



高波实验室团队

高波：温度再低一点，精度再高一点



高波 中国科学院理化技术研究所正高级工程师，中国科学院理化技术研究所-法国国家计量院计量科学与技术联合实验室副主任。主要从事低温温度计量研究。现为国际温度咨询委员会接触测温分会特邀专家，“973”项目负责人及首席科学家。

如果不是5年前的那次要去葡萄牙参加国际温度大会，如果不是在航班上与一位同行资深专家的深谈，高波也许不会像现在这样惊喜地发现，自己在低温测量理论研究领域推开的这扇门，将会打开一个多大的世界。

作为一位新妈妈，那时的高波本想找份安稳的职位，但到了低温计量站熟悉工作之后，她才发现，我国在极低温计量领域与国际同行间还有较大差距，有很多工作需要做。表面文静的高波内心那种不服输的劲头又被点燃了。“做极低温计量领域的基础研究虽然困难重重，举步维艰，但总得有人去面对，去付出”，高波说。

高波所指的极低温是指氦三相点温度（ $-248.5939^{\circ}\text{C}$ ）以下的温区，该温区素来被称为“诺奖摇篮”，至今已有30余项诺贝尔科学奖成果来自极低温区，而极低温区的高精度测、控温技术是相关重大科学成果的关键保障。

当前，深空及暗物质探测、核聚变装置与大型强子对撞机等 50% 以上的大科学装置，均严重依赖极低温区基准级测温技术以及基准—标准—应用级的温度量值传递体系。目前，极低温区基准级高精度测温（测量精度 < 1 mK）依然是世界性难题。遗憾的是，我国还未建立极低温区基准级温度测量系统，更未参与国际温度标准制定，无法实现自主温度量值传递。“一带一路”沿线许多国家也都面对着极低温区温度量值源头受限的窘境。

迫不得已，用于“温度传递”的标准温度计需要定期送至发达国家的基准实验室进行校验，并且这个过程非常容易受国际形势影响，因而受制于人，严重影响我国科技创新战略的实施。更糟糕的是，国内仅存的 7 支标准温度计还面临老化的现状，而仅欧洲大型强子对撞机（LHC）这一个大科学装置就要用掉 6 000 支标准温度计。为此国内很多极端条件下的关键测、控温传感器，只能拿到发达国家基准实验室排队等待一两年甚至更长时间标定，非常被动。可见极低温区基准级高精度测温技术对于我国来说是一个真切急迫的“卡脖子”技术。

法国国家计量院（LNE）是极低温区领域的国际权威计量研究机构。高波第一次参加国际温度大会，遇见了法国国家计量院的 Laurent Pitre 教授，“他是一个纯粹的科学家，也是个工作狂。当我跟 Laurent 交流的时候，他很感动，没有想到在中国还有年轻的科技工作者对基础理论研究感兴趣，很热情地邀请我去他的实验室做研究。”

与高波同行的一位国内专家建议她把握好这难得的机会，起码去 Laurent 的实验室看看。“那位老师告诉我，Laurent 是个天才，他在科学问题上很开放，喜欢竞争和分享。那位老师还说，参观完 Laurent 的实验室，只恨自己不是做低温研究的，不能与这样的大科学家共事。这句话深深地打动了我。”

在 Laurent 实验室的那段时间，高波出色地完成了搭建极低温区声学基准测温装置的任务。Laurent 在验收时，即激动又惊讶。以往每次搭建完成某种装置的时候，总是存在这样那样的问题，而高波一次性完美通过，让 Laurent 惊喜异常，当场表示：即便高波今后在中国拿不到资助，也一定要跟她开展合作研究。听到这番话，高波当时就难以自抑地哭了，在异国他乡，中国科研人员靠着努力拼搏和勤奋钻研，用漂亮的工作赢得了国际同行的尊重和认可。

国际温标建立 90 余年来，国际温度咨询委员会分别于 1927 年、1968 年和 1990 年先后 3 次进行过温标赋值定义。而在不久的将来，新一代的国际温标赋值马上就要开展。高波和 Laurent 钻研琢磨了现有各种方法的利弊，首创了定压气体折射率法，目前这种方法已经被国际温度咨询委员会纳入草案，列为“极低温区第四类基准测温新方法”。理论上这种方法的测量精度要比现有技术提高 30%，有望冲击世界最高水平。这是我国科研人员首次参与到极低温区国际温标赋值研究工作中，实现了国际温标建立 90 年来我国在该领域零的突破。

新方法在理论上虽然已被国际认可接纳，但如果没有实验数据的支撑，只能变成手册上单薄的“教条”，更不可能拥有真正意义上的国际话语权。高波这时候亟需实验装备来实现这个即将改写教科书的创新理论，可是没有资金，她着急的睡不着觉。正一筹莫展时，中国科学院理化研究所所长张丽萍和副所长、中国科学院低温工程学重点实验室主任罗二仓伸出援手，向中国科学院国际合作局汇报了极低温基准建设的重要性及紧迫性。国际合作局通过中国驻法国使馆科技处协助，在充分调研合作重要性的基础上，先行资助“国际伙伴计划”500 万元人民币。这让高波一下子就“回过血”了，立马利用这笔经费开展了初步的实验研究。“我用最快的时间联系加工实验用的准球腔，尽可能快地搭建出原理装置。因为只有产出了实验数据，才能把这种方法整体打包推向国际温度咨询委员会，才有机会在国际温标赋值过程中占据一席之地。”

随着研究的深入，高波逐渐认识到，要想做到国际领先水平，需要有更多优秀人才加入，更好的科研平台



高波（左三）与国际温标制定人英国国家物理实验室 Richard Rusby 教授（定容法国际权威，左二）、法国计量院 Laurent Pitre 教授（声学法国际权威，左一）讨论国际比对方案

支撑。没有任何相关经验的高波，又开始为了自己坚持的梦想去奔波和呼吁。2017年，在各级领导和业内前辈们的支持下，高波所在的中国科学院理化研究所联合法国国家计量院、英国国家物理实验室、德国联邦物理技术研究院，以及西安交通大学、北京航空航天大学 and 北京石油化工学院，申请并获得了国家重点研发计划战略性新兴产业国际创新合作重点专项的资助。

在有了新团队和项目支持后，中国科学院理化研究所再次给高波注了一针强心剂——为了项目尽快展开，罗二仓研究员主动把自己的实验室让出来，给高波团队提供了位于廊坊园区的102平米的实验室。2017年12月6日拿到钥匙，马上就紧锣密鼓地开工，装修，搭建实验装备。在此期间，高波所在公共技术服务中心主任孟祥敏研究员给了大力支持。高波把所有时间都扑在了实验室上，“我一直持续工作到腊月二十九才回家。大年三十那天，整个后背发麻，怀疑自己得了心梗。去医院检查后大夫说，你是太累了，睡两天就好了。于是，就趁着这‘机会’老老实实在地休息了3天。”

2018年9月3日，由国际计量技术联合会（IMEKO）主办的“第22届IMEKO世界大会”在英国召开。高

波团队展示了极低温测温新方法的研究进展，该墙报从560篇文章、24个专业委员会中脱颖而出，获得大会 György Striker Junior Paper Award，这也是中国科学家第一次荣获该奖项。高波说：“我没想到会拿奖，温度其实只是24个专业委员会中不算大的一个领域。本来这个奖应该发给35岁以下的青年工作者，我也向评委会如实告知我已经超龄了，应该颁给需要的年轻人。但主席认为我做的工作可以忽略年龄，评委会也一致通过。之前日本学者已经获过3次奖，但这是我们国家第一次获奖，也是温度专业领域第一次获奖。获奖后有个评委对我说，高波，你知道吗？我们进行了三轮评审，最终才确定获奖者。尽管我们都不认识你，但是这样出色的工作令你们无法不胜出。”

做基础研究工作没有那种所谓的“钱途”，高波对自己的研究领域是发自内心地热爱，还有沉甸甸的使命感，因为所做的工作使中国人在这个领域得到国际认可。2017年，高波被国际温度咨询委员会接触测温分会遴选为“特邀专家”（全球共5位，极低温区领域只有1位）；2018年，高波被亚洲科学院（AASSA）遴选为“亚洲杰出青年女科学家”中国代表（每个成员国仅有1位）。

高波说：“现在除了美、英、法、加、日等发达国家，其他国家都没有建立自己的极低温区温度量值传递体系，很多关键实验都受制于人。如果我们能够建立极低温区基准测温装置，成为新一代国际温度标准的制定者，那么就能为‘一带一路’沿线国家提供极低温区温度量值源头，这些国家自己的科技发展其实是非常需要的。”

“在大国崛起的时候，如果一个年轻人能做一点有担当的事情，对国家崛起有益的工作，这是值得荣耀一生的事情”，高波说，“我就想温度再低一点，精度再高一点，朝着接近绝对零度的方向去探索努力，这是我一生要为之奋斗的目标”。

■ 采写：张帆