

承压富水隧道施工对水环境的影响及对策

——以中条山隧道施工为例

任伟杰

(中铁隧道局集团有限公司, 广东 广州 511400)

摘要: 隧道施工由于工程结构影响引起通道变化, 造成地下水大量流失。同时施工过程中大量废水进入地表水体, 对水环境造成影响^[1]。本文以蒙华铁路中条山隧道为例, 针对承压富水地层隧道施工不能完全注浆堵水时, 采取洞外设污水处理站、洞内清污分别抽排、隧底体外排水等措施, 隧道完工后利用结构渗漏水对水库回补措施, 减少隧道工程对水库和地下水的影响。通过动态设计和施工改进, 有效减少中条山隧道造成的地下水流失和地表水污染, 为类似工程提供借鉴, 达到保护生态环境和水体安全的目的。

关键词: 承压; 富水; 水环境; 影响; 对策

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0058—03

随着我国交通基础设施的迅猛发展, 出于线路取直和坡度控制的需要, 隧道工程修建越来越多, 因此伴生的水环境保护问题日趋严重。大部分隧道工程因承受水压过大无法完全注浆堵水, 地下水大量排放不仅在施工期间影响施工进度和工程质量, 还广泛影响紧密相关的生态环境, 包括水环境、土壤环境、生物栖息环境等。基础设施建设与生态环境保护似乎是永远不可调和的矛盾, 随着可持续发展观念日渐深入人心, 便捷交通的人文交流需求与保护生态的生活品质追求并重, 逐渐成为建设项目中最重要的理念^[2]。

目前隧道施工对围岩裂隙水处理主要方式为注浆堵水加固后开挖通过。但对承压富水地层而言, 由于高压在堵水后易出现对二次衬砌造成破坏, 而因为水的

连通性不能无限度提高全隧抗水压设计, 施工期为防范突涌水事故还需要排放泄压, 这此因素造成承压富水地层段往往会形成地下水大量排放, 对生态环境影响较大。如何做到降低施工难度和保护周边环境两者兼顾, 已成为隧道承压富水施工亟待解决的重要技术难题^[3]。

本文通过分析隧道工程地质特点和涌水情况, 实现了隧道带水作业通过, 通过多种措施结合, 减少了水环境的破坏, 做到了施工安全节约环保, 为以后类似工程的处治提供了借鉴。

1 工程概况及地质概况

中条山隧道设计为双洞单线隧道, 穿越中条山

通过提高水路运输的管理水平、员工工作效率和采用智能技术, 促进我国船舶智能化发展, 实现航速优化、航线优化和智能航行, 在取得航次优化的同时, 改善船舶调度问题, 可降低经济效应对于水路运输碳排放的促进作用。

提高水路运输管理水平, 加大节能装备和信息技术研发, 推动智能船舶化发展, 增大清洁船用能源占比, 调整船舶用能结构为中国水路运输碳减排的主要方法。

参考文献:

[1]International Maritime Organization (IMO). Third IMO Greenhouse Gas Study 2014 [R]. London: International Maritime

Organization, 2014.

[2]董岗, 管敏. “双碳”目标下我国船舶减排技术创新知识图谱分析 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2022, 22(04): 43 - 52.

[3]Ang B W. The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide [J]. Energy Policy, 2005, 33(7): 867 - 871.

[4]Ang B W, Xu X Y, Su B. Multi-country comparisons of energy performance: The index decomposition analysis approach [J]. Energy Economics, 2015, 47: 68 - 76.

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“基于制造企业信息系统使用多源数据的全景式决策价值发现方法研究”(71972090)

脉，左线全长 18405m，右线全长 18410m，最大埋深 840m，设辅助坑道 5 座，排水平导 1 座。隧道穿过的主要地层有太古界变质岩，震旦系和寒武系沉积岩，第三系半成岩砾岩、泥岩、砂质泥岩，第四系新、老黄土层。不良地质主要有断层破碎带、岩爆、第三系高承压水等，其中穿越 8 条断层。隧址区地下水主要为裂隙水、岩溶水、松散岩类孔隙水（承压水、上层滞水），并通过高承压含水第三系 N2 洪积扇层，水头高出隧道底板 80~177m，涌水量 36500m³/d。同时中条山隧道部分地段下穿一级、二级水源保护区和碳酸盐岩溶水文区，其上两个水库和零星布有村庄，两个水库供常乐镇饮用水。

2 施工对水环境的影响分析

2.1 隧道开挖地质揭示及出水情况

DK627+600 ~ DK628+700 段为泥质灰岩，溶蚀裂隙较发育，地下水发育，存在多处出水点，表现为股状水，掌子面水量最大达 400m³/h 左右，每天通过斜井排水量约 4 万方 /d。

DK628+700 ~ DK632+500 段穿越第三系上新统砾岩、砂质泥岩、砂层地层，不扰动情况下一般可以自稳，遇水易软化，地下水发育，存在多处出水点，表现为淋雨状，出水量约 200m³/h 左右，每天通过斜井排水量约 1.5 万方 /d 左右。

隧道内水随着施工的进展水量在不断地增加，流出的水水质干净，水温基本在 15~20℃，在正洞未贯通期间均需通过斜井抽排，隧道贯通后通过水沟排出。

2.2 水流失及污水破坏生态环境成因分析

交通基础设施工程建设中需要穿越山体时，建设隧道工程与开挖高边坡路基相比，从减少地表自然破坏、缩短线路展线长度、降低选线调坡难度、控制运营期间病害等方面，具有不可替代的明显优势。但随着工程建设运营分析，以及对自然环境的认知加深，隧道工程对生态环境，特别是对水环境的不利影响，有些影响甚至是很难以恢复甚至是不可能恢复的，这些情况已引起广大工程建设者、环境保护从业者的高度关注。

在隧道施工和运营期间，地下水全天候排放大量流失，可能引起地下水的动态平衡破坏，进而造成土壤含水量下降，引发地表水的枯竭、水质下降，破坏自然生态平衡。

同时隧道涌水排水可能会对地表水的污染，进而通

过地表水汇流对黄河水系造成污染，影响黄河湿地的水质安全，也可能通过渗流地下水人体直接饮用，或通过农业灌溉水源污染转移到农作物进而转移到人体。

隧道涌水排水造成水质污染的主要原因是，涌水通过隧道碴体、排水沟时，携带着大量的石粉和混凝土、爆破材料的残余物，以及施工设备排放废水，其中含有 SS、COD、TN、油类及 TNT 等化学成分，PH 值偏高。尤其是 DK628+700 ~ DK632+500 段第三系细砂层、弱胶结砂岩等地质，SS 含量高达 200~10000mg/L。

3 减少水环境的破坏对策

3.1 减少水环境破坏的总体思路

中条山水环境的保护，是中条山生态环境的主要影响因素，影响周边区域地下水储量水平，特别是中条山山顶、山腰居民，其生产生活用水完全取自山体地下水，水环境保护直接涉及社会维稳问题。为此采取了全过程动态设计、全环节预先防控措施，最大限度减少水环境污染和生态破坏，实现了蒙华铁路建成一条生态环保路的目标。

结合隧道开挖出水揭示情况，DK627+600 ~ DK628+700 段出水，水质清澈透明，无杂质、无异味，口感清冽，可直接饮用；DK628+700 ~ DK632+500 段由于地层为砂砾岩，施工后水质易被污染，且悬浮颗粒多，必须经过处理后才能排放、利用。鉴于此情况，提出设置污水临时处理站、洞内排水清污分别抽排、隧底体外排水，以及隧道完工后对当地水库回补等措施，多种手段全程指导动态施工。

3.2 洞内排水清污分离

中条山隧道斜井施工抽排水遵循“分段截流、清污分离、多级提升”的原则实施，最大限度减少开挖掌子面的水量，通过污水移动水箱、污水管、沉淀池至污水临时处理站；减少污染水量的处理排放，在已施工完铺底面设置临时泵站，通过固定泵站、清水管抽排至当地水库。斜井分段截排水布置见图 1，斜井施工清污分离排水总体工艺流程见图 2。

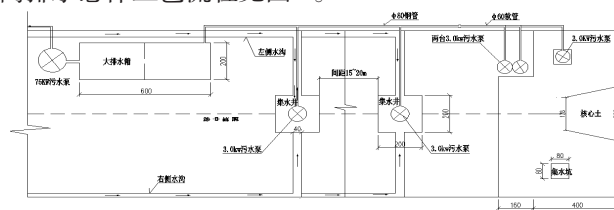


图 1 斜井分段截排水布置示意图

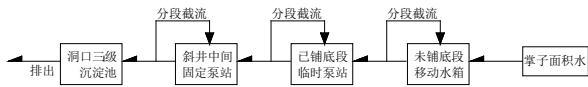


图2 斜井施工清污分离排水总体工艺流程图

3.3 设置临时污水处理站

根据中条山隧道环评要求，隧道施工生产废水要求达《污水综合排放标准》（GB8978）规定的一级排放标准，然后才能利用或自然沟壑排放。为确保施工废水达标排放，在斜井下游设置污水临时处理站，废水经水坝、沟洞沉淀处理后，流入混凝池加药混凝后进入隔油沉淀池，含油废水进隔油沉淀池，通过污水处理站后，水体符合集中式生产生活用水地表水源地补充项目标准限值要求。废水处理工艺见图3。

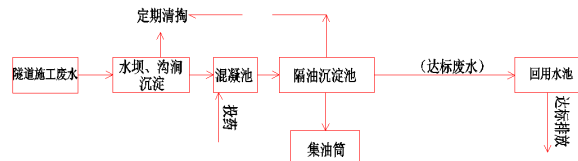


图3 废水处理工艺流程图

3.4 洞内排水对水库进行回灌，恢复地表生态

在3号斜井 IIIJK1+070 附近设置取水单元，取水单元后方接出 DN300 钢丝网骨架塑料复合管，沿斜井向正洞方向敷设。为避免侵入限界，DN300 压力水管在3号斜井与正洞交汇处分成两路 DN150 压力水管，分别沿左右线外侧墙壁中部敷设至5号斜井底部合成一路 DN300 压力废水管，沿5号斜井敷设出地面，并继续敷设至水库。通过斜井的高差，使水排入水库。补水系统原理图见图4。

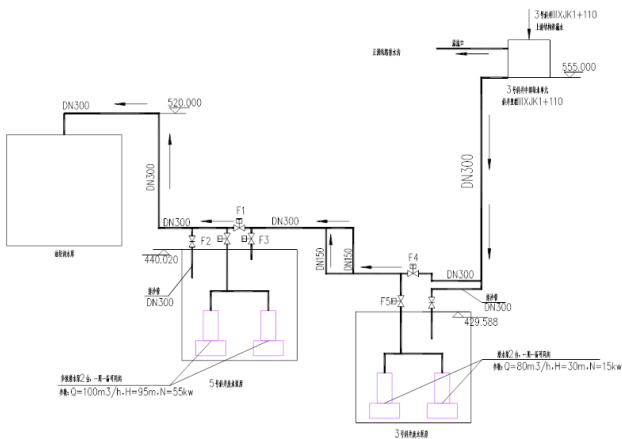


图4 补水系统原理图

3.5 水环境处理效果

经过以上方案处理后，为了准确掌握水环境的影响，铁科院对泉、井、水库进行了监测，监测结果认为

隧道施工没有引起地下水位明显的下降，水质没有恶化的情况。

从水质分析结果来说，隧道排水中的污染物有SS、COD、油类以及硝酸基等，但经过污水临时处理站后能满足使用要求。隧道贯通后，隧道排水为水质纯净的基岩裂隙水，对地表水体无影响。

结果证明，该隧道施工中采用清污分离、设置临时污水处理站、利用结构渗水进行回灌水库的方案是成功的，不但有效控制了地下水的漏失和污染，使该地区的地下水源得到了很好的保护，而且为类似隧道施工提供了很好的借鉴方案。

4 建议与讨论

(1) 建设项目可研、初设阶段，超前评估隧道工程建设对周边生态环境可能带来的影响，将其做为选线的关键因素之一，避免“先天不足”情况。

(2) 在勘测设计阶段，加强对隧道工程周边水环境条件勘查，提前识别不利影响因素，提前考虑水环境保护措施，与工程建设同步设计、同步施工、同步投入使用。

(3) 加强水环境保护专项设计，在设计阶段就对水的排放进行充分研究，充分考虑利用隧道内排出清水及时回灌，通过清污分离减少污水处理量，尽量减少隧道建设对水环境的影响。

(4) 强化施工阶段环保意识，在目前的工程建设环境中，要达到预期的水环境保护目标，必须在设计措施全面、设施配置到位、现场严格实施等方面严格把控，才能将目标变成现实。

参考文献：

- [1] 李耐霞. 歌乐山隧道施工过程中对水环境影响研究. 成都: 西南交通大学硕士论文. 2004.
- [2] 马建泰. 地下工程侵蚀性地下水的类型及其产出环境. 现代隧道技术, 2001(04).
- [3] 焦雷. 某隧道底板大规模突水原因分析与处治技术. 隧道建设, 2016(01).
- [4] 中条山隧道设计图, 2015(01).
- [5] 中条山隧道补水工程设计图, 2016(09).
- [6] 中条山隧道废水处理站给水排水工程设计图, 2016(09).