



低温

〔日〕 田沼静一 主编
叶士禄 焦正宽 张学栋 译

《低温工程》编辑部

低 温

〔日〕 田沼静一主编

叶士祿 焦正寬 張学栋 译

《低温工程》编辑部

1980年·北京

出 版 说 明

当前，低温技术的发展和应⤿已迅速地渗透到各个科学技术领域，成为尖端科学和国民经济建设必不可少的基础工具，并以其日新月异的步伐朝着更大的深度和广度进军。新中国成立以来，我国的低温技术虽然也得到了很大的发展，但与世界上先进的国家相比，发展的速度是缓慢的，技术是落后的。造成发展缓慢、技术落后的原因之一，就是在技术上交流不够。为了学习国外的先进技术为我所用。现出版由日本东京大学物性研究所理学博士田沼静一教授主编、叶士禄、焦正宽、张学栋同志译的“低温”一书。该书全面、系统地论述了有关低温基础技术和低温物理实验的各个方面。对低温下最著名的两种现象——超导电性和超流动性，有独创性的研究。本书介绍了许多实例，编入了大量的设计图表、数据是低温实验设计与操作的一本很有参考价值的书籍。

本书在翻译过程中，曾多次得到主编田沼静一教授的鼓励与帮助，为了表示友谊并寄来他的七篇近著，译者将其作为补充资料（十八、十九、二十章）介绍给读者。

本书在翻译、编辑加工和出版过程中曾得到其他许多同志的指导与帮助，在此一并表示衷心的感谢。由于我们的水平有限，书中定有许多错误和不足之处，请读者批评指正。

《低温工程》编辑部

1980.2

内 容 简 介

本书译自日文版实验物理学讲座第15卷“低温”一书，原书由十七位科学家集体编著，田沼静一教授主编。全书分成“低温基础技术”和“低温物理实验”两篇。第一篇主要介绍低温实验中所必须具备的基础内容。第二篇主要介绍低温实验的分析方法和实验技巧。从低温物理学角度论述了其基本原理及测示技术。并介绍了超导电性和超流动性，它不仅属性奇异且应用越来越广泛，液氮的超流动性则是低温实验的精髓。著者在文中有相当多的独创性研究。

本书附有大量设计所必要的图表和数据，可供从事低温工程、低温物理、低温技术、工程热物理、超导电技术、宇航工程、冶金、物化等科技工作者以及大专院校有关专业的师生参考，也可推荐作为这类专业高年级学生选修课教材。

封面、封底设计：罗毓麟

作者一览 (按文章顺序)

- 管原 忠 东京大学物性研究所·教授·理博
- 永野 弘 东京大学物性研究所·付教授·工博
- 早坂启一 东京大学物性研究所·助手
- 田沼静一 东京大学物性研究所·教授·理博
- 佐佐木亘 东京大学理学部·教授·理博
- 小川信二 电子技术综合研究所基础部·低温物理研究室主任·理博
- 大塚泰一郎 东北大学理学部·教授·理博
- 大坪秋雄 山形大学工学部·教授·理博
- 武藤芳雄 东北大学金属材料研究所·教授·理博
- 小林哈那子 东京大学理学部·教授·理博
- 辻川郁二 京都大学理学部·教授·理博
- 白乌纪一 大阪大学理学部·讲师·理博
- 永田一清 东京工业大学理学部·付教授·理博
- 安河内昂 日本大学理工学部·教授·理博
- 碓井信光 日本大学理工学部·助手·理博
- 长谷田泰一郎 大阪大学基础工学部·教授·理博
- 生 鸣 明 东京大学物性研究所·付教授·理博

序 言

现今，物性物理学发展得越来越多彩而又精细，为了揭开掩盖着物质个性的帷幕，或者为了能以更鲜明直接的方式来观察量子的效应，人们对极低温领域的物理实验提出了日益广泛的要求。同时在原子核物理学、基本粒子物理学以及电气工程等领域，极低温技术也成为不可缺少的一门新技术。这样一来自然就促进了低温物理学乃至低温工程的蓬勃发展。本书拟详细论述低温实验学和低温实验技术的各个方面。

本书结构上的特色是这样：

(1) 作为本书的特点，主要是兼顾到满足于两种读法读者的需要。这就是第一，使每章保持相对独立，重视对所讨论问题的物理原理和实验技术做统一的论述。同时作为一本手册，如果通读某一章，当然也能对该章所讨论的主要课题在实验物理学上有所理解。第二，本书是一本作为低温实验指南的实验参考书。为此对问题叙述得尽可能具体，同时举出了一些实例，编入了大量的设计所必要的图表数据等。

(2) 本书结构上特点是大致分成第一篇“低温基础技术”和第二篇“低温物理实验”两部分。在第一篇内系统地编排了低温实验室、制冷剂的性质、气体液化、传热和绝热、制冷剂的贮存和输送、恒温器、温度控制、温度测量、 $^3\text{He}-^4\text{He}$ 混合液恒温器、绝热去磁等所谓低温实验所必要的基础内容的各章。最后，归纳汇总讨论了低温机器所用各种材料的性质和数据。第二篇依据第一篇所给出的知识，论述了热学性质的测量、电学性质的测量、磁学性质的测量、光学性质的测量，重点地阐明了各种低温实验的分析方法和实验技巧。

(3) 第二篇的最后两章是超导电性和超流动性。超导电性与超流动性二者则是低温下最著名的现象。它不仅是属性奇异，而且超导磁体在其他物理学以及工程上应用也是极其重要的。从实验物理学的角度来论述超导电性的书，在日本并不多，所以占用相当多的篇幅来加以讨论。同时，液氮的超流动性可以说是低温实验的精髓，由于有相当多独创性的研究，这里只重点地论述一些重要实验。在强调重点而又仔细地论述了低温研究所经常要涉及的各种问题之后，随着对所谓既是制冷剂又是量子液体的液氮本质理解的深化，将有助于低温实验工作者物理概念的建立和理论水平的提高。

(4) 为了灵活运用本书各章节所插入的各种物性的数据，在本书目录后面编制了“低温实验用各种物性图表一览”。

由上述的内容和结构可见，编、著者们的意图在于希望本书能成为一般低温实验设计与操作所必备的参考书，这一愿望那怕是能部分地得以实现的话，那也是引以为幸的。此外，还期望本书也能引起关心低温物理和低温工程的一般研究人员和学生的浓厚兴趣。

最后我想对从本书的酝酿到出版给予长期协助的共立出版社的佐藤邦久、石川邦彦两氏表示谢意。

责任编辑 田沼静一

目 录

低温实验用各种物性图表一览

第一篇 低温基础技术

第一章 低温实验室

第一节 规划.....	1
一、液化装置的设置	
二、实验室的位置	
三、实验室的布置	
四、高压气体管理规定	
第二节 液化车间.....	2
第三节 实验室和设备.....	3
一、氦气的回收配管	
二、电气、水道	
三、真空泵	
四、电磁铁	
五、支架	
六、屏蔽	
七、其他	

第二章 制冷剂及其性质

第一节 氦.....	7
一、 ^4He	
二、 ^3He	
三、 $^3\text{He}-^4\text{He}$ 混合液	
第二节 氢(重氢、氘).....	13
一、正氢、仲氢	
二、液态氢的性质	
三、液态重氢	
第三节 氖.....	16
次四节 氮.....	16
第五节 氧.....	17
第六节 空气.....	19
文 献.....	19

第三章 气体的液化

第一节 气体的性质.....	23
一、气体的沸点、三相点、蒸气压	
二、液化用图表	
三、气体的粘性和热导率	
四、比热	
五、转化曲线	
第二节 制冷循环.....	31
一、理想液化循环	
二、蒸气压缩串联法	

三、林德循环	
四、克劳特循环	
五、逆斯特林循环	
六、西蒙的单一膨胀法和解吸法	
七、吉福德——麦克马洪循环	
第三节 液化装置的绝热	40
一、高真空(通常在 10^{-3} 毫米汞柱以下)绝热法	
二、多层绝热法	
三、粉末绝热法	
四、发泡剂绝热法	
文 献	43
第四章 传热和绝热	
第一节 固体的热传导	45
一、热传导的计算	
二、各种固体热传导的机构与特征	
三、热导率的近似计算	
第二节 气体分子的传热	49
一、平均自由程短的情况	
二、平均自由程长的情况	
第三节 辐射传热	51
第四节 边界面上的传热——卡皮查热阻	52
第五节 传热的应用——试样的冷却	53
一、通过固体冷却	
二、绝热空间试样的冷却	
三、接触部分的传热	
第六节 防止固体传热——热固定	54
第七节 真空绝热——防止气体分子传热	55
第八节 热屏蔽——防止辐射传热	56
第九节 粉末绝热——超绝热	57
第十节 热开关	58
一、机械式热开关	
二、超导热开关	
三、石墨热开关	
第十一节 防止由振动和电波引起的发热	60
第十二节 真空技术(付)	61
一、真空泵	
二、管路和排气速度	
三、真空度测定	
四、真空检漏、泄漏探测器	
五、真空装置的材料、连接	
文 献	66
第五章 制冷剂的贮存和输送	
第一节 贮存用杜瓦容器	69
一、液氮用杜瓦容器	
二、液氢、液氦用杜瓦容器	
三、热流的计算	

四、液氢的贮存	
五、制冷剂的突然沸腾现象	
六、大型贮槽	
第二节 液面计	73
一、浮力液面计	
二、气柱振动液面计	
三、电阻液面计	
四、电容液面计	
五、静水压液面计	
第三节 输送	76
一、予冷	
二、虹吸管	
三、输送方法	
文 献	79
第六章 低温恒温器的设计与制造	
第一节 低温恒温器概述	80
第二节 制冷剂贮存容器内的实验装置	83
第三节 玻璃杜瓦瓶式低温恒温器	84
第四节 普通金属杜瓦瓶的设计	87
第五节 极细的液氮杜瓦瓶	89
第六节 液态 ⁴ He降至极低温时的低温恒温器	90
第七节 具有窗口的氮杜瓦瓶	92
第八节 测量机械性能的杜瓦瓶	93
第九节 精确测量试样热量的低温恒温器	94
第十节 低温恒温器设计制造中的各种技术	95
一、引线的引出方法及引线的粗细	
二、容器盖的安装、拆卸	
文 献	98
第七章 温度控制	
第一节 低温下的温度控制	99
第二节 液态制冷剂的蒸气压控制——稳压器	99
一、排气回路和手动控制	
二、机械稳压器	
第三节 电加热的控制方法	102
第四节 制冷剂液态沸点以上的温度控制	104
一、利用气体传热的方法	
二、利用固体传热的方法	
三、液态制冷剂的蒸发过程——斯温森法	
第五节 活性炭吸附气体的方法	105
文 献	106
第八章 温度测定	
第一节 绝对温度和国际温标	107
一、绝对温度	
二、国际温标	
三、温度的定点	

四、低温下的国际实用温标	
五、作为二次标准温度的 H_2 、Ne、 N_2 、 O_2 的蒸气压和温度的关系	
第二节 低温温度计的种类与灵敏度	112
第三节 气体温度计	113
一、气体温度计及其校正	
二、气体温度计的灵敏度	
三、气体温度计制作中的注意事项	
四、差压形气体温度计	
五、误差的原因与修正	
第四节 蒸气压温度计	117
第五节 热电偶	119
第六节 电阻温度计	121
一、金属电阻温度计	
二、半导体电阻温度计	
三、碳电阻温度计	
第七节 磁性温度计	124
第八节 其他型式温度计	125
一、半导体二极管	
二、迈斯纳效应及其原子核塞曼能级的利用	
三、杂音温度计	
文 献	126
第九章 ^3He 恒温器和 $^3\text{He}-^4\text{He}$ 恒温器	
第一节 前言	128
第二节 ^3He 恒温器	128
一、恒温器的结构与操作	
二、热的研究	
三、实例	
第三节 利用 $^3\text{He}-^4\text{He}$ 混合热的恒温器	134
一、冷却能力	
二、热交换器	
三、蒸发室	
四、实例与最低温度	
第四节 追记	138
文 献	139
第十章 绝热去磁	
第一节 前言	141
第二节 制冷剂的顺磁性盐	141
一、基本性质	
二、具有代表性的制冷剂	
第三节 绝热和传热	144
一、绝热	
二、传热	
三、传热的动态过程	
第四节 温度测定	157
一、磁温度计	
二、二次温度计	

第五节 实验装置	164
一、一般装置	
二、绝热容器	
三、低温部位的装置	
第六节 核绝热去磁	170
一、绪言	
二、核绝热去磁热的研究	
三、核磁性	
四、各种实验装置和实验结果	
结束语	
文 献	186
第十一章 低温机器的材料	
第一节 结构材料	191
一、金属材料	
二、非金属材料	
第二节 各种材料的低温特性与使用方法	199
一、粘结剂、粘接用材料	
二、绝热材料	
三、传热材料	
四、特殊用途材料	
文 献	211
第二篇 低温物理实验	
第十二章 热学性质的测量	
第一节 比热	216
一、绝热法	
二、其他的比热测量方法	
三、关于比热的讨论	
第二节 热导	224
一、稳态热流法	
二、关于热导的讨论	
文 献	229
第十三章 电学性质的测量	
第一节 金属的电阻	232
第二节 电阻和电压的测量	233
一、改进型惠斯登电桥	
二、电位差计法	
三、反向开关和超导检流计	
四、通过感应电动势测量电阻法	
第三节 引线的选择和连接	239
文 献	240
第十四章 磁学性质的测量	
第一节 交流磁化率	241
一、交流磁化率和静态磁化率	

二、通过互感测量	
三、通过自感测量	
四、实验实例	
第二节 德哈斯——范阿芬效应	248
一、前言	
二、磁场调剂法	
三、扭矩法	
四、磁场角度扫描法	
五、脉冲磁场法	
文 献	260

第十五章 光学性质的测量

第一节 序言	261
第二节 可见、紫外区测量	261
第三节 红外区测量	265
第四节 光学窗口的安装	265
第五节 远红外区测量	266
一、前言	
二、用室温探测器情况下	
三、用低温探测器情况下	
文 献	272

第十六章 超导实验

第一节 引言	275
第二节 超导电性概念	275
一、基本的实验事实	
二、各种临界参量及两类超导体	
三、超导热力学	
四、电磁性质	
五、微观理论	
六、宏观量子化和超导电流的性质	
第三节 实验概要	283
第四节 基本量的测量	284
一、置于磁场下的超导体	
二、热力学临界场 H_c 的测量	
三、转变温度 T_c 的测量	
四、能隙 $\Delta(T)$ 的测量	
第五节 表面能及与其相伴生的现象	298
一、过冷磁场 H_c	
二、 SN 界面的传播速度	
三、中间态的磁化曲线	
四、中间态的分域结构	
第六节 混合态(平衡态)	299
一、临界磁场	
二、能隙	
三、量子磁通线的排列结构	
第七节 尺寸效应	300

第八节	宏观量子化现象的实验	300
一、	磁通量子化	
二、	约瑟夫逊效应	
第九节	超导磁体线材	302
一、	强磁场超导体和第二类超导体	
二、	非理想第二类超导体	
三、	超导线材和线圈的稳定化	
四、	磁通跳跃和绝热稳定性	
五、	动态稳定性	
六、	内禀稳定化线	
七、	液氮冷却稳定化(冷冻稳态稳定化)	
第十节	超导磁体的设计	313
一、	大型磁体	
二、	小型磁体	
三、	中型磁体	
第十一节	超导电性在测量装置上的应用	317
一、	应用原理	
二、	应用实例	
文	献	322
第十七章 超流实验		
第一节	序言	330
第二节	从 $He II$ 的发现到二流体模型	331
一、	初期的实验	
二、	理论的提出和发现	
第三节	探索超流本质的实验	339
一、	二流体模型的实证	
二、	声子、旋子的验证	
三、	涡旋实验	
四、	和超导体的相似性	
第四节	$^3He-^4He$ 混合液的研究	363
一、	液相图的确立——二相分离的检测	
二、	固液相平衡	
三、	稀释制冷的基础实验	
第五节	最新进展	365
一、	元激发谱的结构	
二、	在液氦中的光散射实验	
三、	在 λ 点附近的临界现象	
四、	第一声波的实验	
五、	氦中的载荷粒子	
第六节	附表(液氦热学性质的数据)	370
文	献	373
第十八章 石墨—钾层化合物 C_8K 的超导电性		
第一节	摘要及前言	379
一、	摘要	
二、	前言	
第二节	实验程序	380

第三节	实验结果	380
一、	交流磁化率	
二、	电阻率	
第四节	讨论	385
文	献	389
附记	石墨迭层化合物的费米面、迁移及超导电性	391
文	献	393
第十九章	石墨迭层化合物和钽的二硫化物在强磁场中的电学特性	
第一节	摘要及前言	394
一、	摘要	
二、	前言	
第二节	石墨迭层化合物	395
一、	石墨-钾化合物的费米面	
二、	石墨-钾化合物的电磁效应	
三、	石墨-钾化物的电学性质	
第三节	$1T-Ta$ 的二硫化物	403
一、	霍尔效应	
二、	磁阻效应	
文	献	406
附记 I	$1T-TaS_2$ 的异常磁阻效应	407
文	献	408
附记 II	$1T-TaS_2$ 的霍尔效应	409
文	献	412
第二十章	石墨-钾迭层化合物的电学特性	
第一部分	石墨-钾迭层化合物的电学特性 I—德哈斯-范阿芬效应和费米面	
第一节	摘要及前言	413
一、	摘要	
二、	前言	
第二节	实验程序	414
第三节	实验结果	414
第四节	讨论	415
一、	高阶化合物($N \geq 2$)的费米面	
二、	$C_{4s}K$ 和 $C_{3s}K$ 中电子的传递速度	
三、	C_4K 的费米面	
第五节	结论	419
文	献	429
第二部份	石墨-钾迭层化合物的电学特性 II—电阻率、霍尔效应和磁阻效应	
第一节	摘要及前言	430
一、	摘要	
二、	前言	
第二节	实验程序	433
第三节	实验结果和讨论	434
一、	电阻率	
二、	霍尔系数	
三、	磁阻	
四、	载流密度	
文	献	441

附 录

附表 1	国际实用温标, IPTS-68 定义定点	443
附表 2	A. 液态 ^4He 的饱和蒸气压和温度的关系——1958 年温标	443
	B. 液态 ^3He 的饱和蒸气压和温度的关系——1962 年温标	447
附表 3	$e-\text{H}_2, \text{N}_2, \text{O}_2$ 的饱和蒸气压和温度的关系	452
附表 4	由 $T_{\text{es}}, T_{\text{es}}, T_{\text{e2}}$ 求出的辅助定点	453
附表 5	顺磁性系统的热力学函数	453
索 引	456

低温实验用各种物性图表一览

制 冷 剂 的 性 质

- (1) 主要制冷剂的性质: $\text{O}_2, \text{N}_2, \text{Ne}, \text{He}, ^4\text{He}, ^3\text{He}$ 的沸点、密度、潜热, 三相点和压力、潜热.....表 2-1, 表 3-1, 表 3-2
- (2) 制冷剂($\text{He}, \text{H}_2, \text{N}_2$)的予冷能力.....表 5-1
- (3) 焦耳—汤姆逊效应的转化曲线.....图 3-13, 图 3-14
- (4) 液化气体的温度和饱和蒸气压.....图 3-1, 图 8-9.....
- (5) 液态 ^3He 和 ^4He 的饱和蒸气压.....附表 2A, 附表 2B, 图 9-2... 443, 447
- (6) 液态 $\text{H}_2, \text{Ne}, \text{N}_2, \text{O}_2$ 的蒸气压和温度的实验公式.....表 8-2.....
- (7) 液态 $\text{H}_2, \text{N}_2, \text{O}_2$ 的饱和蒸气压.....附表 3

氢、氮、氧的低温物理性质

- (1) 氢气的导热系数和粘性系数($10-300\text{K}$).....表 2-7
- (2) 热平衡状态下仲氢的组成($20-273\text{K}$).....表 2-4, 图 3-12
- (3) 氢的正氢 \rightarrow 仲氢的变换热.....表 2-5
- (4) 正氢贮存于杜瓦瓶中时的蒸发和仲氢浓度的变化.....图 5-4
- (5) 氮气的比热($1-1000$ 绝压, $0-125^\circ\text{C}$).....图 3-11.....
- (6) 液态、固态氮的比热($15-80\text{K}$).....图 2-19
- (7) 液态氮的密度($63-80\text{K}$).....图 2-18
- (8) 液态氮的导热系数.....图 2-22
- (9) 液态氮的粘性系数.....图 2-21
- (10) 氮气的导热系数和粘性系数.....表 2-8, 图 3-7, 图 3-9
- (11) 氮的温熵图.....图 3-5
- (12) 液态氮的蒸发潜热($60-80\text{K}$).....图 2-20
- (13) 氮—氧系状态图(1 绝压).....图 2-27
- (14) 氧气的导热系数和粘性系数.....表 2-9
- (15) 液态氧的密度.....图 2-23
- (16) 液液氧的比热.....图 2-24
- (17) 液态氧的粘性系数.....图 2-25

(18) 液态氧的磁化率	图 2-26	18
--------------	--------	----

氦(主要指液态氦)的物理性质

(1) 氦气的粘性系数	图 3-6	27
(2) 氦气的导热系数	图 3-8	27
(3) 氦(⁴ He)的第二维里系数	图 8-4	114
(4) 氦的温熵图	图 3-4(a),(b),(c)	25
(5) 氦的比热(6-20K、2-70 绝压)	图 3-10	28
(6) ⁴ He 的 P-T 状态图	图 17-2	331
(7) 液态 ⁴ He P-T 图	图 6-2	81
(8) 液态 ⁴ He 的状态图	图 2-1	8
(9) 液态 ⁴ He 的热力性质: 密度、膨胀系数、比热、熵(0.01-4.4K)	表 17-4	370
(10) 液态氦的密度(1.2-4.2K)	表 2-2, 图 2-2	9
(11) 液态 ⁴ He 的比热(1.3-4.2K)	图 17-5	333
(12) 液态 ⁴ He 的比热(0.25-1.9K)	图 17-52	353
(13) 液态氦的比热	图 2-3	9
(14) 液态氦 λ 点附近的异常比热	图 17-81	368
(15) 液态氦(⁴ He)的粘性系数	图 2-6, 图 17-10	10, 335
(16) 液态氦(⁴ He)的诱电率	图 2-5, 图 17-4	9, 332
(17) 液态氦(⁴ He)的蒸发潜热	图 2-4	9
(18) 液态 ⁴ He 作为废气由低温下排出时的温度和残存液量	图 6-13	90
(19) He II 固有励磁的方差关系	图 17-50, 图 17-75	352, 365
(20) 液态 ⁴ He 的音波吸收	图 17-86	396
(21) 液态 ⁴ He 中第一音波速度和吸收	图 17-36, 图 17-40	347, 348
(22) 液态 ⁴ He 中第二音波速度(1.1-2.2K、0.5-1.1K)	图 17-26, 图 17-34	343, 346
(23) He II 中第一、第二、第四音波的音速和温度的关系	图 17-46	350
(24) ³ He 的状态图	图 2-9	11
(25) ³ He- ⁴ He 混合液的状态图	图 2-14, 图 9-11, 图 17-70	13, 134, 340
(26) 液态 ³ He 热力性质: 密度、膨胀系数、比热、熵(0.01-3.2K)	表 17-5	372
(27) 液态 ³ He 的比容(0.2-1.6K)	表 9-1	130
(28) 液态 ³ He 的比热	图 2-11	12
(29) 液态 ³ He 的粘性系数	图 2-12	12
(30) 液态 ³ He 的磁化率	图 2-13	13
(31) 液态 ³ He 的蒸发潜热	图 2-10	12
(32) 液态 ³ He 和稀 ³ He- ⁴ He 溶液的导热度	图 9-14	136
(33) 相对于 ³ He 气体流动的有效阻力(1-300K)	图 9-4	130

低温材料的性质

(1) 各种纯金属的电阻率和温度的关系(还原为同一比例)	图 13-1	233
(2) 各种材料的电阻(4.2-295K)	表 11-5	270

(3) 各种材料的导热系数(0.1-300K).....表 11-4	205
(4) 各种材料的磁化率(1-4.2K).....表 11-7	209
(5) 绝热材料、导热材料的磁化率.....表 10-4	147
(6) 各种材料的比热(0.1-300K).....表 11-8	210
(7) 各种材料的发射系数.....表 4-5	52
(8) 各种材料的热膨胀(20-250K).....表 11-9	211
(9) 具有代表性的材料及其机械性能.....表 10-3	147
(10)各种塑料的机械性能.....图 11-10, 图 11-11, 图 11-12	198,199
(11)各种塑料的玻璃化温度.....表 11-3	197
(12)金属材料拉力增大和温度的相互关系.....图 11-1	191
(13)软钢和不锈钢物理性质的比较.....图 11-1	191
(14)不锈钢的奥氏体稳定性.....图 11-2	192
(15)黄铜、铜的应力变形曲线和温度的相互关系.....图 11-3, 图 11-4.....	193,194
(16)铝和铝合金的机械性质和温度的相互关系.....图 11-6, 图 11-7	195,196

传 热 、 热 阻

(1) 各种材料的导热系数(0.1-300K).....表 11-4	205
(2) 1K以下各种物质的导热系数.....表 10-2	146
(3) 各种材料的导热系数和温度的相互关系(2-300K).....图 4-3(a), (b)	48
(4) 热的不良导体导热系数的实验公式(<4K).....表 4-7	55
(5) 热开关用超导体的导热系数.....表 4-8	59
(6) 铅的导热系数(正常传导、超导).....图 4-4	48
(7) 石墨的导热系数(4-100K).....图 4-5	49
(8) 绝热用各种粉末的导热系数(减压下).....表 3-8	42
(9) 各种发泡剂的有效导热系数.....表 3-9	42
(10)液态氦和固体间的接触热阻.....表 10-6, 表 17-2.....	154, 354
(11)液态氦表面和铜接触时边界层的热阻(0.03-1K).....图 9-15	136
(12)液态 ^3He 的热阻和 ^3He -铜的边界层的热阻.....表 9-2	137
(13)各种固体之间的接触热阻.....表 4-6, 表 10-5	54,152
(14)细管中通过 He II 时的传热.....图 17-87	373
(15)绝热材料、传热材料的磁化率.....表 10-4	147
(16)各种材料的辐射率.....表 4-5	52

超 导

(1) 强磁场超导体的转移温度和临界磁场.....表 16-3	279
(2) 低温用各种材料、合金的超导转移温度和临界磁场.....表 11-6	208
(3) 实用超导线材的 J_c-H 曲线.....图 16-32.....	306
(4) 热开关用超导体的导热系数.....表 4-8	59
(5) 铝的超导相的比热(0.1-1.0K).....图 16-14	292
(6) 铅的导热系数(正常传导, 超导).....图 4-4	48