

附件：

拟申报 2022 年度大禹水利科学技术奖成果公示表

项目名称	超长复杂地质隧洞 TBM 安全高效掘进关键技术
主要完成单位	广东水电二局股份有限公司
	福建省恒鼎建筑工程有限公司
	江西闽禹建设工程有限公司
	福建士维建设有限公司
主要完成人 (职称、完成单位)	1.谢祥明(教授级高工、广东水电二局股份有限公司、课题负责人)
	2.阳争荣(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、洞内大部件更换关键技术研究)
	3.金永就(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、关键机电技术方案研究)
	4.汪良军(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、不良地质处理技术研究)
	5.王松茂(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、不良地质处理技术研究)
	6.郑国萍(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、超前地质预报技术研究)
	7.乔晓锋(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、TBM 掘进技术研究)
	8.胡江涛(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、TBM 掘进技术研究)
	9.甘宇程(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、TBM 掘进技术研究)
	10.王应龙(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、TBM 掘进技术研究)
	11.巨伟伟(工程师、广东水电二局股份有限公司、TBM 掘进技术研究)
	12.罗顺达(高级工程师、福建省恒鼎建筑工程有限公司、TBM 掘进技术研究)
	13.席文欢(高级工程师、广东水电二局股份有限公司、超长隧洞测量技术研究)
	14.揭晓斌(工程师、江西闽禹建设工程有限公司、TBM 掘进技术研究)
	15.范曾超(工程师、福建士维建设有限公司、TBM 掘进技术研究)
项目简介	本项目属隧洞/隧道工程施工技术领域，主要研究超长复杂地质隧洞 TBM 安全高效掘进关键技术。项目针对超长复杂地质隧洞施工中遇到的 TBM 大部件洞内更换、富水溶岩破碎带不良地质施工、超长隧洞掘进高效出渣控制、超长隧洞精准贯通等技术难题，开展攻关研究和工程实践，主要取得了如下技术创新成果：

项目简介

项目主要内容及创新点、特点:

(1) 隧洞内 TBM 大部件安全高效更换技术

发明了一套隧洞内 TBM 大部件安全高效更换技术,解决了隧道狭小空间内大齿圈等大部件更换的技术难题,本技术与开挖竖井法、迂回导洞法、扩大洞法等传统技术方法相比,开挖量小,可大幅缩短 TBM 停机工期,大齿圈更换效率提高 3 倍,施工成本降低 80%,经济效益显著。

研发了隧洞内 TBM 刀盘拆除与精准复位的关键技术,利用定值可回收锚索、底部钢支撑和掌子面预埋钢有限定刀盘拆除前后相对位置保持不变,并避免刀盘变形,以确保刀盘后续安装精准复位。创造性地采用了定值可回收锚索,在完成大部件更换后,及时回收锚索,清除掌子面障碍物,保证 TBM 后续顺利掘进。

刀盘拆除后,通过隧洞内 TBM 长距离(9.2m)后退技术,在掌子面与 TBM 之间形成工作区,同时在工作区开挖侧穴用于新、旧齿圈的临时交换存放,使用平板车、葫芦吊等设备进行大齿圈的运输及更换。大部件更换完成、刀盘复位后,及时回收锚索、清除掌子面障碍物,TBM 恢复掘进施工。该技术解决了大部件更换运输困难、更换费用高、效率低等问题,无需开挖竖井、迂回导洞或扩大洞,实现了 TBM 大部件洞内高效率、低成本更换。

(2) 不良地质段 TBM 安全高效掘进关键技术

通过研发防坍塌装置、新型拱架安装器、降低喷射混凝土回弹率装置等,结合超前地质预报技术,实现了 TBM 在不良地质围岩安全快速通过,形成了开敞式 TBM 不良地质安全高效施工成套关键技术。相较于传统方式的超前或临时加固工艺,本技术可在确保安全的前提下,缩短工期、提高施工效率。

针对开敞式 TBM 自身存在的缺陷,研发了防坍塌装置,对发生塌方的范围予以同步支撑,无需超前或临时加固,便可达到预防坍塌目的,确保 TBM 在不良地质正常掘进。

针对原卷扬机牵引形式拱架安装器撑紧力不足的特点,研发了一种改进型卷扬机牵引式拱架安装器,提高了撑紧力,实现减少人员投入快速安装的目的,提高自动化安装程度。

为解决喷射砼回弹率高的问题,研发了一种降低回填喷射砼回弹率的装置,在钢拱架上设置 PVC 耐力板形成相对封闭的环境,有效降低回填喷射砼的回弹率。

(3) 超长隧洞施工高效出渣控制系统关键技术

研发了超长距离皮带输送机急停控制系统、主动轮皮带顶紧、回收装置,实现了多段皮带机同步高效作业,解决了 13 km 隧洞掘进高效出渣和超长皮带回收的技术难题。

研发了基于 CC-LINK 现场总线技术和中光纤中继器的超长距离带式输送机急停控制系统,实现了多段皮带机协同高效作业,克服了传统急停控制系统抗干扰能力差、稳定性差、相应速度慢、易发生延迟动作、遗漏动作的问题,解决了超长隧洞(13km 隧洞)掘进高效出渣难题;研发了主动轮皮带顶紧装置、皮带回收装置,在

回收皮带时，利用原皮带机主驱动作为驱动马达，同时在皮带张紧力最小位置设置顶紧装置，增加皮带与主驱动的摩擦力，利用回收装置将隧洞内的连续皮带收回。

(4) TBM 安全高效空推步进关键技术

研发了 TBM 盾体接收装置和空推步进装置及基于该装置的空推步进方法，解决了以往 TBM 空推技术成本高，步进效率低的问题，实现了 TBM 安全高效空推步进，空推步进效率提高约 4 倍。

通过在刀盘盾体上设计一套钢结构组成的简易接收架和空推步进装置，改造刀盘盾体结构形状，避免空推时破坏衬砌和底板。通过 PLC 控制箱修改 TBM 掘进 PLC 程序，即在不转动刀盘的情况下，利用 TBM 设备行程油缸的收缩/伸长进行推进，达到快速空推步进目的，由于该方法无需新增液压泵站、推进油缸或牵引装置，大大降低了施工成本。

(5) 超长隧洞掘进精准贯通关键技术

采用布设高精度地面控制网、多条边陀螺仪定向联合测控技术，实现了超长隧洞（TBM 独头掘进 11.9km）精准贯通，贯通误差横向精度为 47 mm，纵向精度为 74 mm，优于规范 ± 220 mm 的要求。

采用在洞内导线网上均匀布设多条陀螺定向边，降低了长距离隧洞导线复核测量工作量，提高了洞内导线网的测量效率，相较于传统导线增加了多余观测，有效控制了洞内导线网的精度，解决了独头掘进长隧道施工测量控制问题，保障了长隧道顺利贯通。

成果意义:

1、提出了隧洞内有限空间 TBM 主轴承大齿圈等大部件更换新技术，研发了 TBM 刀盘洞内拆除及其在掌子面定位加固和精准复位安装等关键技术，仅用 50 天便实现了 TBM 大齿圈洞内安全、经济、高效更换，为延长 TBM 单头掘进距离提供重要技术依据。

2.通过研发防坍塌装置、新型拱架安装器、降低喷射混凝土回弹率装置等，结合超前地质预报技术，实现了 TBM 在不良地质围岩安全快速通过，形成了开敞式 TBM 不良地质安全高效施工成套关键技术，拓展了开敞式 TBM 的地质适应性。

3.研发了一套 TBM 盾体接收装置和空推步进装置及方法，实现了 TBM 安全高效空推步进，降低了空推步进成本。

4、超长隧洞施工高效出渣控制系统关键技术，确保皮带机安全稳定运行，解决了超长隧洞掘进高效出渣和超长皮带回收的技术难题。

5、超长隧洞掘进精准贯通关键技术，采用布设高精度地面控制网、洞内导线网上均匀布设多条边陀螺仪定向边联合测控技术，实现了超长隧洞精准贯通。

关键技术成果获授权发明专利 16 项、实用新型专利 3 项、软件著作权 4 项，发表科技论文 9 篇，提升了公司在超长隧洞施工和 TBM 掘进施工方面的技术水平，提高了行业竞争力，推动了行业技术的进步。

代表性论文 专著目录	论文 1: <开敞式 TBM 大齿圈洞内更换技术>广东水利水电 2019
	论文 2: <TST 和电阻率法在 TBM 隧道超前地质预报中的应用>广东水利水电 2019
	论文 3: <TBM 刀盘仓内超前水平钻探取芯技术>四川水泥 2019
	论文 4: <TBM 穿越超长距离断层破碎带施工技术研究>广西水利水电 2021
	论文 5: <开敞式 TBM 隧洞断层破碎洞段变形钢拱架更换技术>广西水利水电 2019
	论文 6: <TBM 隧洞岩溶涌水超前处置施工技术研究>广西水利水电 2019
	论文 7: <广西乐滩引水工程 TBM 隧洞出渣方案比选>四川水泥 2019
	论文 8: <超长引水隧洞贯通测量技术的应用研究>建材与装饰 2019
	论文 9: <关埠引水隧洞超高强度岩石 TBM 刀具选型及布置>广东水利水电 2021
知识产权名称	专利 1: <一种隧洞内 TBM 刀盘拆除方法> (ZL 201810241014.0)
	专利 2: <一种隧洞内 TBM 大部件运输方法> (ZL 201810242219.0)
	专利 3: <一种隧道掘进机主轴承大齿圈的更换方法> (ZL 201810180175.3)
	专利 4: <一种改进型卷扬机牵引式拱架安装器> (ZL 202010151477.5)
	专利 5: <一种降低回填喷射砼的回弹率的装置> (ZL 202010252922.7)
	专利 6: <一种皮带输送机急停控制系统> (ZL 202010360430.X)
	专利 7: <一种敞开式隧道掘进机盾体用配套接收架及安装方法> (ZL202010151477.5)
	软件著作权 1: <可回收锚索智能管理系统 V1.0> (证书号: 软著登字第 E0117733 号/登记号: 2019SRE016926)
	软件著作权 2: <超长连续皮带回收装置管理系统 V1.0> (证书号: 软著登字第 E0115877 号/登记号: 2019SRE015070)
	软件著作权 3: <TBM 自动空推步进装置管理系统 V1.0> (证书号: 软著登字第 E0115837 号/登记号: 2019SRE015030)
推广应用情况	<p>超长复杂地质隧洞 TBM 安全高效掘进成套技术成功应用于广西桂中治旱引水工程、榕江关埠引水工程、粤东灌区续建配套与节水改造工程半洋隧洞引水工程(枫江-半洋段)等多项工程,有效解决了工程施工中遇到的 TBM 大部件洞内更换、富水溶岩破碎带不良地质施工、长距离隧洞出渣控制困难、超长隧洞贯通精度差等技术难题,取得了突出的经济效益和社会效益,推广应用前景广阔。</p> <p>2021 年 4 月,经张楚汉院士领衔专家组评价:成果总体达到国际先进水平,其中隧洞内 TBM 大部件安全高效更换技术为延长 TBM 单头掘进距离提供了重要技术依据,达国际领先水平。</p>