

聚氨酯硬质泡沫在大坝工程中的应用研究

杜 彬

(宜昌天宇科技有限公司,湖北 宜昌 443002)

摘要:为保持大坝表面相对恒温、恒湿,减少温度梯度变化及干缩裂缝,选用聚氨酯硬质泡沫作为大坝表面的保温材料,采用双组分涂料喷涂系统进行施工,取得了较好的效果.新疆塔西河石门子水库大坝的喷涂实践表明,拱坝表面喷涂聚氨酯硬质泡沫保温层后,对大坝的保温、隔热、保湿作用十分明显.

关键词:混凝土坝;裂缝;保温;保湿;聚氨酯硬质泡沫

中图分类号: TU55⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2002)04-0014-03

大坝混凝土所产生的裂缝,绝大多数是表面裂缝,其中一部分会发展成深层或贯穿性裂缝,影响大坝结构的整体性和耐久性.引起大坝表面裂缝的原因主要是湿差和温度应力.一些国家早在20世纪60年代就开始研究大坝表面的保温问题.可用于大坝表面保温和养护的材料很多,常见的有:①采用泡沫塑料板或纸板保温;②采用砂层保温;③采用泡沫塑料板加聚氯乙烯薄膜保温;④采用两层厚模板中填刨花的隔热材料,部分采用预制混凝土板保温;⑤采用自动上升的活动帐篷,在帐篷内创造局部人工气候,浇注时完全和外界隔绝,夏季仓面用流水降温.但是采用上述保温材料、保温措施后,仍然会产生不少裂缝.在我国,早期主要采用草袋和草帘保温,但是它们易燃烧,易引起火灾,不耐用,而且一受潮就腐烂,不是理想的保温材料;在东北地区,曾使用过木丝板,喷涂过水泥膨胀珍珠岩,这些材料虽有一定保温作用,但受潮后保温作用锐减.

20世纪80年代后,泡沫塑料成为主要的保温材料,目前世界各地广泛使用的保温材料主要有聚苯乙烯泡沫塑料板、保温被、聚乙烯气垫薄膜、聚乙烯泡沫塑料板等,常用的施工方法有内贴法、外贴法和喷涂法3种.不论内贴还是外贴,都是采用粘性材料将保温材料粘贴在大坝混凝土表面,而喷涂则是利用高压装置将保温材料直接喷涂在大坝表面.

为保持大坝相对恒温、恒湿,减少温度梯度变化及干缩造成的裂缝,笔者经长期研究分析,在众多的保温材料中,选用新型的聚氨酯硬质泡沫作为保温

材料,其保温性和经济性均优于传统的保温材料.实践证明,这是一种能适应我国西北地区大坝保温、隔热、保湿,防止大坝因温度梯度及干缩比发生变化而产生裂缝的好材料,开创了大坝保温、隔热、保湿中使用聚氨酯硬质泡沫喷涂工艺的先例,创造了良好的综合技术及社会环境效益,并已获国家实用新型专利^①.

1 聚氨酯的主要理化特性

聚氨酯硬质泡沫由主料与其他辅助材料组合而成.

a. 发泡剂.在反应时加入低沸点氯氟烃,受热挥发形成气体,被聚氨酯料液包裹形成泡沫.对发泡剂有两个要求:一是低沸点,易形成气体;二是热导率低.氯氟烃刚好满足这两个条件.

b. 催化剂.催化剂主要是用来控制主反应的快慢,催化剂加入量的多少可以将反应时间控制在1~15s之间,满足喷涂条件的反应时间一般为3~5s.

c. 稳定剂.稳定剂主要用来控制泡孔的均匀程度以及泡孔的大小,稳定剂可以促进乳状液与溶液之间的混溶,同时可以降低体系的表面张力,增加泡沫的稳定性.

d. 阻燃剂.阻燃剂是针对泡沫表面积大,易燃而作出的防范措施.

将聚氨酯硬质泡沫用于保温与用其他保温材料相比,具有外形美观、保温隔热及保湿性能优良、不受气候影响、施工简单等优点.在没有加入发泡剂之前,聚氨酯硬质泡沫是一种强度极高的粘合剂;在加

作者简介:杜彬(1964—),男,四川南充人,工程师,硕士,从事水利水电工程新技术、新材料研究.

①国家实用新型专利号:012590649.

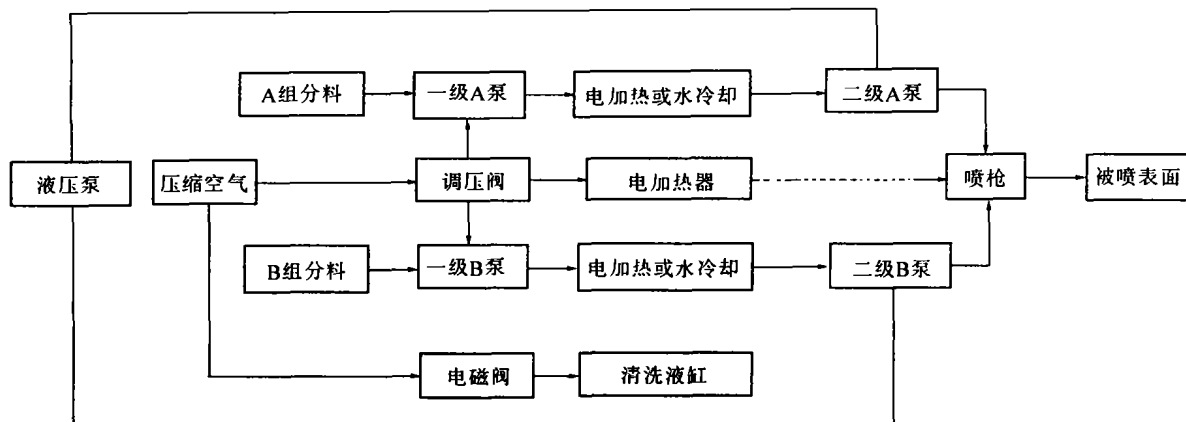


图1 工作原理

入发泡剂制成泡沫后,其粘结力仍然很强,仍能跟水泥(混凝土)连为一体。由于水对聚醚型氨脂基本上没有溶解、腐蚀作用,水与泡沫不起反应,所以被水淹后它是不会脱落的。

2 喷涂工艺

由于喷涂工艺的好坏直接影响聚氨酯的各项性能指标,因此我们选用双组分涂料喷涂系统,并对其部件进行了改配,使其具有变功率加热及可任意设定温度的温控系统,随着环境的变化温度可进行自动补偿,良好温度的设定能确保不同流层物料加热的均匀性,避免了自聚反应;通过三路加热,可保证系统连续无间歇工作;选配改进后,枪体内设有空气自动清洁装置,用气体可以干净彻底地完成清洁工作,能避免一般设备在活塞清洁枪体时,由于活塞自身粘物而引起的阻塞。

a. 精确配比。双组分系统,将A、B组分的料管增长到施工所需的长度并加以充分利用;往复马达,无死点、输出无压力脉动空气喷涂AA雾化,促进了喷涂的均匀性;角落无“气热”效应;施工过程中可根据不同环境调整施工方案及配方。

b. 工作原理。喷涂的工作原理见图1。

3 工程实例

3.1 喷涂施工

新疆塔西河石门子水库大坝,整个坝体表面的聚氨酯喷涂因工程进度的影响分为两个阶段进行施工(图2)。聚氨酯主要理化性能指标见表1。

表1 理化性能指标

内部密度 /($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	皮密度 /($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	尺寸稳定性 /%	吸水率 /($\text{G}\cdot\text{m}^{-2}$)
50	60~70	<2.0	<150
抗压强度 /($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$)	导热系数 /($\text{W}\cdot(\text{m}\cdot\text{k})^{-1}$)	耐燃性(离火自熄时间)/s	
>1.7	0.019±0.003	<3	

第一阶段,从高程1323.5~1365.0m,第二阶段,从高程1365.0~1394.0m。考虑拱坝应力的变化,选取了坝前喷涂3cm聚氨酯,坝后喷涂5cm聚氨酯的施工方案。在喷涂聚氨酯前对坝体表面进行了清理及干燥处理,并采用了自上而下,从左、右坝肩墙至拱坝中缝顺序喷涂保温层的施工措施,以防止温度迅速降低而对大坝造成温度应力的危害。我们选用了密度、导热系数较好的聚氨酯配方。由于聚氨酯喷涂施工的时间在10月至11月,当地的气温在 $0^{\circ}\text{C}\sim-10^{\circ}\text{C}$ 之间,使得聚氨酯喷涂施工不但要求一流的设备,还要求有严格的施工措施。喷涂施工时对材料的反应时间、固化速度、雾化风压及施工环境都要有充分的认识,喷涂施工采取了以下控制措施:

a. 控制反应时间,即控制物料喷涂到被喷物表面上颜色变白(指第一层发白)的时间,一般控制在3~7s,若太快容易堵喷枪,太慢容易发生流失或滴落现象,形成喷涂的不均匀性。

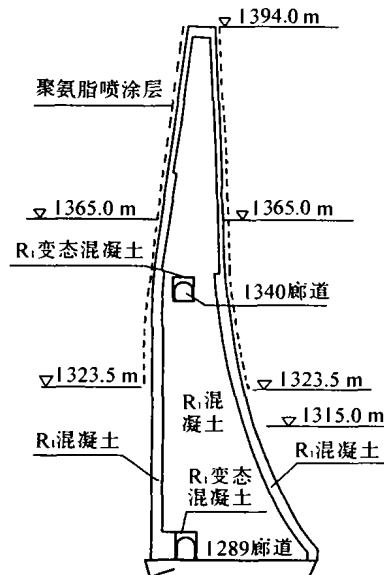


图2 石门子水库大坝的分阶段喷涂层施工

b. 控制固化速度,通常指泡沫发起后表皮不粘

手的时间或完全固化时间.一般手工发泡时间控制在 12~20 s,喷涂发泡时间控制在 3~7 s.

c. 调整雾化风压.根据配方的流量不同和物料粘度的大小变化,调整雾化所需的风压,一般风压控制在 0.4509~1.7658 MPa.

d. 控制喷涂量.大流量喷涂不易喷平,采取 1 kg/min 左右的流量,喷枪的移动速度约 0.5~0.8 m/s,单层喷涂的泡沫厚度在 15 mm 左右,喷枪与实物的间距为 1400 mm.

e. 采取升温措施.喷涂物表面温度低时乳白时间较长,发泡后底层密度大,粘合不牢,泡沫容易从物体表面脱落,此时需增加催化剂用量,或者加热喷雾压缩空气,加热温度为 40℃~60℃.

3.2 喷涂层的保温、隔热、保湿效果

在坝体表面设置用导热系数较低的聚氨酯材料所制成的保温层后,当气温变化时,混凝土内部不直接与大气进行热量交换,并且形成一个温度与湿度较为稳定的隔离场,不因外界气温大幅度升降而导致温度梯度剧增,使得大部分热量交换仅仅在保温层里发生,从而使混凝土温度梯度平缓,起到降低表层温度拉应力的效果,从而防止混凝土表面裂缝的发生.聚氨酯保温材料的保温效果可用变化厚度表示,即相当于厚混凝土的保温效果.

a. 应用于水电工程的保温聚氨酯材料在相对湿度下的热阻保留率见图 3.

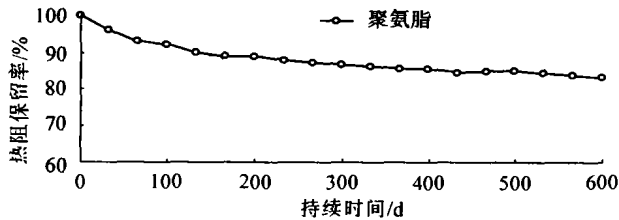


图3 在70%相对湿度下保温材料的保留率

聚氨酯保温材料及保温层厚度的选择原则是混凝土表层温度拉应力应大于或等于混凝土允许拉应力的区域(厚度),选择的依据主要取决于气温变化

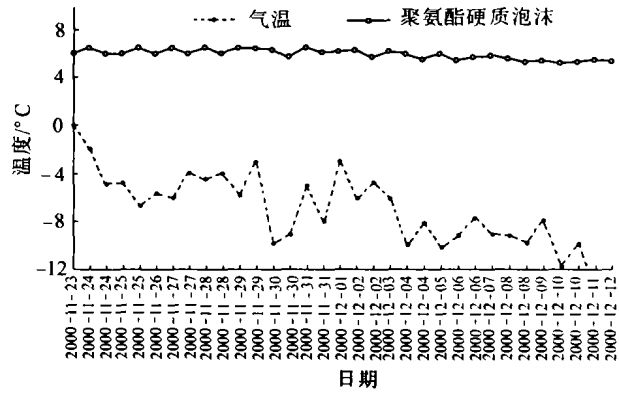


图4 聚氨酯保温材料的保温性能

及保温材料的耐水性.

等效热交换系数是表面保温效果的主要指标,保温材料对温度场的影响用选择等效热交换系数值的方式来确定,交换系数值的大小和保温材料的导热系数及风速有关.

b. 用于新疆石门子水库的聚氨酯保温材料在 0℃ 以下气温条件下的保温性能见图 4. 坝面喷涂聚氨酯保温材料的实测结果表明:混凝土表面温度由 -15℃ 上升至 7℃,保温效果良好,改变了温度的变幅条件,缓解了混凝土内部的绝对温升,从而减少了高寒地区拱坝温度应力的危害.

4 结 语

尽管目前大坝外露面采用的保温材料较多,但都没有很好地解决大坝由于湿差和温度应力造成的表面裂缝问题.实践表明,由于湿度变化而引起的干缩裂缝占大坝表面裂缝的 60%~70%.因此,坝面的保温固然重要,但是保湿亦十分关键.本文技术的应用克服了已有技术的不足,在充分考虑大坝的保温、保湿等特点的基础上,提出一种防大坝表面裂缝的保温、保湿喷涂措施.聚氨酯喷涂层具有抗裂性能好、外形美观、保温隔热、保湿性能优良、施工简单等优点,值得推广应用.

(收稿日期:2001-07-15 编辑:马敏峰)

·简讯·

刘家峡水电站技改效益显著

刘家峡水电站位于甘肃省永靖县境内的黄河干流上,是我国 20 世纪 60 年代建成投产的第一座 100 万 kW 级水电站,装机 5 台共 116 万 kW,其中 5 号机组是我国自行设计制造的出力为 30 万 kW 的双水内冷发电机组,反映了当时国内的先进水平.经过几十年的运行,该电站的机组部件日益老化,设备缺陷逐渐显现,加之泥沙磨损,过流部件产生空蚀,机组性能已大不如前,出力明显降低.为此,自 20 世纪 80 年代中期即开始着手对电站机组进行技术改造.1992 年首先对 2 号机组实施技改,采用了先进的新技术、新材料、新工艺,使机组的经济性和安全可靠都有了很大提高.此后,又相继对 4 号、3 号、5 号和 1 号机组实施改造,先后历时 10 年,于 2002 年 2 月全部完工.改造后的机组出力有较大提高,从原有的 116 万 kW 提高到 135 万 kW,达到了增容的目的,增加了容量 19 万 kW,相当于新建了一座中型水电站,年增发电量约 8 亿 kW·h,而全部投资不过 5 亿元,经济效益十分显著.

(吴荣高供稿)