

姚裕贵：寻找性能更优的量子材料

◎ 实习记者 裴宸纬

如何发现和设计性能优异的量子材料？这是北京理工大学教授、物理学院院长姚裕贵钻研了20多年的问题，但他却说“直到今天也才略懂皮毛”。

走进这位凝聚态物理“老兵”的办公室，向里望去，这间办公室最吸引记者的地方是铺满一面墙的书架。除此以外，办公室只有两张吊椅，一张用实验桌改造成的办公桌。“有时在办公室工作到晚上，就睡在吊椅上。”姚裕贵说。他在这间办公室，乐此不疲地研究着外人看起来枯燥乏味的量子材料。

5月12日，物理学学术期刊《物理评论快报》刊发了姚裕贵团队与外国合作者的研究成果，该研究通过实验观测到了镉烯中的量子自旋霍尔态及拓扑相变，证实了他们10多年前的理论预言，为未来设计基于拓扑量子材料的低能耗电子器件提供了可能性。该文被选为该期刊的封面文章并被编辑推荐。同月，姚裕贵被授予北京“最美科技工作者”称号。

新型材料“预言家”“设计师”

如果说物理学是“科学皇冠上的明珠”，那么凝聚态物理无疑是物理学这颗明珠上璀璨的一束光。

“凝聚态物理的研究范围十分广泛。通俗地说，它研究的是构成凝聚态物质中的电子、离子、原子、分子的运动形态和规律。”姚裕贵说，他既研究常见的物质，如平常的半导体材料，也研究不常见的物质，如新型的拓扑量子材料，这些都在他的研究范围内。

姚裕贵通过计算和理论研究的方式研究凝聚态物理。他会从微观原子尺度出发，根据材料的元素构成和原子结构预测其性质，解释其内在的物理机制；或者通过计算机计算的方式不断优化这些材料的功能，使之在更低成本的条件下发作用。

“比如，量子计算机需要在极低温、强磁场等苛刻条件下才能运行。如果我们把拓扑材料和超导材料结合运用到量子计算机的制造过程中，它就可能更高的温度下工作，降低使用成本。我们的工作，就是要证明这种材料在制造上的可行性，为其大规模制造开辟道路。”姚裕贵说。

但鲜为人知的是，被业界称为新型材料“预言家”“设计师”的姚裕贵，在上大学前，竟连研究工具——计算机都没见过。

高中毕业后，姚裕贵出于热爱报考了物理专业。“读大学时，正值计算机在中国普及，我出身农村，上大学前没见过计算机。看到它后，我立刻萌生了自学计算机的念头。”他回忆道。

就这样，他一边学物理，一边自学计算机。在经历了“没有什么挫折”的本科和硕士阶段后，他如愿读了博士，将力学作为自己的主攻方向。

然而，在博士一年级时，本想着能顺利拿下博士学位的姚裕贵，却遇到了难题：他的导师由于种种原因不能继续带他，他不得不更换研究方向。

在博士阶段更换方向，意味着一切要从零开始。“这就好比你已经快爬上一座山的山顶，却又不得不下山，再去攀登另一座高山。当时，我压力很大。”姚裕贵坦言，“当时，我有的同学已经出了很多成果，但我那时还没有任何成果，甚至连方向都没确定。”

怎么办？姚裕贵用两个字给出了答案：“刻苦”。“我当时没想那么多，只想着不能在攻读博士学位的路上半途而

废。”他说，“我将所有精力都投入到了学习上，几乎废寝忘食，总算赶上了同学们的进度。”

寻找低能耗导电材料

如何研发出低能耗、体积小的电子器件，一直以来都是困扰半导体和信息产业发展的难题。一些科学家希望通过优化芯片架构等方式实现这个目标，还有一些科学家给出了一条截然不同的道路：用性能更优异的材料制造芯片。姚裕贵从事的工作之一，便是寻找这种材料。

要寻找这种材料，首先要对低功耗量子效应的物理原理有更加深刻的认识。反常霍尔效应是磁性材料中最基本的输运现象之一，它不仅是诸多低功耗量子效应的物理原理，也是拓扑量子物态的重要基石。然而，在20余年前，凝聚态物理学界只知道反常霍尔效应的几种机制，却并不清楚哪种机制占主导地位，更没人从定量的角度写程序去计算，“因为它太复杂了”。

姚裕贵下决心要啃这块“硬骨头”。他注意到计算机强大的计算能力，决定要编写一个程序计算反常霍尔效应。

“这是一项开创性工作。当时世界上还没人做过反常霍尔效应的计算，我也没有专门学过编程。”姚裕贵回忆道，为了进行这项工作，他分析了10万余行代码，又自己摸索编程平台的用法，熬过了不知多少个日日夜夜。

这个程序，姚裕贵写了近两年。2003年某天，一个灵感忽然闪过，他感觉豁然开朗。程序完成后顺利通过测试，姚裕贵颠覆了当时学界数十年来对反常霍尔效应“外在机制占主导，内禀机制不重要”的传统看法，推动了该研究迅速发展。年轻的姚裕贵也因此凝聚态物理界“小有名气”，他的部分成果还被编入了国外主流教科书。

不过，姚裕贵没有止步于此。他进一步思考：既然明白了原理，能否运用这些原理，在理论上设计出一种低功耗的导电材料？

他首先将目光瞄向了前人研究较多的石墨烯。该领域权威学者曾提出，纯石墨烯中自旋轨道耦合能隙约为毫电子伏特量级，但姚裕贵大胆质疑这一点，通过深入的理论分析和精确计算，发现石墨烯的自旋轨道耦合能隙约为微电子伏特量级。

“如果在这个尺度上做实验观测量子自旋霍尔效应，你会发现怎么也观测不到。”姚裕贵说，“后来别人的研究也同样表明石墨烯的自旋轨道耦合能隙确实很微小。”微电子伏特量级比毫电子伏特量级整整低了3个数量级，这意味着若以石墨烯材料作为低功耗导体材料，需要将它置于极低的温度下运行，这不具备可行性。

“我们希望这种材料及量子自旋霍尔效应能够在更高的温度下运行，这就需要这种材料具有起伏的结构和更大的原子自旋轨道耦合强度。”姚裕贵将目光投向了类石墨烯材料。2011年，姚裕贵等人在国际上首次指出类石墨烯材料——硅烯、锗烯、锡烯是二维拓扑绝缘体，并预言了它们拥有更大的能隙。如果预言被证实，就意味着类石墨烯材料有成为低功耗导体材料的可能。

这个预言，在12年后——2023年才被部分证实。姚裕贵这一等，就是12年。

12年中，许多人曾对这个预言表示质疑，但姚裕贵始终坚定信念。

为基础研究创造更好环境

姚裕贵常说，他所从事的基础研究工作，是在“打地



姚裕贵正在给学生上课。

受访者供图



基础研究出成果慢且有很强的不确定性，可一旦有成果，就可能产生颠覆性影响。做基础研究需有甘坐“冷板凳”的精神，要持之以恒。

姚裕贵

北京理工大学教授

基”。他认为，基础研究出成果慢、研究周期长、有很强的不确定性，常常需要坐数年的“冷板凳”，可一旦有成果，就可能产生颠覆性影响。“做基础研究需有甘坐‘冷板凳’的精神，要持之以恒。”他说。

但姚裕贵也理解如年轻人所面临的压力。“年轻人面临着很大的生活和学业压力，也渴望找到自己的位置。”他说。

这些年，身为北京市政协委员的姚裕贵一直在奔走呼吁，希望为投身基础研究的年轻人创造更好的环境。“我认为，社会应该对科学家和科学研究有更高的容错度。”他表示，物理学、乃至所有基础学科和基础研究，需要全社会的理解与支持。

为此，姚裕贵一直在推动北京理工大学物理学院作为全国科普教育基地的建设工作。“科技创新和科学普及是实现创新发展的两翼。我希望通过这种科普，提升全民科学素质，让民众理解科学家的工作，同时吸引优秀人才。”姚裕贵亲自挂帅，担任该科普基地主任，并试图将科普教育融入现在的本科生和研究生教育中。迄今为止，北京理工大学物理学院科普基地已举办各类公益讲座百余场，服务线上线下公众200多万人次。

谈到未来，姚裕贵充满干劲。“干我们这一行，一般都是活到老、学到老，到死，我也不例外。今后几年，我希望在量子材料领域取得更大突破。”他说。

张永海：让塑料“软黄金”实现中国造

卓越工程师

◎ 通讯员 李志强

凯莱山江·阿布都加帕

本报记者 朱彤

7月31日，独山子石化公司聚烯烃一部副总工程师张永海像往常一样，密切关注全密度一线分布板的运行情况，最大限度降低其对上游乙烯装置负荷的影响。因为精神太过集中，他丝毫没有察觉记者已走到身边。

同事们都说：“关键时刻有他在，我们



张永海在产品取样口查看产品质量。
李秦摄

都很放心。”

张永海出生在辽宁省抚顺市，小时候经常听父亲讲“铁人”王进喜的故事，从小便立志要做一个像王进喜那样的石油人。

工作13年来，他从一名普通操作工成长为公司青年科技创新带头人，先后荣获新疆维吾尔自治区青年岗位能手、独山子石化公司劳动模范等称号。今年，他又获评中国石油化工集团有限公司第十二届“十大杰出青年”。

车间通过全岗考试第一人

2010年8月，从辽宁石油化工大学毕业的张永海，走上独山子石化聚烯烃一部全密度聚乙烯装置聚合岗位。作为新职工，他对很多技术都不熟悉，经常只能在一旁看着老员工们操作。

“不懂就学嘛。”张永海开启了“疯狂”学习模式，上班跑流程，下班学理论，见人追着问，小本不离身。那两年，他把所有业余时间都用在在了学习上。

凭借“不懂决不罢休”的劲头，张永海用最短时间掌握了整套装置各岗位的技能，成为车间通过全岗考试的第一人，是名副其实的“技术大拿”。

凭着这股劲头，工作仅4年，张永海就作为独山子石化公司的技术专家，赴中国石油化工有限责任公司聚乙烯装置执行开工指导任务，使装置一次性开车成功。2021年，他又作为独山子石化公司全密度开工队领队，赴塔里木石化分公司执行原始开工任务，连续45天奋战在项目驻地，实现一次性开车成功。

从零起步研发茂金属产品

茂金属生产工艺被称为化工行业的“殿堂级技术”。茂金属产品性能好、附加值高，被誉为塑料中的“软黄金”，是高端聚烯烃市场上的抢手货。国内同类产品大量依赖进口且价格昂贵，不少石化企业曾尝试工业化生产茂金属，但因生产难度大，大都难以实现。

“我们就是干这个的呀！外国人行，我们怎么就不行？”2015年，张永海及其团队打起了茂金属“攻坚战”。200多个日夜、70余版技术方案……在经历了反应器堵床、聚合换热器堵塞等重重考验，进行了18项优化技改项目后，他们终于突破了茂金属生产的技术壁垒。2018年7月，独山子石化公司成功研发出2个体系、5个茂金属产品。

紧接着，更大的挑战摆在了张永海的面前。为了降低生产成本，公司希望实现茂金属产品不同体系之间的连续转产，而这在国际上没有先例。面对难题，张永海带领团队骨干成员根据已有的生产经验，将每个转产节点和关键参数合理化，研究出适应实际生产工况的最佳数据，然后再讨论、优化……

最终，他们实现世界首次不同催化剂茂金属产品的连续转产，并且转产时间由56个小时缩短至6个小时。这项技术成果不仅节省了原料，还为公司相关装置节省了300多万元的检修费用。

除了啃下茂金属“硬骨头”，张永海还带领团队研发了铬系高阻隔膜、中空料等11个牌号的新产品，打破了国外技术垄断。2020年，张永海参与了“PE-RT管材专用料

开发”“降低停工物料损失”等技术项目，相关成果获得独山子石化公司科技攻关一等奖和中国石油集团公司科技进步成果二等奖。

勇当提质增效开路先锋

近年来，为了落实公司提质增效、低成本发展的战略举措，张永海带领团队成员从转产优化、增产降耗、三剂优化等方面深挖装置潜能。

由张永海牵头挂帅的12个技术项目，提质增效显著，年均增效4500余万元。2021年，他所在部门负责的5条树脂生产线创造了非计划停工为零的历史最高纪录，全密度装置铬系、BMC（团状模塑料）产品不断刷新使用纪录。

2022年一季度，茂金属产品市场活跃。为了抓住销售最佳时机，张永海率领团队成员仅用了3个月就高质量完成了6个月的生产加工任务。在转产过程中，由于新疆冬季气温偏低，茂金属聚乙烯物料流动性较差，取样口常出现外观酷似“爆米花”的粒料。这些“爆米花”在出料时如果脱水不彻底，极易造成旋转载和料仓底部冻结、粒料无法输送。

为了减少“爆米花”出现的数量、延长挤压机长周期运行的时间，张永海提出人工提前干预的办法。他和几名同事站在狭窄的膜板前，用两天时间，人工疏通了4800个膜孔，提前完成了茂金属的生产加工任务。

作为扎根一线的新时代石油青年，张永海表示，未来他要不断发挥自身技术优势，带动更多青年积极投身于保障国家能源安全的实践中，为打破国外高端化工产品领域技术垄断贡献青春力量。

用好第一资源

北京出台18条举措

助力高技能人才队伍建设

科技日报讯（记者华凌）记者7月31日从北京市人力资源和社会保障局获悉，北京市人民政府新闻办公室与市人社局、市教委、市经信局、市国资委和市总工会联合召开新闻发布会，发布《关于加强新时代首都高技能人才队伍建设的实施方案》，集中推出18条工作举措，健全高技能人才培养、使用、评价、激励制度，计划到“十四五”期末，实现首都技能人才占就业人员的比例达31%，高技能人才占技能人才的比例达35%。

北京市人社局副局长吴晓军介绍，实施方案围绕高技能人才培养、使用、评价、激励等环节，提出18条工作举措。在培养方面，以市场需求为导向，强化政企社协同、产教训融合，在重大工程项目招投标、评优和资质评估工作中将高技能人才配置状况作为重要考量因素，全面推行企业新型学徒制，实施急需紧缺高技能人才培养工程。

在使用方面，着力激发用人单位内生动力，强化技能贡献激励导向，优化稳才育才引才机制，符合条件的优秀高技能人才可直接办理人才引进。在评价方面，围绕企业需求健全评价机制，建立“八级工”职业技能等级（岗位）序列，推动以技能人员为主体的大型企业全部纳入自主评价机构目录，全面推进社会化职业技能等级认定。

在激励方面，着力破除制约高技能人才发展的瓶颈障碍，加大评选表彰力度，积极推荐高技能人才享受政府特殊津贴，推动实现劳动者个人奋斗与新时代首都发展同频共振。在组织保障方面，合理安排就业补助资金、人才经费、教育经费、行业产业发展经费等各类专项资金，企业要按规定足额提取并使用职工教育经费，60%以上用于一线职工教育和培训，落实企业职工教育经费税前扣除政策。

截至目前，北京市技能人才总量为340万人，占就业人员的比例为30.4%；高技能人才总量为115万人，占技能人才的比例为33.8%。

奋进者

二十年驻岛寻虫踪迹

青年科学家守护粮食安全

◎ 新华社记者 袁敏

凌晨4点，山东省烟台市长岛县北隍城岛的一处平房响起闹钟，硕士研究生陈玉龙闻声起床，裹上大衣匆匆出了门。

门口不远处，一架高约2米的诱虫灯透过浓浓的海雾发出亮光。陈玉龙一下子托住诱虫灯下方的白色尼龙袋，熟练地将数百只飞虫收入袋中并收紧袋口。他冲师姐周燕得意地扬手示意：“看，今天又是‘好收成’！”

周燕是中国农业科学院植物保护研究所博士后，自2017年起每年在长岛迁飞昆虫科学观测试验站开展6个月的昆虫观测。陈玉龙是她的师弟。

“虫子都是在晚上迁飞，得赶在日出前收虫。虫子啥时候活跃，我们就啥时候活跃。”周燕笑着向记者解释，并把新诱获的虫子连同袋子放进实验室的冰柜，那里面冷冻着200多种迁飞昆虫。等到白天，周燕将和同事们一一分拣，准确记录下每种昆虫的数量，并将其中有价值的制成标本供后续研究。

周燕告诉记者，现在岛上共有6名硕博学生，正在进行间天探虫工程，即迁飞害虫的监测与阻截诱捕防控农业重要害虫的科学研究。

迁飞性害虫的频繁暴发是影响我国农牧业稳产丰产的主要因素之一。北隍城岛位于渤海咽喉，是昆虫季节性迁飞的必经之路。2003年，中国农科院植保所在北隍城岛建设长岛迁飞昆虫科学观测试验站，主要研究棉铃虫等农业害虫的迁飞行为以及监测预警技术与控制策略等。

20年里，先后有近60名硕博青年学子长期驻岛科研，持续记录着迁飞虫类一手监测信息，还在这个面积仅2.72平方公里的小岛上建立了世界领先的昆虫雷达监测站，实现了对空中迁飞昆虫的精准识别与数据监测。

“刚建站时，我们借用了当地渔民一个废弃的小院子，4个人挤在农家炕上睡觉。”最早进驻北隍城岛的博士研究生封洪强回忆，“依照当时的雷达条件，我们得在傍晚爬上山顶，开始运转扫描雷达，分析昆虫迁飞数据，连续工作十几个小时，一直到日出才结束。”

“现在，我们的雷达性能在自动化程度、探测精度方面有了显著提升，能够对监测空域内的昆虫目标进行全天候、全天时、多模式的快速探测。”驻岛博士张浩文说。

记者随张浩文来到北隍城岛西山上的X波段高分辨率扫描昆虫雷达处，看到只需鼠标轻轻一点，虫群数量、飞行高度、昆虫体型大小、爬升降落行为都即刻呈现在屏幕上。“这些数据会实时传输至全国昆虫雷达联网平台里，遇到迁飞虫峰第一时间自动预警提示。”他补充道。

中国农科院党组书记杨振海介绍，20年来，试验站研发的昆虫种群迁飞精准模拟与预警技术、迁飞性害虫区域立体防控新策略等研究成果直接服务于重要农区的害虫预警信息发布和统防统治，对保障我国粮食安全和农业生物安全具有重要意义。

周燕和同事们在建站20周年之际迎来喜事——期待已久的新实验站正式竣工，他们的科研条件将更便利，设备也更先进。

周燕告诉记者，新大楼正式启用那天，驻岛学生们聚在一起吃了顿“大餐”，虽然只是普通的农家菜，大家却吃得格外开心。席间大家一起许下诺言：“如今二十年驻岛奋斗的接力棒传到了我们手里，我们要继续扎根海岛，共同守护国家粮食安全。”