

# 热血拓荒路 低温物理情

## ——追忆恩师洪朝生先生

李来风<sup>†</sup>

(中国科学院理化技术研究所 北京 100190)



洪朝生(1920—2018), 物理学家, 福建闽侯人。中国低温物理、超导和低温工程研究的开拓者和奠基人之一。中国科学院学部委员(院士)。

### 人物简历

洪朝生 1920 年 10 月 10 日出生于北京。1927—1936 年分别在北京育英学校和汇文中学学习; 1936—1940 年在清华大学电机系学习, 获工学学士学位, 1940 年毕业后留校任教, 就职于西南联大机电系助教。1943 年考取第 6 届庚款留美公费生, 1944 年考取第 8 届庚款留英公费生, 最后选择赴美留学。1945 年入美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, 简称 MIT)物理系深造, 1948 年获科学博士学位。1948—1950 年任普渡大学(Purdue University)物理系博士后研究员, 从事半导体低温性能研究。留学期间, 1949 年参与组建留美中国科技者协会, 当选为理事并负责组织工作。1950 年赴荷兰莱顿大学(Leiden University)低温实验室工作, 任研究助理。1951 年 11 月取道地中海经香港回国, 接受钱三强建议在中科院应用物理所开创低温物理研究, 先后任副研究员、研究员、低温室主任, 1952 年兼任清华大学物理系、北京大学物理系教授。1958 年兼任中国科学

技术大学教授并创建低温物理专业。1956 年参加制定“全国十二年科技发展远景规划”。1964 年当选为第 3 届全国人民代表大会代表。“文化大革命”期间受到冲击。1972 年参与筹建中国国防科委低温与超导研究所。1974 年筹办第 1 届全国超导学术会议; 1978—1998 年当选第 5、6、7、8 届全国政协委员。1978 年起先后任中科院物理所副所长、中科院低温技术实验中心主任。曾兼任中国物理学会副理事长(1978—1987), 中国制冷学会副理事长(1982—1998), 国际低温工程委员会(International Cryogenic Engineering Committee, 简称 ICEC)副主席(1980—1992)。1980 年选聘为中国科学院学部委员(院士); 1983 年任“六五”科技攻关项目超导技术攻关组组长。1978 年获全国科学大会奖; 1990 年获首届胡刚复实验物理奖; 2000 年获得国际低温工程领域最高奖——门德尔松奖(Mendelssohn Award); 2011 年获得美国低温工程学会(Cryogenic Engineering Conference)颁发的柯林斯奖(Samuel C. Collins Award), 这也是该奖项首次颁给外国人。

### 学术生涯

洪朝生的父亲洪光昆早年为同盟会会员, 曾留学比利时、法国 8 年, 研习道路工程, 回国后从事铁路技术工作, 曾任陇海铁路西宝段工程局长兼总工程师。闲暇时间翻译了大仲马名著《地亚小传》(后人译为《蒙梭罗夫人》), 母亲高君远为近代著名出版家高梦旦之女。洪朝生有两个姐姐, 幼时姐弟仨跟随家庭教师学习小学课程和现代文化知识。小学和初中在北京育英学校完成学业, 萌发了对天文学的兴趣。高中时代在汇文

2018-08-20 收到

<sup>†</sup> email: lli@mail.lpc.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20180902

中学张佩珊等名师引导下，对物理学产生了浓厚兴趣，想通过学习物理来了解宇宙的奥秘。洪朝生16岁考入清华大学，当时他执意要上物理系，但做工程师的父亲坚持要他学习工科，原因是他父亲认为工科才是对中国有用的，若学物理就不给他提供经济支持，无奈洪朝生选择了和物理比较接近的电机系。是探索自然奥秘亦或是做直接有用的事，困扰了洪朝生的一生。

洪朝生在大学期间因对物理学的热爱，常去听物理系课程。1940年在西南联大电机系毕业，获工学学士学位。1941年任西南联大电机系助教。1943年考取第6届庚款留美公费生，次年他又考取了庚款留英公费生物理专业。后在任之恭、范绪筠指导下进行留学预备期学习。一个学工科的学生能够先后考取留英和留美的物理专业公费生，这在当时是很让人羡慕的。

经过慎重考虑，洪朝生接受了范绪筠老师的建议选择了留学美国。1945年赴美入麻省理工学院物理系师从W. B. Nottingham教授学习物理电子学。在美国读博士，首先需经过一年的基础课学习，通过考试后才能选择导师和研究



1948年，洪朝生在美国麻省理工学院实验室

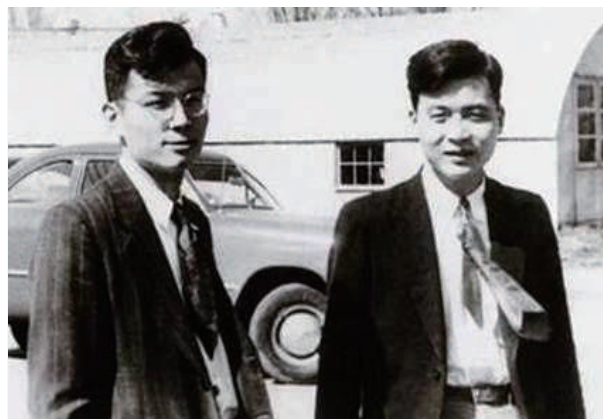
方向。考试成绩下来，洪朝生考了第一名，W. B. Nottingham教授异常高兴，有意把他招到自己门下，而且在他的研究组里说：我们马上要来一个大英雄了。但洪朝生那时对理论物理感兴趣，特别想找一位理论物理的导师，后来在任之恭的建议下，还是同意做了W. B. Nottingham

教授的研究生，从事氧化物阴极热电子发射方面的研究。这方面的工作在当时对军事领域很重要，课题得到美国海军、空军等部门联合资助。洪朝生对在加速场和减速场作用下氧化物阴极的热离子发射作了深入研究，论文研究工作得到导师的欣赏，推荐他到美国物理学会年会上作了受邀报告。其毕业论文“Thermionic Emission from Oxide Cathodes: Retarding and Accelerating Fields”1950年发表在*J. Applied Physics*上。Nottingham教授依据洪朝生的博士论文工作撰写了专著*Thermionic Emission*，并在1956年出版后特意寄给已经回国的洪朝生，信中表达了对他的谢意。以前在国内洪朝生喜欢理论物理，不太擅长实验物理，但在麻省理工学院读博士期间，洪朝生逐渐发现自己喜欢动手做实验，他搭建的实验台美观、适用，所得数据准确，深得导师和同行的赞许。正是在攻读博士期间，洪朝生与当时在哈佛大学攻读建筑专业的李滢相识相爱，收获了爱情。

1948年获得博士学位后，洪朝生联系到普渡大学做博士后。那时固体物理研究正在兴起，半导体是热门，而且普渡的半导体物理研究很有特色，是当时美国主要的研究组之一，由K. L. Horovitz教授领导，有二十多人。1940年代，普渡大学物理系积极投入半导体研究，对半导体的基础物理特征非常重视，因此他们组成研究团队，逐步发展技术生长高质量锗单晶，定量地控制杂质的种类和数量，并且深入探究这些掺杂半导体的光学性质和低温电性。那时普渡大学取得的领先成果，更让贝尔实验室(Bell Laboratory)的J. Bardeen, W. H. Brattain和W. B. Shockley等人利用种种手段旁敲侧击打探信息，“寝食难安”了好几年。贝尔实验室制作的第一个晶体管使用的是普渡大学提供的高质量锗样品。那一时期洪朝生参与了该项半导体低温电性的研究。刚开始他与普渡从荷兰莱顿大学聘来的低温技术专家共同搭建低温物性测试装置，一起操作新买来的氦液化器，经常躺在地上拆修机器。经过半年的时间，掌握熟悉了低温实验技术，接下来对各个实验室

提供的半导体材料进行低温电导和霍尔系数测试，发现锗单晶样品低温下表现出电导和霍尔效应反常现象。起初洪朝生对这些测试结果并没有太在意，但后来发生的两件事促使他在这个领域开始深入研究。一是他当时经常去范绪筠家做客，范绪筠当时在普渡大学做客座教授，谈论中范绪筠提醒他要深入探究；二是他去参加第1届国际低温物理大会并作了报告，其中一位参会者问道这个反常现象是不是与材料纯度有关。洪朝生会后对实验结果进行了整理，发现在低温下半导体锗单晶电导与霍尔效应的反常行为，但是当时无法给出理论解释。在半导体组的例行双周汇报会上，“神秘”字样屡次出现在大家口中，而洪朝生预定要离开美国的时间却迫近了。1950年，即将结束普渡大学工作准备去欧洲留学的前两个星期，洪朝生又收到一批经过中子辐照过的样品，主要目的是确定其中嬗变产生的镓、砷杂质含量。他并没有因为新的工作行程而懈怠，而是加班加点进行测试。恰恰是这一批样品的测试结果，弥补了之前数据上的缺陷，使得电阻变化与杂质含量之间的规律一下子清晰起来。洪朝生提出禁带杂质能级导电唯象模型，与普渡的理论物理人员讨论，认为这个解释是合理的，然后他写了两篇论文投到 *Physics Review*，一篇是关于锗单晶低温电导和霍尔效应反常现象的实验结果，一篇是关于这些反常现象的理论解释，两篇论文在同一期以 Letter 的方式刊出。随后他又进行详细分析，撰写了11页篇幅的论文，由于审稿人肖克莱(W.B. Shockley)一直拖延审稿，这篇论文直到1954年才在 *Physics Review* 刊登。

这些论文在之后的数十年间被固体物理学界大量引用。该发现被黄昆称为“洪氏能级”。洪朝生的工作是后来通向非晶态物理研究新领域的开端，理论物理学界把他的结果作为非晶态固体中电子输运机制研究第一个类型来解决，并建立了新的理论概念。当时在普渡大学，接替洪朝生继续从事这项工作的是他指导的学生 H. Fritzsche，后来曾担任美国芝加哥大学(University of Chicago)物理系主任，1989 获 Oliver E. Buckley



1950年，洪朝生(左)与邓稼先在普渡大学低温实验室简易房前

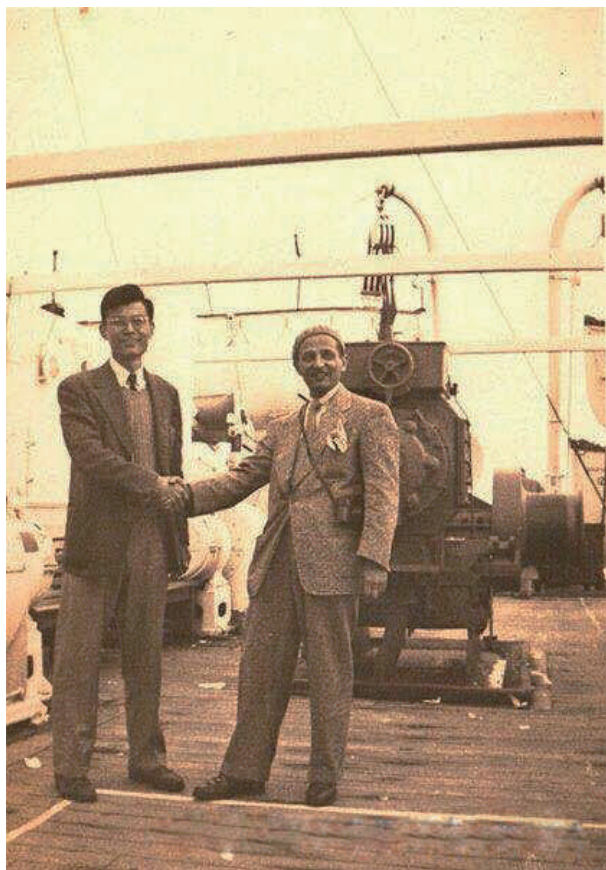
Condensed Matter 奖(美国凝聚态物理领域最高奖)。Fritzsche 的主要贡献之一是，与莫特(N.F. Mott)共同建立非晶半导体的 Mott—CFO 能带模型(CFO 是三个人名字的缩写，其中的 F 是 Fritzsche)。而“洪氏能级”可以被认为是上述模型(包括莫特的变程跳跃导电理论)建立的出发点。2010年9月17日，Fritzsche 写来一封信，这封信非常感人，信中称洪朝生永远是他的老师，并详细描述了洪朝生回国后他如何寻找老师的经历。他的信念是一定要找到洪朝生，一定要当面表达对老师的感谢。1980年 Fritzsche 受中科院上海硅酸盐所、南京大学等单位邀请来华访问讲学，每到一处都询问洪朝生在哪里，可每次得到的答案都是“不知道”，他很失望，最后到了北京终于打听到并高兴地见到了洪朝生，实现了当面感谢老师当年把他带到这个重要研究领域的愿望。

1950年洪朝生发现并提出半导体杂质能级导电理论后，固体物理领域没有特别重视，洪朝生前往英国会见莫特。莫特当时是英国利物浦大学(The University of Liverpool)教授，也是国际上固体物理的领军人物。洪朝生向他介绍自己的工作，但莫特当时对位错感兴趣，很热情地希望洪朝生和他一起做位错理论。后来据黄昆讲，莫特的个性在于在某段时间对什么感兴趣便全力投入，其他内容就放下了。到了1956年，莫特才开始对洪先生的工作有兴趣，加上1958年安德森(P. W. Anderson)局域概念的适时提出(安德森研究局域化理论的第一个实验对象就是洪朝生的这个

结果), 实验与理论的交会, 终于导致了60年代的变程跳跃导电理论的完成。1977年莫特和安德森都因对无序系统的研究获得诺贝尔物理学奖。

洪先生晚年写的回忆性质的碎片文字里, 有一页写道: “虽然正文的发表一时受到莫特的忽视和肖克莱的抵制未能刊出, 我到Leiden后似应向Gorter(莱顿大学卡末林·昂纳斯实验室主任)提出愿意对此作一个科研报告但我没提。在Leiden还有一个理论研究所, 我获得许可利用它的科学期刊查询, 我尽量利用了, 却忽略了那里的一位讲师Koringa(他后来去了普渡), 以至Lark-Horowitz(普渡大学)惊呼: 你怎么不和他讨论你的成果! 我做了好的工作, 但未学到科学界的潜规则。”

1956年底以严济慈为团长的代表团赴苏联考察半导体技术, 代表团成员有王守武、洪朝生、成众志、吴锡九等, 历时2个多月。参观了多所大学和研究机构之后, 苏方提出想听听中方的研



1956年洪朝生访问莫斯科

究工作, 严济慈推荐洪朝生做报告, 洪朝生就把他的杂质能级导电工作做了介绍。当时莫斯科苏联科学院物理问题研究所的朗道(L.D. Landau, 1962年诺贝尔物理学奖得主)和卡皮查(P.L. Kapitza, 1978年诺贝尔物理学奖得主)听完洪朝生的报告, 感到很震惊, 认为不同凡响, 对他大加赞赏。朗道以前就了解这个工作, 没想到今天见到洪朝生本人。随后在朗道的推荐下, 莫斯科其他研究所和大学纷纷邀请洪朝生去做报告, 让本来看不起中国半导体研究工作的苏联人对中国肃然起敬。多年之后洪朝生的学生张殿琳院士问起他如果当年不回国而是选择在国外继续这方面的研究, 诺贝尔奖会不会颁给他时, 洪朝生沉思一会儿, 摇了摇头说“没有如果”。他从未动摇和后悔回国的决定。

低温物理研究离不开低温条件。当时荷兰莱顿大学是国际顶尖的低温研究机构, 其低温实验室是以卡末林·昂纳斯(K. K. Onnes)名字命名。昂纳斯最先实现He液化, 也是超导的发现者。1950—1951年洪朝生在这个实验室工作, 深入地学习了获得低温的技术, 同时在低温物理方面, 取得了一项很重要的突破, 即在1951年, 他与P. Winkel合作, 在超流He II中观察到临界速度的存在(由于Gorter—Mellink互摩擦耗散的出现)。当时P. Winkel是莱顿大学在读研究生, 对实验结果分析不够透彻, 是洪朝生发现有个临界值(论文发在LT-2上, 当时LT这样的会议没有Post论文, 参会者严格限制, 每个单位只有一个名额)。

在昂纳斯实验室的实验工作, 激发了洪朝生对低温的热爱。他写信与钱三强联系, 钱三强热情邀请洪朝生回国开创低温事业, 于是洪朝生在1951年赴英国参加完第2届国际低温物理会议后, 取道地中海经香港回国, 并接受钱三强、彭桓武、陆学善等建议, 在中科院应用物理所开创低温科学研究, 同时希望不放弃半导体方面的研究。1952年洪朝生受聘为清华大学、北京大学物理系教授, 在北大与黄昆、王守武、汤定元合作开设“半导体物理学”课程, 但主要精力还是在

中科院应用物理所开展半导体物理和低温物理两个领域的研究工作，任低温物理室和半导体材料组两个部门负责人。在半导体材料研究方面生长出的锗单晶达到了器件制造的要求后，1957年洪朝生不再担任半导体材料组负责人，由林兰英接任。1960年以应用物理所半导体室为基础，成立了中科院半导体研究所，独立出去。洪朝生的主要精力转向低温物理和低温技术领域。

新中国成立初期，钱三强和彭桓武从发展的战略目标考虑，提出应在中国开展低温基础研究的建议。从事低温物理研究，必须先要有低温条件，当时中国低温工程事业完全是空白，需要从头开始。在钱三强、彭桓武等人的推动下，中科院决定在应用物理所(即现在的物理所)建立低温物理实验室，并拨款旧币10亿元(相当于新人民币10万元)，交付洪朝生筹划。

1953年起，洪朝生带领青年技术人员(朱元贞等)设计和研制氢、氦液化系统，在国内首先实现了氢液化(1956年，液空预冷，6升/小时)和氦液化(1959年，液氢预冷，5升/小时)。氢、氦液化系统获得1978年全国科学大会奖。其中氦液化技术，为后来在大连化工厂建立(通过液氢精馏)重水制备设备打下了基础，为我国航天事业以及“两弹一星”工程提供了重要的支撑条件。

鉴于1959年研制成功的液氢预冷—氦液化技术安全性较差，洪朝生领导的项目组开始研制活塞式膨胀机预冷的氦液化器。然而，研究人员在加工精度方面遇到了困难。1962年，周远(2003年当选中科院院士，曾任中科院低温技术实验中心主任)刚从清华大学毕业分配到半导体所，所里派他到物理所学习低温技术，以实习员身份参与研制工作。他大胆提出长活塞改进方案，但项目组其他人员未予采纳。洪朝生慧眼识才，鼓励周远做下去。在洪先生的支持下，周远等人对膨胀机结构做了根本性改进，采用室温密封长活塞结构，巧妙地绕过了对加工精度的要求。在洪朝生团队(柴之芬、王昕元、朱元贞、蔡根鑫等)的努力下，1964年12月新型的活塞式膨胀机预冷的氦液化器研制成功，其结构与当时国际先进的Col-



1950年，洪朝生在荷兰莱顿大学做实验的地方

lins 氦液化器不谋而合。很快，这项新技术在国内得到推广，大大促进了中国低温和超导研究的发展。1989年中国物理学会首届胡刚复物理奖由洪朝生和周远共同分享。

有了低温条件，接下来就该考虑如何开展低温科学研究。在低温科学领域，洪朝生做了长远规划：一是抓紧培养低温人才；二是开展低温物理基础研究；三是将低温技术推向应用。

1958年中国科学院创建中国科学技术大学，在物理系中，洪朝生开创了低温物理专业，这是中国第一个低温物理专业。1961年下半年，首届低温物理专业的学生要上专业课，做专业实验。在洪朝生的组织下，物理所低温研究室动员了很大力量，备课并准备专业实验设施。当时开设专业课的教师有：洪朝生、管惟炎、朱元贞、王桂琴、曾泽培、张祖绅等。洪朝生也开始招收研究生。鉴于教材稀缺，洪朝生组织同事们翻译了怀特(G. K. White)的专著《低温物理实验技术》(科学出版社，1962年第一版)。随同中国科技大学首届低温专业学习的还有北京大学物理系送来代培的几位教师(阎守胜、戴远东、罗小兰等)，他们后来在创建北京大学低温物理专业中起了重要作用。这些毕业的学生(包括研究生)在20世纪80年代后成为中国低温与超导的中坚力量。如超导专家赵忠贤、张裕恒、尹道乐、曹烈兆、杨乾声、崔长庚、张其瑞、李焕杏等；低温物理专家张殿琳、陈兆甲、舒泉声、毛玉柱等。80年代，中国科技迎来了整体发展的繁荣期，有关机构决

定组织出版实验物理学丛书，钱临照任丛书主编，洪朝生是副主编之一。《低温物理实验的原理与方法》(科学出版社，1985年第一版)被列入出版计划，并责成北京大学物理系阎守胜和陆果两位老师撰写。洪朝生从全书的提纲，到材料的选取(为了反映国内外最新的实验水平，他提出要通过阅读原始文献获取材料，不能从已有的专著简单拷贝)；从绘图的标准，到新进展的补充，洪朝生与作者间的每一轮研讨都要持续数小时，充分体现了他严谨的治学风范。多年来《低温物理实验的原理与方法》一书受到了专家学者的一致好评。已经出版的早已售罄，现在有些大学为了满足教学的需要，采用“复印”的办法，为学生提供这本珍贵的教材。阎守胜至今还保留着洪朝生当年为此书修改写的几十张标记纸条。

洪朝生最早提出开展极低温科学、超导和超流氦方面的研究。1959年他设立了两个攻关项目：(1)获得超导转变温度在80 K以上的超导体；(2)液体氦的超流动现象的研究及其应用的发展。这两个题目以今天的视角看，都是极具战略眼光的规划。在极低温方面，1965年物理所低温物理室采用绝热去磁方法获得10 mK的温度，成为中国向极低温研究迈进的开端；在超导方面，物理所低温物理室进行了一些超导薄膜方面的研究，探索超导计算机元件的可行性，并在国内发起硬超导材料的科技攻关。然而1967年至1969年洪先生受到冲击，“靠边站”了。直到1969年底物



1996年，李来风(后排左三)博士论文答辩时与导师洪朝生(前排右一)等老师们的合影

理所承担国防任务的赵忠贤以技术需要为由，向当时物理所的军代表提出让洪朝生参加到国防任务中来。后经领导研究同意并指示“要限制使用”。这样洪先生得以成为国防任务组一名成员，他的境遇才得到改善。那段时间他非常兴奋，积极性高，可以一边做国防任务，一边筹划如何发展超导研究工作。到1974年国内超导研究具备了相当的水准和规模，洪朝生适时参与发起召开第1届全国超导学术交流会。他对那次会议相当满意，国内各单位的参会者都毫无保留地将自己的研究成果拿出来真诚交流。1980年，洪朝生应邀出席在意大利热那亚召开的第8届国际低温工程大会。由于中国在国际低温领域封闭多年，国外很想了解中国的情况，洪朝生作了题为“Cryogenics in China Today”的大会特邀报告，大篇幅介绍中国在超导方面取得的成绩，令国外同行很震惊。在这次会上，洪朝生当选为国际低温工程委员会委员、副主席，也是在这一年，洪朝生选聘为中科院数学学部学部委员(院士)。1982年洪朝生再次呼吁国内开展超导科技攻关，1983年得到中科院批准正式列入“六五”科技攻关项目，学部主任钱三强任命洪朝生为攻关组组长，攻关单位有9个研究所和中国科大，计130多人参加。由中科院低温中心为依托单位，物理所赵忠贤提出的探索高温超导也列入研究内容，这个项目取得了非常好的结果，培养了大量超导人才，为1986年高温超导发现，中国能及时介入高温超导研究前列起到重要作用。在1985年项目结题时中科院的评价是：我院的工作是在国内超导研究处于应用前景不明确、举旗不定的情况下开展起来的，并自始至终坚持到底做出了这样好的成绩，这种科研作风是值得倡导的，他们在攻关中取得的经验值得大家学习借鉴。

1992年国内召开的一次高温超导国际会议上，甘子钊介绍中国超导研究进展的报告中，向参会人员提到洪朝生是中国超导事业的创始人。洪先生是一位非常严谨、低调的学者，很少提及自己的工作成绩，1982年在中国物理学会成立50周年年会上，赵忠贤根据大会主席的安排，作了

“我国低温物理三十年”的报告。对此，谢希德评说：过去只了解洪先生在半导体方面的贡献，赵忠贤的报告，使我了解到洪先生为中国的低温事业作出的巨大贡献。

一直以来，洪朝生在低温技术应用方面投入了很大精力。除了向国内相关单位、气体工业提供低温技术条件外，对60年代的国防军工领域发展也倾力支持。航天飞行器和人造卫星造价昂贵，为了保证它们在轨道运行中的正常工作，需要事先在地面的模拟环境(主要是冷—暗环境)中对其进行综合性能测试。1965—1977年洪朝生团队(雷文藻、叶加鼎、杨克剑、杨文治等)与相关航天部门协作，先后研制和建成了大型空间环境模拟设备KM3和KM4。空间环境模拟室，主要是利用低温冷凝原理来获得超高真空，即通过气体氦制冷系统，使冷屏的温度达到20 K，从而捕获可冷凝的气体分子。KM4系统采用了中国首次研制成功的静压气体轴承透平膨胀机(氦气透平以每分钟88000转的转速稳定运行)，系统制冷量为1200 W/20 K，氦板面积为62.8 m<sup>2</sup>，它可产生的冷凝抽速为2×10<sup>6</sup> l/s。KM4环境模拟室直径7 m，热沉内径为6 m、高8.5 m，热沉温度低于95 K。KM4模拟室的空载极限真空度达到5.1×10<sup>-6</sup> Pa。从1978年至今，中国第一颗通信卫星“东方红二号”、第一颗气象卫星、返回式卫星或其他型号卫星的组件，在北京卫星环境工程研究所KM4空间环境模拟室中进行了数十次真空热试验。1978年科学大会召开时，物理所将KM3、KM4以及微型制冷机、长活塞膨胀机预冷的氦液化设备等专项工作，统一以“低温技术研究”作为科研成果上报，获得了科学大会奖。KM4设备后又获得1985年国家科技进步一等奖。大型航天器，气体载荷大，要求采用抽速为每秒百万升的内装式深冷冷凝泵，冷凝板温度低于20 K。为防止冷凝板直接受到来自被测航天器的热辐射，冷凝板需有液氮热沉壁板的保护，以减少热负荷。相关的热负荷计算方法首先由洪朝生提出。在火箭低温推进剂方面，液氢—液氧火箭被认为是高效燃料，在60年代，火箭研制部门对液氢技术尚不熟悉，

洪朝生毫无保留地向他们提供液氢技术，为“两弹一星”事业作出贡献。1999年人民日报发表张劲夫的文章《请历史记住他们——关于中国科学院与两弹一星的回忆》，高度评价了洪朝生负责的低温实验室在液氧、液氢制造方面对“两弹一星”的历史贡献。

80年代，在洪朝生的组织和带领下，中国科学院低温技术实验中心集中优势兵力(周远、蔡根鑫、李刚等)，投入“基于核反应堆的冷中子源”项目。这个中法合作项目由钱三强和洪朝生共同提出。利用液氢使来自反应堆的中子慢化，进而借助于谱仪，测量中子在被样品散射前后其能量和动量变化，达到研究固体晶体结构和磁结构的目的。经过4年的艰苦攻关，在房山中国原子能科学研究院建成了亚洲第一座冷中子源，受到了国际同行的高度关注。可惜因当时法国方面答应的谱仪最后没有提供而搁浅，否则中国的基础研究会大大受益于该装置。

自60年代起，洪朝生就非常关注应用超导，主抓超导磁体应用，包括超导核磁谱仪、超导磁约束聚变堆、超导磁分离技术等。他认为超导是件大事，而超导磁体的应用最能体现对国民经济、人体健康、先进能源及大科学工程作用。从四川乐山中国环流器一号，合肥EAST聚变研究堆，到正负电子对撞机等，他都给予了极大的关注与支持。

进入21世纪，洪朝生极力推进小型制冷机的



2000年2月，洪朝生(右)在第18届国际低温工程大会上接受“门德尔松奖”

发展和应用，对信息技术的应用尤为关注，他早年的很多学生在此领域取得了不少值得肯定的成果。洪朝生在获得2000年度门德尔松奖(Mendelssohn Award)后作大会报告，展望了未来10年低温科技的发展前景。他认为，关于氧化物超导体，仅仅看到它高的超导转变温度，是不够的。超导专家们应拿出更多的力气去关注，该类超导体在正常态的奇异性质，以及可能的应用(特别在低温电子学领域)。低温工程专家们也应该努力为上述可能的应用提供技术支撑。关于低温学与信息技术(IT)的关系，洪朝生表示，低温环境是高质量信息处理的保证。在寻求新的信息载体的过程中，往往会碰到量子效应(如：超导量子干涉器件)。此时，低温工程对研究的支持，不能仅仅停留在提供冷却功能，对于材料新颖低温特性的应用也应给予认真关注。事实证明，洪朝生在每个阶段提出的战略规划，都是相当超前的。

洪朝生非常重视基础研究。从事低温科学研究必须建立相关的实验室，1980年他向中科院建议成立专门的研究机构，即中国科学院低温技术实验中心(研究所级)，他被任命为首任主任，先后建立起国家低温温标、液氦集中供应站、材料低温力学实验室、材料热物性实验室、强磁场实验室、小型制冷机实验室等，1996年成立了“极低温物理开放实验室”(该实验室1999年转入物理所，目前是国家开放实验室)。今天看来，那时



洪朝生(左二)、于淦(右二)和2003年诺贝尔奖获得者A.J. Leggett爵士在物理所A楼会议室合影

成立的低温中心，就是按着现在的国家实验室模式建立的。

60年来，洪朝生不仅全身心地致力于祖国的低温事业，还十分重视专业领域的国际交流。作为国际低温工程专业委员会(International Cryogenic Engineering Committee, ICEC)委员(1980—1992)，他积极促进中国同行参加国际学术会议。为了提高中国低温科技人员在国际专业领域的参与度，1989年洪朝生和日本冈山理科大学信贵丰一郎教授(Toyochiro SHIGI, Okayama Univ. Science)共同创立了“中日低温制冷机学术定期交流会”(Joint Sino—Japanese Seminar on Cryocoolers and Concerned Topics, 简称JSJS)。这个系列会议增进了中日学者的互动，进而帮助中国跟跑领域前沿方向并积极参与国际竞争。

洪朝生热情邀请国际著名学者来华访问，以推动国际间学术交流和促进国内科技发展。从1966年起，多位世界顶级的低温物理学家到访物理所和低温实验技术中心，其中包括：(1)英国牛津大学教授门德尔松(Kurt Mendelssohn, 1906—1980)。早在1960年他就出版了名为《Cryophysics》的低温物理学专著。该书篇幅不大，但涉及了有关低温物理的几乎所有分支领域。科学出版社1965年出版了由许国殷翻译的中文版，使大批刚入门的低温科技工作者从中获益。门德尔松对中国人民怀有深厚的感情，先后3次来访，使当时忙于低温工程的中国专家们开阔了视野。(2)诺贝尔物理学奖得主杨振宁、李政道。他们的理论被实验所验证，正是基于吴健雄教授等完成的放射性 $^{60}\text{Co}$ 衰变极低温实验。(3)两次诺贝尔物理学奖获得者巴丁(J. Bardeen)。80年代初，他关于超导机理的学术报告为中国科技人员的新超导体探索添了“一把火”。1987年在高温超导体研究发展的国际竞争中，中国学者(以赵忠贤为代表)跻身世界前沿。(4)英国皇家学会(Royal Society)最年轻的会员Anthony Leggett。Leggett教授1983年访问北京，2003年因其在超流理论方面的贡献获得诺贝尔物理学奖。(5)芬兰赫尔辛基大学(Helsinki

1) 文章刊登于《物理》杂志2010年第11期。



University of Technology, Finland)教授 O. V. Lounasmaa。Lounasmaa 教授是国际 1 K 以下实验技术的领军人物, 他的来访大大促进了中国稀释制冷机的研制(冉启泽等)和 1 K 以下极低温实验的开展。中国科学院物理所吴令安教授在 1971—1981 年间, 曾专职担任有关国际交流的英语翻译工作。当有外宾来访或中科院领导出访, 吴令安总感到同声传译的任务压力很大。但她说, 如果碰上洪朝生接待外宾, 压力就没了。因为洪朝生与外国同行的交流非常顺畅。可以说, 在当时的物理所, 洪朝生的英语口语是最好的。

洪朝生在研究生培养方面极为认真。读他的研究生必须做好 5 年甚至 7、8 年才能毕业的准备。洪朝生对研究生培养投入的时间和精力非常多, 为保证培养的学生质量, 他招的研究生并不多。学生和同事在他的指导下出了成果, 但凡主要工作不是他亲自做的, 他绝不同意在论文上署名, 很多奖项他也不挂名。这里需要特别指出的是洪先生在美国留学那个年代, 研究生发表论文一般是不挂导师名字的。林志忠的《普渡琐记——从 2010 年诺贝尔化学奖谈起》<sup>1)</sup>一文提到当年洪先生这篇重要论文 Resistivity and Hall effect of germanium at low temperatures(Hung C S, Gliessman J R. 1954, *Phys Rev*, 96: 1226)时, 给人感觉第二作者 Gliessman J R 是导师。我曾为此特意向洪先生求证, 得知 Gliessman J R 其实是当时在普渡实习的本科生, 协助洪先生做了部分工作, 研究组负责人 K. L. Horovitz 教授建议洪先生把 Gliessman J R 写上, 以便这位本科生能够毕业。

我跟随洪先生读博期间, 所里一位领导曾说, 将来毕业后我可以从事科研管理。洪朝生对此非常生气, 说我培养他是要花心血和精力的。80 年代, 一个学生联系出国, 洪朝生为他写了 3 封推荐信, 但后来该研究生又多打印了一些并模仿签字投递, 洪朝生发现后, 严厉批评了这名学生, 而且坚决不同意他出国, 责令他必须认清错误, 从哪跌倒从哪爬起。若干年后这名研究生在美国当了教授, 他谈起一生中最大的收获就是当



2017 年 6 月, 张殿琳院士、李来风研究员、吕力研究员看望洪朝生先生

时洪朝生对他如何做人的教诲。1955—1965 年物理所总共招收了 67 名研究生。其中有 3 人后来当选为中科院院士, 他们是: 张殿琳(导师洪朝生, 2001 年当选)、张裕恒(导师洪朝生, 2005 年当选)、王鼎盛(导师潘孝硕, 2005 年当选)。三人中有两位是洪先生的研究生, 专业均为低温物理。张裕恒在回忆当年洪朝生培养他的经历时提到, 有一次洪朝生将一篇外国文献让他读, 过了一个星期, 洪朝生问他有什么感想, 张裕恒将读后感如实介绍。没料想, 洪朝生告知这篇论文是错误的, 张裕恒怎么也没想到正式出版的论文会是错的, 这对他今后科研工作触动很大, 看文献不再盲目相信了。他的另外一位学生张殿琳说: 1964 年我考取了洪先生的研究生, 并于次年春进入实验室。先生给我拟定的研究课题是, 利用磁光法拉第效应观察超导体的磁通运动特性。同类课题是现今高温超导研究的必备手段, 但早在 1965 年就提出这个课题, 反映出先生敏锐的科学洞察力和远见。2010 年 10 月前后, 中国科学院理化技术研究所和物理研究所分别举行了学术研讨会, 会上宣读了时年 86 岁的美国物理学家 H. Fritzsche 给洪朝生的信, 信中 Fritzsche 对洪朝生早年在普渡大学把他带到半导体杂质能级导电的研究领域表示深深的谢意, 并称洪朝生是他永远的导师。

洪朝生对中国制冷学会的工作非常关心, 只要没有特别原因制冷学会的会议他都参加。在他 87 岁时制冷学会决定出版《中国制冷史》<sup>2)</sup>, 洪朝生负责其中一部分的统稿。他非常认真, 花了

2) 潘秋生所著《中国制冷史》, 2008 年由中国科学出版社出版。

大量时间查找资料，与许多相关人员交流，以至这本书的出版推迟很长时间。制冷学会多次打电话让我催稿，但洪先生坚持要认真做，他说作为历史资料，不能有半点不真实的东西。整理洪先生遗物时我看到这样一段文字：“2008年春，这是我最后一次骑自行车，整理中国制冷史史稿时，我骑车去了北航徐扬禾家。工作完毕后，他执意开车送我回家以保夜行安全。我的背怎么突然驼下去？可能是在编稿中太吃力”。

晚年的洪先生因腿摔伤在物理所物科宾馆住了5年多，这段时间他经常在物理所院子里晒太阳，说方便看到一些熟悉的人。有一段时间没见到学生赵忠贤，得知他生病了，洪先生非常着急，让我赶紧去了解情况。2017年赵忠贤到301医院看望他，当得知弟子获得国家最高科技奖，在病床上拉着赵的手开心地笑了。王鼎盛曾拿了几本莫奈等的画册让洪先生闲暇时欣赏，洪朝生两次入住301医院前一直惦记那几本画册要归还

给王鼎盛。

在物科宾馆的5年洪朝生对理论物理兴趣依旧，自费订阅的Physics Today杂志每期都仔细阅读，有时期刊晚到或漏寄了，他会很着急让我想办法弄到。他多次找理论物理所欧阳钟灿讨论学术问题，每次都要好几个小时。在洪先生写的碎片文字里有这样一段话：“在MIT的收获方面也孕育着对量子力学的草率理解，断绝了我对新兴固体理论的学习前途，我到90岁时，想学习远离热平衡态的热力学、热传导已感到无能为力”。

洪朝生是一位谦逊、严谨、爱国的学者，他的科研精神和爱国思想深深感动着身边的每一个人。他一生淡泊名利，国内多次要推荐他申报各类奖项，他都一一谢绝。他获得的国际低温工程最高奖(门德尔松奖)和美国低温工程最高奖(柯林斯奖)都是国外同行在没征求他个人意见的情况下授予的。

1978年国务院决定出版我国第一部《中国大百科全书》，并成立了中国大百科全书出版社，总编辑委员会由胡乔木担任主任，于光远、贝时璋、严济慈、钱学森、张友渔等12位为副主任，按学科分卷出版。1979年筹划《物理卷》时，能够收录到《中国大百科全书》物理卷的全世界物理学家总共178人，大部分是国外物理学家(包括华裔)，如：牛顿、爱因斯坦、焦耳、欧姆、法拉第、任之恭、范绪筠、杨振宁、李政道等，近代中国物理学家非常少，只有30人，如：饶毓泰、胡刚复、叶企孙、严济慈、赵忠尧、钱三强、黄昆、洪朝生等。能被列入物理学家条目，说明洪先生对物理学的贡献是得到公认的。由于洪先生的低调，他早年“诺奖”级的工作鲜为人知，找谁来写他的工作介绍，成了问题，最后由钱三强、钱临照拍板委托赵忠贤来写。赵忠贤写好后拿给洪朝生看，看后洪先生第一句话说“你给我写悼词啊”。依洪先生的性格他是拒绝写入百科全书的，可能是出于对钱三强等科学家的尊重才接受的。《中国大百科全书》物理卷第一版于1987年7月正式印刷出版，第563页是由赵忠贤撰写的洪先生条目。

洪 朝 生

定义了群扩散系数等等。

此外，在实现中子物理研究中发展起来的脉冲中子方法，它的基本思想和某些实验技术已被用于其他领域，例如在反应堆物理实验中，用以测定反应堆的次临界状态，这方面的工作十分活跃。在工业上实现中子物理参数及其有关的测试技术已被用来检验用强中子的性能，脉冲中子源技术还用在石油地质勘探中，并取得了积极的成果。

目前，在实现中子物理这个领域内，研究课题已经深入了一步，针对反应堆的具体结构和特性，探讨一些基本问题。例如，研究反应堆的几何结构和物质结构对中子实现行为的影响。首先，在空腔中中子的宏观截面趋向于零。这意味着中子的平均自由程为无限大，如果在空腔内有中子，它对某些中子将成为陷阱，如果空腔是开口的，还会造成中子丢失。而实际反应堆总是有这种或那种空腔存在。其次，研究中子同靶核的相互作用时，最简单的方法是假定靶核是自由的，事实上物质总是有一定结构的，例如石墨中的碳原子，氯化铀中的铀原子，它们都处于点阵的束缚状态，水中的氢原子也是处在化学键的束缚之中。物质的结构影响靶核和中子之间的能量交换形式，进而影响中子的实现行为，影响描述实现行为的物理参数。对这些基本问题的进一步研究，将有助于深化人们对中子在大块物质中的运动规律的认识，也将有助于反应堆物理计算的确切化。

参考文献：  
卢佩庭主编，《原子核物理》，原子能出版社，北京，1981。  
曹仲生等编著，《核反应堆物理分析》，原子能出版社，北京，1981。  
(罗璋琳)

Hong Chaosheng  
洪朝生 (1920~ ) 中国物理学家。1920年10月10日生于北京。1940年清华大学电机工程系毕业，毕业后在西南联合大学电机工程系担任电信课程助教。1945年去美国。1948年在麻省理工学院获博士学位。先在美国普渡大学和荷兰莱顿大学实验室工作。1950年在半导体物理系低温输运现象的实验中发观杂质能级上的导电现象，形成了杂质导电的概念，这一工作成为研究无序系统电子输运问题的开端，引起了国际上对无序系统电子输运机制的探索。1952年回国，先后在清华大学、北京大学和中国科学院技术大学物理系任教。1953年担任中国科学院物理研究所研究员，负责组建低温物理实验室。1956年领导建造氦、氮液化系统，到1959年开始运转。1964年在他领导下创建新型结构的氮磁体与液化器。在这些基础上，物理研究所和其他单位能够开展超导实验、超导应用和超导物理的研究工作。近年来洪朝生又领导组建中国科学院低温技术实验室中心，并担任主任。该中心以推广高纯度低温技术、促进低温实验工作与超导技术应用为主要目标。他是中国低温技术、低温物理研究的开创者。1981年被选为中国科学院学部委员、学部委员和常务委员。1982年当选为中国物理学会副理事长。  
(赵忠贤)

Hongde dingze  
洪德定则 (Hand's rules) 判断原子中由同一电子组态按LS耦合形成的多重谱项及其他高低排列顺序的经验规律。这定则是F.洪德于1927年提出的，内容为：  
① 属于同一电子组态符合泡利不相容原理的诸多谱项中，总自旋量子数S最大的项，能量最低。  
② S相同的诸谱项中，总轨道量子数L最大的项能量最低。  
③ 由等效电子(见单电子组态)形成的处于同一多重谱项中的诸能级的排列次序为：当等效电子数未超过该电子壳层电子满数的一半时，总自旋量子数J小的项能量最低；超过半满数时，则J大的项能量最低。  
该定则只适用于LS耦合的情况。有少数例外是由于组态相互作用或偏离LS耦合引起的。该定则可用量子力学理论和泡利不相容原理来解释。该定则对确定自由原子或离子的基态十分有用。  
(宋增福 曹建康)

hugong fangdian  
弧光放电 (arc discharge) 等离子体放电。

Hu Gangfu  
胡刚复 (1892~1966) 中国物理学家、教育家。江苏省无锡县人，1892年3月24日生于江阴县。1909年清华美学专修班第一批赴美留学生。入哈佛大学。1913年毕业于哈佛大学，获哲学博士学位。论文为《X射线吸收率》。1914年在美国芝加哥大学从事X射线吸收率的研究。1918年回国，任东南大学(1923年以前为南京高等师范学校)物理教授、物理系主任。1925年任交通大学教授。1926年创办厦门大学理学院并任院长。1927年筹建第四中山大学，任高等教育处处长、理学院院长。1928年协助创办中央研究院物理研究所并任专任研究员。后又任北平研究院物理研究所特约研究员。1931年任交通大学教授。1936年任浙江大学文理学院院长。1938~1950年期间任康大大学教授、理工学院院长、校长。此外，1946~1949年他再次赴美考察，并率领一批中国学者在美国学习雷达技术。中

563

《中国大百科全书·物理卷》介绍洪朝生的条目

在国家困难时期，他生活简朴，非常节俭，但对困难职工他慷慨解囊，将省下来的工资帮助他们。“改革开放”后，他每次出国回来都把剩余的外汇交到院里，科研课题剩下的经费一律主动上交国家，复印资料要求大家正反面用，开会、评审从不拿任何专家劳务报酬。从每件点滴小事都能感受到他对祖国的责任。到了晚年，洪朝生认为自己不能全时投入一线科研工作，主动要求降低工资，按退休人员标准发放。临终前的几年他多次找我和理化所领导商量如何用自己的积蓄去帮助有需要的人。总结一生的经历，洪朝生总是说自己是幸运的，在每个阶段都得到别人的帮助。他曾跟我说自己的幸运有三点：(1)感谢留声机/录音机的发明，能让他听到300多年前巴赫、贝多芬的作品；(2)有幸能够和周恩来这样的伟人处于同一个时代，并有几次小范围近距离地与总理交谈，聆听他的教诲；(3)年青时代有幸读到鲁迅全集，对鲁迅的“横眉冷对千夫指，俯首甘为孺子牛”精神尤为赞赏。我在与恩师近30年的亲密接触中，真正感受到了他“清正刚直，爱国奉献”的品格与气节。

## 科学成就

洪朝生将毕生的精力与热情奉献给了自己钟爱的低温事业，为中国低温物理领域的建立与发展作出了极大的贡献。简而言之，他的主要学术成就体现在以下几个方面。

(1)发现半导体锗单晶中低温电导与霍尔效应反常现象，并提出禁带中杂质能级导电唯象模型，进而推动了固体无序系统中电子输运机制的理论研究。

(2)与 P.Winkel 合作，在超流 He II 中观察到临界速度的存在(由于 Gorter Mellink 互摩擦耗散的出现)。

(3)建立氢、氦液化系统，开创了国内低温物理、超导和低温技术的研究。

(4)培养了一批低温物理、低温技术人才。



2014年，洪朝生、周远、李来凤在物理所院内

## 洪朝生主要论著

Hung C S(洪朝生), Gliessman J R. 1950. The resistivity and Hall effect of germanium at low temperatures. *Phys Rev (Lett)*, 79: 726.

Hung C S. 1950. Theory of resistivity and Hall effect at very low temperatures. *Phys Rev (Lett)*, 79: 727.

Hung C S, Johnson V A. 1950. Resistivity of semiconductors containing both acceptors and donors. *Phys Rev (Lett)*, 79: 535.

Hung C S. 1950. Thermionic emission from oxide cathodes: retarding and accelerating fields. *J Appl Phys*, 21(1): 37.

Hung C S, Baum R M. 1952. Activation energy of heat treatment introduced lattice defects in germanium. *Phys Rev*, 88(1): 134.

Hung C S, Hunt B, Winkel P. 1952. Transport phenomena of liquid helium II in narrow slits. *Phys*, 18(8/9): 629.

Hung C S, Gliessman J R. 1954. Resistivity and Hall effect of germanium at low temperatures. *Phys Rev*, 96: 1226.

Li L F, Hong C S, Li Y Y, Zhang Z. 1996. Martensitic Transformation in  $ZrO_2$ - $CeO_2$  System at Cryogenic Temperatures. *Cryogenics*, 36: 7.

洪朝生. 1981. 国外低温超导技术的发展. 低温工程, (2): 1.