

# 锦屏二级水电站引水隧洞东端灌浆工程监理

周华川

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司,四川成都 611130)

**摘要:**锦屏二级水电站引水隧洞灌浆工程具有工程规模巨大、施工强度高、技术难度大、质量标准高、施工组织复杂等特点。存在岩溶处理、岩爆防治、大流量岩溶涌水处理等重大技术难题和持续高强度施工组织管理难题。通过参建各方的共同努力,积极进行技术及管理创新,隧洞充水渗控指标满足要求,工程质量优良。对其监理取得的成功经验进行了总结并提出了需要进一步研究和探讨的问题,以资借鉴。

**关键词:**引水隧洞;固结灌浆;监理工作;经验;锦屏二级水电站;引水隧洞

**中图分类号:**TV7;TV554;TV523

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2015)增2-0013-04

## 1 概述

锦屏二级水电站四条引水隧洞具有洞线长、断面大、埋深大的特点,所穿越地层工程地质和水文地质条件复杂,存在岩溶处理、岩爆防治、大流量岩溶涌水处理等重大技术难题和持续高强度施工组织管理难题。

引水隧洞灌浆主要包括回填灌浆、高压固结灌浆以及处理岩溶的裸岩灌浆和处理涌水的堵水灌浆等。

引水隧洞东端的灌浆工程从2008年12月进场开始堵水灌浆,至2014年9月横通道封堵完成具备充水条件,前后历时近6年。参建各方紧密合作,不断进行技术创新和管理创新,最终顺利实现了工程的渗控指标。笔者站在监理的角度,全面总结了灌浆施工在组织管理及现场管控、技术问题处理、质量检查等方面所采取的有效措施,并提出了需要进一步探讨和研究的问题。

## 2 灌浆工程的组织管理

### 2.1 参建各方的机构设置

锦屏二级水电站引水隧洞灌浆工程共有六方参建单位:业主、设计配置灌浆专业工程师;监理单位成立了灌浆部;施工单位除在常规机构设置外,还增设了内部独立的第三方检测机构;专业物探检测方由监理单位管理;业主聘请的独立第三方由业主灌浆专业工程师管理。

参建六方配置了灌浆专业管理人员,既保证了各方的相对独立性,又保证了各方人员的专业

性,同时还保证了各方在现场的紧密协作。

### 2.2 建立资源保障机制

#### (1)设备和人力资源保障。

充足且配套的设备资源、充足且经验丰富的施工及技术管理人员、灌浆供材及时是长大引水隧洞灌浆施工得以顺利进行的前提条件。

引水隧洞固结灌浆主力钻机为多臂钻、履带式液压潜孔钻,和其他钻机相比具有高效、灵活和维护方便的明显优势,其造孔精度主要通过技术和管理措施进行控制。

面对复杂的工程环境和高强度灌浆施工要求,在钻灌一体台车的基础上进行不断摸索和调整,形成了高集成灌浆台车、拆装方便的简易台车和地面灌浆站配合登高车共同使用的综合灌浆平台体系。实现了资源动态调整,满足了高强度、高质量的灌浆要求。

#### (2)辅助生产系统的保障。

灌浆辅助生产系统包括物资管理、设备维护保养、供水供电、排污、清渣、台车拆装等。这些系统的有力保障对施工进度和施工质量的影响至关重要,需要建立一支以制度化、程序化的工作方式、具备快速反应能力的队伍来确保系统的保障。

### 2.3 确定固结灌浆的方法及灌浆工序质量控制红线

固结灌浆主要采用循环灌浆(大循环):围岩破碎时自浅而深、浅孔自深而浅、深孔综合灌浆的分段方式分段灌浆;灌浆分序主要采用环内分序,各种方法的选用均经过现场生产试验验证,施工

质量经多种方法检验合格,隧洞经充水试验检验得知,施工质量优良。

固结灌浆从单元准灌证开始至最终验收合格,共包括二十余个工序,100多个质量控制点。鉴于本工程灌浆施工强度高、点多面广、作业机组的水平存在差异,为了确保所有灌浆作业都处于完全受控状态,监理工程师采取了宏观控制和关键点红线原则,具体包括:

(1)创造良好的软、硬件环境。监督施工单位的制度建设和制度运行、消除系统性缺陷、建立配套的辅助生产系统。

(2)坚决杜绝灌浆过程及灌浆记录的弄虚作假行为。

(3)对有明确标准的、极易造成质量隐患的工序和质量控制点,一律划为关键工序。

(4)对于无明确标准、不易造成质量不合格的工序和质量控制点,列为日常巡视检查项目,并确定其最低实施标准。

## 2.4 建立灌浆管理的有效机制

### 2.4.1 建立质量处罚制度

(1)灌浆施工过程中的习惯性违规已成为一种常态,所涉及到的深层原因多种多样且十分复杂。因此,由业主牵头制定整个项目的质量处罚制度十分必要。

(2)业主统一制定的《锦屏水电工程施工质量处罚实施细则》内容涵盖了施工单位和监理单位,从质量管理体系、现场考核、相关人员行为、主要工序施工违规等方面细化了其处罚措施和额度。

(3)监理工程师在实施细则的基础上,制定了各工序质量处罚制度并经业主同意后实施。这些质量处罚制度有利于理清施工中的问题、降低监理难度、和谐监理和施工的关系、震慑施工方的侥幸,为确保最终灌浆效果发挥了重要作用。

### 2.4.2 建立现场问题及时处理和协调机制

锦屏二级水电站灌浆由业主、设计灌浆专业工程师、监理和施工单位主要领导组成的灌浆管理工作组管理。具体工作包括:及时就灌浆问题和管理问题进行沟通;对发现的灌浆异常情况需进行方案或设计变更的及时进行协商并讨论初步方案,达成一致意见后形成书面正式文件,或提交

更高层面的专题会、咨询会确定。

工作组的现场问题及时处理机制对及时发现日常灌浆工作中的问题和改进管理、及时快速处理灌浆施工过程中的异常情况、超前预见重大灌浆问题并制定处理方案十分必要。

同时,根据协调事务的重要性及难易程度,建立作业层协调、现场管理层协调、施工单位碰头会协调、监理协调会协调、业主协调专题会协调等方式的现场协调机制。

### 2.4.3 建立灌浆培训动态管理和考核机制

灌浆施工及管理的培训工作贯穿于施工过程始终,涵盖机长、作业队长、技术员、质检员、片区生产及质量负责人等现场主要施工及管理人员。分为进场培训、专项技术培训和工序质量控制纠偏培训。

(1)进场培训:由于锦屏二级水电站灌浆规模大,作业队来源及构成复杂,对灌浆施工的认识不一,各作业队内部管理方法各异,进场培训的目的在于统一和强化质量意思、熟悉设计要求、熟悉监理工作方式、掌握各工序施工技术要求和质量标准以及资料形成和传递流程、契合各职能部门工作流程等。培训由施工单位编制培训大纲并组织实施,在施工过程中不断完善。

(2)专项技术培训:主要对于不能提前预料到且总会发生的普遍性问题进行培训。比较典型的有:钻爆法开挖强松弛区控制灌浆、富水洞段防止混凝土抬动破坏、灌浆孔涌水处理、横通道堵头灌浆等。专项技术培训是在技术交底基础上的深度扩展。

(3)工序质量控制纠偏培训:主要是对灌浆施工关键工序易发习惯性违规的纠偏,更有甚者,一个部位发生,其他部位照样发生。监理人员除按规定进行处罚外,还需及时召集相关技术管理人员和施工人员进行通报、学习,强调工序质量要求、阐明违规的可能后果、所要承担的责任等,最终起到统一标准、达到警示和提高质量意识的作用。

(4)不合格机组的清退:对于质量意识淡薄、不服从监理人员管理的灌浆机组,在多次整改无实质性提高、其继续施工必定会出现对工程质量、进度等带来重大不利的情况,理应与施工单位

业主领导充分沟通并达成共识的情况下果断对其予以清退。

(5)施工质检员的考核:

准入:监理对施工质检人员的学历、从业经历进行审核,再经培训考试,对合格者由监理发布书面批准其从事本项目质检员工作资格。

准出:一般由现场监理人员根据当月该质检员在工作中责任心、综合业务能力、质量问题出现次数、对监理指令的执行力度等进行综合判断,月末由施工单位申报,监理审核确定其是否具备继续从事质检员工作的资格。现场发现质检员严重失职造成返工处理、多次不执行监理指令、职业道德问题等情况,监理直接终止其质检员资格。

#### 2.4.4 严禁切块分包

业内灌浆施工工程切块分包的现象比较常见,本工程灌浆严禁切块分包,以利于不同作业队的管理标准统一、资源调配快捷,同时可以打消作业队通过弄虚作假不当获利的念头,最终确保灌浆质量。

#### 2.4.5 加强职业道德建设

参与灌浆工作的各方均存在职业道德建设问题,这也是一直难以解决的问题。为此,专门制定了以下几点要求:

(1)制定详细而严格的职业道德管理制度。

(2)监理灌浆主管人员必须挑选业务专业能力强、道德品质过硬、性格强硬、管理能力优秀的人员担任,要配备足够的业务骨干人员,使灌浆管理机构形成有正气、业务精准、管理高效的团队。

(3)在计量方式和计量管理上,要尽量控制人为可变因素,从源头上减少或消除施工单位可通过非法手段获利的机会和主观意愿;监理灌浆各管理层的授权应慎重和适度。

### 3 重大技术问题研究

#### 3.1 重视回填灌浆

在引水隧洞灌浆工程中,因种种原因,回填灌浆的质量容易被忽视。笔者认为:对于回填灌浆的质量应给予更高的关注,尤其在以下方面:严重超挖导致混凝土衬砌浇筑不饱满形成脱空时回填灌浆的分次回填质量控制;钢拱架未紧贴岩壁安装导致的与基岩的严重脱空,回填灌浆穿透支护面的工艺质量控制;混凝土衬砌存在低强、贯穿裂

缝、厚度不足等严重缺陷时的回填灌浆工艺控制;隧洞开挖岩面平整度差导致衬砌混凝土与岩面间连续性脱空,灌后的探测和补强;回填灌浆孔深控制、脱空检查、排气孔的设置等常规施工工序质量的严格监控等。

#### 3.2 岩溶处理

隧洞穿越碳酸岩地层时,隧洞沿线发育岩溶为常见现象。施工过程中若未查明或处置不当易造成安全质量事故,应引起足够的重视。

当隧洞穿越易形成溶蚀的地层,出现洞壁裂隙或钻孔明显出风、吸风;裂隙张开、宽度较大、无充填或少充填物、裂隙面可见溶蚀痕迹;隧洞浅埋、侧向埋深小,多处洞壁岩面发现小型溶蚀特征;隧洞深埋段发育有断层破碎带、涌水、洞壁可见溶蚀痕迹等现象时,均应引起高度重视,采取适当的补充勘探措施查明是否有溶洞及其发育情况。

补充勘探可与裸岩灌浆相结合,具体方法为:钻孔探测、孔内电视、地质CT、探洞等。岩溶发育情况探明后,根据设计要求采取:开挖回填、灌注高流态混凝土或砂浆、堵水灌浆、裸岩灌浆等方式处理,确保设计确定的防渗圈和结构受力圈内岩溶得以充填并满足设计要求。

#### 3.3 地下渗涌水的处理

长大引水隧洞穿越复杂地层时,地下渗涌水处理的重要性日渐突出。其处理往往占用工期长、施工难度大、投资费用高,且易发生难以达到预期处治效果而潜藏安全隐患的问题。其结果一般应满足三个方面的要求:为后续施工创造安全、良好的作业条件;满足隧洞长期运行的结构安全;满足隧洞渗控要求。对此,参建各方应予以高度重视。

地下渗涌水揭露后,需要对其进行详细的调查、统计和分析,必要时进行探孔、岩石CT、洞探等补充勘探,充分掌握地下水发育类型、规模及与隧洞的空间关系,以便进行处治方案决策。其处治应遵循“先治后衬”、“先探后治”、“综合治理”、“以堵为主”、“化难为易”等基本原则,综合运用引、排、截、堵等多种手段,充分利用堵水专用新材料及与之适配的工艺方法,分区域、分步骤逐步实施完成。

### 3.4 高外水压力条件下对衬砌结构的保护

在高外水压力条件下,外水渗透至混凝土与基岩结合部位时,若该结合面未完全充填密实易形成面荷载,遇混凝土缺陷承载力不足时易发生结构破坏,有效手段为设置系统排水减压孔,其关键参数为入岩孔深。根据锦屏二级水电站四条引水隧洞设置系统排水孔的效果看,仅在1#隧洞引(1)15+200附近发生了外水压力致混凝土开裂的情况,分析其原因为排水减压孔10 cm的入岩深度不足,未能穿透多层岩石结构面起到排水减压效果,重新布孔后将入岩深度调整为60 cm。

### 3.5 高地应力及围岩松动区固结灌浆措施

在高地应力区,隧洞开挖后地应力调整易形成洞壁围岩松散、坍塌,而在混凝土衬砌前,因喷锚层的存在难以对松散的岩体进行彻底清除。物探检测结果表明:锦屏二级水电站应力松弛区深度普遍在1.8~2.5 m之间,局部可达3 m。

在固结灌浆时,容易发生浆液沿喷射混凝土层与围岩松弛后的张开的结合面及松散岩块裂隙之间窜浆,从而导致混凝土衬砌结构承受面荷载引发抬动变形破坏。对此,锦屏二级水电站引水隧洞采取了有针对性的控制措施,即在固结灌浆开始前,灌浆单元内每仓混凝土内布设两排2 m深浅孔,采取低压力、低流量先对张开的裂隙及通道进行充填,效果明显。

## 4 灌浆质量检查方式研究

锦屏二级水电站灌浆质量检查。回填灌浆质量采用压浆法和雷达扫描两种方法检查,固结灌浆以压水试验和声波检测检查为主、钻孔取芯和孔内电视检查为辅的方式进行综合评价。

由于固结灌浆是采用系统的方法处理局部的隐藏围岩缺陷,因此,既使每个灌浆工序都严格按照规范和设计要求施工,仍难以避免局部缺陷未得到有效处理。而压水和声波检查是按灌浆孔数的一定比例抽样检查,样本检查结果对实际灌浆效果的评判不可避免地会存在偏差。因此,要使检查结果代表性更强,需要更高的样本比例。考虑到这些因素,同时考虑抽样检查结果的真实性,锦屏二级水电站通过多个层次检查来解决检查结果的代表性和真实性问题,其中压水检查包括:机组

自检、承包人内部第三方独立检查、监理检查、外部第三方独立检查;声波检测为外部第三方独立检查;岩芯取芯检查包括承包人和外部第三方取芯检查。

承包人内部第三方独立检查为锦屏二级水电站独有的检查方式,其作用在于:由独立于承包人项目部的第三方检查更能保证承包人自检结果的真实性;承包人内部第三方独立检查可以不占用灌浆机组人员,可以在灌浆过程中即介入质量检查,提早督促灌浆机组对不合格单元进行补灌,从而避免了在后期集中检查发现不合格而受充水节点目标所限导致的处理不彻底。

## 5 结语

锦屏二级水电站引水隧洞东端灌浆工程通过参建各方共同努力和运用成功的管理模式,确保了四条引水隧洞渗控指标满足要求,且提前计划节点目标成功充水。当然,在灌浆过程中所反复探讨的一些观点和看法,需要在今后的工作实际中加以进一步研究和验证。

(1)继续推动固结灌浆采用按灌浆延米计价以克服当前主要按灌入量吨位计价的弊端;继续研究采用按灌浆延米计价将会带来的新问题。

(2)继续研究隧洞固结灌浆质量检查采用声波检测的局限性及其经济性。

(3)采用多臂钻进行隧洞大规模固结灌浆钻孔的优势明显,但仍需继续进行提高其钻孔控制精度的研究。

(4)隧洞固结灌浆的抬动变形观测采用常规观测方式,受隧洞作业条件的影响其效果不佳,需进行采用电子仪器自动观测及报警的研究。

(5)隧洞固结灌浆较大坝基础固结灌浆和帷幕灌浆其作用和机理存在较大的差异,现有规范中的有关规定对隧洞固结灌浆而言并非最佳,如开灌比、分序、限量等的有关规定,建议在深入研究的基础上予以适当修订。

### 作者简介:

周华川(1971-),男,重庆长寿人,副总监理工程师,高级工程师,硕士,从事水利水电工程建设监理工作。

(责任编辑:李燕辉)