

金波河水电站引水系统工程施工

谢 北 成

(国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司, 四川 成都 610072)

摘 要: 结合金波河水电站引水系统工程施工情况, 介绍了软岩成洞条件下工程施工中经常面对的一些问题及处理方法。

关键词: 金波河水电站; 软岩; 引水系统; 地下前池; 施工

中图分类号: TV 732

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(1999)-03-0038-04

1 前 言

1993 年 5 月, 我公司中标承建金波河电站首部枢纽和引水系统(引水隧洞、地下前池)工程。该工程情况简述如下:

电站位于四川省汶川县境内草坡河支流金波河上, 坝址距草坡河口 15 km, 距汶川县城 43 km。该电站为低坝引水径流式电站, 由首部枢纽、引水系统、发电厂房等建筑物组成。引水系统工程全长 4 283.55 m, 为控制性工程, 断面为城门洞形, 洞身围岩为 IV~V 类软岩, 地下水洞段占洞线全长的 70%~80%, 成洞条件极差。工程于 1993 年 8 月 1 日正式开工, 1995 年底全部竣工。

在引水系统工程施工中, 遇到的工程技术难题不少, 但由于我公司的积极努力, 采用了光面爆破、喷锚支护、管棚法、钢支撑法等诸多施工手段, 难点均一一得到了克服, 在成洞条件差, 资金到位率低等不利因素影响下, 基本上保证了工程进度, 工程质量良好。自 1995 年底至今, 运行情况一直良好。

该工程施工中所涉及的一些问题, 在软岩成洞工程中带有一定的共性, 为总结经验, 特将我公司在该工程中所取得的一些成果写出, 供类似的工程施工作为借鉴, 亦对在软岩中修建地下洞室的勘测、设计、施工同样具有一定的参考意义。

2 引水系统工程施工环境

2.1 地质条件

金波河位于龙门山深谷区, 相对高差达 1 000 m 以上, 引水系统布置在金波河左岸, 顺河走向, 沿线 70%~80% 为绢云母千枚岩, 夹有少量石英千枚

岩、炭质千枚岩, 软硬相间。岩层走向顺河, 倾向山内, 千枚片理发育, 由于受东西向构造活动影响, 岩层挤压破碎严重, 遇水极易软化。洞线与岩层走向交角小于 30°, 不利于成洞。

3 号支洞以上洞段, 地下水极丰富, 裂隙水随开挖掌子面推进而渗入洞内。3 号支洞以下洞段, 地下水埋深较低, 对工程影响不大; 2 号支洞至 1 号支洞之间, 地下水 SO_4^{2-} 离子含量超标, 对普通混凝土有侵蚀作用。位于出口的地下前池工程岩体, 由于构造和卸荷作用, 岩体同样极为破碎, 呈散体状。

按国标 GBJ86-85 围岩分类表划分, 绝大多数围岩应属不稳定的 IV~V 类围岩。成洞条件极差。

2.2 施工布置

由于该电站所处地理位置原因, 公路是其唯一的对外交通要道, 在草坡河口有 213 国道通过, 草坡河口至电站闸首为等外级公路, 长约 15 km, 为单行线, 在金波河左岸贯穿整个施工区。公路至各支洞口交通由我司进场后自行修筑便道相连, 相对高差为 200 m。

通过进度分析, 引水系统工程为本电站工期控制性项目, 根据地形、地质条件, 结合工期要求, 共设置了 5 条施工支洞。见图 1。

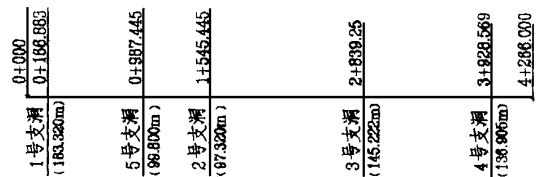


图 1 施工支洞布置图

引水隧洞洞型为城门洞型, 断面面积 6~9 m² 不等, 地下前池断面面积为 50 m²。

3 引水系统工程施工

3.1 施工方案的确定

收稿日期: 1999-06-16

该工程由于工作面狭窄,不具备平行作业条件,为保证工程工期和工序衔接合理,初步确定先开挖贯通后衬砌的施工方 案。而该工程围岩条件极差,因此,开挖工作作为整个工程的控制工序。

3 2 开挖

该工程由于交通受限,工作面多且战线长,隧洞断面小,各作业面开挖深度较大,所以施工重点是解决运输、通风和光面爆破效果。

3 2 1 光面爆破实施

3 2 1 1 爆破参数选择

洞挖采用光爆法一次成形,考虑其特殊的施工地质条件,选择配备一定数量的电钻和风钻,初选爆破参数如表 1。

表 1 爆破参数表

炮孔名称	孔径 /mm	孔数 /个	药卷直径 /mm	孔数×孔深 /m	装药 系数	装药量/kg	
						单孔	小计
掏槽孔	40	6	Φ32	6×1.7	0.7	0.6	3.6
辅助孔	40	6	Φ32	6×1.5	0.5	0.375	1.25
顶拱周边孔	40	9	Φ20	9×1.5		0.15	1.35
边墙周边孔	40	8	Φ20	8×1.5		0.15	1.20
底孔		6	Φ20	6×1.5		0.18	1.08
共 计		35		43.7			8.38

3 2 1 2 实施

炮眼布置见图 2。

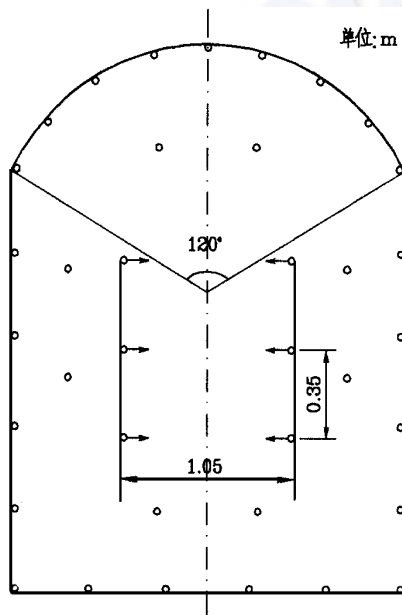


表 2 炮眼布置图

起爆顺序为: I 序为掏槽孔; II 序为辅助孔; III 序为周边孔; IV 序为底孔。

具体操作为:

掏槽孔 6 个为楔形孔,倾角 70°;左右孔间距

为 1.0~1.2m,上下孔间距 0.3~0.5m;

顶部周边孔采用间断装药;

炮孔用混合炮泥堵塞;

炮孔保证准、直、齐、平;

采用非电毫秒雷管起爆;

漏水严重地段,采用乳化炸药。岩石松软破碎带,不打周边孔,仅打掏槽孔及辅助孔。

3 2 1 3 效果

按以上参数具体操作后,在相当长施工段,洞挖后成形好,少塌方,在 1 号支洞以前洞段、3 号支洞洞段、4 号支洞洞段开挖后洞形规整,超欠挖均在控制范围内,不存在爆破原因引起的塌方。

3 2 2 通风与装岩运输

3 2 2 1 方案确定

由于洞线作业面离洞口较远(参见支洞布置图),相对而言,洞内爆破后通风排尘作业时间,直接对开挖速度造成影响,故初拟在离洞口每 150m 左右设 11kW 和 5.5kW 风机相配合作混合式抽排风,风筒悬挂于洞顶。装岩运输由于受作业面狭窄制约,优先采用人力配合矿斗车运渣。每 150m 设一错车道叉。

3 2 2 2 实施

通风降尘作业按设计的混合式抽排风实施,分别在主洞与支洞交叉口以及在主洞内每 100~150m 设置一风机,风筒悬挂于侧墙顶。

装岩运输作业在进入主洞后发现,3 号支洞以前洞段因地下水渗漏严重,造成人员进洞作业效率低,运输速度减慢,且人员感冒频繁,在支洞工作的职工曾一度有 90% 病重减员。为减少运输作业强度,后在 3 号支洞以上洞段各支洞改用小四轮运输,人工装渣。4 号支洞按人工配合斗车运输方式出渣。

3 2 2 3 效果

2 号支洞~3 号支洞间,由于渗水严重,地下水成涌泉淋水状随掌子面跟进,实际上起到了降尘的目的,该段排烟时间相对减少。4 号支洞以后的地下前池,采用先导洞贯通后,池身大面积开挖时未进行通风排尘作业。其余洞段通风排尘达到了预期目的。

3 3 临时支护

由于洞线围岩为绢云母石英千枚岩、炭质千枚岩,3 号支洞以前洞段地下水渗漏严重,岩层遇水后即软化成泥。在开挖出渣后,均采用锚杆喷混凝土封闭岩面,以防止围岩吸潮软化,并控制有害松动变形,维持围岩自身的稳定。由于围岩松散破碎,自稳能力极差,经扰动和地下水的联合作用,许多地段根本未能具备采取措施的条件,顶拱已发生垮塌,所以

只好采用特殊手段进行有效支护。

3.4 衬砌

比较而言,该工程衬砌施工技术难题较少。受设计衬砌厚度控制,一般衬砌厚度 30 cm 以下为素混凝土,围岩条件较差部分为钢筋混凝土衬砌。钢筋加工在各支洞口设置加工厂,加工成型后运输至洞内安装就位,严格按规范实施。由于工序控制较严,钢筋绑扎成型后检测均能一次验收合格。混凝土浇筑采用洞口设置拌和系统,运输混凝土拌和物至作业面,人工入仓、平仓、振捣,浇筑质量均满足要求。

4 不良地质地段施工

4.1 塌方

在金波河水电站引水隧洞中,特别是受地下水渗漏影响施工洞段,围岩极易软化成泥,如支护不及时或喷锚支护不当,围岩变形恶化了结构受力条件时,则极易发生塌方和岩面外鼓、掉块及塌落。施工中,小塌方不断,大塌方经常出现。发生了几次喷锚支护后,离作业掌子面后几十米,由于受爆破冲击波影响和渗漏水的联合作用,曾导致洞顶再次塌方的事故。如:

(1) 1+577~1+581 段,1993 年 10 月塌方,造成施工受阻达半月之久,塌方量约 150 m^3 。发生塌方原因为:该处正位于山簸箕沟沟底,上覆厚度不足 10 m (其中 2 m 覆盖层);喷锚支护未能见效,时间不长,喷混凝土即开裂,加之地下水渗漏强烈,致使塌方高度达 2 倍洞径,拟采用水泥灌浆固结后再掘进,因分析其效果受地下水流动影响不可能见效,后采用地质钻杆形成顶拱管棚,强行出渣空出掌子面,高强度混凝土喷护封闭岩面,后加浆砌石衬砌后通过。

(2) 1 号支洞~2 号支洞之间,由于岩体松散,地下水渗漏严重,连续多处塌方,影响整个隧洞开挖进度。发生塌方原因为:地下水渗漏严重,岩体极易软化成泥;地下水中 SO_4^{2-} 离子超标,侵蚀普通混凝土,致使喷混凝土效果不佳(无抗硫酸盐水泥);隧洞埋深大,山岩压力极大,成洞后侧向洞面岩体鼓出后坍塌。施工中,采用边开挖边钢支撑支护,配合锚杆高强度混凝土挂网喷护,局部垮塌严重部位直接用钢支撑加混凝土(或浆砌石)进行一次衬砌后再掘进等方法,效果很好。

4.2 地下前池施工

地下前池位于引水系统末端,山体受龙潭沟和金波河成“人”字形切割,由于卸荷作用影响,围岩相

当松散破碎,该段开挖成洞断面 50 多 m^2 ($9\text{ m} \times 6\text{ m}$),使施工成洞条件更加困难。

为慎重起见,考虑到假若前池山体发生塌方,将直接威胁管道和厂房的安全,甚至导致整个“人”字形山头的边坡失稳,故采用了沿引水隧洞底板高程由 4 号支洞向下游方向先开挖 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 导洞,这样可以解决地下前池开挖的通风问题,另外还可以探明地下前池围岩岩体质量情况。事实证明,该方案的实施,可防止一次成洞可能带来的一系列弊病。导洞打通后,又采用了先拱后墙法开挖地下前池。由于岩体成散体结构,根本不能使用爆破法,故首先使用人工扩挖地下前池顶拱至设计断面,随即用 20 号工字钢支撑(不占设计断面)支护,钢支撑支座设在设计断面以外的另一横卧 20 号工字钢梁上,钢支撑顶用 5 mm 钢板覆盖,其上空穴处用块石回填塞满,以保证钢支撑与围岩的紧密结合。在全部顶拱形成后,再开挖下部矩形断面直至成形。矩形断面开挖时,先人工掏槽埋 20 号工字钢支柱,将横卧的工字钢梁连成整体,以保证钢拱架受力传递至基面,保持其整体稳定,然后将钢支撑一同浇筑入前池钢筋混凝土中。

5 问题探讨

5.1 围岩软化问题

金波河水电站引水系统工程,沿线岩性为绢云母千枚岩、石英千枚岩、炭质千枚岩,遇水极易软化,围岩塑性流变改变了支承结构的受力状态,恶化了结构受力条件。施工期地下水渗漏引起围岩的软化,给施工增大难度,但加强支护,增加投资是可以解决的。而运行期,岩体的物理力学性能是否会进一步恶化,应深入进行进一步的探讨。

5.2 洞线走向问题

金波河水电站引水系统工程岩层走向同洞线走向夹角小于 30° ;从而导致主洞开挖中塌方及洞内围岩变形破坏事故不断,增加了施工中的难度。而在支洞开挖中,处在同样的地质条件,同样的地下水,在洞线与岩层走向接近正交的条件下,成洞相对而言则容易得多。这说明,在千枚岩类似的薄层状软岩中,洞线走向的选择是保证施工质量和工程运行安全的重要条件。

5.3 地下洞室油动机机械污染问题

随着施工中机械化程度的提高,地下洞室油动机机械使用越来越多。在金波河隧洞施工中,为加快出渣进度,采用了小四轮拖拉机进洞作业。由于洞壁地下水渗漏严重,对其在岩面形成油污染而影响混凝

土与岩面的结合力可能性不大,加之,在柴油中掺入了足量的防污剂,应该说采取的措施和手段足以防止污染。但是,油污绝对不污染显然是不可能的,而真正的影响程度到底有多大,则是一个值得深入探讨的问题。

6 结束语

(上接第 37 页)

硬完整,前池管道基岩出露,并高出建基面。

以此为依据,会同原设计单位多次商讨,确定进行优化设计。

1989 年 8 月,甘孜州水电局设计队和成都水利水电建设工程公司联合进行的优化设计上报州计经委、水电局审查,同年 9 月 15 日州计经委、水电局联合下文以州水电基(89)第 128 号文批复同意优化设计方案。

2.2 优化方案的要点

(1) 进水口位置上移 70 m 至地形条件较好位置,整体置于开挖后花岗岩基岩上。

(2) 改暗渠、明渠为全隧洞引水,洞线沿九龙河右岸,围岩为完整坚硬的花岗岩,改混凝土衬砌为喷混凝土施工。

(3) 取消沉沙池,设置截沙槽。

(4) 改一大一小两根钢管供水为一根钢管联合供水。

3 施工

3.1 主要方法

本工程主要以人力施工为主,配以适量的机具作业。一般石方均采用人工风钻打眼、放炮。

(1) 土石方开挖采用 $Q 6 m^3$ 挖掘机, $1.6 m^3$ 装载机辅以人力开挖,自卸汽车运弃废渣,遇大孤石及石方采用爆破作业。

(2) 隧洞开挖采用光面爆破不偶合间断装药实施,成形规矩。

(3) 混凝土工程采用 $Q 35 m^3$ 搅拌机,配以人力胶轮车运输,人工平仓振捣。

3.2 施工中发现设计及设计修改

(1) 在二期围堰开挖时发现建基面存在较厚沙层,我公司派专人去康定汇报请示,后将分离式冲沙

金波河引水系统工程本身并没有什么惊人之处,4 km 长的隧洞也到处可见,而该工程中所使用的手段和措施则出乎意料的多。在恶劣的围岩条件下,仍然能保证施工质量的确可贵。这些经验的取得,为以后类似工程的施工奠定了坚实的基础。

作者简介:

谢北成,男,国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司,副总工程师,工程师,学士

闸改为整体式冲沙闸,由业主委托电力工业部成都院进行设计。

(2) 前池开挖过程中,发现基岩面与原提供的地质图不符,我公司经补充勘探后确认,基岩面低于原设计高程,进行修改设计。

4 效果

(1) 优化设计方案的实施,将随时受洪水、山体崩塌威胁的明、暗渠改为隧洞,保证了引水系统运行安全,减少了运行管理的难度。

(2) 进水口位置的改动,使石门坎水电站运行中的进水口门前清达到了预期效果。

(3) 运用成都院的科研成果——截沙槽用于电站,取消了沉沙池,节省了大笔投资。

(4) 隧洞开挖采用光面爆破,半孔率达 90%,成洞质量效果显著。

总体而言,电站施工质量在 1996 年的整体最终验收中,评定为优良,其中的优化设计工作为工程质量优良打下了基础。工程自 1991 年运行至今,一切正常。

5 结语

在石门坎水电站工程招标投标及施工过程中,我公司充分发挥了设计院的总体优势,从设计优化到施工中发现问题的,立即向建设单位反映和建议,既不影响施工,又保证了质量和进度。实践证明,施工过程中充分利用设计院的技术优势,有利于保证工程质量、加快进度、节约投资。

作者简介:

谢北成,男,国家电力公司成都院成都水利水电建设工程公司,副总工程师,工程师,学士