

155083.2017

销售分类建议：规程规范/
水利水电工程/水利水电施工

DL/T 5115—2008
代替DL/T 5115—2000

ICS 93.020
P 59
备案号：J803—2008

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5115—2008

代替 DL/T 5115—2000

混凝土面板堆石坝接缝止水 技术规范

Technical specifications for joint seal of
concrete face rockfill dam

中华人民共和国电力行业标准
混凝土面板堆石坝接缝止水技术规范

DL/T 5115—2008

代替 DL/T 5115—2000

*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2008年10月第一版 2008年10月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 1.875印张 47千字

印数 0001—3000册

*

统一书号 155083·2017 定价 9.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



2008-06-04发布

2008-11-01实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	3
4 总则	7
5 接缝止水结构	8
5.1 接缝止水结构型式	8
5.2 接缝止水构造	9
6 接缝止水材料	11
6.1 铜止水带和不锈钢止水带	11
6.2 PVC 止水带和橡胶止水带	11
6.3 塑性填料	11
6.4 防渗保护盖片	12
6.5 无黏性填料	12
6.6 辅助材料	12
7 接缝止水施工	13
7.1 一般规定	13
7.2 铜止水带加工与安装	14
7.3 PVC 止水带或橡胶止水带安装	15
7.4 异型接头的连接	15
7.5 塑性填料施工	16
7.6 无黏性填料施工	17
8 质量控制标准	18
条文说明	21

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2005〕739 号文）的要求修订的。

本次修订主要是在 DL/T 5115—2000《混凝土面板堆石坝接缝止水技术规范》的基础上，总结了国内外目前已建面板坝工程的实践经验，对面板坝接缝止水的结构、材料、施工及质量控制标准进行了修订，充分反映了当前面板坝止水结构的最新技术水平。同时，结合 DL/T 949—2005《水工建筑物塑性嵌缝密封材料技术标准》和 DL/T 5215—2005《水工建筑物止水带技术规范》的规定，提出了面板坝接缝止水材料的性能标准和测试方法。

本标准对 DL/T 5115—2000 修订的主要内容如下：

- 增加了规范性引用文件；
- 补充了部分术语和定义；
- 补充了总则的内容；
- 将原规范 6.1 的内容列入本标准的总则中（见 4.0.3、4.0.4、4.0.5）；
- 明确了铜止水带、不锈钢止水带、PVC 止水带、橡胶止水带的技术性能指标，同时明确了试验方法；
- 明确了塑性填料的技术性能指标，同时明确了性能测试方法；
- 增加了防渗保护盖片的技术指标和性能测试方法。

本标准与 DL/T 5016、DL/T 5128 配套使用。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电施工标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准主要起草单位：中国水电顾问集团华东勘测设计研究院、中国水利水电第十二工程局、中国水利水电科学研究院。

本标准主要起草人：陈振文、沈益源、张捷、贾金生、汤旸、郑子祥、徐建军、马如骥、胡京美、郝巨涛、沈志强。

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

1 范 围

本标准规定了混凝土面板堆石坝的接缝止水技术要求。

本标准适用于水电水利工程中 1 级、2 级、3 级和高度 50m 以上的 4 级、5 级混凝土面板堆石坝，其他面板坝可参照使用。

对于坝高 200m 以上的混凝土面板堆石坝，或有特殊情况和要求的混凝土面板堆石坝，其接缝止水的结构型式、构造、止水材料和施工，应进行专门研究。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 2059 铜和铜合金带材

GB 3280 不锈钢冷轧钢板

GB/T 17638 土工合成材料 短纤针刺非织造土工布

GB/T 17639 土工合成材料 长丝纺粘针刺非织造土工布

GB 18173.1 高分子防水材料 第1部分 片材

DL/T 949 水工建筑物塑性嵌缝密封材料技术标准

DL/T 5016 混凝土面板堆石坝设计规范

DL/T 5128 混凝土面板堆石坝施工规范

DL/T 5144 水工混凝土施工规范

DL/T 5215 水工建筑物止水带技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.0.1

周边缝 perimetric joint

面板与趾板、趾墙之间的接缝（见图 3.0.1）。

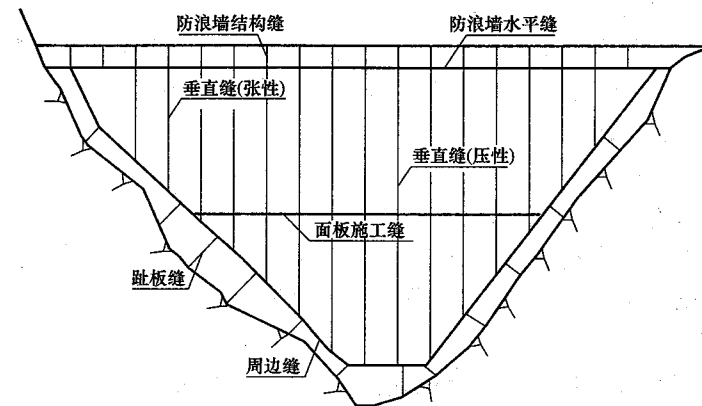


图 3.0.1 混凝土面板堆石坝接缝示意图（上游立视图）

3.0.2

垂直缝 vertical joint

面板分块形成的竖向永久接缝。位于面板拉伸区的接缝称张性垂直缝，位于面板压缩区的接缝称压性垂直缝（见图 3.0.1）。

3.0.3

施工缝 construction joint

面板或趾板因施工需要或其他原因形成的接缝（见图 3.0.1）。

3.0.4

防浪墙结构缝 structural joint of parapet wall

防浪墙墙体间的接缝（见图 3.0.1）。

3.0.5

防浪墙水平缝 horizontal joint of parapet wall

防浪墙底部与面板、趾板间的接缝（见图 3.0.1）。

3.0.6

趾板缝 plinth joint

趾板间的接缝（见图 3.0.1）。

3.0.7

止水带 waterstop

是指具有特定形状的、全部或部分浇筑于混凝土中的、起止水和抗绕渗作用的带材。其材质可以是铜、不锈钢、PVC 及橡胶（天然或合成）等。

3.0.8

塑性填料 plastic sealer

以丁基橡胶等高分子材料为主要原料生产的塑性密封材料，在水压力作用下，能由嵌缝位置挤入接缝中，发挥填缝止水作用。

3.0.9

防渗保护盖片 antiseepage protective sheet

用于塑性填料表面，密封和保护塑性填料，均匀传递水压力，辅助其发挥止水作用的片状材料，宜选用三元乙丙橡胶等耐老化性能好材料制作。一种是在内侧涂覆上塑性止水材料，以保证防渗盖片的抗渗性能和自身与混凝土的黏结性能；另一种是在内侧不涂覆塑性止水材料，但施工时需做好自身与塑性填料、混凝土的黏结。

防渗保护盖片分均质片型与复合片型两种，均质片型由同一种高分子材料组成，复合片型是通过高强度土工织物与高分子材料复合而成。

3.0.10

无黏性填料 cohesionless filler

由不含黏性成分的细粒矿物物料组成，用于接缝顶部，起自愈止水作用的材料，如粉煤灰和粉细砂等。

3.0.11

无黏性填料保护罩 protective mask for cohesionless filler

用于对表层止水无黏性填料进行覆盖和保护的装置，由内衬土工织物的带孔金属片制成。

3.0.12

PVC 止水带、橡胶止水带 wing ribs of PVC / rubber waterstop

止水带两平段为加强锚固、增长绕渗路径而凸出的部位。

3.0.13

异型接头 heterogeneous jointer

止水带和防渗保护盖片除直线连接外，所有连接接头统称异型接头（包括不同材质的止水带连接接头）。

3.0.14

F 型铜止水带 F type copper waterstop

见图 3.0.14。

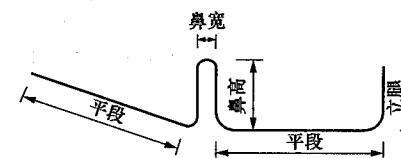


图 3.0.14 F 型铜止水带各部位称谓及形状示意图

3.0.15

W 型铜止水带 W type copper waterstop

见图 3.0.15。

3.0.16

U 型铜止水带 U type copper waterstop

见图 3.0.16。

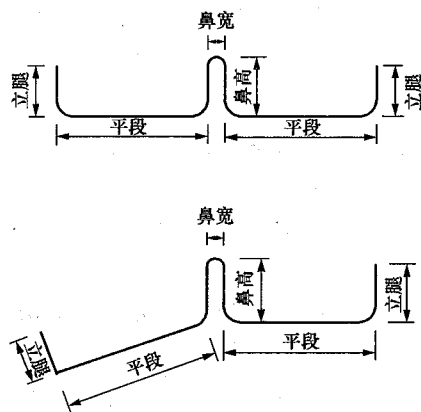


图 3.0.15 W型铜止水带各部位称谓及形状示意图

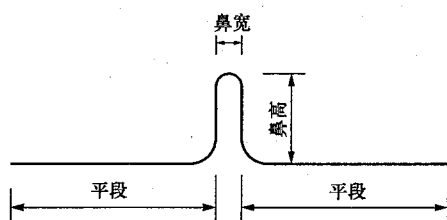


图 3.0.16 U型铜止水带各部位称谓及形状示意图

4 总 则

- 4.0.1 面板、趾板、防浪墙的接缝应形成连续密封的止水系统。
- 4.0.2 接缝止水材料应符合国家标准或行业标准，如有特殊要求时，应提出具体指标。
- 4.0.3 接缝止水材料，根据工程需要，应通过国家计量认证的检验机构检验。
- 4.0.4 接缝止水材料，应能与混凝土良好地结合，且便于现场加工和安装，并应具有足够的耐久性。
- 4.0.5 经技术性与经济性比较后，可采用不锈钢止水带，其加工、安装工艺应进行专门研究，使用时应注重产品的防锈性能。
- 4.0.6 寒冷地带库水位变化区的面板表面止水结构，应进行论证。
- 4.0.7 现场施工人员，应经过岗位培训，考试合格后方可上岗。
- 4.0.8 接缝止水施工前，应对主要工序、工种，制定安全操作规程和作业指导书；施工过程中应加强安全管理，做好安全防护；采用易燃材料时，应严禁明火。
- 4.0.9 混凝土施工缝的处理，应满足 DL/T 5144 的规定。

5 接缝止水结构

5.1 接缝止水结构型式

5.1.1 周边缝止水按下列原则布置：

1 坝高 50m~100m 的坝，周边缝除在缝底部设铜止水带外，应设第二道止水。第二道止水宜在缝顶部采用塑性填料，也可采用无黏性填料。

2 坝高 100m 以上的坝，周边缝应在缝底部设铜止水带，在缝顶部设置塑性填料或无黏性填料止水，另外还可在中部设置橡胶、PVC 止水或铜止水带，或不设中间止水而在顶部同时设塑性填料和无黏性填料两道止水。

3 100m 以上的坝，死水位或潜水员难以到达水位以下的面板及周边缝宜设无黏性填料的自愈防渗措施。

5.1.2 垂直缝止水按下列原则布置：

坝高 50m 以上的张性垂直缝和压性垂直缝除设底部铜止水带外，张性垂直缝应在缝顶部设第二道止水，压性垂直缝宜在缝顶设第二道止水。垂直缝止水与周边缝止水相连接。

5.1.3 防浪墙水平缝底部应设铜止水带，并在缝顶部加设塑性填料止水。缝顶、缝底部止水应和面板垂直缝相对应的止水连接。

5.1.4 防浪墙结构缝应设一道止水带，此止水带应与防浪墙水平缝底部的铜止水带连接，并宜与防浪墙水平缝顶部的塑性填料止水连接。

5.1.5 面板与溢洪道或其他建筑物边墙连接时，其接缝止水结构与周边缝相同，并应有减少该接缝位移的措施。

5.1.6 趾板伸缩缝宜设两道止水，一端与周边缝的止水相接，另一端埋入基岩内，构成封闭止水系统。

5.1.7 防渗墙（或截水墙）、连接板、趾板相互之间的接缝止水，应按周边缝止水设计。

5.2 接缝止水构造

5.2.1 周边缝的缝宽宜为 12mm。当铜止水带鼻子的宽度大于 12mm 时，仅需在缝底局部加大缝的宽度。缝内部应设置沥青浸渍木板或有一定强度的其他填充板。沥青浸渍木板、填充板宜固定在已浇筑的混凝土趾板上。

5.2.2 周边缝缝底的 F 型铜止水带，应放在 PVC、土工织物或橡胶垫片上。垫片厚度宜为 4mm~6mm，放在水泥砂浆垫或沥青砂浆垫上。沥青砂垫应填满铜止水带底部的空间。铜止水带鼻子内应填塞橡胶棒和聚氨酯泡沫或其他可塑性材料。

5.2.3 周边缝 F 型铜止水带埋入趾板的宽度应不小于 150mm，此段止水带的方向应有利于浇筑混凝土时排气；另一平段宽度应不小于 165mm，埋入面板内的立腿高度宜为 60mm~80mm。铜止水带鼻子的高度应略大于缝的可能沉陷值，但不得小于 50mm；缝的切向位移大时，鼻子的宽度宜适当增大，反之，可用较小的宽度，但不得小于 12mm。

5.2.4 周边缝缝顶设有塑性填料止水时，应在周边缝缝口设橡胶棒，其直径应大于预计的周边缝张开值；塑性填料表面应设防渗保护盖片，防渗保护盖片用经防锈处理或不锈钢材料制作的膨胀螺栓和角钢或扁钢固定，若防渗保护盖片内侧涂覆塑性止水材料的，则需先使用配套黏结剂与混凝土表面粘牢再进行压固处理，使塑性填料、防渗保护盖片都能构成表面封闭的止水系统。

5.2.5 周边缝缝顶设有无黏性填料时，保护罩应透水，但无黏性填料不得被带出保护罩外。

5.2.6 周边缝 Ω 型 PVC 止水带或橡胶止水带宜使凹面朝向迎水面，铜止水带鼻子宜朝向迎水面。

5.2.7 应进行周边缝止水带的施工期保护设计，保护罩的尺寸应

尽量小。

5.2.8 垂直缝底部的铜止水带应与周边缝底部铜止水带、防浪墙底部铜止水带连接成封闭的止水系统。超过 100m 坝在周边缝附近应增设一道止水带，一端与面板垂直缝底部止水相连接，另一端与周边缝顶部塑性填料止水连接，形成封闭的止水系统。

5.2.9 张性垂直缝 W 型铜止水带鼻子高度宜为 40mm~60mm，鼻子宽度为 12mm，立腿高度为 60mm~80mm，两平段宽度宜不小于 160mm；压性垂直缝鼻子高度宜适当减小。

5.2.10 垂直缝 W 型铜止水带的底部应设置 PVC、土工织物或橡胶垫片和水泥砂浆垫，垫片的厚度宜为 4mm~6mm。水泥砂浆垫总宽度宜比铜止水带宽。

5.2.11 垂直缝铜止水带鼻子内应用橡胶棒和聚氨酯泡沫塑料或其他可塑性材料填塞，并用胶带纸封闭。

5.2.12 垂直缝顶部有塑性填料时，用防渗保护盖片封闭的方式与周边缝相同。

5.2.13 垂直缝缝面应涂刷薄层沥青乳剂或其他防黏结材料，缝内可不设填充料。超过 100m 或Ⅷ度~Ⅸ度地震区的坝，宜在面板中部设几条柔性垂直缝，缝内可填沥青浸渍木板或有一定强度、变形量较小的材料。

5.2.14 面板水平施工缝宜在面板顶部设一道塑性材料止水或防渗盖片，两端与面板垂直缝、周边缝连接。

5.2.15 面板水平施工缝在钢筋网以上的缝面，应垂直于面板表面，在钢筋网以下的缝面呈水平面。

5.2.16 趾板施工缝缝面应与趾板表面垂直，趾板钢筋应穿过缝面。

6 接缝止水材料

6.1 铜止水带和不锈钢止水带

6.1.1 铜止水带的厚度宜为 0.8mm~1.2mm。

6.1.2 宜选用软态的纯铜带加工铜止水带，其抗拉强度应不小于 205MPa，伸长率应不小于 30%，检测方法应按照 GB/T 2059 中所规定的方法进行。

6.1.3 当剪切位移较大时，铜止水带的断面尺寸可参照 DL/T 5215 附录 B 的方法确定。

6.1.4 不锈钢止水带的技术性能指标应符合 DL/T 5215 中相应的规定要求，检测方法按照 GB 3280 中所规定方法进行。不锈钢止水带的厚度、断面尺寸可参照铜止水带的规定。

6.2 PVC 止水带和橡胶止水带

6.2.1 PVC 止水带和橡胶止水带的厚度宜为 6mm~12mm。

6.2.2 所选用的 PVC 止水带和橡胶止水带，其技术性能指标应符合 DL/T 5215 中相应的规定要求，检测应按照 DL/T 5215 中规定的相应方法进行。

6.3 塑性填料

6.3.1 塑性填料的性能应满足 DL/T 949 中关于柔性填料的技术指标所规定的要求，其测试方法应按照 DL/T 949 中相应的规定执行。

6.3.2 塑性填料的配套黏结剂应保证材料与混凝土表面黏结良好，其性能测试可通过塑性填料拉伸黏结性能试验的结果来判定。

6.3.3 在设计接缝变形条件下，塑性填料应能在水压力作用下流

入接缝，并满足止水要求。塑性填料的断面面积宜为接缝设计张开断面面积的 2.0 倍~2.5 倍。

6.4 防渗保护盖片

6.4.1 防渗保护盖片的厚度宜为 5mm~8mm，宜采用三元乙丙橡胶等耐老化性能好的高分子防水材料制作。

6.4.2 防渗保护盖片可选用均质片或复合片，其性能指标应符合 GB 18173.1 所规定的相应材质的性能指标要求，检测应按照 GB 18173.1 所规定方法进行。

6.4.3 防渗保护盖片内表面复合的塑性止水材料，其性能应满足 DL/T 949 中规定的塑性填料的技术性能指标要求，同时塑性止水材料应与橡胶板黏结良好。

6.5 无黏性填料

6.5.1 无黏性填料宜采用粉煤灰、粉细砂。

6.5.2 无黏性填料的粒径应不超过 1mm，其渗透系数至少应比周边缝底部反滤料的渗透系数小一个数量级。

6.6 辅助材料

6.6.1 作无黏性填料保护罩所用的镀锌铁片或不锈钢片厚度宜为 0.7mm~0.9mm。

6.6.2 用于保护罩内衬的土工布宜选用针刺非织造土工布，其技术要求应符合 GB/T 17638 或 GB/T 17639 规定的要求。

7 接缝止水施工

7.1 一般规定

7.1.1 除无黏性填料外，接缝止水材料不得露天存放。

7.1.2 施工前，应对各种止水带进行焊接试验或其他连接试验，确定连（焊）接工艺和连（焊）接材料，并经鉴定合格，记录备案。安装止水带时，应仔细检查止水带的连（焊）接质量，不合格的接头应及时返工。

7.1.3 周边缝下砂浆垫层或沥青砂垫层，应按设计要求配制。其所用的材料、配比、尺寸及厚度应满足设计要求。

7.1.4 止水带要确保鼻子中线对准缝中线，安装完毕后，应经验收合格，才允许下一道工序施工。

7.1.5 在止水带附近的混凝土浇筑时，应指定专人平仓振捣，并有止水带埋设安装人员监护，避免止水带变形、变位，并应避免骨料集中、气泡和泌水聚集及漏浆等缺陷产生，保证该区域混凝土密实。

7.1.6 与防渗保护盖片或波形橡胶止水带接触的混凝土表面应平整，其平整度用 2m 直尺检查允许偏差 5mm，局部凹凸小于 3mm。如有麻面、松动等应经清理后，用聚合物砂浆修补。

7.1.7 浇筑准备和拆模的施工过程中要有专人看管，防止钢筋、模板、扣件等硬物从上部跌落损伤止水带，如有此类情况，应及时检查止水带。

7.1.8 对所有露出混凝土的止水带，拆膜后，应按设计要求及时保护。可用木盒、金属盒或其他方式进行覆盖保护。分期施工的分缝顶部止水在前期施工结束时应保护，防止污染、损伤；在后施工前应检查，经验收合格后方可进入下一工序施工。

7.1.9 施工中，止水带如有损坏或破坏，应修补或更换，并查明原因，记录备案。止水带有严重变形时，在浇筑前应做整形处理。修补处理后，应经验收合格，方可进行下一道工序。

7.2 铜止水带加工与安装

7.2.1 铜止水带应采用卷材，在工作面附近按设计形状、尺寸，采用专门成型机，根据需要长度，整体挤压成型。成型后的止水带应专人检查。表面应平整光滑，不得有机械加工引起的裂纹、孔洞等损伤。

7.2.2 成型后的铜止水带，在搬运和安装时，应避免扭曲变形或其他损坏。安装前应将其表面浮皮、锈污、油漆、油渍等清理干净，检查和校正加工的缺陷。

7.2.3 铜止水带下的砂浆垫应平整，其平整度用 2m 长的直尺检查，偏差不应大于 5mm。砂浆垫的宽度和厚度，应符合设计要求。

7.2.4 PVC 或橡胶垫片应平铺或粘贴在砂浆垫（或沥青垫）上，不得有褶曲和脱空，其中线应与缝中线重合，其偏差不大于 $\pm 10\text{mm}$ 。

7.2.5 铜止水带连接宜采用对缝焊接或搭接焊接。采用对缝焊接时，应采用单面双层焊道焊缝，必要时可在对缝焊接后，利用相同止水带形状和宽度不小于 60mm 贴片，对称焊接在接缝两侧的止水带上。

- 1 搭接焊接宜双面焊接，搭接长度应大于 20mm。
- 2 铜止水带焊接宜采用黄铜焊条气焊，不应用手工电弧焊接。
- 3 焊接时应对垫片作防火、防融蚀保护。

7.2.6 焊接接头应表面光滑，不渗水，无孔洞、裂隙、漏焊、欠焊、咬边伤及母材等缺陷。应抽样检查接头的焊接质量，可采用煤油或其他液体做渗透试验检验。

7.2.7 铜止水带安装后，应用模板夹紧等措施固定牢靠，使鼻子的位置符合设计要求。安装就位后，周边缝铜止水带鼻子外缘应

涂刷一薄层沥青漆，或贴宽度为鼻子周长一半的防粘胶带纸。止水带的立腿应清擦干净，两平段端部应有阻止水泥浆流入的措施。

7.2.8 趾板伸缩缝的止水带应埋入基岩止水基座。基岩止水基座的结构和要求，参见 DL/T 5144。

7.3 PVC 止水带或橡胶止水带安装

7.3.1 在使用前应清除 PVC 止水带或橡胶止水带表面的油渍、污染物，修复被破损的部分。

7.3.2 PVC 止水带接头应按其生产厂家要求，采用热（熔）黏结或热焊，搭接长度应大于 150mm。橡胶止水带接头应采用硫化连接。接头内不得有气泡、夹渣或渗水，中心部分应黏结紧密、连续，拼接处的抗拉强度应不小于母材抗拉强度的 60%。

7.3.3 PVC 止水带或橡胶止水带应采用模板夹紧，并用专门的措施保证其在施工过程中不偏移。止水带中心线应与设计线重合；止水带两平段应在一个平面上。安装止水带时，不应在止水带鼻子附近穿孔，如需用铅丝固定止水带，只允许在平段边缘附近穿孔固定。为防止污染，止水带表面保护纸应保留至浇筑覆盖前夕。

7.3.4 安装波形橡胶止水带前，应将其接触的混凝土表面擦拭干净，并涂刷黏结剂，安装后拧紧两侧固定螺栓。

7.3.5 周边缝若设有中部橡胶棒，趾板上橡胶棒位置处，应预留与橡胶棒直径相适应的半圆槽，待浇面板混凝土前，将橡胶棒固定在预留槽内，并用胶带纸作局部加固。橡胶棒的连接，可在端部削成一定的斜度胶接。

7.4 异型接头的连接

7.4.1 铜止水带的异型接头宜在现场车间内用钨极氩弧焊焊接加工或在工厂整体冲压成型并作退火处理。成型后的接头不应有裂纹或孔洞等缺陷，并经检验合格后方可用于止水工程。若有局部减薄，其最小厚度不应小于设计厚度。

7.4.2 PVC 止水带或橡胶止水带的异型接头宜在工厂订做。若在现场加工时，接头连接处不得有气泡或漏接存在，中心部分应黏结紧密、连续。

7.4.3 PVC 止水带或橡胶止水带与铜止水片连接时，宜将 PVC 止水带或橡胶止水带平段的一面削平，热压在铜止水片上，趁热铆接；也可在两止水片间利用塑性密封材料或优质黏结剂黏结后，再实施铆接或螺栓连接。

7.4.4 铜止水带或 PVC 止水带或橡胶止水带与塑性填料止水的连接必须按设计要求进行。

7.4.5 防渗保护盖片的异型接头宜在工厂订做。若在现场制作，防渗保护盖片的异型接头部位应外覆同材质的盖片进行加强处理。

7.5 塑性填料施工

7.5.1 接缝顶部应按设计要求的形状和尺寸，预留嵌填塑性填料的 V 型槽。

7.5.2 塑性填料施工应在相应部位混凝土强度达到设计强度的 70% 后进行。嵌填施工宜在日平均气温高于 5℃、无雨的白天进行，否则应采取专门的措施。塑性填料分期施工时，缝的端部应进行密封。

7.5.3 塑性填料嵌填前，应将与其接触的混凝土表面处理洁净、无松动混凝土块；V 型槽内如设置波形橡胶止水带的，在嵌填塑性填料前应再次拧紧波形止水带螺栓。接触面进行干燥处理后，涂刷黏结剂。如无法处理干燥则应采用潮湿面黏结剂。

7.5.4 缝口设置 PVC 或橡胶棒时，应在塑性填料嵌填前，将 PVC 或橡胶棒嵌入接缝 V 型槽下口，棒壁与接缝壁应嵌紧。PVC 或橡胶棒接头宜采用焊（粘）接并固定。

7.5.5 塑性填料嵌填时，应按其生产厂家的工艺要求进行施工。

7.5.6 塑性填料嵌填后的外形应符合设计要求，外表面无裂缝和

高低起伏。用模具检查合格后，再分段安装防渗保护盖片。

7.5.7 塑性填料填塞工序完成后，应尽快安装防渗保护盖片。与防渗保护盖片接触的混凝土表面应平整、密实。铺好防渗保护盖片后，用经防锈处理的角钢或扁钢、膨胀螺栓将防渗保护盖片固定紧密，确保防渗保护盖片与混凝土面形成密封腔体。固定防渗保护盖片用的角钢或扁钢和膨胀螺栓的规格、螺栓间距均应符合设计要求。防渗保护盖片之间的接头可采用硫化连接或搭接，搭接长度应大于 200mm。

7.6 无黏性填料施工

7.6.1 无黏性填料施工应自下而上进行。河床段应分层填筑，适当压实，其外部可直接用土工布或土石等材料保护。两岸斜坡段设计有保护罩处，应先安装保护罩，然后填入无黏性填料。

7.6.2 无黏性填料保护罩的材质及其尺寸、固定保护罩的角钢、膨胀螺栓的规格和间距均应符合设计要求。角钢及膨胀螺栓应经防腐处理。采用粉煤灰为无黏性填料时，其保护罩和混凝土接触面应密封。

7.6.3 周边缝顶部若同时有塑性和无黏性填料时，应先完成塑性填料的施工后，再进行无黏性填料施工。

8 质量控制标准

8.0.1 施工单位应建立健全质量保证体系，实行采购、加工、制作、安装、防护、监测全过程的质量控制与检查。

8.0.2 止水材料的质量，应符合第 6 章的规定。

8.0.3 止水带加工成型、接头焊接后，不应有机械加工引起的裂纹、孔洞等损伤，以及漏焊、欠焊等缺陷。铜止水带焊接接头应按 7.2.6 要求检验，确认符合质量要求后再进行安装。对有加工缺陷或焊接质量不符合要求的部位，应用红油漆标出，及时处理，并记录备查。止水带制作、安装及连接质量要求见表 8.0.3-1、表 8.0.3-2。

表 8.0.3-1 止水带制作及安装允许偏差

项 目		允许偏差 mm	
		铜止水带	PVC 止水带或 橡胶止水带
制作（成型）偏差	宽度	±5	±5
	鼻子或立腿高度	±3	±5
	中心部分直径		±2
安装偏差	中心线与设计线偏差	±5	±5
	两侧平段倾斜偏差	±5	±10

表 8.0.3-2 止水带连接质量检查项目和技术要求

项 目	质 量 要 求
铜止水带连接	焊缝表面光滑、无孔洞、无裂缝、不渗水； 对缝焊接为双层焊道焊接； 搭接焊接，搭接长度不小于 20mm
PVC 止水带或橡胶止水带连接	PVC 止水带连接焊缝内不得有气泡，黏结牢固、连接橡胶止水带硫化连接牢固

8.0.4 混凝土浇筑前，应对止水带的安装质量进行专项检查，止水带必须安装牢固，其平段及立腿必须彻底清理干净，经验收合格后才能开仓浇筑。止水带安装质量不合格的部位，不应开仓浇筑。

8.0.5 混凝土浇筑过程中，应加强止水带及模板的位移和变形情况检查，发现问题应及时处理。

8.0.6 表面止水的 V 型槽处理完成后，应经验收合格后，方能进行塑性填料的施工。塑性填料填塞前，宜用塑性填料对混凝土表面进行找平层施工，厚度 2mm~3mm，以确保塑性填料与混凝土黏结良好。塑性填料填塞完成后，应以 30m~50m 为一段，用模具检查其几何尺寸是否符合设计要求，并抽样切开检查塑性填料与 V 型槽表面是否黏结牢固、填料是否密实，如黏结质量差，应返工处理，经验收合格后，及时覆盖防渗保护盖片。对密封塑性填料的防渗保护盖片及膨胀螺栓的紧固性应抽样检查。质量检查项目和要求见表 8.0.6。

表 8.0.6 塑性填料和防渗保护盖片的施工质量检查项目和质量要求

项 目	质 量 要 求
接缝的混凝土表面	表面必须平整、密实，不得有露筋、蜂窝、麻面、起皮、起砂和松动等缺陷
预留槽涂刷黏结剂	混凝土表面必须清洁、干燥，黏结剂涂刷均匀、平整、不得漏涂、露白，黏结剂必须与混凝土面黏结紧密。黏结剂涂刷后，应防止灰尘、杂物污染，黏结剂与塑性填料的施工间隔时间，应按照国家材料生产厂家的要求控制，如黏结剂失效后，应返工处理
柔性填料施工	填料应充满预留槽，并满足设计要求断面尺寸，边缘允许偏差 ±10mm，填料施工应按规定工艺进行
防渗保护盖片施工	防渗保护盖片与混凝土面应黏结紧密，不得脱开。角钢锚压牢固，不得漏水

8.0.7 无黏性填料施工完成后，应检查保护罩规格尺寸及其安装的牢固程度等内容。质量检查项目和要求见表 8.0.7。

表 8.0.7 无黏性填料的质量检查项目和技术要求

项 目	质 量 要 求	允许偏差
保护罩规格	材质、材料规格、外形尺寸符合设计要求	位置误差 $\leq 30\text{mm}$;
保护罩安装	膨胀螺栓的规格、间距符合设计要求，安装牢固	螺栓孔距误差 $\leq 50\text{mm}$;
无黏性填料填筑	填料品种、粒径符合设计要求，填筑密实	螺栓孔深误差 $\leq 5\text{mm}$

8.0.8 接缝止水应按隐蔽工程施工要求，上道工序不合格不得转入下道工序。接缝止水设施验收不合格，面板堆石坝不应投入运行。

8.0.9 质量检查与验收结果及接缝止水材料质量文件记录是工程验收的重要依据，应及时进行汇总、编录、分析，并妥善保存。严禁涂改或自行销毁有关资料。

混凝土面板堆石坝接缝止水 技 术 规 范

条 文 说 明

目 次

1 范围	23
4 总则	24
5 接缝止水结构	25
5.1 接缝止水结构型式	25
5.2 接缝止水构造	37
6 接缝止水材料	42
6.1 铜止水带和不锈钢止水带	42
6.2 PVC 止水带和橡胶止水带	43
6.3 塑性填料	44
6.4 防渗保护盖片	46
6.5 无黏性填料	48
6.6 辅助材料	48
7 接缝止水施工	49
7.1 一般规定	49
7.2 铜止水带加工与安装	49
7.3 PVC 止水带或橡胶止水带安装	51
7.4 异型接头的连接	52
7.5 塑性填料施工	53
7.6 无黏性填料施工	54
8 质量控制标准	55

1 范 围

按照 DL/T 5016 规定范围, 应与设计规范相一致。混凝土面板堆石坝在我国已被广泛应用, 且发展迅速。目前我国已建和在建的坝高在 30m 以上的面板坝已超过 150 座, 其中坝高在 100m 以上的坝有近 40 座, 最大坝高为湖北清江水布垭的 233m, 居世界第一。

本标准总结了坝高 200m 以下面板坝已有的成熟经验。坝高 200m 以上的面板坝, 国内外都处于起步阶段, 且我国在高地震区、陡岸坡及严寒地区筑面板坝的经验不多, 规定坝高 200m 以上和有特殊情况和要求 (如地震烈度高、岸坡陡等特殊地质和地形条件及严寒地区、抽水蓄能电站等特殊要求) 的面板坝, 其接缝止水要进行专门研究。

4 总 则

4.0.2 面板坝对接缝止水材料性能的要求，不同于普通工业与民用建筑物，符合国家或行业标准的要求，是对材料最基本的要求，设计方面可根据工程的实际情况，对止水材料的性能提出其特殊的要求。

4.0.3 为保证止水材料的质量，必须慎重地选择止水材料的生产厂家。止水材料应选择经国家有关管理部门批准的专业厂家生产的产品，并符合国家或行业标准。对于工程中拟采用的止水材料，还应现场取样送相关部门检测，检测项目为材料标准中相应的出厂检验项目，有特殊要求时可以增加检测项目，以保证工程使用合格的产品。

鼓励采用性能优良的新型材料，但对新型材料的选择应经试验论证，并通过国家有关管理部门组织鉴定。

4.0.6 固定防渗保护盖片时，若缝两侧混凝土面起伏大，宜用扁钢固定防渗保护盖片，萨尔瓦兴娜坝就是一例；反之，宜用角钢固定防渗保护盖片。根据工程经验，膨胀螺栓的间距不大于 0.5m。水库结冰后，混凝土冻胀使膨胀螺栓松动，在风浪作用下，冰块的反复撞击，角钢被撞松，甚至撞掉，莲花和十三陵面板坝出现过此现象，故严寒地区面板坝对固定防渗保护盖片要专门研究。防渗保护盖片东北莲花、松山等工程在水位变动区以下，采用常规的螺栓型式锚固塑性填料的“鼓包”；在水位变动区以上，将塑性材料“鼓包”变平，适当扩大缝顶部 V 型槽容积，采用沉头螺栓和扁钢固定防渗保护盖片，即在混凝土内预埋外带锯齿的螺母，用沉头螺栓拧紧，拧紧后其表面与面板、趾板表面齐平。

5 接缝止水结构

5.1 接缝止水结构型式

5.1.1 铜止水带压水试验及混凝土中预埋铜带的拉拔试验表明，在 1.8MPa 水压力下未发生水力劈裂，铜止水带和混凝土的黏结力达 1.78MPa。铜止水带的鼻子使它适应周边缝的沉降、张开和一定的切向位移，只要施工质量好，它是 200m 以内高坝的主要止水防线。但它适应剪切位移的能力差，还需与其他止水结构配合使用。由于铜止水带在施工过程中可能变形，有些国家铜比不锈钢贵，故有用不锈钢止水带的成功实例，国内也开始研究使用不锈钢止水带，如青海黑泉、贵州引子渡面板坝用不锈钢止水带。但我国采用不锈钢止水带缺乏经验，要仔细选择不锈钢的型号，进行技术和经济比较后可代替铜止水带。现阶段可在 100m 以下的坝研究采用，待积累经验后再扩大采用范围。

袋鼠溪 Kangaroo Greek (59m)、小帕拉 Little Para (53m) 和法台斯 Fades (68m) 等大坝的周边缝仅有 PVC 止水带，平达利 Pindari 坝加高到 80m，仍只有 PVC 止水带，坝体漏水量很小。50m 以下的坝，周边缝位移小，一道止水能满足防渗要求。PVC 止水带价廉，但止水带底部混凝土不易浇筑密实；铜止水带稍贵，施工期需要保护，混凝土浇筑质量较有保证；缝顶用塑性填料止水，施工方便，但成本高。从确保混凝土浇筑质量和减少成本出发，推荐底部用铜止水带。

龙溪 (58.9m) 坝、小干沟 (55m) 坝、东津 (85.5m) 等国内和国外许多 100m 以下大坝，以及塞沙纳 Cethena (110m) 坝、利斯 Reece (122m) 坝，只有两道止水，运行良好，故 50m~100m 坝用两道止水能满足大坝运行要求。第二道止水的结构与施工经

验和经济有关。中部 PVC 止水带价廉,但影响其周围混凝土振实,要求精细施工;顶部塑性填料易保证止水效果,但需与垂直缝底部铜止水片连接或自成表面封闭止水系统;用无黏性填料需与缝底下反滤料(小区料)组成止水系统,无黏性填料的保护罩稍复杂。三种材料都可行,视各工程具体条件选择。从提高止水的可靠性出发,宜在缝顶增设第二道止水,且宜采用表面塑性填料止水。

除塞沙纳、利斯和雅肯布 Yacambu (160m) 坝外,100m 以上的坝一般都有三种材料的止水。室内试验表明,PVC 止水带在 1.3MPa 水压力下会发生绕渗,又要求模板分半,并影响混凝土浇筑质量,100m 以上高坝有不用它的趋势。塞格雷多 Segredo (140m) 和辛戈 Xingo (150m) 坝不设 PVC 止水带,缝顶部同时使用粉细砂和塑性填料止水。水布垭 (233m) 除在底部设置铜止水带外,在中部还加设了一道铜止水带来取代 PVC;洪家渡 (179.5m) 坝将中部橡胶止水带移至缝顶并改成波纹状,其上同时使用塑性填料和无黏性填料(粉煤灰、粉细砂),缝底铜止水带;滩坑 (160.0m) 坝将中部 PVC 止水带改成橡胶棒支撑体,缝顶部同时使用塑性填料和无黏性填料(粉煤灰)以及粉土,缝底铜止水带。故一般来说,对于 100m 以上的坝,底部铜止水带和表面塑性填料或无黏性填料止水是必须的,另外还可以根据需要在适当的部位加设一道止水。几种典型的周边缝构造见图 1。

无黏性填料的水压试验表明,只要缝底有反滤料,它能使接缝淤塞而自愈止水。希罗罗 Shiroro (140m) 和其他坝用粉细砂水下堵漏获得成功,也证明无黏性填料能够淤塞接缝而自愈止水。这和高土石坝设下游反滤层控制和堵截心墙裂缝的集中渗流相同。无黏性填料(粉煤灰或粉细砂)和反滤料应是周边缝止水的可靠措施,故规定 100m 以上高坝的周边缝宜设无黏性填料的自愈防渗措施。天生桥 1 级 (178m) 和茄子山 (106m) 坝周边缝顶部设无黏性填料和缝底反滤料止水系统。

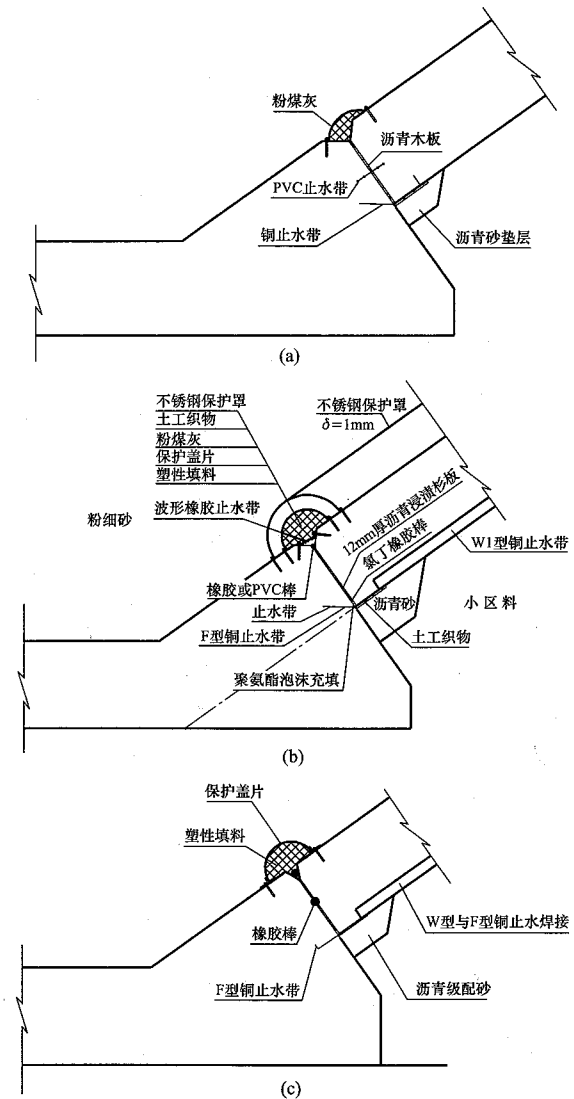


图 1 周边缝构造实例示意图(一)

(a) 天生桥一级; (b) 洪家渡; (c) 滩坑;

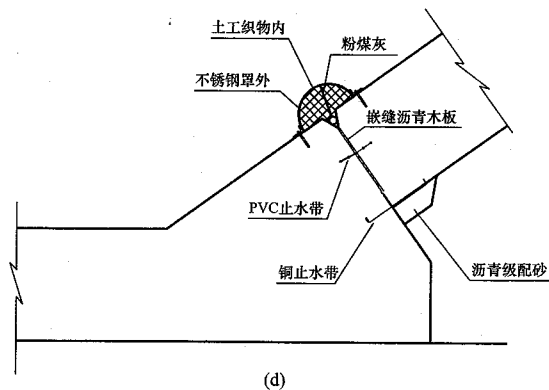


图1 周边缝构造实例示意图(二)

(d) 阿瓜密尔巴坝

200m 级高混凝土面板堆石坝的周边缝止水结构和材料, 在“九五”攻关中已取得一些成果。目前在止水结构和塑性止水材料研究方面, 都已达到国际先进水平, 如国内常用的 SR 与 GB 塑性填料的技术指标均属国际领先水平。目前在高坝周边缝设计中通常采用以下两种止水结构: 第一种止水结构为底部铜止水带, 中部由橡胶棒作为塑性填料的支撑体, 顶部为塑性填料及防渗保护盖片, 如图 1 (c) 所示。第二种止水结构为底部铜止水带, 顶部缝口设支撑橡胶棒、波纹形橡胶止水带、塑性填料及防渗保护盖板, 如图 1 (b) 所示。

部分已建坝的周边缝构造和运行简况见表 1 和表 2。

表 1 国内 50m 以上混凝土面板坝周边缝情况简表

坝名	坝址	坝高 m	岩性	顶止水	中止水	底止水	沉陷 ^a mm	张开 ^a mm	切向 ^a mm	渗流量 ^a L/s	完建年份
关门山	辽宁	58.5	安山岩	塑性填料	橡胶	铜	4.75	2.4	2.8	16→5	1988
成屏	浙江	74.8	凝灰岩	塑性填料	PVC	铜	-19.1	-6.52	10.7	70→10	1989

表 1 (续)

坝名	坝址	坝高 m	岩性	顶止水	中止水	底止水	沉陷 ^a mm	张开 ^a mm	切向 ^a mm	渗流量 ^a L/s	完建年份
龙溪	浙江	59	凝灰岩	塑性填料		铜	8.43	3.12	2.85	2.67→0.7	1990
西北口	湖北	95	灰岩	塑性填料	PVC	铜	24.3	13.2	7.4	未监测	1990
小干沟	青海	55	砾石	塑性填料		铜	3.5	3.4	1.9	3→0.9	1990
广蓄上库	广东	68	花岗岩	塑性填料	PVC	铜	10.5	3	10.5	1	1992
横山	浙江	70	凝灰岩	塑性填料	PVC	铜	5.2	8	2.8	难测	1992
东津	江西	85.5	砂岩	塑性填料		铜	2.3	4.8	1	量水堰未成	1995
十三陵上池	北京	75	安山岩	塑性填料	橡胶	铜	5.1	12.9	4.7	14.7~6.3 (冬季最大值)	1995
万安溪	福建	93.8	花岗岩	塑性填料	PVC	铜	21.9	3.82	3.1	13→5	1995
莲花	黑龙江	71.8	花岗岩	塑性填料	橡胶	铜	—	—	—	11	1996
天荒坪下水库	浙江	95	流纹岩	塑性填料	PVC ^b	铜	6.11	8.52	5.74	23→3	1997
大河	广东	69.5	变质砂岩板岩	塑性填料		铜	3.86	4.62	6.16	28	1998
古洞口	湖北	120	砾石灰岩	塑性填料	PVC	铜	13.13	5.14	3.89	量水井中无水	1998
泽雅	浙江	78.8	灰岩板岩	塑性填料		铜	14.07	8.65	23.00	未监测	1998
天生桥一级	贵州广西	178	灰岩砂泥岩	粉煤灰	PVC ^c	铜	14.5	13.56	19.4	41	1999

表 1 (续)

坝名	坝址	坝高 m	岩性	顶止水	中止水	底止水	沉降 ^a mm	张开 ^a mm	切向 ^a mm	渗流量 ^a L/s	完建 年份
白溪	浙江	124.4	凝灰岩	塑性 填料	PVC	铜	29.43	11.15	13.36	3~4	2001
芹山	福建	122	凝灰岩 熔岩	塑性 填料 +波形 止水带		铜	15.0	7.8	11.2	2	2001
珊溪	浙江	132.5	流纹 板岩	塑性 填料	PVC	铜	15.04	6.23	8.08	未测	2001
乌鲁瓦提	新疆	135	砂砾 石、 石英片 岩	塑性 填料		铜	20	10	10	10	2001
引子渡	贵州	129.5	灰岩	塑性 填料 +波形 止水带		铜	26.00	24.66	30.68	7	2003
公伯峡	青海	132.2	花岗岩 片岩	塑性 填料	橡胶	铜		20	40	<10	2004
古洞口 (I)级	湖北	117.6	砂砾石 灰岩	塑性 填料	橡胶	铜	39.99	24.42	40.18	0	2004
思安江	广西	103	—	塑性 填料 +波形 止水带		铜	—	—	—	—	2004
芭蕉 河I级	湖北	113	砂岩	塑性 填料 +波形 止水带		铜	14.4	8	7	15	2005
汉坪 嘴	甘肃	58	砂砾石	塑性 填料		铜	设计 40	20	40	未测	2005

表 1 (续)

坝名	坝址	坝高 m	岩性	顶止水	中止水	底止水	沉降 ^a mm	张开 ^a mm	切向 ^a mm	渗流量 ^a L/s	完建 年份
琅琊 山上 水库	安徽	64.5	灰岩	塑性 填料		铜	2.5	2.94	3.11	0.2	2005
崖羊 山	云南	88	石英 砂岩	粉煤 灰		铜	0.45	1.41	1.38	12.55	2005
紫坪 铺	四川	156	—	塑性 填料 +波形 止水带		铜	—	—	—	—	2005
洪家 渡	贵州	179.5	灰岩 泥页岩	塑性 填料 +波形 止水带		铜	计算 38.9	22.3	23.0	25	2006
吉林 台	新疆 尼勒克	157	凝灰岩	塑性 填料 +波形 止水带		铜	计算 14.0	41.3	20.9	—	2006
龙首 二级	甘肃	147	石英 砂砾岩	塑性 填料	橡胶	铜	15.53	14.96	16.54	76.3	2006
那兰	云南	109	砂岩 砂砾石	塑性 填料	PVC	铜	4.76	0.48	7.43	78	2006
三板 溪	贵州	185.5	凝灰岩 层凝 灰岩	塑性 填料 +波形 止水带		铜		60	60	15	2006
水布 垭	湖北	233	灰岩	塑性 填料 +波形 止水带		铜		50	50	—	在建

a 缝的位移和坝的渗水量为施工过程的数量,不是最终值。
b 上部无 PVC 止水带,仅下部设。
c 中部止水有 PVC 止水带或铜止水带。

表2 国外50m以上混凝土面板坝周边缝情况简表

坝名	国家	坝高 m	岩性	止水 材料	止水 材料	止水 材料	沉陷 mm	张开 mm	切向 mm	渗流量 L/s	完建 年份
阿利亚 (Arcia)	巴西	160	玄武岩	塑料 填料	PVC	铜	55	23	25	238→70	1980
塞沙纳 (Cethana)	澳大利亚	110	石英岩		PVC	铜		11	7.5	35→7	1971
安其卡亚 (Anchicaya)	哥伦比亚	140	角页岩		橡胶		106	125	15	1800→ 180	1974
希罗罗 (Shiroro)	尼日利亚	125	花岗岩		橡胶	PVC	50	30	21	1800→ 100	1984
利斯 (Reece)	澳大利亚	122	辉绿岩		海普 龙	不锈 钢	70	9.8		5.5→1	1986
平达利 (Pindari)	澳大利亚	85	斑岩		PVC					0.3	1995
小帕拉 (Litle Para)	澳大利亚	53	板状 白云岩		PVC		64	6	36	19.2	1977
袋鼠溪 (Kangaroo)	澳大利亚	59	片岩		PVC		50	5.5	19	15→1.2	1969
温尼克 (Winndke)	澳大利亚	85	砂岩 泥岩		橡胶	铜	21.5	9	24 ^a	58→18	1979
红树溪 (Mangrove)	澳大利亚	80	砂岩		橡胶	铜	57	12		6	1981
奥塔迪斯 (Outardes)	加拿大	55	片麻 岩		PVC	铜			0.1		1978
格伦尼斯 (Glennise)	澳大利亚	67	凝灰 岩		PVC	铜					1983
法台丝 (Fades)	法国	68	花岗 岩		橡胶			10		63→21	1967
西拉塔 (Cirata)	印度尼 西亚	125	凝灰 角砾 岩	塑料 填料	海普 龙	铜		6		10→2	1987
考兰 (Khao Laem)	泰国	92	灰岩	塑料 填料	海普 龙	铜	8	5	22 ^b	250→53	1984

表2(续)

坝名	国家	坝高 m	岩性	止水 材料	止水 材料	止水 材料	沉陷 mm	张开 mm	切向 mm	渗流量 L/s	完建 年份
萨尔瓦兴娜 (Salvajina)	哥伦比亚	148	砾石	塑料 填料	PVC	铜	19.7	15	15.4	60	1985
格里拉斯 (Golillas)	哥伦比亚	125	砾石	塑料 填料	PVC	铜		100	36	1080→ 650	1978
贝雷 (Bailey)	美国	94.5	砂页 岩		PVC	PVC	152			370→60	1979
巴塔艾 (Batang Ai)	马来 西亚	80	辉绿 岩	塑料 填料	PVC	铜				20→25	1985
特罗尔湖 (Rror lake)	美国	59.4	硬砂 岩	塑料 填料	橡胶	铜				14	1985
马琴托斯 (Mackintosh)	澳大利 亚	75	硬砂 岩		海普 龙	不锈 钢	23	5.3	2.3	18→7	1981
默奇松 (Murchison)	澳大利 亚	94	流纹 岩		PVC	不锈 钢	8.5	20	15	14	1982
科特梅尔 (Kotmal)	斯里 兰卡	97	花岗 岩		橡胶	铜	12	2	4	33→10	1985
克罗蒂 (Crotty)	澳大利 亚	80	砾石		PVC	不锈 钢	20	1.9	2.9	47	1991
塞格雷多 (Segredo)	巴西	145	玄武 岩	塑料 填料		铜	2	6		390→45	1992
辛戈 (Xingo)	巴西	150	玄武 岩	塑料 填料		铜	29	30	45	127→160	1994
阿瓜密尔巴 (Aguamilpa)	墨西哥	187	砾石	粉煤 灰	PVC	铜	16	19.1	5.5	258→50	1983
福蒂纳 (Fortuna)	巴拿马	105	花岗 岩		PVC	铜					1982
马查丁霍 (Machadiabo)	巴西	124	玄武 岩	塑料 填料	PVC	铜					1993
巴斯塔阳 (Bastyan)	澳大利 亚	75	流纹 岩		PVC	不锈 钢	22	5		7(1984)	1993

a 面板出现结构性裂缝,渗水量由大变小再变大。

b 面板出现结构性裂缝。

5.1.2 垂直缝主要经受张开或压缩位移。中、低坝垂直缝位移小，压性垂直缝只设底部铜止水带就能满足防渗要求。张性垂直缝和高坝的压性垂直缝，相对位移较大，也应设第二道止水。第二道止水位置和周边缝结构有关，由于顶部止水施工方便，第二道止水宜采用顶部塑性填料止水，压性垂直缝表面止水的面积比张性垂直缝小，参见图 2。

另外巴西的 Ita (125m)、Machadinho (125m) 和 Itapebi (106m) 等面板坝，在张性缝顶部采用橡胶挤压止水塞 JEENE 作为顶部之水，取代了以往常用的橡胶盖片和 IGAS 沥青玛蒂脂塑性填料。对于压性缝，仅设置了顶部 JEENE 止水塞，并取消了底部铜止水。

5.1.3 由于防浪墙和面板都在位移，增加了防浪墙水平缝设计的难度。若防浪墙水平缝高程低于正常蓄水位，此缝损坏后，将导致坝体漏水，其止水结构要专门研究。

5.1.4 防浪墙结构缝的铜止水带应与防浪墙水平缝铜止水带连接，1 级高坝及当设计洪水位高于防浪墙水平缝时，宜与防浪墙底水平缝的塑性填料止水连接，以形成封闭止水，参见图 3。

5.1.5 面板和其他建筑物连接的接缝与周边缝一样重要，但它与周边缝有差别。主要是接缝底部堆石体厚度大，缝的位移可能较大，除按周边缝设计外，还要求有减少位移的措施，如设薄层碾压的堆石高密度区。

5.1.6 趾板需设伸缩缝时，伸缩缝铜止水带的一端要埋入基岩内，另一端要与周边缝的止水带连接，以构成封闭止水系统。与周边缝止水连接，可以与底部铜止水带连接，也可与顶部塑性填料止水连接。超过 50m 的坝趾板伸缩缝一般设两道止水，常用的有两种连接型式：① 第一道表面塑性填料止水，一端埋入基岩内，另一端与周边缝的塑性填料止水连接，第二道铜止水带，一端埋入基岩内，另一端与周边缝底部的铜止水带连接，如图 4 (a) 所示；② 第一道铜止水带，一端埋入基岩内，另一端与周边缝的塑性填料止水连接，第二道铜止水带，一端埋入基岩内，另一端与周边缝底部的铜止水带连接，如图 4 (b) 所示。

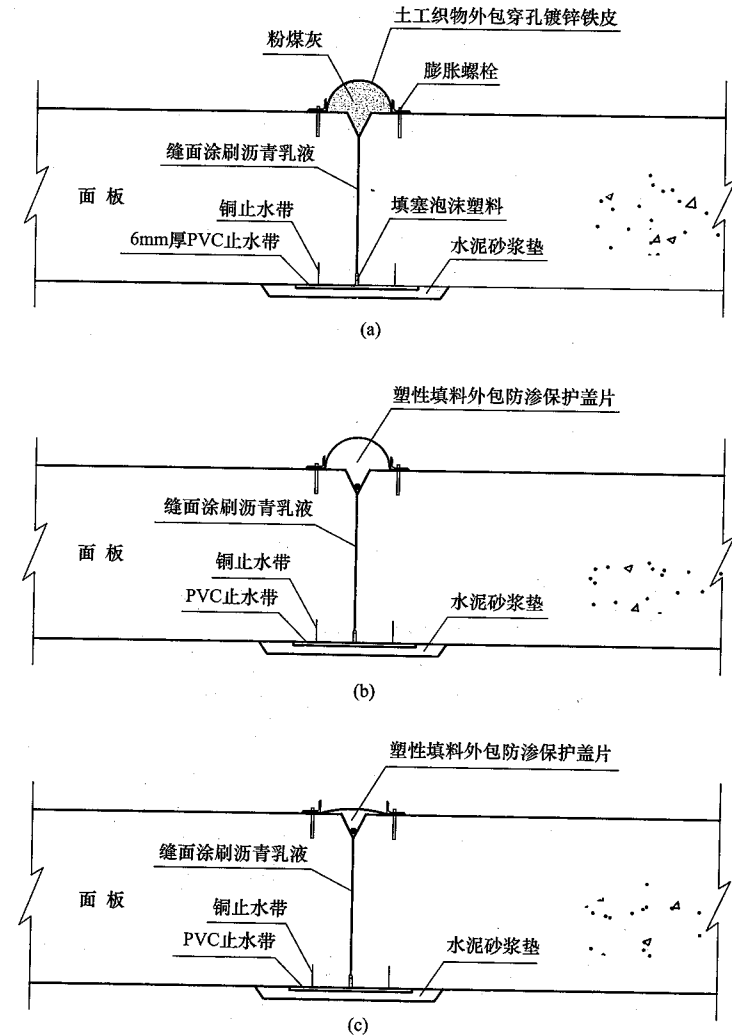


图 2 面板坝垂直缝止水结构例图
(a) 张性垂直缝 (表面止水为无黏性填料);
(b) 张性垂直缝 (表面止水为塑性填料);
(c) 压性垂直缝 (表面止水为塑性填料)

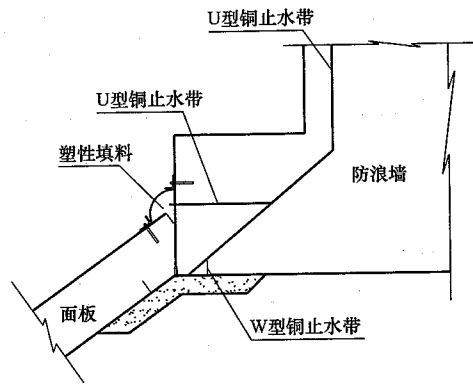


图3 防浪墙结构缝与防浪墙水平缝连接示意图

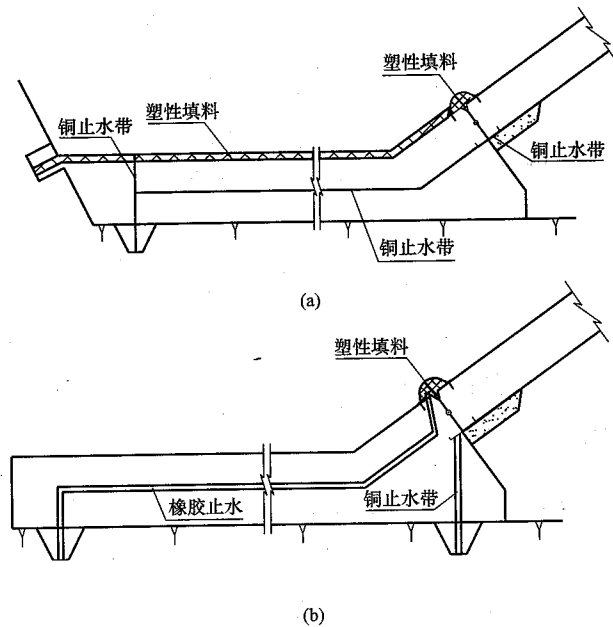


图4 趾板伸缩缝止水图

5.1.7 防渗墙和冲积层上的趾板之间位移差别大，坝体的侧压力将影响防渗墙的应力，高坝多在其间设连接板，规定此两接缝的止水结构按周边缝设计。对抽水蓄能电站中土工膜与混凝土的连接可参考泰安工程，采用以机械连接为主，化学粘连为辅的双重防渗结构型式，如图5所示。

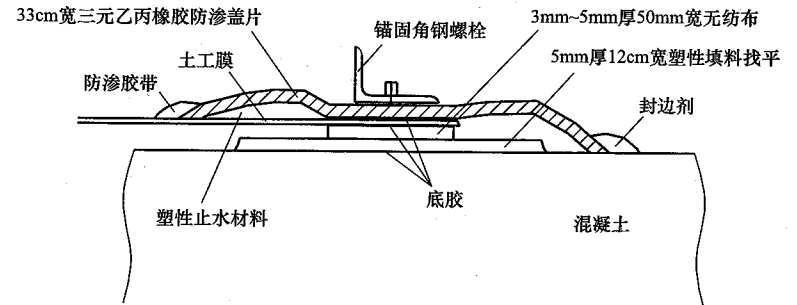


图5 土工膜与混凝土的机械锚固连接

5.2 接缝止水构造

5.2.1 周边缝的宽度大，填缝材料多，如果漏水，渗水量更大，故缝宽一般为 12mm。一些预计切向位移大的坝，如国外的格里纳斯 Galillas (127m)、萨尔瓦兴娜 Salvajina (148m)、利斯 Reece (122m) 和考兰 Khao Leam (130m) 等坝，铜止水片鼻子宽 24mm 或更大，国内洪家渡 (179.5m)、公伯峡 (132.2m)、芹山 (122.0m)、吉林台 (157.0m)、天生桥 (178.0m) 等坝铜止水片鼻子宽 25mm 或 30mm。国外前两个坝及国内洪家渡、公伯峡等坝的缝宽除在缝底部局部加宽外，缝的其余部分仍为 12mm，国外后两个坝的缝宽为 24mm。也有铜止水片的鼻子是从 12mm 向下渐变增大的工程实例。

5.2.2 铜止水带放在 PVC、土工织物或橡胶垫片上，目的是避免铜止水带被石块刺破。砂浆垫层或沥青砂垫直接在面板下，其

变形将影响缝的位移。为此，沥青砂垫的尺寸要与周边缝止水带的保护罩尺寸协调；沥青砂垫的变形模量应稍高于垫层料的变形模量。有取沥青砂垫变形模量为 80MPa~100MPa 的设计实例，可供参考。为使止水带适应周边缝的位移，应保证水泥浆不进入鼻子内，需将鼻子填满，并在两平段端部用沥青或砂浆止浆条。

5.2.3 F 型铜止水带的细部尺寸是塔斯马尼亚水电局及国内一些工程的大样。当剪切位移较大时，F 型铜止水带的断面尺寸确定宜遵照 DL/T 5215 中附录 B 的方法。

5.2.4 即使周边缝顶部防渗保护盖片能密封塑性填料，但垂直缝受力变形后局部张开，渗水可能绕过周边缝顶部塑性填料止水，使塑性填料失去止水作用。有三种方法截断这种可能的渗水通道：

1 用 PVC 止水带或橡胶止水带（株树桥、芹山、白云、公伯峡）或铜止水带（天荒坪），一端与周边缝缝顶塑性填料止水连接，另一端与垂直缝底部铜止水带连接，如图 6 所示。

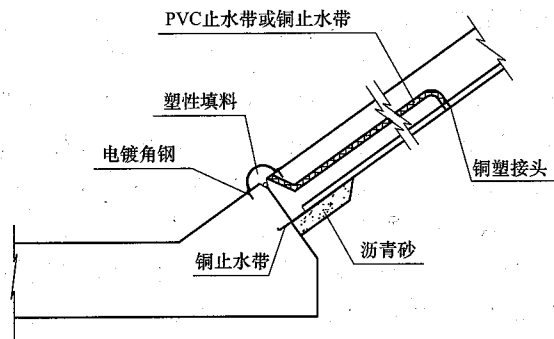


图 6 塑性填料止水与面板铜止水带连接图

2 在周边缝附近的垂直缝内设塑性填料并接底部的铜止水带，并在此段垂直缝顶部设塑性填料止水，一端与周边缝缝顶的

塑性填料连接，另一端与塑性填料井连接，如图 7 所示。

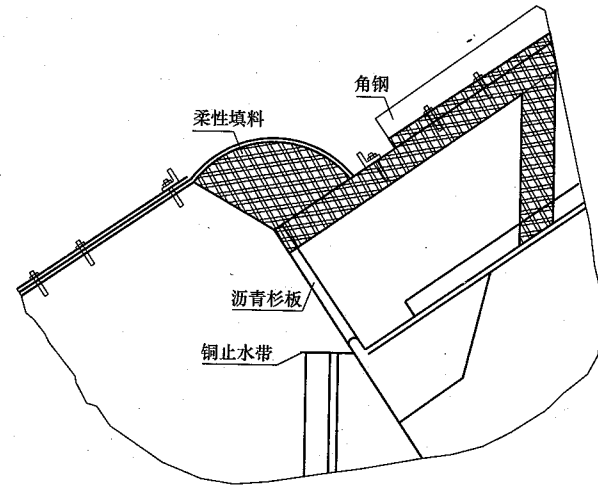


图 7 塑性填料止水与铜止水带连接图

3 在所有垂直缝顶部都设塑性填料止水，与周边缝缝顶的塑性填料形成完整的表面止水系统。亚肯布坝只有完整、封闭的表面止水系统，周边缝内填预塑 Progress2000（塑性填料），缝底无止水片就是一例，莲花坝也设完整的表面止水系统。

近期超过 50m 以上的坝所有垂直缝除缝顶部都设塑性填料止水外（压性垂直缝缝顶部塑性填料止水面积较张性缝小），均在周边缝附近加设一道铜止水带或 PVC（或橡胶）止水带，一端与周边缝缝顶塑性填料止水连接，另一端与垂直缝底部铜止水带连接，以防止垂直缝受力变形后局部张开，渗水绕过周边缝缝顶部塑性填料止水。

塑性填料要和一个支撑体构成止水系统。缝口设橡胶棒，可以阻止塑性填料向缝内流动，起支撑体的作用，此作用已被试验证明。缝顶为塑性填料止水时，推荐采用。对于高水头、接缝变形较大的工程，缝口橡胶棒直径宜通过试验确定。

5.2.5 无黏性填料靠渗水带入缝内，与缝底反滤料形成止水系统，故保护罩应透水；水位变动时，无黏性填料不应被带出罩外，故需土工布的反滤保护。为使土工布不被内外水压差拉坏，不能只用土工布作保护罩，应用带孔金属片内衬土工布作保护罩。

5.2.6 试验表明，凸面受水压，PVC 止水带的凸面会反转开裂，承受水压力的能力比凹面低，故应使凹面作迎水面。

5.2.7 止水带保护罩有金属抽屉式和木盒式，各工程可视具体条件选用。由于保护罩会影响碾压，应尽量减小保护罩的尺寸。

5.2.8 垂直缝底部铜止水带一端与周边缝底部铜止水带连接，另一端与防浪墙水平缝的铜止水带连接，形成完整的底部止水系统。

为了增加周边缝止水的可靠性及防止渗水绕渗，超过 100m 坝及垂直缝无顶部塑性填料止水，在周边缝附近应设一道止水带，一端与面板底部止水相连接，另一端与周边缝顶部塑性填料止水连接，形成封闭的止水系统。

5.2.9 垂直缝 W 型铜止水带的尺寸系引用塔斯马尼亚水电局及国内一些工程的尺寸要求。

5.2.10 砂浆垫的作用是支承 W 型铜止水带和侧模，是控制面板尺寸的基础。垫层料是无黏性材料，在其上挖槽后作砂浆垫，砂浆垫的厚度不宜侵占面板厚度，也可以研究把砂浆垫直接浇在坡面上，天生桥、塞格瑞多和巴塘艾坝就是这样设计和施工的。

5.2.11 鼻子内填橡胶棒和聚氨酯泡沫后贴胶带纸，目的是阻止水泥浆流入止水带鼻子内，保证止水带能变形自由。

5.2.13 为减少面板的位移，垂直缝都用平接硬缝，缝内一般不设填充料。但近来国内外均出现面板压性缝的混凝土被挤压破坏的实例，坝高从 103m 到 202m 均有，如中国的天生桥一级坝，国外巴西的 Barra Grand 坝、Campos Novos 坝、莱索托的 Mohale 坝等。为避免坝体较大变形及地震期间挤坏面板混凝土，对超过 100m 或Ⅷ度~Ⅸ度地震区的坝宜设几条柔性垂直缝。天生桥一级坝面板挤压破坏处理时，在面板接缝部位采用 2cm 厚的橡胶片充

填在面板缝间，在接缝破坏及其两侧缝共设置了 3 条柔性接缝；阿瓜密尔巴坝面板设了 5 条柔性垂直缝，缝宽 12.7mm；公伯峡设了 4 条柔性垂直缝，缝宽 12.0mm，缝内填沥青浸渍木板。软岩填筑 50m 以上的坝，研究是否设置柔性垂直缝。

5.2.14 面板拉应力区内设施工缝，若缝面处理不好，运行期该施工缝可能被拉裂，应尽量避免在拉应力区设施工缝。

5.2.15 混凝土浇筑块存在锐角，锐角处混凝土容易被破坏，应该避免。分期浇筑面板的水平施工缝，应使缝端面垂直于坡面。

6 接缝止水材料

6.1 铜止水带和不锈钢止水带

6.1.1 原规范中规定铜止水带的厚度为 0.8mm~1.0mm, 而目前一些高坝中实际使用的铜止水带厚度为 1.2mm, 因此本规范将铜止水带的厚度更改为 0.8mm~1.2mm。

6.1.2 面板坝接缝止水结构中的铜止水带一般采用 T2、T3 软(M) 态铜带材轧制而成, 与硬态铜相比, 软态铜具有较大的延伸率, 适应接缝变形能力强, 同时在加工过程中不易发生破坏。根据 GB/T 2059 标准的要求, 软态铜片的延伸率应不小于 30%, 而原规范中规定的延伸率为不小于 20%, 事实上目前绝大多数工程中均按大于 30% 执行, 因此本次修订将延伸率指标修改为不小于 30%。

6.1.3 在 DL/T 5215 附录 B 中, 对剪切位移大于 12mm 的铜止水带断面尺寸的核算方法作了规定, 在实际工程应用中可参照执行或进行校核。

6.1.4 我国采用不锈钢止水带的工程较少, 在黑泉面板坝和引子渡面板坝的周边缝止水中采用了不锈钢止水带。黑泉面板坝不锈钢止水带物理力学性能指标见表 3。

表 3 黑泉面板坝不锈钢止水带物理力学性能实测值

不锈钢牌号	抗拉强度 σ_b MPa	屈服强度 σ_s MPa	延伸率 ψ %	弹性模量 E MPa	泊松比 μ
0Cr18Ni9	700	365	59	2×10^5	0.27

根据 DL/T 5215 标准的要求, 不锈钢止水带的拉伸强度应不小于 205MPa, 伸长率应不小于 35%。

由于不锈钢止水带的性能基本能达到或超过铜止水带的性能

要求, 因此在经过经济性和技术性(包括材料耐久性、防锈蚀性能)比较后, 择优选用。但由于其焊接工艺比较复杂, 因此若采用需对其焊接工艺进行研究。

6.2 PVC 止水带和橡胶止水带

6.2.1 此条根据目前工程实际应用情况规定。

6.2.2 DL/T 5215 规定了 PVC 止水带和橡胶止水带的力学性能指标要求, 分别见表 4 及表 5。其中 PVC 是综合了国内主要 PVC 止水带生产厂家的技术指标, 橡胶止水带是参照 GB 18173.2 中的规定要求。

表 4 PVC 止水带物理力学性能

序号	项 目	单位	指标	试验方法	
1	硬度(邵尔 A)	度	≥ 65	GB 2411	
2	拉伸强度	MPa	≥ 14	GB/T 1040 II 型试件	
3	扯断伸长率	%	≥ 300		
4	低温弯折	°C	≤ -20	GB 18173.1 试片厚度采用 2mm	
5	热空气老化 70°C × 168h	拉伸强度	MPa	≥ 12	GB/T 1040 II 型试件
		扯断伸长率	%	≥ 280	
6	耐碱性 10% Ca(OH) ₂ 常温, (23±2)°C × 168h	拉伸强度保持率	%	≥ 80	GB/T 1690
		扯断伸长率保持率	%	≥ 80	
注: 出厂检验项目为项目 1、2、3, 型式检验项目为所有项目。有特殊要求时还可增加其他检测项目。					

表 5 橡胶止水带物理力学性能

序号	项 目	单位	指 标		
			B	S	J
1	硬度(邵尔 A)	度	60±5	60±5	60±5
2	拉伸强度	MPa	≥ 15	≥ 12	≥ 10

表 5 (续)

序号	项 目		单位	指 标			
				B	S	J	
3	扯断伸长率		%	≥380	≥380	≥300	
4	压缩永久变形	70℃×24h	%	≤35	≤35	≤35	
		23℃×168h	%	≤20	≤20	≤20	
5	撕裂强度		kN/m	≥30	≥25	≥25	
6	脆性温度		℃	≤-45	≤-40	≤-40	
7	热空气老化	70℃×168h	硬度变化(邵尔A)	度	≤+8	≤+8	—
			拉伸强度	MPa	≥12	≥10	
			扯断伸长率	%	≥300	≥300	
		100℃×168h	硬度变化(邵尔A)	度	—	—	≤+8
			拉伸强度	MPa	—	—	≥9
			扯断伸长率	%	—	—	≥250
8	臭氧老化 50pphm: 20%, 48h		—	2级	2级	2级	
9	橡胶与金属黏合		—	断面在弹性体内			

注 1: 出厂检验项目为项目 2、3、5, 型式检验项目为所有项目。有特殊要求时还可增加其他检测项目。
注 2: B 为适用于变形缝的止水带, S 为适用于施工缝的止水带, J 为适用于有特殊耐老化要求接缝的止水带。
注 3: 橡胶与金属黏合项仅适用于具有钢边的止水带。
注 4: 试验方法按照 GB 18173.2 规定的方法执行。

6.3 塑性填料

6.3.1 原标准中本节的标题为柔性填料, 柔性的意义既包括弹性材料(如聚氨酯、聚硫密封胶等), 又包括塑性材料, 而工程应用研究表明, 面板坝表层止水材料应使用塑性较大的止水材料, 不宜使用弹性较大的止水材料, 以免由于应力集中造成材料的疲劳而导致破坏。最新发布的 DL/T 949, 其标题亦为《水工建筑物塑性嵌缝密封材料技术标准》, 因此本次修订将本节改为塑性

填料。

DL/T 949 对塑性填料的性能要求和相应的检测方法都做出了具体的规定, 使得对塑性填料有了统一标准, 因此, 本标准在此引用了该标准, 具体要求见表 6。

表 6 塑性填料技术指标

序号	项 目		单位	指标	
1	浸泡质量损失率(常温×3600h)	水	%	≤2	
		饱和 Ca(OH) ₂ 溶液	%	≤2	
		10%NaCl 溶液	%	≤2	
2	拉伸黏结性能	常温, 干燥	断裂伸长率	%	≥125
			黏结性能	—	不破坏
		常温, 浸泡	断裂伸长率	%	≥125
			黏结性能	—	不破坏
		低温, 干燥	断裂伸长率	%	≥50
			黏结性能	—	不破坏
		300 次冻融循环	断裂伸长率	%	≥125
			黏结性能	—	不破坏
3	流动止水长度		mm	≥130	
4	流淌值(下垂度)		mm	≤2	
5	施工度(针入度)		0.1mm	≥100	
6	密 度		g/cm ³	≥1.15	

注 1: 出厂检验项目为拉伸黏结性能(常温、干燥)、施工度、密度三项, 型式检验项目为所有项目。有特殊要求时还可增加其他检测项目。
注 2: 常温指(23±2)℃, 低温指(-20±2)℃。
注 3: 气温温和地区可以不做低温试验、冻融循环试验。
注 4: 黏结性能中不破坏表示破坏形式为内聚破坏, 而不是黏结破坏, 此项指标亦作为对塑性填料配套黏结剂性能的测定。

与原 DL/T 5115 标准相比, 最大的差别是取消了对塑性填料拉伸强度的要求。原标准对不同温度下材料的抗拉强度均提出了

要求,但工程应用研究表明,塑性填料的作用,是在水压力下,由嵌缝位置流入接缝中,从而发挥其止水作用,过高的拉抗强度不仅对止水结构没有好处,甚至有可能形成破坏,因此作为技术指标不应对抗拉强度提出最低要求。塑性填料的耐水、耐碱盐、耐冻融循环、与混凝土黏结可靠、流动止水、抗击穿性等是它的重要指标,因此在此标准中给予了更多的关注。

6.3.2 配套黏结剂的作用是保证塑性填料与混凝土能牢固黏结,这也是塑性填料能够充分发挥作用的前提,因此可通过黏结试验的结果来判定配套黏结剂的好坏,凡发生内聚破坏的表明黏结剂合格,若发生黏结破坏的则表示黏结剂不合格。

6.3.3 此为实际应用中的经验公式。

6.4 防渗保护盖片

6.4.1 以往的工程中,通常只用橡胶板或PVC板作为防渗保护盖片,通过膨胀螺栓来压固,若不在防渗保护盖片与混凝土间设置塑性止水材料连接处理,其与混凝土表面的密封是相当困难的。在防渗保护盖片内侧复合了塑性止水材料,它可以通过配套黏结剂,使防渗保护盖片与混凝土表面牢固黏合,再通过螺栓压固,不仅能够较好地保护塑性填料,同时本身与混凝土表面完全密封,形成一道独立的止水,大大提高了抗渗能力。因此要注重防渗保护盖片与混凝土间的黏结效果。

凡满足工程要求的材料均可作为防渗保护盖片使用,三元乙丙橡胶是目前耐老化性能较好的合成橡胶之一,因此建议使用三元乙丙橡胶板作为防渗保护盖片。此类新型的防渗保护盖片已在国内面板坝建设中广泛使用,并取得良好的效果,如已建及在建的水布垭、三板溪、芹山、洪家渡、引子渡、公伯峡、紫坪铺、吉林台、盘石头、那兰、龙首二级、泗南江等面板坝,表面止水都使用了防渗保护盖片。

6.4.2 防渗保护盖片可分成均质片型和复合片型两种,均可在工

程中使用。均质片型由同一种橡胶组成,复合片型是在橡胶板中采用了高强织物进行增强,它的好处是在不增加胶板厚度的情况下,大大提高胶板的抗拉强度和抗撕裂强度,因此可以减轻防渗保护盖片的自重,方便施工。此类型的防渗保护盖片已经在水布垭、三板溪、盘石头、那兰、泗南江等面板坝上使用。

目前工程中常用的三元乙丙橡胶防渗保护盖片的性能指标见表7。

表7 三元乙丙橡胶防渗保护盖片性能指标

序号	项 目	指 标		
		均质片	复合片	
1	断裂拉伸强度(常温)	≥7.5MPa	≥80N/cm	
2	扯断伸长率(常温)	≥450%	≥300%	
3	撕裂强度	≥25kN/m	≥40N	
4	低温弯折	≤-40℃	≤-35℃	
5	热空气老化 (80℃×168h)	断裂拉伸强度保持率	≥80%	≥80%
		扯断伸长率保持率	≥70%	≥70%
		100%伸长率外观	无裂纹	—
6	耐碱性[10% Ca(OH) ₂ 常温×168h]	断裂拉伸强度保持率	≥80%	≥80%
		扯断伸长率保持率	≥80%	≥80%
7	臭氧老化 (40℃×168h)	伸长率40%, 500pphm	无裂纹	—
		伸长率20%, 200pphm	—	无裂纹
8	抗渗性	≥1.0MPa	≥1.0MPa	

注1: 出厂检验项目为项目1、2、3,型式检验项目为所有项目。有特殊要求时还可增加其他检测项目。
注2: 抗渗性指标的测试方法参照DL/T 5150—2001《水工混凝土试验规程》中第4.21和4.22条款进行。对于高坝,抗渗性指标根据坝高确定,要求不小于所承受的设计水头。
注3: 均质片型与复合片型在力学性能(断裂拉伸强度和撕裂强度)指标上的表述方式不相同,使用中需要注意。

6.5 无黏性填料

6.5.2 无黏性填料止水的机理是，填料被渗水带入缝内，受缝底反滤料的拦截，淤积在缝内，在渗水压力长期作用下密实，渗透流量逐渐减小，达到止水。为此填料本身要无黏性，粒径要小，容易进入细小的缝内；渗透系数至少要比反滤料小一个数量级，才能在填料内形成较大的渗透压力差，缩短自愈的过程。

6.6 辅助材料

6.6.1 做面膜或保护罩用的金属片比做止水片用的重要性低，故规定的厚度稍薄，阿利亚坝作面膜用的镀锌铁片厚 0.5mm。

7 接缝止水施工

7.1 一般规定

7.1.2 铜传热快，高温易氧化和流动，焊接较难。PVC 及橡胶止水带连接也容易出现质量问题，保证焊接质量是提高止水材料止水效果的重要措施之一。要提高焊接质量，必须进行焊接试验，以此确定满足焊接质量要求的焊接工艺和焊料。

7.1.3 周边缝下沥青砂的配合比，一般是 1:9~1:10，沥青的针入度为 50~60，用拌和混凝土的砂，不加其他填充料。砂浆的水泥与砂之比一般为 1:3 左右。

7.1.5 在浇筑混凝土时，容易引起止水带变形变位，使止水带失效，或由于振捣不密实容易出现绕渗等现象，因此，应指定有经验的施工人员进行铺料、振捣，并有止水带埋设人员监护。在铺料时对止水带两侧各 50cm 范围内应辅以人工剔除大于 20cm 的骨料，振捣时严禁将振捣棒触及止水带。

7.1.8 因各种原因，止水设施容易破坏，止水设施应进行保护。止水带的保护应按设计要求施工，当没有止水保护的设计时也应进行必要的保护，以避免对止水带的破坏。

7.2 铜止水带加工与安装

7.2.1 铜止水带加工成型方法有冷挤压、热加工和手工成型。冷挤压容易对铜卷材进行加工成型，从而有效地减少接头数目；热加工和手工成型时，加工件的长度受到限制；手工成型的止水带平整度差。后两种加工方法应予淘汰。冷挤压成型后的止水带长度大，容易发生扭曲变形，为避免发生此现象，尽可能靠近工作面加工，成品出口处设置托架。

7.2.2 铜止水带表面的各种污渍会削弱它和混凝土的黏结力，因此必须清除。

7.2.3 砂浆垫施工平整度控制面板表面的平整度。本条对砂浆垫的平整度的要求是根据施工经验提出来的。对砂浆垫宽度一般按设计要求宽于止水垫片。

7.2.4 如果铺设 PVC 垫片出现褶曲和空泡，在水压力作用下，垫片被压紧，导致铜止水带局部位移，增加渗水的可能性，故要求垫片与砂浆垫平铺紧密。国内部分工程采用黏合剂或热沥青将垫片与砂浆粘贴，但也有些工程，不粘贴而是直接平铺在砂浆垫上，为防止移动，平铺后在铜止水带覆盖范围外 2cm 处用 5cm 长水泥钉固定；间距 50cm~80cm。

7.2.5 铜止水带连接一般有搭接和对接两种方法。采用搭接，搭接长度应大于 20mm。试验表明，若焊接缝内有夹渣、裂纹，容易漏水，为确保止水效果，故规定双面焊接。但如果确因条件所限搭接焊接不易进行双面焊接时，宜采用钨极氩弧焊的单面焊。采用单面焊接时，应采用双层焊道的方法进行（即焊接一遍后，再在其上加焊一遍）。采用对接单层焊道焊缝因可能存在薄弱面而强度低，双层焊道焊缝可基本排除薄弱面提高焊缝强度。对于特别重要的工程或质量不易保证时，可以在对缝焊接后焊接与止水带形状相同的贴片，以增加抗拉强度，提高变形能力。

钨极氩弧焊（TIG）用惰性气体保护，用它能成功地焊接易氧化、化学活动较强的有色金属和不锈钢。大型工程在厂内加工，宜采用钨极氩弧焊。滩坑水电站面板坝止水带接头利用铜带母材采用钨极氩弧焊焊接，质量较好。

气焊应预热，预热温度约为 400℃~500℃。气焊常使用焊剂，焊剂主要由硼酸盐、卤化物和它们的混合物组成。焊接时焰芯离开工件表面的距离应保持在 2mm~4mm，焊后沿焊缝两侧 100mm 范围内进行热锤击。可使用紫铜丝或黄铜焊丝。当铜带很薄，为降低气焰温度，可用丙烷和丁烷混合物代替氧—乙炔。十三陵工

程用黄铜焊条气焊解决了铜片的焊接工艺问题，用黄铜焊条气焊，不受施工现场影响，焊缝具有较好的塑性，焊接质量满足要求，价格低。

手工电弧焊接易出现气孔和裂纹，不应采用。

根据黑泉和引子渡工程施工经验，由于不锈钢止水带较硬，为控制安装偏差、限制变形，在安装时须用短钢筋等辅助固定，确保安装质量。不锈钢止水带的焊接宜采用钨极氩弧焊。由于现场环境差，为减少环境对焊接质量的影响，应在焊接部位搭设简易作业棚。

7.2.7 鼻子使铜止水带具有较大变形能力，为达此目的，要防止浇筑混凝土时砂浆或其他物质进入鼻子的空腔内，可采用鼻子内填塞可塑性填料、用胶带封闭等措施。可塑性填料以聚胺酯类泡沫塑料较好，也可用沥青浸渍的泡沫塑料或其他塑性材料。

铜止水带适应剪切位移的能力差，要求鼻子埋设位置正确，如果鼻子埋设成蛇形，剪切位移时容易扭曲，与缝壁挤压，甚至破裂，故规定埋设的精度要求。

周边缝鼻子顶部涂刷沥青漆，以防止鼻子顶部铜片和混凝土黏结，适应坝体变形，但刷漆要薄，避免流淌，污染它处。为防止沥青漆污染，贴胶纸更有效。

为防止水泥浆进入铜止水带的底面，宜在铜止水带平段两侧采用水泥砂浆或沥青封口。

7.2.8 趾板伸缩缝止水带与基岩连接，与水工混凝土的要求相同，可参见 DL/T 5144。

7.3 PVC 止水带或橡胶止水带安装

7.3.1 PVC 止水带或橡胶止水带与混凝土的有效黏结是防止绕渗的关键，使用前应清除止水带上的各种污染物。

7.3.2 PVC 止水带用热黏结或热焊接头，关键是温度的控制。橡胶止水带接头应采用硫化连接，实际应用中接头质量比较可靠。

检查接头质量的标准是，接头的抗拉强度不小于材料本身强度的60%。

7.3.3 PVC 止水带或橡胶止水带安装的关键是固定其位置，除采用模板夹紧外，一种是在止水带的有效部位外穿细铅丝固定止水带的位置；一种是用细钢筋作托架，支撑止水带。

7.3.5 在先浇块（趾板）上预留半圆槽，有利于橡胶棒置于设计位置，并有利于施工过程中固定不被移位。对接的橡胶棒两端削成斜面搭接，便于连接，不致脱节。

7.4 异型接头的连接

7.4.1 铜止水带异型接头的焊缝长，黄铜焊缝的延伸率比母材低得多，止水质量受到影响。在工厂采用冲压成型，并经退火处理，能显著改善接头的质量，至今已在十三陵等大型工程中使用。但由于异型接头鼻子部位延伸变形大而复杂，引起局部减薄，冲压后其厚度与延伸率难以满足，反易形成薄弱通道，且对一个工程而言异型接头型式、数量难以一次确定，而接头型式多样，个量少一般工程难以适用。而在车间内用钨极氩弧焊焊接制作可避免上述缺陷，钨极氩弧焊用惰性气体保护，其不与液态金属起化学反应且热量集中，焊接热影响区小，在小电流下能稳定燃烧，适合焊接薄板，能保持延性，焊缝质量好，但其对环境条件要求高，应在车间内焊接加工。对中小型工程，水头低，异型接头亦可在现场焊接，但应加强检验。

7.4.3 PVC 止水带或橡胶止水带和铜止水带热粘或冷粘后铆接，也可螺栓连接。天生桥坝和辛戈坝采用了用螺栓连接。

7.4.4 铜止水带或 PVC 止水带或橡胶止水带与塑性填料止水的连接有沥青井式、插入式等方法，应根据设计要求选择。

7.4.5 防渗保护盖片的异型接头采用简单的搭接容易造成运行中的脱落或移位，为此再外覆一层同材质的盖片可以对异型接头部位起加强保护的作用。

7.5 塑性填料施工

7.5.1 缝顶槽形尺寸与塑性填料流动有关，应严格按设计图纸施工。

7.5.2 为安装膨胀螺栓时减少对混凝土面板损坏，需要混凝土有一定强度后才能进行。根据工程经验，一般混凝土强度达到设计强度的70%以后，即可进行塑性填料和膨胀螺栓安装施工。

塑性填料具有憎水性和较强的温感性，当混凝土表面潮湿时会影响效果，温度太低时也会影响施工质量，因此宜在较高的环境温度和无雨天气施工，以保证塑性填料施工质量。根据经验，推荐在日平均气温高于5℃、无降雨的白天施工，以免影响填筑质量，也有利于安全施工。若由于施工工期等原因填料必须在低于5℃或潮湿天气下施工时，填料和底胶应根据实际工况选取适合于该时段施工的材料以确保填料施工质量，如潮湿天气下或其他原因施工难以保证干燥面时，可用潮湿面黏结剂。当分期施工塑性填料时，其端部需封闭，防止水进入缝内产生反向压力。

7.5.3 保证周边缝塑性填料的止水效果，必须确保塑性填料与混凝土表面的良好黏结。为做到这点，先除掉接触面上的浮浆或松动的混凝土块，用钢丝刷刷净表面，烘干接触面（如果潮湿）后，再按照材料性能要求，涂刷黏结剂。注意涂刷的范围应略大于填料填塞需要的范围。我国开发的用于潮湿面的黏结剂，已成功在潮湿多雨的地区应用。

7.5.5 塑性填料应嵌填密实。公伯峡、街面等面板坝工程曾采用塑性填料挤出机进行塑性填料的机械化嵌填。

7.5.7 对缝顶塑性填料密封是保证止水效果的前提，规定了密封填料的措施。防渗保护盖片要能和接触面贴合，必要时用塑性填料找平；如果接触面起伏大，可用扁钢固定防渗保护盖片，反之，用角钢固定防渗保护盖片；膨胀螺栓的间距不大于0.5m。

7.6 无黏性填料施工

7.6.1 斜坡段,无黏性填料要靠保护罩固定时,需先固定保护罩,再填无黏性填料。为了要填塞密实,应先加水将填料湿润成团填入,必要时还可加水使其进一步密实。当岸坡较缓或河床部分,无黏性填料能在水下自稳时,无黏性填料直接覆盖在缝顶,用土石或砂袋压重保护,不一定要保护罩。

7.6.2 与固定塑性填料的防渗保护盖片不同,无黏性填料不要求保护罩隔水,但保护罩和混凝土接触面应密封,否则粉煤灰会从缝隙中流失。

8 质量控制标准

8.0.1 本条要求按全面质量管理的方法对施工的各道工序进行全过程的控制和检查。

8.0.2 止水材料质量是影响接缝止水效果的重要因素,而止水材料供应市场不规范,因此,应严格把关,避免低劣材料进入施工现场。对于每一批材料,除要求有厂家的检测报告外,施工单位和监理单位还应联合进行抽样检查,不合格者,不能使用。

8.0.4 止水带安装后及浇筑过程中,指定专人对其进行检查,以便发现问题及时纠正,如混凝土浇筑后出现问题将难以补救。