

 混凝土技术丛书

水工沥青混凝土 防渗技术

● 岳跃真 郝巨涛 孙志恒 刘增宏 编著



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

混凝土技术丛书

水工沥青混凝土防渗技术

岳跃真 郝巨涛 孙志恒 刘增宏 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北京 ·

本书是《混凝土技术丛书》的一个分册。本书结合作者的工作体会和经验,介绍了水利水电工程中的碾压式沥青混凝土防渗技术,包括原材料、沥青混凝土性能、沥青混凝土的配合比设计、沥青混凝土防渗面板和心墙的施工设备及施工技术和质量控制、工程建设的管理和维护。书中还介绍了渠道方面沥青混凝土防渗新技术。书末附录对沥青混凝土的本构模型和应力计算方法也进行了介绍。

本书力图反映国内目前碾压式沥青混凝土防渗技术的实际发展状况和水平,并介绍了国外相关技术和经验。书中还结合国内水利工程近三四十年来的实际,有针对性地介绍了国内沥青混凝土道路工程建设中的宝贵经验。

本书可供水利水电工程技术人员工作和学习参考,并可作为高等学校相关专业本科生、研究生的学习参考书和教师的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

水工沥青混凝土防渗技术/岳跃真等编著. —北京:化学工业出版社, 2006.9
(混凝土技术丛书)
ISBN 978-7-5025-9526-5

I. 水… II. 岳… III. 水利工程-沥青混凝土-渗流控制 IV. TV544

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 117963 号

混凝土技术丛书

水工沥青混凝土防渗技术

岳跃真 郝巨涛 孙志恒 刘增宏 编著

责任编辑: 常青 窦臻 马燕珠

文字编辑: 徐雪华

责任校对: 吴静

封面设计: 于兵

*

化学工业出版社 出版发行

材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 31 $\frac{3}{4}$ 字数 599 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978 7 5025-9526-5

定 价: 66.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《混凝土技术丛书》编委会

主任 姚 燕

副主任 韩素芳 王铁梦 陈龙珠 王 玲

委员 (按姓氏笔画排序)

王 玲 中国建筑材料科学研究院高级工程师，中国混凝土外加剂协会秘书长，中国土木工程学会外加剂专业委员会副主任，中国建筑学会建材分会外加剂应用技术委员会副主任

王铁梦 冶金建筑研究总院原副院长兼上海分院总工程师，教授级高级工程师，博士生导师，国家工业建筑诊断与改造工程技术研究中心技术顾问

王爱勤 北京市建筑材料科学研究院院长助理，高级工程师

邱 平 中国建筑科学研究院国家建筑工程质量监督检验中心高级工程师

沈荣熹 中国建筑材料科学研究院水泥与新型建筑材料研究所顾问，教授级高级工程师

张树凯 原国家建材局生产司司长，中国水泥制品工业协会名誉会长，高级工程师

张荣成 中国建筑科学研究院国家建筑工程质量监督检验中心教授级高级工程师

陈龙珠 上海交通大学教授，博士生导师，安全与防灾工程研究所所长，建设部桩基动测单位资质评审专家委员会委员

陈拴发 长安大学公路学院教授

岳跃真 中国水利水电科学研究院结构材料所副总工程师，教授级高级工程师

周德源 同济大学土木工程学院教授，博士生导师

胡曙光 武汉市副市长，武汉理工大学教授

姜 红 国家建筑工程质量监督检验中心常务副主任，中国建筑科学研究院建筑工程检测中心主任，教授级高级工程师

姚 燕 中国建筑材料科学研究院院长，教授级高级工程师，博士生导师，中国建筑材料工业协会副会长，中国混凝土外加剂协会会长，中国水泥制品工业协会副会长，中国硅酸盐学会水泥分会主任，中国水泥协会副会长，中国建筑学会建材分会副主任

崔庆怡 陕西建筑科学研究院顾问，教授级高级工程师

隋同波 中国建筑材料科学研究院院长助理，所长，教授级高级工程师，博士生

导师，中国硅酸盐学会水泥分会秘书长

韩素芳 中国建筑科学研究院教授级高级工程师，中国土木工程学会混凝土质量专业委员会主任委员

韩继云 中国建筑科学研究院国家建筑工程质量监督检验中心研究员，一级注册结构师

出版者的话

混凝土具有强度高、耐久性好、原料来源广、制作工艺简单、成本较低、适用于各种自然环境等优点，因此，它是世界上使用量最大、最为广泛的首选建筑材料。近年来，随着建筑技术的不断更新，混凝土的组成及施工工艺也发生了巨大变化，混凝土结构的研发与创新，新材料、新工艺、新技术的开发应用，典型工程的创新应用等均取得了长足的进步，建造了许多举世瞩目的工程项目。为了及时总结推广和应用混凝土的新技术、新工艺、新材料，总结在混凝土研究开发方面的创新经验，以期进一步促进对混凝土的科学研究和技术发展，我们特邀请了中国建筑材料科学研究院、中国建筑科学研究院、原冶金工业部建筑科学研究所、上海交通大学等有关科研院所和企业的专家、教授编写了《混凝土技术丛书》和《建筑工程质量控制丛书》。

这两套丛书总结和反映了国内外有关混凝土研究、开发、应用的最新技术、最新进展，书中有不少数据与理论是作者长期实践经验的总结，这些资料非常宝贵，有的是第一次公开出版，具有非常重要的参考价值。这两套丛书是从事土木与水利工程的地质勘探、结构设计、施工技术、质量检测和监理等工作的科研人员及工程技术人员自学提高的必备参考书，同时也可作为继续教育的培训用书及相关院校师生的参考书。

我们真诚地欢迎读者和用户对丛书提出宝贵的意见和建议，以便再版时不断使其得到改进和完善。

化学工业出版社

2005年12月

前 言

国外早在 20 世纪 30 年代就开始在大坝上采用沥青混凝土防渗技术，如德国的 Amecker 土石坝沥青护面板堵漏（1934 年）和阿尔及利亚的 Ghrib 堆石坝沥青混凝土面板防渗（1936 年）。我国在 20 世纪 70 年代开始在大坝上采用沥青混凝土防渗，如辽宁的十二台子沥青混凝土面板堵漏（1974 年）和陕西的正岔沥青混凝土面板防渗（1976 年）。

我国水工沥青混凝土防渗技术的发展，自 20 世纪 70 年代起，历经了 30 多年的艰辛坎坷。由于国内自身条件所限，虽经两三代各方志士的努力，并取得了今天的可喜成绩，但与其在国内应有的地位和当前国际水平相比，差距仍然明显。综观历史，以 20 世纪 90 年代天荒坪抽水蓄能电站沥青混凝土面板工程为界限，可以将这 30 多年的历程分为两个时期，在此之前为国内自主发展时期，此后为国内外合作时期。

在国内自主发展时期，除心墙坝外，这一时期修建的沥青混凝土面板坝大都出现了流淌、开裂等问题，影响了工程的正常运行。致使有的地方水利管理单位声称，在本部门负责的区域不再考虑采用沥青混凝土面板防渗技术。水工沥青混凝土防渗技术在国内进入了一个十分困难的时期，相关工程建设基本处于停滞状态。国内唯一反映水工沥青混凝土防渗技术的专业期刊由于各种原因，也于 1992 年停刊。1989 年出版的、由蒋长元和蒋松涛编著的《水工沥青混凝土防渗墙》一书就是这一时期工作的总结，基本反映了那个时代国内的技术水平。在对这些问题坝进行翻修时，采用局部修补并用砂砾石斜墙覆盖原有沥青混凝土防渗面板的有北京的半城子（1985 年），采用土工膜覆盖原有沥青混凝土防渗面板的是陕西的石砭峪（2000 年），采用钢筋混凝土面板取缔原有沥青混凝土防渗面板的有湖北恩施的车坝河（2003 年）和浙江的牛头山（2005 年），采用沥青混凝土对原有沥青混凝土面板进行修补的有河南的南谷洞（2004 年）和山西的里册峪（2002 年）。

国内工程的诸多问题主要是由于这一时期国产沥青品质较差，现场施工机械化水平较低造成的。沥青方面主要是软化点和延度偏低，尽管国内 1979 年曾制定了水工沥青技术标准，但受石油行业生产水平的限制，实际中基本没有得到执行。施工机械方面，沥青混凝土施工由于自身的特点，要求机械化程度较高。而国内当时的施工中沥青混合料生产计量精度差，温度控制水平低，现场摊铺时基本摊铺设备没有预压实。进入 20 世纪 90 年代，国内高速公路工程建设的飞速发

展，推动了国内沥青产品的品质逐渐与国外一致，沥青混合料拌和站和沥青混凝土摊铺机设备也有了较快的发展。公路建设的发展为水利工程提供了宝贵的经验，在沥青和施工设备方面，除斜坡摊铺机和心墙摊铺机外，使我们在稍做调整的情况下，享用他们已经取得的成果。

自1994年浙江天荒坪电站建设开始，国内沥青混凝土防渗工程建设市场对国外承包商开放，国内各科研设计单位也以此为契机，开始系统地向国外先进经验学习。经过天荒坪、茅坪溪、尼尔基工程，以及目前正在建的张河湾和西龙池工程，国内已初步了解了国外先进技术，并开始有意识地向形成自有技术的方向过渡，主要表现在国内碾压式沥青混凝土施工机械的进步方面，详见书中的相关介绍。

应当认识到，国内水工沥青混凝土防渗技术水平与国外相比，与国内道路沥青混凝土技术水平相比，都还存在较大的差距，表现在沥青及沥青混凝土性能指标的合理确定和国内自主知识产权的施工专用设备开发两方面。对于前者主要表现在沥青及沥青混凝土工程技术指标的确定中盲目性较大，实际反映了该方面基础研究工作的严重滞后；表现在各种性能参数之间的关系不清，对实际工程指标的制定是否合理不清，造成在实际工作中各类指标一哄而上，不分主次，指标的制定就高不就低，既造成设计工作的盲目，也给工程建设管理带来了诸多不便。其中一个很重要的问题就是，水工沥青这个在国内特定历史时期提出的名词，在国内重交沥青发展的今天是否还有必要保留，是否有必要将软化点提高到目前要求的水平。在设备方面，由于各种市场和管理体制方面的原因，国内还未形成稳定的专用设备研发队伍，设备研发水平低，个别研发单位规模还较小，缺乏经验。但国产设备在设备价格方面与国外优势十分明显，发展前景是广阔的。综合这些问题，应当对国内水工沥青混凝土防渗技术的现状有个清醒的认识。如果不加强结合工程实际的基础研究，苦练内功，逐渐将沥青混凝土防渗技术的门槛降低到合理的程度，那么在混凝土面板堆石坝技术、碾压混凝土坝技术、土工材料防渗技术等高度发达的今天，再考虑到国内沥青价格偏高的限制，这项技术在国内的发展前景是令人担忧的。

本书作者有幸参与了天荒坪电站的沥青混凝土施工，承担了南谷洞水库的沥青混凝土面板加固工程和宝泉电站的沥青混凝土施工。本书内容很多是作者实际工作的体会，同时借鉴了国内公路建设中的许多宝贵经验，特别是公路行业的“八五”攻关技术成果。书中内容主要涉及碾压式沥青混凝土防渗技术，力图能够反映国内目前的技术水平，包括原材料、沥青混凝土性能、沥青混凝土的配合比设计、沥青混凝土防渗面板和心墙的施工设备、施工技术和质量控制、工程建设的管理和维护。书中还介绍了渠道方面沥青混凝土防渗新技术。书末附录中对沥青混凝土的本构模型和应力计算方法也进行了介绍。本书编写分工为：第一

章、第九章、第十章、附录由岳跃真编写，第二章由郝巨涛、刘增宏、孙志恒编写，第三章由郝巨涛编写，第四章由刘增宏编写，第五章由岳跃真、郝巨涛、孙志恒编写，第六章由岳跃真、郝巨涛编写，第七章由岳跃真、郝巨涛编写，第八章由孙志恒、刘增宏编写。岳跃真负责全书的统稿。

中国水利水电科学研究院的许协庆教授在 20 世纪 70 年代末撰写了《粘弹性护面板的温度应力计算》研究报告，其内容对国内沥青混凝土防渗面板的温度应力分析有一定借鉴作用，特别是其理论方面的内容在今天也仍然是适用的。由于年代久远，该报告大都已经散失。经报告作者同意，本书将其主要内容收入在附录中。在此对许协庆教授对本书出版给予的支持深表谢意。

西安理工大学的吴利言教授和余梁蜀副教授近二三十年来在碾压式沥青混凝土施工机械方面进行了卓有成效的工作，并为本书提供了这方面的资料，在此表示感谢。

浇筑式沥青混凝土防渗技术在国内水利工程中也获得了许多成功的应用，并积累了丰富的经验。鉴于作者经验缺乏，本书没有涉及该方面的内容。

碾压式沥青混凝土防渗技术内容广泛，涉及问题较多。鉴于本书作者历练尚浅，经验不足，书中内容难免有不妥之处，有些见解也难免肤浅，借此机会抛砖引玉，恳请读者批评指正。本书如能对国内水工沥青混凝土防渗技术的推广和普及尽到绵薄之力，作者将不胜荣幸。

作者

2006 年 11 月于北京

目 录

第一章 概述	1
第一节 水工沥青混凝土的发展历史与现状	1
第二节 水工沥青混凝土防渗结构的技术特点	3
第三节 沥青防渗体的布置	5
第四节 国内外已建工程的运行现状	8
一、国外已建工程的运行现状	8
二、国内已建工程的运行现状	10
三、国内已建工程出现问题的原因	12
第五节 水工沥青混凝土的发展前景	14
参考文献	15
第二章 水工沥青混凝土的原材料	16
第一节 沥青	16
一、沥青的分类	16
二、沥青的环境污染	17
三、石油沥青	20
四、石油沥青的技术指标及性能	21
五、道路沥青产品标准与水工沥青	35
六、国内沥青市场状况	40
第二节 骨料	42
一、对骨料的技术要求	42
二、骨料的选择	44
三、国内外部分已建典型工程骨料选择	46
四、骨料的加工	47
第三节 填料	49
第四节 掺料	50
第五节 改性沥青	54
一、改性沥青的定义及分类	54
二、改性沥青的制备方法	55
三、改性沥青改性机理	56
四、改性沥青技术标准	57
五、改性沥青性能评价	58

六、常用改性沥青性能比较	59
七、改性沥青在工程中的应用研究	60
第六节 原材料的试验方法	61
一、矿料试验方法	61
二、沥青试验	63
参考文献	64
第三章 沥青混凝土的性能	65
第一节 沥青混凝土的抗渗性和耐久性	65
一、沥青的不透水性	65
二、沥青混凝土渗透系数的多变性	65
三、沥青混凝土结构的自封闭——自愈现象	69
四、实际工程中的渗透性控制	72
五、沥青混凝土的耐久性	73
六、小结	74
第二节 沥青混凝土的变形性能及抗裂	75
一、工程情况简介	75
二、沥青混凝土的线收缩系数	78
三、沥青混凝土的变形性能	82
四、沥青混凝土的抗裂性评价	88
第三节 沥青混凝土的抗疲劳性能	92
一、沥青混凝土的疲劳寿命	93
二、沥青混凝土疲劳寿命的影响因素	94
三、沥青混凝土的低温疲劳开裂	96
第四节 沥青混合料的施工性能	102
一、沥青的施工性能	102
二、沥青混合料的施工性能	104
第五节 沥青混凝土的高温性能	105
一、影响沥青混合料热稳定性的因素	105
二、评价沥青混合料热稳定性的指标	106
第六节 沥青混凝土心墙的性能	107
一、沥青混凝土心墙的变形稳定性	107
二、沥青混凝土心墙的面积、渗透稳定性	110
三、Finstertal 沥青混凝土心墙坝的变形特性实例	111
参考文献	113
第四章 水工沥青混凝土的配合比设计	116
第一节 水工沥青混凝土配合比设计方法	116

一、沥青混凝土材料组成及结构特征	116
二、沥青混合料的技术要求及相关指标	118
三、沥青混凝土配合比设计方法	120
第二节 水工沥青混凝土配合比设计实例	131
一、沥青混凝土的技术要求	131
二、原材料质量检验及选择	131
三、室内配合比试验	135
第三节 沥青砂浆、封闭层的配合比设计	138
一、沥青砂浆配合比设计	138
二、封闭层配合比设计	139
第四节 现场摊铺试验及施工配合比的确定	140
一、现场摊铺碾压试验的目的和内容	140
二、施工配合比计算	141
三、现场摊铺试验	142
四、摊铺试验结论	145
第五节 水工沥青混凝土配合比设计中的特殊试验	145
一、沥青混凝土密度试验	146
二、理论最大密度试验	148
三、沥青混凝土渗透试验	149
四、沥青混凝土斜坡流淌值试验	152
五、沥青混凝土马歇尔试验	154
六、沥青混合料配合比检验	155
七、沥青混凝土拉伸试验	158
八、沥青混凝土小梁弯曲试验	159
九、沥青混凝土低温冻断试验	160
十、圆盘试验	160
十一、三轴试验	161
第五章 沥青混凝土防渗面板	162
第一节 沥青混凝土面板堆石坝的设计	162
一、沥青混凝土面板堆石坝的技术特点	162
二、沥青混凝土面板堆石坝设计的极限状态	163
三、沥青混凝土面板堆石坝的设计要求和控制因素	164
四、坝体的设计内容	165
第二节 沥青混凝土防渗面板的设计	170
一、土石坝防渗面板的荷载	170
二、抽水蓄能电站防渗护面的荷载和使用要求	172

三、沥青混凝土面板的典型结构	172
四、沥青混凝土防渗面板各层的功能和技术要求	175
五、沥青混凝土面板防渗的细部结构设计	178
六、沥青混凝土面板的厚度	185
七、面板设计中的结构计算	192
八、沥青混凝土面板的热稳定分析	198
九、沥青混凝土的低温抗裂	205
十、土石坝沥青混凝土防渗面板的观测	212
第三节 沥青混凝土面板结构设计的工程实例	214
一、日本小丸川电站上水库沥青混凝土面板堆石坝的设计	214
二、天荒坪抽水蓄能电站上水库沥青混凝土防渗护面的设计	219
第四节 沥青混凝土面板的施工机械	225
一、沥青混凝土面板摊铺设备	225
二、沥青混凝土拌和站	236
三、沥青混凝土施工辅助设备和设备配套	243
四、沥青混凝土施工设备配套的设计	246
第五节 防渗面板的施工	252
一、施工前的准备	252
二、原材料的准备	254
三、沥青混合料的制备	256
四、沥青混凝土混合料的运输	259
五、现场摊铺和碾压试验	261
六、沥青混凝土面板的施工	262
七、特殊部位沥青混凝土的施工	271
第六节 沥青混凝土面板的翻修	278
一、南谷洞水库沥青混凝土面板的翻修	278
二、德国 Rabenleite 上库沥青混凝土衬砌的翻修	299
第七节 用沥青混凝土修复水泥混凝土的防渗系统	306
一、Odertalsperre 调节水库的坝坡防渗系统的修复	306
二、西班牙 Martin Gonzalo 坝的修复加固	308
三、Steinbach 坝防渗系统的修复加固	309
第八节 用其他材料修复沥青混凝土防渗面板	311
参考文献	315
第六章 沥青混凝土防渗心墙	317
第一节 概述	317
第二节 沥青混凝土心墙坝的结构设计	318

一、沥青混凝土心墙的荷载	318
二、沥青混凝土心墙坝的设计原则和技术要求	319
三、沥青心墙与基础和岸边的连接	327
四、沥青混凝土心墙的应力和变形分析及控制标准	333
五、坝壳与心墙沉陷和变形的观测	334
第三节 沥青混凝土心墙的施工机械	339
一、沥青混凝土心墙摊铺机	339
二、沥青混凝土心墙施工的辅助设备	348
三、茅坪溪土石坝沥青混凝土心墙施工机械配套实例	349
四、小结	350
第四节 沥青混凝土心墙的施工	350
一、沥青混凝土心墙铺筑前的准备	350
二、沥青混合料的摊铺和碾压	351
三、低温季节施工及越冬措施	359
四、雨季施工措施	360
五、沥青混凝土心墙层面处理	361
六、心墙观测设备和仪器的埋设	362
七、沥青混凝土心墙施工质量检查	363
八、沥青混凝土表面裂缝对质量的影响	364
第五节 沥青混凝土心墙设计和施工实例	365
一、三峡茅坪溪土石坝沥青混凝土心墙工程施工	365
二、苏格兰的麦格特沥青混凝土心墙坝的施工	370
三、挪威 STORVATN 沥青混凝土心墙堆石坝的施工实践	375
第六节 沥青混凝土心墙与沥青混凝土面板的联合结构	378
一、沥青心墙与沥青斜墙的联结	378
二、堆石坝黏土心墙与沥青心墙的联结	378
参考文献	380
第七章 沥青混凝土渠道防渗衬砌	381
第一节 沥青混凝土渠道防渗衬砌的特点及其发展	381
一、概述	381
二、发展现状	382
三、渠道沥青混凝土衬砌的特点和技术要求	383
第二节 沥青混凝土渠道衬砌的设计	383
一、渠道沥青混凝土衬砌的荷载	383
二、沥青混凝土渠道衬砌设计中的控制因素	384
三、渠道沥青混凝土衬砌设计的技术要求	398

第三节	沥青混凝土渠道衬砌的施工	399
一、	渠道沥青混凝土衬砌施工的原材料	399
二、	原材料的贮存和运输	400
三、	沥青混凝土衬砌现场摊铺试验	400
四、	沥青混合料的制备	400
五、	沥青混合料的运输	400
六、	沥青混合料的摊铺	401
七、	沥青混合料的碾压	401
八、	施工接缝处理	401
九、	封闭层的施工	402
十、	沥青混凝土衬砌与刚性建筑物的连接	402
第四节	设计和施工实例	402
一、	挪威 Strandfossen 水电站引水渠	402
二、	奥地利 Rosegg 引水渠	403
三、	德国 Alz 运河	404
四、	德国 Isar 运河	405
第五节	预制沥青混凝土渠道衬砌	409
一、	预制沥青混凝土板与水泥混凝土板性能实例比较	409
二、	预制改性沥青混凝土渠道衬砌施工实例	413
	参考文献	416
第八章	沥青混凝土的施工质量控制和施工管理	417
第一节	现场实验室设备	417
第二节	原材料质量控制	419
一、	沥青	419
二、	骨料及其他材料	422
三、	过渡料	424
第三节	施工质量控制	424
一、	施工过程控制要点	424
二、	各层沥青混凝土的控制要点	425
第四节	水工沥青混凝土的质量验收	427
一、	现场质量检验项目及要 求	427
二、	天荒坪沥青混凝土质量检验项目与控制标准	429
三、	茅坪溪沥青混凝土心墙施工质量控制管理	431
第五节	沥青混凝土施工的管理	435
第六节	沥青混凝土施工的安全生产和文明施工	435

第九章 沥青混凝土在其他特殊领域的应用	437
一、蓄污池和垃圾填埋场	437
二、道路沥青混凝土与水工沥青混凝土在技术上的比较	440
三、上海大众试车场高速环道沥青混凝土工程的施工及技术要求	441
参考文献	445
第十章 沥青混凝土工程运行中的管理、监测和维护	446
第一节 沥青混凝土工程的管理和监测	446
一、沥青混凝土工程的运行管理	446
二、沥青混凝土工程运行中的监测	446
第二节 沥青混凝土工程的维护和危害预防	451
一、沥青混凝土防渗面板破坏的类型	452
二、沥青混凝土防渗面板破坏的工程实例分析	455
三、沥青混凝土防渗面板的维护、修理和修复	463
第三节 沥青混凝土防渗面板破坏修复工程实例	466
一、牛头山水库沥青混凝土斜墙裂缝修补	466
二、南谷洞水库沥青混凝土斜墙的修补	468
三、天荒坪抽水蓄能电站沥青混凝土防渗护面的修补	469
四、HARDAP 沥青混凝土面板土石坝的修补	474
参考文献	475
附录 沥青混凝土的本构模型和应力计算	476
第一节 黏弹性理论的基本方程	476
一、沥青混凝土的黏弹性性质	476
二、恒定均匀温度分布的黏弹性的本构方程	476
三、三维黏弹性体应力应变分析	480
第二节 防渗面板的温度应力计算	484
一、计算假定	484
二、按嵌固板计算沥青混凝土的温度应力	485
第三节 沥青混凝土堆石坝的应力和变形的分析	487

第一章 概 述

第一节 水工沥青混凝土的发展历史与现状

据史料记载,沥青早在 5000 多年前就已被广泛地用于各种各样的用途。随着沥青加工技术的进步和人们对沥青及其混合物性能的深入了解和认识,沥青不仅广泛地应用于道路路面、机场、水利工程中,而且还广泛地应用于工业、农业、建筑业等领域。特别在道路工程中,由于其具有的优越性能,使其发展尤为迅速,已成为公路特别是高速公路的首选路面,新技术和新工艺层出不穷,具有美化效果的彩色路面及施工方便快捷的冷施工技术已经广泛应用。

由于沥青具有较好的不透水性、柔性和黏附性,它很早就被应用于水利工程中。沥青的混合物——沥青混凝土是一种由沥青、适当级配的砂石和矿质填料组成的混合物。沥青混凝土不仅具有良好的柔性,能较好地适应结构的变形,同时沥青混凝土也具有优越的耐久性和防渗性,因此,非常适宜作为水工结构的防渗体。采用机械化施工的碾压式沥青混凝土防渗最早始于美国,随后欧洲一些国家如德国、法国、西班牙、挪威等开始大力推广。随着沥青加工技术水平的不断提高,沥青的品质不断改善,性能越来越稳定可靠。沥青混凝土配合比的优化设计和关于沥青混凝土性能研究的长足进步使沥青混凝土的性能不断改进。但推动水工沥青混凝土快速发展的最大动力是专用施工机械的发展和完善。专业化和专用施工机械的应用,极大地提高了水工沥青混凝土的施工速度和施工质量。目前,沥青混凝土作为防渗体已广泛应用于沥青混凝土面板堆石坝、沥青混凝土心墙堆石坝、蓄水库的防渗护面及渠道防渗衬砌中。

水工沥青混凝土防渗理论研究的进步和施工技术水平的提高,促进了众多工程的兴建。据不完全统计,全世界共修建了 80 余座沥青混凝土心墙坝,最高的坝为 128m 的 Storglomrath 坝。我国四川省的冶勒大坝坝高 126m,是目前在建的最高的沥青混凝土心墙坝。已建的沥青混凝土面板土石坝 78 座,其中最高的坝为日本的 Sabigawa Yashio 坝,最大坝高 91m。用沥青混凝土作为防渗体的蓄水库超过 60 余座。随着众多工程的成功建设,又推动了此项技术的进一步发展,其特征是防渗型式多样化,设计结构简单化,施工高度机械化。沥青混凝土防渗面板的结构由早期设有排水层的复式断面发展到分层铺设的筒式断面,最后是单层铺设的筒式断面,面板结构和施工工艺不断简化。沥青混凝土心墙堆石坝在其