

生的指点和提携。举几个例子。熊诗杰于1983年获得南京大学“文革”后的第一个博士学位，1987年就因优异的科研成果破格晋升为教授。冯端先生吸收邢定钰和董锦明教授参加“八五”和“九五”国家攀登计划项目，鼓励理论和实验的结合。2002年邢定钰、盛利教授等的项目“自旋输运和巨磁电阻理论”获得国家自然科学奖二等奖，主要成果都来自几位获奖者在“八五”和“九五”国家攀登计划的研究工作。1999年冯端院士(实验室第一任主任)和闵乃本院士(实验室第二任主任)商定，选拔理论物理出身的邢定钰教授担任固体微结构物理国家重点实验室的第三任主任。20世纪90年代，他们鼓励王炜教授和马余强教授分别开展生物物理和软凝聚态物理的研究。二十多年

过去了，王炜教授和马余强院士都成了各自领域的专家和国内学术领军人物。因而，南京大学凝聚态理论的发展和人才梯队的成长都是与冯端先生的关心和支持分不开的。同时，凝聚态理论已成为固体微结构物理国家重点实验室的一个重要研究方向。南京大学凝聚态理论的学术人才队伍薪火相传，长盛不衰。

冯端先生于2020年12月驾鹤西去，享年98岁。这是南大物理的巨大损失，也是中国物理学界的巨大损失……但先生卓越的学术成就、完成的千百万字巨著和大师风范却始终熠熠生辉于我们的心中，就像永存于太空的“冯端星”一样，指引和开拓着南大物理人的前行之路。

谨以此文缅怀著名物理学家——冯端先生。

冯端与凝聚态物理学*

金国钧[†]

(昆明学院物理科学与技术学院 昆明 650214)

(南京大学物理学院 固体微结构物理国家重点实验室 南京 210093)

(人工微结构科学与技术协同创新中心 南京 210093)

2023-03-01 收到

[†] email: gjin@nju.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20230504

从术业有专攻的角度看，冯端一辈子耕耘于凝聚态物理学的田野里，并取得了丰硕的成果。正如他的学生李齐、闵乃本撰文^[1, 2]描述的那样，冯端是在中华大地上土生土长，依靠自己的努力学习和不断进取，而成就的一位卓越的物理学家，这是非常难能可贵的。本文根据先前的文献资料，拟就冯端在凝聚态物理学领域的学术兴趣、战略眼光、课程创建、著作撰写，和研究方向指引等方面作一个概括性的探讨。限于作者个人的学识和经历，如有不当之处，还请专家学者批评指正。

1 早期科研工作和相关著作概述

冯端的科学生涯开始于20世纪50年代末60年代初对金属中晶体缺陷的研究^[3]。他以当时国

外尚涉足不多的难熔金属为突破口，借鉴国际上刚问世的电子轰击熔炼技术，设计并研制出我国第一台电子束浮区区熔仪，制备出钼、钨、铌单晶体，为我国科学事业作出了重要贡献。

没有电子显微镜等先进设备，冯端因陋就简，创造性地利用光学显微镜发展了浸蚀法的位错观察技术。他带领团队开展深入研究，阐明晶体缺陷在结构相变中的作用，开创了我国晶体缺陷物理新领域，跻身国际前沿，其研究成果在1966年召开的北京国际物理学讨论会上获得一致好评。

冯端认为科学研究不能固步自封，应开拓新的领域。于是，他在1973年提出将南京大学金属物理教研组更名和改建为晶体物理教研组，开展晶体生长、晶体结构与缺陷、晶体物理性能三方面的研究。从1976年开始，他和合作者又以复杂氧化物单晶体为研究对象，采用多种实验手段，

* 国家自然科学基金(批准号: 12074156)资助项目

考察这些晶体中的位错、畴界、包裹体等缺陷的类型及分布，追溯其生长和相变的源由，并探索其可能的物理效应。

此后不久，冯端基于对晶体缺陷理论和实验的深刻理解，开始仔细考察铌酸锂等晶体的铁电畴，与合作者掌握了制备具有周期性畴结构的晶体生长技术，终于在1980年制备了周期为微米量级的聚片多畴铌酸锂晶体，在实验上首次严格验证了诺贝尔奖得主布鲁姆伯根(N. Bloembergen)关于非线性光学的准位相匹配理论，实现了铌酸锂晶体的倍频增强效应，从而在国际上领先开拓了微结构化的非线性光学晶体这一新的研究领域。

与早期的科研工作相配合，在1960年代中期冯端就主持撰写了《金属物理》(冯端、王业宁、丘第荣)上下册^[4]，成为国内这一领域的第一部专著。作者们在绪论中说：“本书的主要内容为研究金属与合金的微观组织结构和化学成分与性能的关系，从电子、原子及各种晶体缺陷的运动和相互作用来说明金属及合金中的各种宏观规律和转变过程”。全书内容分为合金理论、晶体缺陷、原子迁移、相变及力学性质等5篇，分上下册出版，上册包括前3篇，下册包括后2篇。上册是阐述金属及合金的物理原理与基本规律，着重在金属及合金的微观结构，下册则关注于金属及合金的宏观性质，主要在相变和力学性质两方面。

钱临照在书评^[5]中指出，“近年来，国外出版的一些金属物理书籍中对晶体缺陷内容的处理是颇为不足的。”随后说，“冯端等所著的《金属物理》的特点是不仅着重了晶体缺陷这一现象，且集中地、系统地分别点、线、面的缺陷性质加以介绍，这样对初学者来说，逻辑性强、系统性好、学者容易吸收。在位错一章中先描述位错的几何图像，再谈应力场，这样，比某些书把这两个物理概念交错介绍，对初学者比较容易理解。该书的作者们不但有意识地要强调晶体缺陷在金属物理中的地位，并且力图把这个重要概念和模型写得易学易懂，方便读者。”接着又强调，“金属物理这门学科经过几十年的发展，现在已达相当成熟阶段，宜可写成专书。目前，国际上这类书还不多，更谈不上定型，这本书是我国科学工

作者写成的第一册《金属物理》专著，有此成就，极为可喜。”

值得指出，由于缺陷物理学的发展道路比较特殊，不容易看清楚它和凝聚态物理学其他部分的联系。但在20世纪70年代后期，这种情况已经有所改变，特别是缺陷的拓扑理论的建立，可以对缺陷进行拓扑学上的分类。在一种有序介质中可能存在的拓扑学上稳定的缺陷，取决于空间的维数和序参量的分量数，这样各种有序介质中的缺陷性质研究开始成为凝聚态物理学的重要组成部分。

可以理解，冯端早期的科研工作及相关的学术著作是和固体材料的结构组成、缺陷产生、人工调制，及物理性质紧密联系的，但又超出了传统固体物理学的地域，逐步地跨越到当时尚未成为显学的凝聚态物理学的范畴。这些经历为他在20世纪80年代初开始全面地关注当时凝聚态物理学的多方面发展态势，以及系统地构筑凝聚态物理学的理论框架奠定了基础。

2 对凝聚态物理学的纲领性表述

凝聚态物理学的发展经历了一个漫长的过程。实际上，在固体物理学形成时，其已初呈端倪。之后经过约半个世纪，几代科学工作者的努力，随着许多重要实验手段的获得，大量重要物理现象的发现，以及一些重要理论概念的创立，凝聚态物理学可以说才露其真身。Anderson在1984年出版的《凝聚态物理学中的基本概念》一书^[6]可以作为学科开始成熟的一个标志。

1980年以来，冯端在从事具体的科研工作的同时，以浓厚的兴趣关注着凝聚态物理学的发展动向和内在联系，通过深入的考察和思索，开始形成对凝聚态物理学的统一的理论图象。他于1983年在中国科学技术大学所作的报告以及随后于1984年发表在《物理》杂志上的题为“凝聚态物理的回顾与展望”^[7]一文，对凝聚态物理学领域的主要方面作了提纲挈领式的表述。关于这篇立论高远、给人以深刻启迪的综述文章的渊源，冯端在2012年有个补记^[8]加以说明。

《凝聚态物理的回顾与展望》包括8个节，分别为周期结构—破缺的平移对称性、周期结构中波的传播、不同的基态、元激发、缺陷、相变与突变、部分有序体系及无序体系，以及结语。此文比较通俗简洁但不失系统地论述了当时所能知晓的凝聚态物理学的各个重要方面。前两节和第七节涉及固体物理的传统内容及其延伸；第三至第六节展示了凝聚态物理的核心内容；第八节为全文总结。下面对这篇文章就凝聚态物理的核心内容涉及的基态、元激发、缺陷、相变和临界现象四个能量层次作一概要性的阐述。

根据Landau和Anderson的观点，全文强调了破缺对称性这个核心概念。特别指出，能量最低的基态总与某种对称性的自发破缺相联系，与平移对称性破缺相联系的是晶格这一种基态。然而，可能存在各式各样的基态，它们对应于特定的对称性的破缺，例如对应于空间反射对称性破缺的铁电体和反铁电体，对应于时间反演对称性破缺的铁磁体和反铁磁体，以及对应于规范对称性破缺的超流体和超导体。基态的特征可以用序参量来表征。

受到扰动在能量上偏离而略高于基态，系统就出现单粒子激发和集体激发两类元激发，其中集体激发对应于有序结构非局域性的微扰。元激发的出现标志系统恢复原始对称性的倾向。值得注意，元激发决定了许多平衡态附近的物理性质，因而具有实际应用背景。

当能量进一步提升，使得有序结构遭到严重的破坏，以致在某些局部区域内序参量发生突变，从而具有奇异性，这些序参量为奇异性的区域对应于缺陷，可以有点缺陷、线缺陷、面缺陷。有些缺陷和材料的广义刚度被破坏或建立有密切联系，因而缺陷往往是控制材料某些技术性能的关键因素。每一种情况下，广义刚度被破坏是和某一种特定的缺陷(磁畴界、量子涡旋线、位错)的运动相联系在一起。

在更高的能量，材料就进入相变区。相变的形式千变万化，有的涉及结构的改变，有的涉及特定物理性能的跃变，其实两者可能还有相应的

联系。现代相变理论的奠基人是Landau，他强调了对称性的重要作用，并引入序参量来标记破缺的对称性，并由此建立了相变的唯象理论。后来在统计模型的求解和实验的测量上发现，Landau理论在相变发生的临界区失效了。20世纪60年代后期对临界现象进行的大量研究，细致地确定了各种物质系统的物理量的临界指数，并且总结出普适性和标度律。

凝聚态物理尽管丰富多彩，千头万绪，但并不显得支离破碎，杂乱无章。这要归功于一些贯穿始终的基本概念，如上所述的对称性破缺、序参量、元激发等。这些概念主要由Landau提出，而Anderson进行了阐述和发展。正如Bardeen所指出的，这些概念的有效性并不限于凝聚态物理，也能扩充应用于各种差别很大的领域，如核物质、弱和电磁相互作用、基本粒子的夸克结构、以至于天体物理中的某些问题，反映出物质结构在概念上的统一性。

文章还强调，凝聚态物理并不是在原地踏步，停滞不前，随着新领域的开拓，研究的中心也在转移。有如de Gennes所说，研究者的活动也有它自己的时尚、它的稳定性和它的惯性。这就是我们有一天会与社会学家通过新的跨学科的活动去共同探索这些关系。在那儿，有关凝聚态物质的基本思想会占据其应有的地位。

总而言之，自1980年代开始，冯端就认识到凝聚态物理学巨大的发展前景，给予了充分的关注，且致力于新学科体系的建设。通过对前沿文献的阅读和领会，冯端敏锐地意识到，当前凝聚态物理学的发展已经越出原先固体物理学的范式，需要探索和建立新的范式，同时用以对南京大学物理学科的研究方向进行引导。

3 创建凝聚态物理学导论课程

凝聚态物理学是当代物理学中一门最为重要的分支学科。它的成就对于其他相关学科有巨大的推动作用，而且对现代高新技术和物质文明的发展至关重要。凝聚态物理学是随着研究对象的

扩展，实验手段的提高和理论处理的深入，从固体物理学发展而来的。凝聚态物理学从20世纪80年代以来开始成为一门成熟的学科，但与固体物理学相比，凝聚态物理学面对的是更为复杂的多层次的相互作用系统。伴随着从传统固体物理学向凝聚态物理学的转变，科学工作者发现了大量新奇的物理现象，为解释这些现象又提出了许多全新的物理概念，并动用或发展了各种有效的数学工具。初次进入凝聚态物理学领域的年青研究工作者面对浩如烟海的文献资料，往往会感到困惑而一筹莫展。可以看出，由于学科的发展，在传统的固体物理学和科学发展的前沿之间有必要建立一门范围更加广泛，体系更加新颖的凝聚态物理学课程。

凝聚态物理学的迅速发展，使得现有的一些固体物理学教科书，以及基于这些教科书开设的课程，已经和前沿学科严重脱节。正如我们在《凝聚态物理学新论》^[9]中曾经指出的，学过固体物理学，甚至固体理论的研究生要阅读前沿的文献，往往感到困惑，无所适从。问题的根源并不尽在于公式的推导有困难，实验情况不熟悉，而在于对课题的提出，概念的含义茫然不得其解。看来为培养新一代的凝聚态物理学的研究人才，有必要开设一门凝聚态物理学的导论性课程，以利于填补现有教科书与学科前沿之间的鸿沟，以使研究生能够追踪凝聚态物理学的发展，选择有开拓性意义的研究课题。

基于上述设想，冯端于1990年秋季为南京大学凝聚态物理学各专业及相近学科方向的研究生开设“凝聚态物理学导论”作为选修课程；1991

年秋季，笔者为研究生开设“凝聚态物理学新进展”作为选修课程；其后，由于得到南京大学研究生院、物理系和固体微结构物理国家重点实验室的支持，由冯端建议并创建的“凝聚态物理学导论”课程开始列为南京大学物理系相关专业的必修课程^[10]。由于冯端年事已高，又有诸多学术上的事务，故在1992年秋季，笔者协助冯端讲授该课程，并于1993年之后独立承担全部课程。此后，彭茹雯从2001年开始参与教学辅导和部分授课，并从2017年开始主讲大部分课程。目前课程小组由彭茹雯、吴镝、杜军组成。

为物理学科的研究生开设《凝聚态物理学导论》课程是一种进行教学改革、课程更新的尝试。可以说，《凝聚态物理学导论》是一门完全创新的课程。内容紧密联系学科前沿，课程建设的过程也是学科框架构造细化的过程。由于是一门完全新建的课程，没有成熟的教材可以沿用，故困难是巨大的。在1993—2003的10年时间，冯端和笔者，边写讲稿边上课，仔细斟酌、反复推敲、逐步修改，积累了相应的手稿。令人欣喜的结果是《凝聚态物理学》上卷的出版^[11]，成为教育部研究生工作办公室推荐的研究生教学用书，也是普通高等教育“九五”国家级重点教材。

经过多年的努力之后，随着《凝聚态物理学》上卷的出版，教学内容已经比较完善和相对稳定。2005年应南京大学研究生院之要求，我们编制了教学大纲，其主要内容可概述如下：本课程在把握从固体物理学到凝聚态物理学历史发展脉络的基础上，为凝聚态物理学建立了一个逻辑上合理明晰的概念体系，并对学科涵盖的丰富内容进行了全面系统的论述。除导论外，包括四编。第一编为凝聚物质的结构，论述晶态物质的结构对称性和构筑原理，并延伸至晶体之外，涉及到合金、玻璃、液晶和聚合物等，以及非均质物质；第二编关于各种物质结构中波的行为，从论述周期结构中波的传播出发，分别加上准周期性、表面和杂质，以及无序带来的影响，特别强调了不同结构和条件下电子的动力学和输运性质；第三编涉及键、能带及其他，围绕电子结构这一重要主题，分别论述了在不同场合下键和能带途径的有效性，



图1 冯端与作者所著《凝聚态物理学新论》及《凝聚态物理学》上卷中英文版本

以及在处理强关联电子系统时的局限性，也指出了可能的改进方案，进而对纳米结构的电子性质进行了论述；第四编阐述相变和有序相，首先利用唯象的Landau理论，突出对称性破缺这一核心概念，为各种不同的相变类型建立了统一的理论框架，进而分别论述了结构相变、磁有序相变、超流和超导相变，兼顾到宏观和微观的描述，最后考察了更广义的涉及遍历性破缺的相变。

在教学相长的过程中，课程的形式和内容得到不断的充实和深化。认真学过本课程的学生可以对凝聚态物理学的基本概念和前沿发展达到比较完整和深入的理解，从而对其选择研究方向，开展研究工作有指导作用。南京大学物理系的研究生课程《凝聚态物理学导论》于2002年10月经江苏省教育厅和江苏省学位委员会批准为江苏省优秀研究生课程，而现在已列入国务院学位委员会凝聚态物理学学科的研究生必修课^[12]。

由冯端创建的《凝聚态物理学导论》课程受到国内物理学界和相近学科科研工作者的重视。冯端联合笔者先后两次在全国性的凝聚体物理学暑期讲习班(1996年由清华大学和北京大学联合在北京举办，1998年由南京大学在南京举办)上进行过讲授。另外，笔者还曾在国内若干高等院校和研究所对研究生进行过讲授。

在南京大学首创开设的《凝聚态物理学导论》课程和出版的相应教材也引起我国台湾物理学界的浓厚兴趣。他们曾购置了一批2003年出版的中文版《凝聚态物理学》上卷，以给研究生作参考，特别是2005年6—8月，台湾理论科学研究中心在台湾中山大学举办了近代凝聚态物理学暑期课程，采用我们的教材，按照我们的大纲进行教学。

4 撰写凝聚态物理学著作

冯端明确地指出，课程建设的关键环节是要有一本合适的教材。但由于学科内容的无比丰富，涉及的实验手段和理论工具多种多样，故国际上尚少见，国内还没有一本比较适合于研究生使用的教科书。

在1984年的纲领性文献《凝聚态物理学的回

顾与展望》基础上，冯端清晰地认识到，凝聚态物理学已越出固体物理学的概念框架，需要建立新的学科体系。于是，他的相关著作《凝聚态物理学新论》(与金国钧合著)于1992年出版。这本著作具有高度独创性，影响极其广泛，1995年获得了国家教委优秀教材一等奖，1996年获得国家科技进步二等奖。然而值得指出，此书还不足以体现凝聚态物理学的完整面貌，还不是冯端心目中的合适教材，所以我们还在努力前行。

冯端十分推崇^[13]Anderson的专著《凝聚态物理学的基本概念》(*Basic Notions of Condensed Matter Physics*, 1984)，因为书中对凝聚态物理学的许多基本概念做了精辟的分析。在写作课程教材的过程中，我们从这本富有创见的书中得到许多启示。但这本书是为行家里手而写，许多地方点到为止，对于初学的研究生则显得有些高不可攀。我们的工作在于澄清固体物理学与凝聚态物理学在概念体系上的共同之点和差异之处，并对它们作清晰的表述，使得这些基本概念具体化，再用实例阐述，放到合适的上下文之间。我们面对着极其艰巨的工作：根据物质结构统一性的概念线索来建立循序渐进的理论框架，再将从篇幅浩瀚的资料中提炼出来的内容充实其中，组织成为具有系统性和可读性的文本。

1993年，冯端和笔者商定了一个写作大纲，包括8编，约40章。在后来的写作实施过程中，8编的大框架一直贯穿始终，而章节则根据学科的实际发展有所调整。原因在于我们进行写作的时期，凝聚态物理学又经历了多方面重要的进展。在笔耕不辍的过程中，我们有幸进入如此广阔而变化的大千世界，面对绚丽多彩令人目不暇接的众多事物，虽抑制不住内心的喜悦，但依然潜心而行，矢志于解读和梳理重要的实验和理论发现，用以构筑凝聚态物理学的宏伟大厦。

实际上，我们自课程肇始，一直在准备英文书稿。在1998年以后我们提供了部分英文稿印制的讲义，供上课使用。2002年前后，我们加大了工作力度，终于在2003年下半年由高等教育出版社出版了78万字的中文版教材《凝聚态物理学》上卷。高等教育出版社高度重视这本教材的出版，

在南京大学举办了首发式。我们又于2004年3月向新加坡 World Scientific 出版公司提交了英文稿，英文版教材 *Introduction to Condensed Matter Physics I*^[14] 于2005年7月出版。这在国际上也是具有高度独创性的一本著作。

接着，又经过10年的努力，于冯端已届90高龄的2013年90万字的中文版《凝聚态物理学》下卷出版了。冯端和笔者前后历时20年，方始完成8编38章的《凝聚态物理学》，其中甘苦，自不待赘言。我们在杀青时的感受，正如在后记中引用的英国后 Victoria 时代诗人 A. C. Swinburne 的诗句“即使是最疲惫的河流，蜿蜒曲折，终于安然入海”。

纵观《凝聚态物理学》上下卷^[15]，全书将凝聚态物理学丰富的内容组织成为8编，各编分别论述凝聚态物理学的某一侧面，融贯汇总起来才能够凸现整体的面貌。第一编到第三编乃是全方位地将传统的固体物理学进行开拓延伸，从而使其面目焕然一新，构成了凝聚态物理学的重要组成部分。在第一编中，从晶体出发，走向晶体之外；从硬物质出发，延伸到软物质。第二编中，一方面用新内容充实波在周期结构中传播这一传统固体物理学的主题，然后再延伸到周期结构之外，论述定域态及定域化等新问题。第三编则紧扣物质电子结构这一主题，在横向将键与能带对照起来探讨，而在纵向则关注电子关联性的增强，从单电子近似逐步逼近关联电子态这一凝聚态物

理学尚未彻底解决的核心问题。第四编到第七编的主题为破缺对称性与有序化。第四编中，根据 Landau 相变理论框架来理解不同类型的相变，涉及晶体、准晶、液晶、铁电体、磁有序相及超流体与超导体，再用遍历破缺来补充对称破缺，涵盖了另外一些相变。在第五编中，则越出平均场理论的框架来处理临界现象和相关问题。第六编和第七编则分别论述激发态问题，显示了对称破缺相中存在恢复失去的对称性的倾向，从而影响到一些物理性质，论述分为元激发和拓扑缺陷两个层次来进行。第八编讨论了非平衡态的众多现象，与物理动理学和非线性科学交叉，终而引导读者面向复杂性这一具有挑战性的科学领域。

作为一本独创性的著作，主要代表两位作者的观点，难免有失之偏颇和存在局限性之缺憾。正如有关书评，既对作者的工作成果表示了赞赏，也客观地提出了中肯的批评意见，如“如果篇幅能允许的话，再适当地加大一些对‘表面/边缘和界面态’、‘自旋—轨道耦合’、‘拓扑绝缘体和超导体’等物理的强度，也许将会引起读者的更大关注”^[16]，又如“凝聚态物理仍在发展之中，人们对它的认识必然有对有错。许多问题未解决，不少理论不成熟，存在不同看法，写进书本的内容不都是定论。本书在提出自己一整套见解的同时，也提供了丰富的可以讨论的话题，让我们去思考去争论。最后提一句，如果再版时能加上索引，则会更加方便阅读”^[17]。

事实上，注意到最近十多年来拓扑量子态研究在凝聚态物理学领域的蓬勃发展^[18]，而《凝聚态物理学》上下卷中仅有一小节对量子自旋 Hall 效应和拓扑绝缘体进行了很有限的介绍。应当说明的是，这种不足既受限于早先定下的写作大纲，也顾及到全书的篇幅。

5 对物理学研究方向的指引

冯端的研究工作跨越了凝聚态物理学和材料科学两大领域，特别关注于功能材料的人工微结构化这一有重大科学与技术意义的问题。在把握对凝聚态物理学整体框架认识的基础上，结合南



图2 冯端在《凝聚态物理学》首发式上发言(2003年9月15日)

京大学物理学科的发展,冯端认为,要跻身世界科技领域的先进行列,必须实现新的更大的飞跃,既要深化一些有优势的传统领域,还需要追求新的目标。他把新目标放在凝聚态物理学与材料科学的汇合处,从研究微结构,并朝向人工控制微结构,从而获得性能优异的新型材料这个发展方向。

冯端提出的1980年代研究工作的主攻方向为,从原子、分子水平上研究不同层次、不同类型固体微结构的组态、分布、相互作用,以及形成与转变规律,阐明微结构对各种物理性能的影响,在此基础上进行材料的分子与微结构设计,并通过各种现代化工艺手段,人工制备具有预定微结构和优异性能的新型材料。

上述构想得到我国有关部门的重视,于1984年建成了南京大学固体微结构物理国家重点实验室。它是我国第一批国家重点实验室和第一批对国内外开放的实验室。经过长期坚持不断的努力,在冯端提出的“边建设、边研究、边开放”方针的指导下,这个重点实验室涌现出大量高水平的研究成果。举例来说,在冯端的倡导下,组织力量开展了金属超晶格的实验和理论研究,特别是在多组元准周期金属超晶格中取得了具有独创性的成果。随后,冯端作为首席科学家领导了有关纳米结构的金属磁性的研究工作,以及在纳米结构半导体的光学性质方面的研究工作,也取得不少独创性成果。

在推进学科发展的过程中,冯端培养了许多优秀的物理学家。冯端在学术上关心年轻人,为他们创造发展的机会,指导他们的研究工作,使一大批中青年科学人才脱颖而出,建立了强有力的学术梯队。他主持的“凝聚态物理学高层次人才培养——研究与实践”获得1997年国家级教学成果一等奖。

作为培养人才的一个重要途径,冯端一贯重视教材建设。除了上面介绍的直接冠名凝聚态物理学的著作外,首先有20世纪60年代的《金属物理》上下册;1980年代中期之后,他又根据学科的发展,主持全面改写此书成《金属物理学》四卷本^[19]。这套书自立体系,取材新颖,密切沟通凝聚态物理学和材料科学。由于以基本物理问题

为主要线索,将材料的具体行为作为实例贯穿其中,使其适用性超出了传统金属物理学的范围,成为这一领域中在国际上独具特色的一部专著,受到广大物理学工作者的普遍欢迎。在世纪之交,冯端深感国内外缺乏一本能将材料科学融贯成为一体的学术著作,他又主持撰写(与师昌绪和刘治国共同担任主编)了《材料科学导论》一书^[20],建立了材料科学的新体系,令人耳目一新。

回顾冯端的科学人生可以发现,他一辈子从事凝聚态物理学领域的研究、教学和著述,基于孜孜不倦的学习精神和高度的学术敏感性,把三者很好地结合在一起,促进了南京大学乃至国内凝聚态物理学科的蓬勃发展。可以说,为祖国的科学和教育事业,冯端倾其一生,作出了一位科教工作者的杰出贡献。

参考文献

- [1] 李齐. 物理, 1992, 21: 237
- [2] 闵乃本. 物理, 2003, 32: 622
- [3] 朱劲松. 物理, 2015, 44: 598
- [4] 冯端, 王业宁, 丘第荣. 金属物理上册(1964年), 下册(1975年). 北京: 科学出版社
- [5] 钱临照. 金属学报, 1965, 8: 279
- [6] Anderson P. W. Basic Notions of Condensed Matter Physics. Menlo Park: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1984
- [7] 冯端. 物理, 1984, 13: 193
- [8] 岁月留痕:《物理》四十年集萃. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2012
- [9] 冯端, 金国钧. 凝聚态物理学新论. 上海: 上海科学技术出版社, 1992
- [10] 金国钧. 大学物理, 1995, 14: 38
- [11] 冯端, 金国钧. 凝聚态物理学(上卷). 北京: 高等教育出版社, 2003
- [12] 国务院学位委员会第七届学科评议组. 学术学位研究生核心课程指南(试行). 北京: 高等教育出版社, 2020
- [13] 冯端. 物理, 1987, 16: 410
- [14] Feng D, Jin G. Introduction to Condensed Matter Physics. Singapore: World Scientific, 2005
- [15] 冯端, 金国钧. 凝聚态物理学(上、下卷). 北京: 高等教育出版社, 2013
- [16] 陶瑞宝. 大学物理, 2015, 34: 1
- [17] 孙鑫. 物理, 2015, 44: 199
- [18] 金国钧. 物理学进展, 2019, 39: 187
- [19] 冯端等. 金属物理学(卷1-4). 北京: 科学出版社, 1987-1998
- [20] 冯端, 师昌绪, 刘治国. 材料科学导论. 北京: 化学工业出版社, 2002