

# 隧道工程风险一体化控制研究

刘晓龙\* 武景峰 左敏锁 汤德芸

中建一局集团第五建筑有限公司, 福建 353000

**摘要:** 风险控制就是对项目风险提出处置和办法。通过对项目风险辨识、估计、评价, 把项目风险发生的概率、损失严重程度以及其他因素综合起来考虑。本文以双连拱隧道为研究对象, 分析了从投标到项目管理, 从设计到施工的风险一体化控制策略。施工风险一体化管控可以确保工程安全运行, 有效应对风险, 实现风险管理的目的; 同时工程项目的安全管理不是一个环节、一步就能到位的, 他需要各个环节的有效配合。

**关键词:** 风险控制; 隧道工程; 一体化风险控制

## 一、前言

风险管理中风险应对的措施包括事前、事中和事后措施, 针对隧道工程, 主要在工程开工前和开工过程中<sup>[1]</sup>。目前在隧道工程中采取的风险控制手段主要有减轻风险、预防风险、回避风险、转移风险、接受风险等。虽然影响隧道施工风险的因素很多, 但客观的因素是隧道所处的地质条件和自然环境, 而主观的因素就是人们对地质的认识能力和改造环境的能力<sup>[2-3]</sup>。根据施工的具体条件实施动态的管理是进行工程风险规避的重要手段<sup>[4]</sup>。因此本文从风险控制角度出发, 针对双连拱隧道, 提供施工应对措施和监测预防措施, 从项目前期开展到项目结束运营管理, 整个生命周期内的隧道施工风险管控为基础提出相应的控制技术和应对方法。

## 二、隧道风险控制施工应对措施

### (一) 施工安全管理要求

施工质量出问题, 管理必先有问题; 管理一旦有问题, 质量必定出问题。抓好质量工作, 应从管理着手, 以制度为手段, 做到“教、管、查、罚”全过程管理。

#### 1. 制度化管埋

质量管理部门应出台施工质量管理办法, 明确各级质量责任人相关责任义务, 明确施工质量问题处理处罚标准, 一级管控一级, 层层抓起, 常抓不懈, 对施工质量问题及相关责任人绝不姑息, 做好质量管理工作的制度化保障。

#### 2. 岗前教育培训

岗前教育培训是重要基础。对施工的现场人员和管理人员必须进行岗前培训。

#### 3. 过程控制

对于施工过程中的不良施工行为和质量问题, 要第一时间发现、整理、整改, 把质量问题消灭在萌芽状态; 在工序结束后, 应严查细查, 对不合格工序立即安排整改或返工处理, 同时对相关质量责任人进行问责。

### (二) 施工工艺要求

#### 1. 超前支护

严格控制好超前小导管设计, 小导管的外插角应控制在 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 以内, 避免造成不必要超挖。

#### 2. 开挖施工

严格控制循环进尺, 一次开挖不宜过长。开挖后立即用喷射混凝土封闭开挖断面。

#### 3. 初期支护施工

(1) 钢架应做好超欠挖、垂直度控制。

(2) 螺栓应安装紧固无松动。

(3) 连接筋原有设计不得更改, 间距、数量是重点关注对象。内外双层设置, 应与钢架翼板满搭接双缝焊。焊缝

\*通讯作者: 刘晓龙, 1983年10月, 男, 汉族, 陕西凤翔人, 现就职于中建一局集团第五建筑有限公司, 高级工程师, 本科。研究方向: 道路与桥梁。

要饱满且厚度不小于0.3 d。

(4) 钢架内外均设有双层钢筋网, 并应焊接牢固。钢筋网搭接预留长度不小于1~2个网格。

(5) 喷射混凝土表面应光滑, 保证无锚杆、锁脚及钢筋外露, 平整度应满足不大于10 cm/1 m; 喷射混凝土平均厚度及最小厚度应满足规范要求; 初支的后侧部位的喷护填充要充实, 不允许空隙存在。

#### 4. 仰拱、仰拱回填施工

为保证施工安全, 仰拱混凝土应及时施作, 支护应尽快封闭成环, 增加其整体应力, 保证支护结构的稳定性。喷锚支护全断面施工完成后, 根据围岩收敛量测的结果, 拆除临时支护, 开挖仰拱并浇筑混凝土, 完成仰拱填充。

施工时应注意以下几点。

(1) 仰拱应及时施工, 且仰拱一次开挖长度不得超过6 m。

(2) 施工前必须清除隧道洞底虚渣、淤泥、杂物, 超挖部分用同级混凝土进行回填。

(3) 仰拱混凝土应一次浇注, 整体成型, 填充混凝土应在仰拱混凝土终凝后浇筑。当填充混凝土强度达到5 Mpa时, 方可允许行人通行, 当达到设计强度的100%时, 方可允许车辆通行。

(4) 仰拱及仰拱填充施工前, 上循环混凝土仰拱接缝必须凿毛, 并按设计要求设置止水带, 做好防水。

(5) 根据设计要求, 施工缝处钢筋应断开, 并注意应与拱墙衬砌施工缝处于同一垂直面。

#### 5. 二次衬砌施工

为确保隧道的稳定和施工安全, 应根据支护情况及监控量测数据, 并在监理工程师同意的情况下及时进行二次衬砌施工, 二次衬砌要紧跟掌子面, 及时进行施工。

##### (三) 步距控制要求

##### 1. 严控安全步距

软弱围岩隧道施工关键工序间距应符合要求。各作业面开挖进尺短, 仰拱、二次衬砌紧跟, 严防步距超标。具体要求如下。

(1) 仰拱距掌子面距离: III级围岩不大于90 m; IV级不大于50 m, V级及以上围岩不超过40 m或按设计要求。

(2) 二次衬砌距掌子面距离: I、II级围岩不大于200 m, III级围岩不大于120 m, IV级围岩不大于90 m, V级及以上围岩不大于70 m。

(3) 仰拱开挖前, 要先进行钢架锁脚锚杆施工, 待施工完毕, 方可进行仰拱开挖。

(4) 确保隧道洞底开挖后初期支护及时跟进施工, 初期支护应尽早封闭成环。

##### 2. 合理交叉平行作业

交叉平行作业和导坑开挖作业要严格按照施工工艺进行。确保作用体系的稳定性, 避免因工序错乱而带来的风险。

##### (四) 注浆施工要求

根据实际地质情况, 对松散地层进行改良, 以及止水, 提高隧道洞顶及洞侧的抗压强度和粘结性, 以达到加固的目的, 保证洞室开挖时, 拱顶土体不坍塌, 为确保暗挖施工顺利进行以及施工的安全, 应经常进行注浆施工。

##### 1. 周边注浆

为防止在开挖过程中周边轮廓范围出现围岩软化、剥落, 涌水涌砂, 大面积渗水等情况发生, 采用全断面周边预注浆提前对周边轮廓进行加固。浆液为水泥—水玻璃双液浆, 水灰比(质量比): 0.6:1~1:1, 水泥浆与水玻璃比(体积比): 1:1~1:0.6。具体比例可根据实际情况调整。

##### 2. 径向注浆及隧底注浆

为了加固初支背后围岩、减少自然沉降, 使初期支护体系与围岩共同承担应力变化, 在初期支护喷射混凝土强度达到100%设计强度后, 对初支背后一定范围的岩体和可能存在的空洞进行固结、回填, 保证施工质量及施工安全。

对于未封闭成环区域, 初支背后局部存在空洞或围岩渗水流泥情况严重造成无法进行下部导坑施工时, 必要时, 初期支护背后注浆加固采用水泥—水玻璃双液浆代替水泥单液浆。

##### 3. 掌子面局部注浆

当掌子面局部出现突水涌泥时, 应立即封闭掌子面, 对其及影响范围进行注浆, 浆液根据实际情况现场确定。浆液配比、压力同周边注浆。

### 三、隧道风险控制监测预防措施

施工过程的动态控制和信息化指导施工通过监测来实现,掌握地表、地下水、支护结构的状态以及施工对既有建筑物的影响。如果数据发生异常变化,按要求进行预警。通过加强集中监测,及时采取相应的加固、加强支护、增加临时支撑封闭成环等控制措施,可以有效保证施工和既有建筑物的安全。

#### (一) 浅埋段地表沉降监测

在隧道开挖纵横向上,每个测点埋设在隧道直径的(3~4)倍洞径以外的区域,可埋设两个基点,参照标准水准点埋设,进行互检。所有基点应用附近水准点进行联测,以获取原始高程。

#### (二) 洞周收敛监测

在避免爆破作业破坏的前提下,每个测点应尽可能靠近工作面埋设,一般为0.5~2 m,并在下一次爆破循环前获得初始读数。初始读数应在开挖开始后12小时内读取,最迟不超过24小时,初期变形值应在下一个开挖循环前完成读取。

采用钢尺收敛计进行数据采集,每次读数两次,两次读数之差不得大于0.02 mm,否则应重复测读。

#### (三) 拱顶下沉监测

收敛预埋钩埋设在各量测断面的拱顶中心和两侧,埋设方式和断面位置相关要求与周边收敛量测相同。

采用精密水准仪配合钢尺收敛计进行数据采集。

#### (四) 围岩压力监测

压力盒设置在围岩与初期支护之间,即测量围岩压力;压力盒设置在初期支护和二次衬砌之间,即测量两层支护之间的压力。

测点布置时,应布置在具有代表性的断面的关键部位(如拱顶、拱腰、拱脚、侧墙、仰拱),每个测点应逐一编号。压力盒埋设时,压力盒的受压面应面向围岩。

#### (五) 钢拱架内力监测

通过钢筋应力计或钢表面应变计测量。钢筋应力计沿钢架内外边缘成对布置。型钢拱架则采用钢表面应变计或钢筋应力计,其他测量方法同格栅钢拱架。

根据钢筋应力计的频率—轴力标定曲线,可将实测数据直接换算成相应的轴力值,然后根据钢筋混凝土结构相关计算方法,算出钢筋轴力计所在的拱架截面的弯矩,在每个钢筋应力计的分布位置按一定的比例画出隧道横断面上的轴力和弯矩值点,并将各点连接起来,形成隧道钢拱架的轴力和弯矩分布图。

#### (六) 洞内外变形观测

洞内外观察分为开挖工作面观察和完成施工段观察两部分。每次开挖后应进行一次开挖工作观察,包括节理裂隙发育情况、工作面稳定情况、涌水情况、底板是否抬升隆起等,在地质情况基本不变时,可每天进行一次,观察后绘制开挖工作面地质素描(地质简图)。

### 四、结论

按照要求做好隧道施工风险管控,通过风险动态跟踪管理,风险预警,对提高施工安全性和避免发生施工安全事故具有重要作用;通过多种防塌防变形安全控制手段,为隧道安全施工提供了有力的支撑,有效地预防地质风险的发生;对工程自身结构及周边环境开展监测工作,信息化指导施工,使隧道的安全施工风险降低;风险控制贯穿整个施工阶段,通过各个环节的一体化的风险管控,确保了地面沉降控制,保证了地面既有建筑物的安全,保证了本隧道结构施工安全能够有效控制。

#### 参考文献:

- [1]郑知斌.城市浅埋暗挖法隧道风险辨识及控制技术研究[D].北京市市政工程研究院,2009.
- [2]任远志.复杂地质条件下的胡麻岭隧道施工风险控制的研究[D].中国地质大学(北京).2017.
- [3]刘军.乔家山隧道穿越第三系粉质粘土地层施工安全风险控制技术研究[D].中南大学,2014.
- [4]王亚琼,李杰,王金宝,张素磊.隧道施工技术风险评估及风险控制措施研究[J].公路,2015.