

引黄入晋隧洞岩溶发育特征及施工方案论证

刘冀山 祁国臣 张丽艳

(水利部天津水利水电勘测设计研究院)

文摘 岩溶发育洞段的施工方案选择问题令人关注。本文针对困扰引黄入晋工程的这一疑难问题,在地质分析基础上,经过论证比较,提出了岩溶发育洞段的施工对策。

关键词 岩溶 钻爆法 TBM(掘进机)

1 前言

引黄入晋隧洞围岩大部分为碳酸盐岩,其间发育的岩溶洞穴问题一度成为确定施工方案的制约因素,影响工程质量和 2001 年供水目标的实现。本文以岩溶最为发育的南干线 6[#] 隧洞为例,在阐述岩溶基本发育特征与规律基础上,经过对各种不同施工方案进行比较后认为,只要采取具有针对性的适宜施工方案,是可以顺利贯通的。

2 岩溶发育洞段的地形地质条件

6[#] 隧洞岩溶主要分布在青羊渠到温岭段,岩溶发育不仅受地层岩性与产状控制,而且与地形地貌、地质构造条件密切相关。

2.1 区域地质概况

该段处于偏关~神池块坪的东部地区,相间分布的中低山、黄土丘陵和山间断陷盆地构成工程区地貌和构造的基本特征。该构造单元以利民堡区域性断层为界,可分为南北两部分。

北部为中低山区,基岩以寒武系灰岩为主,地层呈舒缓波状。各类松散堆积物主要分布在沟谷和岸坡地带。该区构造以中小挠曲为主,断层构造不发育。区内地下水贫乏,区域地下水位多低于洞线。隧洞埋深多在 100~300m 之间,局部大于 300m,处于中等或中等偏高应力区,地震基本烈度为 VI 度,属稳定地块。工程大部分地段地质条件良好。

在利民堡南部地区,构造地质条件相对复杂,不仅发育有著名的利民堡断层和水沟断层,还发育有利民堡、九姑村和温岭等断陷盆地,受其影响和控制,导致了岩溶现象相对发育,如 6[#] 隧洞的大部分地段,由于毗邻九姑村和温岭断陷盆地,成为南干线岩溶最为发育的地区之一。

2.2 岩溶发育洞段的地形地貌条件

南干线 6[#] 隧洞布设在一条近南北走向的吕梁山余脉上,作为黄河和海河两大水系的地形分水岭,其东侧为恢河,穿经大同盆地汇入海河水系,其西侧为朱家川河,穿经隧洞周边地带的九姑村断陷盆地、温岭断陷盆地汇入黄河水系(图 1)。

该隧洞所处的吕梁山余脉为一狭长形山脊,长约 15km,宽约 1~3km。因其围限在东侧的朔州断陷盆地、南侧的温岭断陷盆地和西侧的九姑村断陷盆地范围内,导致沟谷发育,地形切

割深度大,地形高差 200~ 400m。特别是在各断陷盆地,自新生代以来,沉积了巨厚的 N_2 红粘土和 Q_2 、 Q_3 次生黄土,其基岩埋深达 200 余 m,构成了岩溶发育的侵蚀基准面。

受上述地形、地貌条件的制约,不仅形成了本区地表水的入渗条件,而且营造了本区地下水独特的迳流、补给和排泄条件,从而为岩溶的发育和发展提供了特定的地形地貌环境。

2.3 岩溶发育洞段的地质条件

就引黄全线岩溶发育层位而言,奥陶系下马家沟组 (O_{2X})、上马家沟组 (O_{2S}) 中厚层灰岩的岩溶现象相对发育,而寒武系凤山组 (C_3f) 灰岩则不及前者。具体到 6[#] 隧洞,青羊渠至南庄子洞段恰好分布 O_{2X} 和 O_{2S} 地层,因此其岩溶现象不容忽视。

根据区域地质调查资料分析,6[#] 隧洞岩溶现象集中发育的原因,除与地形地貌有关外,主要取决于其所处的地质构造条件。该洞段地层产状平缓,发育有三组 (NNE 组、NE 组和 NW 组) 陡倾裂隙,在其控制和古岩溶地下水的作用下,岩溶现象多沿具有隔水作用的泥灰岩、页岩为底板的中厚层灰岩中成层发育,因而以水平岩溶居多,垂直岩溶次之。

根据岩溶充填物分析,本区岩溶可分为三种类型,即全充填型、半充填型和未充填型(空洞)。其中,根据岩溶充填物性质的差异,充填型岩溶的充填物主要有三种:其一为石炭系本溪组 (C_{2b}) 铝土页岩、砂页岩碎屑和山西式铁矿;其二为新生界第三系 (N_2) 红粘土;其三为第四纪 (Q) 以来的黄土和碎石。综合上述特征并考虑岩溶洞穴发育程度可以发现,本区岩溶主要经历了三个不同的发育时期,就其发育强度而言,似以古岩溶为主,近代岩溶发育相对较弱。

上述调查、分析结果,业已为 6[#] 隧洞沿线布设的 10 个勘探钻孔揭露情况所证实(图 2)。

在 10 个钻孔 866m 的基岩进尺中,所揭露的岩溶发育段长度达 430.7m,岩溶发育率为 49.73%,岩溶发育高程为 1580~1500m。6[#] 隧洞高程为 1528~1517m,恰好位居其中。

3 岩溶发育洞段的施工方案

3.1 钻爆法

鉴于岩溶发育问题具有不确定性和不可预见性,就

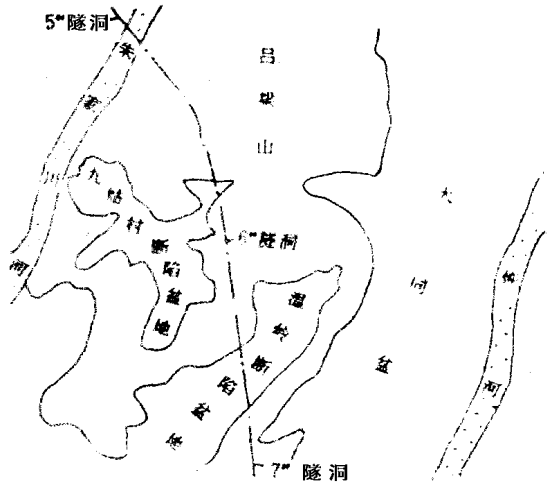


图 1 南干线 6[#] 隧洞地形地貌略图

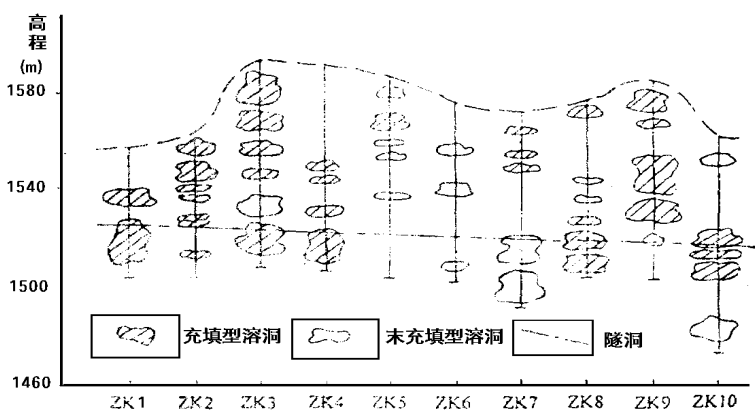


图 2 南干线 6[#] 隧洞钻孔揭露岩溶分布图

目前国内外现有勘察手段而言,即使采用最先进的技术方法,仍然无法查明岩溶发育的确切程度,包括岩溶形态、规模、位置及其充填状况等。因此,采用常规的钻爆法施工,其有效性和优越性是显而易见的。主要表现在为可以顺利实现工程的三控制目标。

3.1.1 有利于进度控制

工程工期目标一经确定,即将工期分解为若干个时段,每一时段均需完成分摊到的相应工程量,从而形成工程的进度控制内容。采用钻爆法进行岩溶发育洞段的施工,可以根据所揭露岩溶的具体规模、形态与性状,选择有针对性的施工方案,因地制宜地进行工程处理。此外,若出现因岩溶处理而影响工期,尚可增加工作面(施工支洞)提出赶工措施。因为,在6[#]隧洞的岩溶发育洞段,大部分为浅埋隧洞,具备布设施工支洞的地形条件。由此可见,钻爆法施工具有机动灵活、确保工期的特点,因而有利于工程的进度控制。

3.1.2 有利于质量控制

在岩溶发育洞段,由于各种形态的岩溶现象分布于洞室的不同部位,如按岩溶与洞室的相对位置,可分为侧壁型、底板型、顶拱型和包容型(溶洞断面大于隧洞断面);如按岩溶充填情况,可分为未充填型、半充填型和全充填型,为工程处理带来相当大的难度,而处理质量的优劣又是至关重要的,必须严把质量关,对于工程处理过程中的每道工序和环节都要慎重行事,严格控制,避免造成“千里之堤,毁于蚁穴”。

由于钻爆法施工是在岩溶完全暴露状态下进行的,不仅有利于设计方“对症下药”,提出适应不同岩溶现象的结构、防渗等设计方案,而且有利于其设计处理方案得到保质保量的贯彻执行,最大限度地修补因岩溶发育带来的围岩缺陷,最大限度地提高岩溶发育洞段的工程质量。因此,从这一意义上出发,钻爆法施工有利于工程的质量控制。

3.1.3 有利于投资控制

采用钻爆法进行岩溶发育洞段的施工,对工程的投资控制也是有利的,其主要表现在于:

其一,在隧洞掘进过程中,各种岩溶现象不断被发现,并且不断被处理,这一过程实际上相当于无偿进行了岩溶的超前勘探工作,因而避免了潜在的超前勘探费用和时间。

其二,根据工程三控制目标密切相关的原理,非常明显,既然采用钻爆法施工有利于确保工程进度与质量,那么必然也有利于工程的投资控制。

3.2 TBM 施工

根据总干线6[#]、7[#]、8[#]隧洞和天生桥水电站主洞TBM施工经验与教训,若采用TBM在岩溶相对发育的南干线6[#]隧洞施工,其主要问题将表现在施工安全没有保障、工程进度和投资控制困难等方面。

3.2.1 关于施工安全问题

主要安全问题有两个,一是TBM的安全运行问题,二是隧洞围岩稳定性问题。

就TBM安全运行问题而言,构成安全问题的岩溶主要为大于隧洞断面的大溶洞,或者位于隧洞底板的一般溶洞,特别是未充填型溶洞(空洞)。当TBM机头前方遇到这样的溶洞时,伴随着机头因受力不均而引起的机械震动,将出现机头(或机身)的“掉头”现象。这是一个危险的信号,处理起来十分困难,需要自TBM后盾向机头前方人工开挖边洞后才能进行,不仅机械受损,而且必然耗时窝工,造成工期延迟和经济损失。

就隧洞围岩稳定性而言,岩溶发育段无疑就是围岩不稳定段。无论是充填型岩溶,还是未充填型岩溶(空洞),当其位于隧洞不同部位时,如顶拱型、底板型、边墙型以及包容型,均对围

岩稳定性产生不同的影响。特别是当岩溶充填物中赋存地下水或上层滞水时, 将造成隧洞围岩稳定条件的进一步恶化。

3.2.2 关于进度控制和投资控制问题

尽管 TBM 是目前世界上最先进的岩石掘进机械, 但在岩溶发育的南干线 6[#] 隧洞, 由于不可避免地要遇到大型溶洞, 且只能采用人工开挖边洞才能进行洞穴处理, 若这样的处理工作频繁地进行, 将严重影响工程进度, 大幅度地增加投资, 使工程的工期目标很难实现。此外, 引黄工程中所使用的 TBM 均为花费巨资在国外进口的设备, 若因洞穴处理而时常停止掘进, 影响其高额工作效率, 显然是一种更大的资金浪费。

3.3 两种施工方案的比较

通过对两种施工方案的比较, 其结果是不言而喻的。即钻爆法施工优于 TBM 施工。现在的问题在于, 在承包商已经选定 TBM 施工方案情况下, 如何找到两种施工方案的结合点, 才能变被动为主动, 最终使工程受益。显然, 这才是最令人关注的。

4 结语

南干线 6[#] 隧洞作为引黄工程中岩溶最为发育的洞段, 其岩溶现象是在特定地质环境中生成的, 只有对岩溶赖以发育的所处地质环境进行深入研究, 才能找到岩溶发生、发展及展布规律, 并借以指导工程。

尽管在国际 II 标现场资料中, 已经评述了 6[#] 隧洞的岩溶条件, 但承包商仍选定 TBM 作为自己唯一的施工方案, 显然是不太适宜的。笔者认为, 根据 6[#] 隧洞的工程地质条件, 选择钻爆法施工是比较适宜的。

Anakysis on Karstic Characteristics and Construction Scheme of the Tunnel in the YRDP

Liu Jishan Qi Guochen Zhang Liyan

(Tianjin Investigation & Design Institute, the Water Resources Ministry)

Abstract: In this paper, No. 6 tunnel in the South Main Line of the YRDP has been taken as an example, the regional geologic condition, and the topographic and geomorphologic conditions along the karstic section of this tunnel are investigated and analysed. The drill and blast method is compared with the TBM (Tunnel Boring Machine) method according to the characteristics of the karstic tunnel section. It is evident on comparing the two methods that the drill and blast method may be considered to be more suitable for the construction of No. 6 Tunnel, as compared with the TBM method.

Key Words: Karstic Characteristic Drill and Blast Method TBM Method