

UDC



中华人民共和国行业标准

P

SL/T 231—98

聚乙烯(PE)土工膜
防渗工程技术规范

Standard for antiseepage engineering lined
with polyethylene (PE) geomembrane

1999-01-21 发布

1999-03-01 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国行业标准

聚乙烯 (PE) 土工膜
防渗工程技术规范

**Standard for antiseepage engineering lined
with polyethylene (PE) geomembrane**

SL/T231—98

主编单位：北京市水利科学研究所

批准部门：中华人民共和国水利部

施行日期：1999 年 3 月 1 日

中华人民共和国水利部

关于批准发布
《聚乙烯（PE）土工膜防渗工程技术规范》
SL/T231—98 的通知

水国科 [1999] 20 号

根据部水利水电技术标准制定、修订计划，由水利部国际合作与科技司主持，以北京市水利科学研究所为主编单位制定的《聚乙烯（PE）土工膜防渗工程技术规范》，经审查批准为水利行业标准，并予以发布。标准的名称和编号为：

《聚乙烯（PE）土工膜防渗工程技术规范》SL/T231—98。

本标准自 1999 年 3 月 1 日起实施。在实施过程中，请各单位注意总结经验，如有问题请函告主持部门，并由其负责解释。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

一九九九年一月十六日

前 言

编制组在广泛调查研究的基础上，结合工程实际认真总结了我国的实践经验，借鉴了有关国家标准、行业标准和国外先进经验，并认真听取了国内众多专家的意见，经过反复修改，完成了本规范。

本规范主要包括以下内容：防渗工程用聚乙烯（PE）土工膜材料的选择；PE土工膜防渗工程的结构与联接设计，水力及稳定计算；支持层、防渗层和保护层施工及焊缝质量检测；工程验收及工程技术管理。

本规范主持部门：水利部国际合作与科技司

本规范主编单位：北京市水利科学研究所

本规范参编单位：山东泰安市塑料厂

本规范主要起草人：毛广全 沈汉生 刘培英 钟 震
李其军 陈纪华 刘建国

目 次

1 总则	6
2 设计	7
2.1 一般规定	7
2.2 材料选择	7
2.3 结构设计	8
2.4 水力及稳定计算	10
2.5 联接设计	10
3 施工	13
3.1 一般规定	13
3.2 支持层施工	15
3.3 防渗层施工	16
3.4 焊缝质量检测	18
3.5 保护层施工	19
4 工程验收与技术管理	21
4.1 工程验收	21
4.2 工程技术管理	22
附录 A 支持层设计原则	23
附录 B 联接设计	25
本标准的用词和用语说明	26

1 总 则

1.0.1 为提高聚乙烯（PE）土工膜防渗工程的建设水平，防止由于水及水溶液的渗漏造成损失或危害，提高水的利用率，使防渗工程正常发挥效益，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于以非加筋 PE 土工膜为防渗材料的水工建筑物、隧道或其他类型地下结构的防渗体、铺盖及固体废料填埋的衬护等防渗工程的设计、施工及验收。

1.0.3 PE 土工膜防渗工程的建设和管理应贯彻注重效益、技术先进、经济合理、质量可靠、因地制宜的原则。

1.0.4 PE 土工膜防渗工程的建设和管理除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 设 计

2.1 一 般 规 定

2.1.1 PE土工膜防渗工程应根据总体工程的设计要求和当地水文气象、地形地貌、水文地质、工程地质等自然条件，确定防渗工程的规模、形式和材料选择。

2.1.2 PE土工膜防渗工程有埋压式、明铺式、多层防渗式。在确定方案时，应根据具体的防渗要求，经论证比较后确定。

2.1.3 对于重要工程应根据管理需要设置观测设施。

2.2 材 料 选 择

2.2.1 防渗工程设计中PE土工膜材料选择应符合下列规定：

1 PE土工膜物理力学性能指标应符合下列要求：

密度 (ρ) 不应低于 900 kg/m^3 ；

破坏拉应力 (σ) 不应低于 12 MPa ；

断裂伸长率 (ϵ) 不应低于 300% ；

弹性模量 (E) 在 5°C 不应低于 70 MPa ；

抗冻性（脆性温度）不应低于 -60°C ；

联接强度应大于母材强度；

撕裂强度应大于或等于 40 N/mm ；

抗渗强度应在 1.05 MPa 水压下 48 h 不渗水；

渗透系数应小于 10^{-11} cm/s 。

2 用于供饮水工程或其他有卫生性能要求的PE土工膜应符合GB9687—88《食品包装用聚乙烯成型品卫生标准》，所用原材料应符合GB9691—88《食品包装用聚乙烯树脂卫生标准》，其他辅助材料应符合相应的国家现行有关标准的规定。

3 无保护层或保护层较薄的工程宜选用较厚的黑色（加炭黑）或加防老化（抗氧剂、光稳定剂等）深加剂的PE土工膜。

4 在芦苇等穿透性植物丛生地区，需膜下排水及提高保护层稳定性的工程，不宜选用薄 PE 土工膜。可在 PE 土工膜下铺设土工织物或选用 PE 复合土工膜。

2.2.2 PE 土工膜厚度设计应符合下列原则：

1 PE 土工膜厚度可按理论公式计算。

2 用试验法确定厚度时，拉应力和拉应变的安全系数可取 4~5。

3 PE 土工膜厚度设计，除应考虑主要由水压力要求的强度以外，尚应考虑暴露、埋压、气候、使用寿命等应用条件。

2.2.3 PE 土工膜宽度与长度的选择应符合下列原则：

1 在满足厚度要求的前提下，应使膜在施工时接缝最少。

2 每卷膜材的重量不宜超过 1t。

3 应根据工程实际尺寸、面积、市场产品规格与工厂生产能力等条件确定。

2.3 结 构 设 计

2.3.1 PE 土工膜防渗工程结构应根据工程具体要求确定。工程结构设计应包括以下三项内容：

- 1 下部支持层设计。
- 2 PE 土工膜防渗层设计。
- 3 上部保护层设计。

2.3.2 PE 土工膜防渗层设计应符合以下规定：

- 1 PE 土工膜防渗层可分为：
 - 1) 单层 PE 土工膜防渗层；
 - 2) 多层 PE 土工膜防渗层；
 - 3) PE 土工膜复合防渗层。
- 2 永久性工程防渗宜采用埋铺式。PE 土工膜防渗体的铺膜范围可选择全铺式、半铺式或底铺式。
- 3 铺膜宽度大于 20m 时，宜采用幅宽为 6~8m 的 PE 土工膜。当需膜与膜相连时，应采用同种 PE 土工膜。

4 对于池、库、渠、湖等工程中的防渗,PE 土工膜应铺设到最高水位以上并有一定超高,超高值应据水位或波浪爬高确定。

2.3.3 支持层设计应符合以下规定:

1 支持层的形式应根据工程类别、天然基础条件和所用 PE 土工膜特性进行选择。渠道、蓄水池、碾压式土坝和堆石坝等工程的支持层设计可按本规范附录 A 的规定执行。

2 PE 土工膜应铺设在密实的基础上。与膜接触的表面宜为碾压密实的细土层、细砂层或混凝土层。层面应平整。

3 支持层上有阴、阳角时,应修圆,其半径宜不小于 0.5m,并应在紧贴 PE 土工膜下面加设土工织物垫层。

4 有排水要求的工程可在支持层与 PE 土工膜防渗层之间设置反滤排水层。

2.3.4 保护层设计应符合下列规定:

1 埋压式 PE 土工膜防渗层表面必须设保护层。保护层的结构和材料等应按工程类别、重要程度、使用条件及材料来源情况确定。

2 保护层的边坡应满足稳定性要求。

3 保护层厚度宜按边坡稳定、水深、水流速度、日晒和冰冻等条件及施工要求经现场试验确定。

2.3.5 保护层应由垫层和面层组成,其设计应符合下列要求:

1 垫层设计应根据面层类型按相关工程规范规定进行。垫层宜根据工程要求采用泡沫塑料片材或针刺土工织物。

2 环保防渗工程可在 PE 土工膜上、下方铺设沥青或土工织物垫层,并加铺第二层 PE 土工膜。

3 面层设计可按有关工程设计规范进行。

2.3.6 对于必须裸露、不能加盖岩土保护层的永久性防渗工程,应在 PE 土工膜上采用深水保护并进行专项论证。

2.3.7 渠道、蓄水池等一般工程的保护层可采用压实素土、砂砾石、预制或现浇混凝土板、浆砌块石或干砌块石。在混凝土板、浆砌块石或干砌块石与土工膜之间应设垫层。垫层可用砂浆。

2.3.8 土石坝的保护层应由面层和垫层组成，其设计应符合下列要求：

1 土石坝保护层的面层可采用预制或现浇混凝土板、钢筋网混凝土板、浆砌块石或干砌块石。面层块体的合理尺寸及厚度（重量）应按坝坡坡度和抗冻要求等，通过计算确定。重要工程还应通过模型试验确定。

2 土石坝保护层的垫层应根据所采用的面层和 PE 土工膜防渗层种类，按土石坝的设计要求进行。

2.4 水力及稳定计算

2.4.1 在质量合格条件下，PE 土工膜的正常渗透量可按下列式计算：

$$Q = kA\Delta H / \delta \quad (2.4.1)$$

式中 Q ——正常渗透量， m^3/s ；
 k ——PE 土工膜渗透系数， m/s ；
 A ——PE 土工膜渗透面积， m^2 ；
 ΔH ——PE 土工膜上下水位差， m ；
 δ ——PE 土工膜厚度， m 。

2.4.2 PE 土工膜与膜上保护层之间的抗滑稳定可按下列式计算：

$$K = f / \tan \alpha \quad (2.4.2)$$

式中 K ——抗滑稳定安全系数；
 f ——PE 土工膜与膜上保护层之间的摩擦系数；
 α ——坝坡坡角（°）。

2.5 联 接 设 计

2.5.1 PE 土工膜联接设计应符合本规范附录 B 规定及以下要求：

1 PE 土工膜底边和周边应与不透水基底及周边不透水结构紧密联接，形成封闭或半封闭式的不透水防渗结构体。

2 若 PE 土工膜周边因条件限制只能与透水结构相接时，膜

顶边高程应超出最高水位时的波浪最大爬高，超高值应不小于 0.5m。

2.5.2 PE 土工膜的接缝设计应遵守下列原则：

- 1 使接缝数量最少，且平行于拉应力大的方向。
- 2 接缝避开弯角，设在平面处。

2.5.3 PE 土工膜间接缝宜采用焊接工艺联接。焊接搭接宽度宜为 10 cm。

2.5.4 焊接接缝抗拉强度不应低于母材强度。

2.5.5 不具备焊接条件时，PE 土工膜也可采用搭接或粘接。但必须经论证并采取必要的施工措施。

2.5.6 PE 土工膜与刚性结构联接设计应符合下列规定：

1 当 PE 土工膜与混凝土、岩石等刚性结构联接时，应采取嵌入或锚固的方法将膜牢固固定，并应在 PE 土工膜与刚性结构之间设置柔性止水。锚固后应用二期混凝土压住形成封闭的防渗体。

2 PE 土工膜与建筑物混凝土的联接，可采用角钢或金属板条铆接，或用螺栓固定在混凝土垫层上，外加热熔胶封口。

3 PE 土工膜也可用嵌入混凝土的形式与混凝土联接，嵌入长度应大于或等于 0.8 m。

2.5.7 PE 土工膜与土联接，应采用锚固槽沟或将膜片水平伸入土内 50~100 cm 并夯实。PE 土工膜在锚固处不得渗水或被拔出。

2.5.8 PE 土工膜在结构顶部应予嵌固。可在离坡缘 50 cm 处开挖深 30 cm、宽 30 cm 的浅沟，将膜端埋入，填土石压实。也可用钢条压住以射钉固定于顶部，射钉铆固时应加垫片，并应采取防锈措施。

2.5.9 当水面宽度大于 10 m、水深大于 2 m 时，应采取减压系统，并根据当地情况选用下列形式：

- 1 砂卵石组成的连续排水层。
- 2 间距小于 3 m 的集水排水管道。
- 3 排气管（有高压时用）。

4 排水、排气系统。

2.5.10 PE 土工膜联接设计应据产品性能和当地气象条件预留伸缩量及伸缩节。

3 施 工

3.1 一 般 规 定

3.1.1 PE 土工膜防渗工程施工前应做好以下准备工作：

- 1 按施工组织设计制定施工方案。
- 2 按设计要求选购 PE 土工膜材料。
- 3 清除场内有碍 PE 土工膜安全的各种杂物。

3.1.2 施工前应对 PE 土工膜按本规范 3.1.3、3.1.4 及有关规定进行检验。经检验质量不合格或不符合设计要求的，不得投入使用。

3.1.3 PE 土工膜检验应遵守以下规则：

1 检查试验及鉴定测试应由供需双方商定共同委托第三方检测机构按标准测试。

2 PE 土工膜验收检验的取样批量应按连续生产同一牌号原料、同一配方、同一规格、同一工艺的产品，以重量不大于 5t 为一批确定。

3 检验项目中物理力学性能应按本规范规定检验。其余项目由供需双方协商确定。

4 试验结果与本规范规定不符时，应进行重复检验。

5 抽样检测结果有一项不符合标准规定，则判定该样品为不合格；每批两次抽样检测不合格，则判定整批不合格。

6 当供需双方对 PE 土工膜产品质量有争议时，应共同对不合格批次进行抽样，委托双方认可的国家计量认证合格单位进行复检。复检结果可作为最终判定依据。

3.1.4 PE 土工膜物理力学性能应按以下方法检测：

1 拉伸试验应按 GB1040—92《塑料拉伸试验方法》测定。

2 密度应按 GB1033—70《塑料密度和相对密度实验方法》测定。

3 撕裂强度应按 GB/T1130—91《塑料直角撕裂性能试验方法》规定测定。

4 戳穿力应按 FTMS101C 方法 2065《抗戳穿力和延伸试验》规定测定。

5 抗渗性可采用 GB1037—88《塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法 杯式法》测定水蒸气渗透率。或采用圆筒式试压仪和水压机逐级加压的方法测定抗渗强度。

6 耐环境应力开裂能力应按 GB1842—80《聚乙烯环境应力开裂试验方法》规定测定。

7 氧化诱导时间可按 HG2—1398—81《低密度聚乙烯树脂中的氧化诱导期的测定方法》测定。

8 卫生指标应按 GB9687—88《食品包装用聚乙烯成型品卫生标准》规定测定。

3.1.5 PE 土工膜的运输和贮存应符合有关规定。

3.1.6 施工前应对 PE 土工膜防渗工程基础（支持层）根据设计要求进行下列检查：

1 建设监理工程师签署的地基、垫层、排水层或排水排气系统等前期工程验收文件应齐全。

2 支持层表面应平整光滑。

3 基底应密实均匀。土质基底的干密度不得小于 1.4t/m^3 。均匀误差不可超过 10%。

4 基底阴、阳角修圆半径应不小于 50 cm。

3.1.7 施工工序安排应符合以下规定：

1 PE 土工膜的施工应在地基及基底支持层工程验收合格后进行。

2 施工中的各道工序，应严格检查验收。前道工序未验收合格，不得进行下道工序。

3 进行下道工序或相邻工程施工时，应对已完成工序的 PE 土工膜妥善保护，不得有任何人为损坏。

4 在铺设开始后，严禁在可能危害 PE 土工膜安全的范围内

进行放炮、炸石、开挖、凿洞、电焊、燃烧、排水等交叉作业。

3.1.8 PE 土工膜施工工艺应按以下顺序进行：

- 1 铺设、剪裁。
- 2 对正、搭齐。
- 3 压膜定型。
- 4 擦拭尘土。
- 5 焊接试验。
- 6 焊接。
- 7 检测。
- 8 修补。
- 9 复检。
- 10 验收。

3.1.9 PE 土工膜室外施工宜在气温 5℃以上、风力 4 级以下并无雨、无雪天气进行。

3.1.10 PE 土工膜施工应注意以下事项：

- 1 焊接时基底表面应干燥，含水率宜在 15%以下。膜面应用干纱布擦干擦净。
- 2 不得将火种带入施工现场。
- 3 不得穿钉鞋、高跟鞋及硬底鞋在 PE 膜上踩踏。
- 4 车辆等机械不得碾压土工膜面及其保护层。

3.2 支持层施工

3.2.1 支持层可分为基底、墙体和坡面。

3.2.2 支持层施工除执行本规范规定外，尚应符合国家现行的有关标准规定。

3.2.3 支持层表面可铺设不小于 5~15 cm 厚砂土作垫层，并应在施工过程中保持砂土层不受破坏；也可用一层土工合成材料或在砂土层上铺一层土工合成材料覆盖。

3.2.4 对于土质支持层应将可见植物根截至其表面 5~10 cm 以下。当面层存在对 PE 土工膜有影响的特殊菌类时，可用土壤杀

菌剂处理。

3.3 防渗层施工

3.3.1 PE土工膜的储运应符合安全规定。运至现场的土工膜应在当日用完。

3.3.2 PE土工膜铺设前应做下列准备工作：

- 1 检查并确认基础支持层已具备铺设 PE 土工膜的条件。
- 2 做下料分析，画出 PE 土工膜铺设顺序和裁剪图。
- 3 检查 PE 土工膜的外观质量，记录并修补已发现的机械损伤和生产创伤、孔洞、折损等缺陷。
- 4 每个区、块旁边应按设计要求的规格和数量备足过筛土料或其它过渡层、保护层用料，并在各区、块之间留出运输道路。
- 5 进行现场铺设试验，确定焊接温度、速度等施工工艺参数。

3.3.3 PE 土工膜的铺设计应符合以下技术要求：

- 1 大捆 PE 土工膜的铺设宜采用拖拉机、卷扬机等机械，条件不具备及小捆 PE 膜，也可采用人工铺设。
- 2 按规定顺序和方向分区分块进行 PE 土工膜的铺设。
- 3 铺设 PE 土工膜时，应适当放松，并避免人为硬折和损伤。
- 4 铺设 PE 土工膜时，膜块间形成的结点，应为 T 字型，不得作成十字形。
- 5 PE 土工膜焊缝搭接面不得有污垢、砂土、积水(包括露水)等影响焊接质量的杂质存在。
- 6 铺设 PE 土工膜时，应根据当地气温变化幅度和工厂产品说明书要求，预留出温度变化引起的伸缩变形量。
- 7 坡面上 PE 土工膜的铺设，其接缝排列方向应平行或垂直最大坡度线，且应按由下而上的顺序铺设。
- 8 坡面弯曲处应使膜和接缝妥贴坡面。
- 9 PE 土工膜铺设完毕、未覆盖保护层前，应在膜的边角处每隔 2~5m 放 1 个 20~40 kg 重的砂袋。
- 10 PE 土工膜应自然松弛与支持层贴实，不宜折褶、悬空。

特殊情况需要褶皱布置时，应另作特殊处理。

3.3.4 地下垂直 PE 土工膜铺设应符合下列要求进行：

- 1 采用适当的专门开槽机开掘垂直槽。
- 2 垂直槽作泥浆固壁。
- 3 将与槽深相当的轴卷 PE 土工膜插入槽中。
- 4 沿槽倒卷 PE 土工膜轴卷，使膜展开，并随后用细砂土填实膜壁两侧空隙。

3.3.5 PE 土工膜的铺设应注意下列事项：

- 1 铺膜过程中应随时检查膜的外观有无破损、麻点、孔眼等缺陷。
- 2 发现膜面有孔眼等缺陷或损伤，应及时用新鲜母材修补，补疤每边应超过破损部位 10~20 cm。

3.3.6 PE 土工膜现场联接应符合下列规定：

- 1 焊接形式宜采用双焊缝搭接。
- 2 主要焊接工具宜采用自动调温（调速）电热楔式双道塑料热合机、热熔挤压焊接机，也可采用高温热风焊机。塑料热风焊枪可作局部修补用辅助工具。

3.3.7 现场联接 PE 土工膜可采取以下步骤：

- 1 用干净纱布擦拭焊缝搭接处，做到无水、无尘、无垢；土工膜应平行对正，适量搭接。
- 2 根据当时当地气候条件，调节焊接设备至最佳工作状态。
- 3 在调节好的工作状态下，做小样焊接试验；试焊接 1 m 长的 PE 土工膜样品。
- 4 采用现场撕拉检验试样，焊缝不被撕拉破坏、母材被撕裂认为合格。
- 5 现场撕拉试验合格后，用已调节好工作状态的热合机逐幅进行正式焊接。
- 6 用挤压焊接机进行 T 字型结点补疤和特殊结点的焊接。

3.3.8 PE 土工膜现场联接应符合下列规定：

- 1 根据气温和材料性能，随时调整和控制焊机工作温度、速

度，焊机工作温度应为 180~200℃。

2 焊缝处 PE 土工膜应熔结为一个整体，不得出现虚焊、漏焊或超量焊。

3 出现虚焊、漏焊时，必须切开焊缝，使用热熔挤压机对切开损伤部位用大于破损直径一倍以上的母材补焊。

4 焊缝双缝宽度宜采用 2×10 mm。

5 横向焊缝间错位尺寸应大于或等于 500 mm。

6 T 字形接头宜采用母材补疤，补疤尺寸可为 300 mm×300 mm。疤的直角应修圆。

7 焊接中，必须及时将已发现破损的 PE 土工膜裁掉，并用热熔挤压法焊牢。

8 联接的两层 PE 土工膜必须搭接平展、舒缓。

3.4 焊缝质量检测

3.4.1 PE 土工膜焊接后，应及时对下列部位的焊接质量进行检测：

- 1 全部焊缝。
- 2 焊缝结点。
- 3 破损修补部位。
- 4 漏焊和虚焊的补焊部位。
- 5 前次检验不合格再次补焊部位。

3.4.2 现场检验可随焊接进度由施工单位（乙方）自检。自检合格后提交甲方或质检等部门联合抽样检验或全检。自检和联检的合格报告应作为质量验收依据。特殊情况下也可根据双方约定作室内接头检测。

3.4.3 现场检测采用的方法及设备应符合下列规定：

- 1 检测方法应采用充气法，即双焊缝加压检测法及真空罐法，即真空压力检漏法；也可采用火花试验或超声波探测法。
- 2 检测设备应采用气压式检测仪及真空检测仪。

3.4.4 室内检测应随机截取 1~2 片（10~50 cm）现场焊缝试样，

按室内检测方法检测。

3.4.5 焊接质量应符合下列要求：

1 对双缝充气长度为 **30~60 cm**，双焊缝间充气压力达到 **0.15~0.2 MPa**，保持**1~5 min**，压力无明显下降即为合格。

2 对单焊缝和 T 形结点及修补点应采取 **50 cm×50 cm** 方格进行真空检测。真空压力大于或等于 **0.005 MPa**，保持 **30 s**，肥皂液或洗涤剂不起泡即为合格。

3 采用火花试验检测，金属刷之间不发生火花即为合格。

4 采用超声波探测，以超声波发射仪荧光屏显示结果为判定标准。

5 室内试验。焊缝抗拉强度应大于母材强度。

3.4.6 现场检测应遵守下列规定：

1 检测完毕，应立即对检测时所做的充气打压穿孔全部用挤压焊接法补堵。

2 检测过程及结果应详细记录并标示在施工图上。

3 检测人员应在检测记录上签字并签署明确结论、意见和建议。

4 对质检不合格处应及时标记并补焊。经再检合格后方可销号并记录在案。

5 质量保障小组应负责检测的监督及管理。

6 应随时保护已焊接合格的 **PE** 土工膜不受任何损坏。

7 对于虚焊、漏焊的接缝应及时补焊，并应对补焊部位进行真空检测。

8 质量检验应随施工进度进行，自检合格后应经甲方抽验或全验，验收合格后，方可进行下道工序。

3.5 保护层施工

3.5.1 垫层施工应符合下列要求：

1 垫层厚度应在 **10 cm** 以上。

2 垫层材料应符合设计要求，其中不得含有任何易刺破聚乙

烯土工膜的尖锐物体或杂物。

3 必须按垫层施工设计进行，不得在垫层施工中破坏已铺设完工的 PE 土工膜。

3.5.2 面层施工应符合下列要求：

1 面层厚度应满足设计要求。

2 面层材料可采用能满足设计要求的任何一种材料。

3 面层施工应按国家现行的有关标准规定执行。

3.5.3 保护层施工应遵守下列规定：

1 在 PE 土工膜铺设及焊接验收合格后，应及时填筑保护层；填筑保护层的速度，应与铺膜速度相配合。

2 保护层施工工作面不宜上重型机械和车辆，宜铺放木板，用手推车搬运过筛细土料，摊平后人工压实，再铺设砂砾石保护层。

3 遇特殊情况非上重型机械和车辆不可时，必须通过试验论证。

4 用浸水泡实法填筑砂土料保护层时，填筑断面尺寸宜留沉降量。

5 不应使用有可能损伤 PE 土工膜的工具。填筑保护层的土料应不含石头、树根、草根等杂物。

6 铺放在边坡上的砂土应压实。

4 工程验收与技术管理

4.1 工 程 验 收

4.1.1 工程竣工后应及时组织验收。工程验收小组成员应包括下列各方代表：

工程建设业主，即建设单位，合同甲方；
工程承包商，即施工单位，合同乙方；
工程建设监理单位，即丙方；
工程设计单位；
工程质量监督管理单位；
投资方或大股东代表；
其他有关方面代表。

4.1.2 工程验收应包括以下内容：

1 审查设计、施工技术文件的完整性及正确性。包括：全套设计文件（含设计变更文件）；材料出厂文件；材料检测报告；施工记录；铺膜、焊接施工及检测、检验记录与阶段验收报告；竣工图纸和竣工报告；监理工程师监理报告等原件或复印件。

2 工程验收应包括：工程外观、使用性能及防渗效果。

4.1.3 工程验收应符合以下技术要求：

1 设计、施工单位应向验收小组提交本规范规定的全部技术文件。

2 现场目测验收工程外观质量及防渗效果。

3 现场随机抽检焊缝和结点质量。

4 必要时可取样化验膜下水质，鉴定防渗效果。

4.1.4 验收结论应为“合格”或“不合格”，并注明结论的主要依据。

4.1.5 如有一方对验收结论持有异议，应进行复议或提请上级主管部门复验，直至无争议为止。

4.2 工程技术管理

4.2.1 应建立工程技术管理规章制度。

4.2.2 全部设计及设计变更文件、施工记录、观测记录等技术资料应及时整理并归档。

4.2.3 PE 土工膜防渗工程观测应符合下列规定：

1 对于重要工程应设置检查井并定期作抽水实验，监测防渗效果。

2 应定期观测 PE 土工膜防渗层下的水量、水位变化并检验水质。

3 用作地下水环境保护的重要防渗防污工程，可设置土工膜监测系统，及时监测 PE 土工膜的完整性。

4 可采用地球物理探测法检查监测 PE 土工膜的破坏情况。

5 应观测并记录气候对 PE 土工膜的影响。

4.2.4 PE 土工膜防渗工程管理应符合下列规定：

1 不得损坏 PE 土工膜防渗层。

2 应定期检查和监测 PE 土工膜的安全状况，发现渗漏应及时修补。

3 应积累工程管理资料，建立 PE 土工膜防渗工程管理技术档案。

附录 A 支持层设计原则

支持层设计应根据工程类别、天然地基条件和所用土工膜种类等确定。

1 渠道、蓄水池、海滩挡水码头等工程的支持层可采用下列形式：

1) 受地下水影响级配良好的天然透水地基，整平地面后可直接铺设土工膜；

2) 土质地基宜先铺 20~30 cm 厚度的透水料或一层无纺土工织物；

3) 不受地下水影响的天然地基，清除地表树根等易刺破土工膜的杂物后铺设土工膜。

2 碾压式土坝坝面可不另设支持层，但应在坝面与土工膜之间铺一层土工合成材料。

3 堆石坝石块粒径粗，孔隙大，支持层应包括上面的垫层和下面的过渡层。

1) 过渡层采用粒径为 5~15 cm 的碎石，铺在基本整平的堆石面上。过渡层碎石和堆石粒径之间的层间系数应满足下列准则：

$$D_{15}/d_{85} \leq 7 \sim 10 \quad (\text{A})$$

式中 D_{15} ——块石的计算粒径，小于该粒径的堆石料质量占堆石全质量的 15%；

d_{85} ——过渡层碎石的计算粒径，小于该粒径的碎石料质量占碎石全质量的 85%。

2) 垫层料铺在过渡层之上，其粒径按土工膜厚度确定：膜厚约 1 mm，垫层用粒径小于 1 cm 的碎石或小于 2 cm 的卵石、砾石；膜厚约 0.6 mm，垫层用粒径小于 0.5 cm 的砾石。垫层与过渡层材料粒径之间也应满足 (A) 式的要求。

3) 如果采用的是双层无纺布之间夹一 PE 土工膜的复合土工膜，则垫层材料粒径可加粗，可用粒径小于 4 cm 的卵砾石或碎石。但上述层间关系仍应得到满足。

附录 B 联 接 设 计

PE 土工膜的底边和周边以及与结构物连接处都必须锚固，并应符合下列要求：

1 在坝顶应使 PE 土工膜外延 0.8~1.0 m，将其埋入预挖沟槽内，用挖出的土分层回填夯实。沟深约 0.3~0.6 m，宽 0.4 m。

2 在坝趾及地基与岸坡连接处，根据地基土质条件不同，可分别采用下列联接方式：

1) 对粘土地基，PE 土工膜应直接埋在锚固槽中，填土要仔细夯实，使与槽壁密合。

2) 对砂卵石地基，应挖除透水的砂卵石，直达基岩的半风化或微风化层，然后浇筑混凝土底座，将 PE 土工膜埋于其中。所有裂隙应填塞和进行固结灌浆。

3) 当砂卵石层太厚时，可不挖至基岩，而将土工膜向上游平铺一定距离，形成不透水铺盖。所需长度应由计算确定。铺膜地面应先平整，铺厚 30 cm 的最大粒径为 20 mm 的砾石垫层，其上铺 PE 土工膜，再盖上同样的砂卵石和压重层。土工膜下应设排水、排气系统，或在一些部位设置逆止阀。

4) 对岩石地基，应用混凝土垫、压，并用槽钢及锚栓锚固或将 PE 土工膜浇注在混凝土内。

3 PE 土工膜与混凝土廊道、输水管等结构的联接应充分考虑结构物可能产生较大位移，相邻材料的弹性模量不应相差过大。

本标准的用词和用语说明

本标准对要求严格程度不同的用词说明如下：

——表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

——表示严格，在正常情况均应这样做的：

正面词采用“应”反面词采用“不应”或“不得”；

——表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

——表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

本标准用语说明如下：

标准条文中，“条”、“款”之间承上启下的连接用语，采用“符合下列规定”、“遵守下列规定”或“符合下列要求”等。

在标准条文中引用本标准中的其他条文时，采用“符合本规范×.×.×的规定”等。

在标准条文中引用本标准中的其他表、公式时，采用“按本规范表×.×.×的规定取值”或“按本规范公式（×.×.×）计算”等。

相关标准采用“……，除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关标准的规定”。