

# 滇中引水工程龙泉隧洞出口浅埋段下穿地表敏感建筑物区域暗挖技术措施

周云中<sup>1</sup> 彭涛<sup>2</sup>

1. 云南省滇中引水工程建设管理局昆明分局 云南 昆明 650216

2 云南省滇中引水工程有限公司 云南 昆明 650216

**摘要:** 在引调水工程施工工程中,对于穿越敏感建筑物区域的洞段,相关的暗挖技术措施十分重要,本文从滇中引水工程龙泉隧洞出口浅埋段施工案例出发,介绍了龙泉隧洞出口浅埋段下穿地表敏感建筑物区域暗挖技术措施,对浅埋段等作了专项方案,在确保地表敏感建筑物安全的前提下,确保滇中引水工程龙泉隧洞出口浅埋段顺利推进。

**关键词:** 隧道;浅埋;敏感建筑物;暗挖技术。

## 1 工程概况

龙泉隧洞出口段设计流量为80m<sup>3</sup>/s;断面型式为马蹄形洞型,龙泉隧洞出口(段1)长499.653m,断面净空尺寸:7.62×8.22m;(段2)长500.000m,断面净空尺寸:6.68×7.22m。经现场实地调查,龙泉段隧洞周边保护对象

为重工厂生活区、昆明重工中学教学楼、云南百江燃气有限公司办公楼、云南百江燃气有限公司液化油气罐、昆明蓝焰公交CNG加气站、昆明浩宝衡器制造有限公司、昆明础良钢模有限公司等。

周围保护对象距离调查表

爆破位置	对象	水平距离(m)	埋深(m)	备注
龙泉隧洞爆破起点	昆明重工中学教学楼	约181.4	约30.0	
	云南百江燃气有限公司办公楼	约130.0	约40.0	
	云南百江燃气有限公司液化油气罐	约230.0	约40.0	
	昆明蓝焰公交CNG加气站	约311.4	约40.0	
	昆明浩宝衡器制造有限公司	—	约60.0	
	昆明础良钢模有限公司	约85.0	约65.0	
	重机厂生活区	约304.0	约30.0	

## 2 地层地貌情况

隧洞前段地处低山地貌区,地形起伏较大,后段地处滇池岩溶湖盆边缘区,地形平缓、开阔。洞线分布地面高程1916m~2067m。隧洞埋深多在50m~100m之间,最大垂直埋深157m,位于该段隧洞的起点,最小埋深在出口,埋深仅7m。该段隧洞下穿昆明滇池湖盆区边缘,地

形平缓开阔,全段属于浅埋洞段。该段隧洞沿线穿越地层均为大塘组(C1d2)灰岩、灰质白云岩、白云质灰岩等。该段隧洞整体处于长虫山背斜的东翼,岩层走向与隧洞轴向大角度(≥60°)相交,陡倾下游方向<sup>[1]</sup>。

## 3 暗挖技术措施

### 3.1 侧穿建筑物加固措施

建筑物的地表加固方式

序号	建筑物名称	结构形式	距隧洞边线	隧洞埋深	地质情况描述	加固方式
1	第18栋	基础形式为条形基础(深1.5m)砖混结构5层	15.88m	9.34m	0m~12.95m地质为粘土,12.95m~17.7m地质为砾质土,17.7m~19.43m地质为角砾状灰岩	地面加固+套管
2	第14栋	基础形式为条形基础(深1.5m)砖混结构5层	13.72m	17.6m	0m~6.31m地质为砾质土,6.31m~20.42m地质为角砾状灰岩	探孔+地面加固+钢筋笼
3	第13栋	基础形式为条形基础(深1.5m)砖混结构5层	9.73m	17.6m	0m~3.07m地质为人工杂填土,3.07m~15.32m地质为砾质土,15.32m~22.93m地质为角砾状灰岩	地面加固+套管+钢筋笼

续表:

序号	建筑物名称	结构形式	距隧洞边线	隧洞埋深	地质情况描述	加固方式
4	新6栋	基础形式为条形基础 (深1.5m)砖混结构5层	23.99m	14.76m	0m~3.38m地质为人工杂填土, 3.38m~6.02m地质为粘土, 6.02m~19.07m地质为砾质土。 19.07m~23.34m地质为角砾状灰岩	地面加固
5	第78栋	基础形式为条形基础 (深1.5m)砖结构5层	25.32m	20.1m	0m~3.5m地质为人工杂填土, 3.5m~11.25m地质为粘土, 11.25m~14.16m地质为砾质土, 14.16m~15.19m地质为粉土, 15.19m~25.76m地质为角砾状灰岩	地面加固

开挖侧穿昆明重机厂老旧房屋及重工中学,根据地质详勘报告,本段隧洞洞身地质可划分为全土层段、上土下岩段、全岩层段,为确保周边建筑物的安全,根据不同的地层及隧洞边线距建筑物的距离采用不同的加固方式<sup>[2]</sup>。

在全土层段和上土下岩段洞内施工继续采取原试验段施工参数,在全岩层段除不施工洞内水平旋喷桩外,其余洞内施工与试验段施工参数一致,同时在洞外采取对相应地面进行加固和地面建筑物的隔离措施,隔离桩内注水灰比为0.5:1的浓水泥浆。洞外加固措施分为地层注浆加固、地层注浆加固+套管、地层注浆加固+钢筋笼、地层注浆+套管+钢筋笼。

### 3.2 非全岩洞段加强措施

#### 3.2.1 超前大管棚施工

大管棚钢管采用外径 $\phi 108$ 、壁厚6mm、长12m的热轧无缝钢管,施工纵向间距9m。采用锚杆钻机钻孔,然后顶管入孔,最后向大管棚内部注入水泥浆,水泥浆与周边土体胶结硬化后形成直径比较均匀,具有一定强度的桩体,从而使地层得到加固<sup>[3]</sup>。

#### 3.2.2 水平旋喷桩施工

水平定向钻机沿导向孔打设水平孔,孔径 $\phi 150$ mm,外插角 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ,旋喷参数控制:旋喷压力33MPa~35MPa,旋喷速度14cm/min,1:1水灰比水泥用量约250kg/m~280kg/m。钻进至设计深度后,拔出钻杆,且同时通过水平钻机、钻杆、喷嘴高压把配制好的浆液喷射到土体内,借助流体的冲击力切削土层,使喷流射程内土体遭受破坏,与此同时钻杆以一定的速度旋转,一边徐徐外拔,使土体与水泥浆充分搅拌混合。当旋喷桩相互咬接后,便在隧道拱顶及周边形成封闭的水平旋喷帷幕体,具有拱效应和土体加强效应。

#### 3.2.3 超前灌浆施工

超前灌浆的目的是保证围岩的裂隙被具有一定强度的浆体充填密实,并与岩体结成一体,加固围岩,形成

止水帷幕。洞口段超前灌浆施工前已对隧洞开挖线上边顶拱 $120^{\circ}$ 区域进行9m长旋喷注浆加固,为了不破坏旋喷桩加固效果,且已进行了超前大管棚加固,顶拱 $120^{\circ}$ 区域不进行洞周及顶拱超前灌浆,只对掌子面及边拱两侧区域按设计进行灌浆加固。

#### 3.2.4 超前小导管施工

超前小导管采用 $\phi 42$ 、壁厚3.5mm、长4.5m的热轧无缝钢管,在掌子面边顶拱 $120^{\circ}$ 内按 $15^{\circ}$ 左右的扩散角将小导管打入地层中,再借助注浆泵的压力,使浆液通过导管渗透,扩散到地层孔隙或裂隙中,以改善土体物理力学性能,在掌子面开挖前沿成一个地层自承拱的承载壳,止水的同时提高开挖面地层的自稳能力,限制地层松弛变形<sup>[4]</sup>。

#### 3.2.5 地表加固灌浆

为确保隧洞开挖安全,保障帷幕灌浆效果,超前灌浆完成后在地面进行超前地面灌浆。加固范围为:暗挖隧洞方向长10m,宽10.5m。地面加固灌浆采用后退分段纯压式灌浆,水泥浆液比级采用1:1水泥水玻璃双液浆比级采用1:0.5,通过测量对隧洞未开挖段边线点、中线点放样,根据放样点进行孔位布设地面加固灌浆孔纵向排距为3m横向排距为4.2m,分别在隧洞两边与隧洞中点各布设1个灌浆孔,共布设13个灌浆孔,平均每孔注浆量为457L/m最大孔注浆量约为13781L,通过注浆量来看老旧住宅区有必要进行地面超前灌浆加固。通过对地面注浆效果,堵住了洞内小股渗水。

### 3.3 全岩洞段爆破控制措施

龙泉隧洞出口段侧穿昆明重工中学、昆明重机厂家属区和煤气公司办公楼,且属于浅埋段。为确保全岩洞段爆破安全,须采取爆破控制措施:

3.3.1 严格控制爆破振动,保障开挖施工安全和隧洞线路沿线地面建(构)筑物不受爆破振动的损害,保障周边保护对象在《爆破安全规程》(GB6722-2014)所允许振动范围内;

3.3.2 严格控制爆破松动范围,爆后隧洞开挖轮廓圆顺规整,减少爆破对围岩稳定性的扰动和破坏,爆破块度满足清渣装运要求,确保爆后达到设计预期效果;

3.3.3 严格控制爆破飞散物不会对隧洞内部设施造成破坏;

3.3.4 合理安排施工工序,及时施做超前支护及系统锚杆,及时封闭临时仰拱,缩短各台阶长度,控制围岩变形,循环进尺控制在1.4m;

3.3.5 遵循“短进尺、弱爆破、多循环、强支护、快封闭、勤量测”的原则,实时监测爆破施工全过程,全面、超前掌握围岩和应保护建(构)筑物的安全动态,从而指导施工安全;

3.3.6 采用松动爆破与机械开挖相结合,以降低爆破振动为重点,制定科学、合理的施工方案,采取有效的综合措施,确保隧洞上方建(构)筑物的安全,从而保证工程的顺利进展;

3.3.7 控爆施工时,聘请具有测振资质的单位在需要保护的建筑物或设施处进行爆破振动监测,监测数据及时读取、打印、分析、反馈,及时调整爆破参数,为安全核算提供较为准确的依据。确保被保护对象的安全,也有利于在爆破振动可能引起的诉讼或索赔中,提供科学的数据资料<sup>[5]</sup>。

#### 4 安全监测措施

根据设计图纸并结合现场实际情况及各方要求,对

龙泉隧洞出口段进行监测点位布设并监测,主要对隧洞布设拱顶下沉监测点、隧洞净空收敛监测点、地表沉降监测点、周边建筑物竖向位移监测点、爆破震动监测点。以确保通过监测及时发现隧洞施工过程中隧洞和周围建筑的变形及发展趋势,及时反馈信息,达到有效监控隧洞的稳定性及对周边建(构)筑物、道路影响的目的,并将现场监测结果反馈监理单位,使监理能根据现场监测情况,进一步了解现场施工安全情况<sup>[6]</sup>。

#### 5 结束语

在隧道穿越地表敏感建筑物时,外围环境较复杂,地面重点保护对象较多,隧洞开挖的安全十分重要,在隧道施工工程中,需对地表及地层地质情况进行全面分析,并制定专项措施,以确保在安全的前提下,顺利推进隧道掘进施工。

#### 参考文献:

- [1]《水工隧洞设计规范》(SL279-2016)
- [2]《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)
- [3]《水工建筑物地下开挖工程施工规范》(SL378-2007)
- [4]《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015)
- [5]《爆破安全规程》(GB6722-2014)
- [6]《水利水电规程安全监测设计规范》(SL725-2016);