

大桥水电站调压井井壁悬挂混凝土的施工

车水清

(中国水利水电第十工程局, 四川都江堰, 611830)

摘要 介绍了在地下工程施工中,基础为塌方后还在继续沉陷的特厚松散堆渣,在没有承载能力时,堆渣线以上竖直井壁结构衬砌浇筑的施工技术。这种技术是大桥水库工程调压井在井外大塌方后采用的多项处理措施之一。

关键词 基础无承载力 竖直井壁 混凝土悬挂施工技术

1 前言

大桥水库调压井于1997年4月16日发生井外大塌方事故。事故发生后,在四川省水电厅、凉山州等各级有关部门的关心支持下,经总公司(业主)、设代组、监理工程师、施工单位多次磋商,制定了《大桥水库工程调压井塌方处理施工方案》(编号:调复(技)-01-02”(以下简称《方案》),并经水电厅行业小组批复后实施。该《方案》采取了系统、合理、先进的施工技术,对调压井井外大塌方事故进行恢复处理,至本文截稿止,调压井本次塌方事故的恢复处理已基本完成,达到了预期的目的。井外大塌方事故后的工程恢复方案包括对已浇筑结构内1m厚混凝土井壁(▽2037.5~▽1998.0m)的稳定;井外塌坑(▽2037.5~▽2015.5m)的填筑(▽2015.5~▽2024.0m);井内塌腔(▽1998.0m以下)的填筑;井外山坡(已发生变形)的稳定;井壁外松散体的固结处理;井外穿向井内之剪切口松散体止渣(▽2015.5~▽1975.0m)灌浆处理;井壁结构内1m厚混凝土继续向下支护到底(原设计支护至▽1995.0m);井内塌渣(1.6万m³)的开挖运输;地质情况的勘探复查;结构的重新复核计算等系统技术措施。其采取的一系列技术措施方案,由于篇幅的关系,本文不能一一作介绍,仅对调压井塌方事故后恢复方案之中的内侧井壁支护所采取的施工技术作如下介绍。

根据“调压井事故恢复小组”指示,调压井《方案》由施工单位提出,经业主、设代组、监理工程师、施工单位研究审查后交水电厅审批备案(作者执笔设计了《方案》中的部份施工技术措施),经过业主、设代组、监理工程师、施工单位的多次磋商,批准和确定了《方案》。并由本文作者付诸实施,经过实践证明,该《方案》是可行的,所采用基础无承载能力的

锚杆悬挂法施工技术,在调压井井壁混凝土的施工应用中取得了成功,经测试,结构安全稳定,无任何变形,达到了预期的效果和目的。

2 工程概况

大桥水库工程位于西昌市冕宁县大桥镇惠安乡境内,安宁河右侧,调压井位于安宁河与樟木沟交汇带的山坡平台上,距县城约4km。工程所处地区为川滇径向构造带之安宁河断裂带的北段,岩性复杂,西昌地区地质的复杂程度和复杂性有“地质博物馆”之称。

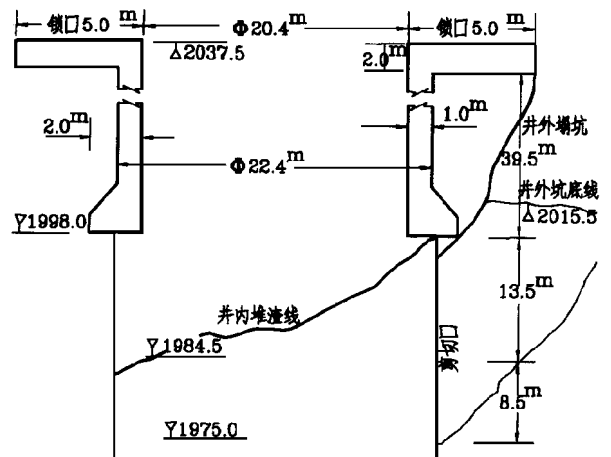


图1 调压井塌方事故示意图

大桥电站是大桥水库工程的发电配套工程,调压井是该水库工程中最艰巨的项目之一。调压井设计为差动式,外径 $\varnothing=22.4\text{m}$,内径 $\varnothing=18.0\text{m}$,内设闸门井和通气孔,井口高程2037.5m,井底高程1944.3m,井深达93.2m,设计开挖尺寸 $\varnothing=22.4\text{m}$,其规格尺寸在国内和亚洲地区均列为最大的井之一。

3 悬挂式施工方案的形成和施工条件

塌方前,井内开挖和支护工作进行至1 959.0 m高程,其中:结构内1 m厚混凝土支护至 $\nabla 2\ 037.5 \sim \nabla 1\ 998.0$ m,井壁结构外挂 $\Phi 8@20$ 双钢筋网喷200号混凝土支护 $\nabla 1\ 998.0 \sim \nabla 1\ 959.0$ m。

这次发生的调压井井外大塌方事故,造成井外靠安宁河侧形成一个 $42\text{ m} \times 20\text{ m} \times 22\text{ m}$ (长 \times 宽 \times 深)的大坑,靠安宁河侧 $\nabla 2\ 037.5 \sim \nabla 1\ 975.0$ m井壁外围岩和上游的部份山体在不到半个小时全部涌入井内,塌方工程量约 $16\ 000\text{ m}^3$,塌方事故情况见图1。调压井靠山坡内侧的井壁围岩由于埋深深度大,下风化程度界限低,围岩岩性相对较好,所以这次调压井井外大塌方事故对靠山体内侧井壁围岩造成的影响不大,井壁围岩基本保持完好。

3.1 最先施工该部份井壁混凝土的必要性

由于调压井井外塌方后,涌入井内的松散塌渣在井内形成约45°的斜面,在调压井井内靠山体内侧,堆渣线最低高程为1 984.5 m,堆渣线距已衬砌结构混凝土井壁垂直高差达13.5 m,根据《方案》要求,应首先对该部份结构内1 m厚混凝土井壁进行衬砌支护,将靠安宁河侧剪切口部份堆渣翻于内侧逐渐向下形成井筒后,再从调压井底部控制出渣,才能利于下一步方案的实施,确保工程安全。

3.2 课题的提出

由于井内塌渣为松散体,底部基础无承载能力,如将井内松渣作为承载基础考虑,施工时随着时间推延和施工荷载的增加,必定会引起结构变形,甚至会造成该结构部份混凝土有倾覆的可能,造成再次发生事故的危險,这就给施工组织措施方案提出了一个课题:如何采取切实可行的技术措施,保质量、保安全、保工期,顺利完成该部份工程。经过比较,确定采用井壁锚杆悬挂技术进行结构混凝土施工。

4 井壁锚杆悬挂施工方案的设计

4.1 在设计井壁锚杆悬挂技术方案时的条件分析

4.1.1 施工中不利的条件和因素

要求衬砌浇筑的1 m厚混凝土为2.2 m厚永久结构的一部份,要求施工时和施工后都必须保证结构不能有变形。由于涌入井内的塌渣多为井外靠安宁河侧全风化层和靠外侧山体的覆盖层,全部为松散体,该部份涌入井内的松散塌渣肯定要渐渐沉陷,如将涌入井内的松散塌渣作为承载基础,则无承

载能力,不能将此松散井渣作为承重基础考虑。

调压井的井壁为垂直立面,根据施工需要又必须采取自下而上的施工方法,不能同1 998.0 m高程以上的已衬砌1 m厚结构内混凝土形成整体,上部结构不能形成承受该部份混凝土重力的条件。

对称于本施工区之塌孔部位被塌渣堆积,而在塌方事故未逐步向下处理前,井筒还不能形成,不能形成整圈受力的条件。由于在井外塌方事故发生前,井内的垂直开挖采取的的施工方法为边开挖边挂网喷锚支护,井壁相对比较光滑,要浇筑的本结构混凝土同井壁的嵌入剪力和摩擦力很小,可忽略不计。

4.1.2 施工中有利的条件和因素

本次要衬砌浇筑的1 m厚结构内混凝土的垂直高差不大,仅13.5 m,初步确定分为三层进行施工,每层的施工荷载可由下部承载一部份。本次要衬砌浇筑的1 m厚结构内混凝土平均为调压井的半圆,弧长最大约为35 m,角度为最大约 210° ;可分块进行施工。当与1 998.0 m高程以上的已衬砌1 m厚结构内混凝土形成整体后,结构设计中的 $\Phi 36@12.5$ 横纵向钢筋以及初期支护措施中的 $\Phi 25@40$ 横纵向钢筋即可开始受力,此时该项工作即告完成。

4.2 施工技术方案的設計

靠山侧的施工区井壁围岩相对较好,已挂网喷混凝土支护的井壁基本保持完好,可采取措施利用较为完好的井壁承受本次要衬砌浇筑的1 m厚结构内混凝土的重力和水平倾覆力。

在井壁布置相应数量的锚杆,由锚杆承受井壁混凝土的重力和倾覆力,保证衬砌的混凝土结构井壁安全稳定。在调压井井壁布置锚杆的方案,通过锚杆将本次施工的结构内1 m厚混凝土的重力和水平倾覆力传递给井壁围岩,经过计算,布置锚杆于井壁来悬挂结构混凝土的方法能满足施工中和施工后的结构受力要求。悬挂施工技术方法见图2。

4.3 锚杆设计计算如下

4.3.1 条件假定和参数假设如下

浇筑第一段混凝土时,其底部为松散塌渣,底模可支撑其上但不计算承载能力(实际有一定承载能力,为了确保安全,忽略不计)。浇筑第二段混凝土和浇筑第三段混凝土时,其作用在下一段已浇筑结构混凝土的重力为该段全部结构自重的30%,所以在设计计算锚杆的受力时,第一段结构内的锚杆受力为最大,只要此段内锚杆能承受自身结构重力和上部结构自重的30%,则全部锚杆设计能满足要求。所布置的锚杆在开始浇筑施工一定时间后开始受力,握裹力渐渐达到设计要求(提出操作要求,在施

工技术上得到保证)。

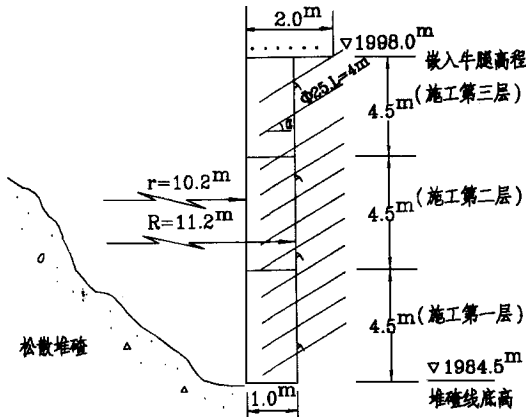


图2 悬挂施工方法示意图

锚杆布置: 锚杆布置为斜向, 水平夹角 α 为 60° 梅花型布置, 间、排距均为 1 m; 锚杆直径 $\Phi 25$; 深入围岩 4 m。在计算结构混凝土厚度时, 另计入井壁有可能的超挖厚度平均为 0.2 m, 实际按 1.2 m 厚度计算。根据以上假定的参数, 如下部第一段内的锚杆能够满足承载要求, 其余即按此布置, 则锚杆悬挂法施工技术可在工程中应用。

4.3.2 锚杆受力的分析计算

根据以上的初步假定参数, 在实际计算时为了计算方便, 取竖向 1 m 宽进行校核, 则每 m^2 内有锚杆 1 根, 如每段施工 4.5 m 高时, 在 1 m 宽内至少有 4 根锚杆受力, 受力计算如下:

(1) 1 m 宽混凝土重力(计入上段混凝土作用在上的重力 30%):

$$G = K_1 \cdot \delta \cdot H \cdot \rho = 1.3 \times 1.2 \times 5.0 \times 2.5 = 19.5 \text{ (tf)} = 195000 \text{ (N)}$$

式中 G ——为混凝土重力;

K_1 ——为施工上段混凝土时作用在此段的重力系数;

δ ——为井壁厚度 1.2 m (已计入超挖值);

H ——为一次施工的最大高度, 最大 5.0 m;

ρ ——为混凝土密度 2.5 t/m^3 。

(2) 混凝土重力 G 作用在每根锚杆上的重力:

$$G_1 = G/n = 19.5/4 = 4.875 \text{ (tf)} = 47807 \text{ (N)}$$

式中 G_1 ——为单根锚杆受力;

n ——为 1 m 宽, 5 m 高内的最少锚杆根数。

(3) 锚杆抗剪力计算:

$$\tau = G_1/A = 47807/490 = 97.6 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

τ [τ] 能满足要求;

式中 A ——为锚杆面积 $= \pi \cdot R \cdot R = \pi \times 12.5 \times 12.5 = 490 \text{ (mm}^2\text{)}$

[τ] ——为钢筋抗剪强度设计值 $= 210 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

(4) 锚杆抗拉强度计算:

$$f_1 = G_1 \times \sin \alpha = 47807 \times \sin 60^\circ = 41402 \text{ (N)}$$

$$\sigma = f_1/A = 41402/490 = 84.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

σ [σ] 且 f_1 F 能满足要求;

式中 f_1 ——为锚杆轴线拉力;

α ——为锚杆设计角度 $= 60^\circ$;

[σ] 为钢筋设计抗拉强度值 $= 210 \text{ (N/mm}^2\text{)}$;

F ——为锚杆抗拔力的施工要求, $F = 10 \text{ t}$ 。

(5) 结构抗倾覆校核:

锚杆抗拉设计值的水平分力:

$$f_2 = F \cdot \cos \alpha = 98066 \times \cos 60^\circ$$

$$= 49033 \text{ (N)} = 5 \text{ (tf)}$$

每米宽度能抵抗的倾覆力矩为: $M = 5 \times 1 + 5 \times 2 + 5 \times 3 + 5 \times 4 = 50 \text{ (tf} \cdot \text{m)}$

每块施工的混凝土块号均大于 1 m, 且为圆拱形, 其稳定性比式中计算的稳定性和抗倾覆性还要高, 能满足要求。

5 悬挂施工技术参数的主要参数确定

经过以上设计计算, 确定主要技术参数如下:

(1) 在垂直向分为三层进行施工, 顺序为从下而上, 每次衬砌高度平均为 4.5 m, 最高不超过 5.0 m。

(2) 在水平向进行分块施工作业, 下层分两块, 第二层分 3 块, 上层分 3~4 块。

(3) 锚杆施工时采用药卷锚杆或注浆锚杆均可, 要求单根锚杆的抗拔力 $F = 10 \text{ t}$; 造孔采用圆盘钻施工, 孔径 $\Phi 22$ 。

(4) 锚杆布置: 锚杆布置为斜向, 水平夹角 α 为 60° 梅花型布置, 间、排距均为 1 m, 锚杆直径 $\Phi 25$, 深入围岩 4 m。

6 施工中应注意的问题

(1) 锚杆的抗拔力必须保证达到设计值, 在施工中应特别注意质量, 我们通过抽检, 其抗拔力均大于 10 tf, 超过设计值。

(2) 施工时控制浇筑速度, 下部入仓的混凝土基本初凝与锚杆达到设计握裹力后, 再继续逐渐入仓浇筑, 防止底模或下部已浇的结构混凝土被破坏。

(3) 分层作业时, 必须待下层混凝土达到设计强度值的 70% 后, 再进行上一层的施工作业。

(4) 在浇筑施工时, 应对施工部位加强观测控制, 如有不良现象要随时纠正。 (下转第 71 页)

笔费用性质理解不明,不清楚这是在今后工程价款中扣还,不需单独偿还的一笔无息费用,从而白白丢掉了资金来源,加大了自身的前期贷款数额。错误理解工程价款结算时间。标书上规定每次工程结算拨款到位时间不超过 90 d,承包商即误认为到位时间不超过 90 d,其实,90 d 这个时间是从月证书被监理工程师认可后算起的。月证书报监理工程师审核认可的这段时间不包括在 90 d 以内。如包括这段时间,从证书上报到拨款到位需要将近 4 个月时间,这也就是说,一月份干的工程,五月底才能拿到钱,其中四个多月的费用要全部自己垫支,干的越多,垫支的资金也就越多,四个月才能循环过来,这是承包商没有料到的问题。

由于资金管理上的失误,再加上土石方比例预测失误,设备购置选型失误以及工程规模日益扩大,物资材料采购集中。各种问题叠加起来都集中反映在资金上,逐渐形成了入不敷出的恶性循环。承包商自筹和贷款 2 000 多万美元,约为合同金额的 30% 投入到该项目,仍不能使工程施工正常运转。这是导致承包失败的关键一环。

第五,管理体制失误

该项目的管理体制为国内管委会(决策机构),项目总经理部(现场执行)和分项工程经理部(现场施工单位)。管委会派有驻国外现场的代表,直接监督领导项目经理部。一切重

大问题,50 000 元以上的开支,都要请示现场代表,报国内管委会决定。真正是决策的不执行,执行的不决策。同时,国外急需人员,国内否定、更换、长期不到;国内选配决定人员,国外事先不知,国内两家选派人员,国外按两家安排人员,使一些不需要的人员都到了国外工地。这种远距离操纵,多头指挥造成内部思想复杂、人心不齐,从而大大降低了现场生产工作效率。

该电站承包合同的失败,原因虽然是多方面的,但其重要的教训在于低价标中标之后,完全忽略了对竞争与风险的研究,对几个重大失误形成的潜伏风险,没能及时很好的认识与解决。在潜伏风险日益暴露突出的情况下,仍一味地强调客观因素,而不是从主观上找原因,组织动员群众认真进行风险分析评估,采取积极果断有力地减少风险的措施。我们虽说是劳务支援,但也应从该电站承包建设中吸取经验教训,认真研究正反两方面的经验,把国际工程投标承包的投标前、投标中、中标后的工作做扎实,建立起竞争与风险分析研究评估制度,从而在今后的竞争与风险中闯出一条道路,大步走出国门,走向世界投标竞争的大市场。

作者简介
陈治黄 男 中国水利水电第十工程局外经处 助理经济师
(收稿日期:1998-06-18)

(上接第 11 页)

但下一步工作不容乐观。南累克项目施工分为三个阶段战役:目前基本实现的大坝施工渡汛,厂房第一批目标按合同交付安装工作面,为第一战役基本取得的胜利。第二战役应在 1998 年 10 月前基本完成厂房土建,厂房断水,力争完成 80% 的洞挖工程,为年底主洞贯通创造条件,同时应准备好三枯的大规模上坝。第三战役为 1998 年 10 月~ 1999 年 5 月,大坝的 120 万 m³ 的坝体填筑和碾压混凝土的施工以及隧洞的混凝土衬砌和厂房的收尾。由于前期的影响,已拖延工期约 6 个月,任何一个环节的闪失,都将导致工期的拖后,造成一系列的合同纠纷,为此将采取以下措施:

- (1) 利用雨季,进一步调整队伍,该解聘的解聘,管理人员该补充的补充,避免人浮于事的状态。
- (2) 强化劳动纪律,加强安全质量教育,做到令行禁止,建一流队伍,创一流工程。
- (3) 进一步完善分配制度,做到产值、效益与职工的收入挂钩,扩大工序承包范围,增大工资分配的

(上接第 31 页)

- (5) 对已施工后成形的结构加强测试,并对测试数据进行分析,如有异常,迅速采取对策。

透明度。

(4) 对各点的干部(队职)实行风险抵押承包,重奖重罚,拉开各队分配差距,形成竞争机制,做到多劳多得。

(5) 对各队签定第二阶段目标责任书,实施阶段目标奖。

(6) 第二阶段,厂房和洞挖是重点,集中人力、物力确保第二阶段目标的实现。

(7) 采用分包,设备租赁等办法,作好三枯的技术准备。

总之,项目走至今日,应该说是希望与困难并存,前途光明,问题不少。在局党委、局行政的关心和支持下,南累克的全体职工,一定能克服艰难险阻,取得最后的胜利,造就一批人才,锻炼一支队伍,为国争光,为局争光。

作者简介
杜学泽 男 中国水利水电第十工程局 副局长 现任水电十局老挝南累克水电站项目经理 高级工程师
(收稿日期:1998-06-11)

作者简介
车水清 男 中国水利水电第十二工程局第二分局技术部主任 工程师
(收稿日期:1998-06-11)