

隧道开挖过程中层状围岩稳定性分析

任海军

(长江科学院监理公司,湖北 武汉 430030)

摘要:结合工程实例,基于块体的失稳条件和层状岩体的破坏条件,分析不同地质构造形态岩层下,隧洞开挖过程中围岩的稳定性。并根据洞室围岩产状与开挖几何边界的关系,提出围岩易破坏点的位置确定方法。最后,通过对工程实例中围岩塌方的统计,分析塌方围岩原因,进一步验证层状岩体中围岩的稳定性评价。

关键词:隧道开挖;层状围岩;稳定性;塌方;董箐水电站

中图分类号:U455.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2007)04-0054-06

The Analysis on Stability of Stratified Surrounding Rock in the Tunneling Process/REN Hai-jun (Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan Hubei 430010, China)

Abstract: According to the unstable condition of the displaceable block and the breakage term of the stratified rock, this paper analyzed the stability of surrounding rock during the excavating process in different geological structures. And according to the relation between rock occurrence of the underground chamber and geometrical boundary of excavation, the paper gave the method to positioning breakage. Finally, by the analysis on the cause of collapse in engineering, evaluation on stability of surrounding rock in stratified rock was further tested.

Key words: tunneling; stratified surrounding rock; stability; collapse; Dongjing hydropower station

1 概述

近年来,随着西部大开发的进行,我国在西部开始大量的基础工程建设,例如公路、铁路和大型水电站等,其中隧洞工程成了各个基础工程不可缺少的部分。作为地下洞室工程,隧洞开挖过程中遇到的围岩稳定性问题成为学者们关心的课题。20世纪80年代,块体理论的提出,从微观上对围岩进行稳定性分析,指出关键块体稳定性对围岩稳定性的作用。文献[1]中通过引入损伤力学,推导出节理岩体的损伤本构模型,从宏观力学效应上对围岩体稳定性进行分析。文献[2]中利用人工材料进行层状岩体各向异性强度的模拟试验,分析影响岩体稳定性的主导因素是岩体层面的内摩擦角、裂隙倾角、数量。文献[3、4]中提出针对层状岩体的锚杆加固措施。

2 围岩稳定性分析

岩体是由一定岩石组成的具有一定结构,赋存于一定的地质和物理环境中的地质体。在褶皱发育的地层中,岩体被各种各样的次生结构面切割成各类型的空间镶嵌块体,这些块体处于静态平衡状态。当在此类地质体中进行隧洞开挖时,地质体的原始

平衡状态被打破,暴露在临空面上的某些块体失去平衡首先沿结构面滑移而失稳,进而产生一系列连锁反应,造成不同程度上的塌方灾害。因此,目前工程中常采用局部块体稳定性的评价来分析围岩的稳定性。

2.1 块体的稳定性

根据块体理论分析,围岩塌方是由某些暴露在临空面上的块体先失稳,接着产生连锁反应,造成其它块体的松动、滑移,进而影响整个围岩的稳定性。因此,对这些首先失稳的块体的稳定性评价成为分析研究岩体稳定性性状和工程处理措施的重点。岩体中结构面是在不同地质作用中生成和发展的,不同成因的结构面,其形态、特征、力学特性等都有很大的差异。实际开挖中,不同结构面与开挖面的组合,其失稳模式也有所不同。根据结构面与重力矢量的相互关系,判断块体失稳模式如下。

(1) 当围岩内部的顶点不高于开挖面上的最低点时,块体是稳定的。

(2) 当各结构面的外法线方向 \vec{n}_{ij} (指向块体外) 与重力 \vec{W}_i 矢量夹角均非锐角时,即:

$$\vec{n}_{ij} \cdot \vec{W}_i \leq 0 (j=1, 2, 3) \quad (1)$$

此类型失稳,不考虑结构面的抗拉强度,稳定性

收稿日期:2006-10-30

作者简介:任海军(1980-),男(汉族),甘肃白银人,长江科学院监理公司监理工程师,地质工程专业,硕士,从事岩土工程的科研与监理工作,湖北省武汉市黄埔大街23号,(027)82926552,renavy@163.com。

系数 $F_{osi} = 0$, 仅考虑自重时发生此类失稳模式的块体, 只可能出现在洞室拱顶部位。块体失稳后直接垮落。

(3) 当仅有一个结构面的外法线方向 \vec{n}_{i1} 与重力 \vec{W}_i 矢量夹角为锐角时, 即

$$\vec{n}_{i1} \vec{W}_i > 0 \quad (2)$$

块体沿该结构面(底滑面)发生平移。以典型的四面体块体为例, 如图 1(a), 如无侧限面, 块体沿底滑面的倾向线方向滑动, 稳定系数^[5-7]:

$$F_{osi} = \frac{\vec{W}_i \cos \alpha_{i1} \tan \varphi' + c' s_{i1}}{\vec{W}_i \sin \alpha_{i1}} \quad (3)$$

式中: \vec{W}_i ——块体 i 的自重; α_{i1} ——底滑面 OAB 的倾角; c' 、 φ' ——结构面的粘聚力和内摩擦角; s_{i1} ——底滑面的面积。

如图 1(b), 如有侧限面, 块体在自重作用下存在沿底滑面 OAB 倾向线方向滑动的趋势, 但由于侧限面的存在将限制其滑动方向, 使其转为沿底滑面与侧限面的交线滑动。如图 2 中所示, 块体稳定系数^[5-7]:

$$F_{osi} = \frac{W_i \cos \alpha_{i1} \tan \varphi' + c' s_{i1} + \frac{W_i \sin \omega_{i1} \sin \beta_{i1}}{\sin \theta} \tan \varphi' + c' s_{i2}}{W_i \cos \omega_{i1} \sin \alpha_{i1}} \quad (4)$$

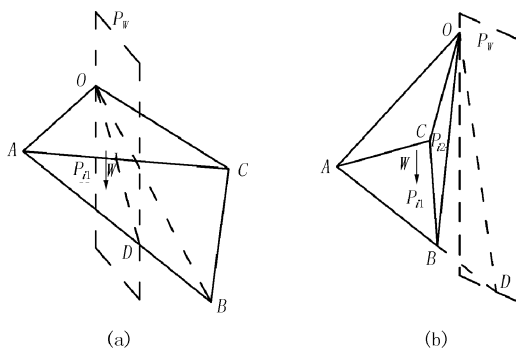


图 1 块体失稳方式分析图

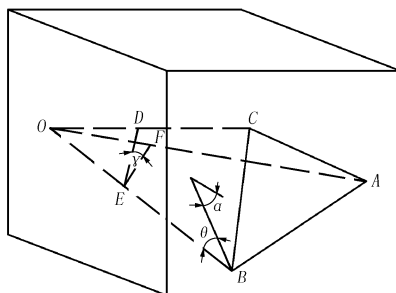


图 2 块体失稳分析参考图

式中: ω_{i1} ——底滑面 OAB 的倾向线与滑移线 OB 之间的夹角; θ ——底滑面 OAB 与侧限面 OBC 之间的二面角; s_{i2} ——侧限面 OBC 的面积。

(4) 有 2 个结构面(设 $j=1, 2$)的外法线方向夹角为锐角时, 即:

$$\vec{n}_{ij} \vec{W}_i > 0 \quad (5)$$

块体沿两结构面的交线发生平移。块体稳定系数为^[5-7]:

$$F_{osi} = \frac{N_{i1} \tan \varphi' + c s_{i1}' + N_{i2} \tan \varphi' + c s_{i2}' s_{i2}}{W_i \sin \alpha_{is}} \quad (6)$$

$$N_{i1} = \frac{W_i \cos \alpha_{is} \sin \omega_{i2}}{\sin \omega_{i1} \cos \omega_{i2} + \cos \omega_{i1} \sin \omega_{i2}}$$

$$N_{i2} = \frac{W_i \cos \alpha_{is} \sin \omega_{i1}}{\sin \omega_{i1} \cos \omega_{i2} + \cos \omega_{i1} \sin \omega_{i2}}$$

式中: s_{i1} 、 s_{i2} ——底滑面 P_{i1} 、 P_{i2} 的面积; α_{is} ——滑移棱线的倾角; ω_{i1} 、 ω_{i2} ——块体的重力 W_i 对于两底滑面交线的垂向方向与二滑面法线的夹角。

2.2 层状岩体围岩稳定性分析

层状岩体的破坏条件, 不仅与受力情况和层面强度有关, 而且与层面的产状有关。对于平面问题, 这种相关性主要表现在倾角上, 对于空间问题, 除了岩层倾角面, 还应该考虑岩层的走向与洞室的边界几何切割关系, 即:

$$f(\sigma_{ij}, \alpha) = 0 \quad (i, j = 1, 2) \quad (7)$$

$$f(\sigma_{ij}, \alpha, \gamma) = 0 \quad (i, j = 1, 2, 3) \quad (8)$$

式中: α 、 γ ——分别为岩层的倾角和走向。

根据岩层的倾角 α 与岩层走向和边界几何的夹角 β , 洞室开挖中, 周边围岩的形式可以分为表 1 所列的几种。

表 1 洞室周边围岩的空间结构形式表

$\alpha / (^\circ)$	岩层名称	$\beta / (^\circ)$		
		0 ~ 10	10 ~ 80	80 ~ 90
0 ~ 10	水平岩层	I	II	III
10 ~ 45	缓倾角岩层	IV	V	VI
45 ~ 80	陡倾角岩层	VII	VIII	IX
80 ~ 90	垂直岩层	X	XI	XII

文献[8]中指出, $\alpha = 45^\circ + (\varphi'/2)$ 时, 岩体强度最低, 岩体破坏将会沿层面滑动, 而且根据层状节理面的内摩擦角 φ' 的范围一般为 $17^\circ \sim 27^\circ$, 由此可计算得最有可能使岩体沿层面滑动的倾角范围在 $53.5^\circ \sim 58.5^\circ$ 之间。

因此, 对于洞室开挖来说, 围岩的稳定性取决于岩层的倾角和岩层走向与边界几何的关系, 特别是陡倾角岩层最易破坏。

3 洞室开挖中的地质问题及预报控制

洞室开挖过程中的主要地质问题就是围岩的稳定性问题。对于某一特定的围岩,洞室开挖后,周边一定范围内的岩体因受扰动以及临空面的存在,在岩体自重应力作用下,初始应力就会发生重新分布。在洞室周边围岩表现最为剧烈,使围岩内各质点的初始应力平衡状态受到破坏,因而发生位移,向临空面挤压变形,有的围岩发生松胀。周边围岩随着时间的变化,其变形和应力重分布也不断的进行。如围岩的变形不大于其最大允许变形量,围岩就趋于稳定,在围岩体中逐渐形成具有一定承载力和自稳性的围岩承载力拱环。承载力拱环以内的围岩体主要受自重应力的作用,如果岩体中结构面发育,根据块体失稳原理,临空面围岩体失稳,进一步引起其它围岩的变形。再加上围岩固有物理力学特性复杂性和一些断层、节理的影响,包括岩层的产状(走向和倾角)、岩石和层面的力学强度等,使得围岩的稳定性问题变得更加复杂。

3.1 层状岩体中的围岩受力分析

对于层状岩层来说,洞室开挖后,由于承载力拱环产生拱效应的存在,应力分布的结果是平行于顶拱方向的应力最大,垂直于拱部的应力最小。不同部位的受力情况也有所不同(如图3所示)。在洞室周边,单元岩体最大主应力和层面的夹角也有很大的变化。

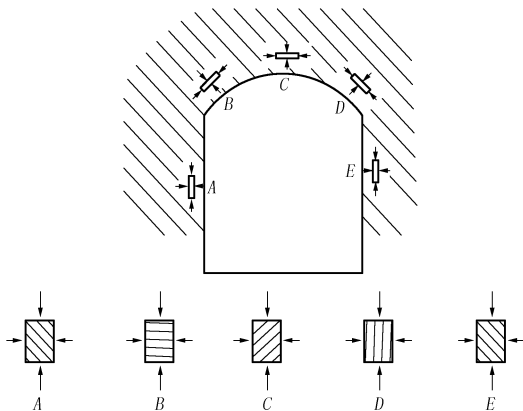


图3 洞室层状围岩周边应力示意图

文献[2]中指出影响层状、似层状结构岩体力学性质各向异性的主导因素是层状岩体的裂隙倾角、层数,尤其是裂隙倾角为岩体破坏提供了破坏弱面。在 σ_3 为常数情况下,层状岩体破坏的最大主应力 σ_3 与 β 的关系曲线见图4。

当层面与最小主应力的夹角 β 在 β_1 、 β_2 之间时,岩体沿层面破坏,在两点之外,岩体只能通过岩

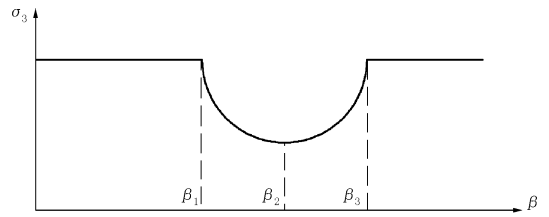


图4 最大主应力和 β 关系图

石发生破坏。最小值 β_2 为层面的最不利位置,随着位置的不同,岩体单元中最不利破坏层面的倾角也随之变化,其破坏的最大主应力也随之变化。特别是在洞室开挖后,洞周一定范围内发生应力分异现象,法向应力降低,切向应力升高。一般表现在顶拱和底板中部最大主应力明显升高,在洞壁处达到最大值。应力集中,进一步加快了围岩的破坏。

分析可得,边墙中部一定范围内,岩体单元(A)受最大主应力的作用下,岩体易发生顺层滑动。对于顺倾向侧边墙(A点)的岩体,顺层滑动可以直接导致岩块向洞内松动、下滑。而对于反倾向侧边墙的岩体,岩体的顺层滑动由于受深部岩层的约束,岩体相对较稳定,但当存在一些不利结构面组合型滑动块体时,边墙层面底部岩块先剥落,进一步引起上部岩层向洞内倾倒,发生弯折破坏。

对于顶拱部位的岩体,岩体单元最大主应力和层面的夹角从 90° 变到 0° 。顶拱中央出现拉应力,顶拱两侧会出现剪应力集中,使得顶拱部位的受力也随着 β 变化而变化。根据层状岩体稳定性分析,拱部左侧岩体最大主应力与层面垂直,其破坏的可能性最小,只能发生剪断破坏;拱部中央岩体易发生顺层面滑动,特别是拱部中央偏右的部位;拱部右侧岩体,由于最大主应力平行层面,极可能发生弯折破坏。

因此,从岩体受力情况分析,对于图3中单个洞室来说,右侧边墙的稳定性好于左侧,左顶拱的稳定性好于右侧。

3.2 层状岩体中的围岩稳定性评价

实际开挖过程中的洞内岩层情况不能仅看成平面问题,岩层的走向也对洞周围岩的稳定性有很大的影响。

当岩层走向与洞挖边界几何夹角 β 为 $0 \sim 10^\circ$ 时,可以将其视为平面问题。根据层状岩层的特性,围岩最易破坏面一般都是岩层的层面。如图5(a)所示,假设岩层破坏面是沿层面破坏,即 $\beta = (\pi/4) + (\varphi'/2)$,对于倾角为 $\alpha < (\pi/4) + (\varphi'/2)$ 时的岩层,其顶拱周边围岩存在2个最易破坏点:

$$A_1 \text{ 点: } \theta_1 = (\pi/4) + (\varphi'/2) - \alpha \quad (9)$$

$$A_2 \text{ 点: } \theta_2 = (3\pi/4) - (\varphi'/2) + \alpha \quad (10)$$

根据上式可知:对于水平岩层有利于洞室边墙
的稳定性,但顶拱中央两侧一定角度范围内围岩最
易破坏,顶拱中央部位当岩层较薄时,岩体易受张拉
断裂破坏。此类岩层应加强顶拱腰 45°左右部位的
支护。对于岩层倾角的增加,易破坏 A_1 点向右起拱
部位转移, A_2 点向左起拱部位转移,岩层支护时,也
应该根据具体的围岩倾角进行支护。当岩层倾角 α
 $= (\pi/4) + (\varphi'/2)$ 时,易破坏点 A_1 、 A_2 出现在左、右
边墙上以及顶拱中央部位。当 $\alpha > (\pi/4) + (\varphi'/2)$
时,如图 5(b) 所示,其顶拱周边围岩存在破坏点为:

$$A_1 \text{ 点: } \theta_1 = (3\pi/4) - (\varphi'/2) - \alpha \quad (11)$$

$$A_2 \text{ 点: } \theta_2 = (5\pi/4) + (\varphi'/2) - \alpha \quad (12)$$

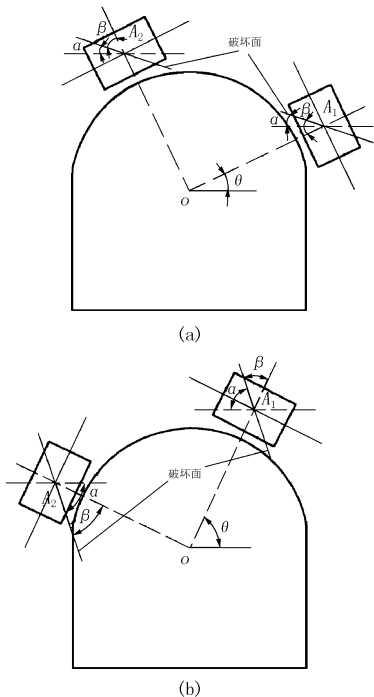


图 5 易破坏围岩点位置

随着岩层倾角继续增加,易破坏点 A_1 向右起拱
部位移动, A_2 向顶拱中央部位移动。当 $\alpha = \pi/2$ 时,
易破坏点出现在左右拱腰部位。

当岩层走向与洞挖几何夹角 $10^\circ \sim 80^\circ$ 时,围岩
稳定性应视为空间问题。由于受岩层走向的影响,
周边围岩易破坏点将不在同一个断面上,同一软弱
岩层的 2 个易破坏点将沿着洞轴向一前一后,且分
布在洞轴两侧,如图 6。

当岩层走向与洞挖几何夹角 $80^\circ \sim 90^\circ$ 时,此类
洞挖围岩稳定性最好。随着岩层倾角的增大,洞室

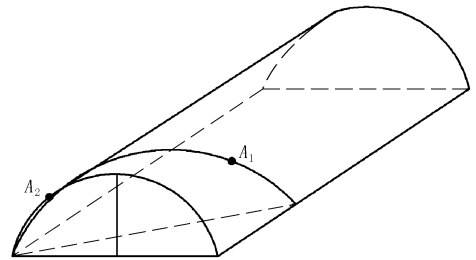


图 6 空间易破坏围岩点位置

的周边围岩稳定性越好。

因此,在洞室开挖过程中,应先根据围岩的倾角
和走向,分析出围岩的易破坏点,再针对易破坏点范
围加强支护,这样可以做到节省工程造价,且安全施
工。

4 工程实例

4.1 工程概况

董箐水电站位于贵州省镇宁县与贞丰县交界的
北盘江河段,是北盘江的梯级电站的第三个电站,是
一个以发电为主,兼顾其它效益的水利枢纽,电站装
机 4 台,总装机容量 720 MW。左岸交通洞作为附
属工程,在整个电站修建及以后交通中起着重要作
用。隧洞全长 1034.22 m,最大开挖断面 9.9 m ×
7.7 m(宽 × 高)。

根据地质勘查资料和进出口明挖分析,整条隧
洞穿越地层的地质条件复杂。隧洞穿越地层为边
阳组第一段(T_2b_1)灰色、深灰色中厚层、厚层及薄层
砂岩、粉砂岩夹泥岩与边阳组第二段(T_2b_2)灰色、深
灰色薄至中厚层灰岩、粉砂岩,所处层间褶皱较发
育,岩体完整性较差,局部褶曲挤压带破碎,岩体中
裂隙发育。一般宽为 1~5 mm,粘土夹碎石充填。隧
道埋深浅处自稳能力较差,地表受冲沟切割,部分洞
段埋深浅,围岩风化深。

根据开挖揭露的地质情况分析,洞内围岩类别
分为: $K0 + 55 \sim 75$ 段、 $K1 + 67 \sim 89$ 段为 V 类围岩,
岩层为强风化的薄层砂岩、粉砂岩夹泥岩,褶皱发
育,节理裂隙极发育; $K0 + 75 \sim 196$ 、 $K0 + 775 \sim 798$ 、
 $K0 + 848 \sim K1 + 67$ 段为 IV 类围岩,岩层为微风化
的中厚层砂岩、灰岩,局部岩层节理较发育; $K0 + 196$
 ~ 775 、 $K0 + 798 \sim 848$ 段为 III 类围岩,岩层为中厚
层夹薄层灰岩。施工过程中发生多次塌方(见表 2),
依据现场的岩层走向、倾角,对围岩进行针对性的支
护,并取得良好的效果,加快了施工进度。

表2 左岸交通洞塌方统计表

序号	桩号	时间	塌方量/m ³	部位描述	岩层描述
1	K0+067.5~068.5	2005.08.02	147	顶拱	薄层砂岩、粉砂岩夹泥岩,岩层破碎,裂隙发育,倾角70°
2	K0+080~083	2005.08.17	12	右顶拱	薄层砂岩、粉砂岩夹泥岩,倾角75°
3	K0+096~097	2005.08.26	7	右顶拱	薄层砂岩、粉砂岩夹泥岩,倾角75°
4	K0+111~117	2005.09.05	16.5	右顶拱	薄层粉砂岩夹泥岩,倾角60°
5	K0+124~126	2005.09.10	27.6	右顶拱	薄层粉砂岩夹泥岩,倾角55°
6	K0+160~163	2005.09.24	8	右顶拱	砂岩夹泥岩,倾角60°
7	K0+175~177	2005.09.27	局部掉块	左边墙	中厚层砂岩,倾角60°
8	K0+183~186	2005.10.02	27	顶拱	中厚层砂岩,倾角60°
9	K0+188~190	2005.10.04	9	右顶拱	中厚层砂岩,倾角60°
10	K0+271~274	2005.10.24	10	顶拱	薄层灰岩,倾角60°
11	K0+304	2005.10.30	67.7	右顶拱	薄层灰岩,倾角30°
12	K0+338	2005.11.07	局部掉块	顶拱	薄层灰岩,倾角5°~10°
13	K0+382	2005.11.15	掌子面涌水	顶拱	薄层灰岩,倾角5°
14	K0+766~760	2005.11.13	局部掉块	顶拱	中厚层灰岩夹砂岩,倾角5°~10°
15	K0+796~790	2005.11.07	30	顶拱	断层带,充填物为炭质泥岩,顶拱岩层为炭质泥岩,倾角10°,边墙岩层为中厚层灰岩,倾角7°~80°
16	K0+886~879	2005.10.22	局部掉块	左边墙	中厚层灰岩,倾角7°~80°
17	K0+959~956	2005.10.01	49	顶拱	灰岩夹黄褐色泥岩,倾角70°
18	K0+962~959	2005.09.30	局部掉块	左顶拱	薄层灰岩,倾角70°~75°
19	K0+965~962	2005.09.28	局部掉块	右拱腰	薄层灰岩,倾角70°~75°
20	K1+003	2005.09.12	滑落大块石	左边墙	薄层灰岩夹泥岩,倾角75°
21	K0+063.5~061.5	2005.08.18	30	右顶拱	薄层灰岩夹泥岩,顶拱为黄褐色泥夹层,倾角30°
22	K1+065.5~063.5	2005.08.17	26.6	左顶拱	薄层灰岩夹泥岩,顶拱为黄褐色泥夹层,倾角30°
23	K1+076~072	2005.08.09	152	顶拱	破碎岩层,裂隙发育
24	K1+079~076	2005.08.03	49.6	顶拱	破碎岩层,裂隙发育

4.2 塌方分析

本地区褶皱构造发育,在构造运动过程中,岩层之间的错动,使岩层中页岩泥化。由于岩体裂隙发育,软化页岩在地下水的作用下,充填岩层裂隙,使得岩体内部存在很多破碎裂隙面。大量的现场调研和工程地质资料显示,泥化夹层在水的作用下,在其内部形成有一些特殊光泽的光滑面。在隧道开挖的扰动下,泥化夹层再一次受到剪切错动,由于这种错动而提高了错动破坏面的粘粒的含量,并由于浸入裂隙面的地下水的擦过,就形成光滑的裂隙面。根据文献[9]中我国岩土泥化夹层强度指标值和工程地质资料分析,本地区的泥化夹层粘聚力与内摩擦角的平均值取为: $c_s = 0.015 \text{ MPa}$, $\varphi_s = 16^\circ$ 。岩块在光滑裂隙面存在的前提下,先是发生掉块,随着围岩应力的释放,隧洞局部变形,逐渐波及到整个洞面的坍塌或顺层向滑移而形成大范围坍塌。

K0+67.5~790段,岩层走向与洞轴线基本平行,其围岩稳定性主要受岩层倾角的影响。根据表2分析,发生塌方段的岩层倾角主要集中在 $55^\circ \sim 80^\circ$ 之间,由设计尺寸要求和式(11)、(12)分析,易破坏点主要集中在 $52^\circ \sim 67^\circ$ 之间。在实际开挖过程中,由于爆破扰动,使岩石裂隙发育。围岩失稳先

从易破坏点开始,右拱腰部位的岩块,在重力作用下,发生倒倾、弯折破坏。对于倾角较缓的岩层,由于开挖后,顶拱经常形成光板面,当岩层较薄时,顶拱围岩先发生张拉断裂破坏,如K0+338段和K0+766~760段。

K0+790~K1+079段,由于岩层走向与洞轴线有一定夹角,其围岩稳定性不仅受到岩层倾角的影响,岩层的走向也对围岩的稳定性有很大的影响。由表2中可以看出,连续洞段同一软弱岩层的2个易破坏点沿着洞轴向一前一后,发生塌方部位也分布在洞轴两侧。

在施工过程中,通过围岩倾角和走向的分析,对K0+67.5~790段右侧边墙进行锚杆加密支护,保证围岩的稳定性;对K0+790~K1+079段左右顶拱进行选择性的超前支护,减少软弱岩层段的塌方次数,保证安全的施工。

5 结语

随着隧道工程技术的发展,里程长、埋藏深、断面大的隧道将不断的涌现出来。同时,在洞室开挖过程中,由于各种地质灾害引起的围岩稳定性也变得更加复杂。特别是层状岩层,岩层的地质构造、洞

室几何断面形态、开挖时的爆破参数等都对围岩的稳定性起着决定性的作用。

(1) 围岩的稳定性不仅与岩层的倾角有关,岩层的走向与开挖的边界几何关系也直接影响着围岩的稳定性。特别是陡倾角岩层最易破坏。

(2) 根据围岩的层状以及洞室开挖的边界几何,分析出围岩的易破坏点,针对易破坏点进行支护,不但有利于围岩的稳定性,而且可以节省工程造价。

(3) 围岩的塌方是一个渐进过程,塌方原因受多方面的影响;地下水、泥化夹层的存在、围岩的地质构造形态是影响围岩不稳定的客观原因;施工过程中,爆破参数选择不当、施工工序安排的不合理等是影响围岩不稳定的主观原因。因此,开挖过程中应及时对围岩的地质条件进行分析,根据围岩的具体情况进行选择性的支护,更有利于节省工程造价,确保施工安全。

参考文献:

- [1] 周维垣. 高等岩石力学[M]. 北京:中国水利电力出版社, 1990.
- [2] 曾纪全, 邵小曼. 岩体力学各向异性试验研究[J]. 水电工程研究, 2001, (2): 8-20.
- [3] 杨延毅. 加锚节理岩体的损伤增韧止裂模型研究[J]. 岩土工程学报, 1995, 17(1): 9-17.
- [4] 杨延毅. 加锚层状岩体的变形破坏过程与加固效果分析模型[J]. 岩石力学与工程学报, 1994, 13(4): 309-317.
- [5] 王思敬, 杨志法, 刘竹华. 地下工程岩体稳定分析[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [6] 徐志英. 岩石力学(第三版)[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1993.
- [7] 肖树芳, 杨淑碧. 岩体力学[M]. 北京:地质出版社, 1987.
- [8] 王启耀. 陡倾角层状岩体中大型地下洞室群围岩变形的预报与控制[D]. 上海:同济大学, 2004.
- [9] 唐良琴, 聂德新, 任光明. 软弱夹层粘粒含量与抗剪强度参数的关系分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(2): 56-60.

新型绳索取心液动潜孔锤钻具研制成功

本刊讯 中国地质科学院勘探技术研究所新技术二室充分利用其在液动潜孔锤技术研究开发的成果和优势,瞄准资源勘探的发展形势,研发成功新一代SYZX系列绳索取心液动潜孔锤。为地质资源调查以及绳索取心钻探迅猛发展的广大市场提供了一种新的机具。

该技术将绳索取心和液动冲击回转钻进的优势有机结合,充分利用了绳索取心不需每回次提大钻、辅助时间少、液动潜孔锤钻进效率高、岩心堵塞几率少、增加回次进尺的优越性,尤其是在破碎地层及坚硬致密的打滑地层中钻进,可成倍提高钻进效率,降低综合成本。

该绳索取心液动潜孔锤与传统钻具相比有以下特点:

(1) 内置的液动潜孔锤采用取得2项发明专利、并经中国大陆科学钻探工程科钻一井5000m深度3000余米钻进进尺考验的YZX液动锤结构,因而在适应井深、工作稳定性、易损件寿命等多方面有更好的优势;

(2) 液动锤采用双喷嘴配流结构并靠锤阀各自具有的面积差而运动,减少密封副数量,简化了钻具结构;

(3) 液动锤内无易损坏的弹簧零件,钻具寿命较长;

(4) 液动锤取消固定式节流环,击砧水垫影响小,有利于深孔钻进;

(5) 内外管间及阀锤高低压区的密封均采用金属机械式密封,耐磨性高,寿命长;

(6) 传递冲击功装置采用具有相互包容刚性结构,简单可靠,寿命长,更换方便;

(7) 外管传递扭矩和冲击功结构简化并增加了安全强度。

该机具与常规的绳索取心钻具配合,可应用于各种金属矿的勘探,包括:金矿、铅锌矿、铁矿、铜矿等;各种岩层包括:变质岩、火成岩和沉积岩;各种矿脉、断层和破碎带;易坍塌和岩心易堵塞的复杂地层;同样适合于河流、湖泊和海洋及科学钻探。

世界最长隧道最难地段实现贯通

新华社2007年4月9日消息 从辽宁省水利厅获悉,目前在建的世界最长隧道——大伙房水库输水一期工程六河标段日前顺利贯通。这标志着这项世界级工程最难点已经攻克。

六河标段因隧道穿越六河河床而得名。该段尽管全长仅有140m,但因其埋深达63m,且处于3条断层交汇带,岩石破碎,透水性极强,是整个大伙房水库输水工程地质条件最复杂的地段。施工人员化解了围岩破碎、渗漏水严重难题,成功处理了多起涌水、塌方等突发性地质灾害,在无安全事故情况下,创造了世界上复杂地质条件开挖隧洞的奇迹。

投资103亿元的大伙房水库输水工程包括从辽东向抚顺大伙房水库调水的一期工程和从大伙房水库向受水城市输水的二期工程,是东北地区最大的输水工程。在建的一期工程输水隧道长85.3km,目前已经完工64.1km的建设任务。这条直径8m的输水隧道建成后,将会超过目前世界公认最长的57.6km的瑞士戈特哈尔德隧道,成为世界上最长的隧道。大伙房水库输水工程,旨在引用优质充沛的辽宁东部山区水源,供给辽宁省老工业基地的中部城市群,以解决该地区百年内用水问题,受益人口近1000万人。工程预计2008年底完工。