

挪威的沥青混凝土心墙堆石坝(一)

李子铮 编译

(四川省电力工业局 成都 610061)

前言 1993岁末,笔者收到挪威咨询集团副总裁爱德瓦森(per-kristian Edvardsen)先生寄来的“沥青混凝土心墙堆石坝”一书,即以先睹为快,阅后甚感内容新颖,尤以其总结了该国修建此类坝型的丰富经验、弥足珍贵。鉴于我省正在筹建的冶勒电站,是世界罕见的深覆盖层上修筑的120m高的沥青混凝土心墙堆石坝,有关沥青心墙材料的科研工作正待开展,书中资料是值得认真学习与借鉴的。

书中共分七章,在前言中署名的除郝格(H Öeg)先生外,还有R&D设计指导委员会主席希文好士(Svein Huse)先生以及卡尔申(Karlsen)、萨克卡尔德(Saxgaard)先生共四人。编写出版时间为1993年9月于奥斯陆。

由于本刊篇幅有限,难以直译全书,前面几章只能逐章分节摘译或意译其主要内容以飨读者,一些图表资料只好割爱,好在原书在手,如有必要还可通过其他方式介绍。在译者后记中将谈及自己的心得,供有兴趣者交流、讨论,交稿匆促,难免谬误之处,尚希读者不吝指正。

1 挪威建坝历史的回顾

本章中列出了迄今在挪威修建的高于15m的土石坝累计为174座(其中两座在建),除13座为土坝外,其余均为堆石坝,在堆石坝中采用沥青材料做防渗心墙有11座,已建最高的堆石坝为90m,在建的两座堆石

坝坝名为斯陶勒姆瓦津(Storglomvatn)与郝姆瓦律(Holmvatn),其高度分别为125m与56m。

2 沥青混凝土心墙的应用

2.1 本节中介绍沥青混凝土心墙按其施工工艺区分为三种型式

第一种浸渍法(Stone bitumin)(译者注:与浸油路面工艺相似);本法系在心墙两侧立模,铺筑厚0.2~0.3m一层、清洁干燥的级配砾(碎)石,经捣固后,由一端起喷注热沥青浸渍充填骨料孔隙,随后缓慢移动沥青喷嘴直到心墙另一端,拆模后,再在心墙两侧填筑滤层/过渡层。本法另一种做法是先在模型内注入沥青,然后投入骨料再行碾压,后者,作者认为不甚可靠,故从未采用过。

第二种碾压法;是在心墙部位铺筑加热拌合沥青混凝土,再行碾压的“重”沥青混凝土。此法1962年始用于德国,迄今仍被广泛采用。该混凝土中沥青含量(按重量比,以下均同,不再加注)。在6%上下。本书中讲的心墙型式全属本法。

第三种浇筑法:在俄罗斯有过三个高堆石坝采用本法(译者注;其中可能包括在建的依尔千奈),它们都是修建在可压缩的冲积层上,在建设及运用过程,坝体将持续产生沉陷与复位。俄人采用沥青含量加大到10%~12%的拌合物,注入1m高的模型内,在混凝土温度降到45℃时拆模后填筑滤层/过渡

层。作者把这种沥青混凝土称之为“超饱和”的“流态”混凝土,认为它难以被充分压实,主要适用于当地严寒的气候环境,设计上要求心墙具有相当高的可塑性与韧性。此外,本法还具有施工技术与装备简便易行的优点。

2.2 本节从沥青材料的特性出发,总结出沥青混凝土心墙的适用条件和优越性

虽然在挪威修建的 174 座土石坝中约占 70%的心墙是采用冰碛土修的,但自 20 世纪 80 年代以来,修建沥青混凝土心墙者日增,且效益显著,其主要优点表现在:

1. 沥青混凝土是一种人工配制的材料,可以按设计意图人为地控制其功能;

2. 可以避免因大规模取土而破坏天然景观,收保护生态环境之效;

3. 沥青混凝土在施工上可以相对地减少对气候条件的依赖。一般地讲,降雨可不妨碍它施工,大雪与严寒天气虽然对土料心墙与沥青混凝土心墙均属不利,但后者(译者注一指在挪威)至少比前者施工期延长一个月以上;

4. 沥青混凝土材料本身具有高度的抗渗、抵御侵蚀能力和耐久性。它便于压实并形成无接头的连续墙体、经过精心配制的沥青混凝土有较好的粘弹性(Viscoelastic-plastic)和韧性(延展性),以及防止裂缝产生的自愈功能,因此,它特别适用于高地震烈度区域内;

5. 沥青混凝土心墙厚度一般仅 0.5m(挪

威在建的高 125m 堆石坝顶/底宽为 0.5/0.9m),用材十分经济。另一方面薄而柔韧的心墙也有利于和坝体同步变形,只要心墙配比的设计能做到与坝体相关部位的应力/应变相适应,心墙即不致遭受破坏。本节中,作者还同时强调了心墙以外包括滤层、过渡层与坝壳材料的优选与施工质量的严格要求,以此来控制坝体(包括心墙)在静力与动力条件下应力/应变的度量。(译者注:作者在这里讲的坝体(整体)与心墙(局部)两者在结构安全上的互为因果的关系是一个很重要的概念)。

迄今为止,挪威还没有在深覆盖上修建此类坝型的经验,但作者认为:从理论上讲,深厚覆盖层上修建碾压法沥青混凝土心墙不是不可行的,充其量不过是把沥青含量增大一些,使它的柔韧程度更高一些。认为:在 5%~6%沥青含量的基数上增加 2~3 个百分点,仍然可以采用碾压法施工;今后,进而研制性能更为柔韧、粘度相对较低的沥青材料,以增大裂缝自愈功能和降低操作温度,必将扩展沥青混凝土心墙的使用范围。

3 挪威沥青混凝土心墙坝的实践

3.1 沥青混凝土心墙堆石坝的主要情况

表 1 中介绍了挪威自 1978 年以来修建的高 30m 以上的沥青混凝土心墙堆石坝的主要情况(注:表中栏目稍有节略)。

表 1

坝名	坝高 (m)	墙厚顶/底 (m)	V/H	心墙面积 (m ²)	心墙体积 (m ³)	建设期
瓦斯里达斯杰尔(Vestredalstjern)	32	0.5	1:0	6000	3100	1978~1980
卡特拉瓦津(Katlavatn)	35	0.5	1:0	4600	2300	1979~1981
斯陶瓦津(Storvatn)	90	0.5/0.8	1:0.2	76000	49000	1981~1987
里斯卡瓦津(Riscallvatn)	45	0.5	1:0	14600	8000	1983~1986
布达斯卡瓦津(Berdalsvatn)	62	0.5	1:0	13000	6800	1986~1988
斯泰斯卡瓦津(Styggevatn)	52	0.5	1:0	30400	15300	1986~1990
斯陶勒姆瓦津(Storglomvatn)	125	0.5/0.9	1:0	44000	22500	1993~在建
郝姆瓦津(Holmvatn)	56	0.5	1:0	12000	6200	1993~在建

3.2 沥青混凝土心墙材料的配比指标

混凝土心墙材料的配比主要指标列入表 2 供参考：

下面仅就表 1 中 50m 以上高坝的沥青

表 2

坝名	坝高 (m)	骨 料			填 料			沥 青	
		石料来源/粒径(mm)	捣固值	片状含量 (%)	总量 (%)	碎石粉尘 (%)	石灰石粉 (%)	含量 (%)	型号
斯陶勒姆瓦津	125	天然卵石加 50% 碎石 (0~18mm)	34~45	1.29~1.43	13	≥6.5	≥6.5	6.3	B ₁₈₀
斯陶瓦津	90	片麻岩碎石 (0~16mm)	34~45	1.29~1.43	12	4~5	7~8	6.2	B ₆₀
布达瓦津	62	天然卵石加 20% 碎石 (0~20mm)	20~46	1.29~1.45	11	6~8	4~6	6.1	B ₆₀
斯泰际瓦津	52	花岗片麻岩(碎石) (0~16mm)	43~46	1.33~1.43	12	5~7	5~7	6.3	B ₆₀

附注:1. 石粉填料一般占 12%, 粒径 < 0.075mm, 视骨料酸度大小, 填入一定比例的石灰石粉;

2. B₆₀ 沥青适宜碾压温度为 160~180℃, B₁₈₀ 沥青 140~155℃。

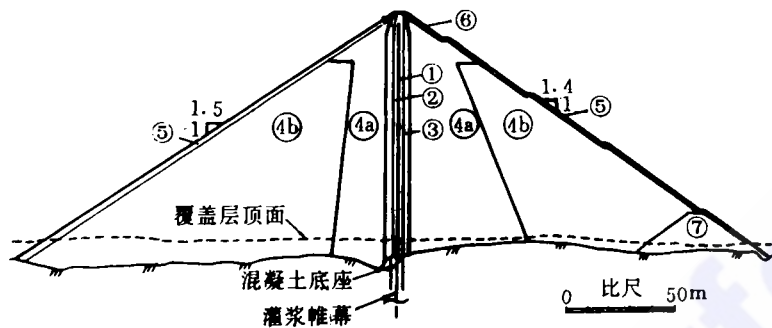


图 1 斯陶勒姆坝的断面

①沥青心墙配比材料已见于表 2。碾压后层厚为 0.2m, 震动碾重为 0.25~0.5t 应通过现场试验决定碾重与碾压遍数 (碾后孔隙率 < 3%), 碾宽应比心墙断面稍宽; ②滤层/过渡层为 0~60mm 天然砾石或碎石厚同心墙, 1.5t 震动碾, 碾压遍数应通过现场试验决定, 一般为 3~6 遍; ③外过渡层 碎石 0~200mm, 碾压层厚 0.4m, 15t 震动碾碾压伴随压力水冲填 4 遍; ④a 内坝壳材料 开挖石料 0~400mm, 层厚 0.8m, 15t 震动碾碾压伴随压力水冲填 8 遍; ④b 外坝壳材料 开挖石料 0~800mm, 层厚 1.6m, 15t 震动碾碾压 6 遍; ⑤护坡块石 > 0.5m³ 大石, 用反铲抛投就位; ⑥顶部压重 > 1.0m³ 块石; ⑦坝址堆石体 > 0.5m³ 块石, 自卸汽车卸料至 4m 高。

3.3 堆石坝断面分区材料特性

以在建的斯陶勒姆瓦津坝的设计为例, 分区介绍其特性如下, 参见图 1。

本章以下各节内容系依次对表 1 诸坝做较详细的介绍, 包括断面设计, 工程要点与运用情况等, 限于篇幅予以节略。

4 沥青混凝土心墙施工措施与装备

挪威自 1981 年修建斯陶瓦津坝时, 就已采用改进后的系列新装备进行沥青混凝土心

墙的施工, 至今, 在减少手工操作、改善运输与现场卸料方面更趋完善, 下面介绍挪威在 1987 年至 1991 年施工工艺装备的简要情况。这一套装备通过本国与国外, 英国杰尔士 (Jersey) 的实践证明, 在严格执行规程的条件下, 完全能满足寒冷与多雨雪的工程环境施工需要。

4.1 沥青混凝土工厂

一般产量达 50~60t/h 的拌合厂就可满足要求, 厂内设有四个骨料加热仓, 因为不拌合不能连续生产, 故保温措施十分重要。拌合

系统的批量成品分析自动打印装置是必需的。

碎石系统生产时,应收集粉尘以供作填料用,不足时,以波特兰水泥补充,因此要装备两个填料罐。

4.2 铺料与碾压

因为心墙的铺料与碾压必须与两侧的滤层/过渡层同步进行,因此专门设计一个联合铺料机,参见图3,工区总布置可参见图2。联合铺料机的卸料口宽度都是按心墙与滤层的断面宽设计的,层厚与高程由激光制导的刮料板控制,在心墙中线上拉了一根金属丝,由

安装在铺料机前端底部的摄像机反馈到司机室电视屏幕上以免偏离中线。铺料机的最前端还有一个紧贴地面的燃气红外加热板 and 真空吸尘装置,通过吸尘与加热可改善新老沥青混凝土表面的结合,不需另加粘合剂,这是通过粘取心墙试验证实的。从图2可见沥青心墙与其两侧的滤层分别由3台震动碾进行平行流水作业。沥青拌合工厂要尽可能接近坝区,拌合物采用轮载保温的箱斗运输,滤层料则贮入可移动式料仓,由装载机就地取料装入铺料机仓斗卸料。

沥青心墙基部置于事先修的混凝土底座



图2 挪威的沥青混凝土铺料机工作在斯泰尔瓦津坝上

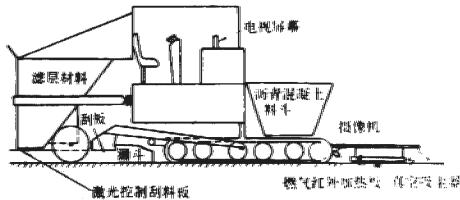


图3 铺料机工作原理

之上,参见图1。该底座嵌入岩基下部进行帷幕灌浆,在结构上,为适合机械化需要,力求浇得长一些(最少30m),表面要平整,在心墙铺料前不但应清洁与干燥,而且要做喷砂和用盐酸液清洗,(如出现裂缝需化灌处理),干

燥后,用掺有硬脂酸的沥青涂料涂粘层,加热后再铺沥青混凝土料。

由于坝基不平整,且两岸有接头,手工作业是难以避免的,此时,沥表材料要在模型内

(下转第95页)

泊、水库而言,必须有一系列的特殊理论和方法对其进行研究。例如,湖泊类水体由于自然交换很慢,很容易导致富营养化状态的发生,因而湖泊的富营养化也是重要课题之一。特别是要研究污染物如何在湖泊水体中积累以致造成富集的。

从上述环境水力学对一些大水体的研究中可以看到,环境水力学这门学科研究的对象是非常广泛的。实际上,除了对上述大型水体所进行的研究外,环境水力学对环境工程构筑物中的一些水力学问题也是很感兴趣的。

氧化塘作为一种造价低廉、技术条件简单的废水处理构筑物,其处理效率在一定程度上是由塘的水力条件所决定的。应用环境水力学的方法和理论,人们能够详细研究塘中水力条件对处理效率的影响,为进行塘的优化设计(减少死容积、改善流动状态等)提出指导性的意见。

环境工程(也包括水电工程)中,沉淀池是一种常见的构筑物。提高沉淀效率、减少沉

积物堵塞亦成为环境水力学所要研究的课题之一。

在过滤池中,水的微观流动状况是人们深入了解过滤机理的要点之一。环境水力学向这类研究方向的延伸,预示着这门学科的蓬勃发展。

事实上,在所有与水有关的环境工程构筑物中,无不与水的流动密切相关。正因如此,环境水力学也就有了用武之地。就目前而言,环境水力学对前述大型水体的研究已有许多成果,但对环境工程构筑物中的水力学问题的研究还有待加强。

由于环境水力学是一门交叉学科,所以它涉及到的知识面是很广的。环境水力学正处于快速的发展阶段,很多新技术、新理论的出现为它注入了新鲜的血液,也为它更广泛的应用打下了新的基础。例如数字图象处理技术,是近年来才发展起来的高技术。应用于环境水力学研究,将使环境水力学的实验手段向前迈进一大步,并使它的应用范围更加拓宽。(待续)

(上接第 92 页)

铺筑,采用小型震捣设备捣固,待拆模后铺筑滤层/过渡层。要尽可能加快作业速度以保证碾压温度要求,无论是用机械或手工铺筑与碾压的综合速度都要求能做到 1~3m/min。因故停工 10~15min,则必需按工作缝处理后再行复工。

碾压后的心墙表面中间将略为凸出,并可能出现微细裂纹,这是无妨的,在上一层碾压时自然会闭合。坝体各区上料、碾压是同步上升的,但要做到外层料物的填筑,要滞后于心墙与滤层的高度,这对雨季施工排水是有好处的。

如上料路线不可避免的要跨过心墙时,

挪威的经验是在心墙部位安装移动式便桥,桥下要铺上苫布或塑料布以防污染心墙层面。

由于沥青心墙质量在坝体防渗上至关重要,施工中需建立严格的质量保证与监控体系,必须对混凝土骨料与填料级配的变化及时检测,并相应地调整碎石机轧料间隙与换修筛网。定期钻孔取芯检查虽然也是一种监控手段,但一经发现质量问题,返工处理极其耗钱费时,应防患于未然。已经在有的工程采用非破坏性的检测设备(如原子密度计)可以及时检测碾固程度,但目前钻孔取芯检查还是通用的手段。

(待续)