ICS 93. 160
P 55

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 514—2013
替代 SD 220—87

水工沥青混凝土施工规范

Specifications for construction of hydraulic asphalt concrete

2013-09-17 发布　　2013-12-17 实施



中华人民共和国水利部　发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告
（水工沥青混凝土施工规范）

2013 年第 48 号

中华人民共和国水利部批准《水工沥青混凝土施工规范》（SL 514—2013）为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水工沥青混凝土施工规范	SL 514—2013	SD 220—87	2013.9.17	2013.12.17

水 利 部

2013 年 9 月 17 日

前　言

根据水利部2004年财政专项安排和水利标准化工作合同（水标合同字〔2004〕第026号），按照《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002）的要求，对《土石坝碾压式沥青混凝土防渗墙施工规范》（SD 220—87）（以下简称原规范）进行了修订，并将标准名称改为《水工沥青混凝土施工规范》。

原规范自1987年发布以来，为规范我国水工沥青混凝土工程施工，促进水工沥青混凝土防渗技术的发展发挥了重要作用。近年来，我国的水工沥青混凝土工程建设有了长足的发展，沥青品质和机械化施工技术水平有了很大提高。为了适应我国水工沥青混凝土工程建设的需要，并与国内相关标准相协调，同时借鉴国外技术标准，促进国内水工沥青混凝土施工技术进步，对原规范进行了修订。

本标准共11章和9个附录，主要技术内容有：总则、术语、原材料及技术要求、配合比的确定、沥青混合料的制备与运输、碾压式沥青混凝土施工、浇筑式沥青混凝土施工、沥青混凝土与刚性建筑物连接、低温施工和雨季施工、安全监测、施工质量控制等。

本次修订的主要内容有：

——扩大了规范的适用范围；

——修订了沥青原材料技术标准，增加了改性沥青技术标准；

——修订了沥青混凝土施工设备的技术要求；

——增加了浇筑式沥青混凝土施工的内容；

——附录中增加了沥青混凝土配合比和现场铺筑试验、《水工沥青混凝土试验规程》（DL/T 5362）以外的重要施工检测试验方法以及沥青混合料配合比的总量偏差

检验。

本标准为全文推荐。

本标准所替代标准的历次版本为：

SD 220—87

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部建设与管理司

本标准解释单位：水利部建设与管理司

本标准主编单位：中国水利水电科学研究院

本标准参编单位：西安理工大学

中水东北勘测设计研究有限责任公司

北京中水科海利工程技术有限公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：郝巨涛　王为标　祁世京　岳跃真

余梁蜀　王德库　孙志恒　张应波

王　琛　苏　萍　刘增宏　王文进

关遇时　张福成　杨伟才　黄　昊

黄　玮　徐铁成　李艳萍

本标准审查会议技术负责人：谢遵党

本标准体例格式审查人：陈登毅

目　　次

1　总则 …… 1
2　术语 …… 3
3　原材料及技术要求 …… 7
3.1　沥青 …… 7
3.2　骨料 …… 8
3.3　填料 …… 10
3.4　掺料及加筋网格 …… 11
4　配合比的确定 …… 12
5　沥青混合料的制备与运输 …… 13
5.1　沥青混合料拌和站的布置与设备 …… 13
5.2　沥青混合料的拌和 …… 13
5.3　沥青混合料的运输 …… 15
6　碾压式沥青混凝土施工 …… 16
6.1　一般规定 …… 16
6.2　铺筑前的准备 …… 16
6.3　面板摊铺 …… 17
6.4　面板碾压 …… 18
6.5　面板接缝与层间处理 …… 18
6.6　面板封闭层施工 …… 19
6.7　心墙摊铺 …… 20
6.8　心墙沥青混合料碾压 …… 22
6.9　心墙接缝及层面处理 …… 22
7　浇筑式沥青混凝土施工 …… 24
7.1　浇筑前的准备 …… 24
7.2　面板浇筑 …… 24
7.3　心墙浇筑 …… 25

8 沥青混凝土与刚性建筑物连接 …… 26
8.1 一般规定 …… 26
8.2 碾压式面板 …… 26
8.3 心墙 …… 27
8.4 浇筑式面板 …… 27
9 低温施工和雨季施工 …… 28
9.1 低温施工及越冬保护 …… 28
9.2 雨季施工及施工期度汛 …… 28
10 安全监测 …… 30
10.1 一般规定 …… 30
10.2 监测设施埋设 …… 30
10.3 施工期监测、保护及资料整编 …… 31
11 施工质量控制 …… 33
11.1 一般规定 …… 33
11.2 原材料检验 …… 33
11.3 沥青混合料生产检验 …… 34
11.4 面板质量检验 …… 34
11.5 心墙质量检验 …… 35
11.6 施工安全与劳动保护 …… 35
11.7 施工质量评定 …… 36
附录A 沥青、改性沥青和乳化沥青的技术要求 …… 37
附录B 沥青混凝土配合比 …… 40
附录C 浇筑式沥青混凝土黏度和分离度试验方法 …… 43
附录D 沥青混合料配合比总量偏差检验 …… 45
附录E 沥青混凝土真空渗气仪检测方法 …… 48
附录F 监测仪器耐高温检验 …… 50
附录G 沥青混凝土施工质量检验项目及要求 …… 51
附录H 沥青混凝土圆盘试验方法 …… 55
附录I 沥青混凝土斜坡稳定性检验方法 …… 57
标准用词说明 …… 59
条文说明 …… 61

1 总　　则

1.0.1 为规范水工沥青混凝土施工，促进水工沥青混凝土防渗技术的发展，保证工程建设质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于土石坝、混凝土坝、砌石坝、蓄水库（池）、渠道等水利水电工程中的碾压式和浇筑式沥青混凝土施工。在严寒、多风等特殊地区的沥青混凝土施工，可根据实际情况制定补充规定。

1.0.3 沥青混凝土施工应满足本标准的各项要求，做到技术先进、经济合理、质量可靠、安全生产、文明施工，同时还应遵守国家环境保护和劳动保护的有关规定。

1.0.4 沥青混凝土施工时的风力宜小于4级，日降雨量宜小于5mm。碾压式沥青混凝土应在非降雨（雪）时段施工。碾压式心墙施工时气温宜在0℃以上，碾压式防渗面板施工时气温宜在5℃以上。浇筑式沥青混凝土施工时气温宜不低于－20℃，日降雪量宜小于5mm。

1.0.5 沥青混凝土不宜在夜间施工。如需夜间施工，应加强照明，并确保施工人员安全和施工质量。

1.0.6 施工现场应设立试验室。在沥青混凝土正式施工前，应按本标准要求选择沥青混凝土原材料，进行室内配合比试验和现场摊铺试验、浇筑试验，以确定沥青混凝土的施工配合比和施工工艺参数，同时检验施工设备运行情况。

1.0.7 碾压式沥青混凝土应采用机械化方法施工，以确保工程质量，提高工效。局部连接部位可采用人工配合机械化方法进行施工；浇筑式沥青混凝土可采用机械化或人工方法进行施工，对于高30m以上的坝宜采用机械化方法施工。

1.0.8 水工沥青混凝土施工应积极采用经试验或实践证明为有效的新技术、新材料和新工艺。

1.0.9 本标准的引用标准主要有下列标准：

《常规控制图》（GB/T 4091）

《岩土工程仪器　振弦式传感器通用技术条件》（GB/T 13606）

《土石坝安全监测技术规范》（SL 60）

《水利水电工程施工质量检验与评定规程》（SL 176）

《表层型核子水分—密度仪现场测试规程》（SL 275.1）

《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》（SL 501）

《混凝土坝安全监测技术规范》（DL/T 5178）

《水工沥青混凝土试验规程》（DL/T 5362）

《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）

《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTJ 052）

1.0.10 沥青混凝土施工除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术　　语

2.0.1 沥青　bitumen

水工沥青混凝土所用的沥青材料主要是石油沥青，它是由原油炼制各种燃料油及润滑油后加工得到的一种石油产品，主要由沥青质、胶质和油分等组成。

2.0.2 改性沥青　modified bitumen

为改善沥青的性能，采用特殊工艺，将橡胶、树脂、高分子聚合物、天然沥青、磨细的橡胶粉、或其他改性材料掺入后制成的沥青结合料。

2.0.3 乳化沥青　emulsified bitumen；bituminous emulsion

石油沥青与水在乳化剂、稳定剂等的作用下，经机械作用制得的沥青液体，或称沥青乳液。乳化沥青有阳离子型、阴离子型及非离子型等种类。

2.0.4 稀释沥青　cutback bitumen

将石油沥青溶于石油溶剂中制得的沥青液体，主要用于表面处治。常用的石油溶剂有煤油、汽油、柴油等。

2.0.5 酸性骨料　acid aggregate

骨料化学成分中以硅、铝等亲水性矿物为主，与沥青黏结性能差，用于沥青混合料时易受水的影响而造成沥青膜剥离的骨料的统称，如花岗岩、花岗斑岩、石英岩、砂岩、片麻岩、角闪岩等。

2.0.6 矿料　mineral aggregates

包括粗骨料、细骨料和填料，其中粒径大于 2.36mm 的为粗骨料，0.075～2.36mm 的为细骨料，小于 0.075mm 的为填料。通常采用石灰石粉、水泥作填料。

2.0.7 掺料　additives

为改善沥青混凝土的性能而掺加的材料，主要有增强骨料与

沥青黏附性的抗剥离剂，改善沥青混凝土斜坡稳定性的玻璃纤维、丙烯酸纤维或纤维素等。

2.0.8 加筋网格 reinforcing geogrid

为沥青混凝土结构中配置的加筋材料，用以改善结构的抗裂性。目前主要有玻纤网格（fiberglass）和聚酯网格（polyester）。

2.0.9 沥青混合料 bituminous mixture

经过加热的矿料和沥青，按适当的配合比拌和而成的混合物称为沥青混合料。经压实或浇筑密实后的沥青混合料称为沥青混凝土（asphalt concrete）。

2.0.10 沥青玛瑞脂 asphalt mastic

由填料和热沥青按适当比例拌和而成的混合物称为沥青玛瑞脂。

2.0.11 沥青含量 bitumen content

表示沥青混合料中沥青含量的方法有两种。第一种为沥青含量，即沥青质量与沥青混合料总质量的比值，以百分数（%）或（%m）表示。第二种为油石比，即沥青质量与矿料总质量的比值，以百分数（%pha）表示。本标准采用第一种表示方法。

2.0.12 沥青混凝土面板 asphalt concrete facing

为设置在水工建筑物表面进行防渗的沥青混凝土结构，这些水工建筑物主要包括土石坝、混凝土坝、砌石坝、蓄水库（池）、渠道等。

2.0.13 面板垫层（下卧层）cushion layer（subgrade）

设置在沥青混凝土面板下的碎石体，主要起基础整平、排水和支承作用。

2.0.14 整平胶结层 levelling and binder layer

垫层上铺设的孔隙率较大的沥青混凝土层，用于基础整平，改善沥青混凝土与垫层之间的连接。整平胶结层的孔隙率一般为10%～15%。

2.0.15 防渗层 impervious layer

位于整平胶结层或排水层上、用于防渗的沥青混凝土层，其

孔隙率小于3%。

2.0.16 排水层 drainage layer

复式结构中位于两个防渗层之间、用于排水的沥青混凝土层。排水层的孔隙率一般为15%～25%。

2.0.17 封闭层 seal coat

封闭层涂刷在防渗层表面，用于封闭孔隙，延缓防渗层老化。封闭层材料多采用沥青玛琋脂，也有的采用稀浆涂料。

2.0.18 涂层 tack coat

喷涂（或涂刷）在结构物表面，起黏结或胶结稳定作用。涂层材料可为稀释沥青、乳化沥青或热沥青等，结构物可为沥青混凝土表面、水泥混凝土表面、碎石垫层表面、土质材料表面等。

2.0.19 沥青混凝土心墙 asphalt concrete core

设置在土石坝坝体内部进行防渗的沥青混凝土结构。

2.0.20 心墙过渡区 core transition zones

设置在沥青混凝土心墙两侧与坝壳之间的填筑带，主要起变形过渡和排水作用。

2.0.21 间歇式拌和站 batch mixing plant

该种拌和站中，矿料的加热以及与热沥青的拌和在不同的设备中进行。粒径分级的冷骨料在烘干筒中烘干、加热，经二次筛分、储存并分别累计计量后，与单独计量的填料和单独计量的热沥青，按比例在强制搅拌机中分盘搅拌，制成沥青混合料。间歇式拌和站的配料精度较高。

2.0.22 连续式拌和站 drum mixing plant

矿料的加热以及与热沥青的拌和在同一滚筒中进行，搅拌为自落非强制式。粒径分级的冷矿料由各自的配料装置给料至称重皮带输送机，送至烘干筒中烘干、加热后，与单独计量的热沥青在筒中连续搅拌成沥青混合料。连续式拌和站的配料精度较低。

2.0.23 拌和温度 batch temperature

为沥青混合料拌和时的温度。一般采用出机口温度作为拌和温度。

2.0.24 预压实系数 pre－compaction coefficient

用于衡量摊铺机的预压实效果，等于振动碾压实后的厚度与摊铺机的摊铺厚度之比，用百分数表示。

2.0.25 冷接缝 cold seam

冷接缝是指沥青混凝土温度已降低到80℃以下的先行摊铺条块和后续摊铺条块之间的接缝。

2.0.26 刀式振捣器 blade vibrator

振捣式沥青混凝土施工中，使沥青混合料密实的专用器具，由振动器与刀板（钢板片）组成，通过刀板将振动传递给沥青混合料使其密实。

3 原材料及技术要求

3.1 沥　　青

3.1.1 沥青混凝土中使用的沥青品种和沥青标号应根据设计要求通过试验确定。普通沥青和改性沥青的质量应满足附录A规定的技术要求。

3.1.2 对于碾压式沥青混凝土防渗面板，在确保斜坡热稳定性的前提下，沥青混凝土宜采用较高标号的沥青。

3.1.3 浇筑式沥青混凝土可采用较低标号（50号或70号）的沥青。

3.1.4 沥青的运输和保管应遵守下列规定：

1 按不同产地、品种、标号、批次分别储存，防止混杂，先到先用。

2 桶装沥青应堆放整齐，防止装卸时碰坏铁桶；若发现漏桶，应及时采取措施，防止沥青外流，并尽先使用。对混入土块等杂质的外流沥青不应使用。

3 罐装沥青的储存和运输设备应有加热设施。连续施工时，沥青在储存罐中的温度不宜低于130℃，以缩短次日施工前的沥青加热时间；节假日不施工时，温度不应高于140℃，以防沥青老化。

4 袋装沥青的存放应有防雨设施，并应避免混入杂物。沥青包装袋应在沥青加热过程中完全熔化，不应堵塞沥青管道，并不应对沥青性能产生不利影响。不满足这一要求的袋装沥青不应使用。

5 堆放场地宜靠近沥青混合料拌和站，并应注意防火、防洪，同时应避免杂质混入和水分浸入。

3.1.5 乳化沥青宜选用阳离子乳化沥青，其技术指标应符合附录A的规定。可选用商品乳化沥青，亦可现场生产，其原材料

和配合比应通过试验确定。

3.1.6 乳化沥青宜在罐中存放，并保持适当搅拌。储存时应防止水分蒸发和杂质混入。储存期限不宜过长，并不应超过厂家规定，以确保不离析、不冻结、不破乳。破乳的乳化沥青不应使用。

3.1.7 稀释沥青宜采用针入度较大的石油沥青。使用前应按先加热沥青后加稀释剂的顺序，掺配煤油、汽油或轻柴油等有机溶剂，经适当的搅拌、稀释配制。配制比例宜为石油沥青30%～40%，溶剂60%～70%。

3.1.8 配制稀释沥青应在通风良好的地方进行，应注意防火和人身防护，并加强通风。

3.2 骨　　料

3.2.1 骨料应根据保证质量、经济合理的原则选择。

3.2.2 粗骨料宜采用人工碎石。若采用天然砾石（卵石）作为粗骨料，应通过试验论证后，方可使用。

3.2.3 粗骨料宜采用碱性岩石（石灰岩、白云岩等）。当采用酸性岩石时，应进行试验论证，必要时可采取措施改善骨料与沥青的黏附性。

3.2.4 防渗沥青混凝土粗骨料的最大粒径不应超过压实后的沥青混凝土层厚度的1/3，且不应大于19mm；对非防渗沥青混凝土，不应超过层厚的1/2，且不应大于26.5mm。骨料粒径尺寸应以方孔筛筛孔尺寸测量。

3.2.5 粗骨料可根据其最大粒径分成2～4级进行配料。在施工过程中，应注意保持粗骨料级配的稳定。

3.2.6 粗骨料应洁净、质地坚硬，不因加热引起性质变化，不应使用风化岩石加工。粗骨料的质量应符合表3.2.6的要求。

3.2.7 细骨料可采用人工砂和天然砂。人工砂宜采用碱性岩石加工。人工砂可单独使用或与天然砂混合使用。细骨料的质量应符合表3.2.7的要求。加工碎石筛余的石屑应充分利用。

表 3.2.6　沥青混合料粗骨料质量技术要求

指　　标		单位	技术要求	试验方法
超逊径率	超径	%	≤5	8.1
	逊径	%	≤10	8.1
表观密度		g/cm³	≥2.6	8.2
吸水率		%	≤2	8.2
含泥量		%	≤0.5	8.4
针片状颗粒含量		%	≤25	8.6
压碎率		%	≤30	8.7
坚固性		%	≤12	8.8
与沥青的黏附性		级	≥4	8.9

注 1：试验方法按照 DL/T 5362 规定的方法执行，表中试验方法一栏所列数字为该试验规程中的章节号。

注 2：超径率为相对于骨料最大粒径的超径率，逊径率为相对于 2.36mm 粒径的逊径率。当进行粗骨料各粒径组的检验时，没有超径率要求。

表 3.2.7　沥青混合料细骨料质量技术要求

指　标	单　位	技术要求	试验方法
超径率	%	≤5	7.1
表观密度	g/cm³	≥2.55	7.2
吸水率	%	≤2	7.2
含泥量	%	≤2	7.4
坚固性	%	≤15	7.5（硫酸钠溶液法）
有机质含量	—	浅于标准色	7.7
水稳定等级	级	≥6	7.8

注 1：试验方法按照 DL/T 5362 规定的方法执行，表中试验方法一栏所列数字为该试验规程中的章节号。

注 2：本表超径率为相对于 2.36mm 粒径的超径率。

3.2.8　骨料的堆存应满足下列规定：

1　堆料场位置应选在洪水位以上、便于装卸处，并宜靠近沥青混合料拌和站。

2　堆存场地应进行平整，对松软地面还应压实，做到排水通畅。

3　砂和不同粒径组的碎石应分别堆存，并用隔墙分开，防止混杂。

4　细骨料的储存宜有防雨设施，以防含水率过大。

5　堆存时，应防止骨料粒径分离。

3.3　填　　料

3.3.1　填料宜采用石灰岩、大理岩、白云岩等碳酸岩石加工，料源中的泥土、杂质应清除干净。通过试验论证，填料也可采用水泥、滑石粉等材料。

3.3.2　填料应不含泥土、有机质和其他杂质，无团粒结块，其质量应符合表 3.3.2 的要求。

表 3.3.2　沥青混合料用填料质量技术要求

项　　目		技术要求	试验方法
密度（g/cm³）		≥2.5	6.3
含水率（%）		≤0.5	6.4
细度（%）	<0.6mm	100	6.2
	<0.15mm	>90	
	<0.075mm	>85	
亲水系数		≤1.0	6.5
注：试验方法按照 DL/T 5362 规定的方法执行，表中试验方法一栏所列数字为该试验规程中的章节号。			

3.3.3　填料的堆存应防雨防潮，并防止杂物混入。散装填料应采用罐装储存，袋装填料应存入库房，堆高不宜超过 1.5m，距地面、边墙不应少于 30cm。

3.3.4　拌和站的回收矿粉可作为填料的一部分使用，实际掺用量应以沥青混凝土质量是否满足技术要求确定。

3.4 掺料及加筋网格

3.4.1 为改善沥青混凝土性能，可根据设计要求选用掺料。掺料的最优用量应根据掺料的性质和沥青混凝土的技术要求，通过试验确定。掺料宜采用工业产品，其质量应符合相应的技术标准。

3.4.2 掺料如为矿质粉状材料，其细度应符合 3.3.2 条规定的粒度范围要求。

3.4.3 采用纤维作掺料时，宜选用木质素纤维、矿物纤维等。木质素纤维的质量应符合表 3.4.3 的要求。

表 3.4.3 木质素纤维质量技术要求

项 目	指标	试验方法
纤维长度（mm）	≤6	水溶液用显微镜观测
灰分含量（%）	18±5	高温 590～600℃燃烧后测定残留物
pH 值	7.5±1.0	水溶液用 pH 试纸或 pH 计测定
吸油率，不小于	纤维质量的 5 倍	用煤油浸泡后放在筛上经振敲后称量
含水率（以质量计）（%）	≤5	105℃烘箱烘 2h 后冷却称量

3.4.4 纤维应在 210℃的干拌温度下不变质、不发脆，并应符合环保要求，不危害操作人员的健康。在混合料拌和过程中，纤维应能充分分散均匀。

3.4.5 矿物纤维宜采用玄武岩等矿石制造，且不应使用石棉纤维。

3.4.6 纤维应存放在室内或有棚盖的地方，松散纤维在运输及使用过程中应避免受潮，不结团。

3.4.7 为改善沥青混凝土结构的抗裂性能，可根据设计要求选用玻纤网格或聚酯网格等作为加强材料。

4 配合比的确定

4.0.1 进行室内配合比试验时，应根据设计技术要求，采用现场原材料进行试验。室内配合比的确定方法见附录B中B.2。

4.0.2 施工配合比应满足设计技术要求，并应由现场摊铺或浇筑试验确定，试验应采用到场原材料、施工设备和初选的施工工艺参数进行。现场摊铺或浇筑试验方法见附录B中B.3。

4.0.3 施工中应严格执行施工配合比。当原材料变化较大时，经重新进行现场摊铺或浇筑试验论证后，可对施工配合比进行适当调整。

4.0.4 浇筑式沥青混凝土配合比应满足可施工性要求，在150℃下的黏度应小于1.0×10^{4}Pa·s，浇筑后的分离度应小于1.05。黏度和分离度试验方法见附录C。

5 沥青混合料的制备与运输

5.1 沥青混合料拌和站的布置与设备

5.1.1 沥青混合料宜采用定型的拌和站生产。拌和站位置的选择应遵循下列原则：

1 宜靠近摊铺现场，以缩短运输距离。

2 在工程爆破危险区之外。

3 不受洪水威胁，场地排水条件良好。

4 场地应平整、坚实，应不影响拌和站设备的正常运行。

5 应满足环保要求，远离作业区、生活区，并位于生活区的下风处。

5.1.2 沥青混合料拌和站宜选用间歇式。拌和站的生产能力，应满足铺筑高峰强度的要求。拌和站宜设置体积合适、保温性能好的沥青混合料储料仓，以满足拌和站连续运行的要求。间歇式拌和站的矿料料斗数目应满足配合比调配的需要，冷料仓不宜少于5个，热料仓不宜少于4个。

5.1.3 小型工程施工可选用非定型拌和站配合人工方式生产，但应满足质量和生产能力要求。

5.1.4 拌和站的各种传感器应定期检定。冷料供料装置应标定出供料曲线。

5.1.5 间歇式拌和站应配备计算机设备，拌和过程中应能逐盘记录各种原材料的进料量、拌和温度等参数。

5.1.6 拌和站宜具有二级除尘装置，并配有除尘料的储存和传输设备，以控制粉尘排放，并可使除尘料作为填料重新利用。

5.2 沥青混合料的拌和

5.2.1 沥青混合料的加热温度可参照表5.2.1的规定，并可根据实际情况进行适当调整。填料可不加热。

表 5.2.1　沥青混合料的加热温度

加热工序	石油沥青标号			
	50	70	90	110
沥青加热温度（℃）	160～170	155～165	150～160	145～155
骨料加热温度（℃）	比沥青加热温度高 10～20			
沥青混合料出料温度（℃）	160～180	155～175	150～170	145～165

5.2.2　聚合物改性沥青混合料的加热温度参照改性沥青的黏度确定。宜较相应标号普通沥青混合料的加工温度提高 10～20℃。

5.2.3　工地试验室应根据施工配合比和拌和站每个热料仓的筛分曲线，确定一盘沥青混合料各料仓的矿料用量，并签发配料单。

5.2.4　拌和站每天宜进行下面三类检验。当配合比偏差不满足表 5.2.4 的规定时，应分析原因，并采取措施予以纠正。

1　逐盘记录各热料仓的称量值，根据各热料仓的筛分曲线，逐盘计算出矿料级配曲线，并与施工配合比进行对比，计算出不同粒径组的偏差。当发现有偏差值不满足表 5.2.4 的规定时，应引起注意；如果连续 3 盘以上都不满足要求，宜对设备配料设定值或配料单进行调整，或停机查找分析原因。

2　每天对沥青混合料至少进行 1 次抽提试验，将抽提结果的平均值与施工配合比进行比较，其允许偏差见表 5.2.4。抽提试样可在拌和站多时段取样并混合均匀。

3　每天或每个台班结束时，可按照附录 D 的方法进行总量偏差检验，并将结果与施工配合比进行比较，其偏差应满足表 5.2.4 的规定。

表 5.2.4　配合比允许偏差

检验类别		沥青	填料	细骨料	粗骨料
允许偏差（%）	逐盘、抽提	±0.3	±2.0	±4.0	±5.0
	总量	±0.1	±1.0	±2.0	±2.0

5.2.5 拌制沥青混合料时，应先将骨料和填料干拌 15s，再加入热沥青拌和。沥青混合料的拌和时间应不少于 45s。掺加纤维时，纤维的投放顺序应在骨料与填料之间，以利于纤维分散。沥青混合料应色泽均匀，不离析，无花白料。

5.2.6 沥青混合料制备的加工操作应满足设备作业指导书的要求。

5.3 沥青混合料的运输

5.3.1 沥青混合料运输车辆、斜坡喂料车的容积应与摊铺机的容积配套，运输车辆数量应满足摊铺机摊铺作业的需要。

5.3.2 料场及场内道路应进行处理并及时维护，确保道路平整，防止沥青混合料在运输过程中因过度颠簸造成离析。

5.3.3 沥青混合料在运输途中应防止漏料，并减少热量损失，必要时可采取保温措施。

5.3.4 沥青混合料的运输车箱应保持干净、干燥。车辆需在沥青混凝土面行走时，轮胎应清理干净。

5.3.5 各种运输机具在转运或卸料时宜降低沥青混合料的落差，防止沥青混合料离析。

5.3.6 浇筑式沥青混合料宜采用保温料罐运输。

5.3.7 浇筑式沥青混合料在运输过程中应采取措施，防止产生骨料离析。

5.3.8 运送沥青混合料的车厢、料罐、料斗等可适当涂刷、喷洒防黏液。

6 碾压式沥青混凝土施工

6.1 一 般 规 定

6.1.1 沥青混凝土铺筑前，应确定施工配合比，并确定施工技术标准。

6.1.2 沥青混凝土铺筑前，应对矿料生产及储存系统、原材料供应、沥青混合料制备、运输、铺筑和检测等设备的能力、状况以及施工措施等进行检验，当其符合有关技术文件要求后，方能开始施工。

6.1.3 沥青混凝土铺筑前，应对参与施工的人员进行岗位培训，未经培训不应上岗。每天施工前应有施工计划和作业指导书，并落实到施工班组和设备操作人员。

6.1.4 沥青混凝土与水泥混凝土连接部位的施工应按设计要求进行。

6.2 铺 筑 前 的 准 备

6.2.1 在基面喷洒乳化沥青前，应按设计要求对基面进行整修和压实。对土质基面应喷洒除草剂，其喷洒时间和喷洒量应通过试验确定。

6.2.2 斜坡垫层应满足施工人员和摊铺机的行走以及施工期间的排水要求。垫层应采用满足设计要求的级配碎石或砂砾石铺筑，最大粒径应不大于80mm。

6.2.3 垫层坡面应平整，在3m长度范围内，碎石垫层不平整度宜不大于20～40mm。

6.2.4 碎石垫层可先按设计要求的颗粒级配分层填筑压实，然后用振动碾顺坡碾压，上行振动，下行不振。碾压遍数按设计的密实度应通过碾压试验确定。

6.2.5 铺筑沥青混合料前，应先在垫层表面喷洒一层乳化沥青，

待乳化沥青干燥后，再铺筑沥青混合料。乳化沥青宜用阳离子型乳化沥青，其用量对碎石垫层可为 2～3kg/m^2。乳化沥青干燥后应及时铺筑沥青混凝土，以防灰尘污染。

6.2.6 心墙底部的混凝土基座应按设计要求施工，经验收合格后方可进行沥青混凝土施工。

6.2.7 坝基防渗工程，除在廊道内进行的帷幕灌浆外，应在沥青混凝土施工前完成。

6.3 面板摊铺

6.3.1 坡面摊铺时，摊铺能力应满足工程进度的要求，且宜全长一次连续进行。斜坡长度大于 120m 时，可采用分级摊铺。平面摊铺时，宜采用减少冷缝的分段摊铺方式。

6.3.2 摊铺机应配备振动熨平压实器，预压实系数宜不小于 85%。摊铺机宜具有变宽度摊铺功能。斜坡上的运料、摊铺、碾压机械应采用可移式卷扬台车牵引。

6.3.3 沥青混凝土面板应按设计的层次，沿垂直坝轴线方向依摊铺宽度分成条幅，自下而上摊铺。摊铺宽度宜为 3～5m。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。

6.3.4 沥青混合料的摊铺厚度和摊铺温度应确保压实质量满足设计要求，并应根据现场摊铺试验确定。

6.3.5 面板各结构层的接缝应相互错开。当防渗层厚度不大于 10cm 时，宜采用单层铺筑。采用分层铺设时，上下层接缝也应相互错开。水平缝的错距应大于 1m，顺坡纵缝的错距宜为条幅宽度的 1/3～1/2。

6.3.6 面板周边、死角、靠近坝顶等机械施工无法到达的特殊部位采用人工铺筑时，应保证混合料满足铺筑温度、厚度、平整度、均匀性的要求。人工铺料时应采用平耙，不应用铁锹抛洒，防止温度散失。

6.3.7 面板曲面宜用带有可伸缩熨平器的摊铺机摊铺。采用定

宽度熨平器摊铺机摊铺时，宜减少人工摊铺工作量。

6.3.8 铺筑复式断面的排水层宜先分区铺筑排水沥青混合料，再用防渗沥青混合料铺筑预留的隔水带。隔水带可视其设计宽度采用机械或人工摊铺。

6.4 面板碾压

6.4.1 沥青混合料经摊铺机摊铺和预压实后，应适时采用振动碾进行碾压，以达到最佳压实效果。振动碾应能在有牵引下斜坡碾压，并能向碾轮洒水。对接缝部位，宜采用小型压实设备紧跟在摊铺机后压实接缝。

6.4.2 斜坡碾压时，振动碾应上行振动，下行不振动。也可在振动压实前先静碾 1～2 遍。碾压时可在碾轮上适量洒水，防止粘碾。碾压参数应与摊铺试验确定的参数一致。

6.4.3 应在合适的温度下压实沥青混合料，碾压温度应根据现场摊铺试验确定，防渗层碾压温度也可按沥青的针入度按表 6.4.3 选用，气温低时，选用大值。整平胶结层或排水层的碾压温度可比防渗层低 15～20℃。

表 6.4.3 防渗层碾压温度参考值

项目		石油沥青标号		
		70	90	110
碾压温度（℃）	正常值	150～140	145～135	140～130
	不低于	100	95	90

6.5 面板接缝与层间处理

6.5.1 防渗层的施工接缝是面板的薄弱部位，在铺设时宜加大条幅宽度和长度，减少纵、横接缝。

6.5.2 防渗层的施工接缝应采用斜面平接，斜面坡度宜为 45°。摊铺机宜设置压边器。摊铺时应对条幅边缘进行修整，人工去除边缘的松散部分。施工接缝处及碾压带之间，应重叠碾压 10～

15cm。当先铺条幅温度低于80℃时，接缝应按冷缝处理。

6.5.3 整平胶结层和排水层的施工接缝可不作处理。

6.5.4 对防渗层的冷接缝应按下列规定处理：

1 在冷缝表面涂刷热沥青，经远红外线加热器加热缝面后进行摊铺。摊铺后应及时碾压接缝部位。

2 当采用本条1款的方法冷接缝不能满足密实度要求时，应在摊铺碾压结束后对冷接缝进行后处理。进行后处理时，可用远红外加热器加热接缝表面，随后用加热振动夯锤击实接缝。

6.5.5 使用加热器加热接缝缝面时，应严格控制加热温度和加热时间，接缝表面温度应控制在90～110℃，防止因温度过高导致沥青老化。摊铺机因故停止摊铺时，应及时关闭接缝加热器。不应用明火加热缝面。

6.5.6 应用真空渗气仪检验防渗层的施工接缝。检验不合格时，应用加热器加热后再用小型压实机具压实。如仍不合格，应将该部位挖除，置换新的沥青混合料进行处理，直至合格为止。沥青混凝土真空渗气仪检测方法见附录E。

6.5.7 防渗层分层施工时，下层层面应干燥、洁净。局部不洁净处可喷涂乳化沥青处理，且仅当乳化沥青干燥后才能铺筑上层沥青混合料。

6.5.8 采用网格加强的接缝，应确保网格固定可靠，防止摊铺机沿网格层面滑动。采用红外线加热器加热接缝缝面时，应防止加热器烤坏加筋网格。

6.5.9 沥青混凝土面板钻孔取芯后，留下的孔洞内应清理干净，并抹干烘干，加热到70℃，然后分5cm一层回填击实。

6.6 面板封闭层施工

6.6.1 封闭层材料应满足夏季高温不流淌、冬季低温不脆裂、运行期不剥落的要求。

6.6.2 采用沥青玛琋脂封闭层时，沥青玛琋脂宜采用机械拌制，搅拌均匀，随拌随用。出料温度可控制在180～200℃。

6.6.3 涂刷封闭层前，基面应干净、干燥。局部污染而清理不净的部分，应喷涂一遍乳化沥青，并应在乳化沥青充分干燥后涂刷封闭层。

6.6.4 封闭层材料在运输过程中应防止填料沉淀。封闭层宜采用专用涂刷机沿坝坡分条涂刷，涂刷温度宜在170℃以上。为防止涂刷过厚造成流淌，涂刷厚度应不超过2mm。涂刷后如发现有鼓泡或脱皮等缺陷时应清理重涂。

6.6.5 涂刷好的封闭层表面，禁止人机行走，以防止破坏封闭层。

6.7 心墙摊铺

6.7.1 沥青混凝土心墙、过渡层以及与过渡层相邻的坝壳料应平起平压，均衡施工，以保证压实质量。心墙与过渡层同相邻坝壳填筑料的高差宜不大于80cm。

6.7.2 心墙摊铺宜采用将心墙和过渡料一同摊铺的联合摊铺机，摊铺机宜有预压实功能，摊铺速度宜为1～3m/min，或由现场摊铺试验确定。专用机械难以铺筑的部位或小型工程在缺乏专用机械时可采用人工摊铺，用小型机械压实，但应加强检查，注意压实质量。

6.7.3 沥青混合料的施工机具应及时清理，经常保持干净。施工中，应防止柴油类防黏液污染摊铺层面。

6.7.4 连续施工时，一日宜铺筑1～2层沥青混凝土。如需多层铺筑，应进行场外试验论证，并确保压实质量和心墙尺寸满足设计要求。

6.7.5 在施工现场，心墙中心线应有明确的标识。

6.7.6 心墙的人工摊铺段，宜采用钢模板进行施工。钢模板应牢固，拼接严密，尺寸准确。钢模板间的中心线距心墙中心线的偏差应小于5mm，两侧钢模板的间距应确保心墙的设计厚度。钢模板经定位检查合格后，方可填筑两侧的过渡料。

6.7.7 机械摊铺时，施工前应调整摊铺机自带的钢模板宽度以

满足设计要求。

6.7.8 过渡层的填筑尺寸、填筑材料以及压实质量等均应符合设计要求。

6.7.9 人工摊铺过渡料时，填筑前应用防雨布等遮盖心墙表面，遮盖宽度应超出两侧模板 300mm 以上。

6.7.10 心墙两侧的过渡层铺筑应对称进行，并用小型振动碾同时对称压实，以免钢模移动。距心墙边缘 150～200mm 范围内的过渡料应先不碾压，待心墙碾压后温度降至 70℃时再碾压，或与心墙骑缝碾压。碾压遍数应通过试验确定。

6.7.11 过渡层材料的运输宜采用自卸汽车，自卸汽车的容积应考虑过渡层结构及薄层铺筑的特性，其运输能力应与铺筑强度相适应。

6.7.12 心墙两侧过渡料压实后的高程应略低于心墙沥青混凝土面，以利于心墙层面排水。

6.7.13 沥青混合料摊铺厚度宜不大于 28cm 或由摊铺试验确定。平整度应满足设计要求。

6.7.14 基础混凝土面上的摊铺宜在午后较高气温时进行。人工摊铺时卸料宜均匀，以减少平仓工作量。平仓时应避免沥青混合料分离。

6.7.15 机械摊铺时应经常检测和校正摊铺机的控制系统。每次铺筑前，应按设计和施工要求调校铺筑宽度、厚度等相关参数，防止“超铺”、“漏铺”和“欠铺”现象。

6.7.16 机械摊铺时，应确保激光定位仪在整个摊铺过程中稳定不动，以保证过渡料及沥青混合料摊铺平整。

6.7.17 沥青混合料的入仓温度应根据不同环境温度通过试验确定，宜为 140～165℃。

6.7.18 在沥青混合料摊铺过程中应随时检测沥青混合料的温度，发现温度不合格的料应及时清除。清除废料时，应防止对下部沥青混凝土的扰动和破坏。

6.7.19 沥青混合料摊铺后宜用帆布覆盖，覆盖宽度应超出心墙

两侧各 30cm。

6.8 心墙沥青混合料碾压

6.8.1 沥青混合料碾压宜采用 1.0～1.5t 振动碾，过渡层碾压宜采用 2.0～2.5t 振动碾。沥青混合料与过渡料的碾压设备不宜混用。

6.8.2 碾压时，可先静压两遍，再振动碾压，最后静压收光。碾压遍数应通过试验确定。

6.8.3 沥青混合料的碾压温度应考虑施工时的气候条件，按试验确定。初碾温度不宜低于 130℃，终碾温度不宜低于 110℃。

6.8.4 碾压轮宽度大于心墙宽度时，可采用振动碾在帆布上进行碾压，并应随时将帆布展平。沥青混凝土心墙宽度大于振动碾宽度时，应采用错位碾压方式。碾压遍数应合适，不欠碾，不过碾。

6.8.5 机械设备碾压不到的边角和斜坡处，应采用人工夯或振动夯板夯实。

6.8.6 碾压时应防止沥青混合料粘在碾面上，可在碾面微量连续洒水防粘。碾面上的粘附物应及时清理。碾压时如发生陷碾，应将陷碾部位的沥青混合料清除，并回填新的沥青混合料。

6.8.7 碾压施工过程中，不应将柴油或油水混合液直接撒在层面上。受污染的沥青混合料应予清除。

6.8.8 施工遇雨时，应及时用防雨布覆盖沥青混合料，并停止施工。未经压实受雨、浸水的沥青混合料，应予铲除。

6.8.9 碾压过程中应及时清除仓面上的污物和冷料块，并用小铲将嵌入沥青混凝土心墙的砾石清除。

6.8.10 心墙铺筑后，在心墙两侧 3～4m 范围内，不应有 10t 以上的机械作业。各种机械不应直接跨越心墙。

6.9 心墙接缝及层面处理

6.9.1 在已压实的心墙施工面上继续铺筑前，应将施工面清理

干净。当心墙层面温度低于70℃时，摊铺覆盖前宜将层面加热至70℃以上。

6.9.2 沥青混凝土心墙宜全线保持同一高程施工，以避免出现横缝。当需设置横缝时，其结合坡度宜不陡于1∶3，坡面应压实。上、下层横缝应错开2m以上。未经压实的横缝斜坡应予铲除。

6.9.3 沥青混凝土表面不宜长时间停歇、暴露，因故停工、停歇时间较长时，应采取覆盖保护措施。

6.9.4 沥青混凝土心墙钻孔取芯后，留下的孔洞内应清理干净，并抹干烘干，加热到70℃，然后分5cm一层回填击实。

7 浇筑式沥青混凝土施工

7.1 浇筑前的准备

7.1.1 沥青混凝土浇筑施工应满足6.1节的一般规定要求。

7.1.2 预制钢筋混凝土护面板应按设计要求在预制场地制作。护面板挂环和吊环的位置及预制板尺寸的允许偏差为±5mm。护面板强度达75%以上时方可移动堆放。护面板内侧表面应除去浮浆、杂质，涂刷0.15～0.20kg/m^{2}的稀释沥青，并干燥。稀释沥青的干燥时间应通过现场试验确定。

7.1.3 在护面板安装前，应用钢刷刷净上游坝面。坝面凸出部位应凿平和清理，蜂窝麻面应凿去松动部分，并回填水泥砂浆。潮湿坝面应用红外线加热器或喷灯烘干。在坝面干燥的条件下，涂刷0.15～0.20kg/m^{2}稀释沥青，并干燥。稀释沥青的干燥时间应通过现场试验确定。

7.1.4 护面板的锚筋可在坝面施工时预埋或在坝面钻孔埋设，孔深可为40～50cm。护面板安装时应将其底侧和左、右侧企口对接，并将护面板上的挂环与锚筋连结或焊接。护面板企口接缝内侧应涂稀释沥青，外侧用水泥砂浆勾缝。勾缝时，灰浆不应散入坝面与护面板间的空腔内。

7.1.5 浇筑式沥青混凝土心墙施工，宜采用钢模板法或摊铺机法。低坝也可采用沥青砂浆砌筑混凝土预制块法。对流动性小的沥青混合料，也可采用振捣法施工。

7.1.6 坝基防渗工程应在沥青混凝土施工前完成，以减少施工干扰。心墙浇筑前，应对混凝土基座、岸坡的施工质量进行中间验收，经验收合格后方可进行沥青混凝土施工。

7.2 面板浇筑

7.2.1 浇筑式沥青混凝土应满足设计要求，其黏度和离析度应

满足 4.0.4 条规定的可施工性要求。

7.2.2 沥青混凝土连续浇筑时，层面可不加热。在严寒季节，对已冷却的层面宜适当加热。

7.2.3 沥青混合料的浇筑可采用保温罐、配合缆机或汽车吊进行，也可采用大坝上游面设脚手架、配合溜槽进行浇筑。各设备之间应配套。

7.2.4 沥青混合料的浇筑温度宜不低于 150℃，严寒季节宜不低于 170℃。浇筑时，不应集中一处进料。每层浇筑高度可为 20～30cm，浇筑后用捣棒插捣，深度达下层表面，直至无气泡排出、表面泛油为止。

7.2.5 每层沥青混合料应连续浇筑。如需分段浇筑时，应在分段处空腔内设置钢挡板，坡度为 1∶3。在浇筑下段时，应预热后拆除钢挡板。

7.2.6 在面板周边部位应预热边角，分层浇筑插捣沥青混合料。

7.3 心墙浇筑

7.3.1 浇筑前应将沥青混凝土面清理干净。浇筑应沿心墙均匀进料，每层浇筑高度宜为 20～50cm，边浇筑边用捣棒插捣边部。

7.3.2 浇筑温度可为 150～160℃。宜减少横向接缝，且上下层横向接缝应相互错开。

7.3.3 过渡层填筑前，应将沥青混凝土心墙表面用帆布覆盖，防止污染心墙层面。

7.3.4 在严寒条件下心墙停工时，应对心墙采取保温防裂措施。

8 沥青混凝土与刚性建筑物连接

8.1 一 般 规 定

8.1.1 沥青混凝土与混凝土趾板、趾墙、截水墙、坝顶防浪墙、进水塔等刚性建筑物的连接是整个防渗系统的薄弱环节，应确保施工质量。

8.1.2 连接部位使用的施工材料应经质量检验合格后方能使用。

8.1.3 连接部位施工前宜进行现场铺筑试验，确定合理的施工工艺和质量标准。

8.1.4 连接部位的混凝土面应平整，没有麻面和外露钢筋头。施工前，应除去混凝土表面的浮浆、乳皮、废渣等，然后宜喷涂一层稀释沥青，用量为0.15～0.20kg/m^2。潮湿部位的混凝土在喷涂前应将表面烘干。

8.1.5 连接部位采用金属止水片或耐热橡胶止水板止水时，止水片、板的连接应可靠，确保不漏水。止水片、板表面应采取措施，以确保与沥青混凝土粘结、不漏水。

8.2 碾 压 式 面 板

8.2.1 面板与岸坡连接周边轮廓线宜保持平顺，应避免出现突变或倒悬，以利于施工。

8.2.2 面板与刚性建筑物的连接部位可留出一定的施工宽度，其施工可安排在面板铺筑后进行。应将先铺筑的各层沥青混凝土做成阶梯状，并应满足6.3.5条规定的接缝错距要求。

8.2.3 连接部位施工完毕需补做基础灌浆时，应严格控制灌浆压力，防止接头破坏。

8.2.4 面板连接部位采用楔形体时，应防止斜坡流淌。楔形体沥青混凝土应薄层铺筑，采用小型振动压实设备压实。铺筑上一层时，应待下层沥青混凝土冷却后再进行。

8.2.5 有滑动要求的接头，应在混凝土连接墙表面铺设满足设计要求的塑性密封垫层材料。塑性密封垫层材料的铺设应按照设计要求的工艺进行。

8.2.6 连接部位采用网格加强时，网格的搭接长度应为10～20cm。网格应铺平、拉紧，并按要求固定。网格下不应有石块、沥青混凝土碎块，以防破坏网格。

8.3 心　　墙

8.3.1 连接部位的混凝土表面宜涂刷稀释沥青，待其干燥后，再涂刷一层沥青玛瑞脂，或铺筑厚约1～2cm的沥青砂浆垫层。

8.3.2 心墙的岸坡连接部位应减小沥青混凝土铺筑厚度，采用小型设备压实或振捣密实。

8.4 浇筑式面板

8.4.1 浇筑式面板可直接坐落在岩基或水泥混凝土基座上，止水片一侧埋入基岩或基座内，另一侧浇入面板内。防渗要求较高时，可设置截渗槽和止水片。

8.4.2 浇筑式面板顶部宜采用水泥砂浆封闭。沥青混凝土防渗面板临空底面和侧面可用L形钢筋混凝土护面板封闭。

8.4.3 在混凝土坝上游面的永久性横缝部位，应待横缝处理好后，再安装钢筋混凝土护面板和浇筑沥青混凝土面板。

9 低温施工和雨季施工

9.1 低温施工及越冬保护

9.1.1 当气温在0℃以下进行碾压式沥青混凝土心墙施工时，应采取下列措施：

1 沥青混合料的出机温度采用上限。

2 施工机具上涂刷的防黏液，宜采用轻柴油。

3 沥青混合料的储运设备和摊铺机等应增设保温措施。

4 施工现场准备必要的加热设备，确保沥青混凝土层间结合质量。

5 各工序应紧密衔接，及时拌和、运输、摊铺、碾压，以缩短作业时间。

6 宜缩短碾压段长度，摊铺后及时碾压。宜用帆布铺盖沥青混凝土表面后再碾压。

7 在寒冷地区，碾压结束后宜在沥青混凝土表面加设保温罩等。

8 可搭设暖棚施工。

9.1.2 当天气预报有降温、降雪或大风时，应及早做好停工安排及防护措施。

9.1.3 寒冷地区面板的非防渗沥青混凝土层不宜裸露越冬，以防水分进入引起冻胀破坏。

9.1.4 寒冷地区的心墙在冬季停工时，可用砂料等保温材料覆盖防冻，覆盖厚度可根据当地的最大冻结深度和材料的保温效果确定。

9.2 雨季施工及施工期度汛

9.2.1 施工遇雨时应停止摊铺，已摊铺沥青混合料碾压时应用防雨蓬或防雨布覆盖，否则应铲除。雨后沥青混凝土表面干燥后

即可恢复摊铺。

9.2.2 当有大到暴雨及短时雷阵雨预报及征兆时，应采取下列措施：

1 做好停工准备，停止沥青混合料的生产。

2 沥青混合料拌和、储存、运输全过程采用全封闭覆盖方式。

3 摊铺机料斗口宜设置自动关闭装置，受料后及时关闭。

4 摊铺完的沥青混合料及时碾压，未能及时碾压的沥青混合料，准备耐热防雨蓬或防雨布，在覆盖沥青混合料面时进行碾压。

5 缩小碾压段，摊铺后尽快碾压密实。

6 两侧岸坡混凝土基座设置挡水埂，防止雨水流向摊铺部位。

7 遇雨停工，面板接头做成1∶1斜坡，心墙接头做成1∶3斜坡，斜坡碾压密实。

9.2.3 面板防渗层分层铺筑遇雨、水分侵入防渗分层界面时，雨后应将浸水界面上部的沥青混凝土铲除。

9.2.4 跨汛期铺筑沥青混凝土面板时，应按照设计要求进行施工，并可采取下列措施：

1 汛前宜将死水位以下面板施工、验收完毕。

2 汛前拦洪水位以下坝面至少应铺筑一层防渗沥青混凝土，或由设计单位同意，适当提高整平胶结层的抗渗性，作为度汛应急措施。

3 对于复式断面面板，汛前应及时用防渗沥青混凝土封闭可能进水部位，以防非防渗沥青混凝土层进水。

9.2.5 未完建的面板不宜蓄水。如需临时蓄水，应采取相应措施。放水时，应控制水位下降速度，防止防渗层面板鼓包。施工度汛时，心墙与坝体高程宜在汛前达到施工洪水位以上。

10 安全监测

10.1 一般规定

10.1.1 沥青混凝土防渗结构观测设施的埋设应按 SL 60 和 DL/T 5178的有关规定施工。

10.1.2 观测设施的埋设应按设计规定进行，并应由专业队伍承担，成立专门组织机构，对人员进行培训，并保持人员稳定。

10.1.3 仪器埋设前，应针对仪器的接收、检验、标定、埋设、安装、调试、保护和观测，编写施工组织设计，对整个工作作出安排，保证与土建施工协调一致。

10.1.4 仪器埋设前，应进行仪器标定和连接电缆的检验，并进行编号和注明标志。埋设在沥青混凝土内的仪器和电缆应能经受180℃高温而不影响其性能，其耐高温检测方法见附录 F。用于检验标定的仪器应定期检定，进行量值溯源。

10.1.5 仪器埋设前应准确测量放样，埋设过程中对仪器加强观测和记录。如发现异常，应分析原因或更换仪器。

10.1.6 监测仪器及其埋件、电缆等均不应穿过防渗体而损坏其防渗、变形等性能。

10.2 监测设施埋设

10.2.1 沥青混凝土面板的表面变形观测标点和测斜仪等仪器，应和面板结合牢固。标点底部的爪钉或埋件长度应小于防渗层厚度的 1/3，并宜在面板完工后，用红外线加热器对面板适当加热，用锤击入。

10.2.2 沥青混凝土面板底部的变形监测设施，应在面板摊铺前安装完毕，并应采取保护措施保护，设立明确标志。在沥青混凝土施工中，应调整摊铺条带，以免机械和人员损坏已安装的设施。

10.2.3 心墙施工中需要挖开两侧过渡料埋设仪器时，应做好心墙保护，不应造成心墙变形。过渡料开挖前，应在心墙面层设置观测点，对心墙在仪器埋设过程中的变形进行监测。仪器埋设后，应按规定的粒料分层回填、压实。

10.2.4 引张线水平位移计的埋设应按 SL 60 的要求进行。引张线不应直接牵引在沥青混凝土内的锚固件上，以免锚固件在沥青混凝土内部发生蠕变位移，影响观测值的真实性。

10.2.5 应变计和位错计的埋件应能保证量测精度，并锚固牢靠，方便施工。埋件高度不宜超过一个碾压层的厚度。过渡料中的应变计和位错计，应设置保护罩与过渡料隔离，以免过渡料挤压心墙中的锚固板，影响仪器读数的真实性。

10.2.6 固定测斜仪安装前应将心墙侧面凿平，将测斜仪用预埋件紧贴心墙固定。

10.2.7 布置于心墙底部的振弦式压应力计应埋设于混凝土基座的凹槽中。埋设时，仪器底部应以砂浆与基座紧密结合，其受力面铅直朝上，人工摊铺砂质沥青玛琋脂覆盖。对有补偿管的仪器，应待沥青混凝土降温后将其补偿管夹扁，对其施加一定预应力，然后进行沥青混凝土的摊铺。

10.2.8 沥青混凝土通向廊道的渗漏观测设施，埋设时应保证管路畅通。

10.2.9 渗压计、孔隙水压力计、测压管等渗漏观测设施，钻孔埋设时，应预先将仪器在清水中浸泡，使其充分饱和，埋设后按规定材料仔细回填或低压灌浆封堵。

10.2.10 温度计宜在沥青混凝土摊铺后埋设。埋设时，可在设计位置挖开沥青混凝土，埋入温度计并用沥青混凝土铺平。

10.3 施工期监测、保护及资料整编

10.3.1 仪器埋设后应及时将电缆引入观测室，测读初始值，以确认连接电缆与相应测头编号无误。

10.3.2 仪器埋设后应对仪器和电缆实施保护，设置醒目标志或

防护栏，并加强巡视，防止因施工损坏仪器，或影响观测结果的真实性。

10.3.3 仪器埋设后应及时测试、校正和记录初始读数，随后按规定频次和精度要求进行观测、记录和数据校核，不应缺漏。

11 施工质量控制

11.1 一般规定

11.1.1 水工沥青混凝土施工应对原材料、沥青混合料和沥青混凝土进行质量检验，同时应对施工各工序的工艺参数进行检验，以便控制施工质量。

11.1.2 各种检验的原始记录、试验检测数据应如实记录和保存，并及时整理归档。对已采取措施返工和补救的项目，应在检验记录和试验数据上注明并保存备查，不应销毁。

11.1.3 沥青混凝土施工前应对沥青拌和站、铺筑设备、压实设备等进行调试，对设备技术性能、传感器精度进行检查，达到要求后方可使用。

11.2 原材料检验

11.2.1 在选择原材料时，应确认供货方的产品质量和生产能力能够满足工程需要，并应按附录G对原材料样品进行全项检测，确认合格后，方可订货。

11.2.2 原材料应有出厂（场）合格证和检测报告。原材料运抵施工现场时，应检验合格后方可验收。不符合规范技术要求的材料不应使用。各种矿料应以同一料源、同条件生产的材料为一“批”。沥青应以同一料源、同一批炼制、进场的沥青为一“批”。

11.2.3 施工过程中检验沥青时，应从沥青储罐中取样，骨料检验应从骨料热料仓取样，填料检验应从填料储存罐中取样。原材料的检测项目和取样频次规定见附录G。

11.2.4 正式开工前，应提出各种原材料的试验检测报告，取得认可后方可使用。

11.3 沥青混合料生产检验

11.3.1 在沥青混合料生产过程中，应有专人对沥青混合料的外观进行检查，发现问题，应立即查明原因并及时调整。

11.3.2 沥青混合料的生产配料单应由现场试验室签发。现场试验室每天应检查沥青混合料的沥青含量和矿料级配，根据情况对配料单进行必要的调整。

11.3.3 沥青混合料的检测项目和频次见附录G。在沥青混凝土面板的现场摊铺试验时，宜对防渗层沥青混合料进行圆盘试验检验，圆盘试验方法见附录H。当沥青混合料的斜坡流淌值检测不满足SL 501的要求时，可进行斜坡稳定性检验，检验方法见附录I。

11.4 面板质量检验

11.4.1 现场应监测沥青混合料在铺筑过程中的温度，严格控制碾压温度（或浇筑温度）和碾压遍数。现场应加强目测检查。

11.4.2 面板的铺筑厚度应满足设计要求。防渗层沥青混凝土的压实厚度应不小于设计厚度，非防渗层沥青混凝土应不小于设计厚度的90%。铺筑面应平整，在2m范围内的不平整度宜不大于10mm。

11.4.3 面板铺筑质量检验应以无损检验为主，每150～250m^{2}设置一个测点，接缝部位每30～50m设置一个测点。对局部可疑部位，可增加测点。

11.4.4 面板铺筑后应进行芯样检验，以对面板的局部孔隙率、铺层厚度和配合比进行验证。防渗层芯样宜少取，每1500～2500m^{2}取样一组（3个芯样）。芯样孔应及时、妥善回填。

11.4.5 封闭层应以检测配合比和涂刷温度为主，了解涂刷量和均匀性。封闭层厚度应能确保充分覆盖防渗层表面，并不大于2mm，以免发生斜坡流淌。

11.4.6 对其他涂层应根据规定的质量要求进行控制和检验。

11.5 心墙质量检验

11.5.1 心墙铺筑前，应检测心墙中心线和尺寸。碾压后，心墙的厚度不应小于设计厚度。铺筑面应平整。

11.5.2 心墙铺筑质量应以无损检验为主，核子密度仪检测每10～30m设置一个测点，渗气仪检测每100m设置一个测点。对局部可疑部位，可增加测点。

11.5.3 每层沥青混凝土均应进行外观检查，如发现裂纹等异常现象，应查明原因，及时处理。

11.5.4 心墙每升高2～4m应钻取芯样一组（3个芯样）进行密度、孔隙率、沥青含量和矿料级配等验证性检验，并检查层间结合情况。心墙每升高10～12m应钻孔取芯，进行三轴、小梁弯曲等力学性能检验。芯样长度应根据试验项目确定，宜为30～40cm。芯样钻孔应及时、妥善回填。

11.5.5 碾压温度（或浇筑温度）和碾压遍数的监测及目测检查要求同11.4.1条的规定。

11.6 施工安全与劳动保护

11.6.1 沥青混凝土施工应制定安全制度，并对人员进行安全培训，现场设置专职安全员应符合国家、行业有关施工安全和劳动保护的要求。

11.6.2 沥青混凝土拌和站应配备除尘、防火、防爆设施，以及符合消防要求的消防器材。

11.6.3 接触沥青的人员，应配备必要的劳保用品。对沥青有过敏反应的人员，不应参加沥青施工。夏季施工应采取防暑措施。

11.6.4 工地应配备急救室和急救药品，急救人员应接受急救培训，具备烫伤、烧伤、割伤、创伤等的应急处理能力。

11.6.5 斜坡和立面施工时应采用安全绳。对牵引设备、钢丝绳、刹车等，应经常进行检查、维护和维修。不应将施工设备用作交通工具，沥青施工人员不应随意操作机械设备。

11.6.6 各种施工设备和电器设备，应按照有关安全规程操作、保养和维修。

11.6.7 夜间必须施工时，应有足够的照明设施，并应符合安全要求。

11.7 施工质量评定

11.7.1 工程进行中及结束后，施工各方应按 SL 176，对完成的工程进行质量检验和评定。

11.7.2 施工方应在工程结束后提出施工报告，内容应包括原材料及质量检验、工程施工及质量检验、工程缺陷及处理和工程施工质量评价部分。

附录 A　沥青、改性沥青和乳化沥青的技术要求

A.0.1　沥青技术要求见表 A.0.1。

A.0.2　改性沥青技术要求见表 A.0.2。

A.0.3　乳化沥青技术要求见表 A.0.3。

表 A.0.1　沥青技术要求

指　　标	单位	沥青标号				试验方法
		110	90	70	50	
针入度（25℃，5s，100g）	0.1mm	100～120	80～100	60～80	40～60	5.4
针入度指数 PI	—	−1.5 ～ +1.0				5.4
软化点 $T_{R\&B}$ ≥	℃	43	45	46	49	5.6
10℃延度 ≥	cm	40	45	25	15	5.5
15℃延度 ≥	cm	100			80	
蜡含量（蒸馏法） ≤	%	2.2				5.12
闪点 ≥	℃	230	245	260		5.9
溶解度 ≥	%	99.5				5.7
密度（15℃）	g/cm³	实测				5.3
薄膜加热后						
质量变化 ≤	%	±0.8				5.8
残留针入度比（25℃） ≥	%	55	57	61	63	5.4
残留延度（10℃） ≥	cm	10	8	6	4	5.5
残留延度（15℃） ≥	cm	30	20	15	10	

注 1：试验方法按照 DL/T 5362 规定的方法执行，表中试验方法一栏所列数字为该试验规程中的章节号。用于仲裁试验求取 PI 值时的 5 个温度的针入度关系的相关系数不应小于 0.997。

注 2：经设计单位同意，表中 PI 值、15℃延度可作为选择性指标，也可不作为施工质量检验指标。

注 3：对于浇筑式沥青混凝土，表中 PI 值可放宽为 −2.0～+2.0。

表 A.0.2　改性沥青技术要求

指　标	单位	SBS 类（Ⅰ类）				SBR 类（Ⅱ类）			试验方法
		Ⅰ-A	Ⅰ-B	Ⅰ-C	Ⅰ-D	Ⅱ-A	Ⅱ-B	Ⅱ-C	
针入度（25℃，5s，100g）	0.1mm	＞100	80～100	60～80	40～60	＞100	80～100	60～80	5.4
针入度指数 *PI* ≥		−1.2	−0.8	−0.4	0	−1.0	−0.8	−0.6	5.4
5℃延度，5cm/min ≥	cm	50	40	30	20	60	50	40	5.5
软化点 $T_{R\&B}$ ≥	℃	45	50	55	60	45	48	50	5.6
135℃黏度 ≤	Pa·s	3							T 0625 T 0619
闪点 ≥	℃	230				230			5.9
溶解度 ≥	%	99				99			5.7
25℃弹性恢复 ≥	%	55	60	65	75	---			T 0662
黏韧性 ≥	N·m	-				5			T 0624
韧性 ≥	N·m	-				2.5			T 0624
48h 储存稳定性离析软化点差 ≤	℃	2.5				—			T 0661
TFOT（或 RTFOT）后残留物									
质量变化 ≤	%	±1.0							5.8
25℃针入度比 ≥	%	50	55	60	65	50	55	60	5.4
5℃延度 ≥	cm	30	25	20	15	30	20	10	5.5

注 1：试验方法按照 DL/T 5362 规定的方法执行，表中试验方法一栏中所列数字为该试验规程中的章节号。

注 2：试验方法按照 JTJ 052 规定的方法执行，表中所列数字为该试验规程中试验方法的编号。

注 3：表中 135℃黏度可采用 JTJ 052 中的“沥青布氏旋转黏度试验方法（布洛克菲尔德黏度计法）”进行测定。若在不改变改性沥青物理力学性质并符合安全条件的温度下，易于泵送和拌和，或经证明适当提高泵送和拌和温度时能保证改性沥青的质量，容易施工，可不要求测定。

注 4：储存稳定性指标适用于工厂生产的成品改性沥青。现场制作的改性沥青对储存稳定性指标可不作要求，但应在制作后，保持不间断的搅拌或泵送循环，保证使用前没有明显的离析。

表 A.0.3　乳化沥青技术要求

试验项目		单位	技术指标	试验方法
破乳速度			快裂	5.17
离子电荷			阳离子（一）	5.14
筛上残留物（1.18mm 筛）≤		%	0.1	T 0652
黏度	恩格拉黏度计 E_{25}		2～10	T 0622
	道路标准黏度计 $C_{25.3}$	s	10～25	T 0621
蒸发残留物	残留物含量 ≥	%	50	5.13
	溶解度 ≥	%	97.5	5.7
	25℃针入度	0.1mm	50～200	5.4
	15℃延度 ≥	cm	40	5.5
与矿料的黏附性，裹覆面积 ≥			2/3	5.15
储存稳定性	1d ≤	%	1	5.16
	5d ≤	%	5	

注 1：试验方法按照 DL/T 5362 规定的方法执行，表中所列数字为该试验规程中的章节号。

注 2：试验方法按照 JTJ 052 中规定的方法，表中所列为该试验规程中试验项目编号。

注 3：表中破乳速度与矿料的黏附性、所用的石料品种有关，质量检验时应用工程采用的石料进行试验。仅进行乳化沥青产品质量评定时，可不要求此两项指标。

注 4：表中黏度可选用恩格拉黏度计或沥青标准黏度计之一测定。

注 5：如果将高浓度乳化沥青稀释后使用，表中的蒸发残留物指标是对稀释前乳化沥青的要求。

注 6：表中储存稳定性根据施工实际情况选用试验时间，宜采用 5d；若乳液生产后能在当天使用时，也可采用 1d。

注 7：当乳化沥青需要在低温冰冻条件下储存或使用时，还应进行－5℃低温储存稳定性试验，要求没有粗颗粒、不结块。

附录 B　沥青混凝土配合比

B.1　一 般 规 定

B.1.1　配合比应能使沥青混凝土满足行业规范和项目设计的技术要求。

B.1.2　沥青混凝土配合比应采用实际原材料通过室内试验和现场试验确定。选择沥青混凝土配合比时，可参考以往工程经验。

B.2　室 内 配 合 比

B.2.1　配合比用沥青含量和矿料级配表示。矿料粒径应用方孔筛对应的孔径表示。矿料最大粒径 D、级配指数 n、填料用量 $P_{0.075}$ 可按式（B.2.1）初选：

$$P_i = P_{0.075} + (100 - P_{0.075}) \frac{d_i^n - 0.075^n}{D^n - 0.075^n} \qquad \text{(B.2.1)}$$

式中　d_i——筛孔孔径，mm；

D——骨料最大粒径，mm；

P_i——d_i 筛孔的通过率，%；

$P_{0.075}$——0.075mm 筛孔的通过率，相对于填料用量，%；

n——级配指数。

B.2.2　初选矿料级配时，可选用 2～3 种填料用量、2～3 种级配指数进行试验。在碾压式沥青混凝土的细骨料中，可掺用一定比例的天然砂，以利于沥青混合料的压实。

B.2.3　对于每种矿料级配，应以 0.3%为间隔选择不少于 5 组的沥青用量。对于碾压式沥青混凝土，应分别测试试件的密度、孔隙率、稳定度和流值或其他力学性能参数；对于浇筑式沥青混凝土，应测试流动性和分离度、密度及孔隙率等参数；对于面板封闭层沥青玛琋脂，可直接进行斜坡流淌试验和低温抗裂性试验。应根据试验结果和设计要求初选配合比。

B. 2. 4 室内成型马歇尔试件的击实次数宜符合工程实际的摊铺、碾压条件。试验时可先选用正、反两面各击实 20 次或其他经验击实次数。

B. 2. 5 浇筑式沥青混凝土试件宜在成型的试体上钻取，试体的制作应符合实际情况。

B. 2. 6 对初选配合比应进行其他必要的性能试验。应根据试验结果，对初选配合比进行调整，直至配合比满足设计要求。该配合比即为室内配合比，可用于进行现场铺筑试验。

B. 3 施工配合比与现场铺筑试验

B. 3. 1 施工配合比应根据现场铺筑试验结果确定。铺筑试验应采用工程所用的原材料和施工设备进行试验，并根据实际情况制定铺筑试验计划，初选施工工艺参数，其内容宜包括：

1 检验施工设备运行情况和工艺可行性，确定碾压温度和遍数。

2 检验沥青混合料生产系统中的称量计量、温度检测以及现场无损检测的可靠性。

3 检验室内配合比在施工条件下是否满足规范要求，并进行必要的调整。在此基础上确定施工配合比。

4 检验接缝、接头连接施工工艺的合理性。

B. 3. 2 进行铺筑试验检验时，应用取芯或切割方法在现场取样，取样应包括接缝部位。防渗沥青混凝土的孔隙率平均值应不大于 2.5%，浇筑式沥青混凝土的分离度平均值应不大于 1.05，否则应重新进行铺筑试验。

B. 3. 3 应进行设计要求的其他性能测试。如测试结果满足设计要求，则可据此确定施工配合比；否则应对工艺参数、配合比及设备进行必要的调整，并应重新进行铺筑试验，直至满足设计要求为止。

B. 3. 4 对于碾压式沥青混凝土的施工配合比，应按照现场沥青混凝土与室内成型沥青混凝土孔隙率等效的方法，确定室内成型

试件的击实次数。施工中进行质量检验时，应采用这一击实次数成型马歇尔试件。

B.3.5 对于碾压式沥青混凝土，摊铺试验应包括机械摊铺试验和人工摊铺试验。沥青混凝土面板试验摊铺长度宜不小于50m；沥青混凝土心墙摊铺试验宽度宜不小于心墙最大厚度加两侧各0.5m的过渡料宽度，摊铺试验长度宜不小于30m。

B.3.6 在场内进行的铺筑试验可作为正式施工的一部分，但留下的芯样钻孔应妥善回填处理，并经无损检验合格。如试验结果不满足规范要求，应予清除。

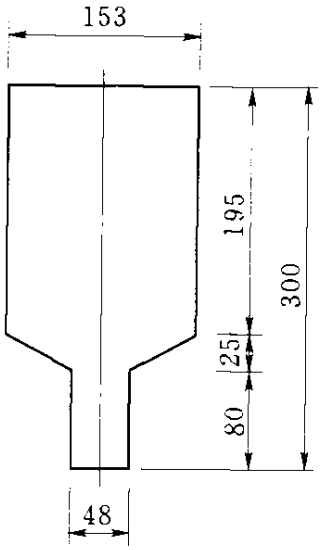
B.3.7 经铺筑试验确定的施工配合比、施工工艺和设备应在施工中遵照采用，并应在施工中检查其执行效果。

附录C　浇筑式沥青混凝土黏度和分离度试验方法

C.0.1　本试验用于检验浇筑式沥青混凝土的施工流动性和均质性。

C.0.2　本试验应包括下列仪器设备：

1　黏度桶，其下出口设底盖，黏度桶尺寸如图C.0.2所示。



图C.0.2　黏度桶（单位：mm）

2　钢板，平面尺寸为50cm×50cm。

3　秒表。

4　钢试膜，尺寸为ϕ100mm×100mm。

C.0.3　试验应采用下列步骤：

1　将黏度桶在烘箱中预热至80～100℃。

2　将1L沥青混合料试样按要求的配合比拌和均匀，拌和温度控制在145～155℃。将温度为145～155℃的试样装入预热的黏度桶，并将钢板置于黏度桶出口下方。打开黏度桶底盖，测

定试样全部流出黏度桶所需的时间 t，精确至秒。

3 将 145～155℃的沥青混合料试样浇入钢试模内，不加振捣，并在自重下密实。待试件自然降温到 15℃以下后，将试件脱模，并切割成上下两部分。在 20℃温度下测试两部分试件的密度，记为 $\gamma_{上}$ 和 $\gamma_{下}$。

C.0.4 试验结果及判定标准应符合下列规定：

1 沥青混合料的黏度可按式（C.0.4）计算。当 $\eta_{150}=100$～10000Pa·s 时，沥青混合料的施工流动性合格。

$$\eta_{150} = K\rho g t \tag{C.0.4}$$

式中 η_{150}——沥青混合料 150℃时黏度，Pa·s；

K——系数，$K=4.35\times10^{-4}$m；

ρ——沥青混合料密度，kg/m^3；

g——重力加速度，m/s^2，可取 9.8m/s^2；

t——1L 试样流出的时间，s。

2 沥青混合料的分离度为 $\gamma_{下}/\gamma_{上}$，其中 $\gamma_{上}$ 和 $\gamma_{下}$ 分别为上部分试件和下部分试件的密度，单位为 g/cm^3。当分离度小于 1.05 时，沥青混合料的均质性为合格。

附录 D　沥青混合料配合比总量偏差检验

D. 0. 1　应对每天或每个台班生产的沥青混合料总量，采用常规控制图中的平均值（$\overline{X}$）图法与标准差（s）图法进行配合比偏差检验。

D. 0. 2　应根据每天或每个台班拌和站的各盘沥青和矿料称量记录数据 X，按照大致相等的盘数间隔，从中抽取称量记录，作为该天或该台班的子组观测值，可按式（D. 0. 2 - 1）和式（D. 0. 2 - 2）计算平均值 $\overline{X}$ 和标准差 s。抽取的数目 n，即子组大小，应不大于 25。施工期间，各组的数目 n 宜采用相同数值。

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \qquad \text{(D. 0. 2 - 1)}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2} \qquad \text{(D. 0. 2 - 2)}$$

式中　$\overline{X}$——子组称量数据的平均值；

X_i——子组称量数据值，$i=1$，2，…，n；

s——子组称量数据的标准差。

D. 0. 3　工程施工初期建立平均值（$\overline{X}$）与标准差（s）控制图时，子组数 k 应不少于 20 个。可按式（D. 0. 3 - 1）和式（D. 0. 3 - 2）计算各子组平均值的平均值 $\overline{\overline{X}}$ 和各子组标准差的平均值 $\bar{s}$。收集原始数据时，过程应稳定，应不受外界因素的影响，包括原材料变化、配合比调整、操作方式变化以及设备设置变化等。

$$\overline{\overline{X}} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} \overline{X}_j \qquad \text{(D. 0. 3 - 1)}$$

$$\bar{s} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} s_j \qquad \text{(D. 0. 3 - 2)}$$

式中 $\overline{\overline{X}}$——各子组称量数据平均值的平均值；

$\overline{X}_j$——各子组称量数据的平均值，$j=1$，2，…，k；

s_j——各子组称量数据的标准差；

$\bar{s}$——各子组称量数据标准差的平均值。

D.0.4 平均值 $\overline{X}$ 控制图和标准差 s 控制图的中心线 CL、上下行动线和上下警戒线可按式（D.0.4-1）和式（D.0.4-2）计算。

平均值 $\overline{X}$ 控制图：

$$\left.\begin{aligned} &\text{中心线 } CL = \overline{\overline{X}} \\ &\text{上下行动线} = \overline{\overline{X}} \pm A_3\bar{s} \\ &\text{上下警戒线} = \overline{\overline{X}} \pm \frac{2}{3}A_3\bar{s} \end{aligned}\right\} \quad \text{(D.0.4-1)}$$

式中 A_3——系数，取值见表 D.0.4。

标准差 s 控制图：

$$\left.\begin{aligned} &\text{中心线 } CL = \bar{s} \\ &\text{行动上线} = B_4\bar{s} \\ &\text{行动下线} = \max\{0,(2-B_4)\}\bar{s} \\ &\text{警戒上线} = \frac{1}{3}(1+2B_4)\bar{s} \\ &\text{警戒下线} = \max\left\{0,\frac{1}{3}(5-2B_4)\right\}\bar{s} \end{aligned}\right\} \quad \text{(D.0.4-2)}$$

式中 B_4——系数，取值见表 D.0.4。

表 D.0.4 A_3 和 B_4 系数表（GB/T 4091）

子组数 k	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A_3	2.659	1.954	1.628	1.427	1.287	1.182	1.099	1.032	0.975	0.927	0.886	0.850
B_4	3.267	2.568	2.266	2.089	1.970	1.882	1.815	1.761	1.716	1.679	1.646	1.618
子组数 k	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A_3	0.817	0.789	0.763	0.739	0.718	0.698	0.680	0.663	0.647	0.633	0.619	0.606
B_4	1.594	1.572	1.552	1.534	1.518	1.503	1.490	1.477	1.466	1.455	1.445	1.435

D.0.5 首先分析标准差图，检查数据是否存在失控点和异常的模式或趋势。当标准差图的离散程度达到稳定时，即可进行平均值图的分析，以确定过程的位置是否随时间变动。

D.0.6 当数据位于警戒区，应加强观测，并对过程进行调整。当数据位于行动区，应停止过程运行，待查明原因并排除后，方可恢复过程运行。

D.0.7 施工结束时，宜汇总全部过程数据，并制成光盘，以便于长期保存备查。

附录 E　沥青混凝土真空渗气仪检测方法

E. 0. 1　沥青混凝土真空渗气仪试验用于检验和评价铺筑沥青混凝土的不渗透性。

E. 0. 2　检测应包括下列仪器设备和材料：

1　真空渗气仪。真空渗气仪配真空表和真空开关，如图 E. 0. 2 所示。

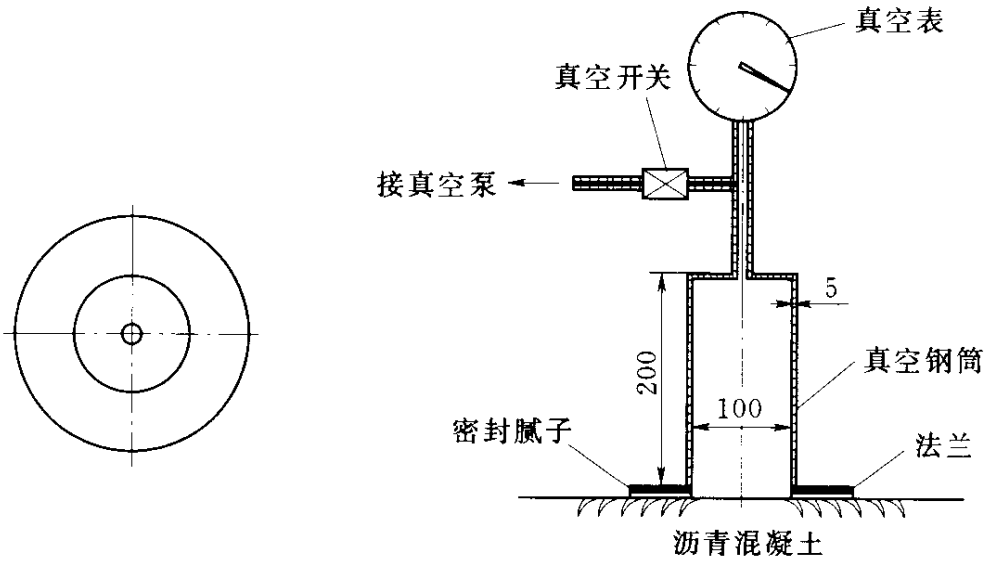


图 E. 0. 2　真空渗气仪（单位：mm）

2　真空泵和真空软管。真空软管长度应满足现场检测范围的需要。

3　密封腻子。密封腻子用于对真空渗气仪钢筒法兰口的密封，可用亚麻油腻子或其他密封腻子密封。

E. 0. 3　检测应采用下列步骤：

1　将真空泵摆放在检测部位附近比较稳定、平整的部位，并将其与真空渗气仪用真空软管连接。

2　在沥青混凝土检测表面和钢筒法兰之间铺设密封腻子，并确保不漏气。

3　连接真空泵并抽气，使钢筒的相对真空度达到－85kPa，然后断开真空泵。稳定 1min 后，记录真空表相对真空度的变动值。

E. 0. 4　检测结果的判定标准为：当相对真空度的变动值不大于 3kPa 时，则判定沥青混凝土不渗透。

E. 0. 5　检测应注意下列事项：

1　沥青混凝土表面应干燥。

2　在夏季，试验不应在每天最热的时候进行，以防沥青混凝土流动或向真空钢筒内凸起。

3　如果沥青混凝土表面不平整，应对表面小心加热，并用振动夯锤压平后再进行试验。

附录 F　监测仪器耐高温检验

F.0.1　埋设在沥青混凝土中的监测仪器应进行耐高温检验，检验应采用下列步骤：

1　首先对仪器按照 DL/T 5178 的规定进行检验，对振弦式仪器按 GB/T 13606 的规定进行检验。

2　将仪器放入高温油浴中，按 90℃、120℃、150℃、180℃四档温度依次进行加热处理。各档温度应控制在档位温度±0.5℃以内，并恒温 1h 以上。

3　从油浴中取出仪器并擦净。待仪器自然冷却至环境温度后，对仪器按照 DL/T 5178 的规定进行检验，对振弦式仪器按 GB/T 13606 的规定进行检验。

F.0.2　检验数据处理与评定应符合下列规定：

1　振弦式仪器高温加热处理前后的分辨力、滞后、不重复度、非线性度和综合误差应满足 GB/T 13606 的要求，灵敏度系数误差宜满足 DL/T 5178 的要求。灵敏度系数相对误差可按式（F.0.2）计算，且应不大于 3%。

$$\alpha = \frac{|K'_s - K_s|}{K_s} \times 100\% \qquad \text{(F.0.2)}$$

式中　α——灵敏度系数相对误差；

K_s——高温前标定的灵敏度系数；

K'_s——高温后标定的灵敏度系数。

2　具有温度测量功能的传感器，其高温加热处理前后的温度测值误差绝对值应不大于 0.5℃。

3　经高温加热处理前后的振弦式仪器，0℃、60℃非水下工作条件下的绝缘性能以及水下工作条件下的防水密封性应满足 GB/T 13606 的要求。

附录 G　沥青混凝土施工质量检验项目及要求

表 G　沥青混凝土施工质量检验项目及要求

工艺过程	检验对象	取样场所	检验项目	质量要求	取样频次
原材料	沥青	沥青桶或沥青罐车	针入度 软化点 延度 蜡含量 闪点 溶解度 密度 薄膜加热后质量变化 薄膜加热后残留针入度比 薄膜加热后残留延度	满足本标准附录 A 或设计要求	同厂家、同标号的沥青，每批到货检测 1 次
	粗骨料	冷料仓或成品料堆	超、逊径率 针片状颗粒含量	满足本标准 3.2.6 条要求	每 5 个工作日检查 1 次
			表观密度 吸水率 含泥量 压碎率 坚固性 与沥青的黏附性		每 50 个工作日检查 1 次 每次更换料源或开采地点检测 1 次

表 G（续）

工艺过程	检验对象	取样场所	检验项目	质量要求	取样频次
原材料	细骨料	冷料仓或成品料堆	超径率 表观密度 吸水率 含泥量 坚固性 有机质含量 水稳定等级	满足本标准 3.2.7 条要求	每 50 个工作日检查 1 次 每次更换料源或开采地点检测 1 次
	填料	储料罐	细度	满足本标准 3.3.2 条要求	每 50 个工作日检查一次，每次更换料源检测一次
			含水率		每 5 个工作日或雨后检查 1 次
			密度 亲水系数		每 50 个工作日检查 1 次 每次更换料源检测 1 次
	掺料	材料仓库	按产品的质量标准或规定的质量指标	工业产品应符合相应质量标准或设计要求	每批到货检查 1 次
沥青混合料制备	沥青	热沥青储存罐	针入度 软化点	满足本标准附录 A 或设计要求	每个工作日检查 1 次
			温度	参考本标准 5.2.1 条要求	随时检测
	粗细骨料	拌和站的每个热料仓	级配	测定值用于调整施工配料单	每个工作日检查 1 次
			温度	参考本标准 5.2.1 条要求	随时检测

表 G（续）

工艺过程	检验对象	取样场所	检验项目	质量要求	取样频次
沥青混合料制备	填料	拌和站填料罐	粒度范围	测定值用于调整施工配料单	必要时检测
	掺料	掺合料仓	称量误差	工业产品应符合相应质量标准或设计要求	随时检测
	混合料	拌和站计算机	配合比偏差	满足本标准 5.2.4 条要求	每盘记录，并整理分析
		拌和站出机口或摊铺现场	密度和孔隙率	检验方法见 DL/T 5362 中 9.3～9.4 节，满足设计要求	每个工作日检查 1 次
			马歇尔稳定度和流值	检验方法见 DL/T 5362 中 9.6 节，满足设计要求	
			沥青含量（抽提） 矿料级配（抽提）	满足本标准 5.2.4 条要求	
			浇筑式沥青混合料黏度、分离度	检验方法见本标准附录 C，满足本标准 4.0.4 条要求	
			其他指标（渗透系数、斜坡流淌值、圆盘试验、三轴试验、小梁弯曲等）	满足设计要求	按设计要求的频次，定期检测
			外观	色泽均匀，稀稠一致，无花白料、无黄烟及其他异常形象	随时检测
			温度	满足本标准 5.2.1 条要求	随时检测

表 G（续）

工艺过程	检验对象	取样场所	检验项目	质量要求	取样频次
沥青混合料铺筑	沥青混合料	铺筑现场	碾压温度	根据摊铺试验结果确定	随时检测
			碾压遍数	根据摊铺试验结果确定	随时检测
	碾压后的沥青混凝土	铺筑表面	核子密度	检测方法见 SL 275.1，要求根据摊铺试验结果确定	按本标准 11.4.3 条、11.5.2 条要求进行
			真空渗气仪	满足本标准附录 E 的要求	
			芯样密度、孔隙率、层间结合	满足设计要求	按本标准 11.4.4 条、11.5.4 条要求进行
			心墙厚度、中心线偏差	满足本标准 11.5.1 条要求	随时检测
			面板厚度	满足本标准 11.4.2 条要求	随时检测
			面板平整度	满足本标准 11.4.2 条要求	随时检测
		接缝部位	核子密度	检测方法见 SL 275.1，要求根据摊铺试验结果确定	按本标准 11.4.3 条、11.5.2 条要求进行
			真空渗气仪	满足本标准附录 E 的要求	
			芯样密度、孔隙率	满足设计要求	按本标准 11.4.4 条、11.5.4 条要求进行

附录 H　沥青混凝土圆盘试验方法

H.0.1　沥青混凝土圆盘试验用于测试沥青混凝土圆盘在水压力作用下，达到规定挠跨比时的渗漏情况，以此评定其柔性和抗渗性。本试验方法适用于面板防渗层沥青混凝土。

H.0.2　沥青混凝土圆盘试验应使用下列仪器：

1　压力钢筒，内径 ϕ500mm 左右，可承受 0.5MPa 的内水压力作用，如图 H.0.2 所示。圆筒上下两部分，接口设法兰，可将沥青混凝土圆盘夹在法兰之间。

2　水压力加压装置，可施加直至 0.5MPa 的水压力。

H.0.3　试验应采用下列步骤：

1　按要求的沥青混合料配合比和孔隙率，成型直径约为 ϕ600mm、厚度 50mm 的圆盘试件。

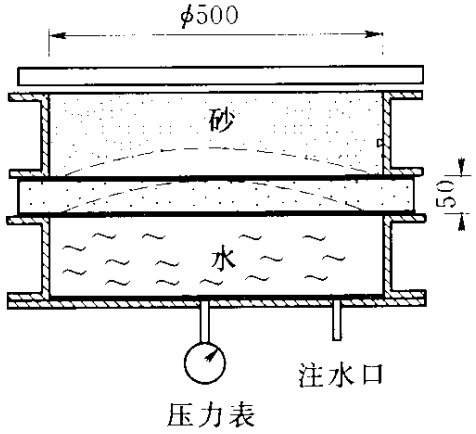


图 H.0.2　圆盘试验装置图
（单位：mm）

2　通过钢筒法兰螺栓，将沥青混凝土圆盘固定在上下钢筒之间。沥青混凝土圆盘迎水面一侧垫有内径 ϕ450mm、厚 5mm 的橡皮垫圈；背水侧垫衬直径 ϕ600mm、厚度 5mm 的橡皮垫板，垫板中心开有 ϕ150mm 的圆孔。固定螺栓时，上紧力度要适当，以免破坏沥青混凝土。

3　在钢筒背水部分安装变形量测装置，以测试沥青混凝土圆盘中心的竖向位移。变形测量装置安装后，读取位移初始值 W_0。

4　向钢筒内缓慢注水，水满后关闭进水开关。将整个装置在规定的环境温度下放置 24h。

5　在约 0.05MPa 水压下使沥青混凝土板逐渐变形鼓起，并

观测沥青混凝土圆盘中心的竖向位移变化情况，直至位移达到规定值 W 后，关闭水压力开关，在弯曲的圆盘和法兰口之间回填砂子，并加盖板支撑。常温时，$W-W_0$ 为压力钢筒内径的1/10。

6 继续施加水压力直至0.5MPa后，连续观测4h检查圆盘是否发生渗漏。不发生渗漏为合格。

H.0.4 试验数据应采用下列方法处理：

1 填写渗漏观测记录及合格性判定。

2 如果圆盘表面未出现拉裂裂缝，可按 $\varepsilon=\frac{8(W-W_0)h}{D^2}$ 计算圆盘中心的弯拉应变 ε。其中 $h=50\text{mm}$，为圆盘厚度；$D=500\text{mm}$，为圆盘跨度。

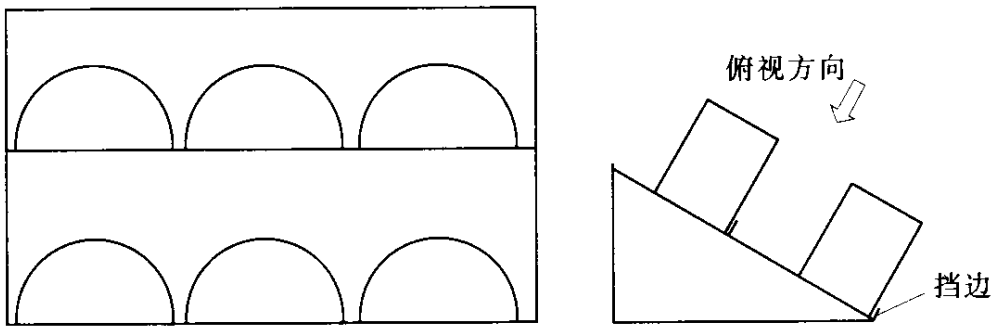
附录 I　沥青混凝土斜坡稳定性检验方法

I.0.1　斜坡稳定性检验应使用下列仪器：

1　马歇尔试件成型设备。

2　斜坡稳定试验架，试验架为铁架或钢架，试验架设斜面板，斜面板角度可按照要求调整。斜面板底边设置高 1cm 的挡边，用于支挡试件，如图 I.0.1 所示。

3　恒温鼓风干燥箱。



a)俯视图　　b)侧视图

图 I.0.1　斜坡稳定试验装置示意图

I.0.2　检验应采用下列步骤：

1　按要求的击实次数成型 3 个马歇尔试件，直径 101.6mm，高 63.5cm。击实次数按设计要求或 B.3.4 条的孔隙率等效方法确定。将 3 个成型的试件对半切成 6 个半圆柱形试件。

2　将成型试件静置至常温。

3　将半圆柱试件按图 I.0.1 b）所示放在斜坡稳定试验架的斜面上，并连同试验架一起放在恒温鼓风干燥箱内。试验架斜面的角度与工程实际的坡度一致。

4　将恒温鼓风干燥箱温度设定在预测的最高环境温度，可

为 60～80℃，并连续恒温 48h。

5 恒温过程中，24h 时量测一次试件顶部的变形，48h 时再量测一次，并注意观察试件的变形情况。

I.0.3 当符合下述要求时，可判定斜坡稳定性满足要求：

1 试件边缘完整，或边缘破损但未引起试件坍塌。

2 试件在第一个 24h 内变形很小，且在 48h 内变形基本停止。

标 准 用 词 说 明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要　求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推　荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允　许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

水工沥青混凝土施工规范

SL 514—2013

条　文　说　明

目　　次

1　总则…… 63
2　术语…… 68
3　原材料及技术要求…… 69
4　配合比的确定…… 79
5　沥青混合料的制备与运输…… 80
6　碾压式沥青混凝土施工…… 86
7　浇筑式沥青混凝土施工 …… 104
8　沥青混凝土与刚性建筑物连接 …… 108
9　低温施工和雨季施工 …… 112
10　安全监测…… 114
11　施工质量控制…… 115
附录A　沥青、改性沥青和乳化沥青的技术要求 …… 120
附录B　沥青混凝土配合比…… 122
附录C　浇筑式沥青混凝土黏度和分离度试验方法…… 127
附录D　沥青混合料配合比总量偏差检验…… 128
附录E　沥青混凝土真空渗气仪检测方法…… 130
附录F　监测仪器耐高温检验…… 131
附录G　沥青混凝土施工质量检验项目及要求…… 132
附录H　沥青混凝土圆盘试验方法 …… 134
附录I　沥青混凝土斜坡稳定性检验方法 …… 136

1 总　　则

1.0.2 本标准的适用范围除包括原规范中的土石坝碾压式沥青混凝土防渗墙施工外，还增加了土石坝浇筑式沥青混凝土心墙施工以及混凝土坝、砌石坝浇筑式沥青混凝土防渗面板施工的内容。

在严寒、多风地区如按照1.0.4条的规定，可能会使施工期过长，有时需制定特殊的施工措施，特别是保温防护措施，以确保施工工期和施工质量。

1.0.3 应确保沥青混凝土的施工质量和安全生产，在此前提下考虑工程经济性才是合理的。要防止片面追求经济性，忽视原材料品质和降低施工工艺要求的现象。

1.0.4 本条规定可作为编制施工进度计划的依据。碾压式沥青混凝土施工和浇筑式沥青混凝土施工对环境的要求是不同的。

（1）碾压式沥青混凝土施工

①气温

碾压式沥青混凝土的施工质量与沥青混合料的温度关系很大，特别是沥青混凝土面板施工尤为如此。国内工程一般规定防渗面板施工时，温度应不低于5℃。但国内正岔、石砭峪等沥青混凝土面板防渗工程均有在5℃以下未停工的实例，《德国水工沥青导则》（EAAW 2007）第B.1.3.9条也指出，当气温低于3℃时，不应进行防渗层沥青混凝土施工。故规定沥青混凝土防渗面板施工时气温宜在5℃以上。《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）第1.0.4条的规定："沥青路面不得在气温低于10℃（高速公路和一级公路）或5℃（其他等级公路），以及雨天、路面潮湿的情况下施工。"这与规定气温5℃以上为正常施工气温条件基本一致。

与面板施工相比，心墙作业面小，摊铺作业和碾压作业干扰

小，且摊铺层较厚，因此即使在较低的气温下，也可以保证施工质量。尼尔基心墙坝、冶勒心墙坝均在0℃以下进行了施工。故规定沥青混凝土心墙施工时气温宜在0℃以上。

②日降雨量

沥青是憎水性胶结材料，当水分浸入时，会影响内部的黏结，导致质量降低。在有水分的铺筑层面上摊铺防渗层时，会引起防渗层鼓泡和层间结合不良。故施工遇雨时必须停工，雨后应待已铺层面干燥后方可继续施工。

条文中规定日降雨量宜小于5mm，可供设计时计算有效施工天数，也可用作因雨停工的标准，这是根据一些工程的经验定出的。日本深山坝规定日降雨量不小于5mm作为因雨停工的标准。天荒坪、宝泉、冶勒、尼尔基等工程均规定日降雨量大于5mm作为因雨停工的标准。

(2) 浇筑式沥青混凝土施工

工程实践表明，浇筑式沥青混凝土可以在冬季和雨季施工，且施工不需要碾压设备，浇筑上一层时也不需把底层沥青混凝土面烘热。在严寒地区，为简化施工导流，采用浇筑式沥青混凝土防渗墙尤为适宜。与碾压式沥青混凝土相比，浇筑式沥青混凝土具有较好的密实度、不透水性、耐水性、耐久性、变形适应能力、抗裂性和裂缝自愈能力。但浇筑式沥青混凝土存在分离问题，且流变变形较大，在心墙中对垫层料的侧向压力也较大，工程中应注意浇筑式心墙的结构稳定性。

浇筑式沥青混凝土即使在严寒下施工，也可以得到较好的浇筑质量。从国内工程实践来看，只要严格按照要求进行施工，施工质量可以得到保证。

①层间结合

东北勘测设计研究院曾在室内进行低温下的层间结合试验。试件模拟的防渗墙厚度为15cm，沥青混凝土配合比为：大庆减压渣油10%，兰州10号沥青5%，7级石棉2%，石灰石粉25%，玄武岩风化砂（粒径0.074～5.0mm）29%，玄武岩碎石

（粒径 5.0～15.0mm）29%。试验时的空气温度为－40℃，试件底层沥青混凝土也冷却到－40℃。浇筑厚 20cm、入仓温度为 150℃的沥青混凝土，经过 20min，底层 20cm 深范围内已软化，水银温度计可随意插入。冷却后，层面结合良好。

在白河、库尔滨、宝山、西沟、富地营子等工程的心墙冬季施工时，都进行了上下层结合观测和试验，结果表明层间结合良好，未发现不密实的现象。

应当指出，以上几个工程所用沥青的软化点较低，沥青混凝土中沥青含量大，上下层容易融合成一个整体。如果沥青混凝土所用沥青的软化点较高，或沥青含量低于 10%，则应提高沥青混凝土入仓温度，以确保层间结合质量，但温度不宜超过 170℃，以免影响沥青混凝土的技术性能。

②运输降温

热沥青混凝土在运输中温度会降低。白河坝工程心墙施工时气温－16℃，装料木桶未加保温措施，沥青混凝土出机温度 138℃，经人工挑运 6～7min，仅降温 6℃，对施工影响较小。库尔滨、宝山、西沟、富地营子等工程心墙冬季施工时，采用手推车运输，每车运输量约为 0.2m^3，运距都在 1000m 以内，运输过程中沥青混凝土降温约为 5℃，入仓温度都能保证在 140～150℃。

苏联也进行了热沥青混凝土的运输温降试验，沥青含量为 12.6%，出机温度为 150～160℃，在－15℃气温下，用 7t 自卸汽车运输 40km，能确保沥青混凝土温度不低于 140℃，满足入仓温度要求。

热沥青混凝土的运输降温除与气温、运距、运输容器大小和容器保温措施有关外，还与沥青混凝土中的沥青含量有关。据资料介绍，沥青的比热约为 2.1J/（g·℃），约为石料的 2.6 倍，沥青导热系数约为 0.5kJ/（m·h·℃），为石灰岩导热系数的 1/25，玄武岩的 1/12，因此沥青常被认为是保温材料，沥青含量必然影响沥青混凝土的保温性能。如欲得到导热系数小的沥青

混凝土，增加沥青含量是最有效的措施。

③低温抗裂性

由于基础的约束作用，沥青混凝土防渗结构施工时，如遇到气温骤降，可能会产生裂缝。苏联在严寒条件下，对沥青含量不同的沥青混凝土进行了对比试验。在重型道路上，道路沥青混凝土铺筑2～5h后就会出现裂缝，水工沥青混凝土铺筑5.5h后出现裂缝。然而，沥青含量达10%的塑性沥青混凝土，却能够经受温度骤降不开裂。

白河坝浇筑式沥青混凝土心墙在严寒下施工，并暴露在－36℃下。140m长的心墙段没有发生冻裂。库尔滨坝心墙的上下游侧各有15cm厚的混凝土预制块，暴露在约－40℃的低温下没有冻裂。

与碾压式沥青混凝土相比，浇筑式沥青混凝土的线膨胀系数约大1倍，可达$5.0\times10^{-5}/℃$，而其低温极限拉应变却大2～4倍。此外，沥青混凝土的低温抗裂性能还与沥青品质有关，选用沥青时应予注意。

根据上述工程介绍，浇筑式沥青混凝土可以在很低的气温下施工。根据我国的气候条件，日平均气温低于－15℃的地区较少。即使是在这些地区，低于－15℃的天数也很少。避开一年中最冷的时间1月和2月，应不致对工程影响很大，但对提高施工效率，避免施工人员在恶劣条件下操作，以及确保工程质量都是有利的。

1.0.5 沥青混凝土防渗墙施工为热作业，质量要求较高，如在夜间施工，容易发生安全事故和铺筑质量问题，对于斜坡面板作业尤为如此。我国碧流河、正岔、石砭峪以及宝泉等工程经验表明，即使照明设施很完备，夜间的光线也与白天相差很大，沥青混凝土表面碾压情况观察不清，加之工人疲劳，一旦出现问题，不易及时发现和处理。从三峡、冶勒、尼尔基等工程看，夜间施工效果并不理想。

1.0.6 沥青混凝土配合比可分为设计配合比和施工配合比。在

工程设计阶段，采用工程可能获得的原材料，确定的满足规范要求的配合比是设计配合比。施工之前采用实际原材料，确定的满足规范要求的配合比是室内配合比。室内配合比经现场铺筑试验确认后，就是施工配合比。铺筑试验结果是确认沥青混凝土生产工艺和铺筑工艺的主要依据。

1.0.7 20世纪90年代以前我国修建的土石坝沥青混凝土防渗墙工程质量较差，施工机械化水平较低是其重要的原因之一，主要表现在配料精度不高，温度控制不准，摊铺压实质量低等方面。目前国内施工机械水平，特别是沥青混合料拌和站、专用的沥青混凝土摊铺机已有了较大发展，并已在三峡茅坪溪心墙坝、坎尔其心墙坝、峡口面板坝、南谷洞面板坝和宝泉抽水蓄能电站等工程中应用，实践证明可以满足工程需要。

浇筑式沥青混凝土心墙应提倡机械化方法施工，特别是坝高50m以上的较高坝，宜采用金属模板法。苏联也有采用滑升模板法施工的工程实例。

2 术　　语

2.0.1　美式英语中把沥青称为 asphalt cement。除了沥青质、胶质和油分外，沥青中还含有少量的蜡。蜡含量较高时，可使沥青易于高温流淌，与骨料黏附性变差，极限拉应变减小，易于低温开裂。

2.0.2　美式英语中把改性沥青称为 modified asphalt cement。目前常用的聚合物改性沥青称为 polymer modified bitumen（简称 PMB），主要包括 SBS 改性沥青和 SBR 改性沥青。SBS 是苯乙烯（S）-丁二烯（B）-苯乙烯（S）嵌段共聚物的缩写，SBR 是丁苯橡胶。

2.0.5　判断骨料酸碱性有多种方法，碱值试验方法是其中之一，并已列入《水工沥青混凝土试验规程》（DL/T 5362），但目前还没有以碱值判断骨料酸碱性的标准。常见岩石的碱值包括：石灰岩 0.97、安山岩 0.71、玄武岩 0.64、片麻岩 0.62、花岗岩（黑色）0.57、砂岩 0.55、花岗岩（红色）0.54。公路工程中常将玄武岩、辉绿岩用于沥青混凝土面层。

2.0.11　目前国内沥青混凝土配合比中各组成成分的含量均笼统地用百分数表示，含义不清楚，为此列入了沥青含量这一词条，并给出了德国等国的标识方法。其一以沥青混合料的质量为 100%，沥青含量和各骨料粒径组含量均以百分数（% m）表示；其二以矿料（包括粗、细骨料和填料）质量为 100%，沥青含量采用油石比，以百分数（% pha）表示，pha 的英文含义是“parts bitumen on hundred parts of aggregate”（以骨料为 100 份的沥青份数），各骨料粒径组含量则以百分数（% m/m）表示。

3 原材料及技术要求

3.1 沥　　青

3.1.1 沥青材料可分为地沥青和焦油沥青两大类。地沥青按照来源可进一步分为石油沥青和天然沥青，天然沥青产量较少，工程中很少采用。焦油沥青有煤焦油沥青（简称煤沥青）和木焦油沥青。焦油沥青有毒，对水质有污染，不应在水利工程中应用。

3.1.2 为确保沥青混凝土面板的变形适应能力，提出本项要求。

国内20世纪90年代以前兴建的碾压式沥青混凝土面板防渗工程，主要采用60号道路石油沥青。例如半城子、车坝河、南谷洞等工程均采用国产胜华60甲，牛头山工程采用的沥青是茂名60甲，石砭峪工程为胜华60甲、茂名60乙和阿尔巴尼亚60甲等。这些工程中均发生了不同程度的面板裂缝，半城子工程则发生了严重的低温开裂；牛头山工程在对面板裂缝修补时，发现沥青混凝土变形能力较差，常出现一条缝变成两条缝的情况，半城子工程也发现有类似的情况。另外，即使采用了这类标号偏低的沥青，南谷洞工程仍发生了严重的斜坡流淌。

另外沥青在施工过程中的老化使沥青混凝土的变形能力更显不足。根据壳牌沥青公司的试验研究结果，拌和前后的沥青硬化几乎使沥青的针入度相差一个等级，针入度由90变为70，70变为50等。沥青在施工过程中造成的老化，相当于工程使用40年的老化结果，而在施工老化中，拌和老化约占73%。

以往采用较低标号的沥青主要是基于斜坡稳定性的考虑。近年来由于采用现代破碎技术，骨料针片状含量减小，骨料形状得到改善；同时采用高密实度熨平压实器的摊铺机日益增多，极大地提高了摊铺施工中沥青混凝土的预压实系数，即使采用较高标号沥青，也不会对斜坡稳定产生不利影响。为提高沥青混凝土的变形性能，目前采用70/90号沥青的工程越来越多。如三峡茅坪

溪工程采用70号沥青，天荒坪、张河湾、西龙池、宝泉等工程沥青混凝土面板工程均采用70～90号沥青，南谷洞工程沥青混凝土面板加固采用90号沥青。

3.1.3 以往浇筑式沥青混凝土曾采用过各种沥青。如湖南镇混凝土坝60号甲道路沥青（1979年），坑口碾压混凝土坝采用了由55号（60%）和100号（40%）掺配的沥青（1986年），碧流河混凝土坝段采用了由55号（70%）和100号（30%）掺配的沥青（1981年），丰满混凝土坝采用了由减压渣油和氧化沥青掺配的沥青（1990年），罗湾混凝土坝采用了70号沥青（2002年）等。若按针入度计，掺配沥青的针入度一般为30～70dmm，而东雷二级抽黄工程采用10号（25%）和200号（75%）掺配沥青，针入度高达113dmm。这些工程的防渗效果都很好，说明沥青标号的选择范围很宽。但是掺配沥青的掺配质量不易控制，不宜在工程中采用。沥青标号过高时，沥青混合料易于分离，流变和侧压力也较大，故建议采用较低标号沥青。

3.1.4 根据国内的施工经验，沥青运输和保管应注意以下问题：

1 不同牌号沥青外观上不易区分，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。沥青的组分很复杂，受原油产地和加工方法的影响，即使同牌号的沥青，性质亦不尽相同，故应按产地、品种、牌号分别存放。

2 防渗墙工程所用沥青多为桶装，如装卸不慎，桶壁易破裂，造成沥青外流，应加以注意。

3 国内有的工程已采用汽车罐装沥青运输，造价相对较低。且罐装设备一般具有加热卸料功能，应用方便。但对汽车罐装运输，拌和站应配备有可加热的卸油罐与之配套。节假日停工期间，应将拌和站沥青储存罐的温度降低，防止沥青老化。张河湾工程中，储存罐中沥青的温度不高于140℃时，储存两周不会引起沥青老化。

4 袋装沥青装卸时要防止硬摔硬碰，以免沥青破碎，混入杂物。目前好的袋装沥青均采用塑料带包装，包装袋在沥青加热

过程中完全熔化，不会堵塞沥青管道。塑料包装袋熔化混入沥青后，也不会对沥青性能产生不利影响。袋装沥青保管不善，就会粘附泥沙、草屑、纸片等杂物，影响沥青的质量和加热，应注意避免。

5 沥青为可燃物质，又是高温作业，加热过程稍有疏忽可引起火灾，故须重视防火，配备满足消防要求的灭火设施。

3.1.5 乳化沥青主要用作涂层材料，用以代替稀释沥青，可降低成本，改善工作条件。过去国内一般采用阴离子乳化沥青。由于一般骨料表面呈现阴离子，如采用阳离子乳化沥青，则骨料与沥青之间的黏结力较强，破乳时间也相对较短，有利于施工安排。且目前国内已有各种阳离子乳化沥青、阳离子乳化剂供应，故推荐采用阳离子乳化沥青。

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，对稳定性要求也不高，且价格便宜。特别是对于偏僻地区，乳化沥青采购困难，这一方法尤为适用。乳化沥青有多种生产设备，齿轮泵匀化机较为简单，产品质量均匀，生产效率也较高。胶体磨乳化设备比较复杂，但产品质量较好。

3.1.6 乳化沥青的储存，要防止漏失、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密封、限制储存期限等措施。乳化沥青凝聚破乳后，沥青微粒相互凝聚结团，将使喷涂困难，且不易均匀，故规定破乳的乳化沥青不应使用。

3.1.7 稀释沥青由沥青和溶剂掺配而成。稀释沥青易渗入底层缝隙，形成粘结牢固的沥青膜。天荒坪工程就在混凝土与沥青混凝土之间的接触部位，采用稀释沥青作为底涂，底涂上涂抹IGAS－Black密封膏。国外稀释沥青常用100号或200号沥青与煤油掺配而成，并按照不同的黏度标准，分为不同的等级。国内也有采用稍低标号的沥青，掺配比例一般为石油沥青30%～40%，溶剂60%～70%。

3.1.8 当采用快挥发性溶剂（如汽油）配制稀释沥青时，宜将

熔化的沥青以细流状加入溶剂中，沥青温度控制在100℃左右。溶剂初始为常温，其温度随沥青的加入而逐渐升高。应避免沥青加入过快，造成溶剂突然升温挥发。当采用慢挥发性溶剂时，溶剂挥发性较小，溶解能力也不及快挥发性溶剂强，故一般将常温溶剂以细流状缓缓加入熔化的沥青中，同时应不停地搅拌，沥青温度不应超过120℃，并不得超过溶剂的闪点温度。由于渗入的有机溶剂是液体燃料，容易挥发，燃点低，故应注意防火。稀释沥青的储存温度不应高于50℃。

3.2 骨　　料

3.2.2 人工碎石表面比较粗糙，可提高与沥青的黏附力，亦可提高沥青混凝土的咬合力，故规定宜采用人工碎石。采用天然卵石加工碎石时，增大卵石粒径与碎石最大粒径的粒径比，可以增大碎石的破碎面。根据经验，其粒径比应在3倍以上。用卵石作粗骨料，黏附力与咬合力均小，故应有充分的技术论证。

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。但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、形状较好的块石碎石机。宝泉工程曾采用反击式破碎机，对200～300mm块石进行初级破碎，采用冲击式破碎机进行二次破碎，取得了较好的破碎效果。

3.2.3 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，在长期与水接触中水稳定性较好，故建议以碱性岩石加工碎石作粗骨料。当需要采用酸性骨料时，应采取相应措施（如掺用抗剥离剂、消石灰、水泥等），以改善其与沥青的黏附力，提高沥青混凝土的水稳定性。

目前国内还没有评价骨料黏附性对沥青混凝土力学性能影响程度的方法。鉴于骨料黏附性差，将影响沥青混凝土的水稳定性，美国ASTM D 4867中采用劈拉强度比（TSR）评价这一影响，要求TSR不足75%时需使用抗剥落剂，TSR为经过水浸处

理的试件和未经过处理试件的劈拉强度比。非洲加纳某道路工程中采用花岗岩骨料，其黏附性等级为3级，磨耗层沥青混凝土TSR为66.2%，因此需使用抗剥落剂。经掺入2%的水泥替代矿粉作为抗剥落剂，TSR提高到99.0%，满足了TSR界限值的要求（唐山萍等，《道路沥青混凝土配合比设计》，中国水利水电科学研究院学报，2007年第5期）。ASTM D 4867的评价方法仅限于孔隙率大于6%的沥青混凝土，且经过水浸处理后的试件饱水率应为55%～80%。该方法与公路沥青混凝土运行后实际剥离情况的对应性尚不清楚，但其在评价沥青混凝土骨料黏附性的相对影响方面，仍具有借鉴意义。

3.2.4 沥青混凝土面板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，容易形成渗漏通道，影响防渗效果。国内工程沥青混合料骨料最大粒径见表1。

表1 国内工程沥青混合料骨料最大粒径实例

工程名称	工程类型	铺筑层厚（cm）		骨料最大粒径（mm）		防渗层层厚/最大粒径
		整平层	防渗层	整平层	防渗层	
天荒坪	碾压式面板	10	10	16	11	9.1
张河湾	碾压式面板	8	10	13.2	13.2	7.6
西龙池	碾压式面板	10	10	19	19	6.3
宝泉	碾压式面板	10	10	19	13.2	7.6
茅坪溪	碾压式心墙	—	20	—	20	10.0
冶勒	碾压式心墙		20～25		20	10.0～12.5
尼尔基	碾压式心墙		20		20	10.0
吉林聚宝	浇筑式心墙	—	27～43	—	20	13.5～21.5

在近10年建设的工程中，即使是对于10cm厚的摊铺层，防渗层的骨料最大粒径基本没有超过16mm，整平胶结层的骨料最大粒径也没有超过19mm。与以往国内工程相比，最大粒径有

减小的趋势。

另外，由于整平胶结层没有严格的防渗要求，孔隙率也较高，范围也较宽，故其最大粒径可适当放宽，以节省碎石加工费用。

方孔筛筛孔尺寸为 31.5mm、26.5mm、19mm、16mm、13.2mm、9.5mm、4.75mm、2.36mm、1.18mm、0.60mm、0.30mm、0.15mm、0.075mm。

3.2.5 确保粗骨料的分级数目，可以提高沥青混合料的配料精度。目前粗骨料一般根据粒径分级，如：19～16mm、16～13.2mm、13.2～9.5mm、9.5～4.75mm、4.75～2.36mm。当粒径组过多时，也可将 19～16mm、16～13.2mm 两组合并。当摊铺层厚较薄（如 6cm）时，粗骨料可采用 9.5～4.75mm 和 4.75～2.36mm 两级配料。

3.2.6 本条以原标准为基础，参考了《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）中的相关内容。在指标取舍上，在表明骨料坚硬性的压碎率和洛杉矶磨耗损失两项指标中选取压碎率指标，它符合水利施工特点，且简单易行；含泥量和小于 0.075mm 颗粒含量两项指标中选取含泥量指标。

这里的超径率是相对骨料最大粒径而言，逊径率是相对 2.36mm 粒径而言。当骨料分级检验时，不检验各级骨料的超径率和逊径率，这是由于各级骨料的逊径可以通过最后的级配调整消化。超径率过大可能影响摊铺层的孔隙率和表面封闭性，超逊径率过大还可影响配合比的调配；吸水率大的骨料，表明其空隙多，质地疏松，易受水浸湿，易残存水分，从而降低骨料与沥青的黏附性能。骨料应有洁净的表面，如表面有黏土等杂质，将降低与沥青的黏附力，故对含泥量需加限制。粗骨料形状接近立方体，受力条件较好；而针片状颗粒受力后易被折断，故应限制其含量。骨料耐久性试验采用硫酸钠法，可以加快试验进程。粗骨料与沥青的黏附性能，采用水煮法进行试验，看沥青薄膜在全部颗粒表面保持完整的程度。4 级黏附力是表示沥青薄膜被水移

动，其厚度不均匀，但颗粒仍未露出。大量试验研究和工程实践（包括道路）的经验表明，只要黏附力达到4级，可以满足工程的要求。

3.2.7 在细骨料中掺用一定数量的圆颗粒天然砂，可以使相同沥青含量的混合料更易于摊铺压实，在斜坡摊铺施工中尤为必要。然而天然砂掺量过多对斜坡稳定不利，且河砂多为酸性，掺量过多对沥青混凝土的耐水性不利。加工骨料筛余的石屑因其母岩系碱性岩石，并且富有棱角，与沥青的黏附性能好，故建议在满足摊铺压实要求的前提下，宜充分利用。细骨料的水稳定等级是判断细骨料与沥青黏附性能的指标。

细骨料可分为人工砂和天然砂。表3.2.7中的含泥量和有机质含量技术要求仅针对天然砂提出，人工砂一般不存在含泥量偏高或有机质含量偏高的问题。

3.2.8 细骨料含水率过大，不仅烘干困难，加热时也不易达到规定的温度，故在堆存时，应采取防雨措施。加热前，细骨料的含水率宜不大于4%。

在允许条件下应加大骨料储量，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5d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，有效地提高沥青混凝土的性能。滑石粉系工业产品，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，只在特殊部位采用。例如石砭峪面板坝工程，采用滑石粉配制沥青玛琋脂用于封闭层，效果良好。根据国内试验，采用粉煤灰作填料的沥青混凝土，和易性很差，难以压实。

根据国内24个水工沥青混凝土防渗工程的资料统计，填料品种采用石灰岩粉的15个（占62.5%），采用白云岩粉的3个，

山砂粉的4个，水泥的2个。

3.3.2 在沥青混合料中，填料与沥青组成均匀的沥青胶结料（沥青—填料相），可以提高沥青混凝土的黏滞性。细骨料及粗骨料的空隙需要填料填充，因此填料的级配也是一个重要问题。限于试验方法，标准中还不能充分体现这一点。

水分含量的限制，目的在于控制填料不结块成团，易于分散，我国《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）规定填料的水分应小于1%，但日本《水利沥青工程设计基础》均要求水分不超过0.5%。

3.3.3 填料的堆存要求同水泥堆存基本一致，其要点为：

（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）要求疏松无结块，按购入先后次序使用。

（4）便于存取，袋装填料不宜码放过高。

3.3.4 拌和站和骨料加工系统回收的粉尘粒径一般偏粗，不一定满足填料的粒度要求，因此对于防渗层，回收矿粉的用量不宜超过填料用量的25%。实际掺用量应以沥青混凝土质量是否满足技术要求确定。

3.4 掺料及加筋网格

3.4.1 掺料是为改善沥青混凝土的某项技术性能而掺入的材料，主要有有机纤维、矿物纤维和矿物掺料。有机纤维有木质素纤维、多兰纤维（为聚酯合成）等，矿物纤维主要有玄武岩纤维，矿物掺料主要有消石灰。

添加木质素纤维可以提高沥青混凝土的斜坡稳定性。张河湾工程的试验研究表明，木质素掺量为0.3%的沥青混凝土，斜坡流淌值仅为不掺纤维沥青混凝土的1/5。

消石灰及水泥是为了增强沥青与骨料之间黏附性，其防止剥离的效果较好。但日本的试验表明，掺量超过5%，会导致沥青混凝土的柔性降低。若采用有机表面活性掺料改善酸性骨料的黏

附性，应通过试验论证。因有些有机物的耐热性差，如长时间受高温作用，其防止剥离效果会降低。

掺料在沥青混合料中用量虽少，但影响甚大，故应根据试验确定最优用量，并应注意试验的代表性。例如消石灰，试验室内试样可以仔细加工，但在工地往往难以实现，导致试验结果不能反映实际，甚至造成质量事故，工程上曾有这种实例，应予以重视。

石棉用作掺料虽可提高沥青混凝土的热稳定性、抗流变性和抗弯强度，但石棉粉尘属致癌物质，对人体有害，污染环境，工程中不应采用。

3.4.3 目前公路工程常用的是木质素纤维，主要是絮状纤维。由于木质素纤维生产的沥青混凝土不能再生使用，目前美国应用的矿物纤维较多。不论是公路工程还是水利工程，聚合物化学纤维在沥青混凝土中应用还不多。上海桑塔纳轿车测试车道工程曾采用壳牌改性沥青并掺加纤维，以增加斜坡稳定性，使其斜坡坡度可达45°以上。张河湾工程曾采用掺量0.24%的木质素，以提高防渗层沥青混凝土的斜坡稳定性。表3.4.3给出的木质素纤维质量技术要求引自《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）表4.11.1。

3.4.7 加筋网格主要用于沥青混凝土面板的结构加强，以提高面板在基础局部不均匀沉陷时的抗裂性能，目前主要有玻纤网格和聚酯网格两种。南谷洞、宝泉等工程采用的是玻纤网格。天荒坪、张河湾、西龙池等工程采用的是聚酯网格。这两种网格的主要区别是，玻纤网格（GSB）的拉伸弹性模量较大，聚酯网格（GSJ）则较小。表2给出的是土工格栅的力学性能要求，引自《交通工程土工合成材料　土工格栅》（JT/T 480—2002）。宝泉工程曾用不同加筋网格进行了沥青混凝土的小梁弯曲试验，试验结果表明，玻纤网格的变形刚度为聚酯网格的3.5倍，采用玻纤网格加强的小梁试件2℃时的最大弯拉应变和挠跨比是聚酯网格加强试件的3.9倍，抗裂加强效果较好。

表 2　土工格栅的力学性能要求

（引自 JT/T 480—2002）

项 目	聚酯土工格栅（GSJ50）	玻纤土工格栅	
		GSB40	GSB60
纵、横极限抗拉强度（kN/m）	≥50	≥40	≥60
纵、横向断裂伸长率（%）	≤13	≤4	

4 配合比的确定

4.0.1 沥青混合料施工配合比的确定分两个阶段进行。第一阶段确定室内配合比，第二阶段确定施工配合比。进行室内配合比试验时，采用实际可能采用的沥青和矿料进行试验。同时矿料的级配也应符合实际，一般采用现场加工或购买的成品骨料。在施工前期无法获得成品骨料时，也可采用室内加工的矿料进行试验，待有成品骨料时再进行补充试验。

4.0.2 施工配合比由现场摊铺试验确定。摊铺试验采用实际的施工设备进行，包括矿料加工设备、沥青混合料拌和站、摊铺设备、碾压设备、封闭层涂刷设备、施工缝加热处理设备等。摊铺试验的目的是在实际施工条件下，对室内配合比和各种施工工艺参数进行验证，同时确定用于质量检验的马歇尔试件成型击实次数。

4.0.3 施工中，由于每天生产的骨料可能发生变化，可对拌和站的热料配料进行适当调整，以确保生产出来的沥青混合料满足规定的配料精度要求。当原材料发生变化导致矿料级配变化较大时，一旦通过拌和站的配料调整无法保证沥青混合料满足施工配合比的配料精度要求，就需要对施工配合比进行调整，重新确定施工配合比。

5 沥青混合料的制备与运输

5.1 沥青混合料拌和站的布置与设备

5.1.1 沥青混合料的生产采用定型拌和站有利于确保生产质量，目前国内已有许多定型拌和站可供选择，故做此项规定。同时为保证沥青混合料生产质量，确保安全生产，提出了拌和站的布置要求。

5.1.2 沥青混合料拌和站分间歇式和连续式两种。连续式拌和站配料精度较低，一般难以满足配料质量要求。选择间歇式拌和站时，要注意拌和站的料斗数目。水利工程中要求的生产能力往往较低，而低生产能力间歇式拌和站的料斗数目偏少，不利于保证配料精度。这时可要求拌和站厂家附加料斗数目，以满足配料精度需要。天荒坪工程的 MARINI—260 型拌和站设有 6 个冷料仓，包括天然砂和 0～2mm、2～5mm、5～8mm、8～11mm、11～16mm 料仓。宝泉工程的拌和站设有 6 个冷料仓和 5 个热料仓，冷料仓包括天然砂和 0～2mm、2～5mm、5～8mm、8～13mm、13～19mm 料仓，热料仓包括 0～2mm、2～5mm、5～8mm、8～13mm、13～19mm 料仓。

5.1.3 对小型工程施工，在确保生产质量的前提下，可选用非定型拌和站配合人工方式生产。但这些拌和站的计量精度一般较差，应注意加强操作管理。这时的场地布置，主要考虑骨料、沥青加热、拌和等主要工序的紧密衔接，相互协调，减少温度损失。还要考虑地形条件，充分利用物料在自重作用下的流动，力求其制备工艺流程合理、有效、经济和安全。

5.1.6 拌和站的除尘是其应具备的重要辅助功能，既可以改善拌和站的生产环境，减少粉尘排放，回收的粉尘还可以作为填料使用。目前中型以上拌和站一般都具备二级除尘系统，大型拌和站还具备粉尘回收装置。

5.2 沥青混合料的拌和

5.2.1 沥青混合料的温度是质量控制的重要指标之一。沥青混合料的拌和温度对施工有很大影响，应考虑到所用沥青的黏度、混合料运距、施工季节、施工方法等情况慎重确定。不同来源的沥青具有各自的黏度特性，有时即使针入度相近，黏度也不相同。一般在室内测试沥青黏度，根据黏度确定拌和温度。

根据国外资料《The Shell Bitumen Hydraulic Engineering Handbook》(1999 年版)，沥青混合料的标准拌和黏度为 0.1～0.3Pa·s，相当于运动黏度为 100～300mm^2/s。按照这一黏度确定的拌和温度可作为标准拌和温度。实际应用时，可测试两个温度（比如 135℃和 175℃）的沥青运动黏度 ν，并按式（1）计算出当量黏度 A_ν，该式由沥青试验数据图（BTDC）导出，相关系数可达 0.9991。由于 A_ν 与温度（℃）基本呈线性关系（即黏温曲线），可根据这一关系求出不同黏度的温度。

$$A_\nu = 8.78 \times \log_{10}(\log_{10}\nu + 4.97) \tag{1}$$

式中 A_ν——当量黏度，无量纲数；

ν——运动黏度，mm^2/s。

上述国外按照黏度选择施工工艺温度的方法可供借鉴，其他施工工艺环节的参考动力黏度还有：摊铺和碾压 0.3～2.0Pa·s，沥青泵送 1.0～1.5Pa·s，沥青喷洒 0.03～0.05Pa·s。

5.2.2 与普通沥青混合料相比，在相同温度下改性沥青混合料的黏度较大。为了满足施工要求，其加工温度较高。改性沥青混合料在水利工程中应用还不多，目前只有西龙池上池工程采用了改性沥青混合料。本条提出的温度指标是《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004) 的规定，实践中应注意总结经验。

5.2.3 施工配料单用于拌和站的配料管理，规定了每盘料中沥青、填料以及各热料仓矿料的投料重量标准值。配料单由施工配合比以及填料、热料仓的矿料级配确定。由于矿料级配的日常变动，施工中常需要调整配料单，以使其最大程度地接近施工配

合比。

5.2.4 配合比允许偏差是指沥青混合料的实际配合比与施工配合比的偏差。比如，施工配合比为：沥青7%、填料10%、细骨料37%、粗骨料46%；实际配合比为：沥青7.1%、填料10.9%、细骨料39%、粗骨料43%，则配合比偏差为：沥青+0.1%、填料+0.9%、细骨料+2.0%、粗骨料−3.0%。对照表5.2.4的规定，实际配合比满足允许偏差的要求。

沥青混合料的配合比偏差是质量控制的关键之一，其来源由两部分组成，一部分为拌和站的称量误差，另一部分为当前骨料来料的变动。实践证明，除确保来料稳定外，采用合适的拌和站完全可以确保称量误差满足要求。反之，选用的拌和站不合适，甚至采用人工拌和方式，配料精度一般不易满足要求。参照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）的规定，本条提出了三类检验方法。其中，抽提检验是目前就有的，但由于试验周期长，检验数量少，不能满足配料质控的需要。为此，充分利用拌和站的配料称量记录是必要的，有利于及时发现问题。由于这是在国内首次提出此类检验要求，应注意积累经验，逐步完善。

此外，如果抽提试验方法不恰当也可能造成试验误差，故应严格按照《水工沥青混凝土试验规程》（DL/T 5362）中的“沥青混凝土抽提试验”方法进行。

表5.2.4是结合国内外工程情况，同时参考了《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）关于沥青玛琋脂碎石混合料（SMA）的相关要求制定的。表3给出了国内外部分工程沥青混凝土配合比偏差标准和德国的标准值，从中也可以看出，这些标准基本是可行的。要予说明的是，表3中的配合比偏差标准仅涉及表5.2.4中的逐盘、抽提检验，不包括总量检验。

5.2.5 先将骨料和填料干拌，然后加入沥青，沥青混合料易于拌和均匀，不产生花白料。

表 3　国内外部分工程沥青混凝土配合比偏差标准与德国标准值的比较

工 程	沥青（%）	填料（%）	细骨料（%）	粗骨料（%）	文　献
天荒坪	0.3	2	5	5	张克强等，《天荒坪抽水蓄能电站上水库沥青混凝土防渗护面工程建设监理工作》，引自《土石坝工程》，1998：1-2
茅坪溪	0.3	1	4	5	茅坪溪单元工程质量检测及评定标准（试行）TGPS26－2000
张河湾	0.3	2	5	5	张河湾抽水蓄能电站上水库沥青混凝土面板工程（ZHW/C12）自检报告
西龙池	0.3	2	5	5	西龙池自检报告
宝泉	0.3	2	5	6	宝泉蓄水前安全鉴定自检报告
尼尔基	0.3	1	5	5	李维科等，《尼尔基水利枢纽主坝碾压式沥青混凝土心墙施工技术》，中国水利水电出版社，2005 年 12 月
Storglomvatn	0.3	2	3～4	6	Kaare Hoeg，Asphaltic concrete cores for embankment dams，Experience and Practice，Statkraft，Veidekke，Norwegian Geotechnical Institute，1993
防渗面板、心墙	0.3	3	6	6	DGGT，Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltarbeiten im Wasserbau，EAAW 2007
胶结层	0.3	3	8	8	
排水层	0.5	3	8	8	

5.3　沥青混合料的运输

5.3.1　沥青混合料的运输车辆、喂料车的容量应与摊铺机的容量配套，主要的要求是自卸汽车的容量与摊铺机容量相等，或为

摊铺机容量的整数倍；摊铺机的容量不小于喂料车的容量。宝泉工程中，比例系数 $n=1$ 或 2，即小的自卸汽车容量等于喂料车容量，大的自卸汽车可以给喂料车供料两次。

$$V_{py} = nV_{xy} \tag{2}$$

$$V_{xy} \leqslant V_t \tag{3}$$

式中 V_{py}——自卸汽车（或料罐）的容量，m^3；

V_{xy}——喂料车的容量，m^3；

n——比例系数，$n=1$ 或 2 为宜；

V_t——摊铺机的容量，m^3。

自卸汽车（或料罐）不宜过小，否则热量损失大，漏料多，影响作业生产率。自卸汽车的数量要与摊铺机的摊铺能力相适应，主要要求见下列各式：

$$P_b > P_t \tag{4}$$

$$NP_y \geqslant aP_t \tag{5}$$

$$N \geqslant 1 + a(t_1 + t_2 + t_3)/T \tag{6}$$

式中 P_b——拌和站生产能力，t/ h；

P_t——摊铺能力，t/ h；

N——自卸汽车的数量；

P_y——单台运输车辆的生产率，t/(h·台)；

t_1——运往摊铺地点的时间，min；

t_2——由摊铺地点返回拌和站的时间，min；

t_3——卸料时间和其他等待的时间，min；

T——摊铺一车料所需的时间，min；

a——车辆的备用系数，可取 1.1～1.2。

应保证摊铺设备的连续摊铺。目前的公路拌和站与水利工程沥青混合料摊铺能力相比一般都偏大，因此拌和站都需加设储料仓，以减少频繁停机对拌和站稳定生产的影响。

5.3.3 漏料往往是车厢挡板接缝间隙过大，或由于未能及时清理车厢，导致卸料门关闭不严造成的。也有的是车厢体积过小，道路不平，车辆颠簸而引起的。这些都要在施工中予以注意。

沥青混合料在运输中的热量损失与运距、气温、风速、运输机械的容量与保温设施等因素有关。日本《水工沥青工程设计基准》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4。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，要加保温设备。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，应作废料处理。斜坡施工时，废料应在下斜坡之前从运输车辆中清理掉，否则倒在斜坡上再清理，不仅更费事，甚至会影响正常摊铺。

表4　沥青混合料允许的运输时间

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

5.3.5　沥青混合料运输过程中转运或卸料时，根据经验，卸料落差一般不大于2m，且下料速度均匀。

5.3.6　浇筑式沥青混合料的保温罐壁为双层薄钢板内嵌矿棉等保温材料，容积一般为0.5～1.0m^3。罐下部设有卸料口，上部加盖和吊装环。保温罐装在汽车上，每个汽车一般配备两个保温罐并用钢丝绳作临时固定。

5.3.7　汽车在运输浇筑式沥青混合料时，要防止突然制动。浇筑式沥青混合料保温罐用吊车进行垂直运输时，要匀速下落，防止料罐摆动过大或转动造成沥青混合料在浇筑之前分离。

5.3.8　为防止运送沥青混合料的车厢、料罐、料斗等黏料，行之有效的方法是喷涂防黏液。防黏液一般为柴油与水的混合液（柴油：水＝1：2），但涂刷量要严格控制，并防止沥青混合料中和沥青混凝土面上出现油、水积聚。沥青混合料施工机具使用后要立即清洗干净。

6 碾压式沥青混凝土施工

6.1 一 般 规 定

6.1.4 混凝土表面乳皮对黏结不利，要求除去。一般混凝土表面可喷涂一层稀释沥青，用量为0.15～0.20kg/m^2。不适于采用稀释沥青的部位，也可用乳化沥青。采用塑性密封垫层材料的部位，按照垫层材料厂家的工艺要求进行施工，有的厂家要求涂刷稀释沥青，有的则用特制的黏结剂。相关内容还可参见本标准第8章。

6.2 铺 筑 前 的 准 备

6.2.1 本条不包括坝体填筑部分填筑前的准备。坝体填筑的分区、材料、压实程度对沥青混凝土面板的变形有重大影响，不能认为沥青混凝土面板适应变形的能力强而放松对坝体填筑质量的要求，其填筑施工应遵守相关施工规范的要求。

坝体填筑通常超出上游设计线约50cm，在铺设垫层前，用推土机或人工进行坡面整修，并用振动碾补充碾压，使坡度、平整度、密实度满足设计要求。对土质上游坝坡，在铺设垫层前，喷洒除草剂以防植物生长穿透沥青混凝土面板。除草剂的品种和喷洒量，需要在调查当地对沥青混凝土有危害的植物类型的基础上，通过试验确定。

6.2.2 沥青混凝土面板下垫层的作用是整平、支承、排水、粒径过渡和防冻胀等。目前工程常要求垫层面法向变形模量应不小于30～35MPa，变形模量的确定采用直径60cm的圆形承压板载荷试验方法［载荷试验（049），《土工试验规程》（SL 237）］。另外，需重视垫层的排水作用，以免在施工降雨期间由于垫层排水不畅在面板下形成接触冲刷，造成沥青混凝土面板的破坏。宝泉工程上水库施工期间就发生过这一问题。

目前垫层基本采用碎石柔性垫层。过去的刚性垫层，包括干砌石、无砂混凝土等，已基本不用。柔性垫层主要指连续级配的碎（卵、砾）石垫层，该种垫层可适度调整坝体不均匀沉陷，便于机械化施工，且坡面平整度易于控制。

6.2.3 垫层面的平整度直接影响其上沥青混凝土面板的平整度。如果垫层平整度差，一方面影响摊铺机的行走；另一方面使沥青混凝土面板的摊铺厚度难以控制。本条规定是根据目前的施工技术水平提出的。天荒坪工程上水库规定坡面垫层在3m范围内凸凹度不超过40mm，库底为3m范围内不超过30mm。宝泉工程规定坡面垫层在3m范围内凸凹度应小于40mm。

6.2.4 碎、卵石垫层石料要求质地坚硬，其级配和密实度符合设计要求。根据不同的垫层厚度，垫层的铺筑有如下两种方式：

（1）垫层厚度较小时采用顺坡铺筑。如日本藤木调节池的沥青混凝土面板采用粒径不大于40mm的级配碎石作为垫层，厚度为15cm，边坡为1∶2.5。垫层在斜坡上用推土机摊铺，用汽车式卷扬机牵引的振动碾顺坡碾压。

（2）垫层厚度较大时采用先水平分层填筑再顺坡碾压，一般分为过渡层棱体和支承面层两部分铺设。过渡层棱体按水平分层填筑，填筑层厚约400mm。在过渡层棱体上铺厚100～200mm的细粒料，即为支承面层。面层用振动碾顺坡碾压，上行振动，下行不振动，以防粒料滚落。

6.2.5 为保证碎石垫层表面的稳定，便于摊铺机摊铺施工，同时改善垫层与沥青混凝土的胶结，垫层铺设后，在表面喷洒一层乳化沥青。乳化沥青宜选用阳离子型，其黏结性能优于阴离子型乳化沥青。乳化沥青的喷洒量取决于垫层材料的类型，对碎石垫层一般为2～3kg/m^2。喷洒均匀，不遗留空白。喷洒时要注意：

（1）垫层表面保持清洁、干燥。

（2）下雨前不要喷涂，以免被雨水冲走。

（3）喷洒速度与沥青混凝土的铺筑速度相适应，一次喷洒面积不宜过大，避免因暴露时间过长而受到污染。一次喷洒面积原

则上与沥青混合料的一天铺筑面积相当。

（4）乳化沥青或稀释沥青干燥后，方可在其上铺设沥青混凝土。干燥时间取决于当地的气象条件、基底性质及其自身的挥发性。

6.3 面板摊铺

6.3.1 目前碾压式沥青混凝土面板一般均采用一级铺设。但当坝坡较长（如超过 120m）或因施工度汛造成一级铺设困难时，可采用分级铺筑。铺筑长度过长会产生如下问题：①坡面运距过长，摊铺能力下降；②卷扬机的钢丝绳在自重作用下，将在已铺筑的沥青混凝土面上，划出一道道沟槽。对此应注意避免。

对于分级铺筑，当铺筑下部时，需设置临时坡间施工平台，以布置牵引设备和施工道路。平台宽度根据牵引设备的布置及运输车辆交通的要求确定，一般为 15～20m。

坝面摊铺时，摊铺能力按摊铺机、卷扬台车和喂料车组成的摊铺机组计算。库底摊铺时，摊铺机组的摊铺能力取决于摊铺机的摊铺能力。摊铺机的摊铺能力 Q_p 按式（7）和式（8）计算：

$$Q_p = \frac{60K_pLBh\rho}{L/v + Nt_p} \tag{7}$$

$$N = \mathrm{int}\left(\frac{\rho LBh}{G_f}\right) \tag{8}$$

式中 Q_p——摊铺机的摊铺能力，t/h；

K_p——时间利用系数，K_p=0.75～0.95；

L——摊铺条幅长度，m；

B——摊铺条幅宽度，m；

h——摊铺条幅厚度，m；

ρ——沥青混凝土密度，t/m^3；

v——摊铺速度，m/min，一般为 1～3m/min；

N——喂料次数；

t_p——喂料车喂料时间，min；

G_f——喂料车容量，t。

斜坡摊铺时，摊铺能力常由喂料能力 Q_f 控制。Q_f 可按式（9）和式（10）计算，其大小与摊铺条幅长度 L 有关。

$$Q_f = K_f \frac{\rho L h B}{T} \tag{9}$$

$$T = T_0 + Nt_1 + \frac{2N}{V_f}\left[L - \frac{G_f(1+N)}{2\rho h B}\right] \tag{10}$$

式中 Q_f——斜坡喂料能力，t/h；

K_f——时间利用系数，K_f=0.8～0.9；

T——摊铺一个条幅所需的时间，h；

T_0——卷扬台车条幅移动就位时间，h；

t_1——喂料车坝顶受料加摊铺机给料时间，h；

V_f——喂料车行走速度，m/h。

由于摊铺和喂料相互制约，实际摊铺能力 Q 取式（7）和式（9）中的较小值，即 $Q = \min(Q_p, Q_f)$。

6.3.2 摊铺机具有预压实功能，有利于保证施工质量和厚层铺筑。机械化施工效率高，施工接缝少，铺筑时骨料不易分离。国内近期施工的天荒坪、张河湾、西龙池、宝泉等沥青混凝土面板工程均采用机械化施工。天荒坪、宝泉两工程摊铺机的熨平压实器为液压可伸缩，可变宽度摊铺，有利于减少斜坡曲线段的人工铺筑，提高面板质量。

本标准称摊铺机的压实为预压实，以示与振动碾压实的区别。斜坡面板施工中摊铺机是关键设备之一，这里提出了对其预压实系数的最低限制。20 世纪 70 年代、80 年代，摊铺机基本没有预压实（牛头山工程除外），压实完全依靠振动碾。按照当时的经验，预压实系数为 74%～83%。这里提出摊铺机预压实系数不小于 85%，目前的斜坡摊铺机是可以做到的。宝泉工程所用摊铺机的预压实系数为 90%以上；南谷洞加固工程中采用了西安理工大学研制的简易摊铺机，其预压实系数也为 85%～

94%（防渗层和整平层不同）。

《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40—2004）中也有压实度概念，其含义是实际压实密度与标准密度之比，也用百分数表示，它反映的是实际压实密度值与要求值的比值，是工程质量检查与验收中重要的检查项目。对于摊铺层上的同一点来说，密度比和厚度比是相等的。

6.3.3 沥青混凝土面板的铺筑方向有水平铺筑和垂直铺筑，水平向摊铺可采用桥式摊铺机，斜坡坡度较小时也可用摊铺机水平行走摊铺。水平摊铺的坝坡不能太长（<50m），国外如德国曾采用桥式摊铺机铺筑了几个抽水蓄能电站的沥青混凝土护面。目前面板仍以斜坡摊铺机自下而上垂直摊铺为主，铺筑宽度一般为3～5m。

面板垂直摊铺有两种方法：一种是通条摊铺法，即自下而上完成一个条幅的摊铺后，再依次摊铺相邻条幅，这种方式没有水平接缝，面板的整体性较好，应优先采用；另一种是分区摊铺法，该法将面板按不同高程分为若干区，每区依条幅由一岸至另一岸摊铺，摊铺完一个区后再摊铺上面相邻的区段，各区段长度以保证纵向接缝温度达到热接缝或半热接缝的要求为准，其大小与铺筑能力、沥青混合料的温度、气温等有关。分区摊铺法适于摊铺能力较小的工程。分区摊铺时，区间水平接缝是薄弱部位，应按施工接缝的相关要求进行处理。

6.3.4 铺筑压实后的厚度必须满足设计要求，压实厚度取决于摊铺厚度。实际铺筑时可根据预压实系数（见6.3.2条说明）调整摊铺机的熨平板高度。摊铺机如有自动调平装置，则应根据预压实系数，确定好基准线，并使传感器接触基准线。

摊铺温度较低，将难以保证合适的碾压温度。根据国内外工程的经验，普通防渗沥青混合料的摊铺温度可按沥青的针入度，参考表5中的数值。整平胶结层或排水层的摊铺温度通常比防渗层的摊铺温度低10～15℃。聚合物改性沥青混合料的摊铺温度通常比相应标号普通沥青混合料的摊铺温度高10～20℃。

表 5　防渗层沥青混合料摊铺温度

项　目		石油沥青标号		
		70	90	110
摊铺温度（℃）	正常值	145～165	140～160	135～155
	不低于	140	135	130

6.3.5　防渗层分层铺筑时，每层厚度一般为 5cm。分层铺筑应使条幅接缝不重叠，避免形成直接的渗漏通道。分层铺筑工艺复杂，费工费料。分层层间结合不好时，由于雨水的进入，可能发生鼓包。在我国早期所建的工程中，限于当时的施工机械和技术水平，很多工程采用分层铺筑，如石砭峪、南谷洞等工程。

单层铺筑施工简单，且没有层间鼓包和滑移问题。由于一次铺筑，层厚加大，保温时间较长，有较长的碾压时间，可使接缝质量更好。单层铺筑由于层厚较大，可使用粒径较大的骨料，有利于改善面板的斜坡稳定性。目前采用的摊铺机具有预压实功能，碾压设备功能强，可确保单层铺筑的压实效果（厚度不大于 10cm）。

6.3.6　人工铺筑是指人工摊铺、振动碾或小型压实设备压实。沥青混凝土为高温施工，采用人工铺筑时工作困难，施工质量不易保证。因此，只有在摊铺机不能靠近的部位方可采用人工铺筑。德国《水工沥青导则》（EAAW 2007）中要求，应选择有经验的工人进行人工施工。我国以往工程质量偏低，与大面积采用人工铺筑方法有关，南谷洞、里册峪等工程就曾存在这一问题。

本条所提的特殊部位，一般无法采用摊铺机铺筑，只能采用人工摊铺施工。铺筑时应注意下述事项：

（1）首先控制来料的速度，使之与人工摊铺的速度相适应，避免温度下降过多。保证混合料的铺筑温度、厚度、平整度、均匀性满足要求。

（2）其次铺筑厚度的控制可以根据拟铺筑的面积和厚度，计算来料量。也可以根据沥青混合料的压实系数控制铺筑的厚度，

压实系数是摊铺厚度与压实厚度之比，人工摊铺的压实系数为1.35～1.45。因此可以根据压实厚度确定摊铺厚度。

（3）为保证摊铺均匀，使用耙子耙平时，应注意防止粗骨料的离析。

6.3.7 曲面的铺筑接缝较多，要求仔细确定摊铺方案，一般有四种方案可供选择，各方案的对比见表6和图1。首选是采用可变宽度的摊铺机，按梯形条幅方案摊铺。这种摊铺机的熨平梁液压可伸缩，根据伸缩量的大小，可以选择不同的梯形方案。如曲面的长边弧长 L_l 与短边弧长 L_s 之比为弧长比 L_l/L_s，熨平梁的最大伸展长度 L_e 与最小长度 L_0 之比为伸缩比 L_e/L_0，则当伸缩比不小于弧长比时，整个曲面可以实现通条摊铺，不需设置横缝。但当伸缩比小于弧长比时，仍需设置横缝，或在摊铺条带中增设半截条带（俗称“加楔子”）。通过设置横缝或加楔子的方法，曲面摊铺可以完全避免人工摊铺，这是采用可变宽摊铺机的最大优点。

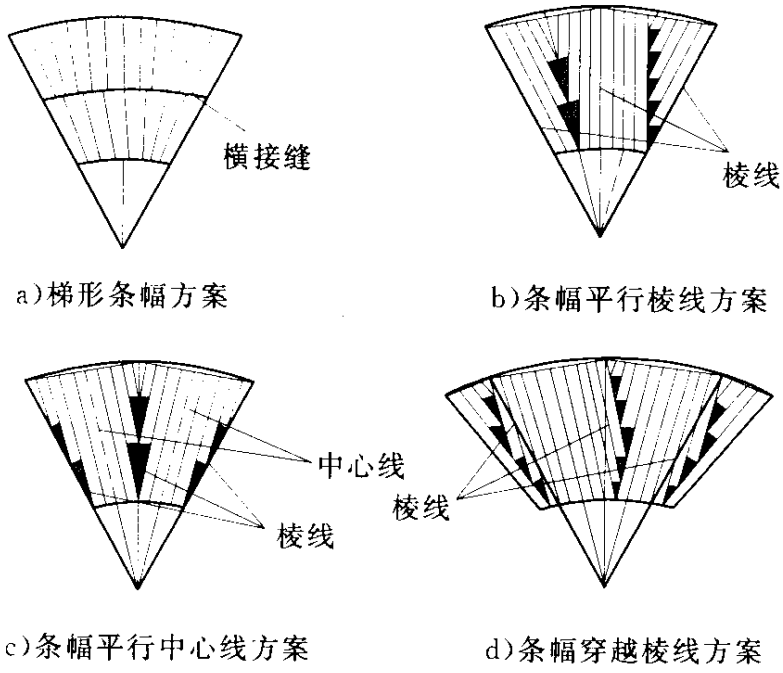
当摊铺机的摊铺宽度固定时，可选择的摊铺方案有三种，这时人工摊铺填补剩余三角带是不可避免的。三种方案是条幅平行棱线方案、条幅平行中心线方案和条幅穿越棱线方案。条幅穿越棱线方案兼有条幅平行棱线方案和条幅平行中心线方案的优点，虽然摊铺机穿越棱线后将产生横向倾斜，但实践表明没有什么妨碍，故建议采用。面板曲面采用机械摊铺后，会留下一些三角形区域需要人工填补，其外观较为平整，但消耗劳力较多。为了节约劳力，亦可用摊铺机填补。由于摊铺机跨越已铺条幅时有所重叠，三角带的摊铺将加厚，对于大、中型工程，这种方法仍较适用，日本沼原调节池工程的三角部位全部采用此方法。

进行面板反凹弧部位的摊铺时，可能增厚摊铺层；而摊铺反凸弧部位时，可能减薄摊铺层。弧形曲率过大时，摊铺机可能无法通过，振动碾无法正常压实，因此应注意采取应对措施。必要时，可采用设置横缝，分段摊铺。宝泉工程在库岸下部外凸折点部位采用分段摊铺，下部为人工摊铺，上部为摊铺机摊铺。石砭峪工程也曾发生面板原设计的曲率半径太小，致使摊铺机无法通

过的问题，后来只得变更设计，加大曲率半径。

表 6　四种曲面铺筑方案的优缺点比较

方案名称	梯形条幅	条幅平行棱线	条幅平行中心线	条幅穿越棱线
铺设宽度	不等宽	等宽	等宽	等宽
横缝	取决于伸缩比	无	无	无
三角部分面积	无	较大	较小	较小
各层三角部分	无	可避免重合	集中重合于棱线	可避免重合
卷扬台车移动	折线	折线	直线	直线
摊铺机工作方式	变宽度	固定宽度	固定宽度	固定宽度



a)梯形条幅方案　　b)条幅平行棱线方案

c)条幅平行中心线方案　　d)条幅穿越棱线方案

图 1　四种曲面铺筑方案

6.3.8　摊铺复式断面面板的排水层，一般先摊铺开级配沥青混合料，留出隔水带的位置，然后再用密级配沥青混合料铺筑隔水带。这样，隔水带沥青混凝土因受两侧排水沥青混凝土的约束，压实质量较有保证。当隔水带的设计宽度与摊铺机的摊铺宽度一致时，用摊铺机摊铺；若隔水带的宽度小于摊铺机的摊铺宽度

时，则只能用人工摊铺。

6.4 面板碾压

6.4.1 碾压是面板施工中的关键工序。国内早期施工时，摊铺机没有预压实功能，碾压分为对松散料的初次碾压和对初碾料的二次碾压，初次碾压主要是防止混合料的温度散失，二次碾压是压实。目前斜坡摊铺机都具有预压实功能，原来意义上的初次碾压和二次碾压的划分已没有必要。但对接缝部位，紧跟在摊铺机后，采用小型压实设备（如振动夯板）进行压实，实践证明易于保证接缝质量。2004 年南谷洞工程施工就采用了这一方法。

目前面板碾压一般使用轻型至中型双钢轮振动碾，碾重 1～5t，以 3t 左右为主。天荒坪工程共配备有 7 台振动碾，其中 1 台 0.75t、3 台 3t、1 台 4.5t、2 台 5.5t，均为双钢轮振动碾。

6.4.3 碾压温度是确保碾压质量的重要参数之一。温度过低可能压不实；温度过高则混合料变形较大，表面可出现发丝状裂缝或拥包。碾压温度与混合料的类型、沥青种类、压实机械类型、气温、面板坡度等因素有关，根据现场摊铺试验确定。在不发生拥包、推移和裂缝的前提下，碾压温度取高值，以确保压实效果。

碾压温度与沥青黏度有关。据国外的资料（见《壳牌沥青手册》，1995 年版），沥青的压实适宜黏度为 2～20Pa·s，相当于运动黏度为 2000～20000mm^2/s。与这一黏度对应的温度为适宜碾压温度，可供参考。工程实践表明，除沥青的黏度外，尚有其他因素影响压实效果。表 6.4.3 是参考国内外工程实践经验提出的。

整平胶结层或排水层沥青混合料的碾压温度通常比防渗层沥青混合料的碾压温度低 15～20℃，否则，碾压时易拥包。

改性沥青的黏度较大，因此改性沥青混合料的施工温度比普通沥青混合料高 10～20℃。

6.5 面板接缝与层间处理

6.5.1 接缝是防渗层的薄弱部位，尽管目前的施工技术可以确

保接缝施工质量，但施工中仍应采取措施减少接缝数量，并对接缝认真处理。保证接缝施工质量的有效方法是采用大型摊铺机械，既可减少接缝数量，又可提高接缝质量。

6.5.2 防渗层的施工接缝宜采用斜面对接，斜面坡度一般为45°。过去美国曾采用过搭接接缝（在铺好的条幅上重叠10cm），但由于接缝加热器不能有效加热搭接面，反而黏结不好。采用大型摊铺机后，由于摊铺机上有带压边器和接缝加热器，为采用平接接缝创造了条件。关于接缝的斜面坡度，既要考虑接缝的长度，又要便于压缝和加热。目前缝面坡度一般采用45°，过陡接缝效果不好，过缓则边缘过凉、易碎。西安理工大学的室内外试验也认为缝面坡度取45°较好。

摊铺条带边缘的松散料会严重影响接缝部位的压实质量，应当除去。当摊铺机压边器角度太陡或边缘有松散料时，要对接缝人工修边。当摊铺机无压边器时，摊铺时边缘部位无预压实，存在松散边，这时更要修整边缘角度，除去松散部分。

施工接缝是面板防渗的薄弱部位，要加强碾压，避免漏碾。在热接缝部位，碾压需有一定的重叠。进行冷接缝条带碾压时，由于冷缝一侧的条带已经变硬，重叠碾压可能会破坏冷缝一侧条带。因此当冷缝温度过低时，振动碾要贴缝碾压，不得跨缝碾压。但当接缝温度不低于60～70℃时，跨缝碾压也不致损坏冷缝一侧的条带。

关于冷接缝的温度界定，原规范曾规定为90℃，天荒坪工程曾采用80℃，德国《水工沥青导则》（EAAW 2007）中也规定为80℃。本条规定采用80℃。

6.5.3 整平胶结层和排水层没有防渗的要求，不论其是否为热接缝，均可不做处理。我国已建沥青混凝土面板均按此实施，对面板的质量没有不利影响。

6.5.4 为了使施工接缝结合良好，所有接缝面要保持清洁。如有污染，必须清理。为确保黏结效果，还需涂刷热沥青。

防渗层冷接缝可采用条文中所述的两种方法处理。如经论

证，可以仅用前一方法处理，其关键是压实跟进要及时，可安排人工用振动夯板紧跟在摊铺机后压实，以确保压实效果。南谷洞、张河湾等工程曾采用前一方法处理，天荒坪、宝泉等工程则采用后一方法处理，实践证明两种方法均是可行的。第一种方法的最大好处是，可以利用后铺条带的热量焐热冷缝至一定深度，如果摊铺后压实跟进及时，压实手段有效，可以达到消除冷缝的目的。同时对于第一种方法，采用远红外加热器加热冷缝表面的要求并不高。

第二种方法是补救方法，其效果完全取决于加热情况和击实效果，加热以沥青混凝土表面不焦糊为限，一般低于 180～190℃。天荒坪工程沥青混凝土施工中曾进行了防渗层冷缝部位加热时间和温度的试验。试验时大气温度 24℃，沥青混凝土表面温度 42℃，采用红外线加热器及振捣锤对冷缝进行处理。现场测量结果见表 7。该结果表明加热时间达到 15min 以上时，沥青混凝土表面起泡，有焦糊迹象，因此试验所用加热器的加热时间一般不超过 15min。另外鉴于沥青混凝土温度低于 70～80℃时，碾压或击实效果很差，该结果表明，采用红外线加热器及振捣锤对施工冷缝进行处理，有效处理深度为 6cm 左右。

表 7　天荒坪工程冷缝沥青混凝土试验结果

加热时间（min）	表面温度（℃）	内部温度		核子密度仪密度（g/cm^3）	
		插入深度（cm）	温度（℃）	处理前	处理后
5	96	3.5	60		
10	160	6.0	62	—	—
15	186	7.5	60	2.327	2.414
20	192	8.0	60	2.249	2.417
注：采用插入式温度计量测内部温度，插入深度为人力可及的深度。					

6.5.5　缝面加热在摊铺机前进行，也可以将加热器悬挂在摊铺机上。摊铺机停车时，如果缝面加热器未及时关闭，会导致缝面

加热时间过长造成老化，影响接缝质量。当采用人工移动加热器时，更应注意控制加热时间，并防止时间过长。对于天荒坪工程采用的加热器，根据表7的试验结果，加热时间应不少于5min。环境温度低时，时间还可延长。

6.5.6 采用真空渗气仪检验防渗层施工接缝处的防渗性，已被国内外工程实践证明是行之有效的、快捷简便的方法，故本条规定采用真空渗气仪检验防渗层的施工接缝。真空渗气仪检测应在铺筑面冷却至常温后进行，以防检测造成沥青混凝土面吸起变形，一般在次日上午阳光照射前检测。

对不合格的施工接缝，除本条提出的加热压实与置换新的沥青混合料两种处理方法外，还有其他的处理方法，如加涂封闭层材料、加贴玻璃丝布油毡及灌注沥青等，但因这些方法的实际效果缺乏论证，故未列入本标准条文。

6.5.7 防渗层层间有灰尘、泥土、散落的石子等杂物时，可以采用压缩空气等工具清理干净，不推荐用水冲洗。防渗层沥青含量较大，易出现斜坡流淌或滑动，因此防渗层之间一般不大面积喷涂乳化沥青。乳化沥青仅可作局部处理之用，且沥青用量不应超过0.5kg/m^2。为避免防渗下层表面过度污染，进行施工安排时，要尽可能缩短上下层之间的摊铺时间间隔。

6.5.8 采用网格加强接缝时，避免摊铺机履带或轮胎靠近网格搭接部位，以防搓动网格。网格固定不牢固时，摊铺机易于沿网格层面滑动。因此，要采用可靠的网格固定方法。采用红外线加热器加热接缝缝面时，过度加热可能烤坏加筋网格，需要避免。

6.6 面板封闭层施工

6.6.1 封闭层可以封闭沥青混凝土表面的孔隙，延缓沥青混凝土的老化，并使其免受冰冻损害等。封闭层也可适当弥补面板的防渗缺陷。过去国内工程封闭层流淌较多，涂刷偏厚是重要的原因，为此应注意采用合适的涂刷机械。

当普通沥青玛琋脂难以满足高温不流淌或低温不脆裂的要求

时，可采用改性沥青代替普通沥青。

以往国内曾采用乳化沥青作为封闭层，但其防渗和防老化性能不好。南谷洞工程曾采用聚合物改性乳化沥青胶涂层作为封闭层，施工简单，且可以做成白色，降低了阳光直射下面板的温度升高，但这类技术还有待完善。

6.6.2 采用沥青玛琋脂封闭层时，沥青玛琋脂一般采用机械拌制，使之搅拌均匀。沥青玛琋脂温度较高，主要是为了降低黏度，利于涂刷均匀和控制厚度。

6.6.3 涂刷封闭层前，沥青混凝土表面要保持干净、干燥。当局部存在污染且清理不干净时，可涂刷乳化沥青，以增加沥青玛琋脂与沥青混凝土间的黏结。由于乳化沥青过多不利于封闭层稳定，故涂刷一遍即可。

6.6.4 封闭层的涂刷厚度不宜超过2mm。沥青玛琋脂由于黏度大，不宜采用洒布机喷洒，故在本条文中未推荐。宝泉工程封闭层施工时，涂刷机料斗中带有加热器，有效地防止了沥青玛琋脂的温度降低。局部人工涂刷时，应自上而下进行，以防下部堆积过厚。本条推荐涂刷温度在170℃以上，主要是考虑此时沥青玛琋脂黏度较低，便于涂刷均匀，控制厚度。日本《水利沥青工程设计准则》规定：封闭层宜选择在气温10℃以上的天气施工，也是考虑到在此气温下，涂刷温度易于保证。另外，当涂刷温度低于150～160℃时，封闭层与防渗层之间的黏合将变差，应予避免。

6.6.5 涂刷完封闭层后，坝面应避免人机行走，以免破坏封闭层。同时，坝面涂刷封闭层后较滑，人员行走也不安全。

6.7 心墙摊铺

6.7.2 三峡茅坪溪工程的机械摊铺每层摊铺厚度23～25cm，全轴线不分段一次摊铺、碾压完成。摊铺机是挪威由DEMAG—DF130C型道路摊铺机改装的，摊铺宽度可根据心墙宽度在0.5～1.2m范围内调节。摊铺前，首先清理、清扫层面，用激光经

纬仪标出心墙轴线，并由细金属丝定位，通过摊铺机前的摄像机和驾驶室内的监视器，操作手可以精确跟随细金属丝行进。摊铺机前部设有燃气式红外加热器。摊铺前，加热器先烘干、加热已铺层面。当沥青混合料和过渡料卸入摊铺机料斗后，摊铺机边行进边摊铺沥青混合料和过渡层料，行进速度为 2m/min。摊铺机总摊铺宽度为 3.5m，该宽度以外的过渡料由反铲堆料，人工摊平。具体施工工序为：施工准备→层面清理→测量放线、固定金属丝→沥青混合料和过渡料卸入摊铺机→摊铺机摊铺→过渡料反铲补填→过渡料碾压→沥青混合料碾压→过渡料补碾。

6.7.3 施工机具不干净可污染摊铺层面，层面一旦被污染，污染部位可能被留在防渗体中。振动碾表面不应涂刷柴油，并防止直接将柴油或油水混合液撒在铺筑层面上。因为柴油不易挥发，混在沥青混凝土中将降低沥青混凝土的黏结质量。碾压时可在碾压钢轮上喷水防粘，喷洒水量要严格限制，喷洒的水蒸发后对沥青混合料的压实没有影响。若油水混合液喷洒过量，易在铺面上积聚，可能使油分残留层间，影响层间结合。心墙碾压时也可铺设帆布，防止粘碾。

6.7.4 沥青混凝土铺筑时，需等待底层沥青混凝土表面温度降低到 90℃以下，且不低于 70℃进行。当一天内连续铺筑 2 层以上时，由于沥青混凝土来不及降温，第二、第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。冶勒工程曾在 90℃的沥青混凝土层面上进行摊铺，效果良好。

6.7.6 人工摊铺段施工时，一般在摊铺过渡料并预碾压后，再将沥青混合料填入钢模板内铺平。碾压沥青混合料之前，要将钢模板拔出，并及时将模板表面的粘附物清除干净。三峡茅坪溪工程的心墙人工摊铺段采用活动钢模板，模板每块长 200cm，高 25cm，厚 0.8cm，按设计要求定位心墙宽度后，相对的两块模板由 3 根有卡口的角钢固定。卡口位置不同，面板间距也不一样。

有些工程为了防粘，使钢模板易于拔出，在模板内侧涂有脱模剂。有用轻柴油做脱模剂的，也有自己配制脱模剂的，其配比为：火碱：硬脂酸：滑石粉：水（80℃）＝1：20：330：400。方法是先将80℃的水与火碱和硬脂酸混溶，再添加滑石粉。但为防止心墙污染建议不用脱模剂为好，钢模板上的沥青混合料粘附物可用喷灯加热，铲刀铲除。

6.7.9 当心墙施工一日一层时，由于前一层的层面温度在下一层施工前已基本降至自然温度，过渡料的粉尘不会与沥青混凝土表面黏结，简单的清扫可以清除这些粉尘。但当一日施工多层时，由于前一层层面温度在下一层施工前仍较高，过渡料的粉尘落在层面会发生黏结，难以清除。这时填筑过渡料时，就需用防雨布等遮盖心墙表面。根据碧流河工程的经验，遮盖宽度超出两侧模板300mm以上，方能有效防止粉尘污染沥青混凝土表面。

6.7.10 心墙两侧的过渡层一般用3t以下的小型振动碾碾压，以防激振力过大，造成钢模板偏移。人工摊铺的施工工序是：加设钢模板并定位→用防雨帆布遮盖心墙表面和钢模板→填筑过渡料→对钢模板150～200mm以外的两侧过渡料对称碾压压实→人工摊铺整平沥青混合料→拔出钢模板→用防雨帆布覆盖沥青混合料至心墙外两侧各300mm→碾压压实沥青混合料→除去防雨帆布→碾压距心墙150～200mm范围内的过渡料。

6.7.12 心墙两侧过渡料压实后的表面要略低于心墙层面1～2cm，以防造成沥青混凝土面的污染和积水。

6.7.13 心墙摊铺厚度不宜太厚。从三峡、冶勒、尼尔基等工程的经验看，摊铺厚度一般小于25cm，压实情况较好。冶勒坝摊铺28cm一层，压实到25cm；龙头石工程曾摊铺到30cm。心墙表面平整度用3m靠尺检测，凸凹度不大于30mm。

6.7.14 由于拌和楼拌制的沥青混合料开始几立方米的温度不稳定且偏低（但满足最低摊铺温度要求），所以开始时不要紧贴岸坡基础混凝土摊铺，而要离开2～3m远，待沥青混合料温度稳定后再摊铺岸坡处，这样更有利于沥青混凝土和岸坡基础混凝土

的黏结。

人工摊铺时，如卸料不均匀，平仓工作量加大，不利于最终质量。平仓时，不应用铁锹抛撒沥青混合料，而应用锹倒扣入仓，最好用平耙将料耙平，以避免沥青混合料分离。

6.7.15 采用专用摊铺机摊铺时，要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。

6.7.16 机械摊铺时，激光定位仪是保证过渡料铺平的仪器，在整个摊铺过程中必须确保其稳定不动。否则，会影响过渡料及沥青混合料的铺平效果。

6.7.17 摊铺过程中要随时检测沥青混合料的入仓温度。三峡茅坪溪工程施工规定入仓温度一般为 160～180℃，盛夏最低不低于 130℃，冬季最低不低于 140℃。气温偏低时，入仓温度应提高，气温偏高时入仓温度应降低。在保证碾压温度的同时，建议缩短沥青混合料入仓后的静置时间，以提高工作效率。实践表明，盛夏季节如果入仓温度为 170℃左右，则需放置 1～2h 才能将温度降到 150℃左右的初始碾压温度，这势必降低了工作效率；而在冬季，由于温降较快，如果入仓温度过低，碾压过程中温度损失较大，终碾时温度可能达不到规定的要求，从而影响碾压质量。

6.8 心墙沥青混合料碾压

6.8.1 现场一般配置两台沥青混合料碾压设备，留一台备用，以防止因设备故障不能及时碾压。如没有备用碾压设备，也可使用过渡料的振动碾替代，但要按照碾压试验确定的参数使用，并在使用前将轮面清理干净。碾压沥青混合料的振动碾以小吨位为好，有利于沥青混合料排气和密实。目前工程上一般采用 1t 左右的振动碾。

6.8.3 碾压温度要考虑施工时的气候条件，根据现场试验成果确定。三峡茅坪溪工程规定初始碾压温度为 140～160℃，盛夏最低不低于 130℃，冬季最低不低于 140℃。尼尔基工程规定初

始碾压温度为140～160℃，盛夏最低不低于140℃，冬季最低不低于145℃。冶勒坝的碾压温度，冬季为155～165℃，夏季为135～150℃。

6.8.4 沥青混合料与过渡料的碾压，以贴缝碾压方式为最好，这样既可以不污染仓面，不浪费沥青混合料，又能保证心墙质量。但当碾轮宽度大于心墙宽度时，就只能采取骑缝碾压，为此，需要用帆布覆盖沥青混合料后再进行碾压。由于沥青混合料与过渡料的压实性能不同，过渡料会架撑振动碾碾轮而降低对沥青混合料的压实效果，为此，过渡料的摊铺厚度一般略低于沥青混合料的摊铺厚度1～2cm，或由试验确定。

三峡茅坪溪工程的碾压设备采用德国BOMAG公司的BW90AD型和BW90AD—2型振动碾，碾重1.5t，碾压速度为20～35m/min，碾压6～12遍。心墙两侧过渡料采用2台BW120AD—3型振动碾，碾重2.7t。心墙的碾压工序是：①先将过渡料静碾1遍、动碾2遍；②沥青混合料静碾1～2遍停10～20min，再动碾8遍；③过渡料离开心墙1m外补碾动碾2遍；④沥青混合料收仓静碾1～2遍。

心墙宽度大于碾面宽度时，振动碾采用错位碾压，每次错位50%（半碾宽）依次碾压，可使沥青混凝土表面平整、无错台。碾压遍数增加时，沥青混凝土的密度也逐步增加。但碾压遍数过多时，会导致沥青析出表面。过碾试验中发现，当碾压厚度为20cm时，沥青混凝土表面3～7cm范围内的沥青含量明显偏大，矿粉和砂子的含量也偏大，容重偏低，底部粗骨料含量偏大，沥青混凝土内部结构发生了分离。

6.8.5 采用大脚夯或振动夯板夯实时，沥青混凝土表面以达到返油为止。同时要避免因夯实方法不当导致骨料破碎。

6.8.6 碾压过程中要对碾压轮连续洒水，防止沥青及细料黏在碾轮上。

6.8.7 碾压施工中，振动碾表面不要涂刷柴油，也不要将柴油或油水混合液撒在层面上。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黏结质量。

6.8.9 仓面上的污物和冷料块会减小沥青混凝土心墙有效断面，并形成结合薄弱点。

6.8.10 心墙铺筑后，在心墙两侧 4m 范围内，不要使用大型机械（如 13.5t 振动碾，2.5t 打夯机等）压实坝壳填筑料，以防心墙局部受震畸变或破坏。为此，要妥善选择该范围内填筑料的填筑厚度和压实工艺。

6.9 心墙接缝及层面处理

6.9.1 在已压实的心墙上继续铺筑前，要将结合面清理干净。污面宜采用压缩空气喷吹清除。如喷吹不能完全清除，需用红外线加热器烘烤黏污面，使其软化后铲除。

心墙摊铺前要保证层面干净干燥。一般用远红外加热器加热时，只需 2～3min 心墙表面便可达到 70℃以上，且可深达 1～1.5cm。专用摊铺机加热层面时，要控制好行走速度，使其加热均匀。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，不宜加热过早。另外层面加热时间不宜过长，以免沥青混凝土老化。

6.9.3 仓面清理一般用高压风就可以吹净仓面上的水珠、杂物。但对于停工一段时间的仓面，无论是否覆盖帆布，仓面都很脏，且用高压风清理不干净。这时要用高压水冲洗，必要时还要用钢丝刷刷洗。对于污染的仓面，用喷灯烤软后铲除，应特别注意仪器检测后留下的污渍处理（如渗气仪检测后留下的黄油、用油漆写的桩号、高程等）。层面要求干燥，并加热至 70℃以上方可摊铺。必要时可喷洒稀释沥青处理层面，待其挥发后铺筑上层沥青混合料，以利层间结合。

6.9.4 钻取芯样遗留的孔洞要及时回填。孔洞中的杂物、水珠要清理干净，并用喷灯烤干。孔洞周壁需加热到 70℃以上，再分层回填沥青混合料，每层厚 5cm，每层可用 10kg 的捣棍夯实 25 次以上。芯样孔回填高度要略高出心墙 2cm。

7 浇筑式沥青混凝土施工

7.1 浇筑前的准备

7.1.2 在砌石坝、碾压混凝土坝、混凝土坝的上游面设置沥青混凝土防渗层，我国已有多项工程的成功实例。这些工程，有的是原坝体有裂缝和渗漏，作为修补措施采用的，如丰满混凝土重力坝、碧流河混凝土重力坝、罗湾混凝土重力坝、凤滩混凝土空腹重力拱坝等；有的是新坝，在设计时作为防渗结构而采用的，如上犹江空腹重力坝、坑口全碾压混凝土重力坝等。国外也有多项工程实例。在这方面我国已积累了较多经验，本标准补充了这方面的内容。

浇筑式沥青混凝土防渗面板的结构是，在大坝迎水面设置一道预制钢筋混凝土护面板，用坝体内的锚筋和护面板上的挂环连接，将护面板固定在坝体上游面，在护面板与坝体间的空腔内浇筑沥青混凝土，形成带钢筋混凝土挡板的沥青混凝土防渗面板。在运输中，护面板借助吊环吊装。

护面板的预制与一般钢筋混凝土预制构件相同。护面板的强度及配筋按沥青混凝土的侧压力和构造要求进行设计。护面板厚度较薄，一般为 6～12cm。长度一般为 200cm，高 60cm。护面板内配制单层钢筋，钢筋不外露，四周设 3～5cm 的企口。锚筋直径 16～20mm。护面板两侧设有两个铁吊环。护面板与沥青混凝土的接触面，要除掉浮灰及灰皮，并在干燥的条件下涂刷稀释沥青，待稀释沥青中的溶剂挥发后方可使用。

护面板预制一般在预制厂或现场专门场地制作。预制好的护面板按施工进度要求运至现场，按设计的不同类型和尺寸分类编号、堆放。运输过程中要防止由于道路不平或车辆刹车等原因造成护面板折断、断角等。护面板要进行检查，及时修补残缺部位，不合格的作废品处理。

7.1.4 护面板按类别运至坝顶后，用汽车吊或缆机将其吊至专用可移式吊篮上。吊装护面板过程中也要防止碰撞损坏护面板边角。

可移式吊篮需专门设计，并能水平移动和上下升降。中、小型老混凝土坝用沥青混凝土面板进行防渗加固处理时，也可搭接钢管脚手架，在脚手架上进行坝面钻孔、安装锚筋、坝面清理和安装预制混凝土护面板。

预制护面板的架立，均需在坝面处理完后进行。每架立一次护面板，即浇筑1～2层沥青混凝土，整个坝面可通仓分层进行浇筑。

7.1.5 浇筑式沥青混凝土心墙施工，一般采用可拆卸组装的金属模板法（如苏联泰尔芒斯卡亚沥青混凝土心墙坝、恰甫其海上游围堰等）、滑升模板法（如苏联鲍谷昌心墙坝）。为了防止沥青混凝土黏结模板，冬季可在模板内壁加铺一层耐高温土工织物，即利于脱模，又可保温。施工时先立模，然后填筑心墙两侧过渡料，再浇筑沥青混凝土，待沥青混凝土温度降至45℃以下时拆除模板。模板安装可参见6.7.6条的条文说明。

混凝土预制块与心墙和堆石体变形不协调，对于较高的坝不宜采用。采用沥青砂浆砌筑混凝土预制块时，预制块与沥青混凝土共同形成主副墙结构。预制块与沥青砂浆、沥青混凝土的黏结面，先用铁刷刷去浮灰，并在干燥时涂刷稀释沥青，待稀释沥青中的溶剂挥发后方可砌筑副墙。砌筑副墙时，沥青砂浆的温度一般控制在130～150℃，用坐浆法砌筑厚约1.5cm的沥青砂浆，砌筑横缝应确保沥青砂浆饱满。副墙砌筑要求平直，预制块竖缝错开，并严格控制上、下游副墙间距离，以保证主墙厚度满足设计要求。

尼尔基心墙坝在坝顶高程218.25～218.70m部分设置了约390m^{3}的振捣式沥青混凝土心墙，其配合比为：沥青含量7.4%，矿粉含量11.3%，细骨料含量31.7%，骨料最大粒径20mm。施工采用内衬无纺布的钢模板，装载机直接入仓。为防

止振捣棒拔出后在沥青混凝土内留下棒孔，用自制的“刀式”振捣器在沥青混合料中振动移动，移动速度不大于 2m/min。振捣直至沥青混合料表面“返油”为止。开始振捣时的温度为 150～160℃，且振捣温度不低于 145℃。施工检测孔隙率小于 2%。

7.2 面板浇筑

7.2.2 对于连续浇筑或在夏季作业时，沥青混凝土层面可不加热，可利用新浇筑的热沥青混合料熔化下层层面达到黏合。在冬季寒冷季节施工时，因沥青混凝土面板较薄，散热较快，热沥青混合料不易熔化下层沥青混凝土层面，这时可用远红外加热器将下层层面预热到 70℃。

7.2.3 装有热沥青混合料的保温罐运到坝面后，可用缆机或汽车吊等起重机械将保温罐吊到浇筑部位，将料卸入吊篮漏斗，沥青混合料可由漏斗自流进入坝面与护面板之间的空腔内。浇筑时，吊篮沿水平方向缓慢移动，速度为 40～60m/h。吊篮可沿坝面上的轨道作水平移动，并利用吊篮上的滑轮作垂直移动。轨道竖向间距可为 10～20m，利用锚筋临时固定在坝面上。

7.2.4 浇筑式沥青混合料一般在 150℃可自行流平，辅以插捣排气加快密实，且有利于与下层的黏结。浇筑时下料口应接近腔口并沿腔口移动，以免沥青混合料温度下降过快和离析。一般护面板每天可升高两次。

7.2.5 连续浇筑有利于面板的整体性，但因施工环境限制，也可分段浇筑。在分段处设置坡度为 1∶3 的钢挡板，以利于两段沥青混凝土的黏结。

7.2.6 面板周边部位是沥青混凝土面板防渗的薄弱环节，要谨慎施工。可用红外线加热器加热周边边角，并分层浇筑插捣沥青混合料。

7.3 心墙浇筑

7.3.1 浇筑前要将仓面清理干净，可用高压风吹掉沥青混凝土

面上的尘土和杂物。热沥青混合料在运输过程中可能出现离析，浇筑前要作辅助性搅拌，沿着心墙均匀进料，且不应集中一处进料。恰甫其海围堰每层浇筑高度曾采用40cm。

7.3.2 浇筑温度一般为150～160℃，气温高时取下限，气温低时取上限。浇筑时要减少横向接缝。横向接缝的结合坡度一般为1∶3。

7.3.4 严寒条件下进行保温防裂时，可先铺一层帆布，其上加砂料保护。砂料覆盖厚度要大于冻土层厚。

8 沥青混凝土与刚性建筑物连接

8.1 一 般 规 定

8.1.1 由于坝体与岸坡、基础及其他刚性建筑物连接部位的不均匀沉降，常引起防渗体的不均匀变形，使该部位成为防渗体系中的薄弱环节，故对这些部位的施工工艺、技术要求专门作了规定，以确保施工质量。至于岸坡及基础的处理，刚性建筑物的施工要求没有列入，可按有关规程执行。

8.1.2 国内外工程中，连接部位的连接型式繁多，复杂程度也不相同，使用的材料品种也很多，应严格按照设计规定进行施工。对于在工地配制的材料，其原材料、配比和配制工艺应按设计要求，经试验证明性能可以满足要求后才能使用。

8.1.4 目前混凝土面多用角磨机打磨处理。打磨时只需清除混凝土表面浮浆、乳皮、废渣及黏着物。但如果把混凝土表面打出很多小深坑，或将骨料露出，当喷涂稀释沥青时，小深坑内会积满稀释沥青，导致溶剂不易挥发，影响沥青混凝土与混凝土的黏结。另外，如果混凝土采用酸性骨料，也会降低沥青混凝土与混凝土的黏结强度。

稀释沥青黏结性能优于乳化沥青，故推荐采用。现场制作稀释沥青和砂质沥青玛琋脂的配比要适当。稀释沥青涂抹要均匀，无空白，无团块，色泽要一致，最好是浅褐色。稀释沥青的用量为 0.15～0.20kg/m^2，是根据国内外各工程使用情况确定的。喷涂多了不易挥发，反而会降低结合质量，且造成浪费。稀释沥青的配置参见 3.1.7 条和 3.1.8 条的条文说明。

连接面的混凝土如果为潮湿状态，将影响连接面的黏结质量。为此，要求在喷涂稀释沥青前将潮湿表面烘干。

8.1.5 当连接部位存在拉伸、剪切作用时，连接部位易发生裂缝，出现渗漏。在此种接缝处，一般设置金属止水片或橡胶止水

板。金属止水片或橡胶止水板在混凝土结构的接缝止水中应用广泛，效果良好。在沥青混凝土防渗体中，橡胶止水板需耐高温，金属止水片要有较好的变形性能，目前工程中常用 T_2/T_3 软铜。

南谷洞工程沥青混凝土面板翻修加固中，在连接部位的试验段曾采用铜止水，铜止水与混凝土面采用螺栓固定，铜止水表面涂刷冷沥青涂料，铜止水片的鼻子内嵌填柔性止水材料。但在斜坡上，铜片上的沥青混凝土略有滑动迹象，但在后期已稳定。今后工程中应注意铜片表面涂料的黏贴性能。

8.2 碾压式面板

8.2.1 国内曾有一些工程，由于岸坡连接部位留有孤石、探头石、局部反坡或松动岩石，其结果是既不便于机械施工，也不易保证施工质量，常常是渗水的通道。

8.2.2 为了减少施工干扰，加快施工进度，一般应先铺筑面板，后进行连接部位施工。但先铺的面板各层不能在同一断面，并满足相互错缝的要求。

8.2.3 沥青混凝土面板施工完毕后补做基础帷幕灌浆时，要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。国内有些工程在补做帷幕灌浆时出现连接部位的建筑物抬动，应引以为戒。

8.2.4 面板连接部位一般施工工序为：混凝土基面处理→楔形体施工→沥青混凝土防渗层铺设→表面封闭层涂刷等。

楔形体材料根据设计要求选用。一般可选用防渗沥青混凝土或改性沥青混凝土。由于楔形体体积较大，应注意防止斜坡流淌。以往楔形体有采用沥青砂浆浇筑的，实践证明施工难度较大，浇筑时需架设模板，故不予推荐。宝泉工程采用细粒式沥青混凝土楔形体，沥青含量为 7.4%，矿粉含量为 12.7%。

8.2.5 当采用滑动接头时，为了使接头适应变形不渗漏，在连接部位需铺设塑性密封材料。密封材料要能保证接头滑动不漏水。天荒坪工程曾在混凝土面与沥青混凝土面板之间涂抹 IGAS

密封材料，后期检查未发现滑动。塑性密封材料的铺设应按经批准的厂家工艺要求进行，所用材料经检验合格后方可使用。

8.2.6 连接部位的防渗面板变形较大，为增强防渗面板抵御变形的能力，需在防渗层沥青混凝土中采用网格加强。网格需耐高温，历经施工高温品质不下降。

8.3 心　　墙

8.3.1 砂质沥青玛琋脂涂抹厚度一般为1～2cm，表面应无鼓泡、无流淌、且平整光顺，其重量配比可参考：沥青：矿粉：砂=1：1.5：2.5或1：2：2。

由于人工摊铺施工进度慢、用量小，砂质沥青玛琋脂的配制，以现场配制随配随用为好。三峡茅坪溪工程砂质沥青玛琋脂施工中，初期采用过拌和站拌制，但在拌和、储存和运输过程中砂质沥青玛琋脂的损失率大，达10%～20%。更为重要的是，由于拌和站的矿料不能加热，致使砂质沥青玛琋脂温度偏低，约为78～100℃，流动性差，人工摊铺难度大，致使摊铺厚度偏大，局部可达5cm，表面极不平整，虽然对下一工序沥青混凝土的摊铺影响不大，但外观质量不能令人满意。后来改用现场加热沥青和矿料（包括矿粉），人工拌制砂质沥青玛琋脂，成品温度可达140～160℃，流淌性好，在水泥混凝土面上摊铺厚度均匀，表面光滑平整，操作省力，质量可靠。砂质沥青玛琋脂生产中要注意矿粉不能成团，拌和均匀，没有花白料。

8.3.2 碾压式心墙接头部位的铺筑厚度一般不大于5cm，并采用小型振动夯板夯实。采用大脚夯时，铺筑厚度可适当加大。

8.4 浇筑式面板

8.4.1 浇筑式面板与基础、岸坡的连接，有截渗槽型式和混凝土基座设止水片型式。截渗槽的底部宽一般为面板厚度的1.5倍，槽内浇筑沥青混合料。在岸坡部位槽底纵向做成斜坡，一般不陡于8：1。槽底纵向需要变坡时，需平缓过渡，不宜突变，

更不宜设置台阶。截渗槽上游侧，在岸坡部位做成宽 10～15cm 台阶，台阶高度根据地形确定，为护面板高度的倍数。接头部位止水片需耐高温（160～180℃）。当坝较高时，可采用设置截渗槽和止水片的组合型式。

8.4.2 浇筑式面板顶部一般采用水泥砂浆封闭。水泥砂浆封闭范围内，坝面凿深 1.0～1.5cm。砂浆填入护面板空腔内，深度一般为 10～20cm。也可在护面板顶向上再做一个水泥砂浆三角体。三角体坡线从护面板外缘开始以 45°～60°坡角至坝面。浇筑式面板临空底面和侧面可用 L 形钢筋混凝土护面板封闭，并用固定在坝面上的角钢支撑，也可用螺栓直接将 L 形钢筋混凝土护面板固定在坝面上。角钢或外露螺栓要用砂浆封闭或作防锈处理。

8.4.3 混凝土坝上游面的永久性横缝需作处理，先将横缝凿成三角形缝槽，深度和宽度视横缝处混凝土的浇筑质量而定，深度可为 10cm、表面宽度为 20cm。缝壁先涂刷稀释沥青，干燥后在缝内填充沥青基类嵌缝材料，外铺盖土工膜或油毡类材料，并超出缝宽 10～20cm。横缝处理好后，再安装钢筋混凝土护面板，浇筑沥青混凝土面板。

9 低温施工和雨季施工

9.1 低温施工及越冬保护

9.1.1 碾压式沥青混凝土施工系高温作业，其压实质量与沥青混合料温度关系密切。若气温过低时，或气温虽较高（5℃以上）但风速过大（大于5.5m/s，风力大于四级）时，由于温度损失较大，将难以压实。若提高出机温度，不仅增加燃料消耗，还可导致沥青变质。故在日平均气温低于5℃的低温季节或气温虽高但风速过大时，不宜施工。碾压式沥青混凝土面板厚度薄，作业面大，散热速度很快，更不应在低温下施工，本条低温施工未涉及碾压式沥青混凝土面板。

由于低温季节施工将增加施工成本，若工程进度允许，一般避免低温沥青混凝土施工。根据以往工程经验，特别是尼尔基碾压式心墙导流明渠段低温施工的经验，本条提出了低温季节心墙施工的具体措施。尼尔基工程曾在日平均气温为0～5℃、风力不大于四级时进行碾压式心墙施工，施工质量满足要求，解决了施工工期紧张的难题。施工中沥青混凝土沥青含量6.2%，入仓温度150～160℃，运输车厢用4mm钢板做隔层保温。

低温施工时用肥皂水作防黏液容易结冰，故一般采用轻柴油。可在覆盖的帆布上直接碾压，既减小温度损失，又防止黏碾。

心墙碾压结束后表面加设保温罩，目的是确保沥青混凝土逐渐冷却、凝固密实，避免温度骤降时发生局部开裂。

9.1.3 非防渗沥青混凝土孔隙率较大，水分容易进入。当越冬时，易发生冻胀破坏。故越冬时，可采用密级配沥青混凝土将非防渗沥青混凝土表面和四周封闭。

9.1.4 寒冷地区沥青混凝土心墙越冬时如无保护措施，易因收缩开裂而产生上下游贯穿裂缝。

9.2 雨季施工及施工期度汛

9.2.1 施工遇雨时，雨水将在沥青混合料中汽化形成气泡使其难以压实，需停止摊铺，并在有遮盖条件下尽快完成碾压。未及遮盖防护的沥青混合料应废弃。雨季施工要采取有效的防雨措施。雨季施工中要注意阵雨过后的仓面清理，可备足绵纱、喷灯，仓面水珠一定要清理干净，必要时用喷灯烘干。机械摊铺时要检查摊铺机下的仓面是否积水。

9.2.2 雨季常有阵雨，除要有防雨设施外，还要缩小摊铺面积，随铺随压。如遇降雨来不及压实，其返工范围也较小。

9.2.3 根据国内外施工经验，降雨时雨水顺坡而下，可能浸入面板分层界面。若不处理，水分汽化将形成鼓包，同时局部整体性也不好。因此，规定浸水界面的顶层应铲除，直至界面完全干燥为止。

9.2.4 沥青混凝土面板是分层铺设，一般在汛前完成死水位以下的面板，这样汛后可不再放空水库。当完成洪水位以下全部面板有困难时，经设计同意，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。

9.2.5 未建完的面板还存在未封闭的漏水通道，一旦蓄水，将会有大量渗水进入面板背后，使面板后水位升高。放水时若水位下降过快，渗水来不及排出，面板将受较大的反向压力而鼓包。

沥青混凝土心墙是薄层防渗体，依靠上下游坝壳的支撑保持稳定。因此，心墙和坝壳的施工应同步上升。如果汛期洪水超过心墙，将引起下游坝壳淘刷，可导致心墙和坝体破坏。同时，心墙断面窄，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，并考虑坝体蓄水沉降、风浪高度等因素所必要的安全超高。

10 安全监测

近10余年来建成的大型沥青混凝土防渗工程都埋设了很多原型观测设施，并获得了一批观测资料，为沥青混凝土防渗体原型观测设施的施工积累了丰富的经验。本标准修订中，除了增加新的内容外，未列入一些已不再采用的观测方法，如原来的用连通管水位计观测面板变形、用竖井观测心墙变形等。此外，有关监测仪器的类别、布置和导线的布设等设计内容，也未列入本标准。

11 施工质量控制

11.1 一般规定

11.1.1 水工沥青混凝土施工质量的影响因素复杂，检验项目多，专业性强。现场应设立专门从事质量检验的试验室，并建立质量检验制度。

11.2 原材料检验

11.2.1 原材料的进货控制是质量控制中的首要环节，要重点对供货方产品质量的保障能力和产品的供货能力进行确认。对于供货方提供的样品，要确认其样品的代表性，以免给后期供货造成被动。组织对样品性能进行全项检测，同时对供货商提供的全项检测试验结果进行确认也是必不可少的。

11.2.2 产品的料源、生产工艺和使用条件对产品的性能都有影响。沥青的使用条件包括加热温度和储存时间，骨料的使用条件包括储存条件、破碎设备和工艺、筛分设备和工艺、烘干设备和工艺等。对于同批产品，产品的料源和生产工艺应没有变化，因此日常仅需对涉及使用条件的指标进行检测。对不同批的材料，则要进行全项指标检测。当无法确认产品的原材料料源或生产工艺条件是否发生变化时，则要按不同批处理。矿料的料源和生产工艺条件比较容易确认，实际当中批量可以大些。而对沥青，一般难以确认产品的原材料料源或生产工艺条件是否发生变化，故规定同一料源、同一批炼制、进场的沥青为一批。

11.3 沥青混合料生产检验

11.3.1 沥青混合料生产过程的目测检查很重要，施工单位要注意培养具备相关专长的检查人员，在沥青混合料生产过程中，随时目测检查料堆和皮带机上骨料的均匀性、泥块和超逊径，冷热

料仓有无窜仓，沥青混合料是否离析，油石外观是否正常，沥青混合料有无花白料，是否冒黄烟等。一旦发现问题，立即查明原因并及时调整。

11.3.2 现场试验室要每天从搅拌站出料口取样，进行混合料的抽提试验以检查沥青含量和矿料级配，并进行密度检测。试验室还要每天对拌和站热料仓中的骨料级配进行检测，并根据检测结果对配料单进行必要的调整。

11.3.3 圆盘试验用于检验面板防渗层沥青混合料的柔性，施工中常在现场摊铺试验阶段进行圆盘试验检验，国际大坝委员会（ICOLD）114号公报也将这一试验作为特殊情况下的检验项目。国内张河湾、西龙池、宝泉等工程均进行了圆盘试验检验。对于面板沥青混合料，沥青混凝土斜坡流淌值是重要的检测指标，试验方法见《水工沥青混凝土试验规程》（DL/T 5362）第9.7节，《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》（SL 501—2010）要求斜坡流淌值不宜大于0.8mm。在张河湾等工程中，沥青混合料斜坡流淌值的控制标准大于0.8mm，工程运行中未发现斜坡稳定出现问题。因此，本条规定，当斜坡流淌值不满足SL 501—2010的要求时，可采用附录I给出的斜坡稳定性检验方法进行进一步检验。在国外工程中，附录I的斜坡稳定性检验方法一般是防渗层沥青混凝土必做的检验项目，参见附录G条文说明中的表10。国内对这一方法还不熟悉，需要逐步积累经验。

11.4 面板质量检验

11.4.1 碾压温度、碾压遍数或浇筑温度是影响沥青混凝土质量的重要因素。现场由于沥青混合料出料温度、气温、风力以及摊铺时间等因素的影响，摊铺温度可能变动很大，但重要的是控制碾压式沥青混凝土的碾压温度和浇筑式沥青混凝土的浇筑温度，特别是防止碾压温度或浇筑温度低于相应的下限要求温度。必要时，可对施工进行干预，防止碾压温度或浇筑温度低于相应下限温度。大面积铺筑施工，情况比较复杂，要设专人监测温度，确

保适时碾压或浇筑。

11.4.2 面板厚度是重要的设计要素。日本有些工程规定，防渗层厚度负公差不超过 1cm，排水层负公差不超过 1.5cm，或规定铺筑层厚度应不小于设计厚度 90%，平均厚度不小于设计厚度。坝面平整度过去没有规定，以致许多面板竣工后不够平整，影响外观。日本对于沥青混凝土面板一般规定 2m 范围内凹凸不超过 10mm。

11.4.3 现场铺筑质量以孔隙率和渗透性为主要控制项目。无损检验简便快捷，对面板无损坏，适合于数量较多的检测，能及时提供面板质量情况。芯样检验由于数量较少，无法反映整体质量，适用于对无损检验进行验证。无损检测目前有核子密度检测和真空渗气仪检测两种。

由于摊铺机的摊铺宽度一般为 3～5m，每 150～250m^2 一个测点相对于 30～50m 的摊铺长度，是可行的。进行无损检验时，可在条幅表面和接缝面上各选测点，并在坝面温度与气温接近的条件下测试。

11.4.4 在铺筑后的面板上取芯样，由于有损坝面的完整性，取样数量受到限制。德国 Geeste 抽水蓄能电站就仅在整平胶结层上取芯样，测试摊铺厚度、试样密度和孔隙率。由于芯样数量少，代表性差，芯样检验无法评价面板的整体铺筑质量，仅适用于对局部质量进行验证。因此，要将无损检验与芯样检验结合起来，相互补充。采用无损检验控制整体质量，采用芯样检验验证局部质量以及无损检验的可靠性。既做到质量可控，又防止过度损坏面板。

国内张河湾、宝泉等工程曾用 ϕ500mm、ϕ350mm 大芯样进行斜坡流淌值的验证检验，其结果可以研究，但还无法作为检验手段使用。另外有的工程还曾要求从拌和站机口取样，室内成型，检验沥青混凝土的力学性能，但要注意室内成型方法与现场铺筑实际的对应性，否则此种检验没有意义。

面板取样后留下的孔洞，要认真回填，以保证其防渗效果。

回填时，可将孔壁扩成约60°的俯角，并将周边清理干净，用管式红外线加热器烘干加热孔壁后，用细粒沥青混凝土或沥青砂浆按5cm厚度分层回填、捣实。

11.4.5 封闭层目前主要采用沥青玛琋脂，并现场进行配制。国内早期的面板工程，如正岔、南谷洞等工程，封闭层均出现严重流淌，除沥青玛琋脂自身热稳定性不足外，涂刷过厚也是重要的原因。

11.4.6 其他涂层包括垫层的喷洒乳化沥青、各层层间乳化沥青和表面降温涂层等，凡规范中已作规定的应按要求质量进行控制和检验。

11.5 心墙质量检验

11.5.4 心墙芯样形状整齐规则，可直接用于室内试验。钻取芯样的数量根据心墙工程量和试验室试验能力而定，并宜减少芯样的组数。层间结合检查主要是根据芯样外观进行，必要时，可跨缝进行力学性能测试。

芯样钻孔要及时回填，回填方法见11.4.4条的条文说明。

11.6 施工安全与劳动保护

11.6.1 沥青混合料的制备需用煤、燃油等加热，沥青本身也能燃烧，使用不当可造成火灾甚至爆炸。沥青混合料制备和铺筑均为高温作业，容易造成烫伤事故。沥青和有机溶剂可对人体造成伤害。面板铺筑在斜坡上进行，安全问题尤为突出。因此要建立专门的安全组织，订立制度，做好防火、防爆、防烫、防毒、防工伤事故等工作。

11.6.3 沥青中的挥发物质可在施工高温下挥发，挥发物对人体健康不利，个别人员会感到不适，需按1956年劳动部颁布的《关于防止沥青中毒的办法》执行。

11.6.4 沥青施工中可发生灼伤、烫伤事故，故现场要配备急救药品。被热沥青黏附灼伤后，若用力抹擦，可导致皮肤被揭掉，

伤口不易愈合，并易发生感染。应先用松节油将粘在皮肤上的沥青擦洗干净，再用过锰酸钾溶液或硼酸水冲洗受伤部位，然后及时予以医治。

11.6.5 坝面坡度最陡为1∶1.7，这是施工人员可以自由行走的极限坡度。但当坝面附有泥砂，或涂刷封闭层后，则容易滑倒。

斜坡施工机械沿坝面上下运行，要经常检查牵引机械、钢丝绳、刹车是否安全。斜坡机械运行中，下方不得站人，以免发生事故。

11.7 施工质量评定

11.7.2 施工方的施工报告一般包括工程概况及工程范围、工程进度和工程形象、施工质量管理、原材料及质量控制、工程施工及质量检验、工程缺陷及处理、工程施工质量评价、安全生产及文明施工等内容。

附录A　沥青、改性沥青和乳化沥青的技术要求

A.0.1　表A.0.1中所列普通沥青技术要求基本参考采用了《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中A级沥青、相应于最严酷气候分区的技术要求，未采用JTG F40中的60℃动力黏度指标。

20世纪70年代、80年代，国内石油沥青品质较差。1979年第二次全国水工沥青技术讨论会曾拟定了“水工沥青技术要求”，但实际中难以实行，当时水利水电工程中仍采用国内道路沥青。自20世纪90年代以来，由于国内高速公路建设的发展，国产石油沥青的品质和技术水平有了很大提高。2004年发布的JTG F40中提出的石油沥青技术要求中，除软化点与“水工沥青技术要求”相比略微偏低外，其他指标均满足甚至高于“水工沥青技术要求”。工程实践表明，结合现代机械化施工技术，采用符合道路石油沥青技术要求的沥青，可以满足斜坡稳定、变形能力等水工沥青的要求。个别工程技术要求较高时，也可选用道路改性沥青，如西龙池工程就采用了改性沥青。因此，为了促进沥青防渗技术在水利水电工程中的普及和推广，本标准不专门提出水工沥青的要求。

根据针入度指数（PI）的不同，沥青可分为溶胶型沥青（$PI<-2$）、溶胶—凝胶型沥青（$-2\leqslant PI\leqslant+2$）和凝胶型沥青（$PI>+2$）三种类型。在JTG F40中，$PI$值是作为感温性指标引入的。一般$PI$值越大，感温性越低，温度稳定性也越好。

JTG F40的技术要求中提出了蜡含量的限制要求。沥青中的蜡按其物理性质可分为石蜡和地蜡（微晶蜡）。通常认为，地蜡对沥青品质影响不大，石蜡则对沥青品质影响较大。由于试验中不易区分石蜡和地蜡，故将其统称为蜡含量。蜡对沥青品质的

影响主要表现在：① 蜡在高温下融化，使沥青黏度降低，致使高温稳定性变差，同时蜡在低温时使沥青的变形性降低，因此蜡含量较大的沥青，温度敏感性也较大；② 蜡使沥青与矿料的亲和力变小，黏附性降低；③ 蜡的存在相当于沥青中的杂质，可使沥青的延度降低，低温时发脆、易裂；④ 蜡可使沥青的低温应力松弛性能降低，当加荷速率增大时易于开裂；⑤ 蜡的结晶和融化使沥青性质在相应的温度区域内变化不连续，可导致一些指标（如软化点、针入度指数指标）出现假象。对于沥青混凝土防渗面板，由于受外界环境影响较大，其热稳定性和低温抗裂性能要求较高，故应采用低蜡含量的沥青。对于沥青混凝土心墙，由于受外界环境影响较小，低温开裂问题不突出，可以适当放宽蜡含量的要求。尤其是对于浇筑式沥青混凝土心墙，国内有采用多蜡沥青的成功经验。表 A.0.1 对此没有区分，统一要求。

A.0.2 表 A.0.2 中所列改性沥青技术要求采用了 JTG F40 中 SBS 改性沥青和 SBR 改性沥青的技术要求。在一些工程条件严酷的地区，可以考虑采用改性沥青。采用改性沥青的沥青混凝土有很多优点，如温度敏感性降低，变形能力和抗裂能力增强，与矿料黏附力增强，使用寿命延长等。西龙池上水库斜坡部位的沥青混凝土就采用了改性沥青，以提高低温抗裂性能，张河湾、宝泉等工程的封闭层沥青玛琋脂也采用了改性沥青。另外对于抽水蓄能电站，由于在工程运行期库水位频繁涨落，存在水荷载的往复作用，为提高工程耐久性也可以考虑采用改性沥青。但改性沥青价格相对较高，在一定程度上限制了它的应用。

A.0.3 表 A.0.3 中所列乳化沥青技术要求采用了 JTG F40 中阳离子、喷洒用、快裂乳化沥青的技术要求。

附录 B　沥青混凝土配合比

B.2　室内配合比

B.2.1　级配公式（B.2.1）是我国学者丁朴荣提出的，在众多级配公式中，该公式反映因素较全面。采用这一公式，并利用 Microsoft Excel 软件的优化求解功能，可以很方便地进行级配调整。这种方法已在国内宝泉等工程中应用，实践证明，是一种切实可行的方法。应用时，可以将这一方法与 B.2.2 条条文说明中所列的级配参考表结合使用。

B.2.2　初选矿料级配时，碾压式防渗沥青混凝土级配指数可选 $n=0.25\sim0.45$，碾压式整平胶结层沥青混凝土可选 $n=0.65\sim1.00$。在碾压式沥青混凝土的细骨料中，可掺用 30%～50%的天然砂，以利于沥青混合料压实。

以往国内各种文献中给出的级配参考表均源自国内 20 世纪 70 年代的经验，与当前工程实际不一致。为此借鉴国外经验，表 8 列出了德国《水工沥青导则》（EAAW 2007）中的碾压式沥青混凝土及封闭层玛琋脂的配合比及孔隙率标准值，可供初选配合比时参考。表 9 列出了碾压式沥青混凝土矿料级配范围参考值，亦可参照采用。

表 8　碾压式沥青混凝土及封闭层玛琋脂的配合比及孔隙率标准值（EAAW 2007）

类　别		最大粒径（mm）	粒径范围（mm）				沥青含量（%）	芯样孔隙率（%Vol）
			>16	>11	>2	≤0.063		
			含量百分率（%）					
防渗沥青混凝土	面板	11	—	—	40～55	11～16	6.5～8.0	≤3.0
		16	—	—	40～60	9～14	6.0～7.5	≤3.0
	心墙	16	—		45～65	9～14	5.5～7.5	≤3.0

表 8（续）

类　别	最大粒径（mm）	粒径范围（mm）				沥青含量（%）	芯样孔隙率（%Vol）
		>16	>11	>2	≤0.063		
		含量百分率（%）					
整平胶结层	11	-		50～75	4～9	4.5～6.0	9～12
	16	—	—	60～80	4～9	4.0～6.0	9～12
排水层	16	--	≥30	75～85	2～9	3.5～5.5	10～25
	22	≥30	--	70～85	2～9	3.5～5.5	10～25
封闭层		—	—	-	70～75	25～30	--

注 1：表中粒径为德国标准筛孔尺寸。

注 2：采用的沥青等级为 70/100、50/70 或 PmB 45/80-50。

表 9　碾压式沥青混凝土矿料级配范围参考值（EAAW 2007）

级配类型		筛孔尺寸（mm）							
		22.0	16.0	11.0	8.0	5.0	2.0	0.125	0.063
		通过百分率（%）							
防渗层	面板	—		90～100	76～89	61～76	45～60	12～21	11～16
		--	90～100	70～90	60～80	51～70	40～60	12～20	9～14
	心墙	—	90～100	70～90	60～80	50～70	35～55	12～20	9～14
整平胶结层		--		90～100	60～80	40～65	25～50	7～16	4～9
		--	90～100	60～80	55～65	35～52	20～40	5～14	4～9
排水层		--	90～100	50～70	30～48	20～30	15～25	4～12	2～9
		90～100	58～70	35～50	26～41	20～35	15～30	4～12	2～9

注：表中粒径为德国的标准筛孔尺寸。

根据国内经验，浇筑式沥青混凝土心墙的配合比一般为：粒径（4.75～19mm）35%～45%，粒径（≤4.75mm）35%～45%，填料 10%～20%，沥青含量 9%～15%。浇筑式沥青混凝土面板的配合比一般为：填料 9%～20%，沥青含量 8%～14%，骨料最大粒径为 4.75～13.2mm。

B. 2. 3 本标准的配合比试验方法以马歇尔配合比设计方法为基础，同时考虑了水利工程的要求。其优点是试验程序简单，工作量较小。但是马歇尔稳定度和流值缺乏明确的力学含义，有时在满足孔隙率、马歇尔稳定度和流值时，仍需要对配合比做较大的调整，以满足其他关键技术性能的要求，如斜坡流淌值、冻断温度等。因此，目前也有工程根据自身情况，采用其他技术指标替代马歇尔稳定度和流值，以使配合比满足设计需要。

对于浇筑式沥青混凝土，主要依据流动性和分离度等试验初选配合比。

对于封闭层沥青玛琋脂，可直接进行斜坡流淌值和低温抗裂性试验。

B. 2. 4 马歇尔试件成型的击实次数是重要的试验工艺参数，应能够反映实际可达到的压实条件。进行室内配合比试验时，由于尚无现场芯样的测试结果，可以先根据经验选择。对于斜坡面板施工，可以先选击实 2×20 次。一般坡度越陡，设备压实能力越小，对应的击实次数也越小，也就应选择更易于压实的配合比。德国《水工沥青导则》（EAAW 2007）在初期原材料适用性试验中，提出按照 2×10 次、2×20 次、2×30 次分层击实成型马歇尔试件，也是基于这一考虑。

B. 2. 5 浇筑式沥青混凝土试件一般在人工插捣或机械振捣成型的试体上钻取，并切割成 ϕ100mm×100mm、ϕ100mm×200mm 的试件，试体长×宽×高可为 400mm×260mm×240mm。试体可分层浇筑亦可一次浇筑。人工插捣成型时一般采用捣铲插捣，插捣次数以试体表面均匀返油为止；机械振捣成型时一般采用刀式振捣器振动成型，振捣时间以试体表面均匀返油为止。

B. 2. 6 对初选配合比进行的其他性能试验项目应能反映工程的设计特点。

对于碾压式沥青混凝土面板，防渗层沥青混凝土的弯曲变形能力对其功能的发挥十分重要，要对这一变形能力进行检验。对此，德国《水工沥青导则》（EAAW 2007）中要求，当面板下发

生陷坑，且陷坑直径与陷坑深度之比为10∶1时，面板仍应具有防渗能力。与这一变形防渗能力要求对应的试验方法参见附录H。国内张河湾、西龙池、宝泉等沥青混凝土防渗面板工程均要求并进行了这一试验检验。

B.3 施工配合比与现场铺筑试验

B.3.1 施工前要进行现场摊铺试验或浇筑试验（简称铺筑试验），以确定施工配合比和施工工艺参数。浇筑式沥青混凝土沥青含量大，浇筑试验只检验其施工流动性和均质性，质量容易满足技术要求，因此可只做一次场外或场内浇筑试验。铺筑试验的检测内容可包括技术规范要求的全项内容，可采用现场目测、混合料取样、钻孔取样、无损检测等方式进行。

核子密度仪的标定是铺筑试验的主要内容之一。通过现场核子密度仪试验和钻孔取芯试验的对比，建立核子密度仪读数与实际密度值之间的相关关系。铺筑试验中，要针对各层沥青混凝土设置不同的摊铺压实工艺组合，以使试验结果具有代表性，能够反映实际中可能出现的各类情况，从而建立具有代表性的核子密度仪读数与实际密度值之间的相关关系。

B.3.2 防渗沥青混凝土的孔隙率是重要的质量控制指标，要确保其满足不大于3%的要求。摊铺试验中确定的防渗沥青混凝土施工配合比和施工工艺，要使孔隙率留有一定安全裕度，本条要求芯样的孔隙率平均值不大于2.5%。

B.3.3 面板防渗层沥青混凝土的斜坡流淌值是重要的检测指标，国内一般要求马歇尔试件的流淌值不大于0.8mm。德国《水工沥青导则》（EAAW 2007）中，采用的是半个马歇尔试件进行流淌试验，且对流淌值没有规定，参见附录I，可为国内工程参考。

浇筑式沥青混凝土在150℃下需具有适宜的流动性、自重密实性和抗分离能力，按最大密实度原则确定其矿料颗粒级配，其流动性和自重密实性则取决于填料含量和沥青含量。填料含量一

般超过充填骨料孔隙体积所需的数量，以利于骨料相对移动；沥青含量除了充填矿料孔隙外还有剩余。

B.3.4 室内成型马歇尔试件时，目前均采用正、反两面各击实 N 次的方法成型。在《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052—2000) 中规定 $N=70$、50 或 35 次。水工沥青混凝土施工中，特别是在斜坡施工中，由于压实条件所限，N 值相对较小。《水工沥青混凝土试验规程》(DL/T 5362) 中规定采用 $N=35$ 或 20 次。《德国水工沥青导则》(EAAW 2007) 中 D.2 条要求 $N=10$、20 和 30 次。N 值是重要的试件成型参数，对试件的性能有很大影响。比如，DL/T 5362 中规定沥青混凝土的斜坡流淌值试验采用马歇尔试件进行，而只有室内成型的马歇尔试件与现场实际的沥青混凝土结构一致，这一试验才能反映实际情况。研究表明，尽管试件成型方法对沥青混凝土结构也有一定的影响，但击实次数仍是最大的影响因素。为此，应按照孔隙率等效的方法，通过摊铺试验确定反映现场实际的等效击实次数。施工进行防渗层斜坡流淌值的检验时，所用的马歇尔试件应按等效击实次数成型，才能反映实际。但这一方法还没有在国内工程中普遍采用，应注意积累经验。

根据宝泉工程的现场试验，在摊铺试验中确定等效击实次数的步骤有：① 进行核子密度仪标定；② 进行现场核子密度检测，得出现场孔隙率平均值；③ 室内按照不同击实次数成型马歇尔试件，检测各试件的孔隙率；④ 对室内试验结果进行回归，得出击实次数与孔隙率之间的相关回归方程；⑤ 由现场孔隙率平均值，通过回归方程确定与之对应的击实次数作为等效击实次数。宝泉工程按照这一方法确定等效击实次数，整平胶结层 $N=30$ 次，防渗层 $N=8$ 次。

上述按孔隙率等效原则确定击实次数的方法需在实践中改进和完善。特别是在等效原则方面，沥青混凝土除孔隙率要求外，还有其他性能要求，尽管这些性能与孔隙率有关。

附录C　浇筑式沥青混凝土黏度和分离度试验方法

C.0.1　本试验方法系Kerkhoven于1967年提出，被称为Kerkhoven黏度桶法，用于测试沥青砂浆的黏度。本试验方法可用于评价现场沥青砂浆配合比和施工工艺。试验时可适当摇动黏度桶，以免沥青砂浆中的矿料在桶中分离，造成离析。摇动黏度桶应适当，摇动过快将使混合料中掺入空气，过慢将产生分离。

C.0.3　按照本试验方法进行黏度测试时，要求沥青混合料的温度为150℃。实际中发现，有的沥青混合料或沥青砂浆在这一温度下，无法从黏度桶中流出。《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》（SL 501—2010）第4.0.6条条文说明对此种情况下要求沥青混合料的温度为180℃。对这一问题应注意积累经验，逐步改进。同时在试验中，注意按要求预热黏度桶。

C.0.4　检测结果处理和判定。对于试验结果的判定标准，本标准规定的沥青混合料150℃的黏度$\eta_{150}=100\sim10000$Pa·s为合格范围很宽泛，有待改进，目前还缺乏研究成果可作为改进的依据。一般黏度太小导致分离度太大，达不到要求；黏度太大则不易插捣，不好施工。

附录 D　沥青混合料配合比总量偏差检验

D.0.1　本方法根据《常规控制图》（GB/T 4091—2001）制定。根据沥青混合料拌和站生产的特点，正常生产时，每天或每个台班的生产盘数较多，适合于采用计量控制图中的平均值图和标准差图控制方法进行检验。目前我国水利水电工程中，采用控制图方法进行施工质量过程管理的不多，还有待普及，并总结经验，逐步提高。根据京津塘沥青混凝土高速公路的建设经验，实施施工过程动态管理，对确保施工质量起到了很好的作用，是切实可行的。关于控制方法和说明，参见《常规控制图》（GB/T 4091—2001）。

D.0.2　子组大小 n 的选择没有通用规则。根据控制图法有关合理子组的思路，子组大小 n 的选取，应使组内变差可认为仅由偶然原因造成，而组间的任何差异可以是由控制图所欲检测的可查明原因造成。对于拌和站的配料计量控制，可以按照一天或一个台班的生产量选择 n 值，并随机、有代表性地抽样进行分析。本条规定的 n 值上限是根据《常规控制图》（GB/T 4091—2001）中相应的数据表提出的。

D.0.3　工程施工初期应加强观测，尽快积累数据建立初始控制图。在评估过程能力之前，首先将过程调整到统计控制状态。这时，特殊原因已经被识别、分析、纠正和防止再出现。子组数 k 不能太少，否则不能反映系统已调整到控制状态。根据《常规控制图》（GB/T 4091—2001），一般通过至少 25 个子组来表明这一点。

D.0.4　常规控制图法中，控制线（也称行动线）是按照 3σ（标准差）设置的，警戒线是按照 2σ 设置的。因此警戒线与中心线的距离是控制线与中心线距离的 2/3。另外在《常规控制图》

（GB/T 4091—2001）中，标准差 s 控制图的行动下线系数为 B_3。根据等式 $B_3+B_4=2$，这里将 B_3 用 B_4 表示。建立初始控制图时，为了能够反映过程在运行中的真实情况，过程应处于稳定状态。其间出现的诸如原材料、操作方式、设备设置变动的过程数据，不应用于建立初始控制图。

D.0.5 该条引自《常规控制图》（GB/T 4091—2001）。由于子组内的变异不仅影响到子组变异情况，还将影响到平均值的变动，即标准差图的失控状态也将影响到平均值图。因此应首先分析标准差图。

D.0.6 警戒区是警戒线与行动线之间的区域，并包括警戒线在内。行动区是行动线以外的区域，并包括行动线在内。

附录 E　沥青混凝土真空渗气仪检测方法

Van Asback 在其专著《Bitumen in Hydraulic Engineering，Volume Ⅱ》（1964）中提出了现场检验沥青混凝土不渗透性的无损试验装置。由于该装置采用施加水压力的方法检验渗透性，操作繁琐，实施难度较大。有鉴于此，Boecker 提出了真空试验无损检测方法，并于 1963 年首次应用于德国 Bigge 沥青混凝土面板坝，至今仍广泛采用，并已形成标准（ASTM D 3637—1977《沥青混合料渗透性试验暂行办法》）。该方法设备简单，操作快速，便于在现场大面积检验中实施，国内天荒坪、宝泉等工程都采用了这一方法。因此，本标准采用这一方法作为检验现场沥青混凝土不渗透性的无损检测方法。检测时，即使相对真空度略有降低，由于空气黏度远小于水的黏度，也可以对沥青混凝土的不渗透性予以确认。

德国《水工沥青导则》（EAAW 2007）也采用上述方法评价防渗层的渗透性，与本方法的区别是，其采用的相对真空度为 −80kPa。

1974 年，国内丁朴荣教授等研制的渗气仪在正岔工程中首次应用。近年来，西安理工大学将该渗气仪读数系统智能化，同时在室内进行了大量渗气系数和渗透系数的对比试验，使该试验方法逐渐完善。该渗气仪与本标准所述真空渗气仪的区别是，可以测出沥青混凝土的渗气系数，使检测结果定量化。该方法适于结合工程实际开展沥青混凝土渗透性的研究，在此方面，比国外方法更进了一步。

附录 F　监测仪器耐高温检验

F.0.1　施工中，埋设于沥青混凝土防渗结构中的监测仪器可能经受 170℃以上高温，但该高温持续时间短，一般在 24h 后将降至 60～70℃，以后逐渐下降至环境温度。因此，需对仪器进行耐高温检验，确认其测量精度不受影响。

耐高温检验采用高温油浴加热仪器。油浴一般选用闪点大于 200℃、稠度较小的导热油，如变压器油、硅油等。

按照《混凝土坝安全监测技术规范》（DL/T 5178）检验的内容包括力学性能、温度性能、防水性能、水工比例电桥（或钢弦频率计）检验。按照《岩土工程仪器　振弦式传感器通用技术条件》（GB/T 13606）检验的内容包括气候环境适应性、外观、性能、过范围限、绝缘性能、稳定性、温度影响、温度测量误差、防水密封性、机械环境适应性和可靠性检验。本条给出了高温油浴处理的方法，应检验经过这一处理前后的仪器性能的变化情况。

F.0.2　关于数据处理与评定说明如下：

1　力学性能的检验方法和指标要求参见 GB/T 13606 和 DL/T 5178。本条给出了灵敏度系数相对误差的指标要求，并对监测仪器经过高温处理前后的灵敏度变化提出了要求。

2　将标准温度与仪器温度读数两组数，按二次多项式回归得出回归方程。应用该回归方程，可由仪器温度读数计算出标准温度的预测值。各档标准温度预测值与各档标准温度实测值之差就是各档温度的测值误差，取其绝对值的最大值作为该仪器的温度测值误差。

3　GB/T 13606 中的非水下工作条件是温度－20～＋60℃，湿度不大于 95％RH，大气压力 86～106kPa，本条特别提出 0℃、60℃的温度要求。防水密封性就是检验水压力作用下仪器的绝缘性能。

附录 G　沥青混凝土施工质量检验项目及要求

质量检验包括三方面内容：原材料检验、沥青混合料生产检验和现场施工检验，现场施工包括沥青混合料的运输、铺筑和压实。表 10 是国际大坝委员会（ICOLD）114 号公报中给出的沥青混凝土质量检验项目，可供参考。

表 10　沥青混凝土质量检验项目（ICOLD - Bulletin 114）

检验项目	标准依据		沥青砂浆			防渗层沥青混凝土			透水层沥青混凝土		
	DIN	ASTM	QT	CSC	ECT	QT	CSC	ECT	QT	CSC	ECT
骨料											
性能检验	—	—	1	—	—	1	—	—	1	—	—
种类和料源	—	—	1	—	—	1	—	—	1		
外观检验	—	—	1	1	—	1	1		1	1	
级配	—	—	1	2	—	1	2	—	1	2	—
特殊性能		—	3	3	—	3	3	—			—
沥青											
标号	—	—	1	2		1	2	—	1	2	—
软化点和延度	52000/52050	D - 2042 D - 70 D - 6	3	3	3	3	3	3	3	3	3
沥青混合料											
骨料级配	1996 part14	—	1	—		1	—	—	1	—	—
混合料骨料级配		—	1	1	1	1	1	1	1	1	1
沥青含量	1996 part6	D - 4125	1	1	1	1	1	1	1	1	1
沥青抽提试验	52000/52050	D - 2172	—	3	3	—	2	1		2	1
混合料密度	1996 part7	D - 1188	2	—	2	1	1	1	—	—	

表 10（续）

检验项目	标准依据		沥青砂浆			防渗层沥青混凝土			透水层沥青混凝土		
	DIN	ASTM	QT	CSC	ECT	QT	CSC	ECT	QT	CSC	ECT
沥青混凝土密度	1996 part7	D-1561	2	—	2	1	1	1	1	—	2
真空渗气	1996 part8		—	—	—	1	1	1		—	—
孔隙率	1996 part7	D-3203	—			1	1	1	1		2
剥离试验	1996 part10	D-1664			—	—	—	—	—	—	—
膨胀试验	1996 part9	—	—			3	3	—	3	3	—
试件厚度	—		—	—	—	—	1	1	—	1	1
斜坡稳定性	—	—	3	—	—	1	—		3	—	
防渗层渗透试验	—	—		—	—	—	3	3	—	—	—
透水层渗透试验	—	D-3637	—	—	—	—			1	—	3
压实性试验	—		—	—	—	1	2	2	—	—	—
柔性试验	—	—		—	—	3	—	—	—	—	—
黏度	—		3	—	3		—	—	—	—	—

注 1：表中 QT 为质检试验；CSC 为施工方质控试验；ECT 为监理工程师质控试验。

注 2：表中 1 为必做项目；2 为一般了解项目；3 为仅在特殊情况下进行的检验项目。

注 3：沥青抽提试验中一般只检验软化点和针入度；混合料从现场取样。

注 4：真空渗气试验项目也可用孔隙率试验替代。

注 5：剥离试验仅用于针入度不小于 160dmm 的沥青。

附录 H　沥青混凝土圆盘试验方法

Van Asback 在其专著《Bitumen in Hydraulic Engineering, Volume I》(1959) 中提出了沥青混凝土的柔性试验 (Flexibility test) 方法，用于检验沥青混凝土护面板在经历设计要求的基础变形后是否仍能保持不渗漏。该方法目前在国内外沥青混凝土护面板防渗工程中仍广泛应用，如德国《水工沥青导则》(EAAW 2007)。国内目前习惯称该试验为圆盘试验，本标准保留了这一称谓。

Van Asback (1959) 圆盘试验的要点是，在 ϕ500mm 的沥青混凝土圆盘下浇筑混凝土环状支撑，形成一个 ϕ300mm 的圆陷坑，检验圆盘经历中心挠度后是否发生渗漏。该方法需做以下说明：

(1) 圆盘中心挠度。Van Asback (1959, 1964) 提出挠度为试验装置 (或圆盘) 直径的 1/10，即挠度为 50mm。Erich Schönian (The Shell Bitumen Hydraulic Engineering Handbook, 1999) 则认为挠度为陷坑直径的 1/10，即挠度为 30mm。国外也有学者认为，Van Asback (1959, 1964) 的挠度在面板中产生的弯拉应变与实际情况相比过大了，从而导致试验结果过于保守。德国《水工沥青导则》(EAAW 2007) 中采用的挠度也是 30mm。本标准圆盘试验方法由于未在圆盘下设混凝土环状支撑，相当于陷坑直径为 500mm，而不是 300mm。因此，采用的挠度为 50mm。

(2) 圆盘厚度。Van Asback (1959) 没有规定，但 Erich Schönian (1999) 指出试验结果与厚度有关。由于厚度不同，圆盘中心的弯拉应变不同，圆盘可能的开裂情况则不同，面盘中心受压区高度也不一样，而该受压区高度与圆盘是否漏水有很大关系。本标准圆盘试验方法采用的圆盘厚度为 50mm。

（3）圆盘的固定方式。Van Asback（1959）采用法兰口夹持的固定端方式，但圆盘底部有混凝土环状支撑。Erich Schönian（1999）和德国《水工沥青导则》（EAAW 2007）将圆盘直接摆放在圆筒内混凝土环状支撑表面，为简支方式，配合采用沥青玛琋脂密封环进行端部密封。圆盘固定方式是试验成败的关键，处理不当可能造成圆盘端部漏水、端部断裂。本标准圆盘试验仍采用夹持固定端方式，但为防止圆盘端部可能发生的破坏和漏水，在法兰口沥青混凝土上下面均设置了 5mm 厚橡胶垫板，垫板配合密封材料可确保端部不漏水，也可防止圆盘端部被夹坏，因此更加简便易行。

（4）挠度施加方式。国外的方法都是在陷坑内设置砂子，有的还设置玻璃珠，以此控制圆盘施加的挠度，但控制有难度。为此，本方法先用很小的水压力（自来水压力）将圆盘缓慢加压到规定的挠度，然后卸去水压，在圆盘和法兰口之间回填砂子，并加盖板支撑，可以确保挠度稳定，试验易于完成。

（5）施加水压力。国外的方法都没有规定水压力。本标准圆盘试验方法规定采用 0.5MPa 水压力，检验圆盘变形后是否不渗漏。

圆盘中心挠度规定值是重要的试验参数，并与试验温度有关。本试验方法要求圆盘常温下的挠跨比为 1/10。张河湾、西龙池和宝泉等工程中，要求当环境温度为 25℃时，挠跨比 $(W—W_0)/D = 10\%$，相当于弯拉应变为 $\varepsilon=8.3\%$；当环境温度为 2℃时，挠跨比 $(W- W_0)/D = 2.5\%$，相应的弯拉应变为 $\varepsilon=2.1\%$。

如果试验结束后圆盘未发生渗漏，但表面已经出现拉裂裂纹，则不能按照 H.0.4 条 2 款规定的公式计算弯拉应变。

附录Ⅰ　沥青混凝土斜坡稳定性检验方法

本检验方法引自德国《水工沥青导则》（EAAW 2007）和 Erich Schönian（The Shell Bitumen Hydraulic Engineering Handbook，1999）。与我国通常要求斜坡流淌值不大于 0.8mm 不同，该方法没有提出试件位移的临界值，仅要求 48h 变形基本停止即可。

155170.92

中华人民共和国水利行业标准

水工沥青混凝土施工规范

SL 514－2013

*

中国水利水电出版社出版发行

（北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038）

网址：www.waterpub.com.cn

E-mail：sales@waterpub.com.cn

电话：（010）68367658（发行部）

北京科水图书销售中心（零售）

电话：（010）88383994、63202643、68545874

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

北京瑞斯通印务发展有限公司印刷

*

140mm×203mm 32开本 4.5印张 121千字

2013年10月第1版 2013年10月第1次印刷

*

书号 155170·92

定价 **50.00** 元

凡购买我社规程，如有缺页、倒页、脱页的，

本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究