

巴基斯坦塔贝拉项目四期扩建钢板桩格形围堰设计

郭强

(中水北方勘测设计研究有限责任公司,天津 300222)

摘要:巴基斯坦塔贝拉水电站扩建四期电站装机容量为1 410 MW,位于原大坝下游坝后。为解决新建厂房下游水深大、围堰可利用范围小及原三期厂房减压阀喷水影响等问题,下游围堰采用钢板桩格形围堰。以工程设计为基础,介绍了钢板桩格形围堰的设计方法,该工程的设计经验可为其他类似围堰设计提供参考。

关键词:钢板桩格形围堰;直腹式钢板桩;砂砾石地基;高压旋喷灌浆;塔贝拉水电站

中图分类号:TV7;TV22;TV51;TV551

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)03-0129-04

1 概述

塔贝拉水电站位于巴基斯坦首都伊斯兰堡西北方,距伊斯兰堡约113 km。该工程具有灌溉、发电、防洪等功能,现有水电站位于大坝下游右岸,共装14台机组,其中1~10号机组单机容量为175 MW,11~14号机组单机容量为432 MW,总装机容量为3 478 MW。

本次扩建工程是将现有的4号灌溉隧洞改为引水发电洞,扩容1 410 MW(3台单机容量为470 MW的混流式水轮机)机组,使现有电站装机容量由3 478 MW增大到4 888 MW,从而增加该国的电力供应。

扩建工程下游围堰主要用于满足四期扩建工程期间厂房及压力钢管施工区的干地施工条件。围堰左侧与已建成的三期厂房相连,右侧与右岸山体相接,最大水深为30.5 m。由于围堰布置范围有限且围堰施工和运行期间经常会受到三期厂房减压阀泄压放水冲刷的影响,经综合比较后决定采用钢板桩格形围堰。

钢板桩格形围堰的最大高度为32 m,堰顶长度约200 m,由6个主格及5个副格组成,主格直径为23.76 m,每个主格由148根直腹钢板桩及4根连接桩组成。副格连接弧半径为5.73 m,连接弧由35根直腹钢板桩组成,与主格连接桩连接,连接角度为35°。主格及副格钢板桩采用直腹型钢板桩。

2 围堰布置

考虑到新建厂房位于大坝下游、原三期厂房

与右岸山体之间,在满足厂房施工范围的情况下,尽量将围堰布置在三期厂房与右岸山体之间以减小围堰的工程量。另外,围堰应尽量远离三期厂房减压阀喷水范围。

围堰整体分为三段,包括两岸连接段及中间钢板桩格形围堰段。其中,桩号0+000~0+022.719为右岸连接段,桩号0+022.719~0+203.829为钢板桩格形段,轴线长度为181.11 m,桩号0+203.829~0+206.871为左岸连接段,长3.04 m。围堰处最高水位高程(TWL)为341.5 m。考虑到老电站减压阀放水造成的涌浪,本次设计取超高1.5 m,围堰顶高程定为343 m,围堰最大高度为32 m。

围堰背水侧填筑砂砾石戗堤,戗堤顶高程为330 m,顶宽30 m,坡比为1:3。戗堤填筑需在钢板桩格体内填筑完成后进行水中抛填。其平面布置情况见图1。

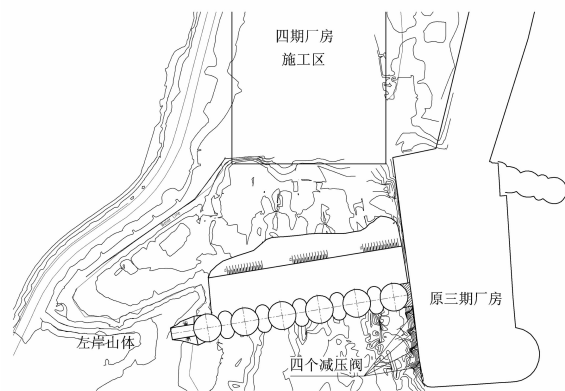


图1 围堰平面布置图

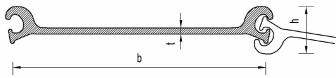
3 围堰结构设计

钢板桩格形围堰结构设计包括格体几何尺寸的确定、填料选取、围堰外部稳定、格体内部稳定、连接部分设计以及防渗排水设计等。

(1) 几何尺寸。

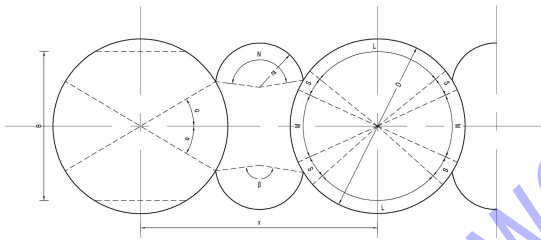
围堰由5个主格及4个副格组成,主格直径为23.76 m,每个主格由148根直腹钢板桩及4根连接桩组成。副格连接弧半径为5.73 m,连接弧由35根直腹钢板桩组成,与主格上连接桩连接,连接角 35° 。

格体布置情况见图2、3。



钢板桩	宽度	壁厚	锁口高度	偏转角	重量	锁口强度	钢材等级
	b	t	h	α			
	mm	mm	mm	$^\circ$	kg/m	kN/m	
AS 500-12.7	500	12.7	92	5.0	77.1	5500	S 355 GP

图2 板桩形式图



钢板桩根数					格体参数					钢板桩连接角		等效宽度	
主格		副格			合计		D	d	x	α	β	α_0	β_0
PCS	PCS	PCS	PCS	PCS	PCS	R	m	m	°	°	°	°	S
148	47	25	4	35	218	23.76	5.73	32.14	31.62	312.24	2.43	4.81	28.67

图3 格体布置图

(2) 格内填料。

现场有三个料场可供围堰填筑采用,分别为Gawarl Sand Quarry Areas, Qibla Bandi Sand Quarry Areas, Indus Gravel Errave 料场。其中Gawarl Sand Quarry Areas 为粉细砂, Qibla Bandi Sand Quarry Areas 为粗砂, Indus Gravel Errave 为砂砾石。

为提高格体的抗剪强度,格内填料可选取中粗砂或砂砾石。由于围堰为全程水上施工及拆除,考虑施工要求,最终选取格体内的填料为Qibla Bandi Sand Quarry Areas 料场粗砂,连接段及围堰后部戗堤的填筑采用 Indus Gravel Errave 料场砂砾石。

(3) 围堰的外部稳定。

围堰外部稳定计算包括抗滑及抗倾覆计算。

①抗滑稳定计算与常规重力式结构稳定计算相同,在此不再赘述。

需要注意的是:围堰大部分座在砂砾石覆盖层(含漂卵石)上,设计考虑钢板桩需打入地基2~3 m,但实际实施中有部分板桩无法打入,因此,滑动破坏面假定为地基覆盖层顶面。

另外,围堰后部填筑戗堤计算时需分别计算格体单独稳定及格体+戗堤稳定。

②土石填筑的钢板桩格形结构实际上并不是一个刚体,其倾覆模式也不完全像刚体一样绕前趾倾斜。然而,刚体抗倾覆的计算方法仍可用于本结构计算以确定格体的直径。

将钢板桩格体视为刚体进行抗倾覆计算的方法与传统刚体结构抗倾覆计算相同,在此不在赘述。

(4) 格体内部稳定。

围堰内部的稳定计算包括锁扣拉力及格内剪切破坏计算。

①锁扣拉力安全系数 F_s 计算公式为:

$$F_s = \frac{t_{\max}}{t}$$

式中 t_{\max} 为最大锁扣拉力, $t_{\max} = pr$; p 为钢板桩内侧最大压力; r 为格体半径; t 为钢板桩极限锁扣拉力。

内部填料任一深度的侧向压力 p 主要为土压力及水压力,其中土压力为该处填料有效容重乘以侧向系数 K 。美国EM手册建议 K 值为1.2至1.6 K_a 之间, K_a 为主动土压力系数。

主格与副格连接处的锁扣拉力见图4,其计算公式为:

$$t_{\max} = pL \sec \alpha$$

式中 L 为主副格中心距。

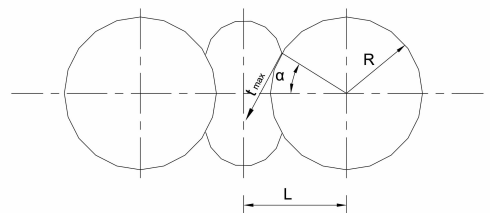


图4 连接处锁扣拉力示意图

一般情况下,格体最大锁扣拉力发生的位置在板桩固定点以上1/4高度处。在该工程计算

中,围堰内侧设有戗堤,规范建议锁扣拉力最大值考虑发生在内侧戗堤顶高程处。

②围堰格体抗倾斜破坏主要靠格体内填料的竖直、水平抗剪强度及锁扣间的摩擦力抵抗。竖直剪切计算主要采用太沙基法,水平剪切计算采用柯敏思法。

格体内部中心平面竖向总剪切力为:

$$Q = \frac{3M}{2B}$$

式中 Q 为总剪切力; M 为总倾覆力矩; B 为格体等效宽度。

填料竖向抗剪切力为:

$$S_s = P_s \tan \varphi$$

式中 S_s 为填料竖向抗剪切力; P_s 为填料侧向土压力; $\tan \varphi$ 为填料内摩擦系数。

锁扣间的摩擦力 S_f 为:

$$S_f = f P_T$$

式中 f 为锁扣间的摩擦系数,为 0.3; P_T 为锁扣间的拉力。

总的抗剪切力 S_T 为:

$$S_T = S_s + S_f$$

抗竖直剪切安全系数 F_s 为:

$$F_s = \frac{S_T}{Q}$$

计算简图见图 5。

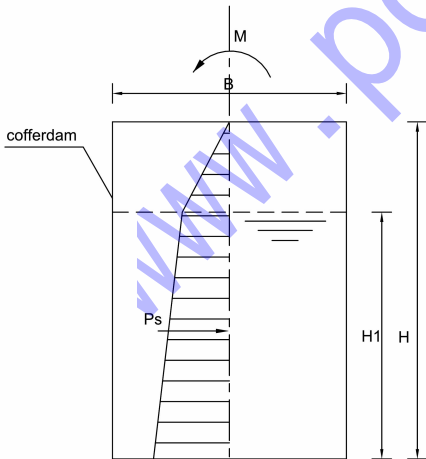


图 5 竖直抗剪切计算简图

填料水平抗剪切力 F 为:

$$F = \gamma H B \tan \varphi$$

式中 γ 为填料容重。

$$H = a + c$$

$$c = B \tan \varphi$$

填料总抵抗力矩 M_r 为:

$$M_r = \frac{ac^2 \gamma}{2} + \frac{c^3 \gamma}{3}$$

锁扣抵抗力矩 M_f 为:

$$M_f = P_x f B$$

抗水平剪切安全系数为:

$$F_s = \frac{M_r + M_f}{M_o}$$

其式中 M_o 为倾覆力矩。

格体后填筑戗堤的抵抗力矩加入后其安全系数 F_s 为:

$$F_s = \frac{M_r + M_f + P_R (H_B/3)}{M_o}$$

计算简图见图 6。

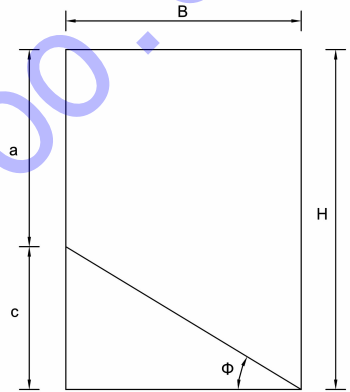


图 6 水平抗剪切计算简图

(5) 连接部分的设计。

钢板桩围堰与两岸连接采用水下填筑砂砾石连接堤的方式,堤顶宽度为 10 m。为减少填堤与钢板桩之间的接触渗漏,可焊接连接桩深入填堤内(图 7)。

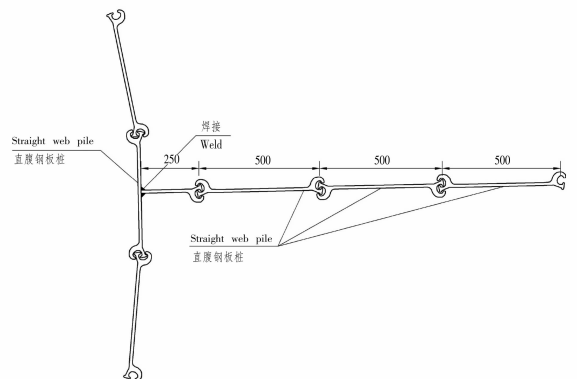


图 7 格桩与连接堤连接方式图

(6) 防渗排水设计。

通过格体的渗透水必须穿过钢板桩和内部填料,格体板桩因填料产生环向拉力使锁扣拉紧,锁扣间的缝隙很小,通过迎水面板桩的渗水量很小,因此,堰身格体可不考虑防渗措施而完全依靠迎水面钢板桩防渗。背水面设排水孔,可降低格内填料浸润线高度。

板桩格体底部地基大部分为砂砾石覆盖层,渗透性较强,需考虑防渗措施。

砂砾石覆盖层地基采用高压旋喷灌浆的方式。由于为全水下施工,高喷灌浆与钢板桩连接无法实现,因此,在格体填筑完成后开始灌浆工作,高喷防渗墙顶高程的定位与下游水位相同,为341.5 m,底部直至覆盖层下部基岩,高喷灌浆设两排灌浆孔,孔距0.75 m,排距0.6 m。高喷墙最大高度约为50 m,对施工要求较高,从完工后的监测结果看,整体防渗效果很好,渗透量很小。

4 结语

该工程钢板桩围堰于2015年6月完工,目前已运行将近两年时间,从运行情况看,围堰位移、变形及渗漏量均非常小,满足厂房的施工要求。

(上接第99页)

的必要条件,并且在提高预裂面的平整度、减少超欠挖、提高施工效率等方面也起着重要作用。可以将钻孔施工的几个关键点简述如下:第一,做好钻孔前的准备工作,清面彻底、放样精准;第二,把控钻孔过程,主要是对角度、深度的控制;第三,有效保护成孔。只有将以上三个关键因素一把抓,才能够切实提高钻孔合格率,为下一步爆破施工提供基础保障。

6.3 提高钻爆施工人员的专业素质

钻爆施工的过程是一个连锁反应的过程,任何一个步骤出现差错都可能导致失败的结果。在整个过程中,“人”的因素起着主导作用,所以,若要做好钻爆施工的质量控制,就必须先从提高钻爆施工相关人员专业素质入手。对于技术员以及质检员,应该经常组织其进行相关的施工技术规范学习;对于现场施工人员、操作手,要多进行专业技能和实际操作培训,并且对一切学习及培训都应实行考核制度、制定奖惩措施,对实际操作技

术好、专业素质过硬的人员进行奖励,对考核不合格的人员应给予一定的惩罚或更换岗位,鼓励相互竞争、相互学习、相互提高,通过建立员工忧患意识,提高员工整体的专业素质,最终达到控制钻爆施工质量的目的。

钢板桩围堰的应用前景非常广泛,在改扩建项目中,施工范围主要为库区或下游电站壅水区,其特点为水深大、水位变幅小且有些改扩建项目施工期间原有电站还将继续运行,泄水系统或多或少会对围堰的运行造成影响而限制围堰的选型和施工。同时,随着人们环境保护意识的提高,也希望采用更清洁、环保的施工方案,钢板桩围堰正是符合改扩建项目施工条件和环境保护要求的恰当选择,在今后的设计中可以加以推广。

参考文献:

- [1] DLT 5200 - 2004, 水电水利工程高压喷射灌浆技术规范[S].

作者简介:

郭强(1977-),男,湖北宜昌人,高级工程师,硕士,从事水利水电工程设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

参考文献:

- [1] SL47 - 94, 水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范[S].
- [2] 马晓辉.“漂钻”对高边坡开挖深孔预裂爆破效果的影响[J]. 陕西水力发电, 1999, 15(4): 32 - 35, 40.
- [3] 陆金荣. 深孔预裂爆破在石岸边坡开挖中的应用[J]. 西部探矿工程, 2005, 17(8): 106 - 107.
- [4] 陈志红. 边坡预裂爆破开挖成型的质量控制[J]. 四川水利, 2011, 34(6): 48 - 50.

作者简介:

向越(1992-),男,重庆开州人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

李连超(1985-),男,四川成都人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)