



北方寒冷地区 沥青混凝土心墙 施工技术

李 伟 杨树忠 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

北方寒冷地区

· 沥青混凝土心墙 施工技术

李 伟 杨树忠 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以北方寒冷地区沥青混凝土心墙施工技术为主题,系统地介绍了沥青混凝土原材料的基本性能、沥青混凝土拌和设备 and 摊铺机械、沥青混凝土心墙配合比设计与试验。总结出适宜北方寒冷地区沥青混凝土心墙的几种施工技术,包括碾压式沥青混凝土心墙施工技术、浇筑式沥青混凝土心墙施工技术、振捣式沥青混凝土心墙施工技术以及施工质量控制和沥青混凝土心墙监测工程等技术。

本书可供从事沥青混凝土心墙工程设计、试验和施工人员查阅、使用,也可作为大中专院校水利水电及相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

北方寒冷地区沥青混凝土心墙施工技术/李伟,杨树忠主编. —北京:中国水利水电出版社, 2006

ISBN 7-5084-4035-8

I. 北... II. ①李... ②杨... III. 沥青混凝土—严寒气候施工—施工技术 IV. TU755.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 103088 号

书 名	北方寒冷地区沥青混凝土心墙施工技术
作 者	李 伟 杨树忠 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 13.5 印张 320 千字
版 次	2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—2500 册
定 价	39.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言



沥青混凝土防渗技术研究与应用始于 20 世纪 20 年代, 经美国、法国、德国、西班牙、挪威、俄罗斯、日本等国大面积推广, 已形成成套的施工技术。20 世纪 70 年代以后, 我国也开始在水利水电工程施工中, 研究应用沥青混凝土防渗技术, 同时, 开始涉足寒冷地区沥青混凝土防渗技术, 先后建成了甘肃党河水库沥青混凝土心墙砂砾石坝、吉林白河沥青混凝土心墙坝等沥青混凝土防渗工程, 积累了大量的宝贵经验, 但尚未形成完整的理论体系。

本书以内蒙古尼尔基水利枢纽沥青混凝土防渗心墙工程、吉林省临江聚宝水电站浇筑式沥青混凝土心墙工程、新疆鄯善坎尔其水库碾压式沥青混凝土心墙工程、黑龙江省黑河象山水电站浇筑式沥青混凝土心墙工程、黑河西沟水库浇筑式沥青混凝土心墙工程等工程的施工总结出适宜严寒地区沥青混凝土心墙的施工技术, 具有广泛的应用前景和推广价值。

本书由中国水利水电第一工程局高级工程师李伟、杨树忠主编。第一章、第二章由李剑峰、黎明编写; 第三章、第四章由李伟编写; 第五章由杨树忠、张俊、陈银生编写; 第六章由李伟、黎明编写; 第七章由杨树忠、张俊编写; 第八章由赵艳梅、于长江编写。

本书在编写过程中得到了中国水利水电第一工程局、中国水利水电第十五工程局、尼尔基水利水电有限责任公司、中水东北勘测设计研究有限责任公司的大力支持, 在此表示感谢。在本书编写过程中, 得到王琛、董红涛、李亚胜等提供的方便, 在此一并表示谢意。

限于作者水平和实践经验, 书中难免存在缺点和疏漏之处, 恳请广大读者批评指正。

作 者

2006 年 7 月

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 沥青混凝土在水利水电工程中的应用	1
第二节 沥青混凝土防渗墙的分类和特点	2
第三节 北方寒冷地区沥青混凝土心墙情况	3
第二章 沥青混凝土原材料	11
第一节 沥青	11
第二节 矿质材料	25
第三节 添加剂(掺料)	32
第三章 沥青混凝土搅拌设备和摊铺机械	35
第一节 沥青混凝土搅拌设备	35
第二节 沥青混合料摊铺机	41
第四章 沥青混凝土心墙配合比设计与试验	44
第一节 沥青混凝土心墙的技术要求	44
第二节 沥青混凝土心墙的室内配合比设计	45
第三节 沥青混凝土现场配合比试验	47
第五章 碾压式沥青混凝土心墙施工	49
第一节 碾压式沥青混凝土心墙施工技术要求	49
第二节 碾压式沥青混凝土试验	60
第三节 碾压式沥青混凝土骨料加工	65
第四节 碾压式沥青混凝土混合料制备	75
第五节 碾压式沥青混合料运输	84
第六节 碾压式沥青混凝土心墙铺筑	85
第七节 沥青混凝土心墙质量检验	100
第八节 碾压式沥青混凝土心墙低温施工	117
第九节 尼尔基水利枢纽碾压式沥青混凝土施工	128
第十节 新疆鄯善坎尔其水库	140
第六章 浇筑式沥青混凝土心墙施工	167
第一节 浇筑式沥青混凝土试验	167
第二节 浇筑式沥青混凝土骨料加工	169

第三节	浇筑式沥青混凝土心墙施工·····	171
第四节	浇筑式沥青混凝土心墙质量控制·····	172
第五节	浇筑式沥青混凝土心墙负温施工要点·····	178
第六节	吉林临江聚宝水电站·····	181
第七章	振捣式沥青混凝土心墙施工 ·····	189
第一节	概述·····	189
第二节	振捣式沥青混凝土试验·····	190
第三节	振捣式沥青混凝土防渗施工技术要求及施工注意事项·····	194
第四节	振捣式沥青混凝土防渗墙施工·····	198
第八章	沥青混凝土心墙监测工程 ·····	202
第一节	沥青混凝土心墙的监测设计·····	202
第二节	监测仪器埋设·····	205
参考文献	·····	207

第一章 概 述

第一节 沥青混凝土在水利水电工程中的应用

远在 5000 年以前,古埃及人就在尼罗河护岸砌石工程中使用沥青作为胶结材料。1929 年在美国建成的索推里坝(坝高 12m),是全世界第一座采用沥青材料防渗的坝。在 20 世纪 50 年代后期,以欧洲为中心,兴建了大量的沥青混凝土斜墙坝,在理论和施工技术等方面均取得很大的进展。

沥青混凝土防渗心墙坝始建于 1949 年的葡萄牙瓦勒·多·盖奥(Vale-de-Gaio)坝。采用沥青混凝土防渗墙作为防渗体的最具代表性的土石坝工程是 1937 年阿尔及利亚建成的高 58m 的格里布(Ghrib)沥青混凝土斜墙坝(上游坡度为 1:0.7),该坝于 1957 年进行了全面的检查和鉴定,鉴定结果充分肯定了沥青混凝土斜墙的可靠性和耐久性。

沥青混凝土防渗墙具有结构简单、工程量小、施工速度快、防渗性能安全可靠等特点。沥青混凝土防渗斜墙和沥青混凝土防渗心墙是其典型的结构型式。由于沥青混凝土具有很好的防渗性能、较好的塑性和柔性,能适应坝体的沉陷变形,对已产生的裂缝还有一定的自愈能力。沥青混凝土的渗透系数一般为 $10^{-11} \sim 10^{-7} \text{ cm/s}$,有时甚至可以做到密不渗水。因此,沥青混凝土防渗墙是一种结构更为安全合理的防渗型式。

沥青混凝土防渗斜墙的断面构造是由封闭层、防渗面层、排水层、防渗底层及整平胶结层组成,通常称为复式断面构造。其特点是可以进行有效地监测斜墙的渗水情况,保证工程的安全运行。随着施工技术的发展,沥青混凝土斜墙的可靠性进一步提高,不设排水层和防渗底层的简式断面结构在水利工程上逐渐使用,其施工方法是采用多层铺筑以提高防渗层的防渗效果,如美国 1957 年建成的蒙哥马利(Montgomery)坝、挪威 1963 年建成的威尼莫(Venemo)坝的防渗层分三层铺筑;原联邦德国 1969 年建成的格兰(Grane)坝、1970 年建成的尼达(Nidda)坝的防渗层则分两层铺筑。随着施工机械的改进、施工技术水平的提高,防渗层采用一次铺筑的无缝铺筑方法开始使用,如原联邦德国累奇(Lech)发电厂坝 12cm 厚防渗层采用一次铺筑完成,简化了施工,节省了材料,改善了斜墙的稳定性的。日本自 1968 年建成大津岐沥青混凝土斜墙坝以来,先后建成东富士蓄水池、深山坝、津川发电所上池、沼源发电所调节池等大型工程。

我国水工沥青混凝土防渗技术应用则经历了由地方小型工程发展到国家大型工程的阶段,施工方法由人工、半机械化施工发展成为机械化施工,理论研究和工程实践均取得了明显进展。如 20 世纪 50 年代甘肃玉门和新疆奎屯等地区将沥青混凝土用于渠道衬砌,上犹江水电站混凝土坝上游面应用沥青砂浆防渗层,20 世纪 70 年代黑龙江三道镇和吉林上河湾等水库采用了渣油混凝土护坡,陕西正岔、石砭峪水库、北京半城子、辽宁碧流河水水库和湖北车坝一级水库、辽宁十二台子、河北抄道沟、云南黄龙、河南南谷洞、浙江牛头山水库、桥墩水库、天荒坪抽水蓄能电站等沥青混凝土防渗斜墙(或面板)的施工,有力



地促进了我国水工沥青混凝土施工技术水平的提高和专业化施工队伍的建设。

我国从 1972 年在吉林省安图县白河 302 号水电站掺配沥青混凝土防渗心墙堆石坝建成以后,又先后在吉林省设计建造了图们市东林水库、临江市聚宝水电站、吉林市丰满大坝上游面防渗、集安市三家子水库大坝上游面防渗,在黑龙江省设计建造了逊克县库尔滨水库、逊克县宝山水电站、黑河市西沟水电站、黑河市象山水电站、黑河市富地营子水库、五大连池市山口水利枢纽、呼玛县团结水库,在辽宁省设计建造了喀左县郭台子水库、瓦房店市碧流河水库、大连市大西山水库大坝上游面防渗修补工程、大连市王家店水库大坝上游面防渗修补工程、大连市北大河水库大坝上游面防渗修补工程。在甘肃省党河水库、北京市平谷县杨家台、河北省隆化县二道弯、新疆维吾尔自治区托里县多拉特水库、鄯善县卡尔其水库、乌鲁木齐县照壁山水库、长江三峡水利枢纽茅坪溪防护坝、四川省冶勒水电站、嫩江尼尔基水利枢纽、香港高岛水库等工程修建了碾压式或浇筑式沥青混凝土心墙坝,最大坝高达 105m。这些工程的建设,使我国的工程技术人员积累了大量的设计、施工经验,尤其是长江三峡水利枢纽茅坪溪防护坝沥青混凝土心墙工程和嫩江尼尔基水利枢纽主坝沥青混凝土防渗心墙工程引进了国外水工沥青混凝土施工设备,工程施工工艺水平和机械化施工程度均达到了国际先进水平,培养了一批沥青混凝土施工的专业人才,为我国在这一技术领域内迅速赶上国际先进水平提供了有利的条件。

第二节 沥青混凝土防渗墙的分类和特点

将沥青、骨料与填料等原材料加热并按适当比例配合、拌和均匀成沥青混凝土混合料,沥青混凝土混合料经过铺筑密实(碾压密实、振捣密实或自密实),冷却后即为沥青混凝土。沥青混凝土是一种对温度较为敏感的材料,低温下具有脆性材料的性质,高温下又表现出明显的黏弹性或塑性材料的性质。沥青混凝土的性质不仅随温度变化,而且还与工作条件、所用原材料的特性、配合比以及施工质量等因素有关。因此,在沥青混凝土防渗墙的设计和施工过程中,必须充分考虑到这些特点。

一、沥青混凝土防渗墙的分类

按水工沥青混凝土的施工方法,可对沥青混凝土防渗墙进行如下分类。

1. 碾压式沥青混凝土防渗墙

此法指将热拌沥青混合料摊铺后碾压成型的施工方法,是一种应用较广的方法。根据施工中铺筑方式、压实设备的不同,又可分为碾压挤入式和振动碾压式。

2. 浇筑式沥青混凝土防渗墙

此法所用热拌沥青混合料,沥青含量较多,高温时流动性好,靠自重压实,不需压实设备。这种施工方式又可分为立模浇筑式和导管浇筑式。

3. 预制装配式沥青混凝土防渗墙

把沥青混合料预制成板,然后在现场装配。一般仅用于表面防渗。

4. 其他型式

还有预制拼装式沥青混凝土防渗墙、填石沥青混凝土防渗墙等。



二、施工特点

- (1) 防渗体较薄，工程量小，所需劳力少，施工速度快，有利于施工度汛；但技术要求较高，需严格控制质量，宜由拥有专用施工设备的专业队伍施工。
- (2) 不用防渗土料，不与农田争地；但需外购沥青，储运较为复杂。
- (3) 热拌沥青混合料，施工过程要控制温度，应尽可能采用机械化施工，并要加强劳动保护，注意施工安全。

第三节 北方寒冷地区沥青混凝土心墙情况

在我国北方寒冷地区沥青混凝土用于渠道、土石坝、堤防等防渗较为普遍。20 世纪 50 年代，我国在甘肃玉门和新疆奎屯等地区已将沥青混凝土用于渠道衬砌。在土石坝工程中，北方寒冷地区最早采用沥青混凝土的是建于 1972 年的吉林白河沥青混凝土心墙坝。建于 1974 年的辽宁郭台子水库、建于 1975 年的甘肃党河水库等，分别采用碾压式或浇筑式沥青混凝土，均取得了很好效果。

30 多年来水工沥青混凝土经历了由人工、半机械化施工发展到机械化施工的过程，在理论研究和工程实践方面都有很大的进展。但寒冷地区施工经验仍旧欠缺，尤其是在低温、负温、多雪、大风天气施工的防护等施工经验还不完善。

进入 20 世纪 80 年代，我国先后在吉林省设计建造了图们市东林水库、临江市聚宝水电站，在黑龙江省设计建造了逊克县库尔滨水库、逊克县宝山水电站、黑河市西沟水电站、黑河市象山水电站、黑河市富地营子水库、五大连池市山口水利枢纽、呼玛县团结水库，在辽宁省设计建造了喀左县郭台子水库、瓦房店市碧流河水库等工程，在甘肃省建造了党河水库，在新疆维吾尔自治区建造了托里县多拉特水库、鄯善县卡尔其水库、乌鲁木齐县照壁山水库，在内蒙古自治区建造了嫩江尼尔基水库等碾压式或浇筑式沥青混凝土心墙坝，最大坝高达 105m，其施工条件达到 -40°C ，为北方寒冷地区沥青混凝土心墙施工积累了大量丰富经验。随着国外水工沥青混凝土施工设备的引进，工程施工已经达到国际先进水平。

一、黑河象山水电站

象山水电站位于黑龙江省黑河市境内的法别拉河中游，坝址距黑河市 72km，是一个以发电为主，兼顾防洪、养鱼、旅游环保综合利用的水利枢纽工程。坝址以上流域面积为 1972km^2 ，占全流域面积的 67.3%，年径流量为 $3.73 \times 10^8\text{m}^3$ ，水库总容量为 $3.11 \times 10^8\text{m}^3$ 。

挡水建筑物为浇筑式沥青混凝土心墙堆石坝，最大坝高 50.7m；岸坡开敞式溢洪道，其上装有 3 孔 $10 \times 8.07 - 7.57\text{m}$ 弧形工作闸门；引水隧洞布置在右岸山体中，采用一洞三机布置方式，隧洞断面尺寸为 $6.4\text{m} \times 6.4\text{m}$ 城门洞型；地面式厂房，内装三台 HLD74-LJ-140/TSL₆-16/330 水轮发电机组，单机容量为 6000kW，总装机容量为 18000kW；多年平均发电量 $430 \times 10^4\text{kW} \cdot \text{h}$ ，保证出力 3410kW，年利用小时数为 2294h。



(一) 沥青混凝土心墙设计

1. 心墙结构和厚度

(1) 心墙结构型式及各部分作用。心墙采用主副墙结构型式，由两部分组成：一部分是浇筑式沥青混凝土主墙，称为主心墙，它是堆石坝的主要防渗体；另一部分是主心墙两侧的混凝土砌块，称为副心墙，它主要起模板和支护作用，并可减轻冬季施工时寒流形成的温度梯度影响，增加心墙的强度。

(2) 心墙厚度。心墙厚度设计原则是保证心墙在各种工况下正常运行；尽量减少沥青混凝土的用量，并能满足施工最小宽度要求。

根据 SLJ1—88《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计准则》，并参照国内外已建工程情况，心墙厚度一般在 $1/60 \sim 1/100$ 坝高范围内。由于心墙不同高程处的受力状态不同，心墙沿高程采用变厚度设计。初步设计阶段心墙厚度自下而上为 $40 \sim 30 \sim 20\text{cm}$ ；技施设计阶段经进一步试验研究、计算分析认为：沥青混凝土心墙可以再减薄，而且减薄后对控制心墙沥青混凝土的流变大有好处，综合考虑心墙施工条件、变形等因素，将心墙厚度自下而上改为 $30 \sim 25 \sim 20 \sim 16\text{cm}$ ，节省沥青混凝土 606.5m^3 。

副心墙预制混凝土砌块的结构尺寸为： $20\text{cm} \times 15\text{cm} \times 50\text{cm}$ （高 $\times$ 厚 $\times$ 长），见图1-1心墙结构图。

2. 沥青混凝土材料及配比

沥青混凝土材料选择的原则：配置的沥青混凝土满足抗渗要求，具有良好的变形能力、抗流变性能、水稳定性和耐久性，在施工中能自淌达到密实。

对材料的基本要求：

(1) 沥青。沥青为锦西 $\#10$ 石油沥青、渣油为大庆减压渣油。

(2) 填料。填料采用石灰石（或方解石）粉，其颗粒组成见表1-1。

表 1-1 颗粒组成表

筛孔尺寸 (mm)	0.6	0.15	0.074
通过率 (%)	100	>90	>70

填料水分小于 0.5% ，亲水系数不大于 1.0 ，不含泥土、有机物等杂质和结块团粒，碳酸钙含量应大于 95% 。

(3) 骨料。骨料是粒径为 $5.0 \sim 20.0\text{mm}$ 的人工石灰石碎石，最大粒径不超过 20mm ，吸水率不大于 3% ，含泥量不大于 5% 。粒径组成成分为 $5 \sim 10\text{mm}$ 、 $10 \sim 15\text{mm}$ 、 $15 \sim 20\text{mm}$ 三级，加工碎石采用坚硬新鲜的碱性岩石。细骨料是粒径为 $0.08 \sim 5.0\text{mm}$ 的人工砂，骨料应干净，含泥量不大于 2% 。

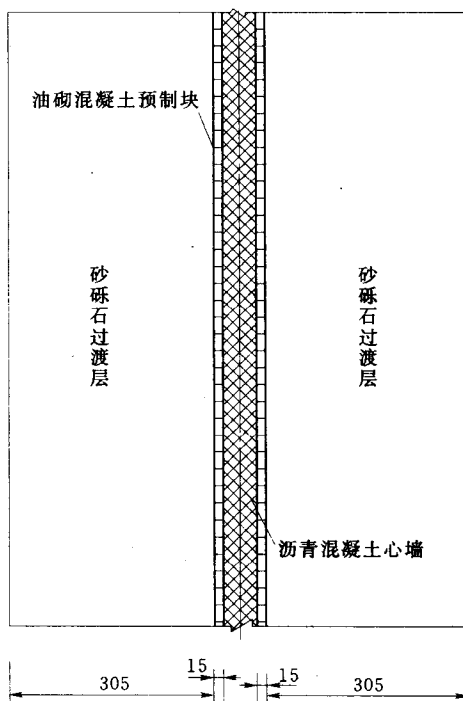


图 1-1 心墙结构图（单位：cm）



沥青混凝土各种材料的配比根据工程特点和心墙的具体条件通过试验研究确定：

碎石	5~20mm	37%
砂	0.08~5.0mm	37%
填料		14%
沥青+渣油		12%

3. 沥青混凝土心墙伸缩缝

初步设计阶段沥青混凝土心墙没设伸缩缝，经技施设计阶段研究认为，采用抛填堆石的方法施工，坝体沉陷量较大，尤其是靠近右岸岸坡和左岸溢洪道接头段，开挖边坡较陡，且得不到有效碾压，堆石沿坝线将产生不均匀沉陷。为适应坝体沉陷变形，满足防渗要求，分别在坝体左、右岸桩号 0+180.00m、0+375.00m 各设一条伸缩缝，见图 1-2 心墙伸缩缝结构大样。

心墙伸缩缝中铁片为折叠成双层的镀锌铁片，厚 0.8mm，铁片的开口端分别朝向塑料油膏和混凝土预制块，铁片宽度（指折叠成双层后的宽度）随心墙高程（或心墙厚度）变化，其宽度见表 1-2。

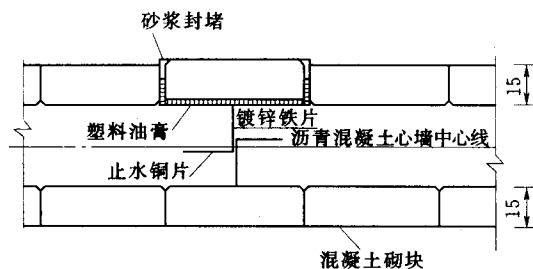


图 1-2 心墙伸缩缝结构大样（单位：cm）

表 1-2 铁片宽度

高 程 (m)	沥青混凝土心墙厚度 (cm)	镀锌铁片宽度 (cm)
249.00 以下	30	21
249.00~265.50	25	16
265.50~275.50	20	11
275.50~283.20	15	11

(二) 心墙与地基、岸坡及其他建筑物的连接

(1) 心墙与两岸的连接。沥青混凝土心墙堆石坝同溢洪道的连接采用 23.0m 长的插入坝段相连，插入坝段为浆砌石重力坝，防渗体为厚 80cm 混凝土防渗墙，浆砌石重力坝上游为垂直面，下游坝坡为 1:0.65。沥青混凝土心墙与插入坝段的混凝土防渗体间采用局部扩大和搭接相结合的连接方式，相接处设一道铜片止水。

沥青混凝土心墙与右岸岸坡的连接，结合部位设置扩大的油砌混凝土预制块过渡区，以增大渗径，防止绕坝渗漏。

(2) 心墙与基础混凝土底板的连接见图 1-3，混凝土底板建基于强风化下部，底板厚 0.6m，宽 5m。

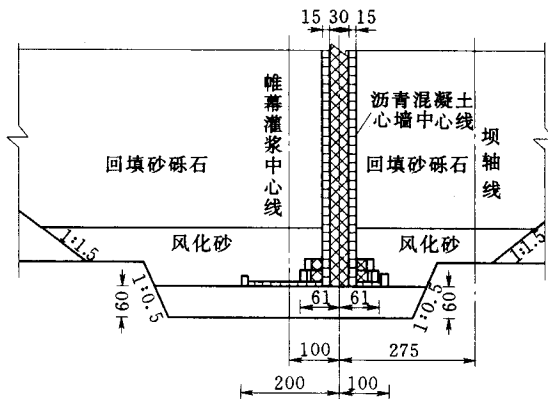


图 1-3 心墙与基础混凝土底板连接（单位：cm）



(3) 心墙与防浪墙的连接型式见图 1-4。

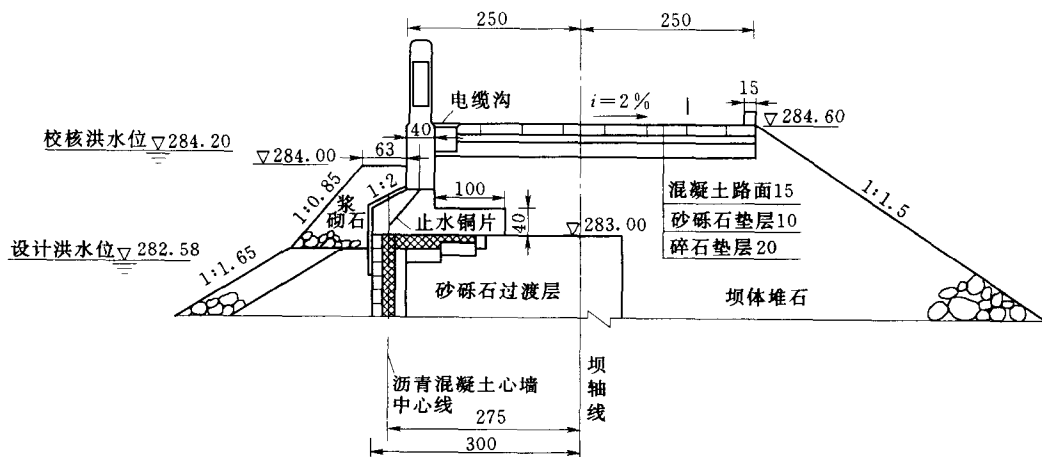


图 1-4 心墙与防浪墙的连接型式 (单位: cm)

心墙与防浪墙的连接采用在防浪墙上游竖向搭接的方式。为防止冬季心墙顶部冻裂,在心墙上游面和顶部增加一层厚 5cm 的聚苯乙烯硬质泡沫板保温层。

表 1-3 碎石填筑过渡层级配

粒 径 (cm)	比 例 (%)
5~20	60
1~5	30
0.5~1	10

心墙两侧过渡层在初步设计阶段为碎石过渡层。因砂砾石的开采较碎石经济,并能满足过渡层各项控制指标要求,技施设计阶段改为天然级配的砂砾石料。

对于过渡层利用洞渣及其他满足要求的碎石填筑,最大粒径不超过 20cm,最小粒径不宜小于 0.5cm,以表 1-3 的级配为宜。

过渡层填筑后孔隙率 $n \leq 30\%$, 其控制最小干容重为 1.95 t/m^3 。

黑河象山水电站沥青混凝土心墙施工图片如图 1-5 所示。

二、黑河西沟水库

1. 工程概况

西沟水库位于黑龙江省黑河市境内的公别拉河上,距西沟村 15km,是一座具有发电、防洪、旅游、养殖多功能的水利枢纽工程。枢纽由沥青混凝土心墙堆石坝、岸坡开敞式溢洪道、引水发电系统组成。工程为大(2)型,工程等别为Ⅱ等,拦河坝和溢洪道为 2 级建筑物,引水系统和发电厂房为 3 级建筑物。西沟水库总库容为 $1.47 \times 10^8 \text{ m}^3$,水库正常蓄水位 243.5m;设计洪水位($p=0.2\%$) 344.10m,校核洪水位($p=0.05\%$) 344.6m;死水位 327.00m;电站装机容量 36MW。电站最大毛水头 175.50m;保证出力 7264kW,平均年发电量 $9914.3 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$,是黑龙江省电网中调峰水电站。

西沟水库枢纽工程主要由拦河坝(分主坝和副坝)、岸坡开敞式溢洪道及引水发电



图 1-5 黑河象山水电站沥青混凝土心墙施工图片

系统组成。

拦河坝为沥青混凝土心墙堆石坝，坝顶长 646.00m，最大坝高 36.00m，坝顶宽 5.00m，坝顶高程 345.80m；防浪墙顶高程 347.00m；上下游坝坡均为 1:1.5；在上下游 330.00m 高程各设宽 1.50m 的马道。沥青混凝土心墙，底部最大厚度为 22cm，心墙的上下游为厚 15cm 的油砌混凝土预制块，在预制块与坝体堆石之间设置 2.00m 厚的碎石过渡层和碎石区。沥青混凝土心墙与坝基的连接是在心墙下的坝基做了厚 0.50m、底宽 4.00m 的混凝土齿墙。坝基设一排灌浆帷幕。主坝沥青混凝土心墙长 332.50m，副坝沥青混凝土心墙长 235.50m。

2. 工程水文

西沟水库（以下简称西库），位于公别拉河中游，坝址集水面积 1668km²，距河口 66.9km。公别拉河地处高纬地区，属寒温带气候。由于受太平洋季风和西伯利亚冷高压影响，夏季多雨，冬季漫长而寒冷。根据黑河气象台资料统计，多年平均气温为 -0.03℃，夏季最高气温为 36.5℃，冬季最低气温为 -44.5℃。日平均气温小于和等于零度的日数为 155d。

流域多年平均降水量为 537.6mm，大部分集中在 5~9 月，该时期降水量将占全年降水量的 87% 以上。流域多年平均蒸发量为 1164mm（蒸发皿 Φ20cm 观测值）。多年平均相对湿度为 66%。多年平均气压为 993.3hPa。多年平均风速为 3.6m/s，最大风速为



26.7m/s, 冬季多西北风, 夏季多东南风和西南风。

流域内西沟水文站的多年平均流量为 $11.3\text{m}^3/\text{s}$ 。河流封冻期从 10 月末至次年 4 月下旬, 封冻日数平均为 160d 左右, 最大冰厚 1.8m。多年平均无霜期 124d, 霜期最早为 9 月 6 日, 终霜期最晚为 5 月 26 日。最大冻土深可达 2.57m。

3. 坝址工程地质条件

地形条件, 坝址区地貌特征为底山区, 海拔 312.00~350.00m, 河流蜿蜒迂回由北向西南流经坝址, 为不对称的 U 形河谷。河水位平水期为 315.77m (1977 年 5 月 20 日实测), 水深 1.00~2.00m, 最深 3.50m, 平水期水面宽度 55.00m。下游约 150m 处为满天星哨口, 水流急湍, 坝址上游水流平稳。左岸为凹岸, 山体相对比高约 30.00m, 谷坡较陡, 右岸为凸岸, 河漫滩 I 级阶地高出河水位 3.00~5.00m, 山体后侧为马鞍形垭口, 宽约 200.00m, 地面高程为 329.00~335.00m。

地层岩性坝址区出露地层为海西期花岗岩, 并有后期石英安山岩脉和方解石岩脉等穿插, 在花岗岩中有长英角岩的捕虏体。

第四系冲洪积: 主要分布于河床及河谷中, 厚度 2.50~6.70m, 以砂砾石为主。阶地上部为砂壤土, 下部为砂卵砾石。山坡上分布残坡积壤土夹碎石厚度为 1.00~2.00m。在地形低洼处和河谷中为块石堆及壤土所覆盖, 块径 0.5~1.0m, 最大可达 3m。

工程施工所需当地建筑材料主要有石料、混凝土骨料及碱性骨料。石料用于大坝坝体, 骨料用于主体及临时工程拌制混凝土, 碱性骨料用于沥青混凝土心墙骨料。

沥青混凝土心墙施工采用人工推胶轮车上坝, 人工加热沥青砂浆砌筑混凝土预制块, 人工推胶轮车运输沥青混凝土上坝入仓浇筑。

4. 水文气象

公别拉河地处高纬度区, 属寒温带气候。由于受太平洋季风和西伯利亚冷高压影响, 夏季多雨, 冬季漫长而寒冷。根据黑河气象台资料统计 (见表 1-4), 多年平均气温为 -0.03°C , 夏季最高气温为 36.5°C , 冬季最低气温为 -44.5°C 。日平均气温小于和等于零度的日数为 155d。

流域气温有随高度增加而降低的趋势。据西库坝址 7 年资料统计, 该站多年平均气温为 -1.5°C , 比黑河气象台同期气温 -0.33°C 低 1.17°C 。

流域多年平均降水量为 537.6mm, 大部分集中在 5~9 月, 该时期降水量将占年降水量的 87% 以上。根据 1976~1985 年各站同期降水量统计, 流域降水量有随高度增加而增加的趋势, 其中分水岭的新开岭站, 同期降水量为 595.4mm; 西库库区团山子站, 同期降水量为 570.2mm; 而黑河气象台同期降水量为 519.3mm。流域多年平均蒸发量为 1164mm (蒸发皿 $\Phi 20\text{cm}$ 观测值), 多年平均相对湿度为 66%, 多年平均气压为 993.3hPa, 多年平均风速为 3.6m/s, 最大风速为 26.7m/s。

冬季多西北风, 夏季多东南风和西南风, 气象要素统计详见表 2-2。

流域内西沟水文站的多年平均流量为 $11.3\text{m}^3/\text{s}$ 。河流封冻期从 10 月末至次年 4 月下旬, 封冻日数平均为 160d 左右, 最大冰厚 1.8m。多年平均无霜期 124d, 霜期最早为 9 月 6 日, 终霜期最晚为 5 月 26 日。最大冻土深可达 2.57m。

黑河西沟水库沥青混凝土心墙施工图片如图 1-6 所示。



表 1-4 黑河气象台气象要素统计表

序号	项 目	单位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	统计分析
1	多年平均气温	℃	-23.6	-18.8	-8.8	2.9	11.4	17.9	20.4	18.1	11.2	1.8	-11.7	-21.7	年平均气温 -0.03
2	极端最高气温	℃	-0.5	11.0	20.4	26.2	35.7	37.7	36.5	33.2	29.9	25.2	13.2	1.0	最高值 37.7
	发生时间	日/年	7/1995	24/1997	30/1990	14/1965	18/1966	27/1970	8/1982	6/1988	14/1969	11/1966	4/1963	1/1986	6月 27 日/1970
3	极端最低气温	℃	-44.5	-40.9	-33.3	-19.4	-6.2	-3.3	6.1	4.6	-6.4	-19.2	-32.8	-39.4	最低值 -44.5
	发生时间	日/年	12/1980	1/1979	10/1967	7/1963	2/1966	2/1997	13/1964	29/1965	27/1964	28/1964	26/1987	13/1965	1月 12 日/1980
4	多年平均降水量	mm	3.7	2.7	6.5	19.3	34.6	86	135	131.6	68.2	23.9	9.5	6.6	527.6
	最大月降水量	mm	11.1	8.4	14.5	44.4	82.7	141.4	307.4	256.8	127.5	84.5	20.2	19.8	最大值 307.4
5	发生时间	年	1997	1990	1994	1991	1988	1990	1984	1997	1994	1994	1988	1991	1984
6	最小月降水量	mm	1	0.2	0.8	3.6	5.8	18.3	40.4	34	13.8	7.7	0.6	2.1	最小值 0.2
	发生时间	年	1990	1986/1989	1989	1986	1986	1987	1995	1994	1986	1997	1987	1985/1988	1985
7	多年平均气压	hPa	1001	1000	996.5	989.8	986.9	986.5	985.2	988.5	992.5	995.5	998.3	1000.8	993.3
8	多年平均风速	m/s	3.6	3.7	4.2	4.6	4.1	3.3	2.7	2.8	3.5	3.8	3.6	3.2	3.6
	最大风速	m/s	17	16.3	24	24	26.7	18	15	16	20	18	14.7	16	最大值 26.7
9	相应风向		NW	NW	NW	SSE	SSW	SSW	WSW	SW	SN, NW	WNW	NW	NW	SSW
10	平均相对湿度	%	69	63	57	54	52	70	78	81	72	60	64	70	66
11	最大冻土深	cm	195	220	243	255	257	257	256	254		44	100	154	257

第二章 沥青混凝土原材料

第一节 沥 青

一、沥青的基本特性和分类

1. 基本特性

沥青是一种有机胶结材料，是由一些极其复杂的碳氢化合物及碳氢化合物与氧、氮、硫的衍生物所组成的混合物。沥青在常温下呈固体、半固体或液体状态，颜色为褐色或黑色。沥青不溶于水，能溶于二硫化碳、四氯化碳、三氯甲烷、三氯乙烯等有机溶剂中。

2. 简要分类

按照沥青的来源不同，可分为地沥青和焦油沥青两大类。地沥青又分为天然沥青和石油沥青两种。

天然沥青是石油通过地壳运动从裂缝流出地表，在自然条件下经过长时间阳光等地球物理因素作用所形成的。天然沥青大多是固体或半固体状态，含有较多的矿物质和其他杂质，在有机溶剂中的溶解度较低，但黏度高，相对密度大。天然沥青中的地沥青酸及地沥青酸酐含量较多，表面活性比一般的石油沥青高，所以常用来掺入石油沥青中，以提高粘结力和改善沥青使用性能。

石油沥青按加工方式和所得产品性能的不同可分为直馏沥青、半氧化沥青或氧化沥青、溶剂沥青及调和沥青等。页岩沥青是从油母页岩中炼制的产品，其性能接近石油沥青，而生产工艺接近焦油沥青。

焦油沥青是对从干馏各类有机燃料，如煤、木材等所得的焦油再进行加工得到的沥青，如干馏煤得到煤焦油，对煤焦油再进行加工而得到煤沥青。煤沥青可分为高温、中温和低温煤焦油、软煤沥青和硬煤沥青。除上述各种沥青外，根据建筑工程的需要，为了提高沥青的使用性能，近年来又研究开发出各种改性沥青，诸如橡胶沥青、聚合物沥青、树脂沥青和掺硫沥青等。

3. 主要用途

由于沥青具有良好的粘结性、塑性、防水性和防潮性，因而广泛应用于工业、交通、水利及民用工程建设中。目前，水利方面使用的沥青主要是石油沥青。

二、石油沥青的分类

1. 按生产方法分类

石油沥青按生产方法可分为直馏沥青、氧化沥青、裂化沥青、溶剂沥青、调和沥青五种。

(1) 直馏沥青。炼油厂将原油进行常压蒸馏，提取汽油、煤油、柴油后存留在蒸馏塔底部的残渣称为塔底重油。将塔底重油再进行减压蒸馏，提取一些柴油、机油后，所得到的残留物称为渣油。将渣油再次吹进过热蒸气减压蒸馏，分馏出重质油后所得的残留物称