

程开甲是中国核武器研究的开创者之一，在核武器的研制和试验中作出了突出贡献。他也是中国定向能高功率微波研究新领域的开创者之一，规划领导了抗辐射加固技术新领域研究。他出版了中国第一部《固体物理学》专著，提出了普遍的热力学内耗理论，导出了狄拉克方程，并且发展了超导电双带理论和凝聚态TFDC电子理论。

1946年8月，程开甲赴英国爱丁堡大学留学，成为物理学大师玻恩教授的学生。在爱丁堡这座美丽的城市，程开甲时时刻刻惦记着祖国，“我决心珍惜机会，学有所成，报效国家。我相信通过我们的努力，中国会富强起来。”

程开甲主要从事超导电性理论的研究，在玻恩身边的4年，程开甲选择超导理论研究作为主攻方向，与导师共同提出了超导电的双带模型，也学到了许多先进知识，特别是见识了不同学派、不同观点的碰撞，同时结识了狄拉克、海特勒、薛定谔、缪勒、鲍威尔等科学巨匠。

一片赤诚为报国

1948年秋，程开甲获哲学博士学位，任英国皇家化学工业研究所研究员，年薪750英镑，在当时已经是相当高的收入。

当时的中国人在国外没有地位，程开甲用第一个月的薪水去给妻子购买皮大衣，当把支票递过去结账时，老板根本不相信黄种人会有钱买得起。程开甲去租房，有的房东明明有空房却不租给中国人，好不容易有愿意租的，又不肯将好房间出租，多给租金也不行。有一次去海滩游泳，几个中国留学生刚下水，英国人就立即上岸，还指着他们说：“有一群人把这里的水弄脏了。”他说：“看不到中华民族的出头之日，海外的华人心中都很闷、很苦。”

1949年发生的一件事，让程开甲看到了民族的希望。他在苏格兰出差时看到一部电影新闻片，片中介绍中国人民解放军敢于向英国军舰开炮，击伤了英国军舰“紫石英号”，让程开甲第一次有了“出了口气”的感觉。看完电影走在大街上，腰杆也挺得直



程开甲：隐匿铸核盾

□ 陈 航



归国科学家

程开甲（1918.8.3—2018.11.17），江苏吴江人，著名理论物理学家，中国科学院学部委员（院士），“两弹一星功勋奖章”获得者，国家最高科学技术奖获得者，“八一勋章”获得者，荣获“改革先锋”称号、“人民科学家”国家荣誉称号，获得“感动中国2018年度人物”荣誉。1941年毕业于浙江大学物理系。1948年获英国爱丁堡大学哲学博士学位。曾任浙江大学、南京大学教授，第二机械工业部核武器研究所副所长，国防科工委核实验基地研究所副所长、所长及基地副司令员，国防科工委（总装备部）科技委正军职常委、顾问。

直。

“紫石英号”事件让程开甲开始了解中国共产党和中国人民解放军，他给国内的家人和同学写信，询问国内情况，在信得到的回复是“国家有希望了”，程开甲毅然决定回国。

导师玻恩对他的决定虽然有些遗憾，但是能够理解他的心情，回国的前一晚与他长谈，“中国现在很苦，你回去要吃许多苦头，到了埃及，多买些吃的带回去吧！”

但程开甲的行囊里，除了给妻子买的一件皮大衣外，全都是各种专业书籍。程开甲意识到新中国刚成立，钢铁、材料都很缺，固体物理、金属物理方面的知识和资料国内一定非常需要，所以回国前跑遍了图书馆和书店，尽力收集了相关的专业书籍，后来果真都用上了。

1950年8月，在海上漂泊了一个月，程开甲到达香港，再从香港乘火车经广州到达杭州，回到了一穷二白

的新中国，开启了报效祖国的人生之旅。

一再“转向”应国需

多年后，有人问程开甲对当初的决定怎样想，程开甲感慨地说：“我不回国，可能会在学术上有更大的成就，但最多是一个国家的二等公民的科学家，绝不会有这样幸福，因为我所做的一切，都和祖国紧紧地联系在一起。”

刚回国时，中国学习苏联的经验优先发展重工业。南京大学物理系确定要开展金属物理研究，任务交给程开甲和施士元教授。为此他主动向青年教师学、向工人师傅学，还专门到沈阳金属研究所向著名物理学家葛庭燧先生学习。

1950年至1960年，程开甲先后发表了《内耗热力学研究》等10余篇内耗研究论文，开创了国内系统的热力

学内耗理论研究，出版了我国第一部《固体物理学》专著，对中国固体物理的教学与科研起到了重要作用。

1958年至1960年，程开甲根据需要，再一次改变专业，与施士元一起创建南京大学核物理专业。同时，他还参与江苏省原子能研究所的筹建。程开甲和师生们自己动手，成功研制出一台双聚焦β谱仪，测得元素的衰变曲线，这是南京大学第一台核物理实验仪器。不久，他们又研制出南京大学第一台直线加速器，为南京大学核物理发展打下了基础。

1952年，程开甲就向组织递交了入党申请书，1956年正式加入中国共产党。程开甲一次又一次改变自己的专业，从零开始创业，有人也曾劝他，“今天干这个，明天干那个，当心变成万金油，东搞西搞，搞不出什么名堂。”但他说：“我当然清楚自己的优势是在理论研究方面，但组织上决定，我坚决服从，只要国家需要，我义不容辞。”

一生隐匿铸核盾

1960年夏季的一天，正在南京大学任教的程开甲接到一纸命令去北京报到，他没有多问，第二天就动身了。自此，已在学术研究上建树颇丰的程开甲销声匿迹几十年。

20世纪60年代初，中央部署要在两年内进行第1颗原子弹爆炸试验。当时，无论是理论还是技术都是一片空白。程开甲受命与吕敏、陆祖荫、忻贤杰等同志一起，起草了首次核试验测试的总体方案，又与其他同志一起把核试验需要解决的问题分成上百个课题，走遍全国各科研院所和各军兵种的许多单位，召开了几百次协作会议。在不到两年的时间里，全国上下通力合作，很快研制出上千台测试、取样、控制等各类实验设备和仪器。

1964年10月16日，中国第一颗原子弹在罗布泊准时爆响，自动控制系统在瞬间启动千台仪器，分秒不差地

完成了起爆和全部测试。当年，法国人进行第一次核试验，测试仪器没有拿到任何数据，美国、英国、苏联也仅仅拿到了很少的一部分数据，而我国拿到了全部数据。

1967年6月17日，轰六甲型战机在新疆罗布泊上空投下一个降落伞。伴随着一声巨响，中国第一颗氢弹空投爆炸试验成功，沉寂的戈壁大漠上空，闪耀着万丈光芒。

还在中国第一颗原子弹爆炸之前，程开甲就根据周总理的询问，提出并一再坚持向地下核试验方式的决策性转变。1969年9月23日首次平洞核试验成功，为了掌握地下核爆炸各方面的第一手材料，程开甲和朱光亚等科学家决定进入地下爆心去考察。到核爆炸中心作考察，在中国还是开天辟地第一次，谁也说不清洞里辐射的剂量，其危险可想而知。但程开甲经过细心计算，认为采取多种防护措施后，可以进入。他们在刚刚开挖的直径只有80厘米的小管洞中匍匐爬行，最后进到爆炸形成的一个巨大空间。洞里温度很高，科学家们忙乎得汗流浹背，坚持把所有考察工作做完，取得了中国地下核试验现象学的第一手资料。

从1963年第一次踏进罗布泊到1985年，程开甲一直生活在核试验基地，为开创中国核武器研究和核试验事业，倾注了全部心血和才智。程开甲在20多年中成功地设计和主持包括首次原子弹、氢弹，导弹核武器、平洞、竖井和增强型原子弹在内的几十次试验。程开甲创立了中国自己的系统核爆炸理论和效应研究，主持、参与和指导核爆炸效应的全面总结，为核武器应用奠定坚实基础，是中国指挥核试验次数最多的科学家，人们称程开甲是“核司令”。

正如中国核试验基地首任司令员张蕴钰所言，“程开甲是一名纯粹的科学家。”对于获得的各种荣誉和称号，程开甲有他自己的诠释：“我只是代表，功劳是大家的，功勋奖章是对‘两弹一星’精神的肯定，我们的成就是所有参加者，有名的、无名的英雄们在弯弯曲曲的道路上一步一个脚印去完成的。”伟大的科学家是不求名利的，真正为祖国作出了重大贡献的科学家，祖国和人民不会忘记。

科技攻关需加强协同创新

□ 钱 勇 刘晓庆



习近平总书记在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会和中国科协第十次全国代表大会上强调指出：科技攻关要坚持问题导向，奔着最紧急、最紧迫的问题去。重大科技项目作为科学技术发展的纽带，通过关键核心技术突破和资源集成，实现国家战略目标，对提高我国自主创新能力、强化国家战略科技力量、建设创新型国家具有重要意义。由于重大科技项目是一项复杂的系统工程，既需要“政产学研用”上下联动，又需要各创新单体横向协作推进。因此，重大科技项目要积极发挥参与者创新主体作用、发挥区域创新力量等，在加快形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局背景下，努力深化协同创新的思想认识，探索实践协同创新的方式方法，积极建立协同创新的组织体系，实现上下联动、左右协同的科技新格局，以集成创新带动单体创新，以单体创新推动集成创新，实现重大科技项目的重点突破，为加快建设科技强国贡献力量。

深化协同创新认识。重大科技专项具有技术集成创新带动单项创新，从而形成有竞争力的产品和产业，提高我国重点领域的国际竞争力的功能。要发挥承担重大科技项目实施者的牵头组织作用，打破

“一家独大”的传统思维模式，牢固树立“一盘棋”的创新思想，与上下游、横向创新单体形成平等交流的合作机制。牵头单位以技术集成创新为重点，组织创新单体紧紧围绕共同目标制定联合战略和科学研发计划等，形成相互支撑、相互依存的协同创新关系。整合跨边界、跨领域、跨组织的科研攻关力量，突出建立健全科技创新沟通对话机制、科技创新协商机制，尽可能让所有创新单体表达意愿。推动牵头者与参与者、参与者与参与者之间共生共荣，凝聚协同创新共识，在协同创新的总体目标下统一步伐，形成强大的协同创新合力，落实协同创新行动，实现由单体创新到系统创新的效果，形成由共生到再生的生态系统。

探索协同创新方式。发挥重大科技项目的技术集成和牵引作用，要广泛动员和深入挖掘不同创新主体参与重大科技项目，摒弃论资排辈的思想定式，树立英雄不问出身的科技创新理念，大力推行“揭榜挂帅”“擂台赛”等方式遴选承担单位，公开向社会发榜重大科技项目和目标、成果等，不唯身份和资历鼓励国有企业、事业单位和民间组织打擂揭榜，搭建不同创新主体同台竞技的舞台，大胆使用有能力的组织承担重大科技项目，放手起用有实力的科研人员牵头重大科技项目，推动各类创新资源向重大科技项目集聚。处理

好重大科技项目牵头实施者与参与者的协同创新关系，既要发挥好重点高校院所“国家队”的主导作用，又要积极发挥好专精特新“小巨人”企业的主力作用，打破技术壁垒、资金壁垒、创新网络壁垒、无形资产壁垒和管理壁垒等，探索建立和发展多学科、多领域的产学研用联合攻关工作，努力实现科学研究、技术发展与人才培养相统一。

建设协同创新组织。支持各类有能力的龙头企业牵头组建创新联合体，联合高等院校、科研院所、行业上下游企业等承担重大科技项目，优化配置科技创新力量，共享科技创新资源，推动产学研用深度融合。通过国家重点实验室、国家工程技术研究中心、国家科技基础条件平台等建设，跨越从基础研究到技术创新的“死亡谷”，强化重大科技项目实施要素支撑，推进技术经济深度融合。通过综合性国家科学中心和区域性创新高地建设，突破组织边界、地域边界、技术边界等限制，形成推动重大科技项目实施的合作力。建立重大科技项目上下游、大中小企业融通创新机制，推动产业集群创办混合所有制产业技术研究院等，形成链合创新和竟合创新良性互动，提高重大科技项目的创新效能。

重大科技项目协同创新既要发挥市场经济条件下新型举国体制优势，也要发挥协同创新的组织优势。只有不断深化协同创新的认识、积极实践协同创新的方式、推动协同创新组织的建设，才能够完成协同创新的任务，形成协同创新的成果，达到协同创新的目标，实现科技创新的跨越发展。



霍尔效应是美国物理学家霍尔于1879年发现的一个物理效应，当电流通过一个位于磁场中的导体的时候，磁场会对导体中的电子产生一个垂直于电子运动方向上的作用力，从而在导体的两端产生电势差，这个电势差也被称为霍尔电势差。

在极低温度条件下，霍尔电势差呈现量子化，被称为量子霍尔效应。量子霍尔效应是霍尔效应的量子力学版本，是一种典型的宏观量子效应，是微观电子世界的量子行为在宏观尺度上的一个完美体现，是整个凝聚态物理领域最重要、最基本的量子效应之一。自1980年，德国科学家Klaus von Klitzing发现了“整数量子霍尔效应”，并于1985年获得诺贝尔物理学奖，至今已有4次诺贝尔物理学奖与量子霍尔效应直接相关。

量子反常霍尔效应是指在不需要外加磁场的情况下实现量子化的反常霍尔效应。量子反常霍尔效应是一个全新的量子效应，被认为是继整数和分数量子霍尔效应之后，量子霍尔效应家族中的最后一个重要成员。而且由于其来源于材料的自发磁化而不需要外加磁场，因此在低能耗电子器件的应用方面显得尤为方便。从理论研究和实验上实现量子反常霍尔效应，是多年来国内外凝聚态物理学界追求的目标和竞争的前沿。

我国科学家在这一研究中取得骄人成绩。2008年清华大学刘朝星等，以及2010年中科院物理所方忠和戴希等，分别与斯坦福大学张首晟教授一起，先后提出了磁性掺杂的拓扑绝缘体是实现量子反常霍尔效应的最佳材料体系的理论

方案。2012年，在清华大学薛其坤院士的带领下，清华大学物理系、中科院物理所和斯坦福大学的研究人员联合组成的团队，首次在Cr掺杂（Bi，Sb）2Te3拓扑绝缘体磁性薄膜上实验发现了量子反常霍尔效应。

量子反常霍尔效应的最终实验发现引起了国际学术界的广泛关注和高度评价。《科学》杂志审稿人称之为“凝聚态物理界的一项里程碑式的工作”。诺贝尔奖获得者杨振宁教授认为这是一项诺贝尔奖级物理学成果。该研究成果获2018年国家自然科学奖一等奖。

另一方面，过去量子霍尔效应的观测限于二维体系，三维电子体系中量子霍尔效应虽然已提出三十多年，但由于沿磁场方向电子的运动不受限制，一直未能在实验中实现。

近几年我国科学家在三维量子霍尔效应研究上连续取得重大突破。2018年底，复旦大学物理学系修发贤教授课题组在拓扑狄拉克半金属锗化锡材料里观测到三维量子霍尔效应，通过实验证明电子的隧穿过程，迈出从二维到三维的关键一步，开拓了全新的研究维度。2019年初，南方科技大学张立源研究组与中国科学技术大学乔振华研究组及合作者，基于高品质五碲化铅块体单晶，实验观测到长久以来认为无法实现的“三维量子霍尔效应”。与传统量子霍尔效应的一维边缘态不同，此次发现的边缘态延拓到了二维。这种崭新的二维边缘态呈现出独特的性质——同时具备拓扑保护和关联作用，并衍生出更丰富的拓扑态与诱人的研究前景。

从量子反常霍尔效应到三维量子霍尔效应

□ 张 峰



（上接1版）企业开办时间由20天压缩到1天，“爱山东”掌上办事项超过1.8万个；设立企业诉求“接诉即办”省级平台，办结满意率95%以上；2018年以来，累计为企业新增减税降费4300多亿元；市场主体1252.9万，还在以每月20万左右的速度增加。实践证明，作为沿海经济大省，只有用好改革开放关键一招，持续做优政治生态、产业生态、社会生态、政务生态、自然生态，山东高质量发展才能不断增强新动力、拓展新空间、塑造新优势。

坚定走在前列，必须守牢安全发展底线。我们聚焦全面建成小康社会目标，固根基、补短板、强弱项、守

底线，不断夯实安全发展基础。坚决守牢疫情不反弹底线，统筹疫情防控和经济社会发展，坚决打赢疫情防控阻击战，实施“立足于有、关口前移、多重屏障”纵深防御策略，一手抓常态化疫情防控，一手抓疫苗接种，疫情防控形势总体稳定。坚决守牢安全生产底线，深入开展安全生产大排查大整治行动，实施最严格的安全生产责任落实机制，落实警示教育、专项督导、量化问责等系列强化措施。完善举报奖励制度，最高奖励50万元；实施驻点监督，向9949个单位派出驻点督导人员10170人，切实杜绝有章不循、弄虚作假。坚决守牢生态环境底线，研究制定碳达峰碳中和行动方案，深入开展“四减四增”行动，集中打好八场标志性重大战役，河长制、湖长制、林长制、湾长制全面推行，省级生态环境保护督察实现全覆盖。坚决守牢经济安全运行底线，加强经济运行调度调节，强化重点企业、行业、地区经济安全风险预警；创新实施“金安工程”，构建金融风险监测防控全省“一张网”。实践证明，底线守不住、守不好，再美好的愿望、再宏伟的目标都无法实现。走在前列、全面开创，必须坚持系统观念，树牢底线思维，增强忧患意识，更好统筹发展与安全，自觉把安全发展贯穿经济社会发展各领域和全过程。