

关于禹登高速公路槐树坪隧道设计的探讨

付大喜

(河南省交通勘察设计院, 450052, 郑州)

摘要: 本文针对禹州至登封高速公路槐树坪隧道其浅埋、大跨径、地表有重载公路的双联拱隧道特点, 对隧道设计进行了介绍。为类似工程项目提供了借鉴和参考。

关键词: 浅埋; 大跨径; 双联拱; 隧道

Fu Daxi

(Henan Provincial Communications Planning, Survey and Design Institute, 450052, Zhengzhou China)

Abstract: This article in view of the Huaishuping tunnel's characteristic in Yuzhou to Dengfeng highway about shallow submersion, the great span, the surface has the heavy load road and twin arch tunnel, has carried on the introduction to the tunnel design. This article has provided the model and the reference for the similar engineering project.

Key words: Shallow submersion; Great span; Twin arch; Tunnel

1、工程概况

禹州至登封高速公路全长48.38公里。其中禹州境内26.32公里、登封境内22.06公里。概算总投资198307万元。禹州至登封高速公路是许昌至登封高速公路的西段,是继郑少高速、少洛高速公路之后的又一条通往旅游胜地少林寺的高速通道,同时也是连霍、京珠两条国道主干线的又一条连接通道。是河南省高速公路网的重要组成部分,与沿线诸多国道、省道相互沟通。

许禹高速公路于登封市卢店乡的东南部,距卢店乡约3km处与槐夏公路斜交。被交叉道路槐夏公路为二级路,交通量大,重载车辆多。原设计为4-25米主线下穿,被交道路采用分离式立交桥上跨主线通过。此处最高处挖深约24米,300米范围内平均挖深近20米。施工中需要中断该路交通,修建临时道路。实际施工中发现槐夏公路交通量较大,中断通行有较大难度,并且开挖过程中还要拆除附近耐火材料厂一角,并拆迁两栋厂房,赔偿费用较高。

经过详细比较论证,现改为隧道通过,该隧道为上下行双管六车道连拱隧道,行车道测量基线间距为4.9m,隧道长310m。最小埋深9m,最大埋深15m,为浅埋隧道。隧道设计车速100km/h,设计宽度14.25m,限高5.0m。

2、工程地质勘察

首先对于本段地质水文情况重新进行了详细的勘察。本隧道位于低山区,由地质构造作用而隆起,现遭受侵蚀作用,由二叠系的煤系砂岩组成,海拔高程约为350m。根据钻探揭露,隧道地段地层自上而下主要为第四系全新统人工填土层(Q_4^{me})、冲洪积层(Q_4^{al+pl})及二叠系(P)砂岩。根据场地现场钻探揭露情况,依1:100万《河南省地质构造图》综合分析,隧道范围内未见大的断裂构造通过,只有多条小断层,一般走向为北东,总的延伸方向为北北东,具压扭性特征,断层具多期活动性,但近期活动较弱,对工程影响不大。本工程范围内地下水类型主要为第四系土层的上层滞水和基岩的裂隙潜水,大气降雨是本区地下水的补给来源。隧道涌水量 $Q=457.3m^3/d$ 。地下水对混凝土不具腐蚀性。据《中国地震动参数区划图》,项目区地震动峰值加速度为0.10g,相当于地震基本烈度VII度,抗震设防烈度7度。

根据地质钻孔资料及实地勘察情况,依据《公路隧道设计规范》(JTG D70-2004)对隧道围岩进行分级,隧道围岩主要为III、IV级围岩。

3、隧道主体设计

针对本隧道其浅埋、大跨径、地表有重载公路的双联拱隧道特点，设计要点主要体现在以下几个方面：

3.1 内净空设计

隧道内净空，主要是满足隧道建筑限界的要求，并适当考虑隧道运营管理设施及装修所占的空间，结合结构受力特点，经工程类比和数值分析，采用三心园曲边墙。

3.2 支护结构设计

3.2.1 支护参数设计

隧道结构设计按信息化进行设计，以工程类比法为主，结合理论计算进行设计。考虑到隧道上方存在公路及房屋，又是浅埋段连拱大断面隧道，故考虑结构加强，并根据施工过程中监控量测结果及时修改设计。隧道采用复合式衬砌，按新奥法原理设计。初期支护以钢架、锚杆、钢筋网、喷砼共同组成联合支护系统，二次衬砌为模筑钢筋砼。初期支护主要承受施工期间的荷载，保证施工期间的围岩稳定；二次衬砌与初期支护共同承受永久荷载，保证隧道结构安全。

针对工程的主要特点是浅埋、地面有建筑物和公路，设计中采取了针对性的措施，在支护进行了加强，保证支护结构在施工期间能满足地面建筑物安全和公路行车安全。加强措施是综合考虑的，主要体现在：

(1) 在支护上进行了加强：过公路地段IV级围岩初期支护加厚到 300mm，一般地段IV级围岩初期支护采用规范上限 200mm（地面上局部有简易闲置厂房），III级围岩初期支护加厚到200mm（地面上有磨料加工厂房）并加设了钢架，各级围岩均根据施工方法设置了相应的临时支护，二次衬砌均采用钢筋混凝土，衬砌厚度取对应规范上限值；

(2) 采用超前支护和地层加固手段，过公路段采用中管棚加小导管超前支护和地层加固，其余地段也采用小导管超前支护和地层加固。

隧道横断面设计有 L₃、L₄、L_{4加}断面。L₃断面适用于III级围岩段，L_{4加}断面适用于过公路IV级围岩段，L₄断面适用于除过公路以外IV级围岩段。各断面均设双侧电缆沟，以供各种管线分设通过。隧道设双侧水沟。

各类衬砌断面支护参数见表1。

表1 复合式衬砌支护参数

围岩分级	衬砌形式	喷砼厚度 (cm)	锚杆				钢筋网			钢架		二次衬砌	
			规格	长度 (m)	间距 (m)	位置	规格	间距 (cm)	位置	规格	间距 (m)	拱墙 (cm)	仰拱底部 (cm)
IV	L _{4加}	30	Φ 25	4.0	1.0×0.75	边墙	Φ 6	15×15	拱墙 (双层)	格栅	0.75	60	60
	L ₄	20	Φ 25	4.0	1.0×1.0	边墙	Φ 6	15×15	拱墙	格栅	1.0	60	60
III	L ₃	20	Φ 25	3.0	1.0×1.0	边墙	Φ 6	15×15	拱墙	格栅	1.0	50	50

3.2.2 结构计算

结构计算采用荷载结构模型和地层结构模型分别计算。荷载结构模型计算结构受力，用近似解析法进行计算；地层结构模型进行施工模拟计算，采用有限元法进行求解，计算施工过程中复合式衬砌的初期支护和二次衬砌的受力、围岩的变形和破坏情况。相关模型应力计算结果见图1、图2。

经过计算分析，断面型式、结构尺寸均符合要求。III、IV级围岩断面采用钢筋混凝土结构，

进行配筋计算和裂缝验算，结构配筋受裂缝控制，地震荷载作用不控制结构配筋。结构强度、刚度、稳定性满足规范要求。

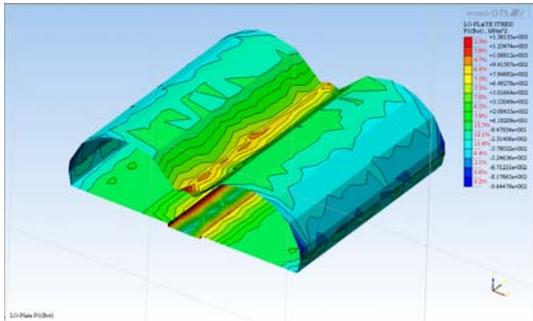


图1 初衬内表面最大应力分布

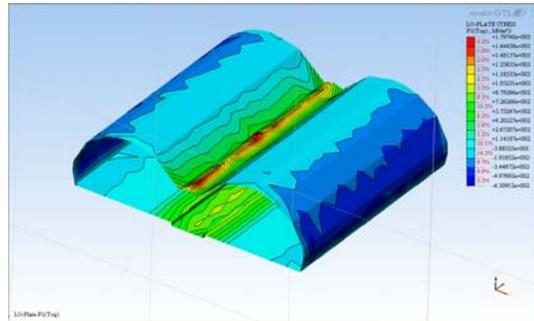


图2 初衬外表面最大应力分布

3.3 洞门设计

根据隧道进出口地形和工程地质条件，结合开挖边坡的稳定性与路堑支挡及排水条件，本着“早进晚出”的原则确定隧道洞门位置。

根据隧道路线与槐夏公路的平面关系，隧道进出口位置的设置避开了公路和厂房。隧道进出口洞门采用端墙式洞门。根据周围环境和洞门的形式，洞门墙面用凿毛花岗石饰面，体现朴实厚重，粗犷有力的个性。

4、隧道防、排水设计

4.1 防水设计原则

防水设计应遵循“防、排、截、堵相结合，因地制宜，综合治理”的原则。以结构自防水为主，外防水为辅，关键处理好施工缝、变形缝等接缝的防水。

4.2 防水标准

根据结构所处的工程环境和使用要求要求，隧道结构防水应达到拱部、边墙、路面及设备箱洞不渗水。

4.3 防、排水技术措施

4.3.1 二次模筑衬砌采用防水混凝土，抗渗等级采用 S8。

4.3.2 初期支护与二次衬砌之间铺设 1.5mm 厚 EVA 防水卷材和 400g/m² 无纺布。

4.3.3 初期支护与二衬之间每 10m 设置一道 ϕ 50PVC 环向透水盲管，透水盲管尽量靠近漏水点铺设，并与墙脚处 ϕ 100PVC 透水盲管相接，将水引入隧道外。

4.3.4 施工时局部出现股水，可采用注浆堵水，将水堵到隧道以外。

4.3.5 水平施工缝采用两道遇水膨胀橡胶止水条，环向施工缝采用一道遇水膨胀橡胶止水条。

4.3.6 变形缝设置在结构和围岩变化处。变形缝设两道防水线。第一道为背贴式止水带，第二道中埋式膨胀橡胶钢边止水带。

4.3.7 隧道内设双侧水沟，下坡方向洞内水沟与洞外排水系统联系，将洞内积水排出洞外，上坡方向洞门外设置反坡排水使洞外路面汇水不进入洞内。

4.3.8 洞门设洞顶水沟，边仰坡后 5m 外需根据地形做好洞门天沟，将地表降水引排至低洼处或路基边沟。

5、隧道施工

5.1 施工方法

本隧道为浅埋连拱隧道，跨度大，埋深浅，地面上有公路和厂房，对地表沉降要求高，施工中要选择与之相适应的施工方法和辅助施工措施，才能保证隧道施工、公路交通安全和地面厂房正常使用。

隧道采用新奥法施工，不同围岩采用不同开挖方法，且根据隧道开挖跨度、地质情况、地面构筑物，采用相应的施工方法。III级围岩地段在超前注浆小导管保护下采用中导洞和单侧导洞法施工；IV级围岩地段在超前中管棚注浆小导管或超前注浆小导管保护下，采用中导洞和双侧导洞法施工。（施工工序图见图3，施工流程图见图4）

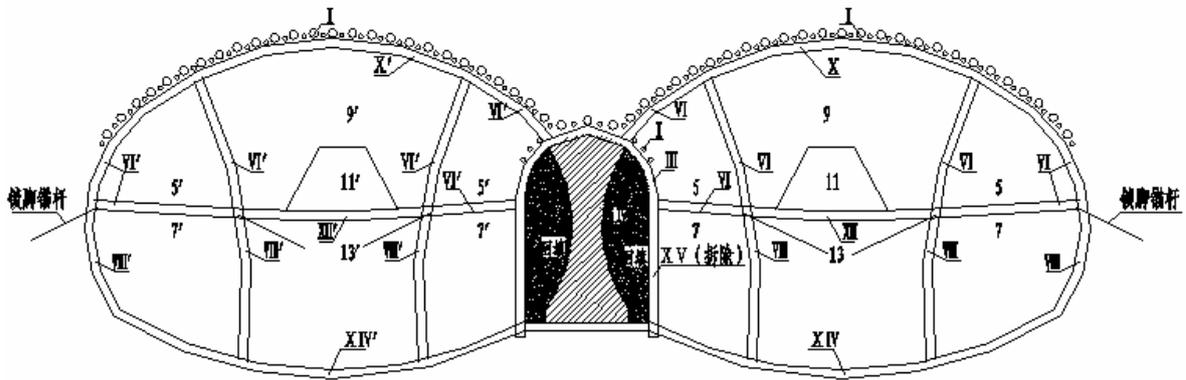


图3 IV级围岩施工工序图

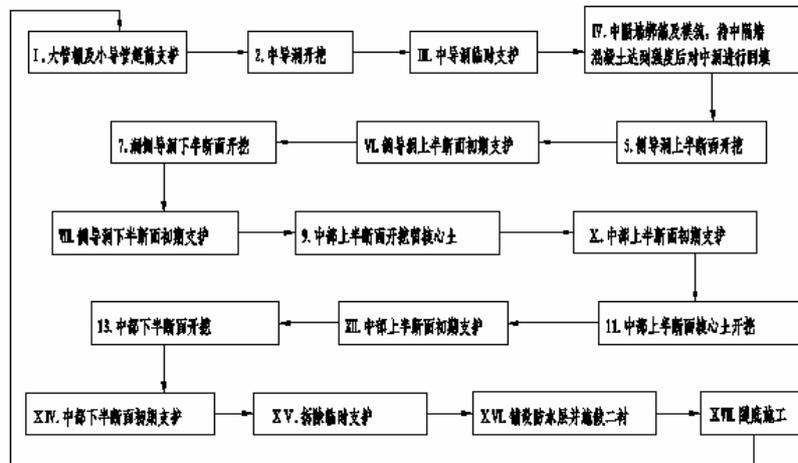


图4 IV级围岩施工流程框图

5.2 施工组织

隧道设2个施工工区，分别设于两端洞口，由两端洞口向隧道中央推进，进口工区主要施工过公路段，其余由出口工区完成。隧道开挖采用钻爆法施工。隧道挖、运、喷、衬等工序采用一条龙机械化施工。

5.3 施工工期

隧道施工工期为14个月。

6、监控量测

监控量测是检验设计是否合理，保证施工安全的重要手段，施工中必须按设计要求进行现场量测，并及时进行信息反馈，以便修改完善设计和调整施工工序。设计量测项目有：地质和支护状态观察、周边位移、拱顶下沉、地表下沉、锚杆抗拔力、建筑物倾斜、爆破振动速度等量测。针对隧道地表的建筑物和重载公路，布置了相应测线以加强对建筑物沉降以及地表下沉的观测。

7、施工注意事项

鉴于隧道为浅埋，且地表上覆盖有厂房的特殊情况，应采取以下措施：

- 7.1 隧道施工中应尽量减少对周边围岩的扰动，爆破采用光面爆破，严格控制超、欠挖，隧道初期支护应及时封闭，二次衬砌应适时跟进。
- 7.2 隧道施工应采取控制爆破，减少对地面厂房的振动破坏，爆破振动速度不宜大于 2.5cm/s。
- 7.3 施工中如发现地面建筑物倾斜超限，可采用地面跟踪注浆来控制地面建筑物倾斜。
- 7.4 施工过程中加强量测，及时分析处理数据，以指导施工和调整支护参数。
- 7.5 施工前，应对隧道下穿建筑物及公路初始状态进行检测，以便施工中准确掌握隧道开挖对其影响，及时采取处理措施。

参考文献

- [1] JTG D70-2004. 中华人民共和国行业标准 公路隧道设计规范[S].
- [2] 河南省交通勘察设计院. 禹州至登封高速公路槐树坪隧道设计文件[R]，郑州：河南省交通勘察设计院，2005 年
- [3] 关宝树. 隧道工程设计要点集[M]. 北京：人民交通出版社，2003 年 11 月
- [4] 关宝树. 隧道工程施工要点集[M]. 北京：人民交通出版社，2003 年 1 月
- [5] 李宁军、曹文贵、刘生. 隧道设计与施工[M]. 北京：人民交通出版社，2004 年 1 月