

# 不良地质段施工开挖支护技术的价值分析

## ---以水利水电领域为例

晏廷涛

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司地质工程分公司

DOI:10.12238/hwr.v7i3.4748

**[摘要]** 隧道施工的地质情况难以完全准确的预测,尤其是对于突发的不良地质状况,必须及时且准确的根据具体地质情况采取有效技术措施,保证工程施工正常进行,减少因不良地质造成的损失。通过采取地质综合判断、确定围岩风险分类,并采取相应的精度等级的超前地质预报等技术,查明不良地质洞段的地质情况;根据地质情况采取针对性的处理措施,能够有效避免因不良地质引起的工程事故,更能保障水利水电工程质量,进而增加水利水电技术经验的积累,提高整个水利水电工程的系统化进程。

**[关键词]** 隧洞; 不良地质; 开挖支护技术

**中图分类号:** TV543+.3 **文献标识码:** A

### Value Analysis of Excavation and Support Technology in Construction of Unfavorable Geological Sections

---Taking the Field of Water Conservancy and Hydropower as an Example

Tingtao Yan

Geological Engineering Branch of Xinjiang Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Research Institute Co., Ltd

**[Abstract]** During tunnel construction, it is difficult to accurately predict the geological conditions, especially for sudden adverse geological conditions. Effective technical measures must be taken timely and accurately based on specific geological conditions to ensure the normal progress of engineering construction and reduce losses caused by adverse geological conditions. Identify the geological conditions of unfavorable geological tunnel sections by adopting comprehensive geological judgment, determining the risk classification of surrounding rock, and adopting advanced geological prediction techniques with corresponding accuracy levels; Taking targeted treatment measures based on geological conditions can effectively avoid engineering accidents caused by unfavorable geology, better ensure the quality of water conservancy and hydropower projects, thereby increasing the accumulation of technical experience in water conservancy and hydropower, and improving the systematization process of the entire water conservancy and hydropower project.

**[Key words]** tunnel; unfavorable geology; excavation and support technology

#### 前言

TBM技术如今已成为国内外,各重大隧道工程的热门选择<sup>[1]</sup>。据统计,30%隧道工程均采用TBM技术<sup>[2]</sup>。1985年,中国首次将TBM技术应用于水电工程<sup>[3]</sup>。冯欢欢等<sup>[4]</sup>通过研究,在综合分析TBM施工方案后,得出不良地质下的关键技术。杨佳庆<sup>[5]</sup>重点研究特长隧道得出施工方案。周振梁等<sup>[6]</sup>、田世雄等<sup>[7]</sup>根据施工具体情况,分析实际参数挖掘规律。王屹久<sup>[8]</sup>利用有限元软件,监测隧洞内的施工情况。倪锦初等<sup>[9]</sup>更是通过具体隧洞实例,

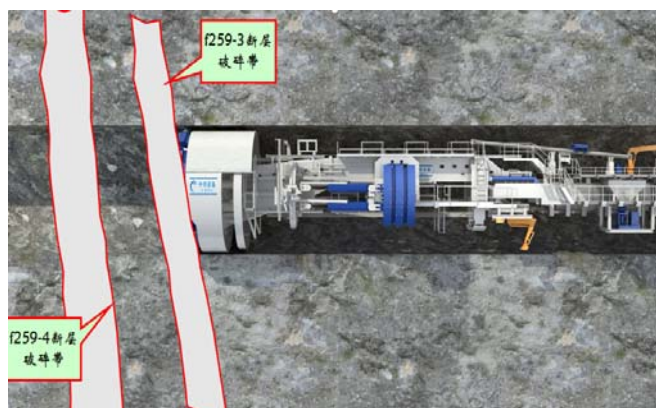
针对性研究TBM的适用性。杨刚<sup>[10]</sup>以引水隧洞为例,分析研究其通风方案。我国现已有较为完备的相关经验及科研成果,对于TBM的应用也越来越多,一跃成为隧道工程中较受欢迎的技术之一;但随着TBM的广泛应用,随之也暴露了一些突发情况下的弊端问题,为此,本文总结相关案例,根据具体问题进行分析,重点根据TBM机器设备特性,及现场施工的突发情况,分析TBM针对不良地质段的处理方向。

#### 1 工程概况

本工程长18.2km,通过TBM技术已挖长度15.632km和钻爆法开挖洞段2.568km,采用1台TBM施工。其中在隧洞施工过程中发生了发育2组断层,后续又有多处、多地陆续发生坍塌,造成TBM卡机、停机多次,共用了47个工作日TBM才完全通过隧洞,严重拖延了整个施工进度。

## 2 地质条件

该段位于丘陵区地段,施工地段不平整。隧洞埋深655m,出露岩性为片理化凝灰岩,构造为层状,质地偏为软质岩,遇水易软化。该段洞室发育有2组断层,稳定性差,带内岩体呈碎裂镶嵌结构-散体结构,向前掘进时,造成了严重的塌方状况,主要分布在顶拱及两边墙上部,沿断层破碎带有线状流水、滴水现象。



## 3 施工难点

TBM施工仍存在一定的局限性,如受空间限制较大。在施工工程中要考虑诸多因素限制,一方面要按照施工的进度进行,确保在计划时间、计划经费内;另一方面更要谨记安全第一,不仅是施工人员的人身安全,还有当地的生态环境安全。目前,我国主要以竖井和斜井两种形式,相关施工技术已经非常成熟。选择正确的形式及其布局对工程施工效率与安全尤为重要。

施工受制于一定的现实地质因素影响,如:不良地质条件、地形状况以及现有的技术支撑等。因此,要根据具体情况具体分析,多方考察地质条件,综合考量现有条件,宏观制定施工过程,微观细化技术手段,以备应对施工现场的临时变动,保证正常步调,按期完成工程要求,让效率与经济效益在安全性的前提下,同时保证。

安全性作为本工程重要考虑因素,将对每一施工环节进行科学合理的规划。对深埋竖井进行可行性分析,根据位置、断面、数量等参数进行合理布置。结合相关施工技术及建造技术,以确保工程施工的安全性<sup>[1]</sup>。在施工过程中注重对于管理团队的要求规范,能够在整个施工过程中严格把控施工进度及节奏,做好安全标准建设工作。TBM在位置选择上要综合考量多方因素,应该及时调整原定的施工方案,选择科学合适的施工方案。

## 4 施工措施

### 4.1 超前地质预报

由于隧洞地质条件的不确定性和复杂程度难定,因此,难以

确定围岩的特征、状态,也难以预测在施工过程中可能会引发的灾害位置、性质及造成的严重程度,为今后的施工过程中造成一系列影响,进而严重情况会影响施工的进程。隧洞超前地质预报通过先进的技术手段,如地质分析、物探和钻探等,分析得出更准确的数据结果,更细致的了解施工的地质条件,以保证整个施工计划顺利进行。但是如何进行施工前的准备工作,将可能会在施工中遇到的突发情况了解清楚,针对性制定措施,是工程施工的重要环节。在隧洞施工过程中,将隧洞超前地质预报工作纳入,依据隧洞超前地质预报的结果进行综合分析、针对性设计方案、实时监测施工情况,避免或减少因不良地质灾害而诱发的系列安全隐患,甚至造成一定的经济损失,保障隧洞安全且高效的完成施工作业。

### 4.2 开挖支护方式

隧洞施工的程序大体上分为三步:首先通过隧洞开挖建造施工基础作业,然后建造支护作业,最后用混凝土衬砌,完成施工。此次隧洞施工开挖作为第一步,会以钻爆“核心土”法作为施工的主要方式,需先挖清周边的岩体部分,严格遵守“先边后中、先软后硬”的原则。接下来是通过支护措施进行处理,需按照一下顺序进行:初喷混凝土→系统锚杆支护→挂网钢筋→钢支撑安装→喷混凝土。开挖支护结束要及时进行衬砌,避免造成塌陷状况甚至扩大塌腔影响范围。

### 4.3 总体方案

由于该段塌方处于断层破碎带内,首先要进行加固处理,通过超前注浆及超前管棚等措施,防止出现大面积的塌方。然后通过护盾及刀盘收渣口,仔细逐个插入灌浆导管,以发泡型组合聚醚多元醇化灌材料作为主要填充材料,利用其扩散快、易固结的特性迅速充满空腔,然后实体连接上护盾与岩体,形成胶凝体,防止塌方继续扩大。在超前加固处理后,尽快完成TBM脱困工作,采用脱困模式,直到恢复TBM正常的施工进度及效率。在恢复TBM试掘进后出现刀盘或护盾被卡情况时,这种特殊情况下,先采用脱困模式进行脱困,然后采取加固措施解决此次塌方情况。

### 4.4 塌腔的处理措施

明显的塌腔部位也需要专业的技术进行回填,避免范围扩大。发泡型组合聚醚多元醇化灌材料是主要的处理材料,首先对进行封闭处理填补塌腔口,用化学灌浆的封堵形式形成隔离层;接着用轻质混凝土这种材料作为回填的主要材料。及时喷护混凝土施工,是对塌腔部位进行修复的主要手段,而喷护施工是为预埋的灌浆管及排气管,以免出现后续问题,及时进行回填灌浆处理。根据塌腔深度不同,可采用喷护混凝土或轻质混凝土两种回填处理方式,进行分层、且单层回填,将塌腔全部填满后,再进行所有回填灌浆管管口封堵收尾工作。

### 4.5 超前管棚施工措施

为防止刀盘再次出现“结泥饼”情况,只有形成有效的阻水层缓解,而采用化学灌浆就是有效方法之一。当保护层设置完备后,进行管棚施工造孔,管棚施工采用坑道钻机,造孔完成后,孔内上部安装注浆钢管,下部安装镀锌管,安装完成后,首先通过

镀锌管进行化学灌浆,在下部形成壳体,以免破坏其稳定性,进一步加大拱架的变形量及钢筋排。灌轻质混凝土过程中,要重点安排专门人员监察周边的漏浆情况,并能够及时改善突发情况,如一旦发现漏浆,及时整治,并采用化学浆液进行封堵,若是刀盘及护盾被轻质混凝土浆液包裹,就会难以维系其正常的运作。

#### 4.6 TBM撑靴施工处理措施

该段受断层带影响,岩石较软,岩体碎块较多,无法维持该有现状继续进行施工作业,无法保证撑靴顺利通过,因此,提前将需要撑靴的部位进行处理:第一步人工清理空腔体,大约为1.0m;第二步采用YT28手风钻造孔,注装 $\Phi 22$ , $L=3.0\text{m}$ 砂浆锚杆或 $\Phi 25$ , $L=3.0\text{m}$ 自进式中空注浆锚杆进行加固处理;最后运用C30喷射混凝土进行浇筑进行立模处理。

#### 4.7 TBM掘进后出现塌腔处理措施

当隧洞内出现塌腔情况时,为了确保TBM技术顺利施工,且提高安全性,要对塌腔部分进行处理。该段除了局部地区塌腔程度较重,其顶拱及边墙也出现掉块现象,对于这种情况需采取巩固措施,将钢拱架均换成HW150型全环钢拱架,拱架间距根据围岩情况采用0.45-0.9m不等,对底部伸缩调节板可采用同规格型钢代替,确定好钢拱架,将其紧贴岩体表,然后固定焊接,顶拱及边墙掉块部位设置专用钢筋排,对于塌腔严重的局部位置可以采用槽钢,以此来加强拱架连接的稳定性。当出现的是塌方情况较重的部位,应该采用喷射混凝土的方式避免扩大塌方影响。在支护前期应该留存好注浆及排气管,等凝固之后再及时对岩体塌腔的部位。根据塌腔深度不同的情况下,也需要采取不同高度限额的回填高度,当塌腔深度高于1.0m以上时,需分层回填混凝土,单层回填的限额在0m-0.5m之间;当顶拱部位塌腔高度大于2.0m的区域时,则要改用轻质混凝土回填。在整个施工期都需格外注重对该段的作业及变形监测。

#### 5 TBM施工掘进措施

TBM的施工过程应遵循严格的工作计划:其一是要根据水利水电勘探技术超前掌握该地段地质条件,根据记录得出的预报结果,进行科学的技术分析,然后及时应对突发状况,制定施工处理措施。合理优化相应的支护措施后,是施工顺利进行的保障,使施工过程更加精准、详细,以降低不可控状况的发生概率;即使是在施工过程中真的出现突发问题,也能够根据即时的监测反馈报告,进行综合分析,改进当前的施工手段,进一步优化施工方案,形成一个预报-改进-优化-顺利施工的系统流程,让不良地质段的施工能够更加顺利,以减少突发状况的影响。

#### 6 结语

综上所述,TBM在施工过程是必不可少的方式之一,在整个过程中起着举足轻重的作用,但是也存在着弊端,其中渐渐暴露了一定程度上的问题,也带来一定程度上施工的不确定性,尤其是不确定的地质条件,更增加了施工的难度。因此,通过开展开挖支护的相关技术,再结合实时的地质监测手段,合理规划接下来的工程,并随时做好应对突发状况的准备,随时改良计划,做好及时的应对预案措施,最大化的将TBM的弊端化解,强化保护措施,削弱不良地质段对于施工的限制。尤其是当施工时面对突发的塌腔状况,结合现场实际情况,综合分析选择最恰当的方式,探索出针对性的保护措施,希望通过本文的分析,针对不良地质段能够更好的完善水利水电工程技术领域的优化。

#### 【参考文献】

- [1]尹俊涛,尚彦军,傅冰骏,曲永新.TBM掘进技术发展及有关工程地质问题分析和对策[J].工程地质学报,2005,(03):389-397.
- [2]张军伟,梅志荣,高菊茹,等.大伙房输水工程特长隧洞TBM选型及施工关键技术研究[J].现代隧道技术,2010,47(05):1-10.
- [3]王梦恕,王占山.TBM通过断层破碎带的施工技术[J].隧道建设,2001,(03):1-4.
- [4]冯欢欢,洪开荣,杨延栋,等.极端复杂地质条件下TBM隧道施工关键技术研究及应用[J].现代隧道技术,2022,59(01):42-54.
- [5]杨佳庆.特长隧洞TBM掘进施工方案研究及应用[J].现代交通技术,2021,18(06):49-53.
- [6]周振梁,李宗林,郭震,等.TBM掘进参数分布规律及高效掘进技术研究[J].土木工程学报,2021,54(S1):121-130+148.
- [7]田世雄,李玉平,连鹏,等.高楼层特长隧洞TBM法施工方案探讨[J].甘肃科技,2021,37(14):111-116.
- [8]屹久.水工隧洞围岩变形与应力数值模拟分析[J].水利技术监督,2022,(02):200-203.
- [9]倪锦初,朱学贤,凌旋,等.香炉山深埋长隧洞TBM选型研究[J].人民长江,2022,53(01):154-159.
- [10]杨刚.长大引水隧洞TBM施工通风方案设计[J].陕西水利,2021,(07):203-205.
- [11]魏留建.隧洞TBM集群施工关键技术探析[J].水利科技与经济,2022,28(11):154-157.

#### 作者简介:

晏廷涛(1992--),男,汉族,云南省宣威市人,大学本科,助理工程师,研究方向:水利水电。