



- 期刊简介
- 广告服务
- 联系方式
- 期刊目录
- 论文推荐

天子庙公路隧道设计

作者：韩大千 单位：山西省交通科学研究院 时间：2010-09-20 点击：次

摘要：天子庙隧道是一级公路复线分离式隧道，单洞总长 1 761 m。隧道下覆 3 层采空区，地质条件复杂，设计施工难度大。介绍了该隧道的隧址选择、结构设计、不良地质处治、监控量测等内容，并总结了对该隧道的几点认识。

关键词：隧道;采空区;结构;设计;不良地质;处治;监控;量测

0 引言

天子庙隧道是 307 复线阳泉市坡头至水峪段一级公路上的中长隧道，单洞总长 1 761 m。天子庙隧道地理位置位于山西省阳泉市市区西北约 6 km 天子庙附近的山区地带。隧道自西向东横穿天子庙山，进口位于阳泉市大村，出口位于阳泉市魏家峪。隧址区位于太行山脉东部之构造剥蚀中低山区，海拔高程 889.9 ~ 1 056.2 m，相对高差 166.3 m。隧址区出露的地层岩性由灰绿色中厚层状中粒砂岩、灰色砂质泥岩夹灰黑色泥岩及黑色煤层组成，地表呈全一强风化，受多次采煤扰动的影响，地表裂缝极其发育，岩体呈角（砾）碎状松散结构和块碎状镶嵌结构。隧道下覆 3 号、12 号、15 号煤 3 层采空区，围岩十分破碎。隧道经遇的不良地质主要有断层、煤矿采空区、地层赋存瓦斯等。



图1 天子庙隧道地理位置

天子庙隧道设计速度为 60 km/h，按上、下行分离设置，右洞长 856 m，左洞长 905 m。隧道建筑限界为宽 9.75 m、限高 5.0 m，采用三心圆断面。隧道按新奥法原理进行设计，2006 年元月开始施工，2007 年底完工，无重大设计变更。通车后运营情况至今良好。

1 隧址方案比选

1.1 隧址方案

1.1.1 四角山隧道

隧道自西向东横穿山脉，上行线长 1 390 m，下行线长 1 360 m，单洞总长 2 750 m。隧道穿越采空区，路面标高与采空区相差 50 ~ 210 m。隧址区不发育断层，但进口发育古滑坡，对工程影响不大；出口一侧洞口与地形等高线斜交，偏压较严重。

1.1.2 天子庙隧道

图2 天子庙隧道地形地质图

本隧道轴线与四角山隧道轴线呈 25° 斜交，两隧道轴线最大距离 800 m。天子庙隧道上行线长 856 m，下行线长 905 m。隧道穿越采空区，路面标高与采空区相差 16 ~ 158 m。隧址区发育小断层 F1、F2、F3，洞口与地形等高线均为正交，无偏压影响。

1.2 方案比选

1.2.1 地质条件

从区域地质条件来说，除四角山隧道进口为古滑坡体外，两方案经过的地质构造、地层岩性基本相同。两方案均下覆 3 号、12 号、15 号 3 层煤矿采空区，煤矿由阳煤集团采用长壁式全冒顶方法开采。四角山隧道路面标高与采空区相差 50 ~ 210 m，天子庙隧道路面标高与采空区相差 16 ~ 158 m。四角山隧道正是为了增加隧道路面标高与采空区相差的深度，提高工程安全性而提出的。

1.2.2 线位走向及进洞口条件

两方案线位走向均符合该路段线位的总体走向。隧道洞口的条件，天子庙隧道较好。

1.2.3 接线工程及隧道长度

两方案在 K12+113.531 — K15+436.646 段形成闭合比较环。天子庙隧道接线比四角山隧道接线单线长 850 m，但隧道单洞短 970 m，造价可大大节省。

综合上述情况，又有阳煤集团 20 世纪 80 年代的试验结果表明长壁式开采结束进入衰退期后，残余变形量并不大，经 30 余年的压实稳定，距路面一定深度的 12 号、15 号煤层对公路的影响很小。最终，隧址方案推荐采用了天子庙隧道方案。

2 隧道设计

2.1 洞身结构设计

根据隧道所处的工程地质条件，按新奥法原理进行设计，采用复合式衬砌，其支护衬砌参数按工程类比，并结合有限元数值分析确定，施工中还需通过现场量测分析调整设计支护参数，实现动态设计，信息化施工。隧道各路段支护衬砌参数详见表 1。

表 1 隧道各路段支护衬砌参数

项目		洞口加强段	VI级围岩段	V级围岩段	IV级围岩段	III级围岩段
初期 支护	C25 喷射砼	30 cm	25 cm	25 cm	20 cm	12 cm
	Φ 8 钢 筋网	@15 × 15 cm	@15 × 15 cm	@15 × 15 cm	@15 × 15 cm	@20 × 20 cm
	加劲措 施	I 20a 钢拱 @50 cm	I 20a 钢拱 @50 cm	I 18 钢拱 @75 cm	I 16 钢拱 @100 cm	
	超前支 护	Φ 89 mm 钢 管 @ 50 cm L=20 m	Φ 50 mm 钢 管 @ 35 cm L=4.5 m	Φ 50 mm 钢管 @ 40 cm L=4.5 m	Φ 22 锚杆 @ 40 cm L=4 m	—
	Φ 25 注浆 锚杆	@75 × 100 cm L=4.0 m	@75 × 100 cm L=4.0 m	@75 × 100 cm L=3.5 m		
	Φ 22 砂浆 锚杆			@75 × 100 cm L=3.5 m	@100 × 100 cm L=3.5 m	@120 × 120 cm L=3.0 m
二衬	拱墙	60 cm 钢筋砼	50 cm 钢筋砼	45 cm 钢筋砼	40 cm 砼	35 cm 砼
	仰拱	60 cm 钢筋砼	50 cm 钢筋砼	45 cm 钢筋砼	40 cm 砼	35 cm 砼

2.2 防排水设计

隧道防排水按“防排堵相结合、因地制宜、综合治理”的原则进行设计。

a) 洞身防水 于二次衬砌与初期支护之间铺设 450 g/m² 土工布加 2 mm 厚的 EVA 防水板。

b) 洞身排水 由于采空区的影响，山顶裂缝极其发育，处治难度大。后考虑在全隧道二次衬砌施工缝、沉降缝均设可排水止水带以加强隧道洞身排水。

在防水层与喷射混凝土层之间设纵环向排水管。纵向排水管设在边墙底部，沿隧道两侧，全隧道贯通，环向排水管沿隧道断面环向布设（1 道 /3 ~ 5 m）。并下伸至边墙脚与纵向排水管相连，衬砌背后的地下水通过环向排水管、无纺布汇集到纵向排水管以后，通过横向排水管（1 道 /50 m），将地下水引入中心水沟排出洞外。在遇有地下水较大的地段或有集中渗水地段应加密横向排水管间距。洞内路缘边沟主要排放消防及清洗水，使地下水和污染水分离排放。

2.3 隧道路面与内装设计

a) 隧道路面 考虑到通行的重载煤车较多, 隧道洞内路面采用刚性路面, 面层为 C40 混凝土, 厚 26 cm, 垫层为水泥碎石稳定基层, 厚 30 cm.

b) 隧道内装 隧道内部装饰采用隧道专用防火涂料, 厚 8 mm, 其中底层 7 mm, 面层 1 mm, 墙部(距检修道 3.5 m 范围)面层为银灰色, 拱部面层为铁蓝色。

c) 横洞、紧急停车带 紧急停车带, 长 40 m; 车行横洞, 洞身与隧道轴线成 60° 交角, 车行横洞与紧急停车带相隔一定距离布设, 其路面与隧道路面相接; 人行横洞, 设于车行横洞与洞口之间, 其路面与检修道相接。

3 特殊地址段处治

3.1 断层及软弱围岩

对于断层及软弱围岩段, 设计上主要采用超前预支护、加强初期支护等措施。施工中, 要求弱爆破、短进尺、衬砌尽快封闭成环。根据地质调查, 隧址区地表水主要为大气降水, 地下水埋藏较深, 为碎屑岩裂隙含水岩组, 水量受季节控制, 对隧道影响不大。但由于隧道洞身发育小断层, 且地表裂缝极发育, 分布范围较大, 工程中采用超前探孔, 以避免雨季突水、涌泥对工程造成危害。

3.2 瓦斯赋存地层

工程中加强通风, 并进行常规的瓦斯监测, 同时洞身结构尽快封闭成环。

3.3 煤矿采空区

全隧道采用带仰拱断面, 并在隧道内每 10 m 设一道沉降缝, 将采空区对结构的影响降到最低。在隧道开挖 200 ~ 300 m 后, 采空区施工队从底板钻孔对 3 号煤采空区进行注浆处治。

4 监控测量方案

4.1 施工中的监控测量方案

监控量测是新奥法的重要部分, 在隧道施工中, 通过对隧道围岩动态的监控量测(洞口段还应对地表沉降进行观测), 掌握围岩动态和支护结构的工作状态, 利用监控量测结果调整设计支护参数, 指导施工, 积累资料为以后的设计提供类比依据; 预见事故和险情, 以便及时采取措施防止事故发生, 确保隧道的安全, 达到隧道施工安全、节约工程投资的目的。根据本项目隧道的地质条件, 进行的量测项目如下:

- a) 采用精密水准仪进行拱顶下沉观测。
- b) 采用周边收敛计, 进行围岩周边收敛量测。
- c) 采用锚杆抗拔计进行锚杆抗拔试验。
- d) 采用精密水准仪洞口浅埋段、洞身地表裂缝段进行地表沉降观测。
- e) 由有经验的地质工程师及时进行掌子面地面观测。
- f) 采用地震法超前预报仪 TSP203 进行地质超前预报观测。

4.2 施工后的监控测量方案

隧道下覆煤层分布情况: 3 号煤, 煤层厚度 2.0 m 左右, 距隧道底板深度 16 ~ 26.4 m; 12 号煤, 煤层厚度 1.5 m 左右, 距隧道底板深度 110.8 ~ 116.1 m; 15 号煤, 煤层厚度 6.0 m 左右, 距隧道底板深度 165 m 左右。均由阳煤集团采用长壁式全冒顶方法开采。有阳煤集团试验表明长壁式开采结束进入衰退期后, 残余变形量并不大, 经 30 余年的压实稳定, 距路面 100 m 以下的 12 号、15 号煤层对公路的影响很小, 所以仅对 3 号煤层采空区进行了注浆处治。但是, 隧道场地以下未处治的采空区残余沉降, 还将导致隧道及其围岩的变形甚至破坏, 针对下覆的煤矿多层采空区、复杂地貌和地质条件, 合理的对建成的隧道进行监测, 建立从地下到地表的立体变形监测系统。

主要监测内容为: a) 深部采空区沉降变形的监测: 通过埋设在地下采空区的深部基岩标, 监测隧道下方 3 层采空区的沉降变形, 若深部采空区变形有限则隧道安全, 若有较大变形, 则及时预测、预报对隧道安全的影响。 b) 隧道围岩及内拱应力的监测: 通过埋设在围岩、二次衬砌固定位置的应力盒和钢筋计, 监测二次衬砌内拱切向应力、围岩的轴向应力和切向应力的变化, 预测隧道围岩和二次衬砌的变形, 进而预报隧道的稳定性、安全性。 c) 隧道及山体变形的监测: 在隧道两壁埋设沉降标, 当变形超过一定值时超前预报。在隧道上方山体埋设沉降标, 形成监测网络。

对隧道稳定性的定量评价: a) 综合参考采空区沉降变形的计算、模拟成果, 天子庙隧道的未来的地面沉降限为 40 ~ 60 mm, 高限为 80 ~ 100 mm。隧道总体上是表现为整体沉降, 隧道地面的倾斜小于 1%, 沉降变形是比较均匀的, 对隧道的稳定性影响并不大。 b) 模拟计算得到的隧道洞壁、洞顶的水平位移为 2 ~ 9 mm, 中部山峰地段水平位移稍大, 两侧很小(小于等于 2 mm), 故而对隧道稳定性影响较小。 c) 计算结果显示隧道径向的正应力可能达到 2 ~ 4 MPa, 切向剪应力可能达到 1.0 ~ 1.5 MPa, 其数值甚至低于泥岩的强度, 因此不足以对隧道的衬砌造成破坏。 d) 截至 2010 年 1 月, 对隧道的沉降和应力观测结果表明隧道(左线)侧壁最大沉降量为 4.86 mm(西部), 最小沉降量为 0.08 mm(东部), 沉降量自西向东均匀减小。各断面的应力盒钢筋计的应力基本无变化, 说明隧道沉降较均匀, 山体内部应力无变化。

5 几点认识

a) 通过完工后监测表明, 到目前, 12 号、15 号煤采空区不注浆处治并未使隧道产生过大沉降对结构产生影响。集团化长壁式冒顶开采煤矿形成的采空区, 进入衰退期后, 残余变形量并不大, 对隧道底板 100 m 以下的采空区可不予处治。0 ~ 50 m 范围的采空区可在隧道施工 200 m 后在底板钻孔进行注浆处治, 50 ~ 100 m 的采空区可以通过钻孔安装仪器测岩体变形曲线

来判断是否需要进行处理。

b) 位于采空区之上的隧道可以全长设置仰拱，并每隔 10 m 设置沉降缝以减小采空区沉降对隧道结构的影响。

c) 由于采空区的影响，山顶裂缝极其发育，处治难度大。后考虑在全隧道二次衬砌施工缝、沉降缝均设可排水止水带以加强隧道洞身排水。

参考文献：

[1] 武军 . 瞬变电磁法在煤矿采空区物探勘察中的应用 [J]. 山西交通科技, 2007(6):1-2.

上一篇：[综合地质预报技术在公路隧道施工中的应用](#)

下一篇：[水泥混凝土面板裂缝处治施工技术](#)