

ICS 27.140

P 59

备案号: J638—2017

**DL**

中华人民共和国电力行业标准

**P**

**DL / T 5363 — 2016**

代替 DL / T 5363 — 2006

---

水工碾压式沥青混凝土  
施 工 规 范

Specifications for construction of hydraulic  
rolled bituminous concrete

**2016-12-05 发布**

**2017-05-01 实施**

---

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

# 水工碾压式沥青混凝土施工规范

Specifications for construction of hydraulic  
rolled bituminous concrete

**DL/T 5363 — 2016**

代替 DL/T 5363 — 2006

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国家能源局

施行日期：2017 年 5 月 1 日

中国电力出版社

**2017 北 京**

中华人民共和国电力行业标准  
水工碾压式沥青混凝土施工规范

Specifications for construction of hydraulic rolled bituminous concrete

**DL/T 5363 — 2016**

代替 DL/T 5363 — 2006

\*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

\*

2017 年 8 月第一版 2017 年 8 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 3.75 印张 92 千字

印数 001—300 册

\*

统一书号 155198 • 364 定价 **31.00 元**

**版 权 专 有 侵 权 必 究**

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

国家能源局

公 告

2016 年 第 9 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）有关规定，经审查，国家能源局批准《煤层气集输设计规范》等373项行业标准，其中能源标准（NB）66项、能源/石化标准（NB/SH）29项、电力标准（DL）111项、石油标准（SY）167项，现予以发布。

上述标准中煤层气、生物液体燃料、电力、电器装备领域标准由中国电力出版社出版发行，煤制燃料领域标准由化学工业出版社出版发行，煤炭领域标准由煤炭工业出版社出版发行，石油天然气领域标准由石油工业出版社出版发行，石化领域标准由中国石化出版社出版发行，锅炉压力容器标准由新华出版社出版发行。

附件：行业标准目录

国家能源局

2016 年 12 月 5 日



## DL/T 5363 — 2016

附件:

### 行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
165	DL/T 5363— 2016	水工碾压式 沥青混凝土 施工规范	DL/T 5363—2006		2016-12-5	2017-5-1
...						

## 前 言

本规范根据《国家能源局关于下达 2012 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划通知》（国能科技〔2012〕83 号）要求，对 DL/T 5363—2006 进行修订。

本规范在修订过程中，认真总结了我国已建工程的碾压式沥青混凝土施工经验，在深入调查研究，并广泛征求行业意见的基础上，通过反复讨论论证、修改完善，最后经审查定稿。

本规范按照住房和城乡建设部《工程建设标准编写规定》（建标〔2008〕182 号）的要求进行编写。

本次修订的主要内容包括：

- 对天然骨料在沥青混凝土中的使用范围进行了规定。
- 增加了沥青混凝土制备质量控制标准和面板混凝土接缝处理的技术要求。
- 取消了不同标号的沥青在现场掺配和现场掺配沥青改性剂的条款。
- 修订并细化了面板和心墙沥青混凝土质量控制标准。

本规范由中国电力企业联合会提出。

本规范由电力行业水电施工标准化技术委员会归口。

本规范主要编写单位：中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司

中国葛洲坝集团第六工程有限公司

中国葛洲坝集团股份有限公司

本规范参加编写单位：中国葛洲坝集团第二工程有限公司

葛洲坝集团试验检测有限公司

本规范主要起草人员：胡貽涛 朱志坚 别德波 刘显斌

林本华 袁玉秀 翁立刚 陈 宏

詹剑霞 戈文武 黄家权 胡 斌

## DL/T 5363 — 2016

	汪文亮	罗跃顶	翁昌国	
本规范主要审查人员：	周厚贵	吴高见	许松林	汪 毅
	宗敦峰	李志谦	吴新琪	楚跃先
	郭光文	梅锦煜	孙来成	郑桂斌
	吴国如	吴义航	余 英	王文涛
	席 浩	向 建	张祖义	朱镜芳
	陈振华	朱明星	吕芝林	康明华

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

## 目 次

前言	III
1 总则	1
2 术语	2
3 原材料	4
3.1 沥青	4
3.2 骨料	4
3.3 填料	6
3.4 掺料	7
4 配合比与试验	8
5 沥青混合料制备、储存与运输	9
5.1 拌和厂(站)设备与布置	9
5.2 原材料加热与输送	9
5.3 沥青混合料配料	10
5.4 沥青混合料拌和与储存	10
5.5 沥青混合料运输	11
6 沥青混凝土面板铺筑	13
6.1 一般规定	13
6.2 沥青混合料摊铺	13
6.3 沥青混合料碾压	14
6.4 施工接缝与层间处理	16
6.5 面板与刚性建筑物连接	17
6.6 封闭层施工	18
7 沥青混凝土心墙铺筑	20
7.1 铺筑前准备	20
7.2 模板	20

# DL/T 5363 — 2016

7.3	过渡料铺筑 .....	20
7.4	沥青混合料摊铺 .....	21
7.5	沥青混合料碾压 .....	21
7.6	施工接缝及层间处理 .....	22
8	沥青混凝土低温季节与雨季施工 .....	23
8.1	低温季节施工 .....	23
8.2	雨季施工 .....	24
9	安全监测仪器埋设与监测 .....	25
9.1	一般规定 .....	25
9.2	埋设与观测 .....	25
10	施工质量控制 .....	26
10.1	原材料的检验与控制 .....	26
10.2	沥青混合料制备质量的检验与控制 .....	28
10.3	沥青混凝土施工质量的检验与控制 .....	29
附录 A	耐高温仪器率定检验 .....	37
本标准用词说明	.....	39
引用标准名录	.....	40
附：条文说明	.....	41

# Contents

Foreword .....	III
1 General Provisions .....	1
2 Terms .....	2
3 Raw Materials .....	4
3.1 Asphalt .....	4
3.2 Aggregate .....	4
3.3 Padding .....	6
3.4 Admixture .....	7
4 Mix with the Test .....	8
5 Asphalt Mixture Preparation, Storage and Transportation .....	9
5.1 Mixing Plant (Stations) Equipment and Arrangement .....	9
5.2 Heating and Transportation for Raw Materials .....	9
5.3 Asphalt Mixture Ingredients .....	10
5.4 Asphalt Mixture Mixing and Storage .....	10
5.5 Asphalt Mixture Transportation .....	11
6 Paving Asphalt Concrete Panel .....	13
6.1 General Provisions .....	13
6.2 Asphalt Mixture Paving .....	13
6.3 Asphalt Mixture Compaction .....	14
6.4 Construction Joint and Processing between the Layers .....	16
6.5 Panel Connected to the Rigid Structure .....	17
6.6 Seal Construction .....	18
7 Paving Asphalt Concrete Core Wall .....	20
7.1 Paving Preparation .....	20
7.2 Template .....	20

## **DL / T 5363 — 2016**

7.3	Paving Transition Material .....	20	
7.4	Asphalt Mixture Paving .....	21	
7.5	Asphalt Mixture Compaction .....	21	
7.6	Construction Joint and Processing Between the Layers .....	22	
8	Construction of Asphalt Concrete in Low Temperature Season and Rainy Season .....	23	
8.1	Low Temperature Season Construction .....	23	
8.2	Construction During the Rainy Season .....	24	
9	Safety Monitoring Instruments and Monitoring .....	25	
9.1	General Provisions .....	25	
9.2	Buried with Observations .....	25	
10	Construction Quality Control .....	26	
10.1	Raw Material Inspection and Control .....	26	
10.2	Asphalt Mixture Preparation Quality Inspection and Control .....	28	
10.3	Asphalt Concrete Construction Quality Inspection and Control .....	29	
Appendix A: High Temperature Resistant Rate Constant			
	Inspection Instrument .....	37	
Explanation of Wording in the Standard .....			39
List of Quoted Standards .....			40
Additions: Explanation of Provisions .....			41

## 1 总 则

**1.0.1** 为了保证水工碾压式沥青混凝土施工质量，规范水工碾压式沥青混凝土施工行为，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于大、中型水电水利工程。

**1.0.3** 水工碾压式沥青混凝土正常施工的气象条件应符合下列规定：

- 1 无降水时段。
- 2 施工时风力小于 4 级。
- 3 心墙沥青混凝土施工时气温在  $0^{\circ}\text{C}$  以上。
- 4 面板沥青混凝土施工时气温在  $5^{\circ}\text{C}$  以上。封闭层施工时气温在  $10^{\circ}\text{C}$  以上。

**1.0.4** 水工碾压式沥青混凝土不宜在低温、降水时段施工，确需在低温、降水时段施工时，应采取保温、防水等措施，并经试验验证。

**1.0.5** 水工碾压式沥青混凝土不宜在夜间施工，确需在夜间施工时，应有足够的照明，采取确保质量的措施，并经试验验证。

**1.0.6** 水工碾压式沥青混凝土施工时，应对施工全过程进行温度检测和控制。

**1.0.7** 水工碾压式沥青混凝土施工采用的新技术、新工艺、新材料、新设备等，应经技术论证和试验验证。

**1.0.8** 水工沥青和沥青混合料在生产、运输、存放、施工等全部过程中，应采取防火、防水和防污染措施。

**1.0.9** 水工碾压式沥青混凝土施工除满足本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。



## 2 术 语

### 2.0.1 水工沥青 hydraulic bitumen

主要指适合于水电水利工程防渗安全要求的石油沥青。

### 2.0.2 骨料的酸碱性 aggregate acidity and alkaline

利用碱度模数  $M$  确定沥青混凝土骨料的酸碱性, 当  $M > 1$  为碱性骨料,  $M = 0.6 \sim 1.0$  为中性骨料,  $M < 0.6$  为酸性骨料。

### 2.0.3 填料、细骨料及粗骨料 filler, fine aggregate and coarse aggregate

粒径小于 0.075mm 的矿质粉状材料称为填料, 也称矿粉。粒径为 0.075mm~2.36mm 的骨料为细骨料; 粒径大于 2.36mm 的骨料为粗骨料。

### 2.0.4 矿料 mineral compound; material

粗骨料、细骨料和填料总称为矿料。

### 2.0.5 沥青混合料 bituminous mixture

经过加热的矿料和沥青, 按适当的配合比所拌和成的均匀混合物。

### 2.0.6 碾压式沥青混凝土 rolled bituminous concrete

沥青混合料经碾压密实后称为碾压式沥青混凝土。

### 2.0.7 面板垫层 facing bedding layer

过渡层 transition layer

设置在沥青混凝土面板和填筑体之间的铺筑层, 材料为砂砾石或碎石。

### 2.0.8 防渗底层

复式面板, 在整平胶结层之上、排水层之下铺筑的防渗层。

### 2.0.9 防渗面层 watertight bottom layer and watertight surface layer

复式面板，在排水层之上的防渗层。

**2.0.10 排水层 drainage layer**

设置在防渗面层和防渗底层之间，渗透系数要求大于  $10^{-2}\text{cm/s}$ ，用开级配沥青混合料铺设的排水结构层。

**2.0.11 封闭层 confining layer**

喷涂在防渗面层表面的沥青胶薄层。

**2.0.12 心墙过渡层 core transition layer**

设置在沥青混凝土心墙两侧与坝壳之间的填筑带。

**2.0.13 碾压温度 compaction temperature**

碾压时距沥青混合料摊铺表面以下 5cm 的沥青混合料的温度。

**2.0.14 沥青砂浆 bituminous mortar**

由沥青、细骨料和填料按比例在高温下配制而成的沥青混合料。

**2.0.15 沥青玛蹄脂 bituminous mastic**

由沥青和填料按一定比例在高温下配制而成的胶凝材料。

**2.0.16 掺料 admixture**

为改善沥青混凝土性能而掺加的物料。

**2.0.17 油石比 bitumen aggregate ratio**

沥青质量与矿料质量的百分比。

**2.0.18 沥青含量 bitumen content**

沥青质量与沥青混合料质量的百分比。

## 3 原 材 料

### 3.1 沥 青

**3.1.1** 水工碾压式沥青混凝土使用的沥青宜选择专用水工沥青，同一工程宜采用同一厂家、同一品种的沥青。不同厂家、不同品种的沥青，不得混杂使用。沥青质量指标应符合《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411 的规定。

**3.1.2** 每批沥青应有出厂合格证和品质检验报告，出厂前除应按《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411 规定的指标检测外，还应提供化学组分和黏度的检测结果。

**3.1.3** 沥青运输和储存过程中包装体应不破损、不受潮、不受侵蚀和污染、不发生老化。

**3.1.4** 沥青的保管应按出厂编号分别储存，不得混杂。堆放场地宜靠近沥青混合料拌和厂（站）。

**3.1.5** 稀释沥青可采用沥青与汽油、柴油等有机溶剂配制。当采用慢挥发性溶剂配制稀释沥青时，宜将溶剂以细流状缓缓加入熔化的沥青中，沥青温度不应超过 120℃。当采用易挥发性溶剂时，宜将熔化的沥青以细流状缓缓加入溶剂中，沥青温度应控制在 100℃±5℃。

**3.1.6** 乳化沥青宜采用阳离子型，储存时应防止水分蒸发和杂质混入。储存期限不宜过长，以防凝聚。凝聚的乳化沥青不得使用。

### 3.2 骨 料

**3.2.1** 骨料加工的工艺流程及设备选型应满足沥青混凝土施工要求。骨料的开采、破碎与筛分，应按《水电水利工程砂石加工系

统设计导则》DL/T 5098 和《水工混凝土施工规范》DL/T 5144 的有关规定执行。

**3.2.2** 骨料宜采用碱性岩石制备。采用中性和酸性岩石时，应经过试验论证，必要时应采取增强骨料与沥青黏附性的措施。骨料级配良好，岩质坚硬，在加热条件下不应引起性质变化。

**3.2.3** 粗骨料可根据其最大粒径分成 2 级~4 级。配料时应保持粗骨料级配稳定。

**3.2.4** 粗骨料宜采用碎石，制备宜采用反击式破碎机。采用天然卵砾石加工碎石时，其粒径不宜小于碎石最大粒径的 3 倍，用量不宜大于粗骨料总量的 50%。采用未经破碎的天然卵砾石做粗骨料，应通过试验论证。

**3.2.5** 防渗沥青混凝土粗骨料的最大粒径不宜大于 26.5mm 且不宜超过压实层厚的 1/3。非防渗沥青混凝土粗骨料的最大粒径不宜大于 31.5mm，且不宜超过压实层厚的 1/2。超过时，应通过试验论证确定。

**3.2.6** 粗骨料的超径不宜大于 5.0%，逊径不宜大于 10.0%。其他质量指标应符合表 3.2.6 的规定。

表 3.2.6 粗骨料的质量指标

项 目	指 标	备 注
表观密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$\geq 2.6$	
吸水率 (%)	$\leq 2.0$	
针片状颗粒含量 (%)	$\leq 25.0$	颗粒最大、最小尺寸比大于 3
坚固性 (%)	$\leq 12.0$	硫酸钠干湿循环 5 次的质量损失
与沥青黏附性 (级)	$\geq 4$	水煮法
含泥量 (%)	$\leq 0.5$	
压碎值 (%)	$\leq 30.0$	压力 400kN

**3.2.7** 细骨料应质地坚硬，在加热条件下不应引起性质变化。级配良好，粒径组成应符合设计、试验提出的级配曲线要求。如采

用河砂时，不宜超过砂用量的 50%。加工碎石筛余的石屑，宜加以利用。

**3.2.8** 细骨料的其他质量指标应符合表 3.2.8 的规定。

**表 3.2.8 细骨料的质量指标**

项 目	指 标		备 注
	人工砂	天然砂	
表观密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$\geq 2.55$	$\geq 2.55$	
吸水率 (%)	$\leq 2.0$	$\leq 2.0$	
坚固性 (硫酸钠溶液法) (%)	$\leq 15$	$\leq 15$	硫酸钠干湿循环 5 次的质量损失
水稳定等级 (级)	$\geq 6$	$\geq 6$	碳酸钠溶液煮沸 1min
含泥量 (%)	—	$\leq 2.0$	
有机质含量	不允许	浅于标准色	

**3.2.9** 成品骨料的堆放，应符合下列规定：

- 1 堆料场场地应平整，并压实硬化。排水应通畅，并应设置防雨设施。
- 2 不同粒径组的骨料应分别堆存，用隔墙分开，不得混放。
- 3 储存量应满足 5 天以上的生产需要。

### 3.3 填 料

**3.3.1** 填料宜采用石灰岩、白云岩等碱性岩石加工的矿粉，也可采用普通硅酸盐水泥、粉煤灰、滑石粉等粉状矿质材料。

**3.3.2** 填料不应含泥土、有机质、杂质和结块，质量指标应符合表 3.3.2 的规定。

**表 3.3.2 填料的质量指标**

项 目	指 标	备 注
表观密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$\geq 2.50$	
含水率 (%)	$\leq 0.5$	

续表 3.3.2

项 目		指 标	备 注
亲水系数		$\leq 1.00$	煤油与水沉淀法
细度（各级筛孔的通过率）（%）	0.075mm	$> 85.0$	
	0.15mm	$> 90.0$	
	0.6mm	100.0	

**3.3.3** 填料的储存应防雨、防潮，不得混入杂物。散装填料宜采用筒仓储存。袋装填料应存入库房，堆高不宜超过 1.8m，最下层距地面至少 300mm。

**3.3.4** 取样和检验方法应按《水工沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 的有关规定执行。

### 3.4 掺 料

**3.4.1** 水工沥青混凝土必须使用掺料时，应通过试验确定。

**3.4.2** 掺加掺料的沥青混凝土性能应满足设计及相关标准要求。

## 4 配合比与试验

**4.0.1** 沥青混凝土配合比和施工技术参数，应通过室内配合比设计试验和现场铺筑试验选择确定。应通过生产性试验对生产能力、施工适应性和机械化配套等进行验证和调整。

**4.0.2** 配合比设计试验应进行原材料的选择和质量检验，选择合适的骨料级配、沥青及填料的用量，应进行沥青混凝土各项性能的试验验证，通过试验优选出 2 个~3 个沥青混凝土配合比用于现场铺筑试验。

**4.0.3** 现场铺筑试验应符合下列要求：

- 1 现场铺筑试验宜在沥青混凝土铺筑工作面以外进行。
- 2 现场铺筑试验应对室内优选的沥青混凝土配合比进行验证调整，确定施工配合比，所选配合比应有良好的施工性能。
- 3 现场铺筑试验应进行沥青混凝土的材料制备、拌和、储存、运输、摊铺、碾压及检测等工艺流程试验，确定有关的施工工艺参数，包括混合料拌和温度、摊铺温度和厚度、碾压温度和遍数等。
- 4 应同时进行机械摊铺和人工摊铺试验，分别确定相应的工艺参数、施工能力和机械化配套等要求，制定相应的施工程序及质量保证措施。

**4.0.4** 生产性试验应在沥青混凝土工程部位的铺筑工作面进行，应采用现场铺筑试验确定的施工配合比，对施工工艺参数、施工能力和机械化配套等进行验证和调整。

**4.0.5** 经试验确定的施工配合比不得随意更改。矿料级配发生变化应及时调整配合比，沥青或矿料发生变化应重新进行配合比设计试验。

## 5 沥青混合料制备、储存与运输

### 5.1 拌和厂（站）设备与布置

**5.1.1** 沥青混合料拌和厂（站）采用的设备应满足沥青混凝土施工铺筑强度和拌和质量的要求。

**5.1.2** 应采用固定式或半固定式拌和厂（站），并应采用强制式拌和机。当铺筑强度较大时，宜采用连续烘干、间歇计量和间歇拌和的综合式工艺流程。拌和厂（站）应具有可靠电源。

**5.1.3** 沥青混合料拌和厂（站）应具有除尘装置，并配备减少粉尘排放的储存和传输设备。

**5.1.4** 拌和厂（站）布置应遵循下列原则：

- 1 宜靠近铺筑现场，运距在 3km 内。
- 2 应在工程爆破危险区以外，远离易燃品仓库。
- 3 不受洪水威胁，排水条件良好。
- 4 应远离生活区及其他作业区，并宜设在施工区的下风处。
- 5 设备布置宜集中、紧凑，以利各工序紧密衔接，互相协调。

**5.1.5** 沥青混合料拌和厂（站）生产前，应进行矿料系统调试、拌和楼调试、沥青系统调试、拌和厂（站）联合调试。

### 5.2 原材料加热与输送

**5.2.1** 宜采用桶装沥青，桶装沥青宜采用沥青脱桶设备脱桶、脱水。

**5.2.2** 沥青应采用导热油间接加热，加热时应控制沥青的加热温度和加热时间。

**5.2.3** 熔化沥青时，加热罐的容积应留有余地。

**5.2.4** 熔化的沥青应通过管道自流或用沥青泵送至保温罐。



**5.2.5** 沥青脱水温度应控制为  $120^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，沥青加热温度应根据沥青混合料出机口温度确定，宜为  $160^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。加热过程中，沥青针入度的降低不宜超过 10%。沥青保温时间不宜超过 24h。

**5.2.6** 沥青从保温罐至拌和楼宜采用双层管道输送，双层管道的内管与外管间应通导热油。

**5.2.7** 骨料的烘干加热宜采用内热式加热滚筒进行，滚筒倾角可通过试验确定。

**5.2.8** 骨料应均匀连续地进入烘干加热筒，加热温度应根据季节、气温的变化进行调整，骨料加热温度高出热沥青温度应不大于  $20^{\circ}\text{C}$ ，宜为  $180^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

**5.2.9** 填料如需加热，加热温度宜为  $70^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.3 沥青混合料配料

**5.3.1** 应根据试验确定的施工配合比，结合拌和厂（站）热料仓矿料的级配、超逊径或最近一次生产沥青混合料的抽提试验成果等，调整确定沥青混合料的各种材料用量，并开具配料单。

**5.3.2** 沥青混合料应根据配料单进行配料，配料单中矿料应以干燥状态为标准，以质量计量进行配料。沥青可按质量或体积进行配料。

**5.3.3** 沥青混合料配合比中，油石比和矿料比例（以矿料总量为 100%计）的允许偏差应符合表 5.3.3 的规定。

表 5.3.3 沥青混合料配合比的允许偏差

项 目	油石比	粗骨料比例	细骨料比例	填料比例
配合比允许偏差（%）	$\pm 0.3$	$\pm 5.0$	$\pm 3.0$	$\pm 1.0$

### 5.4 沥青混合料拌和与储存

**5.4.1** 在拌制沥青混合料前，应预先对拌和楼系统进行预热，拌和时拌和机内温度不应低于  $100^{\circ}\text{C}$ 。

**5.4.2** 所有称量、计时和测温设备应定期进行校准、测试。称量系统应定期进行静态和动态检定，宜通过计算机系统对每盘拌和过程进行监控和记录，沥青混合料的称量精度应控制在允许偏差内。各材料计量的允许偏差，应符合表 5.4.2 的规定。

**表 5.4.2 沥青混合料材料计量的允许偏差**

材料种类	沥青	粗骨料	细骨料	填料
计量允许偏差 (%)	±1.0	±2.0	±2.0	±2.0

**5.4.3** 拌制沥青混合料时，应按粗骨料、细骨料、填料依次投料，先拌 15s~25s，再喷洒热沥青一起拌和均匀，沥青裹覆骨料良好。拌和时间应通过试验确定。

**5.4.4** 沥青混合料的出机口温度，宜控制为  $160^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，并满足摊铺和碾压温度的要求。

**5.4.5** 因故停机时间超过 30min 时，应将机内沥青混合料及时清理干净。

**5.4.6** 沥青混合料宜即拌即用。确需保温储存时，储存时间不得超过 48h。沥青混合料应采用专用保温储存罐储存，储存罐宜采用电加热方式加热，矿棉保温。

## 5.5 沥青混合料运输

**5.5.1** 沥青混合料运输应根据不同的工程，选择合适的运输方式。运料车辆的容积和数量，应与沥青混合料的拌和、摊铺生产能力相适应。

**5.5.2** 沥青混合料运输道路应平整通畅。

**5.5.3** 沥青混合料运输车辆应相对固定，并应采取保温防漏措施。运输容器在使用前应涂刷一层防黏剂，防黏剂不得对沥青混合料有损害或起化学反应，其涂刷量由现场试验确定。运输容器停用时应及时清理干净。

**5.5.4** 各种运输机具应避免沥青混合料在卸料、运输及转料过程中发生离析、分层、温度损失过大等现象。在转运或卸料时，出口处沥青混合料自由落差应小于 1.5m。

**5.5.5** 在斜坡上运输沥青混合料时，宜采用专用的斜坡喂料车。斜坡长度较短或工程规模较小时，可由摊铺机直接运料或其他专用机械运输。

## 6 沥青混凝土面板铺筑

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 沥青混凝土面板的斜坡面宜一次铺筑。当斜坡过长或有度汛拦洪要求时，可将面板沿斜坡面按不同高程分区，由低向高逐次铺筑，并应对各区间的横向接缝进行处理。每个区应按条带由一岸依次至另一岸铺筑。施工条带的划分应遵循接缝总长度最少的原则。斜坡曲面铺筑时，应减少形成三角形条带。

**6.1.2** 沥青混凝土面板铺筑应根据不同的施工条件，选择不同的机械。斜坡上的运料、摊铺、碾压机械宜采用移动式卷扬台车牵引。采用其他方式牵引时，应锚碇牵引设备，防止倾翻。大型机械不能铺筑的部位，可采用小型机械或人工铺筑。

**6.1.3** 运送沥青混合料的车厢或料罐、摊铺机的料斗和振动碾的滚筒等宜涂刷防黏剂，所有沥青混合料施工机具用后应及时清理干净。

**6.1.4** 铺筑复式断面的排水层时，宜先分区铺筑排水层沥青混合料，完成后再铺筑隔水带。

**6.1.5** 封闭层施工前，喷洒区域表面应干燥、清洁。污染的表面应涂刷乳化沥青。

### 6.2 沥青混合料摊铺

**6.2.1** 摊铺沥青混合料前，应在垫层的表面喷涂一层乳化沥青或稀释沥青。一次喷涂面积应与沥青混合料的铺筑面积相适应。喷涂后，未干涸前禁止人员、设备行走。待其干涸后，方可摊铺沥青混合料。

**6.2.2** 沥青混凝土面板应按结构分层摊铺。库底部位宜沿库底任意方向依摊铺宽度划分摊铺条带。斜坡部位应顺坝轴线方向依摊铺宽度划分摊铺条带，由低向高摊铺。

**6.2.3** 沥青混合料的摊铺应采用专用摊铺机，狭窄部位可采用机械配合人工方法进行摊铺。库底摊铺可采用普通道路摊铺机，斜坡摊铺应采用斜坡专用摊铺设备，并配置专用牵引设备。斜坡曲面铺筑时，宜将斜坡曲面分成若干个扇形段，每个扇形段内按上宽下窄平均布置摊铺条带，并应减小摊铺条带宽度。边角部位宜采用人工摊铺。

**6.2.4** 沥青混合料的摊铺厚度应根据设计要求通过现场试验确定。单一结构层厚度在 100mm 以下时可采用一层摊铺。大于 100mm 时应根据现场试验确定摊铺层数及每层摊铺厚度。摊铺条带两侧及条带结束端等应修整成 45°坡角。

**6.2.5** 机械摊铺时，摊铺机械应适于在斜坡面和曲面处施工，摊铺机上的振动压板应能将沥青混合料初压到 90%以上的压实度。作业时，应调整摊铺厚度使摊铺面均匀、平整，且不得使沥青混凝土表面粗糙。

**6.2.6** 机械摊铺和大型压实设备无法使用的狭窄部位，应采用人工摊铺。人工摊铺应均匀、平整，并应注意保温。摊铺厚度应通过试验确定，宜小于 50mm。

**6.2.7** 摊铺速度应满足施工强度和温度控制要求，宜控制为 1.0m/min~2.0m/min，或通过现场试验确定。斜坡摊铺时可适当降低摊铺速度。

### **6.3 沥青混合料碾压**

**6.3.1** 沥青混合料应采用专用双钢轮振动碾碾压。斜坡施工应采用牵引设备牵引振动碾进行碾压。

**6.3.2** 沥青混合料应按施工条带逐条碾压，库底碾压时应前进振动碾压，后退无振碾压，斜坡碾压时应上行振动碾压，下行无振

碾压。振动碾应保持匀速，不得骤停骤起，振动碾滚筒应保持潮湿。面板表面应进行无振碾压收光。

**6.3.3** 沥青混合料的碾压应采用三次碾压，即初始碾压、二次碾压和最终碾压，碾压遍数应通过试验确定。

**6.3.4** 碾压时应控制碾压温度，碾压温度应由试验确定。初始碾压温度宜控制为  $120^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，最终碾压温度宜控制为  $80^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，最佳碾压温度应由试验确定。无试验成果时，可根据沥青的针入度按表 6.3.4 选用。气温低时，应选大值。

表 6.3.4 沥青混合料碾压温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

项 目	针入度 (0.1mm)		一般控制范围
	60~80	80~120	
最佳碾压温度	145~150	135	—
初始碾压温度	120~125	$\geq 110$	120~150
二次碾压温度	95~100	$\geq 85$	80~120

**6.3.5** 机械碾压时，应符合下列规定：

1 库底沥青混合料应采用 1.0t~3.0t 振动碾进行初始碾压，并采用 3.0t~6.0t 的振动碾进行二次碾压和最终碾压。

2 库坡沥青混合料应采用 1.0t~2.0t 振动碾进行初始碾压，并采用 3.0t 振动碾进行二次碾压和最终碾压。

3 碾压行走速度不宜大于 100m/min。

4 每一施工条带距终端 100mm 处和接缝端，应采用小型平板夯进行压实。

5 二次碾压完成后，应将接缝处做成缓于  $45^{\circ}$  的坡角。

6 相邻两个条带施工时，振动碾应从已完成摊铺的一侧向新摊铺条带骑缝碾压，两条带碾痕重叠宽度应大于 100mm。

7 最终碾压收光，应采用静碾压实，且表面应无振动碾轮痕迹。

**6.3.6** 人工小型平板夯和手持式振动器压实的行走速度宜为 15m/min~30m/min, 或通过试验确定。压实时, 重叠宽度应不小于 50mm, 不得漏压和欠压。

## **6.4 施工接缝与层间处理**

**6.4.1** 分层铺筑时, 各区段、各条带间的上下层接缝应相互错开, 纵缝的错距应为条带宽度的  $1/3 \sim 1/2$ 。除因天气突变、设备故障等因素影响外, 施工中防渗层沥青混凝土不应留横向冷缝。

**6.4.2** 沥青混凝土接缝的夹角宜小于  $45^\circ$ , 采用斜面平接方式, 接缝处应骑缝碾压 100mm。

**6.4.3** 加热接缝时, 应控制温度和加热时间, 以沥青混凝土温度达到  $80^\circ\text{C}$  为宜。

**6.4.4** 连续铺筑施工, 防渗层先铺条带温度在  $80^\circ\text{C}$  以上时, 按热缝处理。

**6.4.5** 热缝施工时, 摊铺的沥青混合料应预压实至 90% 以上, 温度大于  $80^\circ\text{C}$  时可碾压。摊铺时随摊铺机用压边器压边, 并对条带边缘修整, 温度大于  $80^\circ\text{C}$  时可碾压。热缝按正常工艺和参数进行施工, 并对接缝处加强压实。

**6.4.6** 冷缝施工应符合下列规定:

1 新条带摊铺前, 条带边缘应清扫干净, 污染严重的应予清除。

2 冷缝表面应先涂稀释沥青, 采用红外加热器加热冷缝至  $80^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$  后, 再进行摊铺碾压。

3 碾压应从已完成条带向新摊铺条带进行, 碾压时, 搭接宽度应不小于 100mm。

4 接缝的碾压遍数应通过试验确定。

**6.4.7** 因天气突变、设备故障或其他等特殊因素暂停施工时, 作业面的处理, 应符合下列规定:

1 应立即摊铺完摊铺机料斗中所有混合料。

2 应及时完成初始碾压和二次碾压。

3 应使用碾压设备往复碾压横缝部位，使横缝形成坡度圆滑的坡角。

4 恢复施工时，应先铲除横缝处混合料。冷却部分沿表面按45°角切除至完全压实的部位。

#### 6.4.8 层间处理应符合下列规定：

1 沥青混凝土面板各铺筑层面应干燥、洁净。

2 防渗层铺筑，层面局部不洁净处，应在下层面均匀喷涂一薄层乳化沥青、稀释沥青或热沥青，并应待喷涂的沥青完全干燥后再进行上铺筑层的摊铺。上下层连续施工的间隔时间不宜超过48h。

#### 6.4.9 加筋部位施工应符合下列规定：

1 铺设加强网格前，应在加厚层或排水层上均匀涂刷一层乳化沥青。

2 网格搭接宽度应大于250mm。

3 加强网格铺设完毕后，应均匀涂刷一层乳化沥青，待乳化沥青中的水分蒸发后，再摊铺防渗层沥青混凝土。

#### 6.4.10 取芯后的孔洞回填，应符合下列规定：

1 应按设计要求对孔洞进行修整，并使其洁净、干燥。

2 涂刷的稀释沥青应加热到80℃以上。

3 防渗层沥青混合料应按50mm一层分层回填，并逐层夯实。

4 夯实后的表面应保持平整，与结构层面一致。

### 6.5 面板与刚性建筑物连接

6.5.1 面板与岸坡连接的周边轮廓线应保持平顺。面板与刚性建筑物的连接部位，应先进行面板铺筑，再进行连接部位的施工。面板施工时应呈阶梯形状铺筑各结构层沥青混凝土，阶梯预留宽度应满足接缝错距要求。



**6.5.2** 面板与刚性建筑物连接部位应依次按混凝土连接面处理、楔形体浇筑、防渗层铺筑、表面封闭层敷设的流程进行施工。施工时应进行现场试验。

**6.5.3** 面板与混凝土结构连接面施工前，应将混凝土表面乳皮清除干净。混凝土表面烘干后均匀喷涂一层稀释沥青或乳化沥青，用量宜为  $0.15\text{kg/m}^2 \sim 0.20\text{kg/m}^2$ 。

**6.5.4** 混凝土结构的表面敷设沥青胶时，应待稀释沥青或乳化沥青干燥后进行。沥青胶涂层应均匀平整，不得流淌。涂层较厚时可分层涂抹，分层厚度应通过试验确定。

**6.5.5** 楔形体材料可采用沥青砂浆或细粒沥青混凝土等，应全断面由低到高依次热法浇筑，每层厚度宜为  $300\text{mm} \sim 500\text{mm}$ 。楔形体浇筑温度应控制在  $140^\circ\text{C} \sim 160^\circ\text{C}$ 。

**6.5.6** 在混凝土面和楔形体上铺筑沥青混凝土防渗层时，应在沥青胶和楔形体冷凝后进行。

**6.5.7** 连接部位设加厚防渗层时，应在下层冷凝后再铺筑上层沥青混凝土。

**6.5.8** 面板与岸坡的连接部位施工结束后，如需基础灌浆应控制灌浆压力。

**6.5.9** 连接部位设置的金属止水片，嵌入沥青混凝土的一端应涂刷一层沥青胶。

**6.5.10** 当连接部位使用加强网格材料时，应将施工面清理干净后铺设。加强网格材料的搭接宽度应不小于  $250\text{mm}$ 。当采用多层加强网格材料时，上下层应相互错缝，错距应不小于  $1/3$  幅宽。

## **6.6 封 闭 层 施 工**

**6.6.1** 封闭层材料可采用沥青胶，性能应满足设计要求，其配合比应由试验确定。

**6.6.2** 沥青胶宜采用机械拌制，专用喷洒车加热，出料温度应控制在  $180^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 。

**6.6.3** 沥青胶应均匀喷涂或涂刷并填满防渗层表面孔隙，每层涂刷厚度宜为 1mm，涂刷时的温度应在 170℃ 以上。

**6.6.4** 喷涂、涂刷作业应按条带施工方向分条进行。发现鼓泡或脱皮等缺陷时，应及时清除重新涂刷。

**6.6.5** 人员和机械不得在干涸前的封闭层表面行走。

## 7 沥青混凝土心墙铺筑

### 7.1 铺筑前准备

**7.1.1** 沥青混凝土心墙施工前，对底部和岸坡混凝土基座的连接面应按设计要求处理。

**7.1.2** 坝基防渗工程的施工，除在廊道内进行帷幕灌浆外，宜在沥青混凝土施工前完成。心墙与坝基防渗工程必须同时施工时，应做好施工规划，合理布置场地，减少施工干扰。

### 7.2 模 板

**7.2.1** 沥青混合料机械摊铺施工前，应按设计要求的尺寸调整摊铺机自带钢模的宽度。

**7.2.2** 沥青混合料人工摊铺宜采用钢模，并应保证心墙有效断面尺寸，钢模定位后的中心线与心墙设计中心线的偏差应在 $\pm 10\text{mm}$ 范围内。

### 7.3 过渡料铺筑

**7.3.1** 采用专用摊铺机施工时，过渡料的摊铺宽度和厚度应由摊铺机自动调节。摊铺机无法摊铺的部位，应采用其他施工机械补铺。

**7.3.2** 人工摊铺段在过渡料填筑前，宜采用防雨布等对心墙进行遮盖，遮盖宽度宜超出两侧模板。

**7.3.3** 心墙两侧的过渡层应对称同步铺填压实，并采取防止钢模位移的措施。距钢模边  $150\text{mm}\sim 200\text{mm}$  的过渡料，应待钢模拆除后，与心墙同步碾压。

**7.3.4** 心墙两侧的过渡料应采用 3.0t 以下的小型振动碾碾压。碾压遍数应根据设计的密度要求通过试验确定。

**7.3.5** 心墙两侧过渡料压实后的高程宜略低于心墙沥青混凝土面。

## **7.4 沥青混合料摊铺**

**7.4.1** 沥青混凝土心墙应采用水平分层，宜采取全轴线一次铺筑的施工方法。

**7.4.2** 沥青混凝土心墙和过渡料应与坝壳料填筑同步上升，心墙和过渡料与相邻坝壳料的填筑高差应不大于 800mm。

**7.4.3** 沥青混合料机械摊铺速度宜控制为 1m/min~3m/min，摊铺中心线与设计防渗中心线的偏差应小于 10mm。机械难以铺筑的部位可采用人工摊铺。

**7.4.4** 沥青混合料摊铺厚度宜为 200mm~300mm。摊铺厚度大于 300mm 时，应通过试验验证。机械摊铺时应经常检测和校正摊铺机的各个控制系统。

**7.4.5** 连续铺筑 2 层及以上沥青混凝土时，下层沥青混凝土表面温度应降至 90℃ 以下后，方可摊铺上层沥青混合料。

**7.4.6** 沥青混合料的摊铺温度宜控制为 140℃~170℃，或通过试验确定。

## **7.5 沥青混合料碾压**

**7.5.1** 沥青混合料碾压宜采用小于 1.5t 的专用振动碾。

**7.5.2** 沥青混合料与过渡料宜按先过渡料后沥青混合料的次序进行初步碾压，再进行沥青混合料和两侧过渡料的同步碾压。

**7.5.3** 沥青混合料的碾压应先无振碾压，再有振碾压。碾压速度宜控制在 20m/min~30m/min。碾压遍数应通过试验确定。碾压分段交接处应重叠碾压 300mm~500mm。碾压时振动碾不得急刹车或横跨心墙行走。

**7.5.4** 沥青混合料碾压时应控制碾压温度，初始碾压温度不宜低

于 130℃，最终碾压温度不宜低于 110℃，最佳碾压温度应由试验确定。

**7.5.5** 不合格的沥青混合料应清除，清除废料时应减小对下部沥青混凝土的扰动。

**7.5.6** 当振动碾碾轮宽度小于沥青混凝土心墙宽度时宜采用贴缝碾压，当振动碾碾轮宽度大于沥青混凝土心墙宽度时宜采用单边骑缝碾压。

**7.5.7** 各种机械不得直接跨越心墙。在心墙两侧 2m 范围内，不得使用 10t 以上的机械作业。

## **7.6 施工接缝及层间处理**

**7.6.1** 与沥青混凝土相接的水泥混凝土表面应采取冲毛、刷毛等措施，将其表面的浮浆、乳皮、废渣及黏附污物等全部清理干净，并使表面干燥。

**7.6.2** 经处理后的水泥混凝土表面，应均匀喷涂 1~2 遍稀释沥青，待稀释沥青干涸后，再铺设一层沥青砂浆。

**7.6.3** 沥青混凝土心墙宜采取减少横缝的措施，全线保持同一高程施工。当无法避免横缝时，其结合部应做成缓于 1:3 的斜坡，上、下层横缝应错开 2m 以上。

**7.6.4** 对连续铺筑或停歇时间较短的沥青混凝土心墙层面，继续铺筑沥青混凝土前，应将上下层间结合面清理干净。当沥青混凝土心墙结合面温度低于 70℃时，应采用红外线加热器将层面加热到满足铺筑要求。

**7.6.5** 对停歇时间较长的沥青混凝土心墙表面，应采取覆盖保护措施。继续铺筑时应将结合面清理干净，并加热至 70℃以上后，方可摊铺沥青混合料。

**7.6.6** 沥青混凝土心墙钻孔取芯后留下的孔洞应及时回填，回填时应将孔壁沥青混凝土表面加热至 70℃以上，再用热沥青混合料按 50mm 一层分层回填击实。

## 8 沥青混凝土低温季节与雨季施工

### 8.1 低温季节施工

**8.1.1** 当气温在 0℃以下进行沥青混凝土心墙施工时，应经过试验验证，并应符合以下规定：

- 1 通过试验确定沥青混凝土低温施工配合比和保温方法。
- 2 通过试验确定沥青混合料的初始碾压、二次碾压、最终碾压温度。
- 3 运输设备应采取减少沥青混合料在运输中温度损失的保温措施。
- 4 沥青混合料的温度应选用试验确定的出机口温度的上限值，不宜低于 170℃。
- 5 铺筑现场应配备足够的加热设备，摊铺的基础层面加热温度不应低于 70℃。
- 6 沥青混凝土低温季节施工各工序应紧密衔接，适当缩短每段的摊铺长度，摊铺后应及时进行初始碾压。必要时采用多台振动碾分区碾压。

**8.1.2** 面板沥青混凝土施工时段环境温度应高于 5℃，面板防护层施工时段环境温度应高于 10℃。确需施工时，应选择在高温时段，并经试验验证。运输设备应采取保温措施。

**8.1.3** 当预报有降温、降雪或大风时，应及早做好停工安排和防护工作。

**8.1.4** 在越冬前宜完成沥青混凝土面板的防渗层施工。

**8.1.5** 寒冷地区的心墙在低温季停工时，应进行表面覆盖保温防冻，覆盖材料及覆盖厚度应根据现场最大冻结深度和材料的保温

效果确定。

## 8.2 雨 季 施 工

**8.2.1** 沥青混凝土在雨季施工时，应符合下列规定：

- 1 连续降雨时不应安排施工；遇雨影响施工时应及时停工，并及时碾压已摊铺的沥青混合料，雨后复工应满足质量要求。
- 2 有暴雨、短时雷阵雨预报及征兆时，应做好停工准备。
- 3 沥青混合料拌和、储存、运输过程应采用全封闭方式。
- 4 摊铺机沥青混合料漏斗口应设置自动启闭装置，受料后及时自动关闭。
- 5 沥青混合料摊铺后应及时碾压，未碾压的应及时覆盖。
- 6 宜缩小碾压段，摊铺后应尽快碾压密实。
- 7 岸坡应设置防止雨水流向施工部位的挡水埂。
- 8 未经碾压而受雨水浸入的沥青混合料，应彻底铲除。
- 9 铺筑过程中，若遇雨停工，心墙接头应做成缓于 1:3 斜坡，并碾压密实。面板接头应将冷却部分沿表面按 45°角切除至完全压实的部位。

**8.2.2** 有度汛要求的沥青混凝土面板施工时，应符合下列规定：

- 1 应提前做好分期铺筑计划，汛前完成坝体度汛标准相应洪水水位以下的沥青混凝土面板施工并验收完毕。
- 2 低于拦洪水位的面板应至少铺筑一层防渗沥青混凝土，整平胶结层度汛时应按设计要求，适当提高其抗渗性。
- 3 拦洪水位以下未完建的防渗面板顶部应临时封闭。

**8.2.3** 未完建的面板如遇临时蓄水时，应采取相应保护措施。放水时，水位下降速度应小于 2m/d。

**8.2.4** 有度汛要求的沥青混凝土心墙坝施工时，度汛前心墙高程应高于拦洪水位。

## 9 安全监测仪器埋设与监测

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 安全监测仪器设备埋设前应按《混凝土坝安全监测技术规范》DL/T 5178 的相关规定进行率定检验。有耐高温要求的仪器率定检验应按本规范附录 A 执行。

**9.1.2** 埋设在沥青混凝土内的仪器和电缆应能经受 180℃ 高温而保持其性能不变。

**9.1.3** 安全监测项目施工过程中，应加强仪器保护。

### 9.2 埋设与观测

**9.2.1** 变形监测、渗流渗压监测、应力应变与温度监测的仪器埋设与观测按《混凝土坝安全监测技术规范》DL/T 5178 的相关规定执行。

**9.2.2** 埋设在沥青混凝土中的仪器、电缆及埋件不得贯穿防渗体，其埋入部分不应超过防渗厚度的 1/3。

**9.2.3** 仪器埋设后应及时将电缆引出沥青混凝土防渗体，按要求预留一定的电缆长度，并妥善保护。

**9.2.4** 安全监测仪器设备埋设后，应定期进行观测，观测频次应满足设计要求。



## 10 施工质量控制

### 10.1 原材料的检验与控制

**10.1.1** 对沥青混凝土的组成材料沥青、骨料、填料等均应进行质量控制和检验，材料出厂（场）应有合格证，并经现场检测验收。

**10.1.2** 沥青混凝土原材料检验项目、检验标准、检验频次应符合表 10.1.2 的规定。

**表 10.1.2 沥青混凝土原材料检验项目、检验标准、检验频次**

检测对象	取样场所	检测项目	检测标准及目的	检验频次
沥青	沥青仓库	针入度	沥青进场质量检验	同厂家、同标号沥青每批检测一次，每 30t~50t 或一批不足 30t 取样 1 组，若样品检测差值大，应增加检测组数
		软化点		
		延度（15℃）		
		延度（4℃）		
		密度	沥青进场质量检验	同厂家、同标号沥青每批检测一次，取样 2 组~3 组，超过 1000t 增加一组
		含蜡量		
		当量脆点		
		溶解度		
		闪点		
	薄膜烘箱	质量损失	沥青进场质量检验	同厂家、同标号沥青每批检测一次，每 30t~50t 或一批不足 30t 取样 1 组，若样品检测差值大，应增加检测组数
		针入度		
		延度（15℃）		
		延度（4℃）		
		软化点升高		

续表 10.1.2

检测对象	取样场所	检测项目		检测标准及目的	检验频次
粗骨料	成品料仓	密度		材料品质检定	每 1000m <sup>3</sup> ~1500m <sup>3</sup> 为一取样单位，不足 1000m <sup>3</sup> 按一取样单位抽样检测
		吸水率			
		针片状颗粒含量			
		坚固性			
		黏附性			
		含泥量			
		级配及超逊径	超径	控制生产	每 100m <sup>3</sup> ~500m <sup>3</sup> 为一取样单位，不足 100m <sup>3</sup> 按一取样单位抽样检测
逊径					
细骨料 (含人工砂和天然砂)	成品料仓	密度		材料品质检定	每 1000m <sup>3</sup> ~1500m <sup>3</sup> 为一取样单位，不足 1000m <sup>3</sup> 按一取样单位抽样检测
		吸水率			
		坚固性			
		黏土、尘土、炭块			
		水稳定等级			
		超径			
		石粉含量			
		含泥量			
		轻物质含量			
填料	储料罐	密度		材料品质检定	每 100t~200t 取样一次，不足 100t 按一取样单位抽样检测
		含水量			
		亲水系数			
		级配		控制生产	每 50t 取样一次，不足 50t 按一取样单位抽样检测

**10.1.3** 运至工地的沥青,应在沥青堆放库抽取沥青样品进行品质检验。沥青检测指标任何一项不满足要求的,均为不合格品。

**10.1.4** 骨料应按本规范规定的各项技术指标抽样检验，检验合格或满足设计要求后方可使用。

**10.1.5** 填料应按本规范规定的各项技术指标进行检验验收。密度、含水率、亲水系数等指标达不到质量要求时，不得使用。

**10.1.6** 沥青混合料所用的各种掺料，应与试验和设计所确定的材料性质相符，并按有关工业产品质量标准和设计的质量要求验收，每批或每 3t~5t 取样一组，检验合格后方能使用。

## 10.2 沥青混合料制备质量的检验与控制

**10.2.1** 沥青混合料制备质量检验与控制应包括原材料质量控制、工艺控制、温度控制、施工配合比控制等方面。

**10.2.2** 沥青混合料制备过程中的检验项目、检验标准、检验频次应符合表 10.2.2 的规定。

表 10.2.2 沥青混合料制备检验项目、检验标准、检验频次

检验对象	取样地点	检验项目	检验目的及标准	检验频次
沥青	沥青加热罐	针入度、软化点、延度	符合 DL/T 5411 的规定，掺配沥青应符合设计要求	正常生产情况下，每天至少检查 1 次
		温度	按拌和温度确定	随时监测
粗细骨料	热料仓	级配	测定实际数值，计算施工配料单	计算施工配料单前应抽样检查，每天至少 1 次~2 次，连续烘干时，应从热料仓抽样检查
		温度	按拌和温度确定，控制在比沥青加热温度高 20℃之内	随时监测，间歇烘干时应在加热滚筒出口监测
填料	拌和系统填料罐	细度	计算施工配料单	必要时进行监测，每周至少 1 次
		含水率	≤0.5%	每天至少检测 1 次
沥青混合料	拌和楼出口或铺筑现场	油石比	±0.3%	正常生产情况下，每天至少抽提 1 次

续表 10.2.2

检验对象	取样地点	检验项目	检验目的及标准	检验频次
沥青 混合料	拌和楼出 机口或铺 筑现场	矿料级配	粗骨料配合比允许误差 $\pm 5\%$ , 细骨料配合比允许误差 $\pm 3\%$ , 填料配合比允许误差 $\pm 1\%$	正常生产情况下, 每天至少抽提 1 次
		马歇尔稳定度和流值	按设计规定的要求	正常生产情况下, 每天至少检验 1 次
		其他指标 (如渗透系数、斜坡流淌值、低温冻断、弯拉强度、 $C$ 、 $\varphi$ 值等)	按设计规定的要求	定期进行检验, 当现场可钻取规则试样时, 可不在机口取样检验
		柔性(圆盘挠度)	按设计规定的要求	每 5000m <sup>3</sup> 取样至少取一组
		外观检查	色泽均匀、稀稠一致、无花白料、无黄烟及其他异常现象	混合料出机后, 随时进行观察
		温度	按试拌试铺确定, 或根据沥青针入度选定	随时监测

**10.2.3** 沥青混合料制备过程中, 应监测沥青、矿料和沥青混合料的温度, 观察出机沥青混合料的外观质量。沥青混合料出现下列情况之一时, 应按废料处理:

- 1 配料错误。
- 2 外观检查不符合要求。
- 3 拌和好的沥青混合料, 温度低于 140℃ 或储存时间超过 48h。

**10.2.4** 沥青混合料现场取样方法应按《水土沥青混凝土试验规程》DL/T 5362 的规定执行, 并应进行油石比、矿料级配、孔隙率、马歇尔稳定度和流值检验。其他技术指标, 应按设计要求进行抽查。

### 10.3 沥青混凝土施工质量的检验与控制

**10.3.1** 沥青混凝土面板施工质量的检验与控制应符合下列规定:

1 铺筑现场应专门监测沥青混合料的铺筑温度,严格控制碾压温度。

2 面板各层沥青混凝土的铺筑厚度,应按设计要求控制。防渗层的铺筑厚度不得小于设计层厚,非防渗层不得小于设计层厚的95%。铺筑面应平整,在2m范围内的不平整度应控制在10mm以内。

3 钻孔取芯样,每 $3000\text{m}^2 \sim 6000\text{m}^2$ 至少应取样一组,重点部位应增加检测。应对芯样密度、孔隙率、渗透系数、铺设层厚度和力学性能等进行检验。并应对芯样进行抽提试验,检验沥青混凝土的配合比、渗透性、斜坡流淌值,必要时应进行柔性、抗冻裂等检验。

4 面板防渗层的铺筑质量检验,宜采用无损检验的方法。检测时,每 $30\text{m}^2 \sim 50\text{m}^2$ 应在条幅表面和接缝面上各选一测点,并在坝面温度与气温接近的条件下进行测试。对铺筑质量可疑的部位可增加测点。

5 配制封闭层沥青胶时,应检验其配合比、加热温度及软化点。涂刷时,应在现场检验其温度、涂刷量和均匀性。

沥青混凝土面板施工质量的检验项目、检验标准、检验频次应符合表 10.3.1-1~表 10.3.1-4 的规定。

表 10.3.1-1 沥青混凝土排水层铺筑质量的  
检验项目、检验标准、检验频次

检测对象	取样地点	检验项目	检验标准及目的	检验频次
铺料	铺筑现场	铺料温度(℃)	符合设计要求	沿摊铺条带每 5m 检测 1 次
铺料	铺筑现场	初始碾压温度(℃)	120~150	每摊铺条带检测 2 次
铺料	铺筑现场	二次碾压温度(℃)	≥80	每摊铺条带检测 2 次
层面	铺筑现场	层面平整度(mm)	15	沿摊铺条带每 10m 检测 1 次
铺料	铺筑现场	厚度(mm)	±10	沿摊铺条带每 10m 检测 1 次

续表 10.3.1-1

检测对象	取样地点	检验项目	检验标准及目的	检验频次
层面	铺筑现场	层面清理	干净、干燥	施工前检测 1 次
层面	铺筑现场	接缝角度 (°)	<45	沿摊铺条带每 10m 检测 1 次
层面	铺筑现场	接缝平整度 (mm)	符合设计要求	沿摊铺条带每 10m 检测 1 次
成型层面	成型部位	无损检测	孔隙率 (%)	每 30m <sup>2</sup> ~50m <sup>2</sup> 范围内至少检测 1 个点
成型层面	成型部位		密度 (g/cm <sup>3</sup> )	
成型层面	成型部位		渗透系数 (cm/s)	
芯样	成型部位	取芯检验	孔隙率 (%)	每 500m <sup>2</sup> ~1000m <sup>2</sup> 范围内至少取芯样 1 组
芯样	成型部位		密度 (g/cm <sup>3</sup> )	
芯样	成型部位		渗透系数 (cm/s)	

表 10.3.1-2 沥青混凝土面板防渗层和整平胶结层铺筑质量的  
检验项目、检验标准、检验频次

检测对象	取样地点	检验项目	检验标准及目的	检验频次
铺料	铺筑现场	铺料温度 (°C)	≥160	沿摊铺条带每 5m 检测 1 次
铺料	铺筑现场	初始碾压温度 (°C)	120~150	每摊铺条带检测 2 次
铺料	铺筑现场	铺料厚度 (mm)	符合设计要求	沿摊铺条带每 10m 检测 1 次
层面	铺筑现场	层面清理	干净、干燥	沿摊铺条带每 10m 检测 1 次
层面	铺筑现场	接缝温度 (°C)	80±10	沿摊铺条带每 5m 长检测 1 次
连接面	铺筑现场	与混凝土结构间接缝	连接面 全部凿毛, 凸凹应小于 20mm, 表面整平、干燥、洁净	每 5m 检查 1 次
连接面	铺筑现场		沥青涂料涂刷 涂刷均匀、无空白处, 涂刷量约 0.4kg/m <sup>2</sup>	每 5m 检查 1 次
连接面	铺筑现场		止水材料铺设 铺设平整、均匀, 厚度符合设计要求	每 5m 检查 1 次

续表 10.3.1-2

检测对象	取样地点	检验项目		检验标准及目的	检验频次
成型层面	成型部位	无损检测	孔隙率 (%)	符合设计要求	每 30m <sup>2</sup> ~50m <sup>2</sup> 范围内至少检测 1 个点
成型层面	成型部位		密度 (g/cm <sup>3</sup> )	符合设计要求	
成型层面	成型部位		渗透系数 (cm/s)	符合设计要求	
芯样	成型部位	取芯检验	孔隙率 (%)	符合设计要求	每 3000m <sup>2</sup> ~6000m <sup>2</sup> 至少取芯样 1 组
芯样	成型部位		密度 (g/cm <sup>3</sup> )	符合设计要求	
芯样	成型部位		渗透系数 (cm/s)	符合设计要求	
铺料	铺筑现场	二次碾压温度 (°C)		80~120	每摊铺条带检测 2 次
层面	铺筑现场	平整度 (mm)		10	沿摊铺条带每 10m 检测 1 次
连接面	铺筑现场	水密性 (真空试验)	摊铺机施工部分	符合设计要求	一般部位: 1 次/1000m <sup>2</sup> 热缝: 1 次/100m 冷缝: 1 次/20m
连接面	铺筑现场		人工施工部分	符合设计要求	一般部位: 1 次/10m <sup>2</sup> 接缝: 1 次/5m
铺料	铺筑现场	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	摊铺机施工部分	符合设计要求	1 次/100m <sup>2</sup>
铺料	铺筑现场	(核子密度仪)	人工施工部分	符合设计要求	1 次/10m <sup>2</sup>
层面	铺筑现场	接缝角度 (°)		<45	沿摊铺条带每 10m 长检测 1 次
层面	铺筑现场	接缝平整度 (mm)		符合设计要求	沿摊铺条带每 10m 长检测 1 次
连接面	铺筑现场	止水槽回填	回填厚度 (mm)	≤50	每 2m 检查 1 次
连接面	铺筑现场		回填密实度	密实、表面平整	每一回填层检查 1 次

表 10.3.1-3 沥青混凝土面板封闭层铺筑质量的

检验项目、检验标准、检验频次

检测对象	取样地点	检验项目	检验标准及目的	检验频次
铺料	铺筑现场	涂刷温度 (°C)	符合设计要求	每 1 槽车 2 次
铺料	铺筑现场	厚度 (mm)	符合设计要求	每 1 槽车 1 次
层面	铺筑现场	层面清理	干净、干燥	施工前检查 1 次
层面	铺筑现场	斜坡流淌	符合设计要求	每天至少检查 1 次
层面	铺筑现场	低温冻断	符合设计要求	低温时, 每施工单元检测 1 次
层面	铺筑现场	柔性	符合设计要求	每施工单元检测 1 次

表 10.3.1-4 乳化沥青喷层的检验项目、检验标准、检验频次

检测对象	取样地点	检验项目	检验标准及目的	检验频次
基础	铺筑现场	基础面	干净、干燥	撒布范围内检查 1 次
基础	铺筑现场	单位面积喷涂量 (kg/m <sup>2</sup> )	符合设计要求	每天 1 次
基础	铺筑现场	乳化沥青温度 (°C)	符合设计要求	随时, 至少每槽车 2 次
基础	铺筑现场	喷涂效果	均匀	喷涂范围内检查 1 次

### 10.3.2 沥青混凝土心墙施工质量的检验与控制应符合下列规定:

1 沥青混凝土心墙施工前, 应对底部及岸坡混凝土基座连接面的处理质量进行检查验收。

2 沥青混合料铺筑过程中应对温度、摊铺厚度和宽度、碾压及外观进行检查控制。

3 心墙沥青混凝土的厚度不得小于设计厚度。

4 每层应进行外观检查, 如发现裂纹等异常现象, 应进行处理。

5 在沥青混凝土施工完成并冷却至接近环境温度后, 钻孔取芯, 进行物理力学性能试验。钻取芯样的长度应根据试验项目确定, 取芯应穿透 1 层。



6 对无损检测的不合格测点,应在该测点处钻取芯样进行复测。若芯样测试值仍不合格,应分析施工资料,扩大钻芯检测范围,确定处理方案。

**10.3.3 沥青混凝土心墙施工质量的检验项目、检验标准、检验频次应符合表 10.3.3-1 和表 10.3.3-2 的规定。**

**表 10.3.3-1 碾压式沥青混凝土心墙工程基座结合面处理质量的  
检验项目、检验标准、检验频次**

检测对象	取样地点	检验项目	检验标准或允许偏差	检验频次
基座结合面	基座现场	基座面	层面清理干净,全部刷毛,无杂物,且层面干燥	每单元检测 1 次
	基座现场	冷底子油喷涂	配料比例符合设计要求,稀释沥青(乳化沥青)涂抹均匀、无空白、无团块、色泽一致	每单元检测 1 次
铺料	铺筑现场	沥青玛瑞脂摊铺温度(℃)	135~150	每单元检测 1 次
铺料	基座现场	沥青玛瑞脂摊铺基础面	层面清理干净,无杂物,且层面干燥	每单元检测 1 次
铺料	铺筑现场	沥青玛瑞脂摊铺厚度(mm)	摊铺厚度符合设计要求,无鼓包、无流淌,贴附牢固	每单元检测 1 次
铺料	铺筑现场	沥青玛瑞脂摊铺平整度	表面平顺,无大的凸凹和起伏	每单元检测 1 次

**表 10.3.3-2 碾压式沥青混凝土心墙铺筑的  
检验项目、检验标准、检验频次**

检测对象	取样地点	检验项目	检验标准或允许偏差	检验频次
层面	铺筑现场	沥青混凝土结合层面干燥程度	干燥	每摊铺层随机检验至少 5 个点
层面	铺筑现场	沥青混凝土结合层面横向接缝	干净,坡度小于或等于 1:3	每个接缝检测 1 次

续表 10.3.3-2

检测对象	取样地点	检验项目		检验标准或允许偏差	检验频次
模板	铺筑现场	模板中心与心墙中心线偏差距离(mm)		±10	每摊铺层随机检验至少5个点
铺料	铺筑现场	摊铺温度(℃)		气温 0℃以上时, ≥140; 气温 0℃以下时, ≥160	每摊铺层随机检验至少5个点
铺料	铺筑现场	初碾温度(℃)		气温 0℃以上时, ≥130; 气温 0℃以下时, ≥150	每摊铺层随机检验至少5个点
铺料	铺筑现场	终碾温度(℃)		气温 0℃以上时, ≥110; 气温 0℃以下时, ≥130	每摊铺层随机检验至少5个点
成型层面	成型部位	无损检测	孔隙率(%)	符合设计要求	每一个施工单元 10m~30m 检测 1 个点, 但检测至少 3 个点
成型层面	成型部位		密度(g/cm <sup>3</sup> )	符合设计要求	
成型层面	成型部位		渗透系数(cm/s)	符合设计要求	每一个施工单元 100m 检测 1 个点, 但检测至少 3 个点
芯样	成型部位	取芯检验	孔隙率(%)	符合设计要求	沥青混凝土心墙每上升 4.0m~6.0m 检测 1 次, 抽取芯样至少 3 个
芯样	成型部位		密度(g/cm <sup>3</sup> )	符合设计要求	
芯样	成型部位		渗透系数(cm/s)	符合设计要求	对抽取的芯样进行检验至少 3 个
芯样	成型部位		马歇尔稳定度、流值等	符合设计要求	必要时进行检测
芯样	成型部位		小梁弯曲	符合设计要求	
芯样	成型部位		三轴试验	符合设计要求	
芯样	成型部位		其他指标	符合设计要求	
层面	铺筑现场	结合层面表面		层面清理的干净	每摊铺层随机检验至少5个点
层面	铺筑现场	结合层面温度(℃)		层面下 10mm 处温度 70 以上	每摊铺层随机检验至少5个点
层面	铺筑现场	沥青混合料摊铺层面		表面无污物, 色泽均匀, 无异常现象	每摊铺层随机检验至少5个点

续表 10.3.3-2

检测对象	取样地点	检验项目	检验标准或允许偏差	检验频次
铺料	铺筑现场	沥青混凝土心墙压实层厚 (mm)	心墙厚度压实厚度偏差应在设计压实厚度的 10% 以内	每摊铺层随机检验至少 5 个点
层面	铺筑现场	心墙压实宽度偏差 (mm)	心墙压实宽度偏差应在设计宽度的 20 以内	每摊铺层随机检验至少 5 个点

## 附录 A 耐高温仪器率定检验

### A.1 高温仪器率定方法

**A.1.1** 采用高温油浴，应选用闪点大于 200℃、稠度较小的导热油（如棉子油、变压器油等）对仪器加热。

**A.1.2** 仪器应按下列步骤进行检测、检验：

1 在常温下按照《混凝土坝安全监测技术规范》DL/T 5178 对仪器进行力学性能、0℃～60℃温度性能及绝缘度检验。

2 将仪器放入高温油浴中，分 90℃、120℃、150℃、180℃ 共 4 挡加热，每挡保持温度变化在±0.1℃以内的情况下恒温 1h 以上，待测值稳定不变时进行检测。

3 待仪器自然冷却，取出仪器，擦净，进行力学性能检验。

4 将仪器放入压力水罐中，加水压至 0.5MPa 进行绝缘度检验，对于压应力计、渗压计则应检验在额定压力下的绝缘度。

### A.2 率定资料处理及评判

**A.2.1** 仪器的温度性能应按下列步骤检验：

1 将标准温度与仪器温度读数 2 组数按二阶多项式进行回归计算，得出多项式各常数。

2 将实测的仪器温度读数代入多项式计算各挡仪器实测温度。

3 用各挡仪器实测温度减去各挡标准温度得出每挡温度检验误差。

4 取绝对值的最大值为仪器的温度检验误差，其温度检验误差应不大于 0.5℃。

**A.2.2** 仪器的力学性能检验应符合下列规定：

1 振弦式仪器按《土工试验仪器 岩土工程仪器振弦式传感器通用技术条件》GB/T 13606 分别计算仪器高温前后的分辨率  $r$ 、额定输出  $F_n$ 、滞后  $H$ 、非线性度  $L$ 、不重复度  $R$ 、综合误差  $E_c$ 。

2 灵敏度系数相对误差应按下列公式进行计算：

$$\alpha_1 = |K_s - K|/K \times 100\% \quad (\text{A.2.2-1})$$

$$\alpha_2 = |K'_s - K|/K \times 100\% \quad (\text{A.2.2-2})$$

$$\alpha_3 = |K'_s - K_s|/K_s \times 100\% \quad (\text{A.2.2-3})$$

式中：

$\alpha_1$ ——高温前标定灵敏度与出厂灵敏度相对误差；

$\alpha_2$ ——高温后标定灵敏度与出厂灵敏度相对误差；

$\alpha_3$ ——高温前标定灵敏度与高温后灵敏度相对误差；

$K_s$ ——高温前标定灵敏度系数；

$K'_s$ ——高温后标定灵敏度系数；

$K$ ——仪器出厂灵敏度系数。

3 各项误差绝对值不得大于表 A.2.2 中的限差规定。

表 A.2.2 灵敏度误差绝对值限差

项 目	$R$	$H$	$L$	$E_c$	$\alpha_3$
限差 (%)	0.5	1	2	2.5	3

4 对力学性能检验合格的仪器，如果仪器标定灵敏度系数与出厂灵敏度系数相对误差  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  均不大于 3%，则取用出厂灵敏度系数  $K$  进行物理量计算，否则取用高温后标定灵敏度系数  $K'_s$  进行计算。

**A.2.3** 绝缘度检验：振弦式仪器在 0℃、60℃ 及 0.5MPa（或标称压力）水中绝缘电阻不宜小于 50MΩ。

## 本标准用词说明

1 为了便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:  
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:  
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:  
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。
- 4) 表示允许有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

GB/T 13606 土工试验仪器 岩土工程仪器振弦式传感器通用技术条件

DL/T 5098 水电水利工程砂石加工系统设计导则

DL/T 5144 水工混凝土施工规范

DL/T 5178 混凝土坝安全监测技术规范

DL/T 5310 沥青混凝土面板堆石坝及库盆施工规范

DL/T 5362 水工沥青混凝土试验规程

DL/T 5411 土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范

中华人民共和国电力行业标准

水工碾压式沥青混凝土施工规范

**DL/T 5363 — 2016**

条 文 说 明



## 目 次

1	总则	44
3	原材料	47
3.1	沥青	47
3.2	骨料	50
3.3	填料	55
3.4	掺料	56
4	配合比与试验	60
5	沥青混合料制备、储存与运输	64
5.1	拌和厂(站)设备与布置	64
5.2	原材料加热与输送	67
5.3	沥青混合料配料	70
5.4	沥青混合料拌和与储存	71
5.5	沥青混合料运输	75
6	沥青混凝土面板铺筑	78
6.1	一般规定	78
6.2	沥青混合料摊铺	80
6.3	沥青混合料碾压	82
6.4	施工接缝与层间处理	84
6.5	面板与刚性建筑物连接	86
6.6	封闭层施工	88
7	沥青混凝土心墙铺筑	90
7.1	铺筑前准备	90
7.2	模板	91
7.3	过渡料铺筑	92

7.4	沥青混合料摊铺·····	93
7.5	沥青混合料碾压·····	96
7.6	施工接缝及层面处理·····	98
8	沥青混凝土低温季节与雨季施工·····	102
8.1	低温季节施工·····	102
8.2	雨季施工·····	104
9	安全监测仪器埋设与监测·····	106
9.1	一般规定·····	106
9.2	埋设与观测·····	106
10	施工质量控制·····	108
10.1	原材料的检验与控制·····	108
10.2	沥青混合料制备质量的检验与控制·····	108
10.3	沥青混凝土施工质量的检验与控制·····	108

# 1 总 则

## 1.0.3、1.0.4 沥青混凝土防渗墙正常施工的气象条件规定。

条文规定以施工时无降水、风力小于 4 级、气温（心墙施工 0℃、面板施工 5℃和封闭层施工 10℃）作为划分正常施工与非正常施工（低温施工或雨天施工）的界限，以此作为编制施工进度计划、进行施工安排的依据。

### （1）正常施工的降水分界标准。

沥青混凝土在编制施工进度计划、进行施工安排时，必须考虑降雨对铺筑的影响。由于沥青是一种憎水性胶结材料，当有水分浸入时会影响矿料之间的紧密黏结，导致质量降低，如果在有水分的铺筑层面上摊铺防渗层时，也会引起防渗层的鼓泡和层间结合不良。故降雨时必须停工，并且在雨后必须将已铺层面烘干，才可继续施工，以确保铺筑质量。

条文中规定无降水作为正常施工的分界标准，这是根据一些工程经验定出的。我国天荒坪抽水蓄能电站库盆、冶勒水电站大坝、尼尔基水库大坝规定日降雨量大于 5mm 作为因雨停工的标准，而三峡茅坪溪防护大坝规定日降雨量大于 0.1mm 作为因雨停工的标准。实际施工中时，沥青混凝土的铺筑均因降雨降雪而停工。只是在小降雨量时，恢复施工要快一些。

### （2）正常施工的风力分界标准。

沥青混凝土施工的风力分界标准为风力小于 4 级允许施工，风力大于 4 级不允许施工。

### （3）正常施工的气温分界标准。

碾压式沥青混凝土施工为热作业，其压实质量与沥青混合料的温度关系很大。沥青混合料的出机口温度过高，易使沥青发生

老化现象。若气温过低，沥青混合料温度损失较大，将难以压实，甚至不能使沥青混凝土满足设计标准。因此有必要明确正常施工、低温施工与停工的气温分界标准。

国外一般规定为  $5^{\circ}\text{C}$  作为确定施工与停工的分界标准。

根据天荒坪抽水蓄能电站库盆（1996～1997 年）、三峡茅坪溪防护大坝（1997～2003 年）等工程沥青混凝土面板及沥青混凝土心墙的施工实际情况，施工时将气温  $5^{\circ}\text{C}$  作为正常施工的分界标准，施工质量良好。而尼尔基水库大坝（2003～2004 年）、冶勒水电站大坝（2003～2004 年）在  $0^{\circ}\text{C}$  以下，采取防护措施进行了沥青混凝土心墙的施工，质量良好。故规定沥青混凝土心墙以施工时气温  $0^{\circ}\text{C}$ ，作为正常施工的气温分界标准是比较合理和切实可行的。

考虑到沥青混凝土面板的摊铺面积较大，沥青混合料的散热比较迅速，因此要求正常施工时气温在  $5^{\circ}\text{C}$  以上，封闭层施工时气温在  $10^{\circ}\text{C}$  以上。

**1.0.5** 本条强调沥青混凝土不宜在夜间施工，必须在夜间施工时，应保证有足够的照明措施，使沥青混凝土施工环境得到保障，从而确保其施工质量。

碾压式沥青混凝土施工，为热作业，质量要求较高，面板又系斜坡作业，如在夜间施工，容易发生安全事故和铺筑质量问题。国外一般规定夜间不施工。我国三峡茅坪溪防护大坝沥青混凝土心墙曾进行夜间作业尝试，虽然改善了照明条件，但夜间对沥青混凝土表面的碾压情况仍观察不清，加之工人疲劳，铺筑质量不如白天好，还是停止了夜间施工。过去有的工程，由于机械化程度不高，工期较紧，夜间也需施工。例如正岔水库面板原规定只在白天施工，照明解决后，夜间也曾进行铺筑。冶勒水电站大坝因考虑到天气多雨，为充分利用有利天气，考虑了三班作业计划，施工中加强了照明和管理条件。实践表明，沥青混凝土防渗墙在夜间施工，若加强照明和管理条件，还是可以保证施工安全和工

程质量的，但终究不如白天铺筑质量好。故仍规定为“不宜在夜间进行施工”。

**1.0.6** 本条强调沥青混凝土施工中温度控制的重要性。沥青混凝土施工过程中，实际入仓温度将对工程质量产生较大影响。

温度是沥青混凝土施工的一项重要的质量指标，整个生产过程，从原材料加热到混合料拌和温度应随时加以测定，并及时调整，以保证混合料的温度符合要求。影响混合料温度的原因是沥青和骨料的加热温度，因此，应对沥青和骨料的加热温度进行控制。一方面沥青和骨料的温度过低，将不利于骨料和沥青的黏附，当混合料温度低于铺筑所要求的温度时，将使混合料报废，造成经济上的损失；另一方面，当沥青和骨料的温度过高，或骨料温度超过沥青温度 20℃ 以上时，均会加速沥青老化而降低混合料的质量。为了确保沥青混凝土的施工质量，应对沥青、骨料和混合料的温度进行控制。施工中应根据沥青混凝土的特性，经济合理地采取温控措施。

**1.0.7** 为了有利于新技术、新工艺、新材料和新设备在沥青混凝土施工中的推广和应用，并保证工程质量，特制定本条。

## 3 原 材 料

### 3.1 沥 青

**3.1.1** 原规范提出了水工沥青的概念,其附录 A(资料性附录)“水工沥青质量技术要求”提出了不同标号的水工沥青质量技术要求。2009 年 12 月 1 日实施的《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411 在总结了已有水工沥青行业标准和企业标准、交通工程行业标准和国家标准以及有关水电、水利工程沥青实际应用经验之后,提出了“水工沥青混凝土所用沥青的技术要求”,与原规范提出的“水工沥青质量技术要求”相似,为了避免行业标准技术要求的混乱,本次规范修订时删除了原规范附录 A,明确水工沥青混凝土所用沥青质量指标应符合《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411 的规定。

沥青材料的品种和标号选择除要考虑工程类别、当地气温、运用条件和施工要求外,更要考虑沥青混凝土的结构性能要求。由于水电水利工程中所用沥青的量不大,目前我国还没有正式颁布水工沥青国家标准,选择沥青时可参考国内目前已有的水工沥青行业标准和企业标准,也可参考《沥青路面施工及验收规范》GB 50092 及《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 中提出的沥青标准,或者参考国外沥青标准。碾压式水工防渗沥青混凝土宜选用水工沥青,也可选用道路石油沥青或国外沥青。对于沥青混凝土性能有特别要求的沥青混凝土面板防渗层,可专门提出沥青质量技术要求由厂家专门生产,也可采用改性沥青。我国三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、金平水电站大坝

和下坂地水电站大坝沥青混凝土心墙采用了与 AH-70 号重交通道路沥青相似的水工沥青。西龙池抽水蓄能电站库盆沥青混凝土面板防渗层和封闭层采用了 AH-90 重交通道路沥青作为基质的 SBS 改性沥青。其他层采用了 AH-90 重交通道路沥青。天荒坪抽水蓄能电站库盆沥青混凝土面板采用了中东进口的 B80 号沥青。

**3.1.2** 规定碾压式沥青混凝土所使用的沥青应进行出厂品质检验,同时提出黏度及化学组分作为出厂检测项目,但没有明确指标。目前,美国、澳大利亚、日本等凡以沥青黏度作为分级标准的国家均以 60℃ 及 135℃ 黏度为主要控制指标,进行出厂品质检验时应加以考虑。沥青的化学组分与沥青的性能密切相关,沥青的化学组分与沥青混凝土的关系始终是国内外石油化学和道路行业研究的重点,水工行业应吸收其他行业的研究成果,并充分利用。沥青的化学组分很复杂,受原油产地和加工方法的影响,即使同厂家、同牌号的沥青,性质亦不尽相同。三峡茅坪溪防护大坝沥青混凝土心墙施工中,由于 1999 年进场的第三批沥青性能与前两批进场的沥青性能略有不同,在进行配合比和施工工艺设计时,就采用了与以前不同的施工参数。

**3.1.3** 水工碾压式沥青混凝土所用沥青多为桶装,装卸不慎桶壁易受破损,造成沥青外流,污染环境;也易使雨水和污物进入桶内,污染沥青,应加注意。

**3.1.4** 不同标号、不同批次的沥青,从外观上不易准确区分,如相互混杂,或受热软化相互黏结,就很难处理,甚至造成工程事故。故沥青应按产地、品种、标号分别存放。根据国内的施工经验,沥青的保管还应符合下列要求:

(1) 沥青为可燃物质,又是高温作业,加热过程稍有疏忽都可能引起火灾,故必须重视防火问题。

(2) 沥青的比重近于 1,桶装沥青由于桶内存在空隙,能在水中漂浮,故堆放地点应避免洪水的影响。

(3) 沥青保管不善, 就会黏附泥砂、草屑、纸片等杂物, 影响沥青的质量和加热, 故应尽量避免。

**3.1.5** 稀释沥青用做冷底子油或层间涂层时, 建议用沥青与汽油配制。用水工沥青与柴油配制的冷底子油干涸很慢, 如果时间要求较紧, 不宜采用。其配合比应根据干燥速度的要求选定。

稀释沥青用做冷底子油时, 沥青与溶剂比例可采用 1:3 或 1:4。采用溶剂比例较大的目的是降低黏度, 使易于渗入底层缝隙, 形成黏结牢固的沥青膜。如用做层间涂层时, 则宜采用 1:4 的比例, 以提高冷底子油沁入常态混凝土表层的能力, 若涂层厚度达不到要求, 则应增加喷涂遍数。稀释沥青耗用大量价格高的有机溶剂, 宜以乳化沥青代替。

配制稀释沥青, 当采用快挥发性溶剂(如汽油)时, 宜将熔化沥青以细流状加入溶剂中, 因为溶剂原为常温, 其温度随沥青加入而逐渐升高, 减免溶剂突然升温挥发。当采用慢挥发性溶剂时, 溶剂挥发性较小, 其溶解能力亦不及快挥发性溶剂强, 故将常温的溶剂加入熔化沥青, 可使配制开始的温度较高, 以加速溶解, 同时应不停地搅拌。根据国内工程施工配制稀释沥青的实践, 规定沥青温度为: 当采用慢挥发性溶剂时, 沥青温度不得超过  $120^{\circ}\text{C}$ ; 当采用快挥发性溶剂时, 沥青温度不得超过  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

稀释沥青由于渗入的有机溶剂是液体燃料, 容易挥发, 闪点低, 故应注意防火。

**3.1.6** 乳化沥青在防渗工程中主要用作涂层材料, 用以代替稀释沥青, 可降低成本, 改善工作条件。阳离子乳化沥青在水工中得到广泛应用, 尤其是与潮湿的骨料有良好的黏附性, 本条文推荐使用阳离子。但有些情况下, 经过试验论证也可以采用阴离子乳化沥青或非离子乳化沥青。《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411—2009 提出的阳离子乳化沥青的技术要求见表 3-1。



表 3-1 阳离子乳化沥青的技术要求

项 目		单位	品种和技术指标		
			PC-1	PC-2	PC-3
破乳速度			快裂	慢裂	快裂或中裂
筛上残留物 (1.18mm 筛)		%	≤0.1	≤0.1	≤0.1
黏度	恩格拉黏度计 E25		2~10	1~6	1~6
	道路标准黏度计 C25.3	s	10~25	8~20	8~20
蒸发残留物	残留物含量	%	≥50	≥50	≥50
	溶解度	%	≥97.5	≥97.5	≥97.5
	针入度 (25℃)	0.1mm	50~200	50~300	45~150
	延度 (15℃)	cm	≥40	≥40	≥40
与粗骨料的黏附性, 裹附面积占总面积			≥2/3	≥2/3	≥2/3
常温储存 稳定性	1d	%	≤1	≤1	≤1
	5d	%	≤5	≤5	≤5

注: PC 为喷洒型阳离子乳化沥青。

根据工程经验, 乳化沥青的制造工艺简单, 一般工地均可就地生产, 随产随用, 不需长期储存, 对稳定性可免过高要求, 使价格较便宜。

乳化沥青的储存, 应防止漏失、水分蒸发、表面结块、杂质混入和沉淀凝聚, 故应采取将容器加盖或密封、限制储存期限等措施。

乳化沥青是沥青微粒均匀分散在液相中, 具有较小的黏度, 可以均匀涂刷在基底上, 并能渗入微小的缝隙以增加黏附力。但当乳化沥青中沥青微粒液相失稳, 沥青微粒相互凝聚结团, 将使喷涂困难, 且不易均匀, 故规定凝聚的乳化沥青禁止使用。

## 3.2 骨 料

### 3.2.1 水工沥青混凝土粗、细骨料的开采、破碎和筛分, 与水工

混凝土砂石料的生产大同小异，故可参考有关规定进行。

**3.2.2** 粗骨料宜采用碱性岩石，是基于碱性岩石与沥青的黏附性要优于酸性岩石和中性岩石。沥青和骨料黏附性的本质是两种材料的界面亲和力，这种亲和力是指表面张力、范德华力、机械附着力及化学反应引力，沥青和骨料的黏附性产生问题的根源：水分吸附在骨料表面，由于水的极性很强，骨料表面的沥青能被水置换。对于石英类材料，硅的含量很高，表面带有弱的负电荷，它与水分子的氢离子能以氢键的方式结合，由于它与沥青的结合主要依靠相对较弱的范德华力，此种结合力比水分子与硅的极性吸引力小得多，水更容易穿透沥青达到骨料表面将骨料与沥青分开；对于石灰岩材料，它与沥青的吸附作用主要是化学吸附力，而这种力是远远大于骨料与水分子的亲和力的。因此，碱性骨料更适合于拌制沥青混凝土。如冶勒水电站大坝沥青混凝土骨料使用当地的石英闪长岩，其与新疆克拉玛依水工沥青的黏附性达到 5 级；金平水电站大坝沥青混凝土骨料使用当地的玄武岩，与沥青的黏附性达到 4 级。

碱性骨料与沥青的黏附力高，由碱性骨料制备的沥青混合料，在长期与水接触中，其水稳定性较好，故建议以碱性岩石加工碎石做粗骨料。当需用酸性或中性岩石时，必须有充分的试验论证。当需要采用酸性骨料时，应采取相应措施（如加入防剥离剂），以改善其与沥青的黏附力，提高其水稳定性。目前国外对于使用酸性骨料的限制在逐渐放宽；而我国的试验研究还不充分，故一般暂限用于次要部位。

判别骨料酸碱性有多种方法，最简单的方法是用稀盐酸滴在岩石上，能发生气泡的就是碱性岩石；还可以用矿物分析的方法，当  $\text{SiO}_2$  含量小于 45% 时为超碱性， $\text{SiO}_2$  含量 45%~52% 时为碱性， $\text{SiO}_2$  含量 52%~65% 时为中性， $\text{SiO}_2$  含量大于 65% 时为酸性岩石；还有一种计算碱度模数  $M$  的方法 [ $M = (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO}) / \text{SiO}_2$ ]，当  $M > 1$  时为碱性， $M = 0.6 \sim 1$  时为中性， $M < 0.6$  时为

酸性。

**3.2.3** 国内沥青混凝土工程粗骨料一般根据粒径分级，如 26.5mm~19mm、19mm~9.5mm、9.5mm~4.75mm、4.75mm~2.36mm。当粒径组过多时，可将 19mm~9.5mm、9.5mm~4.75mm 两组合并。沥青混凝土粗、细骨料的分界线，国外采用 2.36mm。按照技术标准应与国际标准接轨的原则，故在本规范中予以采用。

我国近几年沥青混凝土工程施工中，天荒坪抽水蓄能电站库盆粗骨料粒径分级为 16mm~11mm、11mm~8mm、8mm~5mm、5mm~2mm；三峡茅坪溪防护大坝及冶勒水电站大坝粗骨料粒径分级为 20mm~10mm、10mm~5mm、5mm~2.5mm；尼尔基水库大坝粗骨料粒径分级为 20mm~15mm、15mm~10mm、10mm~5mm、5mm~2.5mm；下坂地水电站大坝及金平水电站大坝粗骨料粒径分级为 19mm~9.5mm、9.5mm~4.75mm、4.75mm~2.36mm；张河湾抽水蓄能电站库盆粗骨料粒径分级为 13.2mm~9.5mm、9.5mm~4.75mm、4.75mm~2.36mm；西龙池抽水蓄能电站库盆粗骨料粒径分级为 19mm~16mm、16mm~9.5mm、9.5mm~4.75mm、4.75mm~2.36mm。

**3.2.4** 碎石表面比较粗糙，可以提高与沥青的黏附力，亦可提高沥青混合料的咬合力，故规定沥青混凝土的骨料应尽量采用碎石。如果采用天然卵石加工碎石时，增大卵石与碎石最大粒径比例，目的在于增大碎石的破碎面。根据计算和经验，其粒径比应在 3 倍以上，且用量不宜大于粗骨料总量的 50%。

沥青混凝土的粗骨料粒径较小，形状又要求近于立方体，故应选用适于破碎尺寸较小、形状较好的碎石机。根据国内工程的经验，以反击式破碎机为宜。

**3.2.5** 骨料最大粒径是指骨料总通过率大于 90% 的筛孔尺寸。沥青混凝土防渗墙，尤其是斜墙，是分层铺设的薄层防渗结构，如骨料粒径过大，将增加其不均匀性，且两个颗粒叠加超出一次铺设层厚时，该点容易形成渗漏通道，影响防渗效果。《土石坝沥青

混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411—2009 在水工沥青混凝土配合比选择时推荐的各类沥青混凝土骨料最大粒径见表 3-2，国内外工程一次铺设厚度和所用骨料最大粒径资料列于表 3-3。

表 3-2 DL/T 5411—2009 推荐的骨料最大粒径

沥青混凝土类型	骨料最大粒径 (mm)
面板防渗层沥青混凝土	16~19
面板整平胶结层沥青混凝土	≤19
面板排水层沥青混凝土	≤26.5
沥青砂浆或细粒沥青混凝土	2.36 或 4.75
心墙沥青混凝土	≤19

表 3-3 国内外防渗墙沥青混合料的粗骨料最大粒径实例

国 别	工程名称	层厚 (mm)	骨料最大粒径 (mm)	最大粒径/层厚
中国	天荒坪	100	11~16	1/6.25
中国	张河湾	80~100	13.2	1/6.06~1/7.58
中国	西龙池	100	19	1/5.26
中国	宝泉	100	19~13.2	1/5.26~1/7.58
中国	茅坪溪	200	20	1/10
中国	冶勒	200~250	20	1/10~1/12.5
中国	下坂地	200~250	19	1/10.53~1/13.16
中国	金平	200~250	19	1/10.53~1/13.16
中国	尼尔基	200	20	1/10
中国	碧流河	200	25	1/8
中国	正岔	50	15	1/3.33
中国	石砭峪	70	20	1/3.33
意大利	佐科罗	40	12.7	1/3.15
美国	蒙哥马利	89	25	1/3.56
美国	霍姆斯特柯	89	38.1	1/2.33
日本	沼原	50	15	1/3.33
日本	大津歧	50	15	1/3.33
西班牙	赛恩扎	50	12.7	1/3.94

表 3-3 中列举的 18 个工程中的 17 个工程最大粒径均小于层厚的 1/3，故规定最大粒径为层厚的 1/3 是合适的。防渗沥青混凝土骨料粒径最大不超过 19mm 的限制，主要在于防止分离，提高沥青混凝土的均匀性。国内外工程的资料说明了这一规定是符合实际的。

由于整平胶结层没有严格的防渗要求，故其最大粒径可适当放宽，以节省碎石加工费用。

**3.2.6** 参照《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411—2009 表 5.0.4 粗骨料的技术要求对原规范的吸水率、针片状颗粒含量、含泥量指标进行了调整，新增了压碎值指标要求，调整后各指标要求与 DL/T 5411 要求一致。本次规范修订时删除了对粗骨料超逊径的技术要求，超逊径是反映单一规格骨料级配的指标，由于沥青混凝土生产过程中只控制矿料组合级配（配合比），不管单一规格骨料超逊径有多少，通过调整各规格骨料的配合比例，矿料组合级配（配合比）在绝对多数情况下能满足质量指标要求。只要矿料配合比质量指标符合要求，单一规格骨料的级配合理，不管超逊径有多少，工程上应允许使用。

**3.2.7** 水工沥青混凝土细骨料目前主要采用人工砂和天然砂。人工砂洁净、有棱角，对沥青混凝土的强度和稳定性有利，推荐优先使用人工砂。天然砂一般级配良好，但含酸性矿物和泥质较多，符合要求的天然砂和人工砂掺配使用可以改善沥青混凝土的级配和施工压实性，用量不宜超过细骨料总量的 50%。加工粗骨料筛余的石屑一般针片状较多，级配不好，可加以利用，但其级配应符合要求。

**3.2.8** 参照《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411—2009 表 5.0.5 细骨料的技术要求对原规范的表现密度、吸水率、含泥量指标进行了调整，调整后指标要求与《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411 的要求一致。本次规范修订时删除了对细骨料超逊径的技术要求，原因见本规范条文说

明 3.2.6。

**3.2.9** 骨料若含水率过高，不仅烘干困难，加热时也不易达到规定的温度，因此在堆存时，应采取防雨措施，以降低含水率。我国近几年沥青混凝土工程施工中，粗骨料堆料场均设置了防雨棚，细骨料均使用密封储存罐储存。

若条件允许，应加大骨料储量，以保证骨料级配的相对稳定性。但储量大，在经济上不利，经综合分析，储备 5 天的生产需要量较为适宜。

### 3.3 填 料

**3.3.1** 石灰岩粉和白云岩粉是最常用的填料，因这两种碱性矿粉（尤其是石灰岩粉）与沥青可发生较强的化学吸附，能有效地提高沥青混凝土的性能。另外，滑石粉是工业产品，颗粒极细，几乎可全部通过 0.075mm 筛孔，是一种质量很好的填料，但其价格较高，使应用受到限制，只在一些特殊部位采用。粉煤灰是一种工业废料，比较经济，但根据国内经验，采用粉煤灰做填料的沥青混凝土，和易性很差，难以压实；因此，粉煤灰作为水工沥青混凝土填料应进行试验研究论证。

目前，国内沥青混凝土施工中，基本上都是采用石灰岩粉、白云岩粉、水泥生料作为填料。

**3.3.2** 参照《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411—2009 表 5.0.6 填料的技术要求对原规范的表观密度、细度指标进行了调整，调整后指标要求与《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411 的要求一致。

**3.3.3** 填料的堆存要求与水泥堆存相同，应符合下列要求：

- (1) 防雨防潮，个别工程采用露天堆存，曾造成严重损失。
- (2) 防止杂质混入。
- (3) 无结块，按加工或购入先后次序使用。
- (4) 便于存取，袋装填料不宜码放过高。

### 3.4 掺 料

**3.4.1** 掺料是以小剂量掺入沥青混凝土中的一些特殊的材料。目的是为了改善沥青混凝土的某些技术性质，使之满足工程要求。掺料在水工沥青混凝土中虽然用量很少，但在技术经济上影响甚大，故应慎重加以选择。目前，掺料在浇筑式沥青混凝土工程中使用较多，对于碾压式沥青混凝土心墙施工，国内的工程实例基本没有使用掺料，碾压式沥青混凝土面板施工，国内在已建的面板工程中已使用。

国内工程上常用的几类掺料和作用效果如下：

(1) 在沥青中掺加抗剥离剂或在矿料中掺加消石灰、普通硅酸盐水泥或其他高分子材料，改善沥青与酸性骨料的黏附性。

(2) 在沥青中掺加 SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物）材料，改善沥青混凝土低温抗裂性能和热稳定性能；掺加 SBR[苯乙烯-丁二烯橡胶（丁苯橡胶）] 材料，改善沥青混凝土低温抗裂性能；掺加 EVA（乙烯-醋酸乙烯共聚物）和 PE（聚乙烯）材料，改善沥青混凝土热稳定性能。

#### 1) 热塑性橡胶类。

热塑性橡胶类，亦称热塑性弹性体，其代表品种和应用最广的品种是 SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物）。兼具橡胶和热塑性塑料技术特性，在常温下显示橡胶的高弹性，在高温下又能不需要硫化即可塑化成型的特殊橡胶，是继天然橡胶、合成橡胶之后的所谓第三代橡胶。

为了改善沥青材料低温抗裂性和提高高温的热稳定性，常在沥青混合物中掺入少量以改性。

SBS 改性沥青具有良好的热稳定性和低温抗裂性，可增加沥青与石料的黏附性，尤其是具有良好的弹性（变形的自恢复性及裂缝的自愈性），已成为世界上应用最为广泛的改性剂。

热塑性橡胶类改性剂除 SBS 之外，还有 SIS（苯乙烯-异戊二

烯-苯乙烯共聚物)、SEBS(苯乙烯-乙烯-丁二烯-苯乙烯共聚物)、聚酯弹性体、聚脲弹性体、聚乙烯丁基橡胶浆聚合物、聚烯烃弹性体等品种。由于SBS比SIS价格低,加之其他热塑性橡胶类改性剂由于其试验研究资料、数据都不多,使用前要进行试验研究,故实际应用以SBS为主。

## 2) 橡胶类。

SBR(丁苯橡胶)是橡胶类改性剂中应用较为广泛的改性剂。此外,还有聚CR(聚氯丁二烯橡胶)、NR(天然橡胶),以及再生橡胶、废旧橡胶轮胎粉、ABR(丙烯酸丁二烯)、IIR(异丁烯-戊二烯共聚物)、BR(聚丁二烯)、IR(聚异戊二烯)、EPDM(乙丙橡胶共聚物)、SIR(苯乙烯-异戊二烯共聚物)、SR(硅橡胶)、FR(氟橡胶)、环聚乙醇共聚物、聚丙烯酸酯等品种,但实际应用中以丁苯橡胶为主。

橡胶是具有高度伸缩性与极好弹性的高聚物。橡胶的拉伸强度约为5MPa~40MPa,破坏时的伸长率可达100%~800%;橡胶在350%的范围内伸缩,回弹率能达到85%以上,即永久变形在15%以内。橡胶具有良好的耐温性,耐寒可低到-80℃~-60℃,耐热可高到180℃~350℃。橡胶最宝贵的性能是在-50℃~130℃的温度范围内均能保持正常的弹性。显然,将橡胶加入沥青中,可以大大改善沥青材料对自然环境与温度的适应能力,提高其温度稳定性。所以,橡胶是最早用于沥青改性的聚合物之一。目前用于沥青改性的橡胶品种主要是合成橡胶,如SBR(丁苯橡胶)、CR(氯丁橡胶)、EPDM(乙丙橡胶)等。近年来由于多种原因我国已较少使用废旧橡胶粉。

在沥青中掺入橡胶时,根据沥青的性能和橡胶性质不同,橡胶的作用也不相同。到目前为止,其机理尚不能从理论上充分加以阐明。有的认为橡胶吸收沥青中的软沥青质发生溶胀;还有的认为由于橡胶在沥青中溶解泡胀,增加了沥青的黏度,减少了沥青的感温性。沥青中掺入橡胶以后,一般均显示出下列性能:黏



度增加，针入度降低，软化点上升，感温性下降，脆点下降，韧性及黏附性增加。

掺橡胶的沥青的力学性质与直馏沥青、半氧化沥青及氧化沥青的力学性质的比较，其特点是：稠度有所改善，脆点降低，因而，可以提高低温抗裂性；还可以提高高温下的热稳定性，但在沥青中掺橡胶的成本较高。

沥青和橡胶之间相容性一般较差，因此工艺性能较差，即必须具有较高的拌和及碾压温度，否则沥青混合料难以压实。

### 3) 热塑性树脂类。

热塑性树脂改性剂，国内外对 PE（聚乙烯）与 EVA（乙烯醋酸乙烯共聚物）的试验研究较多，其应用技术也比较成熟，是此类改性剂应用较多的品种，这类热塑性树脂的共同特点是加热后软化，冷却后固化变硬。热塑性树脂掺入沥青后，会使沥青混合料在常温下黏度增大，从而使高温稳定性增加，但不能使沥青混合料的弹性增加，而且加热以后容易离析。不过，这些局限性，在一定程度内已被工程接受。

用 PE 改性时，通常采用胶体磨或高剪切混溶机等设备。利用该设备的机械剪切力使 PE 细化，进而使之分散在沥青中，即可获得均匀的 PE 改性沥青。用 EVA 改性时，由于 EVA 与沥青的相容性好，因而 EVA 在沥青中容易分散，而且随着 VA 含量的增加，分散愈加容易。研究表明熔融指数 MI 愈大，EVA 分子量愈小，EVA 在沥青中也愈加容易溶解分散。所以只要采用对流式搅拌机经过 30min 的搅拌，就能使 EVA 充分分散在沥青中。

在沥青中掺入各种树脂，比掺橡胶制造方法简单一些，因为沥青与树脂的相容性较好。因此，将沥青加热到 130℃~160℃，直接掺入树脂，利用搅拌方法可使其均匀分散混合。沥青的性能随着树脂的种类与掺量的不同，其性质变化较大。在沥青中掺入树脂后，脆点降低，延伸度变小，黏度变高，感温性降低，热稳

定性变好。

热塑性树脂改性剂，除以上的常用品种外，还有 APP（无规聚丙烯）、PVC（聚氯乙烯）、PS（苯聚乙烯）、PP（聚丙烯）等品种。

热塑性树脂在整个加工过程中不伴有化学反应，能反复使用。

## 4 配合比与试验

**4.0.2** 沥青混凝土配合比应根据各种沥青混凝土的各项技术要求进行设计，施工配合比应通过室内配合比设计试验和现场铺筑试验确定。室内配合比设计试验包括各种原材料的选择与质量检验，选择合理的骨料级配、沥青、填料的用量，进行沥青混凝土各项性能的试验验证，从多种配合比中选出最优的配合比。本次规范修订时删除了原规范附录 B（资料性附录）“水工沥青混凝土室内配合比设计方法”，明确水工沥青混凝土室内配合比设计应符合《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》DL/T 5411—2009 中附录 A 的规定，沥青混凝土室内试验的温度、加荷速度等试验条件应根据工程区的气温、工程特点和运行条件等确定。设计规范推荐的水工沥青混凝土配合比选择方法和步骤如下：

### （1）水工沥青混凝土配合比选择方法。

水工沥青混凝土配合比选择，主要是参考类似工程经验通过试验方法进行选择。影响沥青混凝土配合比选择的因素很多，主要有当地的气温、工程的运行条件、施工条件、选用的原材料种类及性能等。配合比选择可按以下方法进行。

#### 1) 选择原材料并进行质量鉴定。

#### 2) 选择矿料级配。

水工沥青混凝土矿料级配选择基本沿用富勒（Fuller）级配公式：

$$p_i = \left( \frac{d_i}{D_{\max}} \right)^r$$

或采用丁朴荣教授基于富勒公式提出的矿料级配公式：

$$p_i = p_{0.075} + (100 - p_{0.075}) \frac{d_i^r - 0.075^r}{D_{\max}^r - 0.075^r}$$

式中:

$p_i$ ——孔径为  $d_i$  筛的总通过率, %;

$p_{0.075}$ ——填料用量, %;

$r$ ——级配指数;

$d_i$ ——某一筛孔尺寸, mm;

$D_{\max}$ ——矿料最大粒径, mm。

3) 选择沥青用量、填料用量和级配指数等配合比参数进行试验。可按 4 种~5 种沥青用量、3 种~4 种填料用量、2 种~3 种级配指数和不同材料种类组合成不同配合比, 进行关键性能试验, 从中选择出满足要求的 2 种~3 种较优配合比, 再进行全面性能试验验证, 选出最优配合比。

(2) 碾压式沥青混凝土面板配合比参数选择。

1) 沥青混凝土面板防渗层配合比。

沥青混凝土面板防渗层的配合比参数范围可为: 沥青占沥青混合料总重的 7%~8.5%, 填料占矿料总重的 10%~16%, 骨料的粒径 16mm~19mm, 级配指数 0.24~0.28。沥青采用低温不裂、高温不流、质量优的 70 号或 90 号水工沥青、道路沥青或改性沥青。

2) 沥青混凝土面板整平胶结层配合比。

沥青混凝土面板整平胶结层的配合比参数范围可为: 沥青占沥青混合料总重的 4%~5%, 填料占矿料总重的 6%~10%, 骨料的粒径不大于 19mm, 级配指数 0.7~0.9。沥青可采用 70 号或 90 号道路沥青、水工沥青。

3) 沥青混凝土面板排水层配合比。

沥青混凝土面板排水层的配合比参数范围可为: 沥青占沥青混合料总重的 3%~4%, 填料占矿料总重的 3%~3.5%, 骨料的

最大粒径不大于 26.5mm，级配指数 0.8~1.0。沥青可采用 70 号或 90 号道路沥青、水工沥青。

4) 沥青混凝土面板封闭层配合比。

沥青混凝土面板封闭层宜采用沥青玛蹄脂，配合比参数范围可为沥青:填料 = (30~40) : (60~70)。沥青可采用 50 号水工沥青或改性沥青。

5) 沥青砂浆或细粒式沥青混凝土配合比。

沥青砂浆或细粒式沥青混凝土配合比参数范围可为：沥青占沥青混合料总重的 12%~16%，填料占矿料总重的 15%~20%，骨料占 64%~73%，骨料的粒径为 2.36mm 或 4.75mm。

(3) 碾压式沥青混凝土心墙配合比参数选择。

土石坝碾压式沥青混凝土心墙在上下游过渡层和坝壳的保护下随坝体的变形而变形，心墙沥青混凝土应以适应坝体变形而保持防渗性为原则进行材料和配合比参数选择。

心墙沥青混凝土的配合比参数范围可为：沥青占沥青混合料总重的 6%~7.5%，填料占矿料总重的 10%~14%，骨料的粒径不宜大于 19mm，级配指数 0.35~0.44，沥青宜采用 70 号或 90 号水工沥青或道路沥青。

**4.0.3** 场外现场沥青混凝土铺筑试验是对室内沥青混凝土配合比进行验证，掌握沥青混凝土的材料制备、储存、拌和、运输、铺筑（浇筑）或碾压及检测等一套试验的工艺流程，取得并确定各种有关的施工工艺参数，以指导沥青混凝土的施工。试验一般在工程部位以外进行，其主要试验项目有：

- (1) 沥青混凝土配料、拌和试验。
- (2) 沥青混凝土运输试验。
- (3) 沥青混凝土铺（浇）筑试验。
- (4) 低温、雨季条件下的施工试验。
- (5) 接缝、层面处理试验。
- (6) 过渡层的铺筑试验。

(7) 心墙与过渡层结合性能试验。

**4.0.4** 生产性试验是进行沥青混凝土上坝试生产，主要目的是验证施工工艺、施工适应性、施工能力和机械化配套、质量检测与控制方法。其主要的试验项目有：

(1) 拌和工艺验证包括原材料加工与质量控制、拌和及配料、出机口沥青混合料质量检测等。

(2) 沥青混合料运输包括运输过程中的温度损失、沥青混合料的离析情况检测。

(3) 层面处理。

(4) 沥青混合料摊铺及碾压工艺控制。

(5) 沥青混凝土施工质量检测。

(6) 施工设备配套。

**4.0.5** 尽管沥青的生产为同一厂家，每批进场沥青的物理指标也能满足设计要求，但由于原油的油源不同、开采方式及地理层次不同、冶炼的方式不同等因素，均能对沥青产品化学四组分的含量及比例造成影响，而沥青化学四组分的差异在沥青的物理指标试验中不能充分反应，但对沥青混凝土施工配合比的适应性较为敏感，因此，每批沥青进场后在使用前应进行品质鉴定，特别是沥青化学四组分发生变化，建议进行沥青混凝土配合比的复核试验。

三峡茅坪溪防护大坝沥青混凝土心墙工程每批沥青进场后，在使用前都进行了沥青混凝土配合比的复核试验。该工程沥青混凝土心墙一期工程共进场 5 批沥青，在相同的矿料级配指数情况下沥青混凝土施工配合比沥青用量分别为 6.4%、6.4%、6.5%、6.8%、6.4%。

## 5 沥青混合料制备、储存与运输

### 5.1 拌和厂（站）设备与布置

**5.1.1** 随着水工沥青混凝土施工的发展，成套和规模化的沥青混合料拌和设备在越来越多的工程中使用。沥青混合料拌和厂（站）的选型，应根据沥青混合料生产的总量和施工进度分析平均浇筑强度、高峰生产强度确定需要的生产能力。满足生产需要和确保施工质量，是确定沥青混合料拌和厂（站）生产能力的基本要求。

**5.1.2** 拌和厂（站）包括矿料加工系统和沥青混合料拌和系统（拌和楼），选购沥青混合料拌和楼，一定要注意沥青混合料的配料方式、称量误差、配合比生产精度等具体技术问题。目前，国内生产的沥青混合料拌和楼，主要是为适应道路沥青混凝土而设计的，其额定生产率是对路用沥青混合料而言的，在水工沥青混合料中，由于填料和沥青用量较多，须延长拌和时间，故实际生产能力只能达到额定生产能力的 65%~70%，在配合比精度上与水工沥青混合料生产要求有一定的差距，故在投入使用前都要经过一定的改造和工艺调整。通常所述的沥青混凝土拌和楼，包含骨料初配设备、骨料加热干燥筒及提升系统、填充料储存罐及输送设备、沥青储料罐、沥青加热及输送设备等附属设备。

目前国产拌和设备的称量精度已可满足要求。为防止沥青混凝土拌和楼热料仓溢料，矿料在进入干燥筒前应进行精确的初配，使之尽可能与施工配合比相一致。配料以电子皮带较为理想，以保持级配平衡，同时热料仓应设料位指示器，以实现物料平衡供应和温度均衡控制，防止热料溢出。

三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、尼尔基水库大坝、

下坂地水电站大坝碾压式沥青混凝土心墙工程中, 沥青混凝土拌和厂(站)均采用成套设备, 施工前均对设备进行了改造和工艺调整, 保证了沥青混凝土的施工质量。

**5.1.3** 拌和厂(站)的除尘是其应具备的重要辅助功能, 可以改善拌和厂(站)的生产环境, 减少粉尘排放, 回收的粉尘还可以作为填料使用, 目前中型以上拌和厂(站)一般都具备二级除尘系统, 大型拌和厂(站)还具备粉尘回收装置。

**5.1.4** 沥青混合料生产的拌和厂(站), 既影响到工程质量和经济效益, 又有防火安全和环境保护要求。因此, 拌和厂(站)位置、工艺流程以及机械设备等, 应通过技术、经济分析, 慎重选择。

**1** 通常工地道路质量不高, 路面不够平整, 车辆振动较大, 即使短距离运输, 沥青混合料也容易发生离析, 如运距过长, 情况将更为严重。从国内施工的经验来看, 已发生离析的沥青混合料在铺筑现场很难使之均匀, 这就使铺筑后质量波动较大。特别是面板工程, 沥青局部集中的部位, 由于热稳定性不足, 将出现局部流淌现象。此外, 沥青混凝土施工有一定的温度要求, 拌和厂(站)靠近铺筑现场可以减少运输中沥青混合料的热量损失, 节约燃料, 减少离析, 并便于施工管理。

**2** 拌和厂(站)位置的选择, 应考虑到施工爆破、洪水、积水等的影响, 以保证各种情况下均能正常运转。易燃品仓库应设置在离拌和厂(站)较远的地区, 以减免火灾。

**4** 沥青混合料生产过程中, 将产生有毒烟气和粉尘, 拌和厂(站)远离生活区及其他作业区, 设在施工区的下风处, 有利于沥青混合料生产过程中粉尘、废气的排放、防火及施工区的环境保护。

沥青混合料拌和厂(站)易生火灾, 主要原因在于沥青是有机材料, 当温度超过燃点时能燃烧。因此, 拌和厂(站)布置及加热锅附近应考虑防火并配备一定的消防器材。

**5** 沥青混凝土拌和厂(站)的布置宜集中、紧凑, 以利各工



序紧密衔接。只要条件许可,骨料加工系统一般都与沥青混凝土拌和系统布置在一起。

**5.1.5** 矿料加工、筛分、人工砂和矿料分选系统是沥青混合料拌和厂(站)的一个重要的组成部分,包括原料堆放场地及受料坑(含天然砂受料坑)、粗碎车间、细碎车间、筛分车间、骨料堆场、柱磨机、分选车间、矿料储罐、胶带输送机及链式输送机等。为满足拌和楼在连续、高强度的运行条件下,满足设计技术指标、生产能力及稳定性的要求,就需对其进行运行调试。

沥青系统的调试主要是对专用设备的加热效果进行调试,保证温度上升的速度。对其加热温度进行检验,要求能够将内部温度控制在最高允许值以下,通常为  $110^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ ,避免或减小沥青材料的老化。对系统连续加温进行检验,确保其连续生产的能力。

沥青混凝土拌和楼是整个沥青混凝土拌和厂(站)的核心,由骨料干燥筒、骨料输送系统、沥青喷洒装置、热料二次筛分系统、称量系统、拌和斗、卸料系统等组成。沥青混合料拌和楼的调试,应对每个系统、每个设备进行校验,保证沥青混凝土整体的拌和生产能力。热料二次筛分系统和称量系统是拌和楼调试的重点。

二次筛分是在楼体内进行的,筛分后各集料的超逊径是否稳定,决定了沥青混合料配合比波动的程度是否满足要求。一般可以通过调整筛子的倾角、振动幅度、筛孔的大小来使其达到最理想的工作状态,要避免欠筛、过筛。事实上,二次筛分原理虽然很简单,但它却是实际工程应用中一个最难以解决的问题,在进行运行调试时应引起重视。二次筛分后各集料的称量和配料,直接影响配合比的精度。影响精度的直接原因就是称量和配料方式,它是与拌和楼的结构直接相关的。

在完成了沥青混合料拌和厂(站)各个独立系统的调试任务后,必须对其进行联合调试,对其整体运行效果进行检验,对各个子系统相互间的协同作业进行试验调试,是之满足运行需要,确保沥青混合料拌和厂(站)的生产能力,确保拌和的沥青混合

料满足设计配合比的要求，为保证沥青混凝土的施工质量奠定坚实的基础。

## 5.2 原材料加热与输送

**5.2.1** 目前国内工程所用沥青专用脱桶脱水设备，多用柴油做燃料，为了使油料充分燃烧，必须调节好风门、油门，控制好风压、油压，油料加热时必须注意点火和熄火的操作程序。油路、风路应经常检查，如发现漏油、漏气应及时检修，以免发生事故和损耗油、气。

**5.2.2** 内加热式方法是通过安装在沥青储罐中的管道，对沥青进行加热，使沥青顺利熔化，它要求的使用对象是专用设备，速度快且效果好，对沥青材料老化性能的影响也很小。这种加热方式主要用于加热沥青储料罐或大型的沥青材料专用运输设备中的沥青。

内加热效率高，燃料消耗省，机械化程度较高，使用方便。

**5.2.3** 熔化沥青时，为避免溢出锅外，一要控制沥青量，使锅的容积留有余地；二要控制温度，使水分气化不致过于迅速。根据经验，本规范做此规定。

但有另一种意见则认为用大火脱水更为合适，因为在沥青脱水过程中，由于水分的存在，汽化时要消耗热量，故温度不会升得太高。且大火加热时，由于汽泡上升快，水汽较易逸出，反而不易溢锅。这种意见虽有一定道理，但实践经验毕竟较少，本规范暂未采纳。

**5.2.5** 沥青的加热温度应按沥青混合料的种类、气候条件、运距等情况而定。沥青加热温度宜控制在  $150^{\circ}\text{C}\sim 170^{\circ}\text{C}$ ，过去对于道路石油沥青在加热罐的储存时间，一般规定不超过 6h，其条件是沥青在高温下暴露于空气中，容易与空气接触而老化。目前国内工程采用的基本都是水工沥青，且沥青混凝土拌和系统沥青保温储存罐密封良好，沥青不容易与空气接触而老化，根据生产需要，一般热沥青只需储存 24h。且经过试验发现，沥青在储存罐高温

保存 24h, 没有明显发生老化现象。根据天荒坪抽水蓄能电站库盆的工程实践经验, 沥青可以在密封的加热罐内储存一周以上, 故本规范规定沥青高温储存时间不超过 24h。

**5.2.6** 为减少沥青从保温罐至拌和楼的温度损失和避免沥青在输送过程中凝固堵塞管道, 宜采用外部保温的双层管道输送, 内管与外管间导热油。

**5.2.7** 烘干、加热矿料常用的方法, 一是钢板炒拌加热, 各种矿料按盘称重配好, 加热至规定的温度后再加入沥青拌和, 此法工效很低, 燃料消耗高, 适用于小型工程; 二是内燃式加热滚筒, 适用于规模较大的工程, 如天荒坪抽水蓄能电站库盆、三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、尼尔基水库大坝、下坂地水电站大坝等工程, 所采用的沥青混合料制备系统, 其干燥筒(直径×长度)为 1500mm×6500mm, 倾角通常为 3°~6°, 如果倾角过大, 出料过快, 加热温度不易达到要求。

**5.2.8** 在油量、风量一定时, 矿料的加热温度主要取决于矿料在烘干筒内停留的时间, 应通过调整加料速度和烘干筒的倾角加以控制。由于气温条件、矿石料含水率的变化, 加料速度和倾角的控制需要通过试验确定, 因倾角的调整较为困难, 通常以调整加料速度控制矿料温度。

骨料温度过高将加速沥青老化而降低沥青混合料质量, 碧流河水库大坝曾用不同温度的骨料与 150℃~160℃的沥青拌和, 然后将混合料中的沥青抽提出来, 测定三大指标观察沥青老化的情况, 试验结果见表 5-1。

表 5-1 骨料与沥青的温差对沥青的影响

试验指标	针入度		软化点		延伸度	
	实测值 (0.1mm)	比值 (%)	实测值 (℃)	增加率 (%)	实测值 (cm)	降低率 (%)
沥青原材料	88	100	47	0	>113.5	0
粗骨料温度 150℃	88.5	100	47.8	1.7	>113.5	0

续表 5-1

试验指标	针入度		软化点		延伸度	
	实测值 (0.1mm)	比值 (%)	实测值 (℃)	增加率 (%)	实测值 (cm)	降低率 (%)
粗骨料温度 200℃	73.5	83.5	49.8	6.0	110.5	2.6
粗骨料温度 250℃	62.2	70.7	50.3	7.0	95.5	15.9

以上试验结果表明：提高骨料温度对沥青性质有一定影响，将使针入度、延伸度值减小，软化点提高。当骨料温度 150℃，即与沥青温度相近时，没有表现出明显的影响，随着骨料温度的增高，影响加剧。骨料温度大于 200℃时，针入度降低到原沥青的 83.5%。为使加热过程中沥青针入度降低不超过 10%，碧流河水坝规定的骨料加热温度为 180℃±10℃，不得大于 200℃；三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、下坂地水电站大坝也进行了这样的规定；张河湾水库、西龙池水库的骨料加热温度为 180℃~200℃。在寒冷地区的低温时段，由于填充粉料温度较低且不加热，干拌时会使热骨料的温度下降，通过试验可适当提高骨料的加热温度。

**5.2.9 填料对沥青混凝土性能影响很大。**为了与沥青结合良好。拌和所用填料应干燥、不含水分，分散均匀、不成团结块。

沥青混合料中填料用量较少，一般为 10%左右，填料温度不是影响沥青混合料温度的主要因素，只要将骨料温度略为提高，就足以补偿填料升温所需的热量。填料是一种微粒粉状材料，表面积大，与高温骨料拌和，热交换很快，容易均匀升温。因此，国内工程对填料不进行加热。

国外的水工沥青混凝土工程，填料通常都要加热到 80℃左右。分析其原因，其一，通过热工计算可以看出，要使沥青混合料达到规定的出机温度，避免骨料过热，70℃是填料必需的最低加热温度；其二，填料具有很大的比面积，在储存过程中吸附一

定的水分，混合物拌和时间又短，虽在高温条件下这些水汽也不一定完全排出，加热填料可保证其干燥。

基于以上各点，本规范规定，如需加热，加热温度和时间主要以保证填料干燥为原则。

### **5.3 沥青混合料配料**

**5.3.1** 沥青混合料的配合比有试验室配合比、施工配合比和配料单（或配料比）之分。试验室配合比是根据设计、施工规定的技术要求，经室内试验所确定的配合比。施工配合比是对试验室配合比经过现场铺筑试验和生产性试验，并根据现场原材料、施工条件进行调整后所确定的配合比，即实际施工采用的配合比。配料单是以施工配合比为依据，结合现场原材料的级配所确定的各种原材料的实际配料质量。

由于现场矿料级配经常变化，因此施工配合比虽然不变，但配料单则需每单元都调整。配料单调整的依据是：二次筛分后热料仓矿料的级配试验成果以及最近一次生产沥青混合料的抽提试验成果。

**5.3.2** 沥青混合料采用重量配合比，矿料以干燥状态为标准。沥青在高温下为液体，亦可按体积配料，只要有正确的称量工艺，均可达到一定的精度要求。

国内沥青用量有两种不同的表示方法：一种方法是以矿料、掺料总重为 100%（国外多采用这种方法），沥青用量按沥青占矿料、掺料总重的百分数计；另一种方法是以沥青混合料总重（包括沥青在内）为 100%，沥青占沥青混合料总重的百分数计。这两种方法各有其优缺点，可以互相换算，目前这两种方法都在应用，但前者将矿料固定为 100%，沥青用量成为独立的变量，它的变化不影响矿料的计算，实际上较为方便，故应用较多。

**5.3.3** 沥青混合料中沥青的配合比允许误差是按沥青质量变化量占沥青混凝土混合料中矿料部分质量的百分比控制的，根据三峡

茅坪溪防护大坝、尼尔基水库大坝、冶勒水电站大坝、下坂地水电站大坝、金平水电站大坝碾压沥青混凝土心墙采用的沥青混凝土拌和设备计量情况来看，沥青的配合比允许误差控制在 $\pm 0.3\%$ 以内是可行的。

## 5.4 沥青混合料拌和与储存

**5.4.1** 因拌和机冷机操作会产生温度损失，为保证拌和前几盘沥青混合料的温度满足规定要求，在拌制沥青混合料前，需预先对拌和楼系统进行预热，预热方式主要通过热骨料进入拌和系统预拌，预拌后，热骨料可回收利用，预拌后要求拌和机内温度不低于 $100^{\circ}\text{C}$ 。

**5.4.2** 沥青混合料采用质量配合比，骨料以干燥状态下的质量为标准，并确保计量准确。每种骨料称好后其质量都应有精确的记录，每批沥青混凝土的物料均应按级配配制，并且总量相符。测温设备应对热储存仓中的沥青、称量前的沥青、干燥筒出口的骨料、热料仓中的骨料及拌和楼出口处的混合料温度进行检测记录。所有称量、指示、记录及控制设备都应有防尘措施，并不受高温作业及环境气候影响。

沥青混合料拌和楼中都设有统计系统，可以自动记录每一盘沥青混合料的有关数据。所有的称量设备都应有一个便于操作人员认读的读数装置，并可根据配合比要求进行调整。每种记录设备都应装在一个可加锁的装置中。所有记录的图表、磁带都应有便于辨认的标记以便于区分，并应标明时间，且应保证一定的时间间隔。记录设备的安放要以便于操作为度，图表及磁带在每天下班时都应取出妥善保管。沥青混合料拌和记录应完好，作为工程的重要档案资料。

沥青混合料材料计量的允许偏差实际上是对称量精度的要求，目前国内生产的大型拌和楼的称量精度基本能达到要求的称量精度。考虑到不同工程的要求、不同拌和设备精度，此次修订

在满足配合比允许偏差的基础上对计量的允许偏差进行了适当放宽。

例如：三峡茅坪溪防护大坝沥青混凝土心墙工程使用的沥青混凝土拌和楼称量精度的质量偏差为沥青 $\pm 0.5\%$ 、矿粉 $\pm 0.5\%$ 、骨料 $\pm 0.5\%$ 。该工程设计要求规定的沥青混凝土配合比允许偏差为沥青 $\pm 0.3\%$ 、矿粉 $\pm 1.0\%$ 、骨料 $\pm 2.0\%$ ，每盘拌和的沥青混合料重 1000kg，按预定配合比计算的 1000kg 沥青混合料对应的各种材料的质量允许偏差和称量偏差见表 5-2。

表 5-2 设计允许偏差与拌和楼实际称量精度偏差值对比表

材料	设计允许偏差		拌和楼实际称量精度偏差值	
沥青	配合比偏差	$\pm 0.3\%$	质量偏差百分数	$\pm 0.5\%$
	对应的质量偏差	$\pm 2.82\text{kg}$	对应的质量偏差	$\pm 0.3\text{kg}$
矿粉	配合比偏差	$\pm 1.0\%$	质量偏差百分数	$\pm 0.5\%$
	对应的质量偏差	$\pm 9.4\text{kg}$	对应的质量偏差	$\pm 0.56\text{kg}$
骨料	配合比偏差	$\pm 2.0\%$	质量偏差百分数	$\pm 0.5\%$
	对应的质量偏差	$\pm 18.8\text{kg}$	对应的质量偏差	$\pm 4.14\text{kg}$

从表 5 看出该工程沥青混合料拌和楼的称量精度偏差值小于沥青混凝土组成材料配合比偏差的设计允许值，即拌和楼称量精度满足沥青混凝土组成材料的配合比偏差要求。

仍以 1t 沥青混合料为例，将称量偏差确定为沥青 $\pm 1.0\%$ 、矿粉 $\pm 2.0\%$ 、骨料 $\pm 2.0\%$ 。按预定配合比计算的 1000kg 沥青混合料对应的各种材料的质量允许偏差和称量偏差见表 5-3。

表 5-3 设计允许偏差与称量精度偏差值对比表

材料	设计允许偏差		称量精度偏差值	
沥青	配合比偏差	$\pm 0.3\%$	质量偏差百分数	$\pm 1.0\%$
	对应的质量偏差	$\pm 2.82\text{kg}$	对应的质量偏差	$\pm 0.6\text{kg}$

续表 5-3

材料	设计允许偏差		称量精度偏差值	
矿粉	配合比偏差	$\pm 1.0\%$	质量偏差百分数	$\pm 2.0\%$
	对应的质量偏差	$\pm 9.4\text{kg}$	对应的质量偏差	$\pm 2.24\text{kg}$
骨料	配合比偏差	$\pm 2.0\%$	质量偏差百分数	$\pm 2.0\%$
	对应的质量偏差	$\pm 18.8\text{kg}$	对应的质量偏差	$16.56\text{kg}$

从表 6 可以看出沥青混合料材料计量允许偏差值仍小于沥青混凝土组成材料配合比偏差的设计允许值,即称量精度满足沥青混凝土组成材料的配合比偏差要求。

而本规范 5.3.3 对配合比的偏差做了适当放宽。因此拌和楼称量精度完全能够达到配合比偏差的要求。

**5.4.3** 沥青混合料拌和有两种不同的加料方式,一种是先拌和粗细骨料,再加入沥青,当沥青均匀裹覆粗细骨料后,再将填料加入拌和至均匀为止。这种方式的特点是粗细骨料的表面积小,在未掺入填料前,沥青混合料的黏度小,骨料表面易被沥青均匀地裹覆,此后再加入填料,可以较均匀地分散在沥青中。另一种方式是将粗细骨料及填料先拌和均匀,再加入沥青拌和。这种方式的优点是可使各种矿料先进行热交换,特别是温度较低的填料能先升温,使矿料温度均匀,然后加入沥青拌和。但由于填料与沥青同时拌和,混合料的黏度增大,沥青与填料容易成团,使包裹骨料变得较困难,拌和不易均匀,且易产生粉尘飞扬。考虑到水工沥青混凝土的沥青用量较大,在强制搅拌条件下,从国内施工的经验来看,只要控制好拌和时间,可以拌和均匀,尚未发现质量问题,又鉴于目前各工程填料加热温度均较低,故本规范规定采用后一种加料方式。

混合料中骨料裹覆率的规定是参照公路有关标准提出的,裹覆率的测定方法为:在出机口取沥青混合料试样  $2\text{kg}\sim 4\text{kg}$ ,通过  $13\text{mm}$  筛从留在  $5\text{mm}$  筛上的粒料中取出  $200\sim 500$  粒料,把它们



分成沥青裹覆好的和不好的两部分，计算粒料的裹覆率：

$$\text{裹覆率} = \frac{\text{完成裹覆的粒料个数}}{\text{全部粒料的个数}} \times 100\%$$

沥青混合料的拌和时间应通过试验确定，在三峡茅坪溪防护大坝沥青混凝土心墙二期工程、冶勒水电站大坝工程施工中缩短了拌和时间，干拌 15s，湿拌 45s，拌和出的沥青混合料均满足质量要求。

沥青混合料应确保色泽均匀、稀稠一致，无花白料、黄烟及其他异常现象，卸料时不产生离析。在正常生产条件下，混合料应表现出均匀而稳定的性状。但目前对混合料和易性的测定，还缺乏简单有效的试验方法。为了及时发现生产过程出现的异常因素，需根据生产经验对混合料的外观性状加以检查。如混合料出现时稀时稠、色泽不一、质量不匀或有花白料存在时，即可定性判断生产过程出现的问题并进行调整。

**5.4.4** 沥青混合料拌和后的出机温度，应使其经过运输、摊铺等热量损失后的温度能满足起始碾压温度的要求。并不得超过 180℃。不同针入度的沥青，其适宜的出机温度，可参考表 5-4。

表 5-4 不同针入度沥青适宜的出机温度

针入度 (0.1mm)	40~60	60~80	80~100	125~150
拌和出机口温度 (℃)	175~160	165~150	160~140	155~135

确定拌和温度的原则与实例如下：

(1) 根据水工沥青混凝土工程的施工资料可以看出，沥青混合料的出机温度受施工季节的气温、风速、运距和运输方式等因素的影响，需综合考虑确定，最终目的是保证其碾压时的适宜温度。一般加热温度，对于开级配混合料，沥青为 160℃±10℃，骨料为 170℃±10℃，混合料为 160℃±15℃；对于密级配沥青混合料，沥青为 170℃±10℃，骨料为 180℃±10℃，填料为

80℃±15℃，沥青混合料为 170℃±10℃。拌和温度即沥青加热的温度，由于拌和温度不好量测，可用混合料出机口温度代表。

(2) 为了减少温度对沥青老化的影响，对混合料出机口温度定出上限值，本规范根据沥青路面规范采用 180℃。出机口温度的下限值应满足现场碾压温度的要求，考虑摊铺、运输的热量损失以及沥青混合料温度波动的影响。

**5.4.5** 当搅拌机停机后，或由于机械发生故障等其他原因临时停机超过 30min 时，应将机内的沥青混合料及时排出，并用热矿料搅拌后清理干净。如沥青混合料已在搅拌机内凝固，可将柴油注入机内点燃加热或用喷灯烘烤，逐渐将沥青混合料放出。操作必须谨慎，防止机械损坏，确保操作人员安全。

**5.4.6** 国内工程沥青混合料拌和楼的设备配备，是与实际施工相适应的，沥青混合料主要亦是考虑即拌即用的。遇特殊情况，确需保温储存时，储存时间不得超过 48h，否则按废料处理。沥青混合料保温储存宜按 24h 内温度降低 3℃~4℃控制。

三峡茅坪溪防护大坝规定沥青混合料在储料仓内保存不超过 48h，否则做废料处理，实际测试沥青混合料在 24h 储料仓内温度损失 2℃~3℃，沥青混合料出机口温度一般为 160℃±10℃，48h 后沥青混合料的温度变化不大，满足现场沥青混合料规定的碾压温度要求，但考虑其他因素的影响，如沥青混合料的离析等，故规定沥青混合料储料时间不超过 48h。

## 5.5 沥青混合料运输

**5.5.1** 国内沥青混合料的运输一般为：从拌和楼至施工部位采用保温汽车运输至施工现场，直接卸入摊铺机或卸入喂料车转运至摊铺机。

如：三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、下坂地水电站大坝、金平水电站大坝、张河湾抽水蓄能电站大坝、西龙池抽水蓄能电站大坝等工程水平运输设备采用沥青混合料专用保温汽车

或沥青混合料保温罐运输车，垂直运输设备为起重机或经改装后的带有保温料斗的装载机，斜坡运输为喂料小车向摊铺机送料。

沥青混合料的运输车辆（或料罐）的容量应与沥青混合料的拌和与摊铺机械的容量相适应，其关键是水平运输车辆（或料罐）不宜过小，否则不仅热量损失大，漏料多，而且影响作业的生产率。

沥青混合料运输车辆的数量应同沥青混合料的拌和与摊铺的能力相适应，主要要求是运输车辆的台数要保证拌和设备与摊铺机械的连续生产，否则需加设沥青混合料的调节料仓。

### 5.5.2 运输沥青混合料的基本要求为：

#### （1）不离析。

水工沥青混合料的沥青含量较道路沥青混合料的沥青含量大，路面如不平整，且运距较远时，可能发生离析。如北京半城子水库面板工程，沥青混合料拌和站距铺筑地点达 2.5km，路面不够好，用手扶拖拉机运输，混合料发生较显著的离析，不得不在坝顶用人工二次拌和，影响了混合料的质量。

#### （2）热量损失少。

要使沥青混合料铺面充分压实，必须在碾压时保持适当的温度。沥青混合料的出机温度是根据碾压温度要求、运输和摊铺过程的热量损失确定的。因此，减少热量损失甚为重要。它与运距、气温、风速、运输机械的容量与保温设施等因素有关。日本《水利沥青工程设计基准》规定，沥青混合料运输中表面温度降低不超过 15℃时，不同气温下允许的运输时间见表 5-5。日本《沥青混凝土路面》规定沥青混合料最好能在 1h 内运到。当气温在 15℃以下，若运输时间在 20min 以上时，应注意保温。如机械发生故障又未能及时排除，使沥青混合料温度降低过多，不能满足碾压温度要求时，应做废料处理。废料应在运到斜坡之前从运输容器中清理掉，否则运上斜坡后再清理，不仅更费事，甚至会影响正常摊铺。

表 5-5 沥青混合料允许的运输时间

气温 (°C)	>25	20~25	15~20
允许运输时间 (min)	80	30	20

### (3) 不漏料。

漏料往往是由于运送沥青混合料容器过小，道路不平，车辆颠簸而引起的。因此，运输车辆或料罐的容量不宜过小。

沥青混合料如果转运次数过多，运输时间过长，都会使其发生离析或温度降低过多，难以满足施工要求。

**5.5.3** 沥青混合料运输应选择具备保温、防晒、防污染、防漏料的设备。

运料车上应设置车辆序号标志，先运到的料先铺，做到按次序用料。

应防止沥青与运输容器发生黏结，装料前，应将装料容器打扫干净并涂刷防黏剂。防黏剂一般自行配置。配料比例分别为火碱:硬脂酸:滑石粉:水 (80°C) = 1:20:30:400，方法是先将 80°C 的水与火碱、硬脂酸混溶，后加滑石粉。

在施工过程中严禁将柴油作为防黏剂涂刷在运输容器表面，因为柴油不易挥发，混在沥青混凝土中将严重降低沥青混凝土的质量。

**5.5.4** 为保证沥青混合料在转料、卸料过程中不分层、不离析，减少温度损失，沥青混合料下料时应符合以下规定：

(1) 沥青混合料从保温储罐内下料到运料车辆、运料车辆或转运设备卸料到摊铺设备或摊铺仓面，出口处沥青混合料自由落差应小于 1.5m，以防止沥青混合料离析。

(2) 运料车辆直接下料时，下料速度应均匀，每卸一部分沥青混合料后，应挪动一下运料车辆的位置。

(3) 沥青混合料运输设备宜增加保温设施。

## 6 沥青混凝土面板铺筑

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 沥青混凝土面板铺筑概况：碾压式沥青混凝土面板过去很少用于高土石坝，近年来在国内抽水蓄能电站库盆面板中使用较多，如天荒坪、张河湾、西龙池、宝泉等抽水蓄能电站库盆工程库盆斜坡面板均为一次铺筑，即斜坡运输与铺压机械的卷扬设备一次布置于坝顶，施工期间只在坝顶平移。但当中土石坝中斜坡长度过长（ $\geq 120\text{m}$ ），使一级铺筑有困难时，或因施工导流、度汛要求坝体需修成临时断面并铺设面板时，则应采取分级铺筑。目前多为二级铺筑，即将面板分成上、下两部分铺筑。当铺筑下半部分时，需设置临时性的坡间施工平台，供布置牵引设备及通道之用。平台宽度应根据牵引设备的布置及运输车辆交通的要求确定，以  $15\text{m}\sim 25\text{m}$  为宜。

分级铺筑时，应解决好下段面板沥青混合料的供应和防止滚石对下段面板施工的影响，并需加设坡间平台。

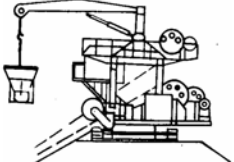
一级铺筑坡长的限制：一级铺筑的长度过长，将给卷扬设备的工作带来困难。这不仅是因为卷扬机的钢丝绳长度有一定限度，还因为过长的钢丝绳在自重作用下下垂可能擦坏已铺好的铺筑面，根据国外经验斜坡长度以不超过  $150\text{m}$  为宜。

**6.1.2** 在国内抽水蓄能电站如天荒坪、张河湾、西龙池、宝泉等抽水蓄能电站库盆工程库盆斜坡面板沥青混凝土施工中，全部采用集斜坡运料、摊铺、碾压等功能为一体的大型自行式机械。

斜坡运输、摊铺、碾压机械的牵引设备主要采用移动绞车做

牵引设备，当斜坡施工机械需侧向移动时，可直接开到台车上，与台车一起移动。台车本身附有平衡重，不需采取其他措施防止倾翻，管理方便，安全可靠。移动绞车的见表 6-1。

表 6-1 移动绞车的牵引方法

序号	牵引方法	简单图式	采用工程名称	优点	缺点
4	斜坡机械-移动绞车		天荒坪、张河湾、西龙池、宝泉	移动容易、管理方便、安全可靠	一次性投资大

机械化铺筑面板有许多优点：铺筑质量好，不易产生分离；铺筑速度快，温度损失少；铺筑宽度大（有的达 3m~4m），施工接缝少，而且接缝质量较有保证；劳力消耗少，劳动条件有所改善。

对不能采用大型机械铺筑的部位可配备小型的简易摊铺机兼任斜坡运输和摊铺，并用轻型振动碾（如宽 50cm、直径 40cm 的振动碾）或手提式夯实机压实。过去有的工程采用平板振捣器压实边缘部分，由于压实功能小，在斜坡上拖动费力，涂刷防黏剂也不方便，暂不宜推广。根据我国机械化施工的发展水平，在大面积上铺筑沥青混凝土面板不允许采用人工方法，只有在机械不能铺筑的部位才可采用人工铺筑。

**6.1.3** 根据国内外经验，提出用肥皂水作为防黏剂。此外，西班牙阿波诺大坝施工的技术要求中，还提出用盐水做防黏剂；但我国尚缺少实践经验，故未列入。车坝水库大坝参考碧流河水库大坝沥青混凝土心墙施工的经验，在铺面上覆盖防雨布，也能防止沥青混合料黏附振动碾滚筒；尼尔基水库大坝沥青混凝土心墙碾压时，也在铺面上覆盖帆布保护，效果不错。但其经济合理性尚待论证，故条文中暂未推荐。

**6.1.4** 复式面板的排水层为开级配沥青混合料，渗透系数大于或等于  $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ ，为了便于运行期观测各部位面板的渗透量，每隔 20m~50m 设置有密级配沥青混凝土隔水带，其宽度为 1m 或摊铺机的宽度。该部位施工时留出隔水带位置，先摊铺隔水带两侧的排水层，后摊铺隔水带，这样可有效保证隔水带压实质量。

## 6.2 沥青混合料摊铺

**6.2.1** 垫层铺设后，应在其表面喷涂一层乳化沥青或稀释沥青，主要目的是加强垫层与其上铺筑的整平胶结层的黏结；同时对于碎（卵、砾）石垫层颗粒有一定的黏结作用，从而提高垫层的稳定性。

喷涂材料应用阳离子乳化沥青。喷涂材料的用量随垫层形式而异，无砂混凝土一般为  $0.8 \text{kg/m}^2$ ，碎石垫层一般为  $1.5 \text{kg/m}^2 \sim 2 \text{kg/m}^2$ ，应通过试验确定，以喷涂均匀、不遗留空白为原则。喷涂前垫层表面应保持清洁干燥；下雨前不得喷涂。

垫层表面喷涂乳化沥青或稀释沥青目前主要采用机械洒布。为使洒布均匀，应分条自下而上进行。洒布宽度根据洒布机的性能而定，最小为 3m。

**6.2.2** 沥青混凝土面板结构一般有排水层、整平胶结层、防渗层、封闭层，铺筑一般按结构分层摊铺或根据现场试验确定厚度。当防渗层厚度不大于 10cm 时，宜采用单层铺筑。防渗层厚度大于 10cm 时，宜采用分层铺设，上下层接缝应相互错开。水平缝的错距应大于 1m，顺坡纵缝的错距宜为条幅宽度的  $1/3 \sim 1/2$ 。

库底部位依摊铺宽度通长布置条带，斜坡部位沿垂直坝轴线方向依摊铺宽度分成条幅，自低处向高处摊铺。摊铺宽度一般为 3m~5m。当铺筑能力小或有特殊要求时，可采取分区铺筑的方式，各区之间的水平接缝应按施工接缝的要求进行处理。

加大沥青混凝土面板的摊铺宽度，可以减少施工接缝，提高

面板的抗掺性和整体性。国外多采用大型摊铺机摊铺，摊铺宽度为 3m~4m。我国过去多采用中小型摊铺机，其摊铺宽度有 1.5m 和 1.0m 两种。目前我国自行研制的大型摊铺机，其摊铺宽度可达到 3m~5m。

**6.2.3** 应特别注意设备的选型工作，各种设备不仅要性能满足施工需要，设备的能力还需要相互匹配。对市场上采购的设备，还应根据需要进行一些改造。市场上无法采购的设备，则需自行设计加工。在张河湾、西龙池、宝泉等抽水蓄能电站库盆工程中，就使用了自行设计加工的斜坡施工设备，主要包括主副绞架（为坡面碾压提供牵引、转料等功能）、斜坡运料小车、沥青玛蹄脂转运车和一些小型工具，需要进行改造的设备包括沥青混凝土运料自卸汽车、斜坡摊铺机等，其余的设备可以根据需要在市场上购买。

斜坡曲面铺筑时，将斜坡曲面分成若干个扇形段，每个扇形段内按上宽下窄平均布置摊铺条带，并减小摊铺条带宽度，避免出现三角带。

机械摊铺和大型压实设备无法使用的狭窄部位和边角部位采用人工摊铺。

**6.2.4** 主要根据天荒坪抽水蓄能电站库盆实际施工资料及目前欧洲国家的施工水平提出的，带熨平装置摊铺机在 120mm 以下一般均采用单层摊铺。天荒坪抽水蓄能电站库盆沥青混凝土防渗层厚 100mm 采用单层一次铺筑完成。多层铺筑主要考虑面板厚度太厚，无法达到设计的空隙率要求，多层摊铺施工工艺较为复杂，费工费料，中间还得涂黏结层。

**6.2.5** 斜坡沥青混凝土摊铺及碾压施工相对平面较为复杂。各种技术指标要求不变，但机械设备的配合使用是其中的难点，也是斜坡施工的重点。以下列举西龙池抽水蓄能电站库盆斜坡面沥青混凝土方式面板施工工艺，以供参考。

斜坡（包括反弧段）摊铺主要使用机械有主绞驾车、副绞架



车、运料小车、路面摊铺机、斜面振动碾、运料自卸汽车等。

摊铺机和运料小车由主绞架牵引进行工作，振动碾由副绞架牵引进行工作。各种设备配置及相互位置根据施工情况确定。

摊铺前的准备工作与平面基本相同，包括放线、清理工作面、检查机械设备等。

准备工作完成后，主绞架车就位，使其上的摊铺机能够对准摊铺条幅。加热器加热熨平板，约 10min~15min。如果存在横缝时，需要同时对横缝加热，加热后横缝温度不低于 100℃。

运料自卸车将混合料卸入主绞架的吊斗，由主绞架将吊斗转到摊铺机料斗上方，将混合料卸入摊铺机料斗。摊铺机下行到条幅开端开始摊铺，然后由运料小车转运混合料到摊铺机。在摊铺机下行或上爬的过程中，摊铺机的速度与主绞架牵引的速度应保持一致。

对于已形成的条幅边缘，应修成 45°角的斜坡，然后进行相邻条幅的摊铺与碾压，接缝两边一起重叠碾压 100mm。

按此方法进行斜坡整平胶结层、加厚层、防渗层的摊铺。

**6.2.7** 沥青混凝土摊铺温度、摊铺速度主要参考了张河湾、西龙池等抽水蓄能电站库盆工程的经验数据。沥青混凝土摊铺温度、摊铺速度控制标准见表 6-2。

**表 6-2 沥青混凝土摊铺温度、摊铺速度控制标准**

项 目	防 渗 层		排水层	整平胶结层 (平面或斜坡)
	改性沥青混凝土 (斜坡)	沥青混凝土 (平面)		
摊铺温度 (°C)	≥160	≥160	>130	≥160
摊铺速度 (m/min)	0.8~1.5	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0

### 6.3 沥青混合料碾压

**6.3.2** 斜坡面板的碾压均采用上行有振碾压，下行无振碾压。下

行若采用有振碾压，极易将面板拉裂，破坏面板的防渗效果，所以禁止下行有振碾压。

为保证碾压后的沥青混凝土防渗面板厚度均匀，应严格禁止振动碾在沥青混凝土上骤起骤停，或者长时间停在一个地方。必须开到已完全压实且温度已经降低到与气温一致的部位停放，在防渗层混凝土上长时间停留时，还需加垫垫板。

为防止振动碾滚筒黏带沥青，须保持振动碾钢轮湿润，可在钢轮上方加装喷雾装置。碾压时的沥青混凝土温度一般都在  $100^{\circ}\text{C}$  以上，水很快会气化，喷少量的水对沥青混凝土的质量没有影响。

**6.3.3、6.3.4** 控制碾压温度是保证沥青混凝土面板质量的重要环节之一。初次碾压要在沥青混凝土温度较高时进行，可获得较好的压实效果，但温度过高，则沥青混合料变形较大，可能出现发丝般裂缝或壅包；温度过低则不能充分压实。相关工程资料表明：碾压温度通常低于摊铺温度  $30^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，一般为  $100^{\circ}\text{C} \sim 140^{\circ}\text{C}$ 。实践证明，碾压温度过低，碾压遍数再多，也达不到设计要求，故不能随意降低碾压温度。

根据国内外的施工经验，初碾碾压温度一般为  $120^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ ，主要根据现场的环境温度确定，初碾温度直接决定面板的施工质量。天荒坪抽水蓄能电站库盆碾压温度控制为不小于  $120^{\circ}\text{C}$ 。三峡茅坪溪防护大坝采用 70 号沥青、尼尔基水库大坝采用 90 号沥青，碾压温度均在  $145^{\circ}\text{C}$  左右。尼尔基水库大坝场外试验段碾压温度为  $120^{\circ}\text{C} \sim 136^{\circ}\text{C}$ ，初碾、二次碾压连续完成。但沥青混合料较难碾压密实。如果初碾温度定得低，层间结合不能保证。具体施工时应根据现场试验确定不同环境温度下的碾压温度。

西龙池抽水蓄能电站库盆沥青面板碾压方式及碾压遍数见表 6-3。

表 6-3 西龙池抽水蓄能电站库盆沥青面板碾压方式及碾压遍数

项目 碾压遍数	防 渗 层		整平胶结层	振动碾型号
	改性沥青混凝土	沥青混凝土		
初碾遍数	无振碾压, 2 遍	无振碾压, 2 遍	无振碾压, 2 遍	SW330
二次碾压遍数	振动碾压, 6 遍 前振后不振	振动碾压, 6 遍 前振后不振	振动碾压, 2 遍 前振后不振	SW330
终碾遍数	无振碾压, 2 遍 或直至轮印消失	无振碾压, 2 遍 或直至轮印消失	无振碾压, 2 遍 或直至轮印消失	SW330
重叠宽度	≥100mm	≥100mm	≥100mm	SW330

碾压时应严格控制碾压温度, 碾压温度应由试验确定。当无试验成果时, 可按表 6-4 选定。

表 6-4 沥青混凝土碾压温度控制标准

项 目	防 渗 层		排水层	整平胶结层
	改性沥青混凝土 (斜坡)	沥青混凝土 (平面)		
初始碾压温度 (°C)	>140	>130	120~150	>130
二次碾压温度 (°C)	>110	>110	>100	≥80
终碾温度 (°C)	>90	>90	>90	—

## 6.4 施工接缝与层间处理

**6.4.1** 减少接缝的数量可采用加大摊铺宽度和条带长度的方法。

**6.4.2、6.4.3** 此方法是目前国际上通用的接缝处理方法。天荒坪抽水蓄能电站工程库盆沥青混凝土面板的接缝就采用这种方法, 尽管开始担心后处理的烘烤加热深度问题, 但通过对接缝处取芯和无损探测, 效果很好。

这种方法有以下优点:

(1) 充分利用摊铺机性能, 一次性收工前摊铺的最后条幅包

括边缘 45°角部位利用振动板压实达到规定的 90%以上。

(2) 在混合料不低于 120℃、接缝温度达到 80℃时可以利用振动碾将摊铺条幅压实到规定压实度,使条幅在质量控制上得到保证。

(3) 新条幅摊铺冷却后再进行冷缝处理,消除了施工干扰,不影响其他摊铺工作。

**6.4.4~6.4.6** 整平胶结层和排水层施工过程中,如果温度下降太快整平胶结层的热缝变为冷缝时,可用加热器加热至 90℃以上按热缝方式直接施工即可。但在受到污染的接缝面施工时,应先涂刷冷沥青油。防渗层由于要起到防水作用,严格按照防渗层要求处理。

沥青混凝土防渗面板防渗层施工过程中,应特别注意冷缝的施工质量。冷缝是指在一天工作结束时,所形成的接缝或接缝处温度低于 90℃的缝,或是某些区域的边缘需在后期进行摊铺所形成的缝。在先铺条幅完工时接缝表面应涂乳化沥青。乳化沥青刚涂完之后、不能马上进行摊铺,必须在乳化沥青中的水分完全蒸发掉之后方可进行摊铺。

前一条幅摊铺时,先利用振动压板压到收工前最后条幅的边界,包括边缘与层面呈 45°角斜面,再用后续的振动碾压实到离接缝 10cm 处。对已冷却的上一个铺筑好的条幅进行下一条幅铺筑时,应用装在摊铺机旁的红外线接缝加热器对接缝加热,以使接缝整齐平滑,加热温度应控制在 100℃~130℃。使用加热器加热施工接缝,必须保证加热深度不小于 7cm,并应严格控制温度和加热时间,防止因温度过高而使沥青老化。摊铺机因故停止工作时,应及时关闭加热器。对冷缝 45°角斜面进行加热时,其加热方向应与斜面基本平行,并尽量靠近加热面。

**6.4.7** 加热温度指示缝下 1cm 处沥青混凝土温度。在西龙池抽水蓄能电站库盆施工过程中,对条带之间的接缝一般采用挂在摊铺机侧端的红外线加热器自动加热。对条带端头的冷缝,一般采用人工手持式红外加热器加热。对防渗层的施工接缝,应进行渗透性能检测。

**6.4.8** 根据我国沥青混凝土施工技术发展水平,防渗层已不再分

层铺筑,但有些工程防渗层较厚,需分上、下层施工。防渗层间加涂黏结涂层主要是为了提高防渗层的整体性和防渗效果。层间涂层要均匀,而且不能过厚,以保证紧密结合又不发生滑移,一般沥青用量不超过  $1\text{kg/m}^2$ ,厚度不超过  $1\text{mm}$ 。层间喷涂可采用沥青洒布机喷洒。无洒布机械时,乳化沥青和稀释沥青可用刷子涂刷,热沥青可用刮板涂刷。

**6.4.9** 为了改善沥青混凝土的机械性能,尤其是抗拉和抗弯性能,国内工程中,在沥青混凝土面板中采用了加筋处理。

作为加筋材料的聚酯网格置于设计指定的胶结层和防渗层之间,铺设聚酯网格前首先在胶结层上均匀地涂一层乳化沥青,再将聚酯网格铺上、拉平,聚酯网格搭接宽度  $250\text{mm}$ ,然后再均匀地涂一层乳化沥青,最后,摊铺其上的防渗层和加厚层沥青混凝土,摊铺过程要特别注意保护施工面的干燥。

**6.4.10** 对于现场取芯样时留下的孔洞填补,应先将孔洞周边加热,并将其上部周边加工成  $45^\circ\text{C}$  左右的圆台型,四周涂抹沥青胶,然后用配比相同的沥青混合料逐层填塞捣实。芯样填补前形状见图 6-1。

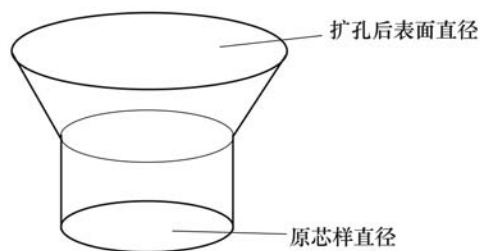


图 6-1 孔洞填补修补示意图

## 6.5 面板与刚性建筑物连接

**6.5.1** 由于坝体与岸坡、基础及其他刚性建筑物的连接部位不均匀沉降,常引起面板的过大变形,成为坝体防渗系统中的薄弱环节,故需要对这些部位面板进行专门的处理。

国内外工程中，连接部位的连接形式繁多，复杂程度也不相同，使用的材料品种也很多，必须严格按照设计规定进行施工。在国内，所用材料多数是在工地加工配制的，故其原材料、配比和配制工艺应据设计规定的技术要求，经室内或现场试验，证明技术指标能满足要求后才能使用。

为减少施工的干扰，加快施工的进度，沥青混凝土面板工程一般都是先铺筑沥青面板后进行面板与刚性建筑物的连接部位施工。但先铺的面板各层不能在同一断面，各层应相差  $1/3$  左右的条幅宽度，以满足各铺筑层相互错缝的要求。

**6.5.2** 这些工序是根据国内外一些沥青混凝土面板工程的经验总结而成的，不同的工程可根据实际情况确定。故规定面板与刚性建筑物连接部位施工时应进行现场试验。

**6.5.3** 沥青混凝土与水泥混凝土的连接施工时，先将水泥混凝土表面的水泥浆硬壳用钢丝刷或凿毛机凿毛，露出完好的水泥混凝土，用压缩空气清除所有附着物。然后在水泥混凝土表面喷洒或涂刷一层冷沥青材料，涂量为  $1\text{kg/m}^2$  左右。待其干燥后再铺设塑性过渡材料，然后铺沥青砂浆或沥青混凝土等。水泥混凝土表面在涂刷冷沥青前应烘干。

根据国内外许多沥青混凝土面板工程的资料，对连接部位的混凝土表面均要求进行处理，以加强结合，处理中是喷涂一层稀释沥青还是乳化沥青，可根据实际情况选用，其效果均能满足要求。提出用量限制的要求的目的是防止稀释沥青或乳化沥青喷涂过厚，从而降低连接面结合的质量。

**6.5.5** 过厚的楔形体分层填筑易于散热，以利于下一工序的施工。

**6.5.8** 沥青混凝土面板施工完毕后，如要补做基础帷幕灌浆时，应先对连接部位的基础进行浅层固结灌浆。帷幕灌浆应控制灌浆压力，使其由低到高逐步上升。

**6.5.10** 使用加强网格材料是在加筋部位加入聚酯网格，其目的是改善沥青混凝土的机械性能，尤其是抗拉和抗弯性能，这与网格

的选择和施工方法有着直接的关系。置入沥青混凝土面板中的网格应该能经受温度和铺设时其他条件的考验,且本身具有较大的抗拉与刚度及抗老化、抗侵蚀等优点。目前已使用过的网格材料有人造丝聚酯胶(尼龙)、聚酯、玻璃钢。然而,人造丝难以持久,钢易老化,玻璃易碎;剩下的两种材料中,聚酯弹性模量较高,而收缩率较低,优于尼龙。因此,聚酯是目前常用的材料,试验证明,聚酯网格经附着力强的材料处理后,与沥青之间接合性极好。同时,因加入网格而导致沥青混凝土断裂机理改变,使沥青混凝土变得更为均匀,且易分散应力,所以在有较高要求的部分使用聚酯网格是非常必要的。

为了保证施工质量,本规范规定网格材料搭接宽度应不小于250mm。

## 6.6 封闭层施工

**6.6.1** 封闭层用沥青胶应满足在坝面上夏季高温不流淌、冬季低温不脆裂的要求,保证沥青胶符合设计要求的关键是控制其配合比。沥青胶厚度小于2mm,涂量一般为 $2.5\text{kg/m}^2 \sim 3.5\text{kg/m}^2$ 。

在实际工程中采用的材料多为沥青玛蹄脂,填料和沥青各占2/3和1/3,但为增加稳定性可以添加纤维、橡胶等掺和料,特别是用于陡坡上时。也可以采用冷喷涂法喷涂沥青玛蹄脂,其中含有的溶剂在喷涂后会逐渐挥发。

由于玛蹄脂封闭层是高沥青含量的混合物,对于长时间的日照有足够的抵抗能力,可以有效地减缓或避免下部防渗层老化或脆化。为了延长封闭层的使用寿命,在死水位以上的封闭层上,可以采用喷涂浅色涂层或采用喷(淋)水降温的措施。值得注意的是,沥青玛蹄脂封闭层会由于玛蹄脂的黏结力而引起所谓的大象皮网状结构现象及局部流淌现象,影响其外观效果,但对其结构没有影响。这些现象与玛蹄脂的厚度、温度有关,封闭层越厚,温度越高,这种现象就越严重。但是,这种现象不会对沥青混凝

土面板的结构及性能产生影响。

为避免发生大象皮网状结构现象和局部流淌现象，可以减薄沥青玛蹄脂的厚度，但将缩短沥青混凝土的保护寿命。究竟是选用较厚的封闭面层，以减少或避免以上现象，还是应用较薄的封闭面层而进行经常性维护，需要进行使用性能和经济分析两个方面的工作后，经论证后确定。

封闭层材料可选用沥青胶或橡胶沥青胶的作为其组成材料。

**6.6.2** 沥青胶可采用机械或人工拌制，须保证拌和均匀，出机口温度须控制在  $180^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。在运输过程中，应防止填料沉淀。

**6.6.3** 封闭层的设计厚度多为  $1\text{mm} \sim 2\text{mm}$ ，封闭层沥青胶要进行配合比、斜坡流淌值、软化点、抗老化性能等测试，在对试验成果进行综合比较分析后再选择确定。

涂刷封闭层前，防渗层表面应干净、干燥。封闭层的涂刷应薄层、均匀，填满防渗层表面孔隙。

由于沥青胶黏度较大，沥青封闭层的施工应采用适合于斜坡施工的特制摊铺机，采用涂刷机涂刷或橡胶刮板涂刷的方法，且涂刷温度在  $170^{\circ}\text{C}$  以上，否则涂刷困难。

**6.6.4** 如发现涂刷后出现鼓包或脱皮等缺陷时，必须及时予以处理。

封闭层与防渗层之间的黏结强度也不一致。根据防渗层表面的情况，如果含有一定的残余水分，会使封闭层和防渗层之间发生不能完全黏结的缺陷。这种残余水分可能从层内蒸发出来，在此过程中，由于受热后伸长而引起涂层脱离防渗层，水就能经过裂缝和其他渗透点渗入沥青胶与顶层之间的层间，导致沥青胶可能发生剥落或产生鼓包。因此在涂刷封闭层时一定要保持防渗层表面干燥。

**6.6.5** 施工后的封闭层坝面，禁止人机行走，主要是为了保护封闭层不受破坏。



## 7 沥青混凝土心墙铺筑

### 7.1 铺筑前准备

**7.1.1** 心墙与基座连接面的处理十分重要，其技术要求和施工工序同面板与混凝土建筑物的连接面相类似：①清除灰皮；②喷涂稀释沥青（冷底子油）；③稀释沥青（冷底子油）完全干燥后敷设 1cm~2cm 厚的沥青胶或沥青砂浆，使心墙与基座结合紧密。沥青胶或沥青砂浆的配合比，应经试验确定。碧流河大坝采用的沥青胶配合比为沥青:矿粉=3:7（重量比），沥青砂浆的配合比为沥青:矿粉:细砂=22:13:65，三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、下坂地水电站大坝采用的沥青砂浆的配合比为沥青:矿粉:细砂=1:1.5:2.5 或 1:2:2，可供参考。

**7.1.2** 金平水电站大坝碾压沥青混凝土心墙铺筑与左右岸岸坡帷幕灌浆同时进行施工，由于采取了相应的措施，阻止了钻孔循环水和灌浆废料经常流入心墙铺筑部位，未对碾压沥青混凝土心墙铺筑造成影响。故本条规定坝基防渗工程除在廊道内进行帷幕灌浆外应尽量在沥青混凝土心墙铺筑前全部完成。三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝碾压沥青混凝土心墙铺筑与左右岸岸坡帷幕灌浆同时进行，由于制订了周密的施工计划，灌浆场地设置了堵、截、排水系统，使沥青混凝土心墙施工没有受到灌浆工程施工的影响。故本条又规定：若施工安排确有困难，需留部分防渗工程与心墙铺筑平行进行时，应做出周密的施工计划，合理布置场地，使心墙铺筑不受干扰或尽量减少干扰，确保心墙的铺筑质量和铺筑进度。

## 7.2 模 板

**7.2.1** 由于心墙设计断面是渐变的，每一高程对应的心墙设计宽度都不相同，因此，每次施工前均需调整摊铺机自带的钢模宽度以满足设计要求。又由于碾压成型后的沥青混凝土与其两侧的过渡料的结合面为犬牙交错型，且振动碾碾压时行走的线路不可能是一条完全笔直的直线，为保证沥青混凝土的最小断面宽度满足设计要求和避免因机械操作手的操作误差而造成沥青混凝土的局部断面尺寸小于设计断面尺寸，施工前模板的宽度调整应略大于设计宽度 10mm~20mm。

**7.2.2** 工程施工中，下部大放脚及两岸岸坡无法机械摊铺，只有采用人工架立模板、摊铺。钢模质量轻，装拆容易，固定牢靠，可重复使用，费用较低。故条文中建议采用。

钢模板可用 6mm~8mm 厚钢板制作，其长度应在便于两人搬运、架设、拆除的基础上尽量长一些（一般为 1.0m~2.0m），以减少搭接。其高度应与铺筑层厚度一致。如钢模用机械装拆，尺寸则可适当加大。

使用活动卡具固定钢模能满足固定牢固和钢模不变形的要求，活动卡具间距根据碧流河水库大坝工程经验为 1.0m~1.5m。三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、下坂地水电站大坝、尼尔基水库大坝等工程经验为 2.0m，金平水电站大坝经验为 1.5m。

过去一些工程中，相邻两块钢模采取互相搭接，搭接长度根据防止接头变形及砂粒从缝隙流入的要求确定。根据工程经验，搭接长度若小于 50mm，回填过渡层时，砂子可能沿钢模搭接缝隙流入钢模内，影响心墙铺筑质量。在三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、下坂地水电站大坝、尼尔基水库大坝等工程中，由于采用的钢模加工精细，且在两块钢模拼缝处采用活动卡具固定接头，使模板接头不变形，不产生缝隙，保证了施工质量。

现代设计中沥青心墙是梯形结构，尤其是下部的大放脚，高

程变化 200mm，而防渗厚度就缩小了 100mm 左右，钢模架设允许偏差（距中心线） $\pm 10\text{mm}$  对防渗效果影响不大。

先填外侧过渡层，并进行预碾压的目的在于不致使钢模在沥青混合料填入后发生侧向位移，增加沥青混合料用量。

在沥青混合料碾压之前，将钢模拆卸的目的在于使心墙与过渡层形成犬牙交错的锯齿状结合，并便于心墙与过渡层边缘部位的碾压。

钢模拆除后，黏在钢模上的少量沥青混合料仍处于温度较高的状态，容易清理干净。如果待使用时再清理，温度已接近气温，沥青混合料黏结牢固，清理费工费时，而且清理不彻底，给重复使用带来不便。钢模清理干净后应堆放整齐，主要要求是堆放平整，以保证其不变形，同时，也不致因随意堆放而造成散失。

### 7.3 过渡料铺筑

**7.3.1** 过去一些工程中，过渡料摊铺主要采用通用的土方机械或人工摊铺。随着机械化程度的提高，专用摊铺机摊铺心墙的宽度可在一定范围内调节，并且可以同时摊铺心墙沥青混合料和两侧过渡料，但是不同的工程其过渡料的设计宽度不同，且各个工程采用的摊铺机总摊铺宽度也不同。三峡茅坪溪防护大坝采用的摊铺机总摊铺宽度为 3.5m，但心墙及两侧过渡料设计总宽度达 5.5m~6.2m，冶勒水电站大坝、下坂地水电站大坝等工程采用的摊铺机总摊铺宽度与三峡茅坪溪防护大坝相同，而心墙及过渡料总宽度为 5.5m~9.2m，因此，摊铺机无法摊铺的部位，采用其他机械（反铲）辅以人工摊铺。

**7.3.2** 当沥青混凝土心墙一天施工一层时，由于前一层的沥青混凝土表面温度在第二层施工前已基本降至自然温度，沥青混凝土表面已具有一定强度，过渡层的砂粒或其他污物落入沥青混凝土表面上不会造成黏结，简单清扫即可将其清除。当沥青混凝土心墙一天施工多层时，由于前一层的沥青混凝土表面温度在后一层

施工时约可降低到  $70^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ ，此时，过渡层的砂粒或其他污物落入沥青混凝土表面上将会造成黏结，简单清扫难于清除，摊铺过渡料时应防止砂粒或其他污物落入，减少清污工作量，并保证铺筑质量。摊铺过渡料时造成沥青混合料摊铺部位污染的，应清理干净。

**7.3.3** 过渡层如一侧先填筑、压实，由于侧压力的作用，使钢模受力不均，向一侧发生较大变形，导致心墙偏离设计线或不能保证设计的有效厚度。碧流河水库施工中曾发生过这样的问题，故本规范规定两侧过渡层要同步上升。

**7.3.4** 心墙两侧的过渡料应采用小型振动碾碾压：

1 采用小型振动碾可以避免使用较大吨位的振动碾而使沥青心墙产生位移和畸变。

2 过渡料铺筑部位狭窄且厚度为  $200\text{mm}\sim 300\text{mm}$  的薄层摊铺，使用小型振动碾碾压较灵活，且较容易压实，也不需要较多的压实遍数。三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、下坂地水电站大坝等工程均采用  $2.7\text{t}$  振动碾，金平水电站大坝采用  $3.0\text{t}$  振动碾，碾压遍数为 6 遍 $\sim$ 8 遍，其压实效果较好。

**7.3.5** 心墙两侧过渡料压实后，在高程上低于心墙，有利于施工部位的排水，否则，施工前要排水，且含泥积水污染的沥青混凝土表面需耗费大量的人力和机械进行处理，造成浪费。

## 7.4 沥青混合料摊铺

**7.4.1** 沥青混凝土心墙施工采用全轴线不分段一次铺筑，既有利于机械化施工，加快施工进度，又减少了施工接缝，保证了工程质量。

**7.4.2** 沥青混凝土心墙铺筑速度低于两侧坝壳填筑速度，则心墙部位将形成凹坑，当降雨时，积水难以排出，给施工带来困难，也影响沥青混凝土铺筑质量。心墙与坝壳高差过大，还会造成坝壳虚坡严重，增加处理工作量，且质量不易保证。本规范提出高

差最大不得超过心墙顶面 800mm。三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝等工程心墙铺筑与两侧坝壳填筑高差均不超过心墙顶面 800mm。

**7.4.3** 沥青混凝土心墙的铺压方法有人工、半机械化、机械化（专用摊铺机）三种。人工铺压缺点是劳动条件差，工效低，质量不易保证，故只适用于工作量小或专用机械无法达到的部位。机械化施工是采用专用的自行式摊铺机，装有远红外线加热器，可对底层沥青混凝土加热，并装有滑动钢模，随机械前进而移动，有对中监测系统，保证了沥青混合料摊铺范围符合设计要求，过渡层和沥青混合料同时摊铺，这种专用摊铺机不仅施工速度快，质量也较有保证，国外已广泛应用，在我国三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、尼尔基水库大坝、下坂地大坝等沥青混凝土心墙工程中已全部实现机械化施工，积累了成熟的经验，适用于大中型工程施工，故条文重点讲述了专用摊铺机的施工。半机械化铺筑是利用活动钢模板形成腔体，将沥青混合料用机械填入，人工摊铺，然后用自行式振动碾压实，这种施工方法有些工序仍由人工完成，但比人工铺筑的工效和质量均有提高，劳动条件也有改善，可应用于中小型心墙工程。此外，即使采用机械化的方法铺筑，在基座和两岸的结合部分也需要用半机械化的方法铺筑。

采用专用摊铺机摊铺时，应保持摊铺机的行走速度均匀，随时注意摊铺机料斗中沥青混合料数量，以防“漏铺”和“薄铺”现象发生。人工摊铺时，卸料车要均匀卸料，以减少工人的劳动强度，摊平仓面时，不允许将混合料抛撒，最好用工具将混合料摊平，以避免沥青混合料分离。

**7.4.4** 沥青混凝土心墙铺筑层厚与碾压机械的压实功能有关。根据表 7-1 国内外实践经验统计，每层摊铺厚度一般为 200mm～300mm。若摊铺层太薄，则层面处理量大，立模、拆模等工作亦相应增加；若摊铺层太厚，必须用重碾碾压，但重碾碾压容易发生陷碾，使振动碾难以正常工作。故推荐摊铺厚度层厚度一般为

200mm~300mm。在金平水电站大坝碾压沥青混凝土施工中, 沥青混合料摊铺厚度达到 350mm, 经过试验研究和碾压沥青混凝土芯样检测, 碾压沥青混凝土质量符合设计要求, 但毕竟实例较少, 所以条文要求摊铺厚度超过 300mm 时, 应通过实验验证。

表 7-1 心墙摊铺厚度实例

工程名称	碧流河	高岛	武利	御所	茅坪溪	冶勒	下坂地	金平
摊铺厚度 (mm)	200	250~300	250	250	200~250	300	300	300~350

摊铺后适当静置一定时间, 不仅有预热下层冷面的作用, 而且还有“排气”等效果。关于“排气”, 国内有不同看法, 有人认为, 国外资料未见“排气”, 其机理不清。且等待“排气”不及时碾压, 势必要求提高沥青混合料的拌和温度, 是不利的。

由于未经烘干的矿粉含有少量的水分, 沥青混合料摊铺后静置一定时间, 可使沥青混合料内的水汽充分溢出, 可以降低沥青混凝土的孔隙率。

一般情况下, 由于心墙设计宽度为均匀渐变的, 在一层施工高度范围内, 心墙的设计断面为一梯形断面, 而实际的施工断面为一矩形断面。为保证沥青混凝土心墙在任何高程处的摊铺宽度不小于设计宽度, 施工时摊铺宽度按每一施工层的底面高程对应的设计宽度进行控制。另外, 振动碾碾压时行走的线路不可能是一条完全笔直的直线, 为防止因机械操作手的操作误差造成沥青混凝土的局部断面尺寸小于设计断面尺寸, 施工前模板的宽度调整应略大于设计宽度 10mm~20mm。由于上述原因及处于节约成本的考虑, 每层施工前应根据沥青混凝土心墙的设计和施工要求对摊铺宽度进行调整。

**7.4.5** 连续铺筑 2 层以上时, 由于沥青混凝土来不及降温, 第二、三层在温度较高的软沥青混凝土面上进行摊铺碾压, 会降低振动碾对沥青混合料的压实效果, 因此应等待前一层沥青混凝土温度

降到一定程度再进行后一层的铺筑，在温度较高的软沥青混凝土面上进行铺筑的施工工艺应通过试验确定。冶勒水电站大坝在 90℃ 以下的沥青混凝土层上一天内连续铺筑 2 层~3 层沥青混合料获得成功，金平水电站大坝在 91℃~93℃ 的沥青混凝土层上一天内连续铺筑 2 层获得成功。故本规范仍规定连续铺筑 2 层及以上沥青混凝土时，下层沥青混凝土表面温度应降至 90℃ 以下后方可摊铺上层沥青混合料。

**7.4.6** 不同沥青品种、不同季节、不同地域环境对沥青混合料的入仓温度要求不同，具体通过试验确定。如：三峡茅坪溪防护大坝沥青混凝土心墙工程规定，沥青混凝土的入仓摊铺温度为 160℃~180℃，盛夏最低不低于 135℃，冬季最低不低于 145℃，气温偏低时，入仓温度应提高，气温偏高时，入仓温度应降低。在保证沥青混合料的碾压温度的同时，应尽量缩短沥青混合料入仓后的静止时间，以提高工作效率。实践证明，在盛夏季节，如果沥青混合料的入仓温度在 170℃ 左右，要放置 1h~2h 才能将温度降到 150℃ 左右的初始碾压温度，这势必延长了工作时间，使劳动效率降低。而在冬季，由于温降较快，如果沥青混合料的入仓温度过低，碾压过程中温度损失过大，终碾时温度会达不到要求，从而影响沥青混凝土的碾压质量。

不同品种的沥青其针入度、软化点不同，相应的最佳碾压温度和入仓温度亦不相同。不同地域，沥青混合料的入仓温度将随着地域的自然温度不同而做相应的调整。具体由试验确定。

## 7.5 沥青混合料碾压

**7.5.1** 由于沥青混凝土心墙一般设计宽度窄，沥青混合料为热施工的特殊混合料，重碾碾压容易发生陷碾，使振动碾难以正常工作，故本条推荐采用小于 1.5t 的专用振动碾进行碾压。

为避免过渡料的混入而造成沥青混合料的污染和保证施工进度，一般情况下，沥青混合料的碾压设备不得与过渡料的碾压设

备混用。

**7.5.2** 沥青混合料摊铺后，为确保过渡料的碾压对已压实的沥青混凝土不造成畸变，规定沥青混合料摊铺后先进行两侧过渡料的同步碾压后进行沥青混合料的碾压，同时这种碾压次序也有助于过渡层对施工的心墙起到支撑的作用，减少沥青混合料在碾压中的损耗。若先碾压两侧的过渡料不能保证心墙沥青混凝土的宽度时，可以碾压心墙沥青混合料边线 100mm 以外的过渡料，或后碾压两侧的过渡料。

**7.5.3** 采用振动碾碾压沥青混合料时，一般先无振碾压 2 遍，再振动碾压，是为了防止陷碾或碾压困难。

本条还规定碾压时振动碾不得突然刹车，是为了防止沥青混合料受剪发生裂缝，碾压机械横向跨过心墙，容易使沥青混凝土心墙向一侧偏移，应禁止。碾压分段交接处应重叠碾压是为了防止漏碾。

**7.5.4** 关于心墙沥青混合料的碾压温度与面板一样，应通过试验确定。

从国内外实践经验来看(见表 7-2)，当铺厚为 200mm~250mm，采用 0.5t~1.5t 的振动碾碾压时，心墙碾压温度可选用 120℃~160℃（指沥青混合料的表面温度）。

表 7-2 心墙沥青混合料碾压温度实例

工程名称	碧流河	高岛	武利	御所	茅坪溪	冶勒	下坂地	金平
碾压温度(℃)	120~130	140~150	140	120~130	140~150	150~160	150~160	145~150

**7.5.5** 沥青混凝土干固后较难清除，在清除不合格层易扰动下层的沥青混凝土。被扰动的沥青混凝土应经加热、碾压，才能确保其防渗效果。

**7.5.6** 由于过渡料的压实系数一般高于沥青混合料的压实系数，因此，当采用贴缝碾压时，过渡料的摊铺厚度宜略高于沥青混合



料 20mm~30mm。当沥青混凝土心墙沥青混合料摊铺宽度小于振动碾碾轮宽度时，沥青混合料应采用骑缝碾压的方法施工。由于骑缝碾压时过渡料会对振动碾碾轮起到一定的架撑作用而降低沥青混合料的压实效果，为保证骑缝碾压施工时沥青混合料的压实质量，过渡料的摊铺厚度宜与沥青混合料的摊铺厚度相同或略低于沥青混合料的摊铺厚度 20mm~30mm。

**7.5.7** 大型压实机械的振击力和振动影响半径很大，在距心墙两侧很近范围压实坝壳料时，将使沥青混凝土心墙遭受强烈振动而发生畸形或破坏，根据大型机械的振动影响半径，为保障沥青混凝土心墙的安全，故做本条规定。

大型机械直接横跨心墙会使心墙遭受过载和振动而发生畸变或破坏，应予以禁止。必须有横跨心墙要求时，宜在心墙上架设钢栈桥，钢栈桥的支撑点应在过渡料以外，钢栈桥面结构下方与心墙之间的距离应大于 200mm，以免扰动心墙。

## **7.6 施工接缝及层面处理**

**7.6.1、7.6.2** 为了使沥青混凝土与水泥混凝土更好的连接，水泥混凝土表面必须粗糙平坦，需做毛面处理，将其表面的浮浆、乳皮、废渣及黏着物等全部清除，一般情况下可在混凝土初凝时用高压水冲洗掉上述废物，也可在混凝土初凝后不久，用高压水枪冲毛、清洗干净，如果面积较小也可以人工用钢毛刷刷洗，当混凝土已达到其设计强度或混凝土已浇筑几年后，则必须采用人工凿毛的方式清理基面，人工凿毛时应注意只是将混凝土表面的浮浆、乳皮、废渣及黏着物清除，而不是把混凝土表面全部打掉一层。如果把混凝土表面打出很多小深坑，或将石料全部露出，当喷涂冷底子油时混凝土表面很多小深坑内会积满稀释沥青，使其干燥时间延长，另外小坑内汽油不易挥发出来，会影响沥青混凝土与常态混凝土的黏结强度。如果常态混凝土表面露出很多石料，也会降低沥青混凝土与混凝土的黏结强度，而水泥混凝土石料若

用的是酸性骨料，酸性骨料与沥青的黏结力是较差的。

水泥混凝土基础面应干净、干燥。稀释沥青和沥青砂浆的配料比例应正确，稀释沥青喷涂应均匀，无空白，无团块，色泽要一致，最好是浅褐色，每平方米的喷涂量为约 0.2kg 左右。喷涂多了稀释沥青不易挥发，且造成浪费。

沥青砂浆涂抹厚度一般为 10mm~20mm，表面应无鼓泡、无流淌且平整光滑。

**7.6.3** 沥青混凝土心墙横向接缝，不管处理多好，仍是一个薄弱环节，故应尽量减少，但不能完全避免。为了不在立面上形成通缝，故规定上下层横缝应错开一定距离（最小 2m）。对心墙的整体变形有利。

横向接缝做成斜面，可使结合面加长，有利于牢固黏结。但若过长，处理量加大，费用增加，也不易处理好。根据国内外的实践经验（见表 7-3），本规范推荐结合面的坡度为 1:3。

表 7-3 心墙工作缝结合面坡度实例

工程名称	武利	八王子	碧流河	茅坪溪	冶勒	尼尔基	下坂地	金平
结合面坡度	1:4	1:2	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3

**7.6.4** 关于心墙沥青混凝土结合面受细砂及尘土的污染时抗渗性的影响问题，碧流河水库大坝、三峡茅坪溪防护大坝曾做过初步研究，对表面受细砂严重污染的部分进行了钻孔取样，观察表明结合面无缝隙，经注水试验，其渗透系数  $K=3.34 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ ，满足设计要求。但考虑到未进行强度试验，且香港高岛水库大坝沥青混凝土心墙对层面受细砂污染的芯样抗剪试验结果均在污染部位剪断，说明污染层面是一个薄弱环节，故在本规范中仍提出此条要求。

仓面清理一般用高压风就可以吹净仓面上的水珠、砂粒和尘土，不仅非常有效，而且可使表面风干，有利于层面的良好结合。

但对于停工一段时间的仓面，无论上面是否覆盖苫布，仓面都会很脏，这时仅用高压风吹清理不干净，必须配以高压水冲洗，必要时个别部位还要人工用钢毛刷刷洗，对于已污染的仓面和用钢毛刷仍然无法刷掉砂粒部位，表层必须用红外线加热器烤软后铲除，特别应注意试验检测后仓面留下的污渍处理，如渗气仪测渗透系数时留下的黄油和用油漆写的桩号、高程等。

沥青混凝土层面温度指沥青混凝土层面以下 10mm 处的温度。采用红外线加热器加热时只需 2min~3min，沥青混凝土表面便可达到 70℃以上，且可深达 10mm~15mm。专用摊铺机加热层面时，需控制好行走速度，使其加热均匀，温度满足要求。人工用红外线加热器加热时，除了使各部位加热均匀外，还要同沥青混合料的入仓时间相衔接，如果加热得太早，特别是温度较低的天气，加热过的沥青混凝土心墙表面温度会很快损失掉，从而达不到技术要求。另外层面加热时还要注意，加热时间不宜过长，否则会引起沥青混凝土老化，从而影响沥青混凝土心墙的质量。对于红外线加热器无法加热到的部位，采用喷灯烘烤。

下层沥青混凝土层面温度过低，当铺筑上层沥青混合料时，结合面质量不易保证，会形成薄弱环节，故国内外心墙施工均对结合面温度做出规定（见表 7-4）。

表 7-4 沥青混凝土结合面温度实例

工程名称	碧流河	武利	御所	八王子	茅坪溪	冶勒	尼尔基	金平
结合面温度（℃）	70	60~80	60 以上	60~70	70~90	70~90	70~90	60 以上

日本御所二期围堰大坝工程经验表明，下层温度在 60℃以上时，结合面连接良好。碧流河水库大坝下层沥青混凝土表面温度约在 70℃时，铺筑上层，经钻取芯样，肉眼看不到结合面的存在。三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、尼尔基水库大坝等工程下层沥青混凝土表面温度均按 70℃控制，金平水电站大坝下层沥

青混凝土表面温度按大于 60℃控制，经钻取芯样，肉眼均看不到结合面的存在。故本条文仍规定下层沥青混凝土表面的温度不低于 70℃。

关于加热的方法，国外多用红外线加热器，碧流河水库大坝、三峡茅坪溪防护大坝、冶勒水电站大坝、尼尔基水库大坝等工程也采用红外线加热器。实践证明，采用红外线加热还有利于消除吸附于下层沥青混凝土表面的水汽，因此在本条中明确推荐了这一方法。

根据党河和碧流河水库大坝、三峡茅坪溪防护大坝等工程施工经验，利用上层新铺沥青混合料（140℃）的热量，停置 30min 后，可将下层沥青混凝土融化 50mm 深，结合面的温度可达 70℃，结合面渗透系数  $K=10^{-9} \sim 10^{-10}$  cm/s，因缺乏结合面强度试验成果，故未列入条文。

**7.6.5** 沥青混凝土表面越冬及其他原因长时间停歇、暴露会造成层面的污染，因此当越冬及停工、停歇时间较长时，需采取覆盖保护措施，重新施工时应对于大面积的、污染的沥青混凝土层面进行清理，待干燥、加热至 70℃以上后，再铺筑沥青混凝土。

**7.6.6** 钻取芯样后的孔洞应及时处理回填沥青混合料，孔洞中的杂物、水珠必须清理干净，并用管式红外加热器加热，周壁要加热到 70℃，再分层回填沥青混合料，每层厚 50mm，人工用 10kg 重的捣棍夯实 25 次以上。芯样孔回填高度应略高出心墙 20mm。

## 8 沥青混凝土低温季节与雨季施工

### 8.1 低温季节施工

**8.1.1** 碾压式沥青混凝土施工对温度比较敏感，在低温季节施工时沥青混合料温度容易损失，尤其是摊铺层表面和心墙侧面与外部低温环境接触温度损失很快，使热沥青混合料不易碾压密实，影响沥青混凝土质量，这对沥青混凝土防渗墙施工尤为突出。

国内工程实践表明：碾压式沥青混凝土面板在低温季节均停止施工，因工程进度需要，沥青混凝土心墙在低温季节施工时，应采取适当保温措施。

为了保证沥青混凝土施工质量，本规范提出了在低温季节沥青混凝土施工必须采取适当的保温防护措施及相应的试验，以保证碾压沥青混凝土的施工质量。尼尔基水库大坝沥青混凝土心墙现场低温施工技术研究的成果表明，碾压式沥青混凝土心墙在施工日平均气温  $3.5^{\circ}\text{C}$ （在  $-2^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$  范围内，风力 3 级~4 级）、 $-5^{\circ}\text{C}$ （在  $-11^{\circ}\text{C} \sim -4^{\circ}\text{C}$  范围内，风力 3 级~4 级）情况下施工结束后采用帆布覆盖，其施工质量满足了设计要求。因而在昼夜温差较大的北方寒冷地区只要采取的保温防护措施得当，低温（ $-5^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ ）施工仍可以保证碾压式沥青混凝土心墙的质量。冶勒水电站大坝沥青混凝土心墙施工时环境气温在  $-5^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ （风力 3 级~4 级）情况下，施工了沥青混凝土心墙中的 208 层，施工时使用了保温棚，施工结束后没有采取覆盖，其施工质量满足设计要求。但低温季节施工会增加施工成本，若工程进度允许，应尽量避免在低温季节进行碾压沥青混凝土施工。

沥青混合料需在低温季节施工时，一般可选晴天和气温较高

的时段铺筑,这是一种有效的措施,而且简单易行,应优先采用。当 $-5^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ 进行沥青混凝土心墙施工时,应经试验确定初碾、复碾、终碾的温度,保证压实度满足设计要求。根据正岔水库大坝、石砭峪水库大坝、三峡茅坪溪防护大坝、尼尔基水库大坝、冶勒水电站大坝、金平水电站大坝等工程沥青混凝土施工实践,日平均气温虽稳定在 $5^{\circ}\text{C}$ 以下,但一般高于 $-5^{\circ}\text{C}$ ,在晴天,9:00~16:00 这段时间内,环境气温在 $5^{\circ}\text{C}$ 以上,进行沥青混合料铺筑困难不大,可以达到设计规定的压实要求。冶勒水电站大坝、金平水电站大坝沥青混凝土心墙在环境气温 $-5^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ 时试验研究并确定了心墙沥青混合料的初碾、复碾、终碾温度,施工质量满足设计要求。

在低温季节施工,沥青混合料在施工过程中的热量损失将随着作业时间的加长而迅速增大。因此,要做到及时运输、及时摊铺、及时碾压,尽量缩短作业时间。特别是面板铺筑,减小摊铺范围对减少热量损失效果非常显著。运输设备上加设保温设施,效果亦较好。保温设施类型很多,如在车厢或料罐四周和底部加设保温层,上部则可用防雨布或棉毛毡覆盖等。要求入仓的沥青混合料表面 50mm 深度内不宜低于 $160^{\circ}\text{C}$ 。

大量的试验表明,过高的拌和温度会加速沥青老化,故在本规范中提出采用上限出机温度。沥青混合料出机口温度若低于 $170^{\circ}\text{C}$ ,由于运输及摊铺过程中的温度损失,很难保证沥青混合料入仓温度不低于 $160^{\circ}\text{C}$ 。

低温季节施工,适当缩短每段的摊铺长度,先摊铺的沥青混合料可以及时得到碾压,以避免先摊铺的沥青混合料表面稳定损失太多而结壳,碾压后形成龟裂,影响外观质量。

**8.1.2** 面板防护层施工时段环境温度过低时,沥青玛蹄脂温度损失过快不易刮平,故规定施工时推荐面板防护层施工时段环境温度应高于 $10^{\circ}\text{C}$ 。

沥青混凝土面板施工面积大,铺层薄,如果在低温季节施工,

温度损失很大,影响沥青混凝土施工质量,不宜施工。如因工程需要,应采取适当保温措施。

**8.1.4** 由于非防渗沥青混凝土孔隙率较大,水分容易进入,当越冬时,易冻胀破坏。故需要越冬时,应进行封闭。

**8.1.5** 寒冷地区指年度内最低月平均气温小于 $-10^{\circ}\text{C}$ ,年内日平均气温大于或等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的天数小于215天的地区。

沥青混凝土心墙越冬如不保护,易因收缩开裂,产生上下游贯穿裂缝。故应在表面用帆布及干砂等材料覆盖保温。沥青混凝土心墙停工越冬后,应检测沥青混凝土心墙,对裂缝应进行修理。

## 8.2 雨 季 施 工

**8.2.1** 雨季施工应避免雨水落入热沥青混合料中,造成沥青混合料温度损失,雨水在沥青混合料中汽化形成气泡使沥青混合料难以碾压密实,雨季施工应采取有效的防雨措施。雨季施工现场应备有足够的防雨布,运输和转运车辆也应备有防雨布。

根据本条及本规范 1.0.3 的规定,沥青混合料因雨停工的标准为降雨即停工,这是作为现场停工的依据。

沥青具有憎水的性质。当沥青混合料遇水后(降雨或被水浸泡),温度迅速降低,包裹有沥青薄膜的骨料不能很好地黏结;且水分残存在层间或沥青混合料中,当温度升高后,将汽化膨胀,形成鼓包或气孔,破坏沥青混凝土的整体性。

根据国内外公路部门的经验,在沥青内掺入抗湿剂,有利于雨季施工。但在我国沥青混凝土防渗墙施工中,尚缺乏实践,故未列入。

雨季一般气温变化异常,阵雨出现的机会较多,除了设备及摊铺地点应有防雨设施外,在铺筑时应缩小面积,随铺随压,遇突然降雨,来不及压实,其返工范围也较小。

面板防渗层摊铺施工条带中不应有横向接头,突发情况必须留接头,应将冷却硬化部分沿表面按 $45^{\circ}$ 角切除至完全压实的部

位。把横向接缝做成斜面，可使结合面加长，有利于接头处的沥青混凝土牢固黏结。

**8.2.2** 本规定是针对有度汛要求的工程制定的。宜将设计死水位以下的面板在汛前全部完成，这样汛后可不再放空水库，减少排水及清淤环节。如因故不能全部完成，汛后采取措施排走积水、清淤并完成剩下层次的铺筑。

当洪水较大，完成洪水位以下全部面板确有困难时，在征得设计单位同意后，可抢铺一层防渗层或适当提高整平胶结层的防渗性能，作为临时拦洪措施，以减少渗漏量，有利于支撑体的稳定。

**8.2.3** 未完建的面板，还存在一些未全封闭的漏水通道（如面板本身、两岸连接部位、基础等），蓄水将会有大量的渗水进入面板背后，使面板后的水位升高（特别是当支撑体排水不畅而又无专门排水设施），当放水时，若不控制下降速度，面板将受较大的反向压力而鼓包。故本条规定限制在  $2\text{m/d}$ ，是借鉴土石坝水位骤降标准，同时根据对几个工程验算做出的，这一标准还有待实际验证。

**8.2.4** 沥青混凝土心墙是一个薄层防渗体，是依靠上下游坝壳的支撑保持稳定的，因此，要求心墙和坝壳的施工能同步上升。如果汛期洪水位超过心墙和坝壳，将引起漫顶、淘刷下游坝壳使墙和坝体破坏。同时，心墙断面很窄，临时设置子堰抢险亦无条件。故一般要求心墙与坝体应在汛期前达到施工洪水位以上，并应考虑坝体蓄水沉陷、风浪高度和必要的安全超高。



## 9 安全监测仪器埋设与监测

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 在沥青混凝土内埋设仪器属于隐蔽工程，如果仪器质量有问题或计算参数不准确，将无法修复或补救，所以在埋设前一定要坚持对每支仪器进行率定检验。《混凝土坝安全监测技术规范》DL/T 5178 对常用的几类仪器率定都做了规定，但对耐高温（180℃）仪器的率定未涉及，其中附录 A 介绍的方法是三峡工程茅坪溪防护大坝沥青混凝土工程试验研究与工程应用的总结，该方法简明实用，指标适中，经后续工程验证稳妥可靠，被编入《1999 年大坝安全及监测国际研讨会论文集》，得到国内外安全监测专家的普遍认同，可参照执行。

**9.1.2** 一般情况下沥青混凝土施工时的温度为 140℃～180℃，常规仪器会因为温度太高导致仪器失灵或飘移，如果具体工程的沥青混凝土施工温度偏离这个范围，对仪器要求的温度应做适当调整。

**9.1.3** 仪器埋设是在沥青混凝土及其过渡料施工的同时进行的，与土建施工交叉干扰较大，根据经验，要搞好监测仪器埋设，除加强仪器的保护外还必须加强协调与合作。

### 9.2 埋设与观测

**9.2.1** 《混凝土坝安全监测技术规范》DL/T 5178 对安全监测仪器埋设做了较详细的规定，沥青混凝土防渗墙中的仪器埋设除部分仪器有特殊要求外，可以按现行技术规范执行。

**9.2.2** 沥青混凝土主要作为防渗结构，一般厚度尺寸较小，沥青

混凝土与其他物件的结合部位是薄弱环节，又是应力集中点，如处理不好，很容易形成渗水通道，所以，埋入沥青混凝土内的物件应尽量小，并避免贯通防渗墙。

**9.2.3** 电缆埋设与保护工作至关重要，引出沥青混凝土牵引主要是减少耐高温电缆用量。沥青混凝土与过渡料（层）的沉降变形是有差异的，电缆跨缝必须处理并预留足够长度。

**9.2.4** 沥青混凝土仪器埋设后一段时间，沥青混凝土温度逐渐下降，要持续一段时间，由于沥青混凝土的温度敏感特性，在较高温度下，沥青混凝土的力学、变形性能较复杂，为了多收集一些沥青混凝土高温时段的监测资料，在这段时间的观测频次不宜太少，宜保持 4h/次~8h/次的频度。

## 10 施 工 质 量 控 制

### 10.1 原材料的检验与控制

**10.1.2** 规定沥青混凝土原材料的进场检测内容,确定验收指标和评定标准,对原材料的检测频次做出规定。

**10.1.4** 骨料对沥青混凝土的性能影响很大,对骨料的品质应严格要求,但考虑各工程的料源差别,设计对骨料的技术要求考虑到建筑物的使用性能,强调了骨料性能应满足设计要求。

**10.1.5** 填料加工过程应加强工艺控制。填料的密度、含水率、亲水系数指标为反映品质关键性指标,必须严格控制。

### 10.2 沥青混合料制备质量的检验与控制

**10.2.3** 沥青混合料废料主要指失控料和工艺性误差料。

**10.2.4** 沥青混合料的抽样检验取样地点,一般为机口取样和摊铺现场取样,沥青混合料检验应在施工现场沥青混合料摊铺完成但未碾压之前取料,检验其配合比和技术性质,能反映沥青混合料生产均匀性,同时,样品反映了沥青混合料在运输、摊铺过程中的质量变化。

### 10.3 沥青混凝土施工质量的检验与控制

**10.3.2** 规定碾压式沥青混凝土心墙工程基座结合面处理及心墙铺筑的检测内容,确定验收指标和标准,对检测项目的检测频次做出规定。

沥青混合料在铺筑过程中除了对沥青混凝土的孔隙率和渗透系数进行检验控制外,还要对结合面、模板、温度、厚度、宽度、碾压及外观进行检验控制。

沥青混凝土孔隙率可通过三种方法获得，即芯样孔隙率、室内马歇尔试件的孔隙率和现场无损测试得到的孔隙率，三个方面的孔隙率资料可直接反应沥青混凝土的压实度。

(1) 沥青混凝土芯样的孔隙率：沥青混凝土芯样取自沥青混凝土心墙，其孔隙率更能直接反映沥青混凝土的质量，用其他手段检测沥青混凝土质量有异议时，均以沥青混凝土芯样的孔隙率作为最终结果。

(2) 马歇尔试件的孔隙率：从拌和楼或施工现场取沥青混合料，在室内标准条件下成型制备马歇尔试件，试件孔隙率可代表沥青混合料最佳密实状态，即沥青混凝土可达到的最小孔隙率，可直接反映现场沥青混合料的可压实程度。马歇尔试件的孔隙率与现场沥青混凝土的合格率存在明显的关系。即室内马歇尔试件的孔隙率越低，现场沥青混合料越容易压实，沥青混凝土合格率越高。当马歇尔试件孔隙率低于 1.5%，现场沥青混合料完全可以压实，马歇尔试件孔隙率大于 2.5%。现场沥青混凝土的压实质量就不能保证。因此，室内马歇尔试件的孔隙率，应当作为一个关键的事前控制项目加以控制。

(3) 现场无损测试的孔隙率：现场采用核子密度计测试沥青混凝土的密度，通过计算获得沥青混凝土孔隙率，其特点是方便、快速。沥青混凝土无损测试成果受到的影响因素很多，如沥青含量、矿料密度、测试时沥青混凝土温度等，测试结果必须与对应的沥青混凝土芯样检测值进行对比，找出其中的相关关系，才能准确地反应沥青混凝土质量。无损检测可以作为现场沥青混凝土孔隙率检测的主要手段。

沥青混凝土渗透系数与沥青混凝土孔隙率存在明显的关系。可以这样认为，如沥青混凝土的孔隙率满足设计要求，则其渗透系数亦能够满足设计要求。现场沥青混凝土渗透系数可采用渗气仪测试，也可以钻取芯样进行室内渗透系数测试。