

# 问道岩石

## ——中国科学院院士张宏福的地质科研生涯

■ 王军

“农村娃”——这是从秦岭大山里走出来的中国科学院院士、西北大学教授兼中国科学院地质与地球物理研究所研究员张宏福先生对自己的代称。

农村娃坦荡，当被问及如何走上地球科学研究之路时，张宏福没有什么动听的豪言壮语。他坦言，是因为当初在县城重点中学旁边有个地质队，在当地农民眼里，地质队员是“探宝”的文化人，是“高收入人群”，所以班主任在填报志愿时就作主为他填了西北大学地质系地质学专业；农村娃朴实，在过去的这些年里，张宏福先后承担了多项国家、中科院和部委重点和重大项目，诸如国家杰出青年科学基金、基金委重点、中科院和陕西省“百人计划”等，并作为骨干成员参加基金委“华北克拉通破坏”重大研究计划和“克拉通破坏与陆地生物演化”基础科学中心项目，取得的研究成果在学界产生了重大影响，显著提升了我国固体地球科学在国际上的学术地位。但在张宏福的嘴里，自己只是我国地球科学研究者队伍中的普通一员，“不过是做好了本职工作而已”；农村娃谦逊，当记者提到他是ISI地球科学Top1%高被引科学家，是我国地幔地球化学领域的优秀学术带头人时，张宏福连连摆手，纠正道：“那是你们媒体给我按的头衔，我可不是什么带头人，比我优秀和努力的前辈与同仁们还有很多！”

从秦岭大山的“农村娃”成为代表中国科学技术最高学术成就的中国科学院院士，前前后后经过了将近40年。在这40年里，张宏福感叹最多的是自己的“幸运”：20世纪70年代末恢复高考，使身处秦岭深处的农家少年有机会走出大山，走进大学，从此改变了人生的方向和轨迹；改革开放以后，人们的思想获得解放，使自己有机会踏出国门，赴英国留学，开阔视野，也学会了先进国家的科学范式；中国经济持续向好，所以国家对基础研究的支持力度越来越大，自己的研究工作得到了充足的保障；而国力日渐强盛的时代，更是一个崇尚科学、尊重知识、珍惜人才的时代，使得自己不到60岁就有机会得到中科院院士这样一个具有无限荣光的名誉。

40年风雨兼程，张宏福坚持在固体地球科学领域不断探索，通过古老的来自地下深处的岩石，并借助现代科学技术手段和分析测试方法，来揭示大陆的形成与演化规律。问道岩石心自坚，张宏福正像他的研究对象一般，走出一条硬朗坚强，百折不弯的科研人生之路。

### 摘取地球科学的“明珠”

谈到张宏福，就绕不开破解“克拉通”稳定性谜团的话题。何为“克拉通”？它源自希腊语，意为强度，即地壳

中长期不受造山运动影响，与造山带相对应的构造稳定地区。对于不了解地球科学的外行人而言，这只是一个陌生的学术名词，但对于研究地球科学的圈内人来讲，这是他们孜孜不倦探索了近百年的关键课题，犹如数学界里的“哥德巴赫猜想”，堪称这一科学领域“皇冠上的明珠”。

我们所在的华北克拉通从形成（18亿年前）到2亿年前保持稳定，但2亿年以来发生大规模岩浆活动、强烈地壳变形和大地震，其不稳定的地球演化内涵和规律成为摆在地球科学家们案头的难题。克拉通为什么会失去稳定性？近百年来，我国的地球科学工作者前仆后继，对华北克拉通做了许多艰苦卓绝的探索工作，也取得一系列重要的成果，薪火相传到张宏福这里已经是第四代了。

多年来，张宏福一直从事大陆岩石圈演化研究，持续在华北克拉通及邻区全面开展地质考察、岩石样品采集和地球化学实验分析及岩石圈深部结构探测，全面获取原始观测信息。他渴望自己有一天能够寻找到为什么华北岩石圈地幔属性会发生这样变化的答案。

2000年，经过查阅大量资料，张宏福与中科院地质与地球物理研究所周新华研究员推断在山东方城周边可能存在中生代玄武岩。为此，二人果断奔赴山东，在山东地质七队队员们的帮助下，他们果然成

功地采集到中生代玄武岩样品。这是首次  
在华北发现含地幔岩捕虏体的中生代玄武  
岩。它的出现，证明了中生代是华北岩石  
圈减薄的关键时期。

地幔交代作用是地球内部的一种化学  
变化，向来是地学研究的热点和难点。在  
英国攻读博士期间，张宏福曾经潜心研究  
过四块来自南非150公里以下的地幔橄榄  
岩样品，并在研究中首次发现在地幔中存  
在氧同位素不平衡。

既然南非的岩石圈地幔中存在着交代  
作用，那么，华北岩石圈地幔中是否也可能  
存在类似的交代现象，进而引发岩石圈地幔  
组成发生变化，引起华北岩石圈减薄呢？张  
宏福决定朝着这个思路试一试。果然，在  
华北中生代玄武岩中，张宏福发现了同位素  
异常富集现象。这些同位素异常富集玄武  
岩的发现，说明在中生代华北岩石圈地幔  
里，发生了某种尚不为人知的、剧烈的变  
化。这种变化，最终使古生代的克拉通型  
岩石圈地幔转变为中生代富集型地幔，让  
原本稳定的古老克拉通不再稳定。

张宏福进一步通过大量地幔橄榄岩捕  
虏体岩石学研究，发现岩石圈地幔橄榄岩  
的确能够与玄武质熔体反应，并揭示了大  
量的软流圈熔体与古老方辉橄榄岩反应能  
够形成相对年轻的二辉橄榄岩的事实，改  
变了科学界对地幔交代作用的传统认识。  
他的发现为岩石圈地幔存在交代作用提供  
了明确的证据。从古生代典型克拉通型地  
幔转变为中生代富集型地幔，再转变为晚  
中生代以来的“大洋型”地幔。张宏福揭  
示了华北岩石圈地幔显生宙以来经历的  
两次重大转变。

尤其是2005年，张宏福在山东胶州  
发现了极其难得的环带状地幔橄榄岩捕  
虏体。他通过对地幔捕虏体的Sr-Nd和  
Re-Os同位素测试发现，大陆岩石圈中的

地幔橄榄岩会因和某种熔体反应，性质  
发生改变。反应彻底的，甚至会造成Re-Os  
同位素组成完全变化。

在系统对比了来自全球克拉通的2160  
件样品后，橄榄岩—熔体相互作用被证明  
在全球大陆岩石圈地幔中普遍存在：橄榄  
岩—熔体相互作用导致克拉通岩石圈地幔  
组成和属性变化具有全球普适性。张宏福  
创新性提出，橄榄岩—熔体相互作用是  
大陆岩石圈地幔组成转变的主要机制，并  
最终导致古老克拉通破坏。通过发现克拉  
通破坏的本质，张宏福提出并论证了克拉  
通周边板块的俯冲碰撞作用造成的熔/流  
体活动是岩石圈组成转变的主要外部控制  
因素。

在2014年和2015年，“华北克拉  
通破坏”连续两年占据为全球地球科学  
领域Top10的热点。中国科学家在此领  
域发挥了引领作用，把华北克拉通岩石圈  
减薄推向国际地球科学研究的前沿。张宏  
福作为主要完成人参与的“华北克拉通破  
坏”项目获得2017年度国家自然科学  
奖二等奖，吸引了国际地球科学界的  
瞩目。

## 走在风雨兼程的道路上

大陆内部古老的岩石，记录着地球

的早期形成和演化，里面深藏着“我们  
是谁？从哪里来？又将到哪里去？”的  
终极讯息，而张宏福的工作便是破解这  
些石头背后所携带的秘密。

“我们搞地质的，首先脑子里要有想  
法；其次，你要找对样品，样品很关键，  
你的想法是要用样品来证明的。这就需  
要多走、多看、多对比，积累丰富的经  
验，不然就算很有价值的岩石摆在你的  
面前，你也只会和它擦肩而过。”张宏  
福如是说。

选择了这个领域，就不可能是仅仅  
坐在办公室里，或者图书馆里完成全部  
的科研工作。一年里，张宏福总要有几  
个月的时间行走于荒野之间采样，寻  
找岩石，只要听说哪里发现了包体，  
他都会亲自去看，采样后带回实验室，  
加班加点地切片、打磨、测试、分析。  
张宏福对于各种各样的石头充满了感  
情，从小在农村长大，出门就是山，  
满山都是石头，石头就是他的玩具，  
是他的伙伴，甚至是可以倾诉心事的  
对象。这些在别人看似冰冷的石头，  
在张宏福的眼中都有温度，都有生  
命，都有故事。

“有时候在某个地方转了很久没有  
什么收获，就想放弃了，但或许再坚持一



张宏福（左1）带领学生在野外采样

下，没准就发现了一块重要的岩石，这种情况特别惊喜！”就这样，在别人看来枯燥与单调，在张宏福眼中却是充满未知的渴望与乐趣。如今，张宏福经常带着自己的学生到全国各地现场教学。在他看来，像田野考古一样，这是岩石学专业研究的基本功。张宏福希望学生们都能早日练就一双辨别岩石标本的“火眼金睛”。

教室在野外，帐篷是寝室，天为被，地为毯。野外的蚊虫多而大，隔着蚊帐就能把人叮得满身血包。但这些都写在张宏福的嘴里，只算得上是野外考察的“开胃小菜”。“出野外，总有很多小插曲。”张宏福回忆起有一次由学生开车去山东考察，荒野之外遭遇暴雨，“我们的车窗还坏了，玻璃摇不上去，四面透雨，还不能不走，只好穿着雨衣开车”。一聊到这“风雨兼程”的狼狈画面，张宏福至今还忍不住哈哈大笑。

野外的路况往往不好，司机开车时需要特别小心。有一次，张宏福去甘肃南部的山上采样品，“甘南的山高沟深，我们的车在山顶上跑，路又特别窄，司机师傅一个不小心就把车滑出道外，车的前轮都悬空了，底下就是悬崖！幸亏司机水平高，之后慢慢一点一点地把车挪了回来”。这让张宏福心有余悸，不过下一次需要他再出发的时候，他依然没有半点犹豫。

有一次还是在那个山顶上，张宏福带着几名学生采样回来的路上，刚刚下过雨，狭窄的道路上铺满了黄泥，车子一不留神陷进了一个泥塘里出不来了。刚开始他们困在车里不敢动弹，但是当时天已经快黑了，必须要连夜赶回县城招待所，张宏福只好带着学生们慢慢钻出车子，最后用力把车推出了泥塘。一番动作之后，浑身上下都是黄泥，每个人都变成了“泥猴”。“因为天黑了，我们都没来得及拍



给中国科学院大学的研究生授课

照，不然现在看看一定很有意思。”谈到这里的时候，张宏福还颇有点“遗憾”，苦中作乐早已经成为他在野外考察路上的家常便饭。

在前进的道路上，总有各种各样的困难、危险和绊脚石横亘于此，但是它们阻挡不住张宏福和他团队前进的步伐，无论多难的问题，只要有张宏福坐镇，大家就像吃了一颗定心丸。熟悉他的人都知道，张宏福的性格就像他研究的石头一样硬，只要认准了目标，就会努力去拼，要做一件事就一定要做成成功！

### 为地球科学薪火相传

2010年，西北大学大陆动力学国家重点实验室进入到发展关键期，急需一位专长于岩石地球化学研究并了解相应先进测试技术的学术带头人。在中国科学院院士张国伟的极力推荐下，经陕西省“百人计划”支持，张宏福出任实验室常务副主任。

回归母校，张宏福充满了感慨。他表示，岩石地球化学的研究虽然看上去不能够直接产生很大的经济效益，但它

的基础性作用和地位不容忽视，也无法替代。地球科学不是一两位出色的科学家就能够实现的事，这需要一代甚至几代科学工作者的共同努力和探索，向着同一个目标进行一场接力赛。

“说白了，科学都是在重重困难中前进的，走在前面的人肯定遭遇的是荆棘丛生，没有路也要踏出一条路！但是，科学又不是一个人能做完的，必须要后继有人，薪火相传。”张宏福非常感恩长久以来一路扶持他走过来那些师友：池际尚院士、张国伟院士、朱日祥院士、舒德干院士、周新华研究员、路凤香教授、柳益群教授等。同样的，十年来，在坚持全身心投入科研工作的同时，张宏福也耗费了大量心力构建团队，培养学生，为国家培育了一批又一批的年轻岩石地球化学人才。

他遴选学生有两个最基本的条件，首先是对自己的科研领域有兴趣，张宏福认为，兴趣是一个人积极探究事物的原动力，只有浓厚的兴趣才是人们不惧艰难坚持下去的源泉，也只有这样才最终会走向成功。研究内容对你有足够的吸引力，能够使学生屏蔽掉很多外在的纷扰，深入到

研究里面，能够从中得到最纯粹的喜悦或者满足，而不仅仅是把科研当成一份养家糊口的工作而已。其次是踏实，在张宏福看来，这是很重要的一种科研态度，因为从某种意义上讲，基础研究是一个相对不可控的过程，不能操之过急，大多数情况下是漫长而未知的，所以需要科研工作者有很强的定力，能静下心来脚踏实地，有把冷板凳坐热的决心和恒心。

张宏福喜欢走到年轻一代中间去，完全没有年龄和职位上的架子，天南地北地聊一聊，开开玩笑，给他们一些建议，顺便将自己几十年的人生智慧和科研经验与他们分享。“这些娃没有经历过我们那时候的苦日子和生活压力，抗击打能力不强。我们当导师的，不仅要关心他们的学业，对于他们的情绪和心态也要特别关注。”张宏福努力为学生营造一个自由宽松的学习成长环境，也特别喜欢把他们带到野外去考察采样，路上发生各种各样的经历和困难，对他们成长过程来说也是一种磨砺。

由于师生之间没有隔阂，当学生们有了各种难题，文章写不下去了、实验做不出来了，以及学业上的各种瓶颈，他们都会主动向张宏福倾吐心声，寻求指点。

这个时候，张宏福就会鼓励他们“独辟蹊径”，知识是死的，但人是活的，在没有办法的情况下，从当前的思维困局中跳出来，换一条别的路走，或许你就走通了。

这也是张宏福的科研法宝，当年在“克拉通破坏”的研究进入瓶颈期的时候，作为客座研究员在日本冈山大学固体地球科学研究中心做交流时，张宏福看到有人将锂同位素研究应用于水环境领域的研究，突然眼前一亮，觉得这种方法可以借鉴。于是率先应用于地幔地球化学研究的非传统稳定（Li-Fe-Mg）同位素示踪方法，能更好地限定参与橄榄岩反应的熔体的组成和来源。此前从未有人想到用这种方法，而这一“独辟蹊径”获得了意想不到的成果：首次发现地幔中存在明显的锂同位素不平衡，创新了地幔具有均一锂同位素组成的认识方法，使中国在这一领域研究一直处于国际前沿。

多年来，在张宏福悉心培养、严格把关之下，他的团队涌现出了不少地球科学研究的青年才俊，其中二人获得“国家杰出青年科学基金”，二人获得“国家优秀青年科学基金”，五人获得“侯德封奖”，一人获得“金锤奖”。还选送了多位优秀研究生赴美欧国家深造。

精诚所至，金石为开。张宏福指出，研究地球大陆构造是人类重新认识地球的过程，未来还有很长的路要走。“克拉通的演化它不光是克拉通本身的问题，它和周边造山带有很大的关系。所以我现在除了继续做一些克拉通内部的研究，也做一些造山带的工作，就是把造山带的演化和克拉通的演化结合起来。”张宏福坦言，做地球化学的目的是要解决岩石成因问题，说到底是为勘探服务的。一个科研项目结束了，但是对于项目背后事物的思考永远不能结束。

如今，从秦岭大山中走出来的张宏福正逐步回归秦岭。“以前在华北地区做得多一些，现在主要在研究秦岭造山带。另外，配合国家西部大开发的需求，从区域上还会往西部扩展一点，进入青海、甘肃甚至新疆。”繁忙的工作让张宏福放下了几乎所有的兴趣爱好，“只剩下散步了，走着的时候脑子里还能想想问题。”走在熟悉的山道上，他深深感受着脚踏实地的温度。在科学的道路上，没有平坦的大路可走，成功需要一朝一夕的积累。农村娃依然说不出光鲜漂亮的言语，但是张宏福明白，唯有向前，唯有坚持——“人生没有白走的路，每一步都算数！”

## 专家简介



张宏福，1962年出生于陕西省山阳县。现任西北大学教授和中国科学院地质与地球物理研究所研究员。2017年当选中国科学院院士。长期从事岩石圈地幔和下地壳研究，以深源岩石及其捕虏体为对象，探索地幔与地壳、软流圈与岩石圈相互作用的内在机理和外部因素，揭示大陆岩石圈的演化过程。在大陆深部物质和能量交换的内在机理、外部控制因素、非传统稳定同位素3个方面取得系统性创新成就。特别是提出并论证了橄榄岩-熔体相互作用造成的岩石圈地幔组成的变化是导致古老克拉通能够被破坏的本质，对华北克拉通破坏研究做出了突出贡献。