

文章编号 :0559-9342(2009)06-0037-04

张河湾抽水蓄能电站上水库 沥青混凝土施工技术

庄洪志,郭 清

(北京国电水利电力工程有限公司,北京 100024)

关键词:沥青混凝土;施工技术;张河湾抽水蓄能电站
摘 要:通过分析张河湾抽水蓄能电站上水库沥青混凝土防渗面板的特性,以及沥青混凝土的配合比及施工工艺参数的确定,总结了库底摊铺碾压、库坡摊铺碾压、接缝和层间处理、封闭层施工、排水层的低温施工和库坡防渗层的夜间施工等施工技术。其实用技术对全库盆沥青混凝土的设计与施工有借鉴作用。

Bituminous Concrete Construction Technology of Upper Reservoir of Zhanghewan Pumped-storage Power Station

Zhuang Hongzhi, Guo Qing

(Beijing Guodian Water Resources and Electric Power Engineering Co., Ltd., Beijing 100024)

Key Words: bituminous concrete; construction technology; Zhanghewan Pumped-storage Power Station
Abstract: Based on the analysis of the characteristics of bituminous concrete impervious face slab for the upper reservoir of the Zhanghewan Pumped-storage Power Station, the mix proportion and construction techniques parameters of bituminous concrete, this paper summarizes the construction technologies such as reservoir bottom and slope bituminous concrete placement, the treatment of joints and inter-layers, the construction of bituminous mastic seal coat, drainage layer construction under the condition of low temperature and the construction of impervious layer of reservoir slope at night. These technologies can be used for reference in the design and construction of bituminous concrete in whole reservoir bottom.

中图分类号:TV431.5;TV743(222) 文献标识码:A

0 引 言

沥青混凝土作为一种极佳的柔性材料,具有不透水性、延展性和耐久性,并且易于修补,国外已广泛应用于防渗结构中,而在国内大型水工建筑物中的应用相对迟缓^[1]。自浙江天荒坪抽水蓄能电站上水库采用沥青混凝土防渗面板后^[2],张河湾、西龙池、宝泉等蓄能电站库盆也采用了类似的防渗形式。可以预见,沥青混凝土防渗技术具有广阔的应用前景。

张河湾抽水蓄能电站沥青混凝土面板以其工程量大、首次采用复式结构、施工强度高和低温夜间施工等特点,具有典型的代表性。

1 工程概况

张河湾抽水蓄能电站位于河北省石家庄市井陉县测鱼镇附近,电站枢纽主要由上水库、水道系统、地下厂房系统及地面出线场、下水库拦河坝和拦排沙工程等组成,工程等级为一等。上水库采用开挖筑坝围库而成,主要工程有堆石坝、库盆沥青混凝土防渗面板、排水系统和库岸基础处理。

上水库采用沥青混凝土面板全库盆防渗,库坡防渗面积 20.0 万 m²,库底防渗面积 13.7 万 m²,总防渗面积 33.7 万 m²。沥青混凝土总量 9.31 万 m³,其中库底 3.93 万 m³,库坡 5.38 万 m³。库底面板厚 28.2 cm,库坡面板厚 26.2 cm,库坡坡度为 1:1.75,最大斜坡长 67 m。沥青混凝土面板结构见图 1,面板各结构层设计厚度和渗透系数见表 1。

2 沥青混凝土的施工

- 2.1 原材料选用
- 生产沥青混凝土所需的原材料主要有:沥青、骨料和填料等三种。具体原材料的种类及进场数量见表 2。
- 2.2 沥青混凝土面板施工
- 2.2.1 配合比
- 收稿日期:2009-03-27
- 基金项目:国家电力公司科研项目(SPKJ006-06)
- 作者简介:庄洪志(1977—),男,山东青州人,工程师,主要从事水电工程施工组织设计工作;郭清(1966—),女,辽宁盖州人,教授级高工,主要从事水电工程施工组织设计工作。

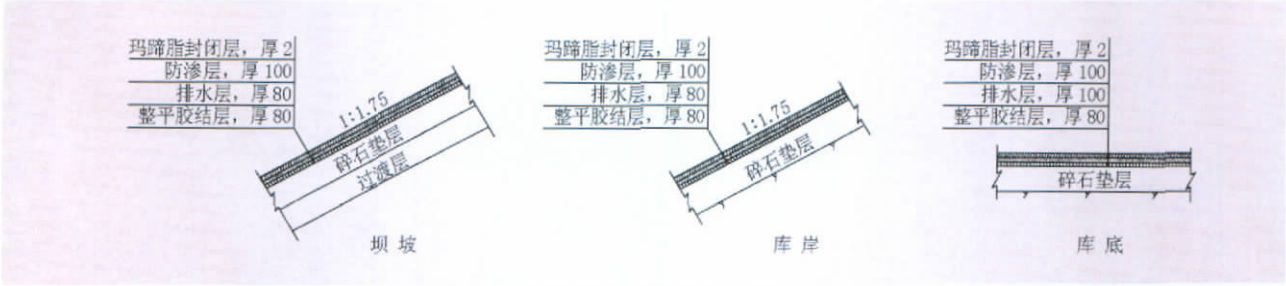


图 1 沥青混凝土面板结构组成(单位:mm)

表 1 沥青混凝土面板结构分层及施工分层设计参数				
部位	结构层	种类	设计厚度/mm	渗透系数/(cm/s)
库坡	整平胶结层	密级配沥青混凝土	80	$\leq 5 \times 10^{-5}$
	排水层	开级配沥青混凝土	80	$\geq 1 \times 10^{-1}$
	防渗层	密级配沥青混凝土	100	$\leq 1 \times 10^{-8}$
	封闭层	沥青玛蹄脂	2	—
库底	整平胶结层	密级配沥青混凝土	80	$\leq 5 \times 10^{-5}$
	排水层	开级配沥青混凝土	100	$\geq 1 \times 10^{-1}$
	防渗层	密级配沥青混凝土	100	$\leq 1 \times 10^{-8}$
	封闭层	沥青玛蹄脂	2	—

表 2 沥青混凝土原材料			
材 料	进场数量	材 料	进场数量
半成品骨料/万 t	18.04	矿粉/ t	19 147
克拉玛依沥青/t	11 770	回收矿粉/t	4 060
盘锦沥青/t	1 865	加强网格/m ²	85 874
改性沥青/t	370.44	植物纤维/t	227
乳化沥青/t	69	塑性止水材料 (BGB)/m ²	886
天然砂/万 t	4.08		

注:克拉玛依沥青用于防渗层、排水层和整平层;盘锦沥青和改性沥青用于封闭层。

沥青混合料配合比直接关系到沥青混凝土的性能。影响配合比的主要因素有沥青的特性和含量,粗骨料、人工砂、天然砂、填料的特性及含量。设计单位在招标文件中提出了参考配合比,承包商中标后,利用选定的材料在实验室进行了大量的配合比试验,在此基础上进行了场内、外现场摊铺试验,最终选定的各层沥青混凝土配合比见表 3~5。

表 3 整平层配合比					
拌和楼	各热料仓不同粒径的配比			矿粉	沥青含量
	1 号(0~2.36 mm)	2 号(2.36~4.75 mm)	3 号(4.75~13.2 mm)		
1 号	43.70	19.00	23.75	8.55	5.00
2 号	43.23	15.67	27.55	8.55	5.00

表 4 排水层配合比						
拌和楼	各热料仓不同粒径的配比					沥青含量
	1 号(0~2.36 mm)	2 号(2.36~4.75 mm)	3 号(4.75~13.2 mm)	4 号(13.2~16 mm)	5 号(16~19 mm)	
1 号	8.68	0.00	35.22	28.95	20.75	2.90
2 号	8.68	0.00	32.81	52.11		3.50

表 5 防渗层和加厚层配合比					
拌和楼	各热料仓不同粒径的配比			矿粉	沥青含量
	1 号(0~2.36 mm)	2 号(2.36~4.75 mm)	3 号(4.75~13.2 mm)		
1 号	44.77	11.07	26.31	10.15	7.7

2.2.2 摊铺试验

在沥青混凝土面板正式摊铺施工前,分别在永久工程外和永久工程内进行施工工艺试验和生产性试验。2005 年 10 月下旬承包商进行了第一次场外摊铺试验,2006 年 3 月进行了第二次场外试验。2006 年 3 月~9 月承包商陆续进行了场内生产性摊铺试验,包括库底整平层、排水层和防渗层,库坡整平层、排水层和防渗层,经过试验确定了施工工艺和参数。

2.2.3 施工设备

沥青混凝土的施工设备包括沥青混凝土拌和系统,运输、摊铺、碾压、牵引设备和转运设备。沥青混凝土施工机械设备见表 6。

表 6 张河湾上水库沥青混凝土面板施工设备汇总			
设备名称	型号	主要生产能力	数量
沥青混凝土拌和楼	LB3 250 新泻 2 400	260t/h 180t/h	1 1
库底摊铺机	TITAN423		2
斜坡摊铺机	TITAN273		2
振动碾	SW330		1
	SW500		1
斜坡振动碾	SW250		2
	SW350		3
沥青玛蹄脂喷洒车	机动轮胎式		1
沥青玛蹄脂保温运输车	GT-9 容积 3 m ³		1
主绞车	—		2
斜坡摊铺牵引车	履带式绞车		1
自卸汽车	XC3252B	10 t	19
装载机	ZLM50E	3 m ³	4
平板夯	VP1550AW		1
	VP1135R		1
汽车起重机	QY 16C	16 t	1
电动空压机	V4/7	4 m ³	1
洒水车	东风 140		1
移动式柴油空压机	3.0/5.0		1

2.2.4 沥青混合料运输

沥青混合料采用自卸汽车运输,玛蹄脂采用特制的玛蹄脂保温运输车运输。装料前,清理自卸汽车的翻斗,确保没有杂物和残留的沥青混合料,并用喷枪在车斗内均匀喷洒一层柴油,然后提升车斗,确认没有柴油向外流淌后装载沥青混合料。为保证混合料的温度及防止杂物混入,顶部用保温帆布覆盖。

2.2.5 铺筑施工

2.2.5.1 库底摊铺碾压^[3]

(1)机械摊铺。库底沥青混凝土施工由自卸汽车直接供料,2 台摊铺机摊铺作业,摊铺条带宽 6 m,摊铺条带开放边呈 45°角。整平胶结层、排水层和防渗层摊铺厚度分别为 86、120、111 mm。摊铺温度控制标准见表 7。

表 7 库底沥青混凝土摊铺及碾压温度控制标准 ℃			
项 目	整平胶结层	排水层	防渗层
摊铺温度	>160	>130	>160
初始碾压温度	>140	>100	>140
二次碾压温度	>100	—	>100

(2)人工摊铺。不能用机械摊铺的部位采用人工摊铺。根据沥青混合料不易分离的特点,人工用平板耙和铁锹进行混合料摊铺。在振动碾能压实的部位,库底整平胶结层、排水层和防渗层铺料厚度分别为 95、120、130 mm,振动碾压不到的部位铺料厚度为 65 mm。

(3)碾压。库底初碾用 SW500 型振动碾,二碾和终碾用 SW330 型振动碾,振动碾压不到的地方使用 VP1135R (初碾)和 VP1550AW (二碾)型平板夯进行碾压。个别平板夯压不到的地方用手持电动夯夯实。碾压温度控制标准见表 7^[4]。

2.2.5.2 库坡摊铺碾压

(1)机械摊铺。库坡沥青混凝土摊铺施工采用 2 套设备。每套设备由主绞车牵引 1 台库坡摊铺机作业,摊铺条带宽 4 m,库坡整平胶结层、排水层和防渗层摊铺厚度分别为 86、98、111 mm。由自卸汽车向吊罐供料,再由主绞车吊运吊罐喂料至送料小车,然后由送料小车向摊铺机供料。摊铺出来的条带开放边呈 45°角。摊铺温度控制与库底相同。

(2)人工摊铺。上库库坡许多部位是空间曲面,斜坡摊铺机无法摊铺梯形条带(仅能摊铺矩形条带),因此产生许多需人工铺料的小三角形条带,库坡整平胶结层、排水层和防渗层人工铺料厚度分别为 95、98、130 mm,这些三角形条带可以用振动碾碾压。进水口周围振动碾压不到的部位防渗层铺料厚度为 65 mm。闸门井下方人工铺料,振动碾压实,铺料厚度为 65 mm。库顶小圆弧段由人工摊铺,平板夯压实。该处随条带整体同时施工,一次铺料到设计厚度。

(3)碾压。库坡采用 SW250(初碾)和 SW350(二碾)型振动碾碾压,振动碾压不到的地方使用 VP1135R (初碾)和 VP1550AW (二碾)型平板夯进行碾压。碾压遍数不少于 4 遍,个别平板夯碾压不到的地方用手持电动夯压实。碾压温度控制标准与库底相同。

2.2.5.3 接缝处理

沥青混凝土条带间的接缝分为热接缝和冷接缝,条带接缝处温度高于 100 ℃的为热接缝,低于 100 ℃的为冷接缝。

(1)纵向热接缝处理。当温度大于 140 ℃时,不需进行处理,施工方法与一般区域相同。当温度在 139~100 ℃时,用挂在摊铺机上的 4 组红外线加热器进行加热,同时用摊铺机尾部牵引的红外加热器加热摊铺后的新旧条带之间的接缝区域。

(2)纵向冷接缝处理。先将接缝上存在的杂物清理干净,然后在摊铺新条带前 1.5 h 涂一层冷沥青,再使用悬挂在摊铺机上的 4 组红外线加热器进行加热,加热标准是将已摊铺条带边缘深度不小于 10 mm 范围加热至高于 100 ℃。同时用摊铺机尾部牵引的红外加热器加热摊铺后的新旧条带之间的接缝区域。

(3)横向接缝和人工摊铺区域的接缝用人工架设红外线加热器加热,加热标准是将已摊铺条带边缘深度不小于 10 mm 范围加热至高于 100℃,再摊铺新条带混合料。加热器与被加热面距离不小于 8 cm。

2.2.5.4 其他部位施工

(1)排水条带施工。库底整平层铺设后,用切缝锯在设计位置切透整平层,人工撬出排水槽中的整平层沥青混凝土。将排水槽两侧边和底面的细粉(切缝产生的)清理干净后回填排水层混合料,平板夯夯实。回填和压实的温度控制标准与表 7 排水层施工相同。

(2)加强网格铺设。铺设加强网格的位置为:加厚层与防渗层之间、库顶小圆弧部位(铺在排水层上)、库坡挖填接合部(铺在排水层上)。施工方法为:首先清扫基面;其次人工使用滚动涂刷乳化沥青,用量为 0.5 L/m²;待乳化沥青的水份蒸发后(蒸发时间至少 8h),铺设加强网格,网格的重叠宽度不少于 25 cm;最后人工使用滚动刷再次涂刷乳化沥青,用量为 0.5 L/m²,待其表面干燥后进行防渗层铺筑施工。

(3)塑性止水材料铺设。在沥青混凝土与水泥混凝土间的接缝处需铺设塑性止水材料。铺设工艺为:首先人工用钢丝刷和压缩空气清除表面灰尘;其次在表面干燥的混凝土表面涂一层冷沥青(0.2 L/m²)待汽油完全挥发后(24~48 h),再在其表面涂一层热沥青涂料(0.4 kg/m²);最后在其表面均匀地铺一层 6 mm 的 BGB,并用橡皮锤拍打排除空气,使 BGB 与热沥青涂料紧密粘结。

2.2.5.5 封闭层施工

封闭层玛蹄脂由沥青拌和机拌制,拌制后储存到储罐中,由玛蹄脂运输车运到现场。玛蹄脂在现场被加热后自流到吊罐中,再用汽车吊将吊罐中的玛蹄脂卸到玛蹄脂喷洒车中。玛蹄脂配合比为:矿粉:改性沥青=7:3。玛蹄脂加热温度为 190~200 ℃,涂刷温度为 185~195 ℃。库底玛蹄脂喷洒车行驶速度为 7.0 m/min (一般),5.0~9.0 m/min (陡坡区)。库坡玛蹄脂喷洒车行驶速度为 6.7 m/min。相邻条带喷洒重叠宽度为 20 cm。库坡施工时,玛蹄脂喷洒车靠主绞车牵引。

2.2.6 排水层低温施工和库坡防渗层的夜间施工

为保证沥青混凝土的施工质量,合同文件规定:除非经工程师批准,防渗层和整平胶结层不得在夜间施工,在没有特殊的保护措施时,承包商不得在环境气温低于 5℃时、浓雾

或强风(风速大于4级)时、遇雨或表面潮湿时施工;环境温度低于 10°C 时,封闭层不能施工^[2]。至2006年10月,防渗面板施工进度比计划进度滞后约两个月,为此,承包商申请在保证质量的前提下放宽排水层施工的温度限制。监理工程师同意将排水层摊铺时的气温低限由 5°C 降低到 3°C 。经取芯检验,在 3°C 条件下摊铺的排水层各项技术指标符合合同要求。

2007年3月,防渗面板施工进度依然滞后,为此承包商申请在保证质量的前提下夜间施工库坡防渗层。工程师经研究同意在工作面有足够照明和保证质量的前提下夜间施工库坡防渗层,施工时间为每天的5时~23时。经取芯检验夜间摊铺的防渗层各项技术指标符合合同规定,外观质量与白天施工的防渗层没有差别。

本工程成功地进行了排水层低温施工和防渗层夜间施工,为研究和放宽沥青混凝土施工条件做出了有益的尝试。

3 施工工期及管理

3.1 施工工期及施工强度

合同要求2006年11月30日完成库底防渗面板施工,2007年6月30日完成面板施工,2007年7月工程验收移交。实际2006年3月17日开始库底沥青混凝土摊铺施工,2007年6月21日封闭层完工,工程按合同时间要求完工。

经统计分析,沥青混凝土的施工强度主要受天气、施工设备到场情况和设备完好率及技术工人熟练程度的影响。实际施工时,库底沥青混凝土日平均摊铺强度为 $317\text{ m}^3/\text{d}$,日高峰摊铺强度为 $470\text{ m}^3/\text{d}$;斜坡摊铺日高峰强度为 $540\text{ m}^3/\text{d}$ 。

3.2 劳动力组织

张河湾水库防渗面板工程利用亚行贷款修建,通过国际公开招标,选择由日本大成公司与中国葛洲坝水电工程集团组成的联营体为承包商。施工期日方在现场管理人员5~6人,其余均聘用中国员工。经统计施工期高峰人数为494人,平均施工人数200~400人。

3.3 施工管理

针对沥青混凝土施工工期紧、施工经验少等特点,采取了以下施工管理措施^[5]。

(1)合理配置施工设备资源并科学组织施工。该工程机械化程度高、设备投入量大、非标准化设备多,为保证设备生产能力满足施工要求,主要施工设备及拌和系统均按2套配备,不同工种、不同机械设备在不同作业面上按预定施工顺序和时间协调作业,保证了高强度施工。

(2)提前准备材料物资和劳动力。通过提前签订原材料供应协议,严格材料控制检验,分层次、分批次动态投入各类人力资源,并提前进行技术培训。

(3)加强过程管理,及时采取赶工措施。针对各种原因引起的进度滞后,采取双班制施工、低温夜间施工,并加强质量控制、安全控制、材料控制等措施,最终比合同工期提前9天完成了施工任务。

4 结 语

张河湾蓄能电站沥青混凝土防渗面板工程从2006年3

月开始摊铺施工,到2007年6月封闭层完工。目前上水库库盆已经蓄水,沥青混凝土的施工质量经受了初步考验。与天荒坪、西龙池及宝泉等抽水蓄能电站相比,张河湾抽水蓄能电站上水库沥青混凝土施工具有以下特点:

(1)沥青混凝土面板工程量居国内蓄能电站工程前列,面积为 33.7 万 m^2 。

(2)斜坡沥青混凝土面板坡度较陡,为1:1.75,对施工机械设备及操作人员技术水平要求高。

(3)首次采用复式结构。防渗面板存在曲面与斜面、曲面与曲面、斜面与混凝土建筑物相连接等多道工艺,对沥青混凝土的层间处理、接缝处理等工序施工要求高。

(4)沥青混凝土施工受天气影响明显,施工强度较大,施工工期紧张。

我国目前还没有专门用于水工沥青混凝土的试验方法及施工规范,施工经验较少。张河湾抽水蓄能电站是国内继天荒坪电站之后大规模采用沥青混凝土防渗形式的水电工程之一,为碾压式沥青混凝土工程建设积累了设计和施工经验,可为今后水电工程更多采用沥青混凝土柔性防渗材料提供宝贵的资料。

参考文献:

- [1] 张怀生. 水工沥青混凝土[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
- [2] 杜振坤,贾金生,郝巨涛,等. 天荒坪抽水蓄能电站上库沥青混凝土防渗面板施工[J]. 水力发电,2000,26(12):25-27.
- [3] 邹武. 张河湾上水库沥青混凝土防渗面板施工技术[J]. 葛洲坝集团科技,2008,3(1):9-13.
- [4] 王应章,伍科林,王昌,等. 沥青混凝土防渗面板施工温度控制[J]. 葛洲坝集团科技,2008,3(1):36-38.
- [5] 杨义生,伍宁长,袁金,等. 张河湾上水库沥青混凝土防渗面板工程施工组织与管理[J]. 葛洲坝集团科技,2008,3(1):50-53.

功果桥水电站大坝首仓混凝土开盘浇筑

2009年5月22日,由中国水利水电第四工程局三分局承建的功果桥水电站大坝首仓混凝土开盘浇筑。

功果桥水电站大坝为碾压混凝土重力坝,最大坝高105 m,坝顶总长356 m。大坝从左向右共分为17个坝段,混凝土浇筑分为常态混凝土和碾压混凝土,混凝土总量为 107.2 万 m^3 。

一枯坝体混凝土主要浇筑6~11坝段,坝基垫层厚度为3 m,坝基浇筑从1 205~1 208 m高程平台;贴坡混凝土厚度为2 m,左岸垫层混凝土浇筑至1 214 m高程,右岸垫层混凝土浇筑至1 215 m高程。经过近8个月的努力奋战,大坝基础于2009年5月18日通过质量验收。

6~7坝段仓号全长为78 m,浇筑为1 205~1 208 m高程,浇筑面积约 $2\,400\text{ m}^2$,浇筑方量约 $6\,900\text{ m}^3$ 。仓号大,混凝土浇筑量多,而且基岩面混凝土浇筑要求一次性通过验收,难度比较大。针对此情况,项目部合理优化施工方案,调配大量的人员进行仓号清理工作,质检人员进行自检验收,6~7坝段全部一次验收合格,大坝混凝土按期浇筑。(王尚霞)