

特长隧洞台车钻爆开挖工序管理综述

马 军 林， 陈 玉 奇

(中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550081)

摘 要:特长隧洞开挖支护施工连续状态,开挖工程量的完成,均以工序为基础。开挖及初期支护工序占用施工总时间百分率最大,是进度计划管理的关键。特长隧洞单一掌子面掘进,与外界环境条件干扰、协调利用相关,更与围岩条件、人员设备配置、施工现场组织管理。深埋特长隧洞工程施工监理过程应重视工序分析,加强监理工作管理,开挖与初期支护工序循环达到合理的时间。

关键词:特长隧洞;开挖工序;施工监理;涌水和岩爆

中图分类号:TV554;TD421.2+4;TU753.1 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)01-0063-05

0 引 言

在工程建设中,隧洞工程建设是推动公路及铁路交通工程、水电水利工程发展的新途径;隧洞分类:按照隧洞(隧道)的长度分类(公路行业规定):短隧洞: $L\leq 500\text{ m}$)、中长隧洞 $500<L<1\ 000\text{ m}$)、长隧洞 $1\ 000\leq L\leq 3\ 000\text{ m}$)和特长隧洞: $L>3\ 000\text{ m}$)。按照隧洞断面分类:极小断面隧洞: $2\sim 3\text{ m}^2$;小断面隧洞: $3\sim 10\text{ m}^2$;中等断面隧洞: $10\sim 50\text{ m}^2$;大断面隧洞: $50\sim 100\text{ m}^2$;特大断面隧洞: $>100\text{ m}^2$ 。

大于 10 km 的长隧洞一般为大断面,有的埋深也大,工程施工常常难于增设施工支洞,单一掌子面掘进长度长,加上隧洞沿线不可能有较多的勘测、勘探资料,地质条件难于全面预测,所以,特长隧洞施工存在效率降低风险;特长隧洞通风、排水措施高于普通隧洞;也有可能遇地质灾害而产生伤害,需要控制减少人员数量或减少人员在爆破作业影响范围的措施。

1 特长隧洞开挖工序分析

1.1 围岩类别对工序的影响分析

线型工程均会遇不同岩组地层,也就有随岩体强度划分硬岩、软岩等,对应出现Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ类围岩。经过多个工程统计,软岩、岩体破碎带或其他不良地质体的处理,需要控制单次循环开挖进尺(深度)、增加支护措施消耗时间,特别是软岩,掘进月进度的计划值常常在 40 m/月,单一工序循环时间长。

在开挖钻爆循环工序中,因隧洞内围岩类别的不同,开挖后临时支护的时间有较大弹性。而支护时间控制超过计划,占用单循环的时间相对较长,则减少了日循环次数。一般情况下,即使隧洞通过Ⅲ类围岩洞段,但因受构造、岩层厚度影响,局部破碎,爆破后围岩也可以有掉块现象。Ⅲ类围岩发生掉块、溜坍,处理历时长短不一,本循环临时支护时间延长,增加本循环的总时间,如果日计划量是 2~2.5 循环,则有可能减少既定循环计划。

不同围岩类别富含地下水洞段对开挖循环的影响,开挖过程中承包单位需采取超前探孔、短进尺的方法进行施工,影响单循环时间,这类工作应考虑净时间,不影响既定循环计划。

遇地应力高洞段,预防岩爆、治理岩爆均会消耗时间,有时为避让岩爆直接导致开挖循环暂停,这类工作也应考虑净时间,不影响既定循环计划。

1.2 关键工序时间及设备配置分析

监理工程师对设备管理,应按照合同规定做好常规工作,即督促承包单位按照合同文件中所列设备进行计划设备投入,或经过试验必须增加专用机械设备,这种督促特别重要,经督促主要设备到位,对保证工序起到关键作用。但对工序管理,需对设备配套能力进行分析。

1.2.1 钻孔工序及台车能力配套

以投入 TAMROCK — 315G — HD/Axera T10DATA — 312 类设备为例,其用电功率为:155 kW,推进梁推进压力为:180 Bar,大臂冲击

压力:250 Bar;凿岩机转速 750 r/min;推进速度 0.3~0.5 m/min;防卡钎压力:220 bar。

正常情况下每循环钻孔深度 3.5 m,单孔时间为 3~6 min/孔,但考虑换钎、摆臂及其它辅助工作用时,分别按 5 min/孔~6 min/孔考虑造孔用时。掌子面造孔总数在 120 个掏槽、爆破孔时,监理工程师应考虑接受单循环造孔总用时消耗应在 180~330 min 时段内。

除台车性能外,单一掌子面造孔用时,与爆破孔孔深关系大,单循环孔深缩短,造孔总用时减少;造孔用时消耗与围岩类别有较大关系,特别是相关构造、岩层层厚、夹层等。监理工程师巡查若发现钻孔延时或钻孔过程中遇卡钻及其它孔内异常情况时,则应督促作业班组采取措施应对。

施工过程,存在超前地质预报勘测所进行的深孔钻进,督促做好设计、专业队伍等相关方协调。

部分洞段需要进行随机锚杆支护,台车造孔时间均进入初期支护计划时间;需要进行大面积支护时,督促开展爆破参数调整,控制此类支护时间消耗,减少循环工序相互影响。

一般情况下,承包单位投入的钻爆台车是可以满足正常情况下的钻孔需要的,监理工程师的过程管理,重点在于加强督促工序协调、维护使用管理。

1.2.2 阶段性出渣车辆的能力与配备

对于有轨道运输而言,投入合同明确的梭矿车配置数量及配套转运设备、工具,能够在规定时间完成出渣任务。但轨道运输不灵活,多个工程均必为无轨运输,监理工程师在审查方案时,应指明与无轨运输的对比优越性。

对于无轨运输,根据现场交通条件,配置足够数量的载重汽车,无论是中断面隧洞、还是大断面开挖,出渣工序耗时一般控制在 2 h 内完成。

监理工程师需要掌握的设备参数及常规时间消耗,类似数据可参考:VOLVO 车满载可达 13~15 m³,红岩、斯太尔满载可大于 15 m³。

配套设备:装载机在掌子面装渣,进入及堆渣约 1 min,铲装小于 1 min,后退及侧卸小于 1 min,单斗装渣量约大于 2 m³(取用 2 m³),单车装完所需要时间仅 5~8 min。最大限度时间管理,能够保证在两小时内完成单循环的出渣任务。

因有运输通道或外围交通管理,有时出渣成为占用工序循环时间有较大弹性的一个环节。监理工程师应重视的内容有:对比承包人在施工组织设计中的计划时间,实际出渣的时间大于计划时间,随着隧洞加深,这种时间差会愈来愈大。特别对于整个循环来说,当多次出现出渣用时达 300 min 时,其他工序将受到严重干扰。

1.2.3 初期喷护与随机锚杆安装的阶段性喷射台车能力与配备

根据钻孔台车能力分析,钻爆台车是可以满足正常情况下的临时锚杆钻孔需要的,施工过程,由于初期喷护与锚杆安装时间略有冲突,但针对胀壳式锚杆的安装,不需要在局部留太长的时间。

喷护方面,以投入 MEYCO suprema 型混凝土喷射泵/ MEYCO suprema 型混凝土喷射泵为例,其用电电压为 3×380 V,频率为 50 Hz,用电功率分别为:85 kW;风压:6 kg/cm²;液压系统压力:190 kg/cm²;最大给料压力:75 kg/cm²,喷射压力分别为:12 bar;混凝土泵输送距离 300 m,混凝土泵输送高度 100 m;生产能力:30 m³/h,常规喷射量为:14 m³/h。

对于大断面 50~100 m² 隧洞,开挖单一循环进尺 3.0 m,初期喷护 5 cm 厚度,一次喷护开挖洞长或掌子面局部范围,单循环总用时 70~140 min。承包单位配置的湿喷机械一般满足喷射能力需要。

一般情况Ⅳ类围岩较破碎,或设备有故障情况时,喷护用时较长。同时,遇围岩破碎、局部地下水活动强烈部位,喷护时间更长。对于周边孔的布置相对合理,或围岩自身稳定情况好,局部洞段有不支护就进行下一循环的情况,可以节约喷护工序用时。

施工过程中,监理工程师要特别注意喷护时间远远大于施工组织计划喷护工序时间的情况,这并不单是准备时间长短的问题,有时待料时间、反复喷射的需要及其它原因,实际用时更长,这就对整个工序安排产生较大的影响。

1.3 辅助工序时间分析

特长隧洞钻爆开挖其它工序时间,主要指台车进入现场的时间、现场测量放样的工序时间、台车退场时间及找顶工序时间。

1.3.1 台车进入现场的工序时间

台车进入现场的工序包含风、水、电的接入、台车入场就位动钻,这些时间应不超过 10 min。这些辅助工作,基本是同期组织进行的,但时间基本不能压缩。施工过程中,监理工程师应特别注意:供电不正常、设备不能投入正常状态;特长隧洞横通道、或避车道设计方面的原因,500 m 外才具备错车交换的条件;或与湿喷机交换位置有影响的情况等。这些用时有超过 50 min 的统计,但次数较少,不作为工序分析的主要用时。

1.3.2 现场测量放样的工序

测量放样 20 min 时间基本不能压缩,这一段有时并不能严格与台车进入现场的工序时间区分,但测量时间已经很紧张,并必须按计划时间完成。

1.3.3 台车退场的工序

台车退场工序包括连线与起爆、台车避让至安全距离,不至于耽误出渣车辆的通行。这些辅助工作是同期进行的,但台车退移位置有时远离掌子面 500 m 以外,这就是承包人在施工组织设计中计划时间不能保证的原因,或者是实际情况与计划时间参数的差别。

多个工程统计,台车进退场的时间为 20~30 min,与承包人的计划时间有一定出入,此数据是阶段性的数据,实际中也有小于此值的情况,但这一部分时间段基本不能在后续的施工中压缩。如果不增加横通道间的避让点、台车停靠点,随着洞深的增加,影响因素可能更多、干扰可能更大。

1.3.4 找顶的工序时间

一般情况下找顶单循环总用时应考虑 15 min 左右,在周边孔的布置相对合理,减少了围岩的损伤程度,掌子面找顶时间能够提前,局部岩石破碎的情况下,会增加找顶时间,此时间有一定弹性,找顶单循环总用时在 25~50 min 范围,主要是施工安全方面的原因,这里的所有用时均应该是合理的。

2 特长隧洞开挖工序监理工作要点

2.1 工序设计

监理工程师应掌握承建单位对开挖工序预见性的设计,方便过程检查。各承建单位根据自身和经验,完善爆破时间和工序循环时间设计。

2.2 工序管理基础工作及分析

2.2.1 监理过程的基础工作

监理工程师需要落实收集设计文件和对隧洞

掌子面围岩变化情况进行记录,核查爆破设计执行情况,及作业人员依据围岩条件变化改变情况。对承包人投入的资源,监理人员必须逐日监督、检查、记录工序实施情况,同期统计开挖循环及开展工序分析工作。

为保证管理的针对性,监理工程师需要分析工序偏差的程度和产生的原因,分析预测工序偏差对后续施工工序的影响程度,提出解决办法,并付诸实施。及时发出进度措施的指令,督促施工承包人采取措施保证工序循环的实现。

对于围岩稳定性差、存在大流量涌水、岩爆风险的洞段,检查督促承包人按施工规程规范施工、文明安全施工,消除、避让安全隐患,避免因任何安全原因影响正常掘进。

2.2.2 工序分析要点

2.2.2.1 组织协调

开挖循环连续时,其工序交接、供电、道路、施工通风、抽排水等会影响循环时间。其中,仅洞内通风一项,如果出现通风效果不良,则洞内能见度低,支护耗时较长,也影响交通,从而影响正常开挖。

由于是线状施工,承建单位会安排滞后掌子面一定距离实施后步施工项目,应重视后步项目施工在一定程度会影响资源就位、出渣等工序,也就延长单一循环时长。

管理意图实施方面:按合同计划要求进行了投入,设备、人力基本能够满足施工要求仅为一个方面,如果管理层与施工层的衔接不上,管理意图的贯彻、落实较为困难时,施工效率会降低。这应是双向问题,工作对象也应改变。

2.2.2.2 人力资源配置分析

监理工程师对人力资源管理,一般按照合同规定的内容进行,即督促承包单位按照合同文件中明确的人力资源配置计划。现场人力资源配置足够是必须的,

过程中应检查熟练工人的投入情况,减少废孔、爆破效果不好的情况,必要时,应督促承建单位带班人员做好交底培训、管理技术人员责任心,保证过程稳定。

监理过程应重点关注的方面有:对人员的素质及人员的流动性太大,不利于对特长隧洞开挖工艺的提高和施工技术的掌握与总结,在很大程

度上造成隧洞周边孔的重复性错误,为下一工序循环造孔提供方便条件也只能成为设想。

2.2.2.3 异常原因分析

在不同围岩洞段,因岩石性质与机械操作手的技术原因,局部开挖钻孔时间略有变化,但不改变整个围岩类别在不同洞线和不同围岩分类中的总体控制。

(1)为保证安全通过构造带(断层、节理裂隙破碎带)、大流量涌水、岩爆高发区,承包单位在隧洞掘进过程中,实施超前勘探工作,增加了循环进尺时间属于正常情况。

(2)因围岩破碎存在掉块并对洞内的开挖钻爆台车造成损伤,台车不能正常工作降低了作业效力,延长了开挖钻孔工序时间,这此数据应成为统计数据。

(3)因施工设备故障、交通原因影响掌子面开挖工序循环作业,属于可调整时间,不应纳入合理工序时间范畴。

(4)因施工用电故障、通风设备换向,造成洞内空气不流通且能见度低,影响施工开挖,不应纳入合理工序时间范畴。

2.3 技术管理

2.3.1 工具利用

开挖掘进与初期支护工序的影响因素重点在管理方面,结合本标段工程目标工期多部位滞后的情况,监理工程师需要及时将影响工序偏差的分析结果通报承建单位,便于对症提出的整改措施由承建单位进行落实,全面、合理控制洞挖施工。

监理工程师可以采用矩阵方式分析存在问题的影响因素,用排列图找出主、次因素,保证这方面的分析科学、合理,编制的相关的针对性纠偏措施让承建单位易于接受。

2.3.2 技术措施

如果特长隧洞开挖洞段砂板岩节理发育、稳定性差、局部地下水活动较强的地方,要求承建单位调整并控制好爆破参数,对不利结构面,局部支护的锚杆参数也应做相应的调整。必要时,监理工程师要对现场爆破孔眼的布置和锚杆施工的工序等开展专项检查,指出改进方法。

特长隧洞开挖至大于 5km 或更深时,需要督促承建单位加强机械设备、物资供应的储备,并与

实际需要相匹配。对易损件的备用件数量进行专门控制,要求承建单位对设备关键部位的配件要有足够的储备。对已进场到位并投入使用的设备应加强检修与维护,保证设备的完好率。

加强质量控制,从源头抓起,避免因质量问题造成返工,影响开挖进度。对隐蔽工程及时进行检查,不因待检而让承包单位待工。

特长隧洞需要加强超前地质预报工作的监督,对资料进行必要的分析,并尽最大可能实现此方面的“监帮结合”、“成果共享”。

3 特长隧洞开挖工序遇大流量涌水、岩爆的管理

3.1 开挖遇大流量涌水的管理

3.1.1 落实引排措施

合理安排施工期的排水通道和交通通道,以满足在排水的同时不影响掌子面的掘进,再开展地下水处理工作。根据隧洞掘进进度及横通道的布置情况、隧洞所揭露的地下水情况,结合现场条件,分几种方式解决特长隧洞排水通道问题:局部增加开挖断面或一次性开挖至水沟底部,方便导排;设置竖井,局部引管导排,解决局部洞段的涌水、积水,保证通行条件、局部施工水沟路面混凝土条件;设置绕行洞,辅助排水支洞,导排水。

3.1.2 开展封堵塞或局部处理试验

对开挖过程中揭露的小流量出水点和裂隙渗水,随开挖过程进行封堵,以改善洞内的施工和运营条件;对于压力较大、水量较大的涌水点,根据工程的实际进展情况和工期安排,适时安排封堵时间。分类实施封堵地下水的方式有三种:直接灌浆封堵密闭地下水、混凝土衬砌分隔涌水、堵头可控排放地下水等。

3.1.3 全面探索地下水处理原则与总结工序时间

在施工过程中,监理机构力推试验多种方案进行试验,探索地下水处理,以实现施工正常、减轻工期压力,具体有:引流方案、局部封堵(堵水灌浆处理)方案、系统的高压固结灌浆方案、超前预注浆方案、综合处理大流量涌水方案等。这些处理工作,均会增加工作内容,使原有开挖工序管理状态发生改变,因此,应进行施工组织设计调整,在大量试验数据基础上,对富水洞段的开挖工序时间进行论证,重新评估工序工作内容,明确合理的预防时间和治理时间,方便工序管理。

3.2 岩爆洞段工序管理

3.2.1 岩爆洞段开挖工序宜及时总结

岩爆洞段开挖采取短进尺,控制孔深范围 1.0~3.5m,周边光面爆破,并施作应力释放孔和应力解除爆破孔等。

3.2.2 需要及时调整施工组织设计

通过现场大量的试验,在不同部位、不同洞段,相关掌子面加固及超前支护+控制爆破和应力解除+锚网喷+系统支护或衬砌等措施根据岩爆类型分别使用。这样,既保证施工安全,也方便现场管理和保证施工进度。因此,应进行施工组织设计调整,在大量试验数据基础上,对岩爆洞段的开挖工序时间进行论证,重新评估工序工作内容,明确合理的预防时间与治理时间,方便工序管理。

4 结 语

中国与国际上正在建设的长大交通(公路、铁路)隧道,其要求也愈来愈高,挑战会更多。因环境要求不同、工程地质条件不同、洞室结构不同、施工组织管理方式不同,特长隧洞工程大流量涌水的施工处理和高地应力洞室工程施工对岩爆防

(上接第 62 页)

经监理独立取样检测,左岸导流洞 C₃₅ W₈ F₁₀₀ 底板混凝土 28d 抗压强度 2 组:最大值 41.1 MPa、最小值 39.0 MPa、平均值 40.1 MPa; C₄₀ W₈ F₁₀₀ 底板混凝土 28 d 抗压强度 5 组:最大值 42.3 MPa、最小值 40.2 MPa、平均值 40.8 MPa; C₂₅ W₈ F₁₀₀ 边顶拱混凝土 28 d 抗压强度 3 组:最大值 28.3 MPa、最小值 25.0 MPa、平均值 27.1 MPa。

右岸导流洞 C₄₀ W₈ F₁₀₀ 底板混凝土 28 d 抗压强度 5 组:最大值 42.3 MPa、最小值 41.1 MPa、平均 P 值 41.4 MPa; C₂₅ W₈ F₁₀₀ 边顶拱混凝土 28 d 抗压强度 4 组:最大值 32.7 MPa、最小值 25.3 MPa、平均值:28.6 MPa。

通过现场同条件与标养室件与不同龄期混凝土强度增长情况来看,3 d 标养强度达到设计强度值的 35%,同养强度达到设计强度值的 30%;7 d 标养强度达到设计强度值的 65%,同养强度达到设计强度值的 60%;14 d 标养强度达到设计强度值的 88%,同养强度达到设计强度值的 75%。

5 结 语

叶巴滩坝址区独特的气候条件不利于拱坝混

治,都会面临工程建设新的难题。探索特长隧洞开挖工序管理愈加重要。

特长隧洞开挖工序改善、效率提高仍然有空间,尤其是初期支护时间有较大弹性。目前中国电建集团贵阳院勘测设计研究院有限公司在特长隧洞施工监理管理和协调控制等方面积累一定经验,可为同行提供参考。

参考文献:

[1] 《公路工程技术标准》(JTGB01—2014),中华人民共和国交通运输部发布,2015—01—01 实施。
[2] 陈玉奇.锦屏水电工程超复杂地下洞室群施工监理[M].北京:中国水利水电出版社,2016。
[3] 《水电工程施工组织设计规范》(DL/T5397—2007),中国电力出版社,中华人民共和国发展和改革委员会发布,2008—06—01 实施。

作者简介:

马军林(1978-),男,甘肃通渭人,高级工程师,主要从事水利水电工程管理工作;
陈玉奇(1965-),男,贵州遵义人,教授级高工,中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司工程监理公司总工程师,主要从事地下工程地质与水文地质勘察、岩土工程施工及监理工作。

(责任编辑:卓政昌)

凝土的温控防裂,尤其是混凝土表面保温措施极为重要。为了获取不同保温措施条件下大体积混凝土的温控参数,确保后期拱坝大体积混凝土施工期防裂安全和所提表面保温措施的可行性和可靠性,有必要开展混凝土冬季浇筑保温措施效果试验、探索与总结。从叶巴滩水电站 2017 年冬季施工保温措施落实情况看,所施工混凝土质量经检测全部合格,没有出现受冻、低强等问题,为后续主体工程施工积累了一定经验。目前,大坝等主体工程刚开始施工,有关高寒、高海拔地区冬季施工保温措施的研究工作还有待于进一步深入。

参考文献:

[1] 《水工混凝土施工规范》DL/T 5144—2015,中国电力出版社,国家能源局发布,2015 北京。
[2] 《水工混凝土试验规程》DL/T 5150—2001,电力出版社,2002 北京。
[3] 《水电工程施工组织设计规范》(DL/T5397—2007),中国电力出版社,中华人民共和国发展和改革委员会发布,2008—06—01 实施。

作者简介:

范雄安(1978-),男,广西贵港人,高级工程师,主要从事水利水电工程管理工作。

(责任编辑:卓政昌)