

## 公示信息

一、**成果名称：**隧道工程施工变形控制及监测技术的研究与实践

二、**完成单位：**陕西铁路工程职业技术学院，中铁一局集团有限公司，中铁隧道局集团有限公司

三、**完成人：**姜留涛 贾良 梅泽 张亚 田正华 薛振华 徐宏 杜志刚

四、**成果简介：**

本成果属于测绘科学技术学科，在中铁一局集团有限公司横向课题、中铁隧道局集团有限公司引导课题、渭南市科技计划项目、陕铁院科研课题等项目资助下，以隧道工程施工变形控制及监测为基础，针对超大断面矩形顶管土体扰动分析及沉降控制、地铁隧道小半径曲线段盾构割线始发预偏量控制、粉质黏土地层条件下盾构下穿既有隧道变形控制等方面进行多年研究，提出了可复制可借鉴的隧道工程变形实时量测、准确分析、变形推演预测的一体化隧道工程变形控制智慧化监控方案，并开发了相应的配套软件，在北京地铁19号线区间隧道施工等6个项目中得到了应用，取得显著的经济效益。主要内容如下：

(1) 提出了隧道工程超大断面施工岩体扰动分析及变形控制监测方法。超大断面顶管施工土体扰动及沉降控制对整个工程风险控制至关重要，为探究超大断面矩形土压平衡顶管土体扰动规律及沉降控制方法，以郑州红专路下穿中州大道顶管工程为依托，基于弹性力学和随机介质理论，建立了矩形顶管力学模型，

通过顶管模型及土体沉降数值解分析，掌握了顶管过程参数对土体变形影响规律，以及不同因素对地表竖向位移的影响。通过装备防背土设计、管节涂蜡、触变泥浆、渣土改良、注浆减摩等手段的综合应用，大断面矩形顶管土体扰动及沉降控制效果显著。

(2) 创新了地铁隧道盾构始发姿态预偏角和盾尾预偏移量的控制方法。基于北京地铁19号线区间隧道施工项目，建立了小半径曲线段割线始发盾构姿态数值模型，研究盾构始发姿态各影响因素及其关联性，进而提出沿割线方向预设偏转角或盾尾预偏移量的小半径曲线段盾构姿态控制方法。该方法能有效控制小半径曲线段盾构始发参数和超限风险，且给出的盾构始发各控制参数的关系表方便工程技术人员选用。经工程实践验证满足规范要求，方法合理可行。

(3) 研发了隧道智慧测量管理系统。系统主要由监测设备、参考点、监测对象和传输控制设备四个系统组成。其中，监测设备由高精度全自动测量全站仪、自动化变形监测系统软件组成；参考点由设置在变形影响范围外至少2点基准点组成；监测对象由若干个变形监测点组成；传输控制设备由通讯网络及远程电脑组成，该系统可以实时监测施工隧道的变形受力情况，包括隧道压力、位移等参数，大数据分析隧道健康状况，并能够根据实际情况实时预警，为隧道工程项目的智慧管理提供了可行性技术手段。

本成果针对隧道工程建设单位实际技术难题的突破需求，先后完成中铁一局集团有限公司、中铁隧道局集团有限公司、渭南市科技计划项目、陕铁院科研计划项目等纵横项科研项目10余项，发表论文25篇，

其中SCI/EI检索论文5篇；获专利授权3项，软件著作权2项，获广东省自然资源科学技术奖等荣誉2项，培育了第二届中国测绘学会工程测量工匠1名，中国中铁青年岗位能手1名，为隧道工程的信息化管理提供了技术支持。

自2013年以来，成果已在乌兹别克斯坦卡姆奇克特长隧道控制测量项目、中铁一局集团地铁施工等6个工程中得到了成功应用，近3年项目新增产值1200余万元，累计承担企业单位委托的技术开发（服务）合同10余项，累计为企业节约资金3000余万元，研究成果产生了显著的经济效益和科学价值。

### 五、完成人合作关系情况：

姜留涛、贾良、梅泽、张亚、田正华、薛振华为陕西铁路工程职业技术学院科技骨干，徐宏为中铁一局集团有限公司教授级高级工程师，杜志刚为中铁隧道局集团有限公司高级工程师。完成人均项目研发、推广应用的主要完成人，第一完成人姜留涛为技术开发的总负责人。贾良、梅泽、张亚、田正华、薛振华、徐宏、杜志刚为关键技术与推广应用的核心人员。

表1 完成人合作关系情况一览表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果
----	------	----------	--------	--------	------

1	论文合著	杜志刚/8、姜留涛/1	2019.01	2020.04	共同发表论文《基于三目标点的陀螺全站仪精度测试方法研究》
2	共同立项 与结题	姜留涛/1、张亚/4	2013.07	2015.07	纵向课题立项并结题《地铁运营初期的地面建筑文物监测技术应用研究》
3	共同立项 与结题	姜留涛/1、田正华/5、徐宏/7	2020.07	2020.07	技术服务《中铁一局集团地铁施工测量技术服务》
4	共同立项 与结题	姜留涛/1、贾良/2、梅泽/3、 薛振华/6	2022.01	2023.06	横向课题立项并结题《地铁施工监控量测技术咨询-武汉科铁发展有限公司》
5	共同立项 与结题	姜留涛/1、贾良/2、张亚/4、 薛振华/6	2023.05	2023.06	横向课题立项并结题《山岭隧道施工监控量测项目咨询服务-四川诚正工程检测技术有限公司》

					司》
6	共同立项 与结题	姜留涛/1、贾良/2	2020.01	2021.12	横向课题立项并结题《智慧地铁云平台关键技术研究-轨道交通工程信息化国家重点实验室》
7	共同知识产 权	姜留涛/1、田正华/5	2017.01	2020.10	共同获得陕西省省教育厅科技成果奖三等奖《基于激光靶模式的盾构姿态控制测量技术的研究与应用》
8	共同 获奖	姜留涛/1、贾良/2	2017.10	2018.09	共同指导学生获得2018年创新创业大赛陕西省金奖《铁神-地铁修复监测开拓者》

六、代表性论文专著目录:

表 2 代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	发表时间	年卷页 码(xx年 xx卷xx 页)	作者	通讯作 者(含共 同作者)	第一作者(含 共同作者)	国内 作者 (中文名)	他引 总次数	检索 数据库	参与人(成 果完成人)	知识产权是否归 国内所有
1	地铁隧道小半径 曲线段盾构割线 始发预偏量控制 方法	铁道建筑 (北大核心)	2020.6.2 0	2020年 60卷, 69-72页	姜留涛, 郭军	姜留涛	姜留涛	姜留涛	15	知网	郭军	是
2	粉质黏土地层条 件下盾构下穿既 有隧道变形控制 技术探讨	黄河水利职业 技术学院学报	2022.01. 15	2022年 34卷, 40-46页	姜留涛, 杨延栋, 王志宏	姜留涛	姜留涛	姜留涛	1	知网	杨延栋,王 志宏	是
3	高速铁路隧道不 同投影带平面控 制网测量的实施 与探讨	测绘与空间地 理信息	2019.07. 25	2019年 42卷, 201-204 页	姜留涛, 王燕	姜留涛	姜留涛	姜留涛	2	知网	王燕	是
4	超大断面矩形顶 管土体扰动分析 及沉降控制	铁道工程学报 (EI)	2023.03. 15	2023年 40卷, 64-70页	姜留涛, 李宏波	姜留涛	姜留涛	姜留涛	1	知网	李宏波	是
5	Soil Disturbance Analysis and Settlement Control of Rectangular Pipe Jacking with	EI 检索	2023.10. 19	2023年 40卷, 64-70页	姜留涛, 李宏波	姜留涛	姜留涛	姜留涛	0	EI	李宏波	是

	Super Large Section											
6	曲线顶管自动测量系统的应用	测绘通报 (CSCD)	2021.11.25	2021年11期, 161-164+168页	姜留涛, 汪慧琴, 胡倩	姜留涛	姜留涛	姜留涛	2	知网	汪慧琴, 胡倩	是
7	变形监测点位测量精度研究	河南科技	2018.02.05	2018,04期, 10-14页	田正华, 刘舜, 赵永波	田正华	田正华	田正华	0	知网	刘舜, 赵永波	是
8	基于三目标点的陀螺全站仪精度测试方法研究	矿山测量	2020.040.15	2020年48卷, 59-62页	杜志刚, 姜留涛, 周阳	杜志刚	杜志刚	杜志刚	1	知网	姜留涛, 周阳	是
9	在建地铁第三方监控量测实施方案浅析	石家庄铁路职业技术学院学报	2014.09.15	2014年13卷, 61-64页	姜留涛	姜留涛	姜留涛	姜留涛	2	知网	姜留涛	是
10	GPS技术在工程变形监测中的应用探讨	产业与科技论坛	2021.10.1	2021年20卷, 45-46页	梅泽, 赵旭坤	梅泽	梅泽	梅泽	3	知网	赵旭坤	是
11	大断面矩形顶管施工地层变形及顶进参数控制研究	现代隧道技术 (北大核心)	2022.12.15	2022年59卷, 97-105页	徐宏, 叶飞, 刘奇, 田黎明, 安欢	徐宏	徐宏	徐宏	4	知网	叶飞, 刘奇, 田黎明, 安欢	是

## 七、主要知识产权（标准、规范）目录：

表3 主要知识产权（标准、规范）目录

序号	知识产权类别	知识产权名称	国家(地区)	授权号(批准号)	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	国家标准	全断面隧道掘进机远程监控系统	中国	GB/T41052-2021	2021. 12. 31		全国建筑施工机械与设备标准化技术委员会	刘书兵, 张家有, 朱卫东, 霍军周, 何恩光, 刘飞香, 卓普周, 黄继敏, 郭京波, 曾垂刚, 刘双, 张林, 刘斌, 刘波, 张晓日, 李念国, 张文涛, 石泉, 张常有, 孙艳秋, 赵圣国, 徐宏, 薛林, 贺泊宁, 于太彰, 李刚, 杨绍普, 高会中, 马肖丽, 陈明江, 李术才, 陈文远, 周鹏, 李勤, 杨元伟, 何伟, 孟飞, 杨峰, 吴勇, 武金城, 唐立宪, 武文佳
2	发明专利	长大隧道深竖井边角交会测量方法	中国	CN109211183B	2021. 5. 25	4442225	杜志刚	杜志刚, 徐辉, 王建林, 吕红权, 邢庭松, 顾德山
3	发明专利	一种基于激光扫描数据的隧道漫游视频生成方法	中国	CN 201911208329.6	2020.03.31		中铁一局集团有限公司	徐宏, 刘丹, 杨永强, 李勇, 仇峰涛, 杜雷, 陈和, 王凯, 王浩, 安欢, 李崎
4	发明专利	一种改建盾构隧道进行矿山法施工的方法	中国	CN 201911291697.1	2020.04.10		中铁一局集团有限公司,	罗进海, 贺卫国, 徐宏, 李凯, 王江卡, 邓有春, 许铁力, 付伟, 周鹏,



								吕江龙, 田黎明
5	实用新型专利	一种高精度隧道施工测量后视强制对中装置	中国	CN207622748U	2018.07.17	7611537	杜志刚	杜志刚, 徐辉, 王凯平, 张宗锋, 恒正坤, 高雷卡, 母清中
6	实用新型专利	一种用于地下工程精密导线测量的分体式对中装置	中国	CN211977926U	2020.11.20	11959103	杜志刚	杜志刚, 吕宏权, 陈龙旭, 卿建军, 郝利涛, 张宗锋, 张承亮, 但功祥, 罗星波
7	实用新型专利	一种隧道中埋式止水帮固定装置	中国	CN 207989052U	2018.10.19	7978996	陕西铁路工程职业技术学院	贾良, 毛红梅, 姜留涛
8	软件著作权	地基土动三轴试验的动力特性参数及关系曲线求取软件	中国	2023SR0267045	2023.2.21	12304672	陕西铁路工程职业技术学院, 贾良, 杨泽	
9	软件著作权	思位智慧测量管理系统	中国	2023SR0704221	2023.6.25	13075366	中铁隧道局集团有限公司工程测量试验分公司, 杜志刚, 方正, 万俊林, 赵建, 郝全超, 张伟东, 恒正坤, 王伟伟, 张宏娜	