

浅谈隧道塌方处理的控制重点

刘湘君, 王建

(中国水利水电第七工程局有限公司 第一分局, 四川 彭山 620860)

摘要:通过对几起隧道塌方事件进行研究,制定了切实可行的处理方案、阐明了隧道塌方处理的控制重点、减小了处理周期,达到了迅速恢复隧道施工正常进尺的处理效果。

关键词:隧道;塌方;富水流沙;软弱地层;控制

中图分类号:U215;[U25]

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)04-0153-02

1 隧道塌方产生的原因

隧道塌方产生的原因从广义角度划分分为客观原因及主观原因两种。客观原因主要为地质原因,主要包括富水、涌水、流沙、暗河等以及软弱围岩、瓦斯爆炸等;主观原因为支护不到位、支护不及时、工程施工意外等。往往同时有几种原因综合影响。塌方引起的结果各不相同,有的在掌子面、引起掌子面数米至数十米崩塌,有的发生在下台阶开挖或二次衬砌部位、引起隧道关门(系指在隧道已支护或衬砌、离掌子面距离较远段发生的、造成全隧道堵塞的塌方),有的发生在浅埋段,引起隧道冒顶。笔者介绍了根据不同的塌方原因采取的相应的处理方法。

2 塌方处理实例

2.1 富水流沙类

深茂铁路某隧道在隧顶存在大量无人管理的矿洞采空区。前期采矿作业人员未采取措施而导致矿洞内长期积水,对周围地质状态产生了较大影响,形成了人为的岩溶、溶腔。隧道某次开挖后,在拱顶左上方出现了一大股20 cm直径的涌水加流沙,并不断向上、向周边扩大,0.5 h后即出现了一个直径1 m、高2 m的溶腔,1 h即发育到直径1.5 m、高5 m,并不断产生碎石掉块,所有流沙及碎石很快将掌子面作业范围堆满。

针对上述隧道塌方,立即撤离作业人员及设备并制定紧急处理方案。首先将开挖掌子面进行回填,回填完成后,先打设径向注浆孔对已支护的围岩进行加固,同时打设周边注浆孔对溶腔进行注浆。考虑到溶腔较大并经过方案对比后,在正

对溶腔位置埋设泵管,对溶腔进行泵送混凝土处理。处理完成后,调整掌子面附近及以后20 m范围的围岩级别,由Ⅲb调整为Vb,对开挖工法及支护也进行了相应的调整。

2.2 软弱地层类

成简快速路某隧道由于开挖范围地处浅埋段土石分界线、大管棚支护范围末端,雨季由于雨水的长期渗透,土体含水率饱和,开挖过程中失稳引起冒顶、垮塌造成顶拱部位约有10根管棚被拔出折断。塌方形成的坑呈漏斗状,在顶拱边坡形成了一个约8 m×8 m的天窗,其下部因渣体掩埋,当时无法探明具体的垮塌范围,仅依据外露部分,可见已完成初期支护范围的4根工字钢折断或压弯变形。处理完成后发现,掌子面前方约2 m范围内同样受冒顶影响而形成凹形。

针对上述类型的隧道塌方,所采取的处理方案为:先用架管、铁丝、彩条布或防雨布对塌方范围搭设防雨棚遮盖,在塌方体范围外修排水沟,将地表水引排至塌方体漏斗空腔体外,待塌方边坡基本稳定后,人工从上至下清理塌方漏斗空腔体边坡危石以及松散体并削顺边坡,随后对不稳定部分采用锚杆挂网喷护进行支护。在人工清理、顺坡及边坡支护过程中派专职安全员24 h观察边坡的变化情况,并每天进行边坡的变形监测。

待坍塌边坡危险排除后,将洞内塌方体全部挖除,并将破坏的钢支撑及管棚全部拆除,然后按照40 cm的间距在设计边线安设20#工字钢支撑,并用63 mm×5 mm等边角钢剪刀撑将钢支撑连接成整体,工字钢底部采用混凝土找平,22#槽钢通长布置以增加其底部基础承载力,每根拱架

增加4根 $\varphi 28$ 锁脚锚杆,其长度按照设计图纸长度保持不变,在钢支撑外缘铺设 $\varphi 8 @ 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 钢筋网片,沿钢支撑内缘铺设模板,进行C20混凝土模喷24 cm厚。

待喷混凝土达到强度要求后,采用20#工字钢在喷混凝土上方约30 cm、空腔体下部设置纵横工字钢梁架,间距为1 m,两端头紧靠两侧岩体,用 $\varphi 28$ 砂浆锚杆锚入岩体并与工字钢连接,岩体锚入深度为3.5 m,与工字钢焊接联成整体,焊接长度为0.5 m,然后浇筑1.5 m厚C20混凝土。

采用上述方法处理施工完成后,将掌子面破坏的大管棚割除,在开挖掌子面采用小导管超前支护,按照台阶法开挖施工,施工采取弱爆破、短进尺、支护紧跟。腔体待混凝土强度达到设计强度、开挖进尺一段距离后将防雨棚揭开,采用卷扬机安装提升轨道,利用洞渣对空腔体进行回填,人工分层夯实至原坡面,随后采用锚杆挂网喷护进行整面封闭,锚杆采用 $\varphi 22$ 砂浆锚杆,长2.5 m,钢筋网为 $\varphi 8 @ 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$,混凝土标号为C20,厚度为15 cm。

2.3 开挖支护类

某隧道上台阶支护喷护顶部空腔,下台阶一次开挖进尺过大导致发生大塌方,造成隧道关门,所采取的处理方案如下:

(1) 初支加固。

对塌方处回填反压以稳固塌方体并形成工作平台。待围岩稳定后,将塌方处顶部喷C30混凝土进行封闭,然后钻孔埋设小导管:长4.5 m,间距 $1 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$, $\varphi 42 \times 3.5 \text{ mm}$ 打孔小导管,灌注1:1的水泥浆液,固结松散岩体。

对未塌方处的初期支护段打设探孔探明初期支护背后的空洞情况。对较大的空腔先采用预留泵送砂浆孔回填砂浆或吹砂回填;对较小的空腔埋设 $\varphi 42 \times 3.5 \text{ mm}$ 打孔小导管进行回填注浆,注浆压力为0.5~1 MPa。

(2) 增加护拱。

根据具体情况,在一定范围的隧道段增加护拱,采用I20b工字钢护拱加强支护,纵向间距1 m,钢架间用 $\varphi 22$ 钢筋连接,与已完成初期支护的钢架错位布置,并设径向注浆小导管,小导管与护拱焊接牢固,注浆加固。增加护拱处喷C30混凝土

土封闭,完后环纵向间距为 $0.5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 。

(3) 大管棚。

采用一环热轧无缝花管(外径为108 mm,壁厚6 mm大管棚)进行超前支护,环向间距为0.4 m,每环50根,长度约为26 m。

(4) 后续开挖支护参数。

台阶法加临时仰拱开挖方法主要适用于隧道V类围岩、浅埋、偏压及围岩破碎带。为保证施工安全,该段采用台阶法加临时仰拱方法施工,采用Vb复合式衬砌。开挖轮廓线放大50 cm做为预留沉降量,全环采用双层I22a型钢,间距每榀按0.5 m控制。系统锚杆在其拱部采用 $\varphi 25 \times 7 \text{ mm}$ 中空注浆锚杆,边墙采用 $\varphi 22$ 普通砂浆锚杆,长3.5 m,锚杆末端均应配垫板、螺母。采用 $\varphi 8$ 钢筋网,网格尺寸为 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ 。钢筋网片网格拱接1~2个网格。超前小导管采用 $\varphi 42 \times 3.5 \text{ mm}$ 打孔小导管,长4.5 m,环向间距0.5 m,全环40根,纵向3 m一环。外插角为 $10^\circ \sim 15^\circ$ 。钢架纵连接筋采用 $\varphi 22$ 的HPB235钢筋,按环向间距0.5 m设置。钢架与纵向连接筋尾部采用焊接。在钢架拱、墙脚位置设置 $\varphi 42$ 锁脚锚管,每处2根,每根长度为4.5 m。注浆压力为0.5~1 MPa,注浆饱满密实。

(5) 空腔回填。

该塌方段施工二衬时需预留泵送混凝土孔和吹砂孔。预留孔距不大于5 m。每个断面预留3根 $\varphi 108$ 泵送混凝土管,拱顶1根,长度为5 m,两侧各1根,长度为2.5 m。二次衬砌浇筑完成后,衬砌背后泵送C20混凝土、厚2 m,作为护拱。护拱上方吹砂2 m厚,作为缓冲层,以避免塌方体上方后期掉块而造成二次破坏。

3 防止塌方的一般性措施

通过采用各种超前地质预报方法,提前得到隧道掌子面前方100 m范围内的地质情况,及时制定相应的开挖支护方法。对于地质情况非常差的隧道段,应采取预注浆及超前措施。对于一般地质情况较差段需采用超前措施,以达到固结围岩的效果。另外,更改开挖工法,提前预判并加大围岩开挖支护参数,以有效防止围岩失稳。

4 结语

隧道塌方处理是一个综合性较强的复杂性工

(下转第174页)

组长、各职能管理人员为成员的坝肩槽开挖质量提升小组,制定了《坝肩槽施工工艺标准》,层层落实责任分工,加强现场施工工艺标准控制。

(1)操作平台的找平与清理。

操作平台2 m范围用机械找平,人工清除表面积水、虚渣和松动岩石,露出岩面。将平台超欠控制在20 cm范围内,清理后经检查合格后交测量放线。

(2)测量放线。

测量人员测放的控制点线主要包含坝肩槽开口线高程、预裂孔位置、角度、深度等指标。每一茬炮预裂孔逐孔放点并用钢钉固定。

(3)样架搭设。

样架采用 $\phi 48.3 \times 5$ mm优质钢架管并由人工搭设,角度尺或罗盘控制搭设角度。样架搭设完成后,测量人员在样架上放出每个预裂孔孔位、孔深、孔距、倾角等并挂牌标识。样架及测量点线验收合格后投入使用,安排专人加固、维护。

(4)钻爆工艺控制。

坝肩槽采用“先瘦身、再预留保护区开挖”的施工方法。瘦身区爆破孔开挖布置5排孔,按常规爆破开挖方式完成,笔者不作描述。

预留保护区布置1排缓冲孔、2~3排主爆孔,厚度为10 m。其中,缓冲孔布置在主爆孔内侧2 m范围内,主要采用QZJ-100B型潜孔钻造孔,间距2 m,孔深及角度、线形走向均与预裂孔一致。

预裂孔钻孔作业实行定人、定机、定岗“三定”制度,采用QZJ-100B型潜孔钻造孔,孔距一般为60 cm,孔径为70 mm,造孔深1 m范围内分20 cm、50 cm、100 cm三次校核钻杆,造孔深1 m以后按照2~3根钻杆进行校核,主要校核钻孔方

(上接第154页)

程,文中介绍的仅是笔者在长期工程实践中,对不同类型塌方处理的具体实施方案的总结。而在具体的操作过程中,则应根据隧道塌方的具体情况,将处理方案及其支护参数作符合实际情况的调整,从而达到快速处理塌方、恢复隧道正常施工的效果。

向、角度、钻速。造孔完成后,逐孔验收、装药,药卷采用 $\phi 25$ 、 $\phi 32$ 乳化炸药,竹片间隔规范绑扎,堵塞长度为1 m,装药密度为235~270 g/m³,单耗0.24~0.32 kg/m³。

预留保护区爆破网络延时雷管段位不超过MS12段,预裂孔孔内采用导爆索导爆,孔外采用非电毫秒微差雷管分段延迟爆破。

(5)爆破质量的检查与评估。

爆破完成后实施安全监测及质量评估,总结爆破开挖质量,分析存在的问题,研究改进措施,持续改进。

5 实施效果

坝肩槽开挖质量明显提升,爆破质量优良:轮廓面上残留的炮孔半圆痕迹均匀;相邻两炮孔间岩面的不平整度满足质量标准要求,坡面平均超挖值为3.5 cm,无欠挖;残留炮孔壁均无明显的爆破裂隙(宽度>0.5 mm),无裂隙张开、错动及层面抬动现象;以Ⅲ1类岩体为主,半孔率为95%;单元质量评定优良率为95%以上。

坝肩槽超挖量由原来平均的12 cm减少至平均超挖3.5 cm,降低了施工成本。

6 结语

在杨房沟水电站EPC总承包模式下,质量管理是业主管理的重点和核心,标准高、要求严,通过优化调整措施,严格过程控制,提高了坝基开挖的实体质量,获得了业主及国家质量监督总站等单位的高度评价,为后续坝基开挖总结了经验,奠定了基础,对同类工程坝肩槽预裂爆破开挖施工具有借鉴意义。

作者简介:

张国平(1976-),男,四川乐山人,工程师,从事水电工程施工技术与质量管理工作。
(责任编辑:李燕辉)

作者简介:

刘湘君(1980-),男,四川彭山人,工程师,从事水电及铁路工程施工技术工作;

王建(1979-),男,重庆市人,工程师,从事水电及铁路工程施工技术工作。
(责任编辑:李燕辉)