滇中引水工程隧洞软岩大变形应对措施

周利全

云南省滇中引水工程建设管理局

DOI:10.32629/hwr.v4i8.3238

[摘要] 随着经济高速发展,水资源的作用越来越明显,而我国又属资源性缺水的国家,为解决水资源分配问题,目前的水利工程以引调水工程居多,而引调水工程建筑物又以地下隧洞为主。随着隧洞埋深不断增加以及地质条件越来越复杂,工程灾害也日趋频繁,较为常见的如软弱岩大变形、流变、岩溶突水、硬岩岩爆等,这些都对深埋隧洞的围岩稳定性造成了巨大威胁。鉴于此,本文通过对滇中引水工程软弱变形预测、采取的应对措施进行分析,为后续工程及类似工程施工提供技术经验。

[关键词] 滇中引水工程; 隧洞; 软岩大变形

中图分类号: TV76 **文献标识码:** A

引言

云南省滇中引水工程由主体工程及配套工程组成,主体工程由水源工程和输水工程两大部分组成,水源工程在金沙江石鼓河段大同取水口引水,采用一级地下泵站提水;输水工程途经丽江市、大理州、楚雄州、昆明市、玉溪市,终点为红河州的蒙自,线路总长为664.23km。输水总干渠共布置116座主要输水建筑物,其中隧洞58座,合计长611.259km,占总干渠全长的92.03%。

输水隧洞穿越以软岩为主的洞段(含宽厚断裂破碎带)较多,全线累计长208.322km,占隧洞总长34.05%,以大理Ⅱ段后段及楚雄段隧洞穿越“滇中红层”中软岩最具代表性,占比分别达49.54%、72.46%,其它线路段占比约14.17%~25.15%。软岩变形将侵占衬砌断面,造成二次开挖,对工程安全、进度、投资影响较大,因此,对软岩变形进行预测分析,积极采取相应措施极有必要。

1 软岩变形分析预测

1.1 软岩挤压大变形评价标准

目前,对于软岩大变形的定义和判别均还没有统一技术标准。铁路行业相关研究提出,根据围岩变形是否超支护的预留变形量来定义大变形,即隧洞如果初期支护发生了大于25cm(单线隧洞)和50cm(双线隧洞)的位移,则认为发生

了大变形;姜云、李永林等将隧洞围岩大变形定义为:隧洞及地下工程围岩的一种具有累进性和明显时间效应的塑性变形破坏,它既区别于岩爆运动脆性破坏,又区别于围岩松动圈中受限于一定结构面控制的坍塌、滑动等破坏,同时将隧洞围岩大变形分为受围岩岩性控制、受围岩结构构造控制和受人工采掘扰动影响三个大的类型^[1]。

滇中引水工程隧洞软岩大变形判别方法:软岩隧洞挤压变形程度按照围岩强度与断面最大初始主应力比值(S)的大小进行初步预测评价,施工期则按实测收敛应变(ϵ)的大小进行评价。

1.2 软岩挤压大变形预测分析结果

软岩大变形主要发生于软质岩、断层破碎带等低强度围岩中,一般埋深效应明显,变形量大,变形持续时间长,径向变形特征明显,主要表现为拱顶下沉、边墙内挤、洞底隆起,对隧洞结构稳定影响较大。根据上述滇中引水工程隧洞软岩大变形判别方法,滇中引水工程软岩洞段预测发生极严重变形洞段长15.55km,占比2.54%;严重变形洞段长11.52km,占比1.88%;中等变形洞段长14.48km,占比2.37%;轻微变形洞段长47.31km,占比7.73%。

2 滇中引水工程隧洞软岩大变形应对措施

2.1 软岩变形控制策略

对隧洞软岩大变形,其控制的总体策略为“地质预报、超前支护、初支加强、及时封闭、合理变形、底部加强、衬砌紧跟”。

2.2 软岩变形控制措施

(1)超前地质预报:采取“宏观与微观结合、长短相结合、物探与地探相结合”的综合超前地质预测预报方法探明掌子面前方地质条件及水文地质条件。

(2)开挖方法:通过对软岩隧洞不同埋深、不同围岩类别条件合理施工方法进行了数值模拟分析,采用以下开挖方法:Ⅳ类围岩:埋深小于400m的采用台阶法,埋深大于400m的采用台阶预留核心土法。Ⅴ类围岩:台阶预留核心土法^[2]。特殊不良地质洞段(主要包括断层构造密集带、极软岩、浅埋洞段等):采用台阶预留核心土法。

(3)预留变形量:将无支护时的极限变形量和初期支护的极限变形量作为预留变形量的上下限参考值,通过对软岩段开挖监测资料分析,并考虑断层、结构面发育等实际情况,软岩洞段Ⅳ类围岩预留变形量取50mm~100mm,软岩段Ⅴ类围岩预留变形量取100mm~200mm。

(4)超前灌浆预加固:对断层及构造密集带洞段超前注浆加固提高自承能力。

变形程度	无挤压变形	轻微挤压变形	中等挤压变形	严重挤压变形	极严重挤压变形
围岩强度应力比 $S (R_0 K_0 / \sigma_m)$	≥ 1	$1 \sim 0.5$	$0.5 \sim 0.25$	$0.25 \sim 0.15$	< 0.15
施工期变	$\varepsilon (\%)$	$\varepsilon \leq 1$	$1.0 < \varepsilon \leq 2.5$	$2.5 < \varepsilon \leq 5.0$	$5.0 < \varepsilon \leq 10.0$
形	$10m$ 洞径为侧变形量 $d (cm)$	$d \leq 5$	$5 < d \leq 12.5$	$12.5 < d \leq 25.0$	$25.0 < d \leq 50.0$
		$d \leq 5$	$5 < d \leq 12.5$	$12.5 < d \leq 25.0$	$25.0 < d \leq 50.0$
		$d \leq 5$	$5 < d \leq 12.5$	$12.5 < d \leq 25.0$	$25.0 < d \leq 50.0$

(5) 超前支护: 对埋深大于200m的V类围岩洞段、严重挤压变形洞段采用超前小导管进行超前支护; 极严重挤压变形洞段采用超前大管棚+超前小导管进行超前支护。

(6) 一次支护: 开挖完成后立即施做一次支护, 为适应隧洞开挖完成后变形、充分释放围岩变形荷载, 除断层构造带外的严重及极严重挤压变形洞段采用让压支护体系(锚杆采用恒阻让压锚杆), IV类软岩洞段、V类围岩洞段均采用20cm厚C20混凝土封底^[3]。

(7) 二次支护: 根据变形监测成果适时施做二次支护、回填灌浆及固结灌浆。

(8) 安全监测: 施工期加强超前地质预报和安全监测。

2.3 工程实例

根据断层发育规模及性状、地下水活动状态、围岩变形破坏程度和可能对施工安全影响程度对隧洞穿越断层、构造密集带洞段围岩变形破坏程度进行了分级评价, 针对不同危险分级采取相应的处理措施:

(1) 滇中引水工程楚雄段风电隧洞FTT8+537~8+434洞段围岩为泥岩、粉砂质泥岩, 穿越大的破碎构造带, 隧洞埋深400~450m, 可能发生极严重挤压变形, 综合判定为A级风险区(极高风险区)。开挖时采用三台阶预留核心土法; 预留变

形量20cm; 边顶拱超前灌浆加固围岩: 灌浆长度12m一个循环, 间距2m, 扩散半径2~3m; 顶拱超前大管棚+超前小导管超前支护: 大管棚采用 $\Phi 108@0.5m \times 9m (L=12m)$, 小导管采用 $\Phi 42@0.5m \times 3m (L=4.5m)$; 掌子面挂双层钢筋网 $\Phi 6.5m@15cm \times 15cm$, 喷20cm厚C20粗纤维混凝土封闭, 掌子面采用玻璃纤维锚杆加固, 以提高土体的抗侧压能力, 玻璃纤维锚杆长 $L=12m$, 间距 $1.5m \times 1.5m$ 。系统锚杆采用恒阻让压锚杆。

(2) 滇中引水工程楚雄段伍庄村隧洞WZCT0+716~0+798洞段围岩为泥岩、粉砂质泥岩, 穿越大的破碎构造带, 隧洞埋深150~200m, 可能发生严重挤压变形, 综合判定为B级风险区(高风险区)。开挖时采用二台阶预留核心土法; 预留变形量15cm; 顶拱超前大管棚+超前小导管超前支护: 大管棚采用 $\Phi 108@0.5m \times 9m (L=12m)$, 小导管采用 $\Phi 42@0.5m \times 3m (L=4.5m)$; 掌子面挂双层钢筋网 $\Phi 6.5m@15cm \times 15cm$, 喷20cm厚C20粗纤维混凝土封闭, 掌子面采用玻璃纤维锚杆加固, 以提高土体的抗侧压能力, 玻璃纤维锚杆长 $L=12m$, 间距 $1.5m \times 1.5m$ 。系统锚杆采用恒阻让压锚杆。

(3) 对于轻微~中等挤压变形洞段划分为C级风险区(一般风险区)。开挖时采用台阶法; 预留变形量8~10cm; 顶拱

超前小导管支护, 小导管采用 $\Phi 42@0.3m \times 3m (L=4.5m)$ 。系统锚杆采用中空注浆锚杆或恒阻让压锚杆。

根据已完成的工程实例来看, 采取上述开挖支护措施基本能满足软岩变形洞段的施工, 开挖后围岩发生的变形与预留变形量基本相适应。

3 结束语

滇中引水工程地下隧洞占比多, 软弱段占比也较大, 地质条件极其复杂。为确保工程安全、保证工程质量, 加强对软岩变形段预测、对应措施进行研究, 并通过工程实例、现场监测试验, 探索更合理、有效的应对措施, 更好地指导后续软岩段施工是我们努力的方向。我们将积极采取工程实践中总结出的防治变形对策和施工技术措施, 加强现场施工技术管理和施工工艺控制, 严格按照设计和规范要求施工成为软岩变形隧洞施工技术落实的一个突破点。那么, 为加强理论与实践相结合, 促进水利工程建设以及经济的发展, 成为当今发展一个必不可少的趋势, 我们应为此更加努力。

[参考文献]

- [1] 曹平, 王飞, 邱冠豪, 等. 软岩大变形巷道支护技术及应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2014, 10(08): 69-74.
- [2] 施玉晶. 软岩大变形小净距隧道支护结构研究[D]. 兰州交通大学, 2014.
- [3] 王家祥, 陈长生, 史存鹏, 等. 西南某大型引水工程关键地质问题初步研究[J]. 人民长江, 2015, 46(14): 16-18+44.