

水牛家水电站引水隧洞施工安全管理

王明友

四川华能涪江水电有限责任公司

摘要: 水牛家水电站引水隧洞安全施工管理中, 通过建立完善的安全管理体系, 制定详细的爆破管理措施、洞室安全预警、监测和处理措施、施工照明和施工用电的具体要求等, 实现了引水隧洞施工安全零事故的目标, 值得同行的借鉴。

关键词: 引水隧洞 安全管理 爆破 塌方 变形 施工照明 用电

一、前言

水牛家水电站是涪江支流火溪河梯级开发的龙头水库电站, 电站由碎石土心墙堆石坝(高108m)、引水隧洞、地下调压室系统、地下厂房系统等水工建筑物组成, 装机70MW。水牛家引水隧洞总长9530.334m, 地质条件极差, 其中薄层状软岩约占洞长的50%, 同时断层, 裂隙发育, 因此整个引水隧洞的施工安全工作尤为突出, 但经过参建各方的努力, 在三年多的施工建设中未发生一起安全事故, 施工安全得到有效的控制, 取得了可喜成绩, 安全管理方面的经验在水电工程地下洞室建设开发中值得同行的借鉴。

二、建立完善的安全管理体系

党和国家历来对安全问题十分重视, 特别是近期强调以人为本的理念, 明确提出在任何时候要把人的安全放在第一位, 因为涉及人的生命安全, 往往是无法补救的。因此, 水电建设管理必须坚持以人为本, 教育为先, 管理从严的思路, 贯彻落实“安全第一, 预防为主”的安全生产指导方针, 制定安全施工超前防范措施, 明确安全管理目标和责任。

水牛家水电站在开工前, 根据国家安全法规的相关规定, 以公司一把手为工程现场

安全第一责任人来建立安全管理体系。作为业主方，制定详细的安全管理制度，明确内部安全职责分工，并下发给施工、监理等各参建单位，与各参建单位签订安全责任书，同时制定了一系列安全生产检查、考核、评比、奖惩制度，做到责任明确，奖惩分明。涪江公司内部基建管理实行专责工程师制，因此除成立专门的安全管理机构并由专职人员管理外，每个标段的专责工程师同时必须管安全，每次到现场都要进行安全检查。在平时的管理中，公司组织各参建单位开展定期和不定期安全检查，查出问题立即整改，每次协调会、计划会都必须传达安全管理意识，解决施工中存在的安全问题。

监理、施工单位必须设立专门的安全管理部门，项目负责人为安全第一责任人，同时任命专职安全员进行管理。尤其是施工单位，必须在开工前制定详细的安全生产责任制度，特殊工种必须持证上岗，对引水隧洞各道施工工序都必须制定合理而详细的施工方法，施工技术、施工安全要点必须层层落实。如果出现安全责任事故，必须按国家安全法规的规定做到“四不放过”。

三、引水隧洞爆破安全管理

爆破安全管理是引水隧洞开挖安全最重要的一环，所有管理人员、爆破人员在进场前必须学习《爆破安全规程》、《中华人民共和国民用爆炸物品管理条例》。爆破作业人员的资格，爆破材料的供给、存放，钻爆的各道工序都到要制定严格的管理制度和操作方法。

1、爆破作业人员的资格管理

爆破作业人员必须取得“安全技术合格证”，并按照从业经验进行分工，水牛家引水隧洞中水十四局和中铁十二局两个施工单位的爆破作业人员具体分为爆破技术管理员、爆破工班长、爆破员。爆破技术管理员负责爆破的设计与检查、制定爆破安全技术措施、负责盲炮的处理技术措施并指导实施。爆破工班长带领爆破员进行爆破操作，监督爆破员对爆破器材的保管、搬运、使用和清退。爆破员在爆破班长的指导下工作，必须遵守安全规程和操作细则，检查并上报爆破面的情况。

2、爆破器材的供给、存放

爆破器材均由当地公安机关组织供给，存放地点必须符合《中华人民共和国民用爆炸物品管理条例》等安全法规的要求，并接受公安机关的审查与监督。

3、钻爆工序要求

水牛家引水隧洞施工采用钻爆法施工。首先根据围岩特点、爆破材料和钻孔设备进行爆破设计，主要作好炮孔布置、确定装药量、选择爆破方法及起爆次序等工作。然后根据爆破设计严格做好各钻爆工序，主要工序包括放样布点、成孔、装药、放炮、炮后检查与处理。

(1) **放样布点。**清理掌子面，根据爆破设计测出开挖轮廓线和炮孔位置，并用红油漆标明，对周边孔、掏槽孔等要分别进行技术交底和区别标识。

(2) **成孔。**成孔严格按照爆破设计要求施钻，禁止出现穿孔、交叉孔现象，孔向偏差达不到要求的，必须重新施钻，禁止在残孔中施钻。钻后必须将孔清洗净。

(3) **装药与放炮。**这道工序是钻爆安全中最为重要的工序，操作人员的服装、器具都必须符合安规要求。装药时要按照爆破设计规定的炸药品种、数量、位置进行，不得使用金属器械用力挤压或撞击，装好后用砂土混合物进行塞孔，尽量做到密实，但不能把雷管脚线或导爆索拉得过紧或损伤、弄断。完成装药后对爆破网络进行一次详细的检查，具备起爆条件并完成现场人员、设备的撤退后，按相关爆破规程规定发出起爆信号，最后由爆破员按规定点火。

(4) **放炮后的检查与处理。**待排烟达到标准后，爆破员必须进行现场检查，检查内容包括围岩稳定情况、有无哑炮、盲炮。如围岩稳定情况存在问题，必须根据具体情况进行清除或支护；如发生哑炮、盲炮，必须按爆破规程及爆破设计技术要求进行处理。

四、不稳定洞段的预警与处理

水牛家电站引水隧洞地质条件极差，地质构造复杂，裂隙发育，岩体破碎，岩性主要以薄层状泥质板岩为主，属软岩，部分为中等硬度岩石，无坚硬岩。因此围岩的掉块现象、塌方、软岩严重变形等情况都比较突出，施工安全问题极为严峻，但经过业主、

设计、监理和施工单位对各种问题的摸索与研究，顺利地实现了零事故的安全目标。

1、一般掉块现象的安全处理

此种不稳定岩块主要出现在Ⅲ类围岩的洞段，多为放炮后短时间内出现，在放炮后检查时就必须进行清除。但安全问题往往会出现在已经开挖有较长时间但还未来得及做永久喷锚洞段的掉块，为防止这种情况出现，对松弛较大的洞段先素喷砼 1~3cm，如果岩块变形或要掉落，可以明显地看到喷砼有裂缝，起到预警作用，以便及时清除。必要时打随机锚杆并挂网喷，水牛家电站对这种情况的处理几乎占Ⅲ类围岩洞段的 30%左右。

2、塌方的预警与处理

水牛家引水隧洞的大小塌方达数十次，除有几次对施工设备造成较轻微损失外，未造成人员伤亡和大的设备损失，其中有两次大型塌方的预警与处理尤为典型。

(1) 2#支洞下游桩号 3+097 处塌方

2006年1月1日12时桩号3+097处响炮后即进行出渣施工，至晚上20:30分左右隧洞顶部局部地方发生掉块现象，随即决定停止出渣进行素喷砼封闭，但封闭后的出渣过程中仍然继续掉块，随着时间的推移掉块变得频繁，经现场观察，判断可能会出现塌方，现场立即决定撤出施工人员及设备进行观察。观察过程中发现掉块现象加剧，同时左边墙起拱以上部位出现大量类似“泥石流”的碎屑状石渣涌出，随即掌子面发生大型塌方，塌方体将隧洞工作面全部封堵，部分支护好的钢模架及锚喷支护结构被压垮损坏，涌水淹没隧洞长度达400余米。施工单位在观察一段时间后决定出渣，但边出渣边继续塌方，随后采用管棚处理，但由于涌水较大，该方法也无法处理通过。最后公司组织施工单位、监理单位和设计单位进行仔细研究分析，决定采用以下方法进行处理：插入砼管在塌方空腔里浇筑砼安全帽，浇筑约500余 m^3 砼并待强后，在隧洞两个侧边边墙部位掏渣，预留中部塌渣，并在两侧边墙浇筑砼和支立钢结构来顶住砼安全帽，最后开挖中部预留塌渣。采用这种方法后，塌方得以控制，安全得到了最大限度的保证，塌方终于得以安全的通过。

(2) 3#支洞上游桩号 3+468 处塌方

2006年1月9日，当开挖至桩号3+468时，开挖面岩石变为粉状并向外逐层剥落，已支护的洞段也发生变形。经各方现场察看分析，认为这预示着将发生大塌方。果断地

将人和设备撤到安全洞段，不久就塌方封洞。根据塌渣已将塌穴封闭、塌方大且塌顶一直不稳定，但地下水涌出不算太大的实际情况，确定采用“注浆固结塌体，开挖穿过塌体，刚支撑强支护”的处理方案，即采用超前小导管沿开挖轮廓呈扇型对塌体进行注浆固结后，再采用人工风镐配合进行开挖清渣和支护作业，取得了很好的效果。

从以上两个大型塌方可以看出，隧洞塌方前均有一定的征兆，但我们在施工中必须对洞室的异常变化引起高度重视，设置专门的安全员在现场观察，出现异常立即报告，这样塌方的损失就能得到最大限度的降低，也使施工安全问题得到最有效的控制。

3、变形段的监测和施工安全处理

水牛家水电站引水隧洞桩号 0+000~4+072 段均为极软弱岩体，开挖后变形量较大，均采用钢结构进行支护。为保证施工安全，在开挖中一直进行变形监测，在 2006 年初，2#下游桩号 2+677.9~3+092 段监测资料发生异常，变形值突然加大，连续数天的测值都未出现收敛现象，如果不进行处理，整段洞室都将塌方并危及设备和人员的安全。公司立即组织参建各方进行专题研究，最后决定采用打自进式锚杆并进行灌浆加固，自进式锚杆间排距 1.5m×1.5m，局部间距采用 1.0m×1.0m。经过处理，变形得到控制，掌子面的施工安全也得到了保证。

通过以上事例我们可以看出，对软弱围岩洞室的施工，必须加强变形监测，通过对监测数据的分析，发现是否存在变形安全问题并及时进行处理，这样才能确保施工安全和工程的顺利进行。

五、施工照明、用电及其它安全管理

1、施工照明

引水隧洞的施工照明是极为重要的问题，保证良好的照明，可以改善洞室内的作业环境和提高作业效率，尤其能有效防止劳动灾害的发生。

水牛家水电站在洞室施工照明方面作出了严格要求，必须保证工作面有充足的照明，亮度要求在 70lx 以上。在公司的严格要求下，引水隧洞的施工照明引入了一套较为先进的灯具布置计算方法。该方法在规划照明时，要充分考虑隧道内的条件选定合适

的照明率、维修率，并用以下公式进行计算。计算式中的亮度是照明面积内的平均值。该公式为： $N = (E \cdot A) / (F \cdot U \cdot M)$ ，式中 N 为灯数、E 为所需亮度 (lx)、A 为照明面积 (m²，隧道宽度×灯间距)、F 为灯光束 (灯的照射距离，m)、U 为照明率或利用率 (衬砌段 U=0.5~0.3；未衬砌段 U=0.3~0.2)、M 为维修率 (一般 0.5~0.75)。在计算时同时也要考虑粉尘，水蒸气的影响。通过有效的照明设计和布置，洞内施工操作环境、道路交通环境得到了有效改善，避免了事故的发生。

2、施工用电

在引水隧洞的施工中，施工用电主要有两种安全问题。一种为漏电，分为人为原因，即操作不规范，施工人员安全意识淡薄，乱搭乱接，造成漏电；还有为自然原因，即线路老化，由于洞内施工时间长，洞内潮湿，使接头部分极易老化，从而造成漏电。第二种是施工负荷过大，用电时间长，线路荷载超常，极易损坏设备、危及人身安全。

水牛家电站通过加强施工人员的安全意识，经常对线路进行巡检，提高用电设备人员的专业素质，从而杜绝了施工用电安全事故的发生。

3、其它安全管理

引水隧洞的施工安全管理中，还要涉及设备的安全、道路交通安全、坠落等一系列安全问题。只有加强施工人员的安全意识培训，设置专人在现场指挥，加强设备维护、加强道路维修等，才能有效控制安全事故的发生。

六、结束语

水电建设进入了蓬勃发展的阶段，是值得欣喜的现象，但同时也带来了新的挑战。如何在新形势下搞好安全管理工作是我们水电建设工作者需要正视和研究的重要课题，决不能忽视安全管理工作，决不能出现重大安全事故。安全无小事，只有不断地提高人们的安全观念，坚持贯彻“安全第一，预防为主”的方针，狠抓不懈，在施工中制定详细的施工技术措施和安全技术措施，才能保证工程建设的顺利进行。