

# 病路险坝“微创”修复技术开拓者

——中原之子系列人物之王复明

本报记者 刘春兰 武建玲 文 杨光 图

见到郑州大学教授王复明是在他的试验场。走进这个位于郑州高新区枫杨街和石楠路交叉口附近的试验场，却发现它其实就是一片荒地。“这块地是郑州大学待建的科研用地，暂时让我们借用。”王复明解释说，“以前的试验场在黄河大堤附近，去年刚搬到这里。”现场，一台特种车辆正在工作。“集成式高聚物注浆系统”，车厢上的几个字说明了它的身份。“高聚物注浆技术就是将快速凝固的液态高分子聚合物材料注入存在问题的道路、堤坝，实现‘微创’修复。”说起自己的专业，王复明神采飞扬。王复明的成功与他在道路和堤坝维修方面取得的开创性成就密切相关。

## 锲而不舍 “推销”道路无损检测技术

他与道路无损检测新技术结缘出于偶然。1957年，王复明出生于河南沈丘，高中毕业后返乡务农，当起了水利技术员。1977年恢复高考，他被郑州工学院水利工程系录取。学习机会难得，王复明一口气念了十年书。1987年从大连理工大学博士毕业后，有着很浓家乡情结的他回到母校郑州工学院执教。1994年，王复明作为高级访问学者赴美国德克萨斯A&M大学进行博士后研究。期间，他参加了美国战略性公路研究计划的一个项目。该计划是美国国会批准实施的重大科技计划，主要研究公路质量和耐久性方面的关键技术问题。当时，公路无损检测技术是国际上研究的热点。不同于传统钻孔挖坑式的检测方法，公路无损检测技术是通过振动、电磁等快速检测方法分析评价路面结构特性或诊断病害，不造成对路面的破坏。“就像给公路做CT一样，每小时可检测上百公里。”但该项技术的“瓶颈”在于如何解析无损检测信号。“就像医生给病人做了B超，要从B超结果反推哪儿有问题，找到病灶，这是一个复杂的理论问题。”王复明对该项目关于路面材料性能反演这一核心内容提出新的研究思路，创造性地建立了解析无损检测信号的新方法。这段“美丽邂逅”，让王复明看到了高速公路无损检测技术的先进性和优越性。他对于该技术在国内外公路建设与管理中的应用充满信心，决心回国一展抱负。1993年4月，王复明带着全家回到祖国，投入公路无损检测技术研发。没有设备，研究就只能“纸上谈兵”。为了解决无损检测技术中的关键问题，王复明急需购买一台价值16万美元的检测设备，这可不是一笔小数目。如何解决这个问题？王复明试着走了四条路：争取学校支持。学校校办产业处组织两次论证会，但一下子解决这么多经费还是有难度。争取有关部门的资金支持。但当时一般

的科研项目只有几万块钱支持经费，上百万的科研项目立项谈何容易。和企业进行技术合作。有意合作的两家企业提出同一个问题：“投入100多万元买设备，多长时间能收回成本？”“不知道。”王复明老老实实回答。因为他也不知道这项技术多长时间内在国内能得到认可并创造效益。合作因此卡壳。和朋友合作。有一个朋友拿出20万美金打算和王复明合作，合作协议都签过了，但对方私下到交通部门做了调研，结论是“这项技术不符合中国国情”，遂不愿再投资。一年多的劳累加上屡次碰壁的打击，王复明病倒了。躺在病床上，他清醒地认识到，尽快解决设备资金只能靠自己。出院后，他拿出自己的所有积蓄，又托朋友以18%的年息申请了60万元投资贷款，终于凑齐了设备款。设备买回来了，但王复明却又面临许多想不到的困难。我国的高速公路起步较晚，内地第一条真正意义上的高速公路是1990年建成的沈大高速公路，1993年我国的高速公路尚在起步阶段，当时社会争论的焦点还是中国要不要修高速公路，王复明研究的公路无损检测技术似乎太过超前。检测遭遇冷淡。很多单位不欢迎他去检测，原因很简单，害怕他的先进设备检测出道路有问题反而给人家带来麻烦。技术遭受怀疑。“不符合中国国情”、“不符合中国公路设计理论体系”、“不适用于施工过程质量检测”……种种非议扑面而来。面对冷遇和怀疑，王复明选择了坚持。他和他的团队开着检测车，从一个城市到另一个城市，从省内到省外，既做技术讲座，又做现场试验，还提供免费检测，渴了喝开水，饿了啃馒头、泡方便面。从1994年到2000年，他们的车轮奔驰在十多个省、市、自治区的公路上，其间共举办各类技术讲座60余期，无偿检测公路1.6万公里。说起当年的不易，王复明十分淡定，但其中的辛苦滋味，他最清楚。



人物档案

王复明，1957年出生，郑州大学教授、博士生导师，国家“千人计划”专家、863计划现代交通技术主题专家、“中原学者”、省特聘教授、省科学技术杰出贡献奖获得者。20多年来，他潜心研究，攻克了堤防大坝防渗加固、高速公路检测修复等方面的基础理论和关键技术难题，为提升交通、水利基础设施安全防护技术水平作出重要贡献。他先后主持完成国家和省部重点科研项目20余项、重点工程科技项目60余项，研究成果获国家科技进步奖两项，省部级科技进步奖5项，获授权发明专利13项。

## 情系民生 将研发拓展至水利工程

公路检测维修方面的成绩没有让王复明止步。出身水利工程专业的他对我国水利工程的安全现状也倾注了更多关注。我国现有4万多座病险水库中九成以上为土石坝，江、河、湖、海的堤防也大部分为土石坝，渗漏及渗透破坏是病险堤坝及江河堤防普遍存在的问题。据初步测算，约50%以上的小型病险水库及大部分堤防需要进行防渗加固。王复明将下一个攻关目标锁定在病险堤坝的除险加固上。传统的防渗加固技术主要有混凝土防渗墙、水泥土搅拌桩等。这些技术在我国病险水库除险加固方面发挥重要作用的同时，也长期存在对堤坝扰动破坏大、工期较长、造价高、施工不便等缺点。特别是对于数量众多的中小型堤坝，传统防渗墙技术由于施工设备体积庞大，往往进场困难，“有劲使不上”！王复明独辟蹊径，提出了柔性防渗新理念，建立了堤坝超薄防渗新方法，首创了堤坝微创修复高聚物注浆成套技术和装备。运用这套技术和装备对病险堤坝进行除险加固，不需要对堤坝“开膛破肚”，只需将液态高聚物材料注入堤坝“体内”，便可形成约一厘米厚的防渗墙，完成对病险堤坝的“微创”修复。2009年10月，专家组对该科研成果出具的鉴定意见认为：该研究成果具有重大

创新和巨大的经济社会效益。其中，土质堤坝定向劈裂、超薄帷幕及防渗墙注浆技术在国内外属首创，为国际领先水平。这项成果的“成色”在2010年全国性的洪涝灾害中接受了检验——当时，我省白河流域出现罕见大水，多处堤坝出现渗漏和管涌。接到省水利厅的通知，王复明连夜赶到了最危险的唐河段。河堤上到处堆积的是装满泥土的草袋，由村民组成的护堤大军熬红了眼，但险情依然存在。王复明带领团队经过4天“连轴转”，将80余处渗漏和管涌成功封堵。河堤安稳了，村民对这项新技术啧啧称奇。2010年11月，省水利厅和科技厅联合召开的该项成果推广论证会上，与会专家一致认为该成果是我国自主研发的系统性原创性成果，符合病险水库除险加固、河流治理等重大民生工程的迫切需求。我国著名水利水电工程专家潘家铮院士还特别建议，要进一步研究该成果在新建工程中作为防渗方案设计的可行性。这让王复明深受鼓舞。2011年，在中国举行的“国际大坝技术及长效性研讨会”上，王复明的成果成为关注热点，许多外国专家提出合作意向。目前，该成果已申请国内外发明专利9项，并被列入河南省“十二五”病险水库除险加固规划。海南、浙江等地已开始应用该成果，水利部还将其为列为重点推广项目。



王复明介绍高聚物注浆技术原理

## 因时就势 走出成功的产学研结合之路

王复明的成功得益于他坚持理论联系实际，注重成果转化，走产学研一体的发展道路。对于科研人员来说，项目研发需要经费投入，需要国家给予支持，但又不可能全靠国家投入，其中的绝大部分只有通过自己的努力去解决。王复明对于这一点十分清楚。他最初走上产学研结合之路，也是情势所迫。1994年，出于购买检测设备的需要，他成立了一家道路检测公司。由于最初几年基本是免费检测，公司一直处于亏损状态，直到2000年无损检测技术得到认可后状况才好转。配合高聚物注浆技术的研发，他又在2005年成立了基础工程维修公司，最初主要是为研发团队提供现场试验条件。随着该项技术的成熟，相关设备的生产及工程施工任务由维修公司负责。在这里，科研前期的理论研究以工程技术中心为主，后期的现场试验、设备研发生产以公司为主；工程技术中心为公司提供人才、学科、基础理论等方面的智力支持，公司又开始“反哺”研发团队的基础研究，为其提供资金、装备、材料、试验人员支持，两者形成了一种有机衔接、良性互动、合作共赢的关系。“这么多年，我走得并不轻松，这条路不一定对所有的人都适合。”对于自己的发展道路，王复明这样评价。产学研结合在王复明的团队中也体现得充分。

这个团队中，既有硕士生、博士生，也有大学教师、企业研发人员、高级技工。这样的人员构成可以实现基础理论、软件开发、现场试验、装备制造、材料开发、施工工艺等的有机结合，形成一个完整的研发和成果转化链条。在这个有着五六十名成员的团队中，王复明是一个出色的“二传手”：特有的前瞻性眼光使他知道该组织这个团队往哪个方向“进攻”，使团队一次次攻克技术难题，始终走在行业发展最前沿；对每个成员专业特长的了如指掌，让他懂得“在合适的时间把球传给合适的人”，让每个人各尽其长、各尽其能。除了环境所迫，王复明的血液里也有着学以致用的基因，小实践、小发明是他儿时的最爱。他曾做出小型变压器将家里照明灯电压由220伏变成了12伏，还曾动手做出豫剧板胡。着眼于解决实际问题，王复明的团队多年来攻克了一个个技术难关，完成国家和省部重点科研项目20余项、重点工程科技项目60余项；研究成果获国家科技进步奖两项，省部级科技进步奖5项。他的团队安全学术团队被评为河南省创新团队、教育部创新团队。2008年，王复明当选“中原学者”，成为河南省院士后备军。今年，他又捧回了沉甸甸的2011年度河南省科学技术杰出贡献奖。面对种种荣誉，王复明丝毫没有“功成名就”的感觉。他已将高聚物注浆技术在高速铁路、地铁等领域的应用作为自己下一步研究的着力点。结束采访时，王复明谈起了自己多年的愿望：拥有一个永久性工程防护试验场。希望他的夙愿早日实现。

## 采访手记

采访王复明不容易。一是他太忙，不好约；二是他的研究方向专业性太强，不好写。采访中，发现他是一个善解人意的人。对于不太好理解的专业问题，他总是尝试用贴切的比喻将其说清楚。整个采访进行得愉快顺利。他是一个真实坦诚的人。当问他是否有喜欢的格言时，他想了想，说：“没有。不过儿时姥姥教导他的‘好儿不吃分家饭，好女不穿嫁妆衣’，多年来他一直牢记心中。”他是一个严谨认真的人。对于一些专业问题在报道时的提法，他会提出具体的意见建议，甚至到了咬文嚼字的地步。我想，善解人意、真实坦诚的他在事业发展中应该会得到更多帮助和支持，认真严谨的他对工作也一定是一丝不苟、精益求精。由此看来，他的成功不难理解。

## 着眼实际 让检测与维修有机结合

艰难困苦，玉汝于成。王复明的研究逐渐引起有关部门的重视。1995年，他申报的“高等级公路无损检测技术研究”入选国家重点科技攻关计划，受到国家资助；1996年，他获得国家杰出青年科学基金资助，成为全省首个获此殊荣的学者；同年，他负责申报的“河南省道路检测工程技术研究中心”入选河南省首批六个工程中心组建计划。王复明的研发也取得丰硕成果。他建立了路基路面材料反演理论体系，在国内外首次实现动力无损检测与电磁无损检测技术配套集成，并将其应用于高速公路施工过程分层检测与实时分析。2004年，“高等级公路无损检测技术”被列入国家重点科技成果推广计划，至今已在27个省、市、自治区广泛应用。长期检测积累的大量数据使王复明对于各种道路“病症”了然于心，他开始思考如何在无损检测技术的基础上治好道路的“病症”。传统高速公路的维修方法是开挖式维修，必须“开膛破肚”，不仅周期长，成本高，还影响交通、污染环境。而随着我国高速公路的快速发展，道路养护任务越来越重，亟须新的维修方法。王复明注意到国际上新兴的高聚物注浆技术很可能成为公路非开挖式维修技术领域的研究热点，而长期的无损检测技术研发为他研究高聚物注浆道路维修技术打下良好基础。当时高聚物注浆技术在国外主要用于工业和民用建筑的地基加固，很少听到在道路维修方面的应用。这主要是因为高聚物注浆施工工艺经验，很难满足道路维修的精细化要求。而王复明在无损检测技术方面的研究成果恰好能解决这个问题。经过近10年的努力，王复明终于开发出了高聚物注浆成套技术及装备。“先对道路进行无损检测和病害分析，再在此基础上用高聚



王复明查看实验结果

物注浆技术进行针对性修复。不需开挖，不需养生，十几分钟就可恢复通行。”这项新技术为高速公路病害诊断和快速处治开辟了全新的途径。2007年，省交通厅和省科技厅联合组织实施该项技术示范工程，选取的路段是京港澳高速安阳至新乡段。该路段车流量大，重载车多，病害严重，多种处治措施均未根治病害。采用该项技术，80天内处治病害两万多处，30万平方米，一次性处治完好率95%以上，比传统开挖式维修方法节省工期70%、节省经费50%。2007年，该项技术获得国家科技进步二等奖，目前在河南、安徽、湖北等省的高速公路和干线公路逐步推广应用，并被列入交通部重点推广项目。