

宝珠寺水电站中孔溢流面滑模的施工

常 明 云

(中国水利水电第五工程局,四川广元,628007)

摘 要 宝珠寺水电站中孔 11 号、12 号坝段的施工,是继宝珠寺水电站第一台机组正式发电之后,又一个洪水期来临电站安全渡汛的关键项目之一。施工时间紧,难度大,我们采取了一系列施工措施,组织立体交叉作业。溢流面的施工,根据实际情况,对其近似坡比大于 1:1 的乙、丙、丁块采用有轨滑模施工;对近似坡比小于 1:1 的戊、己块(反弧段)采用无轨滑模施工,最后均全部按时、保质、保量完成了该工程项目,实践证明采用的这一系列措施是经济合理的。

关键词 宝珠寺水电站 中孔溢流面 立体交叉作业 有轨滑模 无轨滑模

1 工程概况

宝珠寺电站位于白龙江下游四川省广元市境内,电站总装机容量 70 万 kW,拦河坝为混凝土重力坝,泄水建筑物有表孔、底孔和中孔,其中中孔在 11 号和 12 号坝段,进口分为两孔四墩,工作弧门尺寸为 2 m × 13 m × 13.65 m,进口底板高程为 560.0 m,溢流面净宽 13 m,边墩宽 4 m,中墩为渐缩式消能翘结构底宽 4 m,溢流面曲线主要由抛物线和圆弧线组成,分布于桩号上 0-5.0 m ~ 下 0+118.062 m,具体情况见图 1。宝珠寺电站于 1996 年 12 月 31 日第一台机组正式发电,初期发电后第二个洪水期来临前,11 号、12 号坝段的施工是重点和难点。根据 1997 年宝珠寺电站防汛工期要求,中孔进口必需达到 580.7 m 高程,两个坝段的溢流面、边墩和中墩要全部完工。时间紧,任务重,但根据实际情况,通过施工方案优化比较,在施工组织、工艺上采取了一系列措施后,最后均保质保量完成了该项目的施工。

2 施工方案的确定

2.1 施工组织设计

根据 1997 渡汛必需完成的工程面貌形象要求,该项目的施工措施,必须采取立体交叉作业。由于溢流面流量大,流速高,因此,对坝面平整度要求较严格,根据以上实际情况,通过多种方案比较优化最后确定:先浇边墩与中尾墩,然后用有轨滑模和无轨滑模平行立体浇筑溢流面,具体布置见图 1。其具体情况如下:在浇筑完各坝段各块的一期台阶后,采用立体交叉作业浇筑边墩与中墩,然后根据溢流面不同的坡比采用有轨滑模和无轨滑模滑浇,即在桩号上 0-5.0 m 至下 0+19.6 m (甲块)进口溢流面坡度较缓处,采用支立活动翻转模板,样架控制体型,滑杆压面人工抹面施工。在桩号下 0+19.6 m ~ 下 0+75.0 m (乙、丙、丁块)溢流面处,由于坡比较大,最大坡比为 1:0.75,采用有轨滑模施工。在桩号下 0+75.0 m ~ 下 0+118.062 m (即戊、己块)反弧段溢流面处,由于坡比较缓,采用无轨滑模施工,其具体滑升顺序:11 号己 11 号戊 12 号戊 12 号己。同时有轨滑模滑顺序为 12 号乙 11 号乙 11 号丁 12 号丙 12 号丁 11 号丙 完。

材料的吊运和混凝土浇筑,甲、乙、丙、丁、戊块用横跨白龙江的两台平移式缆机施工(缆机同时还承担其它坝段的施工)。戊块以后用布置在明渠右导墙 508.0 m 高程上的 30 t 高架门机施工。

2.2 浇筑分层分块

有轨滑模段采用在一期台阶混凝土浇筑完后,立即浇筑边墩(每层浇筑高度为 4 m)和中间墩。在边墩与中墩浇至一定高程后,平行立体滑浇溢流面,在浇边墩的同时预埋铁件,以便拆模后焊接轨道支撑,其具体形式见图 2。

无轨滑模段采用在一期台阶混凝土浇完后,底

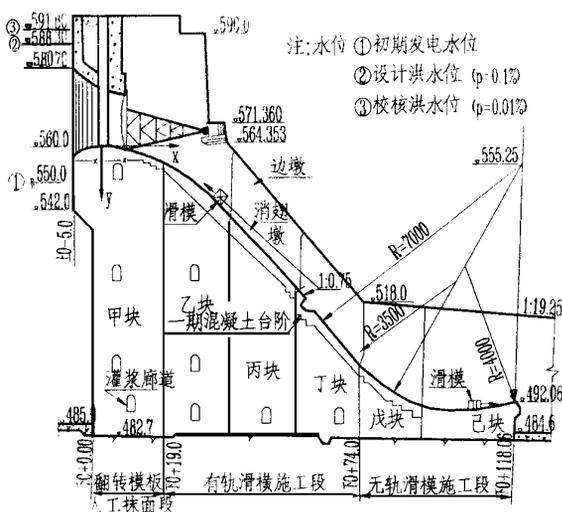


图 1 中孔溢流坝段纵剖面及滑模布置示意图

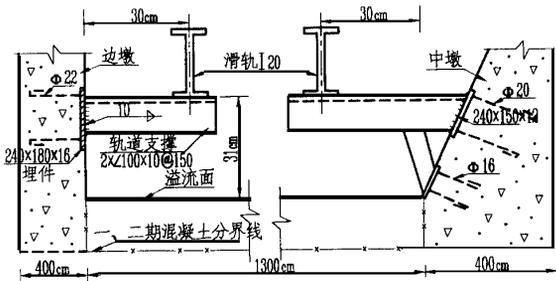


图2 浇筑分层分块和滑模支撑示意图板与第一层边墩同时浇筑的方案。

2.3 方案比较

2.3.1 先滑溢流面后浇边墙的施工方案

先滑溢流面通常从下游向上游逐仓滑升,其主要缺点是后浇块受先浇块的限制,由于溢流面厚度为2.5 m,因此必需用大量的轨道支架经计算每隔1.5 m需设一导轨支架,设计支架时不仅要考虑支承强度而且要考虑侧向稳定性,因此耗材量较大,且不好组织交叉作业,达不到渡汛工期的要求。

2.3.2 先浇边墩后滑浇溢流面的施工方案

此方案可以同时组织边墩与底板立体交叉作业。即同时可以支立每个坝段各块边墩的模板,在施工上一层边墩时,可以组织测量放线和焊接轨道支撑,安装轨道,这样不仅可以提前工期,而且可利用边墩混凝土的自身强度,节约了大量的轨道支撑材料。通过粗略计算,比前一个方案节约至少为10倍的支撑材料。

2.3.3 滑模与支立异形模方案比较

支立异形模板材料消耗较大,且不易保证溢流面的平整度,外露拉筋头较多,故不宜采用。其主要材料消耗指标和经济指标比较如下:

2.3.3.1 主要材料定额消耗指标

参照水电系统材料消耗定额:曲面木模板周转次数为3次;木围檩为10次;木瓦斯为12次,滑模摊消定额为(3.02 kg/m³混凝土)钢材。

2.3.3.2 主要材料一次投入量比较

滑模量分析:有轨滑模自重为6.5 t,其浇筑的溢流面混凝土总量为5 400 m³;无轨滑模自重为5.0 t(在导流明渠的渥奇段和尾水出口反坡段多次使用),其浇筑溢流面总混凝土量为3 600 m³。

曲面模板量分析:溢流面曲面总面积约3 600 m²,根据材料消耗定额,需一次性投入3 cm厚曲面模板36 m³;10 cm×10 cm方木18 m³,木瓦斯2 m³,拉筋螺杆14 t,支立异形模板样架钢筋撑铁每仓至少10 t钢筋,共10个仓需100 t钢筋,支立异形模板共用木材56 m³;钢筋114 t。

2.3.3.3 主要材料用量的经济指标比较

滑模投资计算:根据滑模摊消定额,溢流面9 000 m³混凝土可摊消27 t钢材,而滑模实际只用11.5 t钢材,按当时市场价3 300元/t计算,则为3.795万元。在滑模施工后完好无缺,还可多次利用。

异形模板投资计算:56 m³木材按当时市场价1 150元/m³计则为6.44万元,114 t钢筋按当时价3 100元/t计算为35.34万元,共计41.78万元。

通过分析比较,滑模施工经济效益是显著的。

3 有轨滑模段的施工

在11号、12号坝段桩号下0+19.6~下0+75.0 m采用有轨滑模施工,其具体情况如下:

3.1 滑模轨道的安装与轨道支撑的焊接

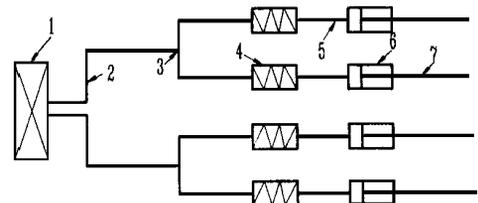
在浇筑边墩和中墩的同时,根据计算支撑的坐标位置预埋铁件,拆模后焊接轨道支撑和安装轨道,其形式见图2。

3.2 滑模结构系统的确定

经计算,滑模用底模为8 mm厚的钢板焊接而成的矩形桁架梁,底宽为1.0 m,高1.2 m,分两段制作,每段6.4 m,共计12.8 m长,安装时用螺栓连接拼装而成。行走机构安装在桁架梁两端,每端各装有两滚轮,每组包括一个300上轮和两个200下轮,导轨用20号工字钢和16 mm厚钢板焊接制成。

3.3 提升系统的确定

3.3.1 滑模提升工艺见图3



注:1—液压控制;2—高压油管;3—分油器;4—针阀;5—高压胶管;6—液压千斤顶;7—爬杆。

图3 滑模提升工艺流程图

3.3.2 牵引设备的确定

滑模牵引力大小按SDJ-207-82规范附录1的有关规定确定,选用的主要设备见表1。其牵引力具体计算如下:

3.3.2.1 牵引力计算项目的确定

参照上述规范第九条,拉模(滑模)牵引力大小可按以下项目计算,选用牵引设备时应将计算值乘以超载系数3~4。计算时,主要考虑的因素有:

表 1 滑模主要牵引设备表

| 序号 | 名称 | 规格与功能 | 数量 | 备注 |
|----|----------|-------------|----|-----------|
| | 揽月牌自动控制台 | YZKF72 | | 与千顶配套使用 |
| | 液压千斤顶 | 15 t(最大起重量) | 6只 | 其中两只备用 |
| | 倒链 | 5 t(最大起重量) | 2只 | 纠偏与确保滑升安全 |

(1) 钢模与混凝土粘结力为 490 Pa, 钢模与混凝土摩擦系数为 0.4~0.5, 按实际正压力计算;

- (2) 轮子和滑块与轨道的摩阻力;
- (3) 模板前沿混凝土堆积阻力;
- (4) 模板系统自重及荷载在牵引方向的分力;
- (5) 牵引机构(滑轮、钢丝绳等)本身的摩阻力。

3.3.2.2 宝珠寺电站中孔溢流面滑模牵引力计算

由于溢流面近似坡比不断变化, 因此把滑模置放在溢流面最大坡比 1:0.75 的坡度处进行受力分析来计算牵引力。

- 取模板自重及荷载为 $G = 9 \text{ t}$;
- 钢模与混凝土粘结力为 $F_{粘} = 650 \text{ kg}$;
- 钢模与混凝土摩阻力 $F_M = N$;

式中 μ 为摩擦系数, 取 $\mu = 0.5$; N 为正压力, 等于混凝土侧压力 $F_{侧}$ 与滑模自重(在斜面上的垂直分力 G_1) 之差。混凝土的侧压力计算, 根据混凝土的入仓强度, 考虑在初凝前把料堆至滑模上口振捣时即为最不利荷载组合, 此时混凝土侧压力呈梯形分布, 计算时, 采用混凝土对模板的最大侧压强度公式为:

$$p_m = h_c \cdot r_c + p_{振}$$

式中 h_c 为有效压头, 为 0.8 m; r_c 为混凝土密度, 取 2.5 t/m^3 ; $p_{振}$ 为振捣荷载, 为 980.7 Pa, 代入公式得 $p_m = 20.6 \text{ kPa}$, 滑模单宽侧压力 $= 0.88 \text{ t/m}$ 。

滑模在最不利情况下总侧压力为:

$$F_{侧} = 13 \times 0.88 = 11.44 \text{ (t)}.$$

$$G_1 = G \cos 53^\circ = 9 \times \cos 53^\circ = 5.4 \text{ (t)};$$

$$F_M = \mu \cdot N = 0.5 \times (11.44 - 5.4) = 3.02 \text{ (t)};$$

滑模在 1:0.75 斜面向下的分力为:

$$F_{下} = G \sin 53^\circ = 9 \times \sin 53^\circ = 7.2 \text{ (t)};$$

其它 $F = 2 \text{ t}$ 。

因此, 总牵引力 $F_q = F_{粘} + F_M + F_{下} + F = 0.65 + 3.02 + 7.2 + 2 = 12.87 \text{ (t)}$, 选用牵引设备时将牵引力 $F_q \times (3 \sim 4)$ 的系数 $= 12.87 \times (3 \sim 4) = 38.61 \sim 51.48 \text{ (t)}$, 即可选用 4 台 10~15 t 的千斤顶。

在牵引设备未到前, 为不影响工期, 采用两台卷扬机(每台起重量为 5 t), 加套滑车(滑轮组)安装同步控制系统, 总的起重重量达 60 (t), 作为牵引设备容量的选择依据。

3.4 混凝土的浇筑与滑模的滑升

3.4.1 混凝土的浇筑

混凝土用 3 m^2 卧罐吊运至模板前上方, 通过溜筒倒入仓内。浇筑层厚为 30 cm 左右, 浇筑时必须

严格按浇筑分层与顺序进行, 震捣时, 根据实际情况, 由中间向两边或由两边向中间均匀推进, 使混凝土对模板的侧压力和粘结力均匀对称分布, 从而使牵引机械受力均匀并使模板稳定滑升。

3.4.2 模板的滑升

当浇完首段混凝土 2~3 层后, 即可进行试滑, 先滑升 10 cm 左右(或 2~3 冲程), 待滑出的混凝土取样后经试验达到出模强度时, 即可进入正常滑升, 实践证明, 最为适宜的混凝土出模强度为 98.1~294.2 kPa。在施工现场, 当已脱模的混凝土用手指按压, 有轻微的指印, 砂浆不粘手, 指甲划过有痕, 且滑升时听到有“沙沙”的摩擦声时, 即说明可以进行初升; 如果混凝土表面较干, 已按不出指痕, 说明滑升时间已迟; 如果脱模后的混凝土下坍或用手指按指痕很深且砂浆粘手, 说明还未到滑升时间。

当滑模正常滑升时, 模板的滑升速度快慢直接影响混凝土的施工质量和工程进度。实际滑升速度取决于混凝土的凝结时间、劳动力的配置、拌制和运输混凝土的能力、混凝土的浇筑速度以及气温等因素。宝珠寺水电站中孔溢流面底板混凝土特性指标 $R_{28} 300 S_8 D_{50}$, 其坍落度为 5~7 cm 三级配, 外加剂为木钙, 用量 0.25%, 在气温 25~30 时初凝时间为 1~2 h, 终凝时间为 3~4 h, 其实际滑升速度为 35~50 cm/h, 每 20~30 min 滑升一次。

4 无轨滑模段的施工(反弧段溢流面的施工)

在桩号下 0+75.0 m~下 0+118.062 m(即戽、已块)为溢流面的反弧段, 其近似坡比小于 1:1, 对滑模的浮托力较少, 经过方案比较, 采用无轨滑模更为经济适用。

滑模结构采用 2 根 50 号工字钢与底模为 8 mm 厚钢板焊接而成, 行走导向系统, 根据溢流面体型在仓内用角钢 L63 x6 支撑两道角钢 L70 x6 弯制而成的导向滑道, 滑道主要作用有: 是控制溢流面体型的样架, 确保滑后溢流面体型的准确; 是滑模的临时支撑, 在正常滑升阶段, 滑模自重主要与浮托力平衡。滑模滑后人工抹光面, 这样做, 不但保证了施工质量, 而且经济方便。

牵引设备的选用: 由于无轨滑模两端同步控制不必特别严格, 因此选用卷扬机较为适用。参照 SDJ-27-82 规范附录 1 第六条, 混凝土对拉模的浮托力, 在倾角小于 45 时, 垂直于板面的浮托力为 2.94~4.90 kPa, 浮托力大小受倾角的大小和混凝土稠度的影响, 在计算牵引力时, 参照前述有轨滑模的计算, 将浮托力上限值 4.93 kPa 代换成侧压力进行计算, 同时根据实际情况加配重以防滑模被浮起。为

安全起见,因此牵引设备选用两台起重量为 5 t 的卷扬机加套滑车,总起重量为 40 t。

5 结 语

通过有轨滑模和无轨滑模在中孔溢流面处施工运用和经验总结中可以得到,当近似坡比大于 1 1 时选用有轨滑模施工;当坡比小于 1 1 时,选用无轨

滑模施工,这样做的结果,不但经济、适用,而且能保证施工质量,为确保 1997 年宝珠寺电站安全渡汛打下了稳固的基础。

作者简介

常明云 男 中国水利水电第五工程局一处管理科 工程师

(收稿日期:1997-09-05)

(上接第 23 页)

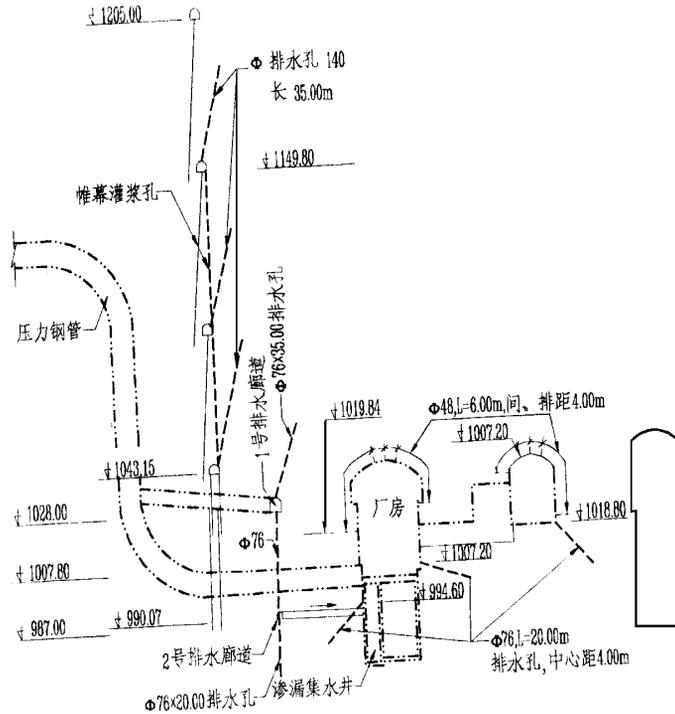


图 5 厂房防渗排水系统典型横剖面图

在将来电站的长期运行中,需要对失效的排水孔进行维修,以防止排水被泥沙或化学凝结物堵塞,应使排水系统经常处于良好的工作状态,发挥其正常作用。

本文得到李杰高级工程师的大力支持,在此深表感谢。

作者简介

范湘蓉 女 国家电力公司成都勘测设计研究院 工程师

(收稿日期:1999-02-25)

映秀湾电厂推行安全生产管理目标责任制

为适应电力模拟市场运营的需要,进一步搞好安全生产,映电总厂根据电力企业“三级”安全目标控制的要求和有关责任制的规定,于 1999 年 2 月 1 日起实行安全生产管理目标责任制。总厂与厂属职能部室、生产单位行政负责人签定了“映秀湾水力发电总厂安全生产管理目标责任书。”

责任书明确了双方应履行的责任和义务,规定各单位根据责任书确定的安全管理目标,每半年为一时段进行一次自查、自评,按完成的责任目标填写自查申报表,由总厂安监部对申报内容进行考核评审,并根据考核评审的结果兑付应给的奖励。

针对 1998 年总厂安全生产的严峻形势和安全管理中的薄弱环节,兔年伊始,总厂决心在切实贯彻安全生产责任制、严格执行各项安全规章制度等方面真抓实干,通过责任书的签定,做到“管生产必须管安全”,在计划、布置、检查、总结、评比生产工作的同时,计划、布置、检查、总结、评比安全工作。以点带面,将安全目标层层分解,树立全员安全意识,在全厂真正形成安全生产人人保,责任目标层层包的良好氛围,以确保总厂安全控制目标的全面完成,使各级安全责任制切实落到实处,努力开创安全生产新局面。

映秀湾水力发电总厂 李红霞