

# 城市浅埋连拱隧道施工安全管理研究

胡家历

重庆巨能建设集团路桥工程有限公司 重庆 400700

**摘要:** 在城市的发展过程中, 地下交通工程是不可或缺的一部分。而浅埋连拱隧道作为一种新型的地下交通工程, 其施工过程中面临着诸多挑战。本文以重庆市为例, 探讨城市浅埋连拱隧道施工安全管理的研究。重庆市为全国有名的山城, 为缓解交通压力, 减少城市建设占地, 连拱隧道越来越广泛地被应用到市政交通工程中来。由于连拱隧道施工难度及安全管理难度比单条隧道大得多, 本文结合工程实例对城市浅埋连拱隧道安全管理进行了研究, 为类似工程施工安全管理提供参考。

**关键词:** 城市; 浅埋; 连拱隧道; 安全管理

**引言:** 浅埋连拱隧道施工面临的主要问题是地质条件复杂, 地质灾害风险高。重庆市地处川渝盆地, 地质条件复杂, 存在着地震、滑坡、泥石流等自然灾害。因此, 在浅埋连拱隧道施工过程中, 必须制定科学合理的地质勘察方案, 对地质条件进行全面评估, 确保施工过程中的安全。其次, 浅埋连拱隧道施工过程中, 需要面对的是城市环境复杂, 交通疏导难度大<sup>[1]</sup>。重庆市作为我国西南地区的重要城市, 人口密度大, 交通繁忙。因此, 在浅埋连拱隧道施工过程中, 需要充分考虑周边环境因素制定合理的交通疏导方案, 确保施工过程中的交通安全。

## 1 工程概况

凤凰山隧道为重庆市沙坪坝区一重要市政交通隧道, 城市次干道, 设计速度40Km/h, 双向四车道, 总长300m, 结构形式为连拱隧道。隧道最大埋深62m, 最小埋深6m, 地表建筑物密集, 属于典型的城市浅埋连拱隧道。

根据地勘资料显示, 全洞围岩以中风化带泥岩为主, 区域发育裂隙2组, 结合差,  $V_p$ 在2670~3011m/s之间,  $K_v$ 在0.56~0.62之间, 岩体为较完整岩体,  $R_c = 5.0\text{Mpa}$ , 属软岩,  $[BQ] = 207.5$ , 围岩等级为V级。隧道拱部无支护时将产生坍塌, 侧壁稳定性差, 该段地下水贫乏, 旱季无地下水存在, 雨季侧壁会潮湿。

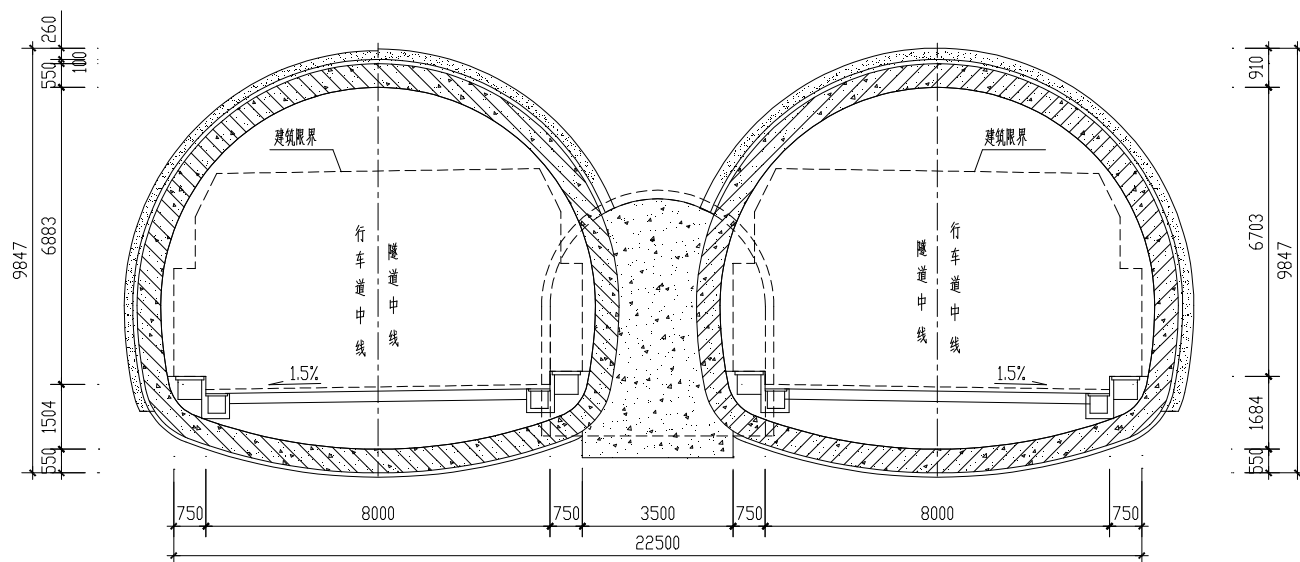


图1 连拱隧道典型断面图

## 2 施工难点及特点分析

根据本工程实际施工环境及施工条件, 分析城市浅埋连拱隧道施工难点及特点如下:

埋深浅、长度短。连拱隧道穿越的山体一般山势较

低, 其最大埋深在50~80m左右, 纵向长度在500m以下。偏压。连拱隧道穿越山体地势较陡, 洞身两侧埋深不同, 整条隧道也就不同程度的存在偏压, 特别是洞口偏压严重, 这给隧道洞口端施工带来很大困难。跨度大。

连拱隧道是两个单拱隧道连在一起,其跨度是单拱隧道的2倍,结构复杂,施工困难。地质条件复杂。由于埋深浅,连拱隧道一般地质条件复杂,围岩软弱破碎,节理发育差。隧道受地表水影响较大,雨季施工困难,给隧道施工的安全增加了难度。施工工序复杂。由于连拱隧道的偏压、跨度大等特点,决定其施工必须分多个步骤进行。各个工序相互影响很大,就要求双连拱隧道的施工必须要有科学合理的施工组织设计<sup>[2]</sup>。要理清各个工序的先后顺序及相联关系,在施工过程中尽量减小各施工工序之间的相互影响并根据施工中的实际情况灵活的调整,工序安排保证安全。

### 3 施工方案选择

#### 3.1 施工工法

连拱隧道开挖施工主要施工工法有:三导洞法及中导洞+正洞台阶法。

三导洞法:中导洞开挖及初支→中隔壁施工→左洞左侧壁导坑开挖及初支→左洞右导坑开挖及初支→左洞仰拱施工→左洞二衬施工→右洞右侧壁导坑开挖及初支→右洞左导坑开挖及初支→左洞仰拱施工→左洞二衬施工(以左洞为先行洞,右洞为后行洞为例)

中导洞+正洞台阶法:中导洞开挖及初支→中隔壁施工→左洞上台阶开挖及初支→左洞下台阶开挖及初支→左洞仰拱施工→左洞二衬施工→右洞上台阶导坑开挖及初支→右洞下台阶开挖及初支→左洞仰拱施工→左洞二衬施工(以左洞为先行洞,右洞为后行洞为例)

#### 3.2 施工安全特点分析

三导洞法:对围岩扰动的次数多,但开挖断面小,单循环进尺小,施工过程中增加了临时中隔壁支撑,中隔壁分摊了初支部分围岩承载力。

中导洞+正洞台阶法:减少了对围岩的扰动,充分保护和利用围岩的自承载能力,提高隧道结构的整体安全度。

综上所述:根据城市浅埋连拱隧道地质特点,在洞口浅埋段及围岩破碎地带,宜选用三导洞法;在隧道中间深埋段及围岩完整地带,宜选用中导洞+正洞台阶法。

### 4 施工安全步距

#### 4.1 隧道开挖与初支施工安全步距

根据城市浅埋连拱隧道埋深浅、偏压、围岩稳定差的特点,初期支护应紧跟开挖工作面,严禁空顶作业<sup>[3]</sup>。

#### 4.2 主洞开挖与中隔壁施工安全步距

为防止主洞开挖对中隔壁结构稳定性影响,主洞开挖应在中隔壁全部施工完毕后,且中隔壁达到设计强度后,方可组织施工。

#### 4.3 主洞开挖各分部安全步距

隧道中线左、右两侧导坑应以10~15m长为一段交替开挖前进,单侧导坑上下台阶工作面间隔长度 $\leq 15\text{m}\sim 20\text{m}$ 。

#### 4.4 主洞开挖与仰拱、二衬安全步距

仰拱与主洞开挖成洞工作面安全步距 $\geq 10\text{m}$ ,二衬与仰拱工作面安全步距 $\geq 10\text{m}$ 。

#### 4.5 先行洞与后行洞安全步距

后行洞开挖与先行洞二衬工作面安全步距 $\leq 20\text{m}$ ,时间应滞后20天以上。

### 5 洞口工程施工安全要点

洞口工程施工前,应对洞口地形、地质及建筑物情况进行详细调查,制定专项安全施工方案后,方可组织施工<sup>[4]</sup>。洞口边仰坡开挖施工前,应完成洞顶截水沟施工,并设置了必要的临时排水设施,确保排水畅通,以减少积水对洞口的冲蚀,保证洞口安全施工。洞口边仰坡开挖应避免降雨期,按设计要求及现场地质情况控制坡比,由上至下,分级开挖,开挖一级,及时支护一级。洞口边仰坡严禁大开挖,以减少对原生土体的稳定性影响。洞口边仰坡施工完成后,定期进行坡体稳定性监控量测,确认坡体稳定后,方可进行挂口及超前支护施工。

### 6 中导洞施工安全要点

根据隧道进出口地形条件及施工场地的实际情况,中导洞开挖可以从隧道一端开挖,在另一端贯通;也可从隧道两端同时施工,在隧道中间贯通,两工作面相距100m时,一侧工作面放炮,另一侧工作面应暂停作业及撤人,剩余最后30m时,应暂停其中一个工作面,执行单向贯通。根据地质条件,中导洞开挖分全断面和短台阶两种施工方法,在围岩完整地段可采用全断面开挖<sup>[5]</sup>,加快施工进度;在围岩破碎地段,节理发育及在洞口地段采用短台阶开挖,以保证安全。中导洞开挖采用钻爆施工时,应严格执行光面爆破技术,尽量减少对两侧主洞围岩的扰动,每循环进尺控制在1m以下,围岩较好的情况下不能超过1.5m。初支要紧跟开挖面,不允许围岩暴露时间太长,以防坍方。若发生坍方,将对主洞开挖施工安全带来较大影响。中隔壁施工应在中导洞贯通后施工,一般采用从隧道一侧向另一侧施工,也可以由中间开始向两侧洞口施工。中隔壁施工时,应保证拱顶密实度,以防拱顶出现空腔,影响后期主洞施工安全。

### 7 主洞施工安全要点

#### 7.1 开挖施工

洞口浅埋段或围岩破碎地带开挖施工,应采用机械开挖施工,短掘进,强支护。

进洞10m后,可采用钻爆方式开挖,但洞口应采取有效挡炮措施,以防飞石冲出洞外,引发安全事故。洞身开挖过程中,应根据围岩情况,控制单循环开挖进尺及爆破装药量,爆破振速不得超过1.5cm/s。主洞开挖后,从侧面观察中隔墙顶部回填密实情况,若发现有空洞,应立即采用喷射混凝土进行填充。

### 7.2 初支施工

初支施工前,应清除掌子面及顶帮的悬石、浮渣,确保作业人员的施工环境处于安全状态。初支拱架靠近中隔墙侧拱脚必须立在中隔墙上,并与中导洞初支拱架焊接成整体,使其形成一个完整的受力体系。初支拱脚应立在坚硬的基岩上,严禁悬空,若因超挖,底部形成空腔,应采用木楔垫实,采用喷射混凝土封闭密实。钢筋网必修严格按照设计要求施作。喷射混凝土应采用湿喷工艺,减少粉尘对作业人员健康危害。喷射混凝土应由下至上、分片分层螺旋上升喷射,以保证其质量。

### 7.3 仰拱及拱墙衬砌

为避免初支拱顶下沉,仰拱及拱墙衬砌宜紧随开挖进行,以提供足够的刚度和强度,并视情况对结构予以补强。防水板安装应根据实际开挖情况预留足够的富余量,以避免模筑混凝土时防水板撕裂或绷紧的防水板导致衬砌背后产生空洞,使衬砌厚度不足。衬砌模板应有足够的强度、刚度和稳定性,模板表面光滑。浇筑混凝土时一定要振捣密实,且严格按照配合比要求施工。拆模采用最后一盘封顶混凝土试件达到的强度来控制。衬砌拆模后用高压水喷淋混凝土表面,以降低水化热,养护期不少于14天。

## 8 施工监控量测

隧道的监控量测贯穿施工的全部过程,是施工控制的重要组成部分,由于连拱隧道跨度大,即使在围岩好的情况下也要坚持“短进尺、弱爆破、强支护、早闭合”的开挖施工原则,以防坍方<sup>[6]</sup>。利用监控量测结果分析围岩变形规律和支护状态,以指导施工。如发现异常情况,应及时采取措施进行处理和补救,所以在整条隧道的施工过程中应勤量测。

洞口段10-15m范围之内,应布置不少于3-5个测点进行位移监测。洞内围岩每隔适当距离布设一个收敛断面,每个收敛断面至少拱腰、边墙各有一对量测点。中隔墙内应力、表面应力及裂缝量测,结合周边收敛位移监测中隔墙位移。每个洞口浅埋段,应不少于3个断面,

每个断面不少于3个测点。

## 9 施工中常见问题的处理措施

由于连拱隧道跨度大,即使在围岩好的情况下也要坚持短进尺、弱爆破、强支护、早闭合”的开挖施工原则,以减少或杜绝坍方。初期支护要遵循“短进尺,早封闭”的原则,必须一掘一支,防止围岩暴露时间太长而引起的坍方。中导洞的开挖施工,对正洞来说是最好的、最准确的超前地质预报,因而在开挖过程中要对围岩进行详细、准确的记录,指导正洞施工。为增强中隔墙抗变位能力,在一侧主洞施工前,完成另一侧中隔墙的支顶工作,采用工字钢纵向间距1米一排,必须支撑牢固,开挖另一侧时再拆除。

开挖施工过程中及时做好洞内排水系统,严禁洞内积水、排水沟不能沿边墙设置,避免软化边墙基底围岩,使其强度降低造成隧道坍塌。由于连拱隧道跨度大,洞口一般偏压严重,洞口刷坡后极易造成山体松动下滑,进而失稳,从开挖到支护时间间隔不能太长,同时加强边仰坡的变形观测。

## 10 结束语

由此,我们可以看出,在城市浅埋连拱隧道施工过程中,地质条件复杂、城市环境复杂、交通疏导难度大等问题都是需要重视的。只有加强地质勘察工作,完善交通疏导措施,加强施工人员培训,才能确保施工过程中的安全。相信在各方的共同努力下,城市浅埋连拱隧道施工安全管理一定会取得更加显著的成果。

## 参考文献

- [1]中华人民共和国行业标准:《公路隧道施工技术规范》(JTGF60-2009)
- [2]中华人民共和国行业标准:《公路隧道施工技术细则》(JTGT F60-2009)
- [3]伍建和,任宝刚.浅埋连拱隧道下穿城市主干道施工安全风险评估[J].公路交通科技(应用技术版),2018,14(01):182-183.
- [4]叶建虎.浅埋偏压大跨连拱隧道安全施工技术研究[D].重庆交通大学,2018.
- [5]盛春革.浅埋暗挖法在下穿公路连拱隧道施工中的应用[J].铁道建筑技术,2009(03):39-43.
- [6]王常才,张柱.鞍形浅埋双连拱隧道安全施工措施[J].工程与建设,2007(03):305-307.