

“你了解激光雷达吗？”

“你以后有信心造出来吗？”

2006年秋天，在兰州大学跨专业保研考核的现场，2003级兰大物理科学与技术学院本科生黄忠伟正在接受大气科学学院保研考核。他对面坐着的是该校大气科学学院教授黄建平。

问及当初为何从物理学院选择学生时，黄建平解释：“黄忠伟是学物理的，对雷达方面的研究非常感兴趣。自己培养人来造雷达并开展气象研究，不仅可以解决国外垄断激光雷达的问题，还能拓展新的研究领域。”

近日，由黄建平、黄忠伟领衔的雷达智造团队建设的“一带一路”激光雷达观测网一若羌站揭牌，这标志着该雷达观测网国内段7个站已全部建成。而此时，黄忠伟的身份早已从兰大研究生变为兰大教授。

拿着螺丝刀，就把150万元的雷达拆了

在大气研究领域，兰州大学在2006年以前用的是地面仪器，在2014年以前用的是从国外进口的一台米射激光雷达。

激光雷达能够收集到距地表几十公里范围内大气中的污染物、水汽和云的分布情况的观测数据。当前，我国在全球气候变化、环境污染、空间环境监测等领域都对激光雷达技术有迫切的需求，但是一直依赖进口国外的高成本产品，严重制约我国相关领域的进一步发展。

不仅造价昂贵，国外激光雷达功能还有限，一般只能测到少数波段，信号分析源少，且普通雷达还无法准确测出固体颗粒物的浓度与成分。同时，这些高精度仪器很难适应气候干、温差大、颗粒物浓度高的西北地区干旱半干旱气候条件，常常显现出水土不服的情况，以致不能正常使用。

“之前了解的都是军事雷达，我从没想过有一天自己能造出激光雷达。”黄忠伟回忆道。

通过保研考核后，黄忠伟收拾好自己的行李，像其他保研本校的学生一样，前往城关校区完成毕业论文。此时，他接到黄建平的电话：“你不要到市区来了，直接上萃英山顶。”

萃英山顶上坐着当年刚建成的兰州大学干旱气候与环境观测站。在这里，黄忠伟不仅第一次接触到了激光雷达，还把它拆了。

150万元人民币，是2006年初从美国购买一台激光雷达的价格。2007年，这台架在萃英山顶的激光雷达出现故障，黄忠伟拿着一把螺丝刀就把它拆了。

“黄老师见了，说我胆子真大。周围都是本科学大气的同学，他们都不敢拆这么贵的机器。我本科是物理专业，四年都在做力、热、光、电的实验，凡是仪器坏了都习惯拆开看看。拆了还真不一样，学到了不少东西。”黄忠伟说。

2009年秋，在黄建平的协调帮助下，黄忠伟前往日本东北大学接受联合培养。他此行的目标很明确，就是要把激光雷达技术学到手。在日本，黄忠伟不仅学习到了激光雷达技术，还掌握了额外的一项“超能力”——荧光多波段测量。当时这方面的相关研究很少。

“还记得在日本期间，我凌晨5点还在空无一人的实验室测量荧光，只听见窗外乌鸦的叫声。”

2011年，黄忠伟学成回国，在兰州大学组建了激光雷达实验室。2014年1月，在这个小小的两间总面积不到40平方米的“雷达加工车间”，诞生了我国第一台多波段拉曼—荧光激光雷达，并成为生产其他雷达的参考标准。

勇拆雷达的「追光」人

■本报记者温才妃 通讯员许文艳李晖

在兰州大学干旱气候与环境观测站，黄忠伟不仅第一次接触到了激光雷达，还把价值150万元的激光雷达拆了。周围的同学都不敢拆这么贵的机器。而黄忠伟的习惯则是，凡是仪器坏了就拆开看看。拆了还真不一样，他学到了不少东西。



▲黄忠伟团队在兰州大学观云楼讨论设计方案并组装雷达。



▲兰州大学城关校区装有雷达的白色观测箱发出的激光。

有硬件设计、算法开发，还有后期应用

6年间，他们先后制造了14台激光雷达。如今，在兰州大学激光雷达大气遥感实验室，摆放的两个大小不一的“黑箱子”就是第二代多波段拉曼—荧光激光雷达。

“每台雷达就像一个小婴儿一样，制造出来很不容易。从最开始用SolidWorks软件画图设计，到对购买来的一个个零配件进行组装调试，都是一步一步亲手做出来的。”黄忠伟说。

“一台激光雷达有100多个零部件。为了提高反演算法的精度，提高雷达的性能，每个零部件黄忠伟老师都要求我们出2至3个方案，哪怕是一个小小的镜架设计都要开会讨论。他细心谨慎，常常从多角度考虑问题。”团队科研助理李武仁说。

如果把单波段激光雷达比作给大气中的颗粒物拍摄照片，拍出来的照片只是平面的；多波段激光雷达就像是拍摄多维度全景照片，让人们可以看到大气颗粒物的不同侧面，测出的大气数据更加全面、立体、精准。

在多波段拉曼—荧光激光雷达被研制出来之前，市场上已经有了多波段激光雷达、拉曼激光雷达和荧光激光雷达。但是，真正把“多

波段”“拉曼”“荧光”这些不同元素组合在一起并非像“1+1+1=3”这样简单，而是需要克服它们之间各种相互干扰，反复试验才能选出最优组合的多波段拉曼—荧光激光雷达，真正实现大气气溶胶全荧光光谱的精细探测。

如果说硬件技术比作雷达的躯干，反演算法则是雷达的大脑。好的硬件提供优质的信号，好的算法计算出精准的数据，二者相辅相成。

深知让兰大智造的激光雷达发挥更大作用和效能的关键所在，因此，从日本学成回国后，黄忠伟和团队成员还一直致力于新反演算法的研发。市场上没有现成的相关反演算法的数据采集控制软件，黄忠伟团队通过自主编程写代码，提高反演算法精度。

“既有硬件设计、算法开发，还有后期应用，我们整个研发产业链是完整的。”黄忠伟说。

如今，几乎每个夜晚，兰州大学城关校区12号学生公寓附近，几个白色铁皮箱发出道道绿光，铁皮箱上写着——拉曼偏振激光雷达。过了没多久，这些白色铁皮箱将会搭乘中欧班列，前往塔吉克斯坦和巴基斯坦。

未来，更多激光雷达将通过装配运输的方式被送往“一带一路”沿线国家。一带一路，点点绿光串联起来，编织成一张跨越上万公里的激光雷达观测网。

黄忠伟补充道，目前激光雷达的生产还未达到批量生产的程度，自制雷达主要出于自身科研需要，同时也进行了专利的转化应用。

不止于此，这些激光雷达还从兰州走出了国门……

“一带一路”激光雷达网，你敢不敢建？

2017年，这是黄忠伟和黄建平的又一次对话，距离上次保研考核已经过去十年。““一带一路”激光雷达网，你敢不敢建？”黄建平问。

“咱就做呗，就是多加点班。”其实当时刚博士毕业5年的黄忠伟心里也没底。要知道2017年前，激光雷达都是被当作“瓷娃娃”摆在实验室里，要想走出实验室到“一带一路”去，涉及研发、工程、沟通多方面的问题。

“我很佩服黄忠伟老师，他胆子大、想法创新。要不是他尝试，一开始雷达连实验室都走不出去。”李武仁说。

激光雷达属于精密的光学仪器，对电力、网络和环境温度的稳定都有很高的要求，不满足要求的话，价格百万元人民币的激光雷达就可能面临报废的风险。

当团队成员对激光雷达走出实验室都心存顾虑时，黄忠伟主张，只有把激光雷达布出去，才能发现问题、解决问题。制造装配式激光雷达，让雷达“进箱子、走出去”的方向才正式确定了下来。

在零下20摄氏度的乌鲁木齐环保局楼顶上，黄忠伟团队一起守着第一个布出去的雷达20多天。这次经历为他们日后研究装配式激光雷达提升了保温性能、加装了续航电池、安装了停电报警系统，进而为提升它对外界环境的适应力积累了经验、打下了基础。

解决了激光雷达走出去的问题，下一步就是如何让它走得更远了。

在黄忠伟办公室的墙上，贴着一张“一带一路”激光雷达观测网的全景地图。它东起兰州，西至阿尔及利亚，共14个站点，跨越直线距离8000多公里，可获得全球干旱半干旱区的大气监测整体数据。红旗标注的是已建成的站点，黄旗标注的是将要建设的站点。

““一带一路”激光雷达观测网的建设具有科学研究、人才培养、国际合作这几方面价值。”黄忠伟说。通过部署激光雷达观测网可以追踪“一带一路”沿线大气中沙尘的来源，分析高空沙尘的走势，有利于更加了解我国沙尘天气的成因。

中方提供激光雷达和相关检测设备，“一带一路”国家提供场地环境，双方加强国际合作。“2019年我们还先后邀请了塔吉克斯坦科学院乌马罗夫物理技术研究所、巴基斯坦白沙瓦大学的5个青年专家来校访问，培训他们，回国之后他们也会对“一带一路”雷达站进行设备的维护。”黄忠伟说，“巴基斯坦白沙瓦大学还计划建立一个大气科学学院，希望我们这边提供师资进行授课。”

然而，空有一腔热血远远不够。贺敏强在正式成为大学教授前，还前往母校镇江市第一中学进行了为期一年的基层锻炼。他没有想到，竟和从前学生时期严肃得出了名的“金牌”教师陶林成为了同事。

“某些知识点一定要讲到，差一点都不行……”陶林极其严谨的教学态度，不容一丝错漏，对作为教学初学者的贺敏强来说受益匪浅。

“人们常说，兴趣是学好一门课最好的老师。我却认为，老师也是最好的兴趣源泉。”在贺敏强看来，两位启蒙老师一位教会了他修炼艺术，一位教会了他磨练技术。“老师对我的影响是巨大的，我希望我对我的学生亦如是。”

化身“微表情大师”了解反馈



杨宗银（左）在实验室做科研。

“假如我是学生，我能听得懂吗？”贺敏强经常反问自己。在教学生涯中，贺敏强经常遇到一些学生，将学习有机化学比作“登天”。如何在课堂上让学生提得起兴趣、抓得住重点、理得清思路，便成了他一直追寻的方向。

“贺老师的课堂不只是‘我教你听’，是‘听、说、读、写’要求样样精。”江苏大学本科张黔会这样形容贺敏强的课堂。

“不妙！你们的表情告诉我：没听懂，那我再讲一遍！”听着贺敏强的自言自语，学生总是笑倒一片。90分钟的课堂上，贺敏强经常化身成一位感情充沛的大师，通过“读取”学生的细微表情来了解其接受、反馈情况。若发现学生嘴角或眼神里不自觉露出微笑，贺敏强便立时高兴得不得了。

“看着贺老师在课上因我们时而流露出满足，时而流露出无奈，课堂气氛都生动了起来。”张黔会感到，这样的课堂充满了理性思考，也充盈着情感温度。

贺敏强的教学课件有一套自创的情感系统，不同颜色标记代表不同的学习目标。相应地，在课上，备上至少黑、红两种颜色的水笔记笔记，便是贺敏强对学生提出的重点要求。相比通读全书，在有限的时间里帮助学生区分和掌握教材里的重点、难点，是贺敏强向课堂要质量的又一方式。看到那些笔记工整得堪比印刷，贺敏强就觉得特别欣慰。

什么样的老师可称之为好老师

“本科期间要打牢基础，基础不好，后续研究想进一步登天，不符合客观规律；研究生期间要独立思考，认识到正、误之缘由，才能在前人工作的基础上有所发明创造。”除了思考如何讲授，贺敏强更注意在教学过程中传授学生为人之道、为学之道。

说起自己本科期间的专业课老师、研究生期间的导师贺敏强，博士毕业后留校任教的江苏大学教师孟敏佳十分感慨。研一有机聚合实验，孟敏佳连续做了3个月一直聚合不成功，这让她尝尽了灰心的滋味。“化学的乐趣就在于探索未知。在不断试错与坚持之中，获取成功的果实才更甜。”贺敏强云淡风轻的劝慰，格外安抚人心。查阅文献、列问题、组会讨论、明晰方向……孟敏佳沉下心来，最终尝到了胜利果实。

如今已成为硕士生导师的孟敏佳也常对学生说：“科研中遇到的最大敌人，不是研究本身，而是自己。能否拥有平常心、克服迎面而来的困难是关键。”什么样的老师可称之为好老师？贺敏强说：“好老师千千万，但如果能够到学生的喜欢，一定是对老师最大的肯定。而如果能够对学生的生活再产生些许影响，则是对老师更大的褒奖。”

师者



■本报通讯员 高雅晶

“起初觉得有机化学晦涩难懂，现在觉得特别有意思！”正在准备有机化学方向的考研复习，打算未来从事有机化学研究工作。“……时不时地，江苏大学化学化工学院教授贺敏强总会“摸底”一番，了解学生的思想学习动态。看着更多学生爱上有机化学，甚至准备走上有机化学研究的道路，贺敏强很满足。

瑞典著名化学家舍勒曾说，世间最大的快乐莫过于发现世人从未见过的新物质。对贺敏强而言，最快乐的事就是带领学生畅游在化学的世界里，尽情畅想化学创造的无限可能。

老师也是最好的兴趣源泉

“有机化学对我来说充满了乐趣，我想与学生一同分享这份乐趣。”一直负责《有机化学》《有机化学实验》《现代有机合成》等课程教学的贺敏强，提起有机化学欢喜之情总是溢于言表。而这欢喜实际上源自他的两位启蒙老师。

1981年，在江苏师范学院（现苏州大学）化学系读大学本专业的贺敏强在老教授周湘寅的有机化学专业课上，第一次以一名师范生的身份体会到，教学是一门艺术。“周教授的课堂仿佛为我们绘制了一张‘寻宝图’，既给了提示，又让我们通过思考找寻这座‘知识的宝库’。”这样鲜活而自成节奏的课堂，贺敏强着实震撼，也被深深吸引。

在大学四年的熏陶下，贺敏强对有机化学“情有独钟”。“从那时起，我就立志要成为一名有机化学专业课程的教师。”

然而，空有一腔热血远远不够。贺敏强在正式成为大学教授前，还前往母校镇江市第一中学进行了为期一年的基层锻炼。他没有想到，竟和从前学生时期严肃得出了名的“金牌”教师陶林成为了同事。

“某些知识点一定要讲到，差一点都不行……”陶林极其严谨的教学态度，不容一丝错漏，对作为教学初学者的贺敏强来说受益匪浅。

“人们常说，兴趣是学好一门课最好的老师。我却认为，老师也是最好的兴趣源泉。”在贺敏强看来，两位启蒙老师一位教会了他修炼艺术，一位教会了他磨练技术。“老师对我的影响是巨大的，我希望我对我的学生亦如是。”

化身“微表情大师”了解反馈

“假如我是学生，我能听得懂吗？”贺敏强经常反问自己。在教学生涯中，贺敏强经常遇到一些学生，将学习有机化学比作“登天”。如何在课堂上让学生提得起兴趣、抓得住重点、理得清思路，便成了他一直追寻的方向。

“贺老师的课堂不只是‘我教你听’，是‘听、说、读、写’要求样样精。”江苏大学本科张黔会这样形容贺敏强的课堂。

“不妙！你们的表情告诉我：没听懂，那我再讲一遍！”听着贺敏强的自言自语，学生总是笑倒一片。90分钟的课堂上，贺敏强经常化身成一位感情充沛的大师，通过“读取”学生的细微表情来了解其接受、反馈情况。若发现学生嘴角或眼神里不自觉露出微笑，贺敏强便立时高兴得不得了。

“看着贺老师在课上因我们时而流露出满足，时而流露出无奈，课堂气氛都生动了起来。”张黔会感到，这样的课堂充满了理性思考，也充盈着情感温度。

贺敏强的教学课件有一套自创的情感系统，不同颜色标记代表不同的学习目标。相应地，在课上，备上至少黑、红两种颜色的水笔记笔记，便是贺敏强对学生提出的重点要求。相比通读全书，在有限的时间里帮助学生区分和掌握教材里的重点、难点，是贺敏强向课堂要质量的又一方式。看到那些笔记工整得堪比印刷，贺敏强就觉得特别欣慰。

什么样的老师可称之为好老师

“本科期间要打牢基础，基础不好，后续研究想进一步登天，不符合客观规律；研究生期间要独立思考，认识到正、误之缘由，才能在前人工作的基础上有所发明创造。”除了思考如何讲授，贺敏强更注意在教学过程中传授学生为人之道、为学之道。

说起自己本科期间的专业课老师、研究生期间的导师贺敏强，博士毕业后留校任教的江苏大学教师孟敏佳十分感慨。研一有机聚合实验，孟敏佳连续做了3个月一直聚合不成功，这让她尝尽了灰心的滋味。“化学的乐趣就在于探索未知。在不断试错与坚持之中，获取成功的果实才更甜。”贺敏强云淡风轻的劝慰，格外安抚人心。查阅文献、列问题、组会讨论、明晰方向……孟敏佳沉下心来，最终尝到了胜利果实。

如今已成为硕士生导师的孟敏佳也常对学生说：“科研中遇到的最大敌人，不是研究本身，而是自己。能否拥有平常心、克服迎面而来的困难是关键。”什么样的老师可称之为好老师？贺敏强说：“好老师千千万，但如果能够到学生的喜欢，一定是对老师最大的肯定。而如果能够对学生的生活再产生些许影响，则是对老师更大的褒奖。”

青春·科学

研究8年、失败150次，他还会坚持

■本报通讯员 柯溢能

“研究8年、失败150次，你还会坚持吗？”

浙江大学信息与电子工程学院智能传感所研究员杨宗银用两篇《科学》文章告诉你，他“会”。

日前，杨宗银作为第一作者撰写的综述文章在线发表于《科学》。文章首次系统性总结了光谱仪微型化的技术方案和发展历程，引起国际科学界关注。

这是继2019年在《科学》上刊发世界上最小光谱仪成果后，杨宗银作为第一作者发表的第2篇《科学》论文。

把心路写进实验记录本

光谱仪是测量光谱中各个波长强度的设备，可对物质成分和结构进行测知，广泛应用于科研、生产和生活中。比如苹果是否成熟、含糖量如何，通过光谱仪就能一目了然。

杨宗银研制的世界上最小光谱仪，直径在一百微米以下，不到头发丝直径的一半。“这么小的尺寸很适合装进我们的手机中，将来或可通过拍摄实现食品安全和健康的监测。”他在谈及未来应用时说，“再过几个月，团队研制的微型高光谱成像仪就将面世。”

这样一个比头发丝直径还小的器件，杨宗银前后研究了8年。

博士期间，每天他都是剑桥大学工程系实验楼最晚走的那个人，但每一次离开都无法看到清晰的实验结果。优化一次，失败一次。失败一次，优化一次。

“早起努力！”“新idea明天试一下……”又失败了。“打开杨宗银的实验笔记，上面用英文

密密麻麻写着各类实验优化的细节，但每天都有几句中文格外醒目。“刚开始做实验非常有新鲜感，但是失败次数多了，自己也会感到很无力。”他说，于是便在笔记本上记下实验中的灵光一闪，或者勉励的话，“每天都期待好的结果，同时又期待新的一天快快到来。”

2018年8月，历时8年、历经150次失败，实验终于成功。他的论文于第二年5月投稿《科学》杂志，7月便被接收。评审专家评价这个工作是“集合了世界上最先进的材料合成工艺，配上最高超的器件制作水准、实验技巧和巧妙的算法，是一项惊艳之作”。

荣誉随之而来，杨宗银获得了剑桥大学国际生全额奖学金（全球仅80名）和国家优秀自费留学特别优秀奖（全球仅10名）。他还被选为剑桥大学国王学院研究员，是该学院第一位华人研究员。

兴趣与热爱打开新天地

这种愈挫愈勇，其实在浙江大学求学期间就已经打下基础。当时还是硕士生的杨宗银，在世界上首次做出了彩虹渐变的半导体纳米线。这种材料可以发出五颜六色的光，但美丽的背后是他近一万个小时的试错改进。

兴趣与热爱，让他在浙大的学习打开了一片新天地。在机械工程学院完成本科学业时，杨宗银参加机器人、机械设计等领域的各类竞赛都，乐在其中，还拿了全国大学生机械创新

设计大赛一等奖。当时指导他的浙大机械工程学院教授顾大强经常教导他，“要用最巧妙的结构完成一件复杂的事情”，这种思维训练对他来说终身受益。

后来，他被保送到浙大光电科学与工程学院教授童利民团队攻读硕士。“交叉融合的求学经历为我的研究提供了条件，没有现成设备时，自己可以直接做一个。”杨宗银说。

在硕士期间，杨宗银除了做出彩虹渐变半导体纳米线，还基于这种材料开发了世界最宽光谱可调谐激光器。就像收音机不同的调台，能够听到不同的节目，不同的激光波长能够对物质进行不同层面的探测。

从小杨宗银就喜欢做小发明。为此，他也没少挨父母批评。他总是会把家里收音机、闹钟等拆开，研究其中的机理。“其实很多时候因为没有配件店，所以只能拆东墙补西墙。”为些，他制作出随着光照自动响的闹钟、光控灯等小发明。

童年时的配件匮乏，早已一去不复返。如今，杨宗银的办公室更像是一个实验室。电路焊接平台上，电烙铁、电路板、各种零配件，一应俱全。“圆了儿时的梦想，很享受制作机械电路的过程，比打游戏有趣。”他说。

绘制一个领域“藏宝图”

回到浙大工作，杨宗银的研究目标是将微型光谱仪进一步推向应用。同时作为博士生导师，他的重要使命就是把学生领入科研之门。

一篇好的文献综述，就是认识一个领域的窗口，是一张“藏宝图”。同时，一篇好的文献综