

ICS 99.100
P 50

中华人民共和国水利行业标准

SL

SL 501—2010

替代 **SLJ 01—88**

土石坝沥青混凝土面板和
心墙设计规范

**Design code of asphalt concrete facings
and cores for embankment dams**

2010—09—17 发布

2011—12—17 实施

中华人民共和国水利部 发布

https://www.sljzjxx.com
水利造价信息网

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

2010年第32号

中华人民共和国水利部批准《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》(SL 501—2010) 标准为水利行业标准，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	土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范	SL 501—2010	SLJ 01—88	2010.9.17	2010.12.17

二〇一〇年九月十七日

http://www.slzjxx.com
水利造价信息网

前 言

根据水利部水利水电规划设计总院“关于开展 20 项技术标准编制工作的通知”（水总科〔2006〕623 号文），按照《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002）的规定，修订《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计准则》（SLJ 01—88），将标准名称改为《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》。

本规范共 8 章 10 节 96 条和 3 个附录，主要技术内容包括：沥青混凝土原材料、沥青混凝土技术要求及配合比、碾压式沥青混凝土的面板设计和心墙设计、浇筑式沥青混凝土心墙设计、安全监测设计。

本次修订的主要内容有：

- 增加了“术语”；
- 取消了“浇筑式沥青混凝土面板的设计”；
- 进一步明确了使用范围和条件；
- 对沥青和矿料提出了新的技术指标；
- 明确和提高了沥青混凝土的技术指标；
- 为了达到沥青混凝土防渗要求，对室内配合比试验及施工现场检测试验的环节提出了技术要求；
- 细化了沥青混凝土防渗体与岸坡等建筑物的连接要求，对与沥青混凝土心墙连接的岸坡坡比提出了要求。

本标准所替代标准的历次版本为：

SLJ 01—88

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：水利部水利水电规划设计总院

陕西省水利电力勘测设计研究院

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

中国水利水电科学研究院

长江勘测规划设计研究院

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：杨西林 关志诚 刘 斌 王为标

刘增宏 苏 萍 徐唐锦 钟家驹

杨智睿 庞 辉 邵剑南 祁世京

张应波 徐岩彬 王德库 杨伟才

韩 军 朱 悦 张福成 熊 焰

鄢双红 杨 辉 张建平

本标准审查会议技术负责人：刘志明

本标准体例格式审查人：曹 阳

http://www.slzjxx.com
水利造价信息网

目 次

1	总则	6
2	术语	7
3	沥青混凝土原材料	10
4	沥青混凝土技术要求及配合比	13
5	碾压式沥青混凝土面板设计	15
5.1	一般规定	15
5.2	结构设计	15
5.3	面板与基础、岸坡及其它建筑物的连接	17
6	碾压式沥青混凝土心墙设计	18
6.1	一般规定	18
6.2	结构设计	18
6.3	心墙与基础、岸坡及其它建筑物的连接	19
7	浇筑式沥青混凝土心墙设计	20
7.1	一般规定	20
7.2	结构设计	20
8	安全监测设计	22
8.1	一般规定	22
8.2	监测项目	22
附录 A	水工沥青混凝土的沥青技术要求	24
附录 B	水工沥青混凝土配合比选择	29
附录 C	碾压式沥青混凝土面板防渗层和排水层厚度估算	30
	标准用词说明	32

1 总 则

1.0.1 为规范水利水电工程土石坝沥青混凝土面板和心墙防渗结构设计，满足工程安全和经济合理的要求，特制定本标准。

1.0.2 本规范适用 1 级、2 级、3 级或坝高大于 30m 的土石坝沥青混凝土面板和心墙设计，以及水库库盆沥青混凝土面板设计。4 级、5 级土石坝沥青混凝土面板和心墙设计可参照执行。

1.0.3 对于特别重要或特殊要求的土石坝沥青混凝土面板和心墙设计，应进行专门研究。

1.0.4 土石坝沥青混凝土防渗形式可分为碾压式沥青混凝土面板、碾压式沥青混凝土心墙、浇筑式沥青混凝土心墙。沥青混凝土防渗形式应根据坝址区的地形地质和气候条件、筑坝材料、坝高和运行要求等因素，经技术经济比较后选定。

1.0.5 沥青混凝土防渗面板和心墙的各项性能指标应根据工程的具体条件确定。沥青混凝土的原材料和配合比应根据防渗体的结构性能要求，通过试验选定。对有特殊性能要求的沥青混凝土，应进行专门的试验研究。

1.0.6 本规范引用以下技术标准：

《土石坝安全监测技术规范》(SL 60)

《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)

1.0.7 土石坝沥青混凝土面板和心墙设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 沥青 bitumen, asphalt

沥青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。水工沥青混凝土防渗体所用的沥青主要是石油沥青。

2.0.2 改性沥青 modified bitumen

采用专门工艺，将高分子材料渗入沥青后使其性能得到改善的沥青。SBS 改性沥青是目前常用的一种聚合物改性沥青，SBS 是苯乙烯 (S) —丁二烯 (B) —苯乙烯 (S) 嵌段共聚物的缩写。

2.0.3 乳化沥青 emulsified bitumen

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 dilute bitumen

将石油沥青溶于石油溶剂中制得的沥青液体。常用的石油溶剂有煤油、汽油、柴油等。

2.0.5 粗骨料 coarse aggregate

粒径大于 2.36mm (方孔筛) 的石料。

2.0.6 细骨料 fine aggregate

粒径 2.36~0.075mm (方孔筛) 的石料。

2.0.7 填料 filler

在沥青混合料中起充填作用的粒径小于 0.075mm 的矿物质粉末，也称矿粉。通常由石灰岩等碱性石料加工磨细得到，水泥、消石灰、粉煤灰等材料有时也可作为填料使用。

2.0.8 矿料 mineral materials

粗骨料、细骨料和填料的总称。

2.0.9 掺料 additional material

掺加在沥青或矿料中的物料，主要作用是改善沥青混凝土的性能。如抗剥离剂、玻璃纤维、丙烯酸纤维或纤维素等。

2.0.10 加筋网 reinforcement mesh

加设于沥青混凝土面板中的聚酯类材料网，主要作用是提高沥青混凝土适应变形和抗裂能力。

2.0.11 矿料的酸碱性 acidity and alkaline of mineral materials

矿料中酸碱矿物成分的含量。

2.0.12 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混合物称为沥青混合料。

2.0.13 沥青混凝土 asphalt concrete

经压实或浇筑密实冷却后的沥青混合料称为沥青混凝土。

2.0.14 密级配沥青混凝土 dense-graded asphalt concrete

用粒径较小的粗骨料和含量较多的细骨料、填料和沥青制备成渗透系数很小的沥青混凝土。

2.0.15 开级配沥青混凝土 open-graded asphalt concrete

用粒径较大、含量较多的粗骨料、少量填料和沥青制备成渗透系数较大的沥青混凝土。

2.0.16 沥青玛蹄脂 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蹄脂，也称沥青胶。

2.0.17 沥青砂浆 asphalt mortar

由细骨料、填料和沥青配制而成的沥青混合料。

2.0.18 沥青含量 bitumen content

沥青质量与沥青混合料总质量的比值，以百分数 (%) 表示。

2.0.19 油石比 bitumen aggregate ratio

沥青质量与矿料总质量的比值，以百分数 (%) 表示。

2.0.20 垫层 bedding layer

设置在沥青混凝土面板和填筑体之间的具有一定厚度的级配

碎石或砂砾石铺筑层，其主要作用是：基础整平、排水和支承。

2.0.21 整平胶结层 leveling-and-binder layer

介于垫层和沥青混凝土防渗层之间的沥青混凝土结构层，起整平和胶结作用。

2.0.22 防渗层 impervious layer

位于整平胶结层或排水层上，用于防渗的密级配沥青混凝土结构层。

2.0.23 排水层 drainage layer

铺筑在两个防渗层之间的、用于将渗漏水排出的开级配沥青混凝土结构层。

2.0.24 封闭层 finishing

涂刷或喷涂在防渗层表面，用于封闭表面空隙和延缓防渗层老化的薄层，通常为有一定厚度的沥青玛蹄脂涂层。

2.0.25 沥青延度 ductility of bitumen

规定形态的沥青试样，在规定温度下以一定速度拉伸至断开时的长度，单位以 cm 计。

2.0.26 沥青软化点 softening point of bitumen

沥青试样在规定尺寸的金属环内，上置规定尺寸和质量的钢球，放于水或甘油中，以规定的速度加热，至钢球下沉达规定距离时的温度，以℃表示。

2.0.27 沥青针入度 penetration of bitumen

在规定温度和时间内，附加一定质量的标准针垂直贯入沥青试样的深度，以 0.1mm 表示。

3 沥青混凝土原材料

3.0.1 水工沥青混凝土的各项技术指标应满足沥青混凝土防渗体设计所规定的要求。

3.0.2 水工沥青混凝土所用石油沥青的品种和标号应根据工程类别、结构性能要求、当地气温、运用条件和施工要求等进行选择。

碾压式沥青混凝土可选用道路石油沥青。对沥青混凝土性能有特殊要求时，可专门提出沥青性能指标要求。

浇筑式沥青混凝土宜选用针入度较小、温度敏感性较小的沥青。

3.0.3 粗骨料宜采用碱性岩石破碎的碎石；当采用未经破碎的卵石料时，其用量不宜超过粗骨料用量的**50%**，并经试验研究论证。当采用酸性碎石或卵石时，应采取增强骨料与沥青黏附性的措施并经试验研究论证。

粗骨料应质地坚硬、新鲜，不因加热而引起性质变化，其技术标准应满足表**3.0.3**的要求。

表 3.0.3 粗骨料技术要求

序号	项 目	单 位	指 标	说 明
1	表观密度	g/cm^3	≥ 2.6	
2	与沥青黏附性	级	≥ 4	水煮法
3	针片状颗粒含量	%	≤ 5	颗粒最大、最小尺寸比大于 3
4	压碎值	%	≤ 10	压力 400kN
5	吸水率	%	≤ 2	
6	含泥量	%	≤ 0.5	
7	耐久性	%	≤ 12	硫酸钠干湿循环 5 次的质量损失

3.0.4 细骨料可选用人工砂、天然砂等；加工碎石筛余的石屑

也可利用，但其级配应符合要求。

细骨料应质地坚硬、新鲜，不因加热而引起性质变化，其技术标准应满足表 3.0.4 的要求。

表 3.0.4 细骨料的技术要求

序号	项目	单位	指标	说明
1	表观密度	g/cm^3	≥ 2.5	
2	水稳定等级	级	\geq	碳酸钠溶液煮沸 1h
3	耐久性	%	≥ 5	硫酸钠干湿循环 5 次的重量损失
4	有机质及泥土含量	%	\leq	

3.0.5 填料可采用石灰岩粉、白云岩粉，也可采用滑石粉、普通硅酸盐水泥和粉煤灰。但采用粉煤灰时需经试验研究论证。

填料应不结团块、不含有机质及泥土，其技术标准应满足表 3.0.5 的要求。

表 3.0.5 填料的技术要求

序号	项目	单位	指标	说明
1	表观密度	g/cm^3	≥ 2.5	
2	亲水系数		≤ 1.0	煤油与水沉淀法
3	含水率	%	≤ 0.5	
4	细度	$< 0.6mm$	100	
		$< 0.15mm$	> 90	
		$< 0.075mm$	> 85	

3.0.6 为改善沥青混凝土的物理力学性能，可按以下措施在沥青混凝土中掺入合适的掺料，但掺料品种及其用量应通过试验确定。

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

2 在沥青中可掺用 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和热稳定性；在沥青中

可掺用 **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; 在沥青可中掺用 **EVA** (乙烯—醋酸乙炔共聚物) 和 **PE** (聚乙烯) 材料, 改善沥青混凝土热稳定性。

3.0.7 用作沥青涂料的乳化沥青宜采用阳离子乳化沥青。水工沥青混凝土使用的石油沥青、改性沥青及乳化沥青的技术标准应满足附录 **A** 的要求。

http://www.slzjxx.com
水利造价信息网

4 沥青混凝土技术要求及配合比

4.0.1 碾压式沥青混凝土面板防渗层的沥青混凝土，孔隙率应不大于**3%**；渗透系数应不大于 **1×10^{-8} cm/s**；水稳定系数（或稳定度）不小于**0.9**；马歇尔标准试件斜坡流淌值不宜大于**0.8mm**；低温不开裂，并应满足设计变形指标等要求；沥青含量可为**6.5%~8.5%**；粗骨料最大粒径不宜大于**16mm**。

4.0.2 碾压式沥青混凝土面板排水层的沥青混凝土，渗透系数应不小于 **1×10^{-2} cm/s**；热稳定系数应不大于**4.5**；水稳定系数应不小于**0.85**；沥青含量可为**3.0%~4.0%**；粗骨料最大粒径应不大于**26.5mm**。

4.0.3 碾压式沥青混凝土面板整平胶结层的沥青混凝土，孔隙率宜为**10%~15%**；热稳定系数应不大于**4.5**；水稳定系数应不小于**0.85**；沥青含量可为**3.5%~5.0%**；粗骨料最大粒径应不大于**19mm**。

4.0.4 碾压式沥青混凝土面板封闭层使用的沥青玛蹄脂、改性沥青玛蹄脂或其它防水材料，应与防渗层面黏结牢固，高温不流淌，低温不脆裂，并易于涂刷或喷涂。

4.0.5 碾压式沥青混凝土心墙的沥青混凝土，孔隙率应不大于**3%**；渗透系数应不大于 **1×10^{-8} cm/s**；水稳定系数应不小于**0.9**；并应根据工程的运用条件和要求，提出有关的变形和力学指标要求；沥青含量可为**6.0%~7.5%**；粗骨料最大粒径不宜大于**19mm**。

4.0.6 浇筑式沥青混凝土心墙的沥青混凝土，孔隙率应不大于**2%**；渗透系数应不大于 **1×10^{-8} cm/s**；水稳定系数应不小于**0.9**；分离度应不大于**1.05**；抗流变性能好，浇筑时应有足够的施工流动性和抗分层性；沥青含量可为**9%~13%**；粗骨料的**最大粒径宜不大于26.5mm**。

4.0.7 碾压式沥青混凝土面板防渗层和沥青混凝土心墙的室内配合比试验及现场出机口检测试验的马歇尔标准试件孔隙率不宜大于**2.0%**。

4.0.8 沥青混凝土配合比应通过室内试验和现场摊铺试验进行选择。所选配合比的各项技术指标应满足沥青混凝土的设计要求，并应有良好的施工性能。

沥青混凝土室内试验的温度、加荷速度等试验条件，应根据工程的特点、环境温度和运用条件等确定。

4.0.9 沥青混凝土配合比选择应按附录 B 执行。沥青混凝土及原材料的试验应遵守 **DL/T 5362** 的规定。

5 碾压式沥青混凝土面板设计

5.1 一般规定

- 5.1.1** 碾压式沥青混凝土面板应满足防渗、适应变形、高温稳定、低温抗裂和耐久性等性能要求。
- 5.1.2** 沥青混凝土面板坡比，除满足填筑体自身稳定外，根据目前施工水平，从面板铺筑机械的施工效果和操作人员安全考虑，宜不陡于 **1:1.7**。
- 5.1.3** 对坝高超过 **100m** 的碾压式沥青混凝土防渗面板，应做专项技术论证。

5.2 结构设计

- 5.2.1** 沥青混凝土面板平面布置宜平滑顺直，不变坡。需变坡时，应弧线平顺过渡，不宜设马道。弧线段曲率半径应满足面板应力应变和摊铺机施工要求。
- 5.2.2** 沥青混凝土面板与填筑体或基础面之间应设垫层。垫层类型和厚度（垂直坡面）应根据填筑体及基础变形大小，以及排水、防冻胀、粒径过渡、料源和施工方法等要求选定。垫层料宜选用级配碎石或砂卵石，垫层厚度宜为 **50~100cm**。
- 5.2.3** 碎石和砂卵石垫层料应质地坚硬、级配良好，最大粒径不宜大于 **80mm**，小于 **5mm** 粒径含量宜为 **25%~40%**，小于 **0.075mm** 粒径含量不宜大于 **5%**。垫层表面压缩模量宜大于 **40MPa**。
- 5.2.4** 沥青混凝土面板铺筑前，应在垫层表面喷洒乳化沥青，其用量宜为 **0.5~2.0kg/m²**。
- 5.2.5** 沥青混凝土面板板后排水应通畅。
- 5.2.6** 沥青混凝土面板宜采用筒式断面 [图 5.2.6 a)]，对防渗有特殊要求的工程可选用复式断面 [图 5.2.6 b)]。

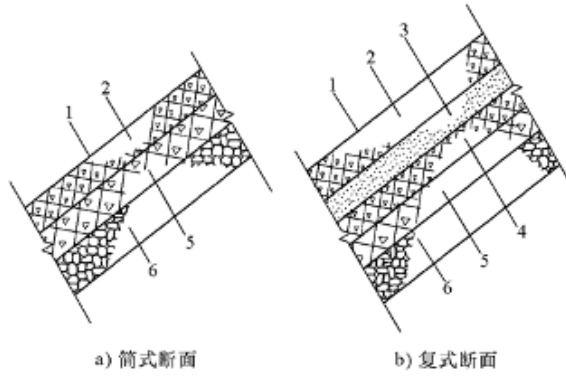


图 5.2.6 沥青混凝土面板断面形式

1—封闭层；2—防渗层（复式断面为上防渗层）；3—排水层；
4—下防渗层；5—整平胶结层；6—垫层

5.2.7 沥青混凝土面板封闭层厚度宜为 $1\sim 2\text{mm}$ ；防渗层厚度宜为 $6\sim 10\text{cm}$ ；整平胶结层厚度宜为 $5\sim 10\text{cm}$ 。复式断面沥青混凝土面板排水层厚度宜为 $6\sim 10\text{cm}$ ，下防渗层厚度宜为 $5\sim 8\text{cm}$ 。防渗层和排水层厚度可按附录 C 进行核算。

5.2.8 防渗层、整平胶结层及排水层宜单层施工，下防渗层也可与整平胶结层合为一层。

5.2.9 排水层宜沿坝轴线方向设置隔水带，以便分区观测渗水。隔水带间隔宜为 $20\sim 100\text{m}$ ，隔水带宽度宜为 $1\sim 3\text{m}$ ，以摊铺机最小摊铺宽度为宜。

5.2.10 沥青混凝土面板宜设置防止沥青混凝土发生流淌的降温设施。降温设施可采取面板表面喷涂浅色涂层或在坝顶设喷（淋）水设施。

5.2.11 严寒地区沥青混凝土面板应进行低温抗裂试验及计算分析研究。当常规沥青混凝土不能满足低温抗裂要求时，宜采用改性沥青混凝土。

5.2.12 重要工程沥青混凝土面板土石坝，宜结合坝体、基础进

行面板的变形及应力应变分析。

5.2.13 沥青混凝土面板防渗工程初次蓄水时间，宜选在气温较高的季节，并应控制库水位上升和下降速度，蓄水初期应加强对面板的监测。

5.3 面板与基础、岸坡及其它建筑物的连接

5.3.1 沥青混凝土面板与基础、岸坡或其它刚性建筑物的连接结构，应根据连接部位的相对变形及水头大小等条件进行设计。对重要工程，应进行接头模型试验论证。

5.3.2 面板与刚性结构连接处、反弧段或基础挖填交界处和不均匀沉降较大的部位，宜铺设加筋网或加厚层。加厚层应设置在防渗层下部。

5.3.3 与沥青混凝土面板连接部位的混凝土齿墙或岸墩，其尺寸及基础处理应满足抗滑稳定和基础防渗要求。

6 碾压式沥青混凝土心墙设计

6.1 一般规定

6.1.1 碾压式沥青混凝土心墙应满足防渗、适应变形、耐久性等性能要求。

6.1.2 对坝高超过 150m 的碾压式沥青混凝土心墙坝，应做专项技术论证。

6.2 结构设计

6.2.1 沥青混凝土心墙轴线宜选择在坝轴线上游一侧，并与坝顶防浪墙连接。心墙宜采用竖直布置形式，也可根据地形、地质等条件以及坝体应力应变情况，选择倾斜或下部竖直、上部倾斜等布置形式。

6.2.2 心墙防渗轴线宜避开断层发育、强烈风化、夹泥、软黏土等不利地质条件。

6.2.3 沥青混凝土心墙的厚度可根据坝高、工程级别、抗震要求和施工条件等选定。心墙底部最大厚度（不含扩大段）宜为坝高的 $1/110 \sim 1/70$ 。心墙厚度宜采用渐变式或阶梯式。心墙顶部的最小厚度不宜小于 40cm。

6.2.4 心墙顶部应设保护层。保护层厚度应根据坝顶结构形式、冻结深度等综合选定。

6.2.5 心墙两侧应设过渡层，压实后的过渡层应具有变形协调、渗透稳定性。过渡层的水平宽度宜为 1.5~3.0m。强地震区和岸坡有明显变化的部位宜适当加厚。

1 过渡层料应质地坚硬，具有较强的抗水性和抗风化能力，可采用经筛选加工的砂砾石、人工砂石料或其掺配料。

2 过渡层料应具有连续的级配，最大粒径不宜大于 80mm，小于 5mm 的含量宜为 25~40%，小于 0.075mm 的含量宜

不大于**5%**。

6.2.6 对重要的沥青混凝土心墙土石坝，应进行应力应变分析。

6.2.7 应力应变计算参数应通过试验确定。试验温度、试验加荷速度等应根据当地多年平均气温、心墙的施工速度、水库的运行条件等选择。

6.3 心墙与基础、岸坡及其它建筑物的连接

6.3.1 心墙与基础、岸坡的连接应设置水泥混凝土基座。基座的设置应满足渗流控制和方便心墙施工要求。心墙与岸坡、基础等刚性建筑物连接部位之间应做好止水设计。

6.3.2 心墙基座沿防渗轴线方向应平顺布置，避免采用台阶状、反坡或突然变坡，岸坡上缓下陡时，变坡角应小于**20°**。心墙基座或其它刚性建筑物表面的坡比宜缓于**1:0.35**。

6.3.3 与基础和岸坡的基座及刚性建筑物连接处的沥青混凝土心墙，应采用厚度逐渐扩大的形式连接。心墙与基座及刚性建筑物连接处的表面应凿毛，喷涂**0.15~0.2kg/m²**阳离子乳化沥青或稀释沥青，待充分干燥后，再涂一层厚度为**1~2cm**的砂质沥青玛蹄脂。

7 浇筑式沥青混凝土心墙设计

7.1 一般规定

7.1.1 浇筑式沥青混凝土心墙主要用于寒冷和严寒地区，并需冬季施工的中低高度土石坝。

7.1.2 浇筑式沥青混凝土心墙应具有良好的抗流变性，并满足防渗、适应变形、耐久性等性能要求。

7.1.3 对坝高超过 70m 的浇筑式沥青混凝土心墙坝，应进行专项技术论证。

7.2 结构设计

7.2.1 沥青混凝土心墙应采用竖直式布置，心墙轴线宜选在坝轴线上游侧。

7.2.2 沥青混凝土心墙的厚度可根据坝高、工程级别、沥青混凝土的流变特性、施工要求、当地气温和抗震要求等条件选定。心墙厚度宜为坝高的 1/100，顶部最小厚度不宜小于 20cm。

7.2.3 沥青混凝土心墙宜采用可拆卸组装的钢模板施工。低坝也可采用主、副墙复式结构。

7.2.4 心墙顶部应设保护层，保护层厚度应根据坝顶结构形式、冻结深度等综合选定。

7.2.5 导流缺口部位的心墙分期浇筑段斜面可根据工程特点设止水铜片。

7.2.6 心墙两侧应设过渡层，压实后的过渡层应具有变形协调、渗透稳定性。过渡层的水平宽度宜为 1.5~3.0m。强地震区和岸坡有明显变化的部位宜适当加厚。

1 过渡层料应质地坚硬，具有较强的抗水性和抗风化能力，可采用经筛选加工的砂砾石、人工砂石料或掺配料。

2 过渡层料应具有连续的级配，最大粒径不宜大于 60mm。

小于 5mm 的含量宜为 25%~35%，小于 0.075mm 的含量宜不大于 5%。

7.2.7 心墙与基础、岸坡及其它建筑物的连接应符合 6.3 节的规定。

<http://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

8 安全监测设计

8.1 一般规定

8.1.1 土石坝沥青混凝土面板和心墙安全监测设计除应满足本规范规定外，还应符合 **SL 60** 的有关规定。

8.1.2 埋设在沥青混凝土中及周边的监测仪器应具有耐高温的性能，埋设前应进行检验和率定。

8.1.3 监测设计应针对沥青混凝土高温施工的特点，采取相应措施，并提出具体的埋设施工技术要求。

8.2 监测项目

8.2.1 1级、2级土石坝沥青混凝土面板应设置下列监测项目，对3级及3级以下土石坝沥青混凝土面板的监测项目可适当减少：

1 变形监测应包括面板的水平和垂直位移、面板挠度、面板与岸坡和刚性结构接缝处的位移等。

2 渗流监测应包括面板后及面板与混凝土接头部位的渗透压力等。

3 温度监测应包括面板表面及内部的温度。

4 外观检查应包括斜坡流淌、裂缝、鼓包等。

5 有特殊要求时，可增设专门性观测项目，如面板应力应变、日照辐射热等。

8.2.2 1级、2级土石坝沥青混凝土心墙应设置下列监测项目，对3级及3级以下土石坝沥青混凝土心墙的监测项目可适当减少：

1 变形监测应包括心墙的水平位移和垂直位移、心墙与过渡层的位错变形、心墙与混凝土基座接触面的相对位移、心墙与岸坡和刚性结构接缝处的位移等。

2 渗流监测应包括墙后及心墙与混凝土基座结合部位的渗透压力等。

3 进行心墙内部温度监测。

4 有特殊要求时，可增设专门性观测项目，如心墙内部的应力应变等。

附录 A 水工沥青混凝土的沥青技术要求

A.0.1 水工沥青混凝土所用的沥青原材料主要为石油沥青，其技术指标应按表 A.0.1 执行。

表 A.0.1 水工沥青混凝土的石油沥青技术要求

指 标	单 位	等 级 ^a	沥 青 标 号												试 验 方 法		
			110 号			90 号			70 号 ^b			50 号 ^b					
针入度 (25℃, 100g, 5s)	0.1mm		100~120			80~100			60~80			40~60			DL/T 5362		
适用的气候分区			2-1	2-2	2-2	1-1	1-2	1-3	2-2	2-3	1-3	1-4	2-2	2-3	2-4	1-4	
针入度指数 PI^c		A	-1.5~+1.0												JIS 052 ^d		
软化点 RmB, \geq	℃	A	48			46			44			46			49	DL/T 5362	
60℃动力粘度 ^e , \geq	Pu·s	A	120			100			140			180			200	JIS 052 ^d	
10℃延度 ^e , \geq	cm	A	40	45	30	20	30	20	20	15	25	20	15	15	DL/T 5362		
含蜡量 (蒸馏法), \leq	%	A	2.2												DL/T 5362		
闪点, \geq	℃		230			245			260						DL/T 5362		

表 A.0.1 (续)

指 标	单 位	等 级 ^a	沥 青 标 号				试 验 方 法	
			110 号	90 号	70 号 ^b	50 号 ^b		
溶解度, \geq	%		99.5				DL/T 5362	
密度 (15℃)	g/cm ³		实测记录				DL/T 5362	
TFOT (或 RTFOT) 后 ^c	质量变化, \leq	%	± 0.8				DL/T 5362	
	残留针入度比 (25℃), \geq	%	A	55	67	61	68	DL/T 5362
	残留延度 (10℃), \geq	cm	A	10	8	6	4	DL/T 5362

注: 本标准是根据水工沥青混凝土的特点, 结合目前的工程经验, 对 JTG F40 中的“道路石油沥青技术要求”进行取舍后制定的。本表中的气候分区是公路沥青混凝土路面根据气候条件选择沥青的依据, 不适用于水工沥青混凝土中的沥青选择。

a: JTG 062 中将道路石油沥青划分为 A、B、C 共 3 个级别, A 级沥青适用于各个等级的公路, 以及任何场合和层次; B 级和 C 级沥青次之。本标准制定时考虑到水工沥青混凝土的特点, 要求选用 A 级沥青。

b: 70 号沥青可根据需要要求供应商提供针入度范围为 60~70 或 70~80 的沥青, 50 号沥青可要求提供针入度范围为 40~50 或 50~60 的沥青。

c: 按气候条件和针入度指数等选择沥青是“八五”国家科技攻关“道路沥青及沥青混合料路用性能的研究”的重要成果。针入度指数 PI 用以描述沥青的温度敏感性, 是由 3 个或 3 个以上规定的温度条件下测定针入度后按规定的计算方法得到, 具体见 JTG 062 的规定。JTG F40 的条文说明中指出: 本规范规定“经建设单位同意, 表中 PI 值、80℃动力黏度、10℃延度可作为选择性指标, 也可不作为施工质量检验指标”是考虑到针入度指数是初次列入标准, 在实际应用中总有一个滞后时间。水工沥青混凝土面板存在着高温斜坡流淌问题, 采用针入度指数的概念对沥青混凝土面板选择适宜的沥青具有一定参考作用。

d: 试验方法按照 JTG 062 规定的方法执行。

e: JTG F40 规范提出, 老化试验以 TFOT (薄膜加热试验) 为准, 也可以 RTFOT (旋转薄膜加热试验) 代替, 试验方法执行 DL/T 5362 或 JTG 062。

A.0.2 对于水工沥青混凝土，应根据沥青混凝土的性能指标要求选择与表中对应的沥青。对沥青混凝土性能有特殊要求时，可专门提出沥青性能指标要求。

A.0.3 表 A.0.1 中适用的气候分区按表 A.0.3 执行。

表 A.0.3 气候分区

气候区名	最热月平均最高气温 (°C)	年极端最低气温 (°C)	备注
1-1 夏炎热冬严寒	>30	<-37	
1-2 夏炎热冬寒		-37~-21.5	
1-3 夏炎热冬冷		-21.5~-9.0	
1-4 夏炎热冬温		>-9.0	
2-1 夏热冬严寒	20~30	<-37	
2-2 夏热冬寒		-37~-21.5	
2-3 夏热冬冷		-21.5~-9.0	
2-4 夏热冬温		>-9.0	
3-1 夏凉冬严寒	<20	<-37	不存在
3-2 夏凉冬寒		-37~-21.5	
3-3 夏凉冬冷		-21.5~-9.0	不存在
3-4 夏凉冬温		>-9.0	不存在

注：本表仅适应于公路沥青路面按气候分区选择沥青。

A.0.4 水工沥青混凝土采用的聚合物改性沥青技术指标应按表 A.0.4 执行。

A.0.5 对表 A.0.4 中贮存性能指标，现场制作的改性沥青可不作要求，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。

A.0.6 阳离子乳化沥青技术指标应按表 A.0.6 执行。

表 A.0.4 水工沥青混凝土的聚合物改性沥青技术要求

指标	单位	SBS类 (I类)				SEB类 (I类)			EVA、PB类 (II类)				试验方法	
		I-A	I-B	I-C	-D	I-A	I-B	I-C	II-A	II-B	II-C	II-D		
针入度 (25℃, 100g, 5s)	0.1mm	>100	80~100	60~80	30~60	>100	80~100	60~80	>80	60~80	40~60	30~40	DL/T 5362	
针入度指数 PI, ≥		-1.2	-0.8	-0.4	0	-1.0	-0.8	-0.6	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	DL/T 5362	
延度 (5℃, 5cm/min), ≥	cm	50	40	30	20	60	50	40	—				DL/T 5362	
软化点 T _{1/8} , ≥	℃	45	50	55	60	45	48	50	48	52	55	60	DL/T 5362	
运动黏度 ^a (135℃), ≤	Pa·s	—						3			—			JGJ 052
闪点, ≥	℃	230				230			230				DL/T 5362	
溶解度, ≥	%	99				99			—				DL/T 5362	
弹性恢复 (25℃), ≥	%	55	60	65	75	—			—				JGJ 052	
黏稠性, ≥	N·m	—				5			—				JGJ 052	
韧性, ≥	N·m	—				2.5			—				JGJ 052	
贮存稳定性 ^b 离析, 软化点差, ≤	℃	2.5				—			无改性剂明显析出、凝聚				JGJ 052	
TFOT (或 RTFOT) 后残留	质量变化, ≤	±1.0											DL/T 5362	
	针入度比 (25℃), ≥	50	55	60	65	50	55	60	50	55	58	60	DL/T 5362	
	延度 (5℃), ≥	30	25	20	15	30	20	10	—				DL/T 5362	

注: 本标准根据水工沥青混凝土的特点, 采用了 JGJ 140 的“聚合物改性沥青技术要求”, 试验方法按照 DL/T 5362 和 JGJ 052 规定的方法执行。
a. 135℃运动黏度可采用 JGJ 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。
b. 贮存稳定性指标适用于工厂生产的成品改性沥青。

A.0.6 阳离子乳化沥青技术要求

序号	项 目		单位	品种和技术指标 ^a			试验规程
				FC-1	FC-2	FC-3	
1	乳化沥青破乳速度			快裂	慢裂	快裂或中裂	DL/T 5362
2	乳化沥青筛上剩余量 (1.18mm 筛), ≤		%	0.1	0.1	0.1	JTG 062
3	黏度	恩格拉黏度计 E25		2~10	1~6	1~6	JTG 062
		道路标准黏度计 C25.3	s	10~25	8~20	8~20	JTG 062
4	乳化沥青 蒸发残 留物	残留物含量, ≥	%	50	50	50	DL/T 5362
		溶解度, ≥	%	97.5	97.5	97.5	DL/T 5362
		针入度 (25℃)	0.1mm	50~200	50~300	45~150	DL/T 5362
		延度 (15℃), ≥	cm	40	40	40	DL/T 5362
5	乳化沥青与粗骨料的黏附性, 不小于裹附面积占总面积			2/3	2/3	2/3	DL/T 5362
6	乳化沥青 贮存稳 定性	1天, ≤	%	1	1	1	DL/T 5362
		5天, ≤	%	5	5	5	DL/T 5362

a: FC 为喷洒型阳离子乳化沥青。

附录 B 水工沥青混凝土配合比选择

B.0.1 矿料级配选择可采用丁朴荣公式 (B.0.1)。

$$P_1 = P_{0.075} + (100 - P_{0.075}) \frac{d_1^{0.075r}}{D_{\max}^{0.075r}} \quad (\text{B.0.1})$$

式中 P_1 ——通过孔径为 d_1 的过筛率, %;

$P_{0.075}$ ——填料用量, %;

r ——级配指数;

d_1 ——某一筛孔尺寸, mm;

D_{\max} ——矿料最大粒径, mm。

B.0.2 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时, 可先按 4~5 种沥青用量、3~4 种填料含量、2~3 种级配指数和不同材料种类组成不同配合比进行关键性能试验, 再从中选择出满足要求的较优的 2~3 种配合比进行全面的性能试验验证, 选出最优配合比。

附录 C 碾压式沥青混凝土面板防渗层和排水层厚度估算

C.1 防渗层厚度计算经验公式

C.1.1 按水头估算时，防渗层厚度可按经验公式 (C.1.1) 计算。

$$h = c + H/25 \quad (\text{C.1.1})$$

式中 h ——防渗层厚度，cm；
 c ——与骨料质量和形状有关的常数，可取 6~7cm；
 H ——防渗层承受的最大水头，m。

C.1.2 按水库允许日渗透量估算时，防渗层厚度可按经验公式 (C.1.2) 计算。

对全库盆防渗的抽水蓄能水库，应按水库允许日渗透量不超过库容的某一标准来复核防渗层的厚度。水库允许日渗透量应根据水库的类型、重要性、库容大小等由设计确定，对大中型水库可取总库容的 1/5000~1/2000，对抽水蓄能水库可取总库容的 1/10000~1/5000。

$$Q = AKH/h \quad (\text{C.1.2})$$

式中 Q ——防渗层总渗水量， m^3 ；
 A ——防渗层防渗面积， m^2 ；
 t ——时间，这里取 86400s；
 K ——防渗层渗透系数，m/s；
 H ——防渗层承受的平均水头，m；
 h ——防渗层厚度，m。

C.2 复式断面的排水层厚度计算

C.2.1 排水层厚度 (d) 应由防渗层的渗水量作为排水层的排水量确定。

C.2.2 防渗面每米坝长的渗水量 q_z 应按公式 (C.2.2) 计算。

$$q_z = \frac{k_z}{2\delta_z} \sqrt{1+m^2} \times H^2 \quad (\text{C.2.2})$$

式中 q_z ——防渗面层每米坝长的渗水量, $\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$;
 k_z ——防渗面层沥青混凝土渗透系数, m/s ;
 m ——面板坡比;
 δ_z ——防渗面层厚度, m ;
 H ——最大水深, m 。

C.2.3 排水层的排水量 q_p 应按公式 (C.2.3-1) 和公式 (C.2.3-2) 计算。

$$q_p = k_p i A \psi \quad (\text{C.2.3-1})$$

$$i = \frac{1}{\sqrt{1+m^2}} \quad (\text{C.2.3-2})$$

式中 q_p ——每米坝长排水量, 即防渗面层每米坝长的渗水量 q_z , $\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$;
 k_p ——排水层沥青混凝土渗透系数, m/s ;
 i ——排水层的渗透坡降;
 A ——排水层断面积, m^2 , 当取 1m 坝长时, A 即为排水层的厚度 δ , m ;
 ψ ——试验系数, 取 $\psi=1.0$ 。

C.2.4 排水层厚度应按公式 (C.2.4) 计算。

$$\delta = \frac{q_p}{k_p i \psi} F_s = \frac{q_z \sqrt{1+m^2}}{k_p} F_s \quad (\text{C.2.4})$$

式中 F_s ——富裕系数, 一般取 $1.0\sim 1.3$,
 其余符合意义同前。

标准用词说明

执行本标准时，标准用词应遵守下表规定。

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	