

项目公示信息

项目名称：复杂地质条件下双护盾 TBM 超长距离掘进技术研究及其应用

完成单位：中铁十八局集团有限公司、中铁十八局集团市政工程有限公司、西南交通大学、长安大学

完成人：冀国栋、王灿林、章慧健、穆永刚、王立川、廖建炜、王宝友、耿麒、杨长京、陈霞飞、周雁领、黄江帆、岳长城、刘蕊、李庆斌

拟申报奖项：中铁建科学技术奖

项目简介：

本项目属于隧道及地下工程领域。

随着水资源的合理配置及高效利用得到政府越来越广泛的重视，诸多跨流域调水工程已纳入建设规划，水工隧洞建设逐渐向特长、超长方向发展，对建造技术提出了更高的要求。在混合岩地层开挖中小直径、长隧道，双护盾 TBM 通常是最佳选择。受选线限制，长距离输水隧洞在建设过程中将不可避免地需要穿越具有复杂地质构造的山岭地区，面临着自然环境恶劣、不良地质多发等不利因素，同时，随着水工隧洞长度增加，TBM 通风和出碴的难度急剧提升，成为工程建设的重要技术难题。

本项目依托晋中引黄输水隧洞工程，围绕“超长距离”和“复杂地质”两大特点，针对完整坚硬岩滚刀破岩效能提升、高压富水反坡洞段突涌水防治、深埋隧洞超长距离高效出碴和独头通风等关键问题开展研究，形成了复杂地质条件下双护盾 TBM 超长距离掘进关键技术。

主要科技创新如下：

(1)研发了缩尺比 TBM 滚刀破岩试验平台，建立了杂交有限元滚刀破岩仿真模型，提出了滚刀破岩效能提升技术方案，研制了适用于晋中引黄地质条件的“以楔替平”滚刀刀刃，有效提升了破岩效能。

(2)发明了前置式超前钻孔移动装置，提出了双护盾 TBM 施工前置式定向超前钻探技术；研发了台车式钻孔设备和微裂隙新型注浆材料，完善了高压富水反坡洞段突涌水防治技术，为双护盾 TBM 反坡掘进施工突涌水防治提供了技术支持。

(3)发明了 TBM 连续皮带机磁力摩擦式辅助驱动高效出碴施工方法、工艺与设备，提出了巷道式通风与接力通风相结合的复合通风方式，解决了双护盾 TBM 隧洞超长距离施工出碴和通风的难题。

项目研究获授权国家发明专利 3 件（另外实审发明专利 8 件），实用新型

专利 10 件，取得工法 1 项，发表论文 11 篇。研究成果在晋中引黄输水隧洞工程事件中得到成功应用，确保了 26km 输水隧洞安全建设、加快了施工进度、保证了工程质量，经济效益(节省投资)5444.8 万元；磁力摩擦式辅助驱动技术应用于新疆西水东引二期输水工程项目，实现了连续皮带机系统安全高效运行，经济效益(节省重复投资)150 万元。

研究成果为复杂地质条件下双护盾 TBM 超长距离掘进提供了解决方案；拓宽了连续皮带机辅助驱动的适用范围；为超长距离隧洞独头通风提供了良好的示范和借鉴，有力提升了我国 TBM 隧道建设施工技术水平。

2022 年 10 月 10 日，天津市科学技术评价中心组织了项目成果评价，评价委员会一致认为研究成果达到“国际先进”水平。

主要论文专著目录（限 8 条）

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码（xx 年 xx 卷 xx 页）	发表时间	通讯作者	第一作者
1	Application of full-scale experimental cutterhead system to study penetration performance of tunnel boring machines (TBMs)	Rock Mechanics and Rock Engineering	Qi Geng, Fei He, Maoxun Ma, Xiaohui Liu, Xuebin Wang, Zeyu Zhang, Min Ye		2022.08	Qi Geng	Qi Geng
2	TBM 滚刀贯入度对破岩效能的影响规律研究	铁道科学与工程学报	冀国栋, 付柏毅, 章慧健, 耿麒, 王立川, 王灿林, 胡恒千		2023.06 (网络首发)	冀国栋	章慧健
3	基于能量法的 TBM 滚刀磨损机理分析研究	机械工程学报	耿麒, 魏正英, 任军辉	2018 年 54 卷 36-43 页	2018.01	耿麒	耿麒
4	TBM 滚刀切削花岗岩和灰岩的力学响应差异	现代隧道技术	王立川, 付柏毅, 章慧健, 冀国栋, 耿麒, 王铮铮, 王灿林, 王锋		2023.04 (网络首发)	王立川	章慧健
5	基于 FEM-SPH 耦合的 TBM 滚刀切削仿真与试验研究	山东大学学报(工学版)	耿麒, 张俊杰, 汪珂, 路宇峰, 谢立扬, 叶敏	2022 年 52 卷 93-102 页	2022.02	耿麒	耿麒
6	双护盾 TBM 引水隧洞高压突涌水处治技术研究	施工技术	冀国栋, 王灿林, 廖建炜, 高云升	2022 年 51 卷 62-65+69 页	2022.10	冀国栋	冀国栋
7	高压富水硬岩地层双护盾 TBM 前置式超前注浆堵水技术研究	施工技术	冀国栋, 王立川, 陈典华, 王灿林, 王宝友, 李庆斌, 黄江帆, 陈霞飞		2023.04 (网络首发)	冀国栋	冀国栋
8	磁力摩擦式辅助驱动在 TBM 连续皮带机中的应用	隧道建设	徐虎城, 齐梦学, 王灿林, 车新宁	2017 年 37 卷 375-379 页	2017.03	徐虎城	徐虎城

主要知识产权证明目录（限 10 条）

知识产权类别	知识产权具体名称	国家 (地区)	授权号	授权 日期	证书编号	权利人	发明人	专利 有效 状态
中国发明专利	一种基于 TBM 法隧洞施工的钻孔用移动台车	中国	CN 111173445 B	2021-10-8	4725134	中铁十八局集团有限公司， 中铁十八局集团市政工程有 限公司	王灿林；王学强； 高云生；陈学富； 王宝友；廖建炜	有效
中国发明专利	一种 TBM 法隧洞施工的管片与围岩间大规模补充灌浆方法	中国	CN 111173537 B	2022-5-3	5123286	中铁十八局集团有限公司； 中铁十八局集团市政工程有 限公司	王灿林；王富仓； 李勇；李凌霄；王 宝友；廖建炜	有效
中国发明授权	一种皮带机用车载式磁加力站	中国	CN 106697730 B	2022-11-11	5574258	车新宁；郁清林；李秀云	车新宁；王灿林； 杨兴昆；郁清林； 李秀云	有效
实用新型专利	一种应用于 TBM 掌子面表层裂隙的引流止水结构	中国	CN 215949516 U	2022-3-4	15940884	中铁十八局集团有限公司， 中铁十八局集团市政工程有 限公司	王灿林；李凌霄； 穆永刚；李勇；刘 传普	有效
实用新型专利	一种反坡 TBM 隧道应急排水施工用阶梯挡水坝	中国	CN 216130964 U	2022-3-25	16112498	中铁十八局集团有限公司， 中铁十八局集团市政工程有 限公司	王灿林；王宝友； 廖建炜；李勇；刘 传普；高福林	有效
实用新型专利	一种适用于 TBM 超前帷幕注浆旋转支架	中国	CN 217176516 U	2022-8-12	17154026	中铁十八局集团有限公司， 中铁十八局集团市政工程有 限公司	王灿林；冀国栋； 王富仓；廖建炜； 苏睿；李勇	有效
实用新型专利	一种 TBM 超前帷幕注浆可重复使用止浆塞	中国	CN 217176643 U	2022-8-12	17166629	中铁十八局集团有限公司， 中铁十八局集团市政工程有 限公司	王灿林；陈典华； 岳长城；冀国栋； 陈霞飞；刘玉飞； 高福林	有效
实用新型专利	一种 TBM 后配套台车的加强连接结构	中国	CN 215979417 U	2022-3-8	15960759	中铁十八局集团有限公司， 中铁十八局集团市政工程有 限公司	王灿林；岳长城； 刘蕊；王宝友；廖 建炜；李勇；刘传 普；高福林	有效

实用新型专利	一种具有散热功能的磁力辅助驱动装置	中国	CN 218967958 U	2023-5-5	18956664	中铁十八局集团有限公司， 中铁十八局集团市政工程有限公司	穆永刚；陈典华； 冀国栋；王宝友； 黄江帆；王锋；陈霞飞；王富仓；李勇	有效
实用新型专利	支洞风源内移的通风结构	中国	CN 218844345 U	2023-4-11	18832247	中铁十八局集团有限公司， 中铁十八局集团市政工程有限公司	张斌梁；黄江帆；冀国栋；王灿林；杨长京；王锋	有效

完成人合作关系情况

冀国栋作为本项目的第 1 完成人，是本项目的组织、设计、指导与直接实施者，是代表性论文 2、6、7 的第 1 作者，以及本项目授权专利 6、7、9、10 的合作作者。负责课题组协调、组织管理、研究大纲制定，以及关键技术验证，并指导其余项目完成人开展相关研究工作。在本项目的 3 个主要发现点中，对发现点 1 做出了创新性贡献：研制了适用于晋中引黄地质条件的“以楔替平”滚刀刀刃。对发现点 2 做出了创新性贡献：研发了高压富水反坡洞段突涌水防治技术。

王灿林作为本项目的第 2 完成人，是代表性论文 2、4、6、7、8 的合作作者。对发现点 2 做出了创新性贡献：研发了前置式超前钻孔移动装置；对发现点 3 做出了创新性贡献：研发了磁力摩擦式辅助驱动高效出碴系统，与冀国栋共同建立了 TBM 施工超长距离通风技术体系。

章慧健作为本项目的第 3 完成人，是代表性论文 2、4 的合作作者。对发现点 1 做出了创新性贡献：构建了三维杂交有限元滚刀破岩仿真模型，与冀国栋共同完成了岩石磨蚀性试验和滚刀破岩过程的数值模拟与分析工作。

穆永刚作为本项目的第 4 完成人，是代表性专利 4、9 的合作作者。对发现点 2 做出了创新性贡献：研发了微裂隙新型注浆封堵材料，创新了洞身微裂隙径向注浆技术。

王立川作为本项目的第 5 完成人，是代表性论文 2、7 的合作作者及论文 4 的第 1 作者。对发现点 3 做出了创新性贡献：研发了超长隧洞磁力摩擦式辅助驱动出碴成套施工技术，实现了超长距离连续皮带机安全高效出碴。

廖建炜作为本项目的第 6 完成人，是代表性论文 6 的合作作者。对发现点 2 做出了创新性贡献：完善了高压富水反坡洞段突涌水防治技术，与冀国栋共同完成了突涌水处治分析工作，为双护盾 TBM 反坡掘进施工突涌水防治提供了技术支持。

王宝友作为本项目的第 7 完成人，是代表性论文 7 的合作作者。对发现点 2 做出了创新性贡献：优化了研发了前置式多孔同步超前钻探装置，为实现全断面多孔同步钻探提供了技术支持。

耿麒作为本项目的第 8 完成人，是代表性论文 1、3、5 的第 1 作者。对发现点 1 做出了创新性贡献：研发了缩尺比 TBM 滚刀破岩试验平台，开展了室内小尺度直线滚压破岩试验，与冀国栋共同完成了适用于晋中引黄地质条件的“以楔替平”滚刀刀刃研制工作。

杨长京作为本项目的第 9 完成人，是代表性专利 10 的合作作者。对发现点 3 做出了创新性贡献：创新了巷道式通风和接力通风相结合的复合通风方式。

陈霞飞作为本项目的第 10 完成人，是代表性专利 7 的合作作者。对发现点 2 做出了创新性贡献：创新了钻孔用移动台车，与冀国栋共同完成了突涌水处治分析工作。

周雁领作为本项目的第 11 完成人，是代表性专利 9 的合作作者。对发现点 1 做出了创新性贡献：完善了“以楔替平”高效破岩技

术，与冀国栋共同完成了适用于晋中引黄地质条件的“以楔替平”滚刀刀刃研制工作。。

黄江帆作为本项目的第 12 完成人，是代表性论文 7 的合作作者。对发现点 2 做出了创新性贡献：优化了全断面多孔同步钻注工艺，与冀国栋共同完成了突涌水处治分析工作。

岳长城作为本项目的第 13 完成人，是代表性专利 7、8 的合作作者。对发现点 2 做出了创新性贡献：优化了超前帷幕注浆技术，与冀国栋共同完成了突涌水处治分析工作。

刘蕊作为本项目的第 14 完成人，是代表性专利 8 的合作作者。对发现点 2 做出了创新性贡献：提出了 TBM 后配套台车的优化方案，与冀国栋共同完成了突涌水处治分析工作。

李庆斌作为本项目的第 15 完成人，是代表性论文 7 的合作作者。对发现点 3 做出了创新性贡献：完善了磁力摩擦式辅助驱动高效出碴施工工艺。