论了工程技术中的结构材料和功能材料，它们的特性、特征参数和可能的潜在损害过程，并着眼于在工程技术中的应用。讨论了材料保护、材料试验和材料选择的方法。

工程力学部分，以简捷的数学表达式结合应用实例阐述固体力学内容，下分为运动学、静力学、动力学、振动、材料力学、弹性理论、塑性理论等；流体力学细分为流体特性、流体静力学和空气静力学、气体动力学、不可压缩的和可压缩的流体、无摩擦的和有摩擦的流动等。工程热力学将热学中的物质质量作为变量，这不仅在能源技术中而且也在流程技术中特别适用。电工技术部分分为 5 个分支：“网络”论述直流电系统、交流电系统和多相系统的基本知识，并介绍了电网中的电流和电压的计算方法；“场”在讨论了传导之后，论述了电磁场和电磁波；“能源技术”的重点是，充分应用电磁现象和现代大功率电子学，讨论了机械能—电能、电能—机械能的能量转换；“通讯技术”以系统工程的表达方式阐述信息技术和通讯技术的原理和方法；“电子学”中给出最主要的模拟和数字基本线路，以及半导体技术和光电子技术结构元件的概貌。

在测量技术中，依据量测链的原理，讨论了传感器和量测信号处理，直至微电子技术 and 微米技术。在自动控制技术部分中，同时介绍了自动化技术的重要基础知识；除古典模式、系统特性和调节器型式外，还包括现代的发展，诸如非线性调节系统、适应性调节、工况调节和数字控制。工程信息学部分，则以计算机为信息技术的最重要的代表。工程信息学分为三个分支：“数字系统”从逻辑观点讨论电路技术的基础、运算器和控制器以及高效微处理机的结构和功能；“计算机组织”包括信息的编码、微处理器的程序模型、面向总线的计算机系统和操作系统的基本功能；“程序设计”部分侧重对算法、数据结构、编程语言和软件技术的基础性描述。在发展和设计部分，着重讨论了设计方法和技术产品结构元件最重要的一般关系、战略步骤和原则；为使设计方法一目了然，把它们概括为几条基本原则。

本版补充了对学习以及职业实践同样重要的知识领域——标准化、法律、专利和企业经济等。

在标准化部分，介绍了标准化的组织结构和职能，标准的形成过程以及其作为标志技术水平文件和技术贸易准则的作用；这些内容是结合合理化、人机工程、安全、环保和计算机支持的各技术领域的实例加以阐述的。在法律部分，给出德意志联邦共和国法律体制的概貌，重点讨论对于技术意义重大的法律范畴。专利部分重点阐述德国、欧洲和国际范围内的发明和实用新型的专利能力和申请程序，说明在职人员（雇员）发明的法则和职业保护法对技术进步与创新的意义。企业经济部分着重研究作为经济领域基本单元的企业以及从属于它的有关仲裁决策立法要素（企业组建、法律形式、企业组织、企业结束）和有关其职能的构成要素（信息系统，有形财产系统、社会系统、财务系统、组织、会计）。

新版“HÜTTE 工程技术基础”，由柏林 HÜTTE 科学联合会学术委员会倡议出版。这受到柏林联邦材料试验研究院（BAM）院长、博士 G.W.Becker 教授的支持，对此表示感谢。衷心地感谢全体参与撰写本书的作者，感谢他们受聘和出色的集体合作，经过四年紧张的工作本书才能以呈现在我们面前的这种形式与读者见面。此外，除了感谢联邦材料试验研究院的众多同仁外，我特别感谢我的夫人 Barbara 和我的爱子 Carsten 的协助和耐心，以及 Rückward 女士和 Pfeifer 女士在完成全部内容索引时的坚毅合作。最后感谢施普林格出版社和 HÜTTE 编辑部所有参与人员在筹划和编辑加工手稿时的负责的和熟练的合作，感谢出版社为本书做出的出色的装帧。

H. Czichos

1989 年 7 月于柏林

编辑说明

德国“HÜTTE 工程师手册”是一部历史悠久的名著。它初版于 1857 年，到 1908 年出至第 20 版。此后又经不断演进改版，于 1991 年出至第 29 版，形成适用于各工程技术领域不同需要的大型系列工具书，并被译成多种文字出版。

呈现在读者面前的这部书，原著出版于 1989 年，仍为第 29 版，但经过出版人和原作者们的全新整理加工，成为该系列手册的首部，名为“HÜTTE 工程技术基础手册”。

下面，对本书有关的编辑处理事宜做几点简略说明：

1. 保持原书风貌。全书包括了 15 个领域的基础知识和资料。原作者们在各自的撰稿中，对相关其他学科内容，广泛地、精细地用“见”或“参见”的方式避免了叙述上的重复，使全书无论在整体上或每个局部上，既保持了内容的系统和完整，又十分精炼充实。在编辑时，为避免不必要的差误，对原书 15 个部分的代号，各部分的层次格式，图、表、公式编号等，除个别小处不当有所改动外，均保持不变，未另加篇、章、节字样。

大量图和表的标题，并非是正文内容的简单呼应，而有与正文内容相互补充的知识，也保留了原书的版面格式。

2. 关于量和单位。单位名称、单位符号均从原书。量的名称中，与国标 GB 3100～3102—93 及有关行业标准术语对应的，译称从国标；国标中没有的依原文译出。不少量的符号的辅助脚标，可能是某一德文单词的缩写，读者可能不大习惯。为此，对有的部分原来就附有的符号说明均予原样译出保留。读者略加查对即可一目了然。

3. 原书引证并列举了大量参考文献：一般文献、通论、专著等，均按目录编号分类刊列。对原书中反复出现的人名均译为中文名字；有的人名已为某种通用代号者，不译。全书末附原书目录及中外人名对照表，以备查。

感谢张维先生和全体译校者为本书的出版所做出的贡献。杨则正、吴士豪二位校译了原书的导言、前言，并协助编辑查解了不少疑难点，在此一并致谢。

限于编辑们的水平，加之时间仓促，对书中可能存在的疏漏甚或错误，欢迎读者批评指正。

参与本书编辑工作的是：朱亚冠 (A)，康振章 (B1～12, E1～6)，李书全 (B13～25, J, K)，吴曾评 (C, E7～10, F)，张斌如 (D, L, M, N, O)，牛新国 (G1～18)，罗命钧 (G19～27, H)，秦起佑 (I)。全书由康振章统稿。

目 录

A 数学与统计	A1	4.1 坐标	A15
I 数学	A1	4.1.1 坐标,基	A15
1 集合,逻辑	A1	4.1.2 笛卡尔坐标系	A15
1.1 集合	A1	4.1.3 极坐标	A15
1.1.1 集合论的基本概念	A1	4.1.4 面积坐标	A15
1.1.2 集合之间的关系与集合的 运算	A1	4.1.5 体积坐标	A16
1.2 联结的特性,特殊集合	A2	4.1.6 柱坐标	A16
1.3 逻辑,布尔代数	A3	4.1.7 球坐标	A16
2 数,映射,序列	A4	4.2 曲线、平面与二次曲面	A17
2.1 实数	A4	4.2.1 平面上的直线	A17
2.1.1 数集,平均值	A4	4.2.2 空间里的平面	A18
2.1.2 乘幂,方根,对数	A4	4.2.3 空间里的直线	A19
2.2 进位制	A5	4.2.4 二次曲线	A19
2.3 复数	A5	4.2.5 二次曲面	A21
2.3.1 基本运算,坐标表示	A5	4.3 平面几何,立体几何	A22
2.3.2 乘幂,方根	A5	5 投影	A29
2.4 区间	A6	6 一元代数函数	A30
2.5 映射,序列与级数	A6	6.1 零点定理	A30
2.5.1 映射,函数	A6	6.2 二次方程与三次方程	A32
2.5.2 序列与级数	A7	7 超越函数	A32
2.5.3 级数的乘幂	A8	7.1 指数函数	A32
3 矩阵与张量	A8	7.2 三角函数	A32
3.1 矩阵	A8	7.3 双曲函数	A35
3.1.1 符号,一些特殊矩阵	A8	8 高等函数	A37
3.1.2 演算	A9	8.1 三次与四次代数函数	A37
3.1.3 矩阵的范数	A10	8.2 旋轮线,螺旋线	A37
3.2 行列式	A11	8.3 德尔塔函数,海维赛德函数, 伽玛函数	A37
3.3 矢量	A11	9 一元实变函数的微分	A40
3.3.1 矢量的性质	A11	9.1 极限值,连续性	A40
3.3.2 基	A12	9.2 函数的导数	A41
3.3.3 内积或无向积	A13	9.2.1 泰勒的函数表达式	A43
3.3.4 外积或有向积	A13	9.2.2 利用导数求极限	A45
3.3.5 混合积,多重积	A14	9.2.3 极值,拐点	A45
3.4 张量	A14	10 一元实变函数的积分	A46
3.4.1 n 阶张量	A14	10.1 不定积分	A46
3.4.2 张量的运算	A15	10.2 定积分	A49
4 初等几何	A15	10.2.1 积分法则	A49

10.2.2 广义积分	A49	24.1 分类	A82
11 多元实变函数的微分	A50	24.2 几何解说	A82
11.1 极限值, 连续性	A50	25 常微分方程的解法	A83
11.2 导数	A51	25.1 分离变数法	A83
11.2.1 泰勒的函数表达式	A52	25.2 全微分方程	A83
11.2.2 极值	A53	25.3 变数代换法	A83
12 多元实变函数的积分	A54	25.4 线性微分方程	A84
12.1 含参数的积分	A54	25.5 常数系数线性微分方程	A85
12.2 二重积分	A54	25.6 规范基础解系	A85
12.3 广义二重积分	A55	25.7 格林函数	A86
12.4 三重积分	A55	25.8 级数求解法	A87
12.5 变数变换	A56	25.9 积分方程	A88
12.6 曲线积分	A57	26 微分方程组	A88
12.7 曲面积分	A58	27 自伴微分方程	A89
13 曲线的微分几何	A58	28 经典的非初等微分方程	A90
13.1 平面曲线	A58	29 一阶偏微分方程	A91
13.1.1 切线, 曲率	A58	30 二阶偏微分方程	A92
13.1.2 包络	A59	31 偏微分方程的解	A94
13.2 空间曲线	A60	31.1 波动方程与位势方程的特解	A94
14 空间里的旋转	A61	31.2 基本解	A95
15 曲面的微分几何学	A61	32 变分法	A97
16 空间的微分几何	A62	32.1 泛函	A97
16.1 基, 度量	A62	32.2 最优化	A99
16.2 曲线坐标	A63	32.3 线性规划	A100
17 场的微分与积分	A63	33 线性方程组	A101
17.1 那勃勒算子	A64	33.1 梯形方程组	A101
17.2 通量, 环量	A66	33.2 高斯消去法	A102
17.3 积分定理	A66	33.3 超定方程组	A104
18 复变函数的微分与积分	A67	33.4 检验方阵	A105
18.1 表示式, 复变函数的连续性	A67	34 非线性方程	A105
18.2 导数	A68	34.1 迭代的不动点, 收敛阶	A105
18.3 积分	A69	34.2 特殊的迭代法	A106
19 保角映射	A72	34.3 非线性方程组	A107
20 正交函数系	A73	35 方阵本征值问题	A108
21 傅里叶级数	A74	35.1 齐次方阵函数, 范式	A108
21.1 实形展开式	A74	35.2 对称方阵偶	A111
21.2 复形展开式	A76	35.3 检验方阵	A112
22 多项式展开	A77	35.4 奇异值分解式	A114
23 积分变换	A78	36 插值法	A114
23.1 傅里叶变换	A78	36.1 非周期插值法	A115
23.2 拉普拉斯变换	A79	36.2 周期插值法	A117
23.3 Z 变换	A80	36.3 利用插值进行积分	A118
24 常微分方程	A82	37 微分方程的数值积分	A121

37.1 初值问题	A121	区间	A146
37.2 边值问题	A124	41.6.4 关于回归系数的假设 检验	A146
II 概率论与统计学	A126	41.6.5 回归计算实例	A146
38 概率论	A126	38~41 符号	A147
38.1 随机试验与随机事件	A126	参考文献	A148
38.2 随机事件的概率	A126		
38.3 条件概率	A127		
38.4 事件的独立性	A127		
38.5 概率的计算法则	A128		
39 随机变数与概率分布	A129	B 物理	B1
39.1 随机变数	A129	1 物理量与单位	B1
39.2 离散随机变数的概率函数与 分布函数	A129	1.1 物理量	B1
39.3 连续随机变数的概率密度与 分布函数	A130	1.2 基本量与基本单位	B1
39.4 概率分布的数字表征	A130	1.3 国际单位制	B1
39.4.1 随机变数函数的期望值	A130	I 质点与质点系	B5
39.4.2 分布的位置参数	A131	2 运动学	B5
39.4.3 分布的分散参数	A131	2.1 直线运动	B5
39.5 随机变数的随机独立性	A131	2.2 圆周运动	B7
39.6 随机变数的相关	A131	2.3 等速平移相对运动	B7
39.7 重要的一些概率分布	A137	2.3.1 伽利略变换	B7
40 描述统计学	A140	2.3.2 洛伦茨变换	B8
40.1 统计学的问题	A140	2.3.3 相对论的运动学	B9
40.2 基本概念	A140	2.4 直线加速相对运动	B10
40.3 频率与频率分布	A140	2.5 旋转相对运动	B10
40.4 经验分布的数字表征	A141	3 力和动量	B11
40.4.1 位置参数	A141	3.1 惯性定律	B11
40.4.2 分散参数	A141	3.2 力的定律	B11
40.5 经验相关系数	A142	3.2.1 重力	B12
41 归纳统计学	A142	3.2.2 弹簧力	B12
41.1 抽样	A142	3.2.3 摩擦力	B13
41.2 样本函数	A143	3.3 反作用定律	B13
41.3 统计估计	A143	3.3.1 弹性变形引起的力	B13
41.3.1 估计函数	A143	3.3.2 两自由体之间的力(“内 力”)	B14
41.3.2 点估计	A143	3.4 等效原理:重力和惯性力	B14
41.3.3 区间估计	A144	3.5 旋转时的惯性力	B15
41.4 统计假设检验法	A144	3.5.1 向心力和离心力	B15
41.5 两个随机变数的独立性检验	A145	3.5.2 科氏加速度	B15
41.6 回归	A145	3.6 转动力矩和平衡	B15
41.6.1 基本问题	A145	3.7 动量矩	B16
41.6.2 α 、 β 与 σ^2 的估计值	A145	3.8 动量矩守恒定律	B17
41.6.3 β 、 σ^2 与 $\mu(x)$ 的置信 区间		4 功和能	B17
		4.1 加速度功, 动能	B17
		4.2 势能, 提升功和应力功	B18
		4.3 保守力的能量守恒	B19

4.4 非保守力的能量定律	B19	8 统计力学——热力学	B48
4.5 相对论的动力学	B20	8.1 气体分子运动论	B48
5 振动	B21	8.2 温度标度, 气体定律	B50
5.1 简谐运动的运动学	B21	8.3 自由度, 均匀分布定理	B52
5.2 无阻尼的简谐振子(或振荡器)	B22	8.4 真实气体, 深温度	B53
5.2.1 机械简谐振子	B22	8.5 多粒子系统的能量交换	B56
5.2.2 简谐振子的振动方程 和振动能量	B24	8.5.1 体积功	B56
5.3 自由阻尼振动	B25	8.5.2 热	B57
5.3.1 周期性情况(振动情况)	B26	8.5.3 多粒子系统的能量守恒定 律	B57
5.3.2 非周期性的极限情况	B26	8.6 热力过程的热量	B58
5.3.3 非周期性情况(爬行情 况)	B26	8.6.1 比热容及摩尔热容	B58
5.3.4 衰减时间	B27	8.6.2 相转变热	B60
5.4 受迫振动, 共振	B27	8.7 理想气体的状态变化	B62
5.4.1 共振	B27	8.8 循环过程	B63
5.4.2 振子的功率吸收	B29	8.8.1 热力机	B65
5.5 简谐振动的叠加	B29	8.8.2 制冷机与热泵	B65
5.5.1 相同频率的振动	B29	8.9 物理过程的有向过程(熵)	B66
5.5.2 不同频率的振动	B30	9 输运现象	B68
5.6 耦合振子	B32	9.1 碰撞截面, 平均自由程	B68
5.6.1 耦合摆	B32	9.2 分子扩散	B69
5.6.2 N 个耦合振子	B34	9.3 导热	B70
6 粒子系统	B34	9.4 内摩擦(粘滞)	B71
6.1 质点系统的重心(质量中心), 动量和动量矩	B35	10 水动力学和空气动力学	B74
6.1.1 无外力的重心运动	B35	10.1 理想液体的流动	B74
6.1.2 在外力作用下重心的运动	B36	10.2 真实液体的流动	B77
6.1.3 质点系统的动量矩	B36	II 相互作用与场	B79
6.2 质点系统的能量	B37	11 引力相互作用	B79
6.2.1 质点系统中的能量守恒定 律	B38	11.1 场的概念	B79
6.2.2 质点系统的聚合能	B38	11.2 行星运动: 开普勒定律	B80
6.3 撞击	B38	11.3 牛顿万有引力定律	B80
6.3.1 中心弹性撞击	B39	11.4 引力场	B81
6.3.2 非中心弹性撞击	B41	11.5 在中心场中的卫星轨道	B83
6.3.3 非弹性撞击	B42	12 电的相互作用	B86
7 刚体动力学	B43	12.1 电荷, 库仑定律	B86
7.1 刚体的平移和旋转	B43	12.2 静电场	B86
7.2 旋转能, 惯性矩	B44	12.3 电势	B89
7.3 刚体的动量矩	B45	12.4 电荷的量子化	B91
7.4 陀螺	B46	12.5 电场中能量的获取	B92
7.5 比较平移与旋转	B47	12.6 电流	B93
		12.7 静电场中的导体, 静电感 应	B94
		12.8 导体的电容	B95

12.9 电场中的非导电物质, 电极化	B97	16.7 高真空中电导	B141
13 磁的相互作用	B101	16.7.1 电子发射	B141
13.1 静磁场, 稳恒磁场	B101	16.7.2 真空中自由载荷子的运动	B144
13.2 作用在运动电荷上的磁力	B103	17 强的和弱的相互作用: 原子核与基本粒子	B145
13.3 通过电流的导线上的磁力	B105	17.1 原子核	B145
13.4 磁场中的材料, 磁极化	B107	17.2 质量亏损, 核的结合能	B146
14 时间变化的电磁场	B111	17.3 放射性衰变	B148
14.1 时间变化的磁场: 感应	B111	17.3.1 α 衰变	B148
14.2 自感应	B114	17.3.2 β 衰变	B149
14.3 磁场的能量	B114	17.4 核的人工转变(蜕变), 核能的获得	B150
14.4 时间变化的电场作用	B115	17.5 基本粒子	B153
14.5 麦克斯韦方程	B116	III 波及量子	B155
15 电流回路	B116	18 波的传播	B155
15.1 欧姆定律	B116	18.1 波运动的描述, 波方程	B155
15.2 直流电路, 基尔霍夫定理	B117	18.2 弹性波, 声波	B158
15.3 交流电路	B118	18.3 多普勒效应, 陡削波	B160
15.3.1 交流功	B118	19 电磁波	B162
15.3.2 变压器	B119	19.1 电磁波的产生与传播	B162
15.3.3 R 、 L 及 C 组成阻抗	B119	19.2 电磁的谱	B164
15.4 电磁振荡	B120	20 电磁辐射与物质的相互作用, 色散	B167
15.4.1 自由的、阻尼的电磁振荡	B121	20.1 电磁波在物质中的传播	B167
15.4.2 强迫电磁振荡, 谐振回路	B121	20.2 黑体发射与吸收, 普朗克辐射定律	B169
15.4.3 通过反馈的电磁振荡自激	B123	20.3 光的量子化, 光子	B171
16 电荷的输运: 导电机制	B124	20.4 恒稳能量态, 光谱学	B173
16.1 物质的电结构	B124	20.5 感应发射, 激光	B175
16.1.1 原子结构	B124	21 反射和折射, 偏振	B177
16.1.2 固体中电子	B128	21.1 反射, 折射, 全反射	B177
16.2 金属电导	B130	21.2 光的偏振	B180
16.3 超导	B131	22 几何光学	B181
16.4 半导体	B135	22.1 光的图像	B181
16.4.1 本征电导	B135	22.2 成像误差	B184
16.4.2 杂质电导	B137	23 干涉与衍射	B185
16.4.3 半导体中霍耳效应	B137	23.1 惠更斯原理	B186
16.4.4 PN 结	B138	23.2 在缝及光栅上夫琅和费衍射	B187
16.5 电解电导	B138	24 光学成像的波观点	B190
16.6 气体中电流	B139	24.1 阿贝显微镜理论	B190
16.6.1 非自持气体放电	B139	24.2 全息摄影	B191
16.6.2 自持气体放电	B139	25 物质波	B192
16.6.3 等离子体状态	B141	25.1 粒子, 波, 测不准原理	B192

25.2 德布罗意关系式	B193	4.1.3 杂化作用	C11
25.3 薛定谔方程	B194	4.1.4 电负性	C11
25.4 电子衍射, 电子干涉	B195	4.2 离子键	C11
25.5 电子光学	B196	4.2.1 晶格能	C12
参考文献	B198	4.2.2 波恩-哈伯循环	C12
		4.2.3 原子半径和离子半径	C12
C 化学	C1	4.3 金属键	C12
1 化学计量	C1	4.4 范德瓦耳斯键和氢键	C13
1.1 化学计量基本定律	C1	5 气体	C13
1.1.1 质量守恒定律	C1	5.1 理想气体	C13
1.1.2 定比定律	C1	5.1.1 理想气体状态方程	C13
1.1.3 倍比定律	C1	5.1.2 理想气体状态方程的特定形式	C13
1.2 物质的量, 阿伏伽德罗常数	C1	5.2 真实气体	C14
1.3 摩尔质量	C1	5.2.1 维里方程	C14
1.4 混合相的定量表述	C2	5.2.2 范德瓦耳斯方程, 临界点	C14
1.4.1 质量分数 w_i	C2	6 液体	C16
1.4.2 摩尔分数 x_i	C2	6.1 液体的分类	C16
1.4.3 浓度(或物质的量浓度) c_i	C2	6.2 液体的结构	C16
1.5 化学式	C2	6.3 液态水的性质	C17
1.6 化学方程式	C3	6.4 玻璃	C17
1.7 化学计算	C3	7 固体	C18
1.7.1 重量分析	C3	7.1 晶体	C18
1.7.2 容量分析	C3	7.1.1 晶胞	C18
1.7.3 燃烧过程	C4	7.1.2 晶系	C18
2 原子结构	C4	7.2 晶体中的键合状态	C18
2.1 卢瑟福原子模型	C4	7.2.1 金属晶体的结构	C19
2.2 玻尔原子模型	C4	7.2.2 离子型晶体的结构	C20
2.3 电离能、电子亲和势	C5	7.2.3 共价型晶体	C20
2.4 量子力学原子模型	C5	7.2.4 由复杂的键型组成的晶体	C20
2.4.1 Ψ 函数	C5	7.3 真实晶体	C21
2.4.2 氢原子的薛定谔方程	C5	8 化学反应热力学, 化学平衡	C21
2.4.3 氢轨道的图形	C6	8.1 基础知识	C21
2.4.4 多电子体系	C6	8.1.1 热力学体系的分类	C21
2.5 能级次序	C7	8.1.2 反应进度	C21
2.6 电子构型的图示	C7	8.2 热力学第一定律在化学反应中的应用	C21
2.7 原子核的结构	C7	8.2.1 热力学第一定律	C21
3 元素周期系	C8	8.2.2 反应能	C22
3.1 周期系的结构	C8	8.2.3 反应焓	C22
3.2 某些性质的周期性	C8	8.2.4 赫斯定律	C22
4 化学键	C8	8.2.5 化合物的标准生成焓	C23
4.1 原子键	C8	8.2.6 反应焓与温度和压力的关	
4.1.1 路易斯模型	C8		
4.1.2 分子轨道	C10		

系	C23	10.2.3 渗透压	C35
8.3 热力学第二定律与第三定律在 化学反应中的应用	C24	10.3 气体在液体中的溶解性	C35
8.3.1 基础知识	C24	10.4 溶质在两种溶剂间的分配	C35
8.3.2 反应熵	C24	10.5 作为溶剂的水	C36
8.3.3 吉布斯自由能与化学势	C24	10.6 水的本征离解, 水的离子积	C36
8.3.4 反应吉布斯自由能, 吉布 斯-亥姆霍兹方程	C25	10.7 酸与碱	C36
8.3.5 相的稳定性	C26	10.7.1 阿累尼乌斯与布仑斯惕的 定义	C36
8.4 质量作用定律	C26	10.7.2 强弱酸碱	C37
8.4.1 化学平衡	C26	10.7.3 pH 值	C37
8.4.2 均相气体反应	C27	10.7.4 强酸及强碱溶液的 pH 值	C37
8.4.3 不均相反应	C27	10.7.5 弱酸及弱碱溶液的 pH 值	C38
8.4.4 利用热化学数据计算 平衡常数	C27	10.7.6 盐溶液的 pH 值	C38
8.4.5 平衡常数和温度的关系	C27	10.8 溶度积	C39
8.4.6 最小作用原理	C27	10.9 水的硬度	C39
8.4.7 耦联平衡	C28	11 氧化还原反应	C40
9 化学反应速率, 反应动力学	C28	11.1 氧化值	C40
9.1 反应速率与反应吉布斯自由能	C28	11.2 氧化作用和还原作用, 氧化还 原反应	C40
9.2 反应速率与反应级数	C28	11.3 氧化还原反应的实例	C41
9.3 元反应、反应机理与反应 分子数	C29	11.3.1 燃烧过程	C41
9.4 反应速率与浓度的关系	C29	11.3.2 金属在酸中的溶解	C41
9.4.1 一级反应时间定律	C29	11.3.3 由金属氧化物的还原反应 制备金属	C41
9.4.2 二级反应时间定律	C30	11.4 电化学电池中的氧化还原反应	C41
9.5 反应速率与质量作用定律	C30	11.5 电极电势, 电化学电动势序列	C42
9.6 反应速率与温度的关系	C31	11.5.1 阳极和阴极的定义	C42
9.7 链反应	C31	11.5.2 利用电极电势计算电化学 电池的 EMF	C42
9.8 爆炸	C31	11.5.3 惰性(不活泼)与非惰性 (活泼)金属	C43
9.9 催化作用	C32	11.6 电化学腐蚀	C43
9.9.1 基础知识	C32	11.7 由氧化还原反应得到电流	C43
9.9.2 均相催化作用	C32	11.8 电解, 法拉第定律	C43
9.9.3 非均相催化作用	C32	12 主族元素及其化合物	C44
9.9.4 哈伯-博施法	C32	12.0 氢	C44
10 溶液中的物质与反应	C33	12.1 第 I 主族: 碱金属	C44
10.1 分散系	C33	12.2 第 II 主族: 碱土金属	C45
10.1.1 胶体	C33	12.3 第 III 主族: 硼族	C46
10.1.2 溶液	C33	12.3.1 硼	C46
10.1.3 电解质, 电解质溶液	C33	12.3.2 铝	C46
10.2 溶液的依数性质	C34	12.4 第 IV 主族: 碳族	C47
10.2.1 蒸气压下降	C34	12.4.1 碳	C47
10.2.2 凝固点下降与沸点上升	C34		

12.4.2 硅	C47	2 材料结构	D2
12.4.3 锗、锡和铅	C48	2.1 固体结构原理	D2
12.5 第V主族: 氮族	C48	2.2 微观结构	D4
12.5.1 氮	C48	2.3 材料表面	D5
12.5.2 磷	C49	2.4 材料种类	D5
12.5.3 砷、锑	C50	3 金属材料的生产	D6
12.6 第VI主族: 硫族	C50	3.1 金属材料的生产	D6
12.6.1 氧	C50	3.2 金属的分类	D7
12.6.2 硫	C51	3.3 钢铁材料	D7
12.7 第VII主族: 卤素	C51	3.3.1 铁碳状态图	D8
12.7.1 氟	C51	3.3.2 热处理	D9
12.7.2 氯	C51	3.3.3 钢	D10
12.7.3 溴与碘	C52	3.3.4 铸铁	D10
12.8 第VIII主族: 稀有气体	C52	3.4 非铁金属及其合金	D12
13 有机化合物	C52	3.4.1 铝	D13
13.1 有机化学: 概述	C52	3.4.2 镁	D13
13.2 有机分子的同分异构现象	C52	3.4.3 钛	D14
13.2.1 结构异构现象	C52	3.4.4 铜	D14
13.2.2 立体异构现象	C53	3.4.5 镍	D14
14 碳氢化合物	C53	3.4.6 锡	D15
14.1 脂肪烃	C53	3.4.7 锌	D15
14.1.1 烷烃 C_nH_{2n+2}	C53	3.4.8 铅	D15
14.1.2 烯烃 C_nH_{2n}	C54	3.5 金属玻璃	D15
14.1.3 炔烃 C_nH_{2n-2}	C56	4 无机非金属材料	D16
14.1.4 有两个或多个双键的碳氢化合物	C56	4.1 无机天然材料	D16
14.2 脂环烃	C57	4.2 碳和石墨	D17
14.3 芳香族碳氢化合物	C57	4.3 陶瓷材料	D17
15 带有官能团的化合物	C58	4.3.1 陶瓷材料的生产	D17
15.1 脂肪烃的卤代衍生物	C59	4.3.2 硅酸盐陶瓷	D17
15.2 醇	C60	4.3.3 氧化物陶瓷	D19
15.3 醛	C61	4.3.4 非氧化物陶瓷	D19
15.4 酮	C61	4.4 玻璃	D20
15.5 羧酸及其衍生物	C62	4.5 玻璃陶瓷	D20
15.5.1 羧酸衍生物	C62	4.6 建筑材料	D20
15.5.2 氨基酸	C62	4.6.1 胶凝材料	D20
符号	C63	4.6.2 水泥	D22
参考文献	C64	4.6.3 混凝土	D22
		4.7 地表材料	D22
D 工程材料	D1	5 有机物质, 聚合材料	D23
1 概论	D1	5.1 天然有机物质	D23
1.1 材料循环	D1	5.1.1 木材和木制品	D23
1.2 工程材料的分类	D2	5.1.2 纤维	D23
		5.2 纸张和纸板	D24