

---

# 高寒地区排土场截水库拦水坝施工工法

云南建投第十四建设有限公司

黄明松、彭元山、李松泽、彭继银、冯明杰、孔维权

## 1. 前言

拦水坝类型按照结构与受力特点可分为重力坝、拱坝、支墩坝、预应力坝；按照筑坝材料的不同分为：土石坝、砌石坝、混凝土坝、橡胶坝等。用于排土场的拦水坝多为重力式土石坝或砌石坝。

在西藏玉龙铜矿觉达玛弄沟排土场下游设截水库，用于拦截排土场产生的废水，截水库下游设拦水坝，拦水坝为不透水土石坝，坝顶标高 4377.5m，最大坝高 28.44m，长 188.47m。坝顶宽 6.0m，上下游坡度均为 1:2.5，坝坡每隔 10m 高程设置马道，马道宽 2m，下游坡面设置 400mm 厚干砌块石石护坡。拦水坝采用分区设计，主坝体采用中、强风化石料，底部铺设块石，坝体上游侧敷设人工防渗层，与库区及两侧坝肩人工防渗层连接为一个整体，坝体及库区人工防渗层均采用 1.5mmHDPE 土工膜+6000g/m<sup>2</sup>膨润土毯。该工程的拦水坝施工就属于高寒地区排土场截水库拦水坝施工工法。该工法在该工程中的应用，实施效果良好，赢得建设、设计、监理各方的广泛好评。

## 2. 工法特点

- 2.1 该工法施工设备简单，施工质量易保证。
- 2.2 施工过程中安全可靠。
- 2.3 工艺原理简单，施工工艺易掌握，操作简便。

## 3. 适用范围

适用于高寒地区的土石坝施工。

---

## 4. 工艺原理

### 4.1 坝底导排与与防渗层施工

HDPE 土工膜这道工序是整个防渗系统中一道最关键、最重要的工序，整个项目施工的成败取决于防渗层的施工质量，一旦 HDPE 土工膜发生渗漏，后果将无法弥补。因此，在施工中必须对每一个过程、每一个环节严密组织、精心施工。坝体上游侧敷设人工防渗层，与库区及两侧坝肩人工防渗层连接为一个整体。

膨润土毯施工：当天运至施工现场必须铺设完成，每天施工的 GCL 膨润土毯必须在当天用土工膜或防水油布覆盖，不能无任何覆盖而堆放在室外；在炎热天气，GCL 安装后应在 8 小时内予以覆盖。及时锚固或用砂袋等重物临时压载。如发生水化情况，应及时更换或咨询监理工程师解决方案。

铺设膨润土毯时尽量减少膨润土毯的在地基上的拖拉，以免引起膨润土毯与地面接触面的损坏。所有的膨润土毯应当平铺在地面上，不能有任何弯曲或褶皱，尤其是膨润土毯边缘暴露在外面的地方。

### 4.2 坝体不透水层施工

坝体风化料填筑施工流程：测量放线→填筑面处理、洒结合水→两端接触面处理、刷泥浆→挖运风化料上坝→进占法卸料→推土机散料按要求的铺土厚度整平→YZ26 自行式振动凸块碾按规定碾压遍数压实→压路机碾压结合部→电动夯和人工进行边角处理→质量检查及取样试验→层面处理和质量疵点处理→隐蔽验收及质量评定。

### 4.3 坝体下游干砌块石施工

干砌块石护坡施工工艺：材料准备→基层整平→坡比测定→块石支砌→缝隙填筑→检查验收。

---

护坡干砌块石的安装：护坡干砌块石的安装由小型（5t）载重汽车运到下游填筑坝面前坝边后，人工搬运到安装地点。人工进行安装干砌块石时，分成每坡段从下往上逐层挂线平整安装。安装干砌块石前，须按设计要求先清理好坡面，多余的坝面料要运走，不足的要垫实后再安装块石。护坡安装中，清理坡面要和安装干砌块石的进度要相互协调，如遇岸坡排水沟与干砌块石结合不相吻时，采用砂浆进行处理。

## 5. 工艺流程及操作要点

### 5.1 工艺流程

清基→坝底防渗层及导排施工→坝体填筑→坝体下游干砌块石施工→上游坝面防渗层施工、马道与岸坡面施工→下游坝面干砌石施工→坝顶泥结石施工。

### 5.2 操作要点

#### 5.2.1 清基

清基工程主要是采用机械自上而下一次清除，达到设计要求并进行中间验收和质量评定。在每期填筑施工前对已验收的基础面再次进行彻底清理。库区部位清基在上游围堰形成后进行。先在基坑下游及上游开挖排水沟和集水井，排除库区渗水。挖掘机挖除库区冲洪积层等清除物。在适当位置（根据现场情况选择）开挖排水沟、集水井，排出渗水。边角清修采用人工辅以风镐撬挖修整。待清基工作基本完成，在坝体上下游反滤层边线外，各撬挖一条排水沟和集水井，使坝体底部的结合面基本保持相对干燥。

土方开挖：两岸坡坡度大于 30°或开挖厚度小于 3m 时，采用 CAT320

型液压反铲挖掘机配合人工自上而下翻挖到平缓地带后，用 CAT330 挖掘机挖装 20t 自卸汽车运输。两岸坡坡度小于 30°或开挖厚度大于 3m 时，采用人工配合 CAT330 挖掘机开挖。

两岸坡石方开挖：开两岸坡坡度大于 30°或挖厚度小于 3m 时，采用人工手风钻钻孔，浅孔控制爆破，CAT320 型液压反铲挖掘机配合人工自上而下翻挖到平缓地带后，用 CAT330 挖掘机挖装 20t 自卸汽车运输。两岸坡坡度大于 30°或开挖厚度大于 3m 时，采用人工手风钻配合 CM351 潜孔钻机，分层浅孔控制爆破，用 CAT330 挖掘机挖装 20t 自卸汽车运输。

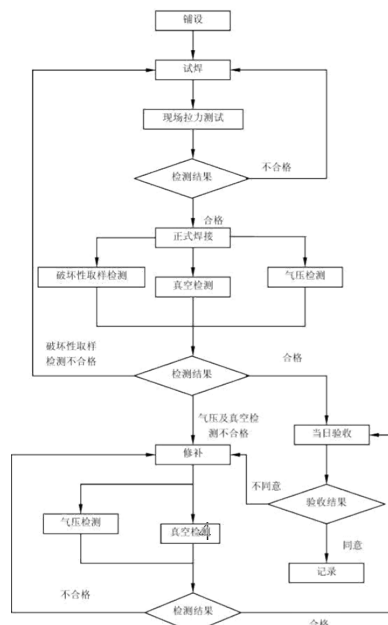
### 5.2.2 坝底防渗层及导排施工

#### (1) HDPE 土工膜施工

HDPE 土工膜这道工序是整个防渗系统中一道最关键、最重要的工序，整个项目施工的成败取决于防渗层的施工质量，一旦 HDPE 土工膜发生渗漏，后果将无法弥补。因此，在施工中必须对每一个过程、每一个环节严密组织、精心施工。

HDPE 土工膜施工流程如下：

#### 1) 铺设：



---

在边坡和场底，铺设组人员先检查铺设区域内的每片膜的编号与平面布置图的编号是否一致，确认无误后，按规定就位膜的位置，立即用砂袋进行临时锚固，然后检查膜片的搭接宽度是否符合要求，需要调整时及时调整，为下道工序作好充分准备。在特殊部位，如在坡脚、拐弯和边坡交汇处铺膜时要求土基在拐弯时圆滑顺接，不能出现负坡。铺膜时尽量放松，不能使膜出现悬空状态。

施工前做好电源线路检修、畅通；施工机具的检修就位；劳动力安排就绪等一切准备工作。在铺设时将卷材自上而下滚铺，先边坡后场底，并确保贴铺平整。用于铺放土工膜的任何设备不能在已铺好土工合成材料上面进行工作。

根据焊接能力合理安排每天铺设的土工膜量，而且在恶劣天气来临时，减少展开土工膜的数量。在铺设的土工膜上禁止吸烟，铺设土工膜的区域内禁止使用火柴、打火机和化学溶剂或类似的物品。

铺设后的土工膜在进行调整位置时不能损坏安装好的防渗膜，且在土工膜调整过程中只能使用经过准许使用的夹子。施工中需要足够的临时压载物以防止铺设的土工膜被大风吹起，所使用的压载物或地锚许采用不会对土工膜产生损坏的物品。

土工膜块的铺设应遵守以下规则：

在铺设 HDPE 土工膜前应检查上道工序是否经过检验或验收合格；

铺设前，应确保 HDPE 土工膜为合格产品，并且检查其规格、外观等符合要求，如发现不合格时，应及时进行更换；

室外气温在低于 5°C、风力在 4 级以上、雨雪天气时，应暂停或停止施工；

与铺设无关人员不得进入施工现场；施工人员在施工现场施工时，不得穿戴有损坏土工材料

---

鞋子和防护用品，任何人不得在现场使用明火作业和吸烟；

---

膜与膜之间接缝的搭接宽度 100mm-150mm，通常应使接缝排列方向平行于最大坡度线，即沿坡度方向排列；

合理地选择铺设方向，尽可能减少接缝受力；通常在拐角及畸形地段，应使接缝长度尽量减短。除特殊要求外，在应力集中区域 1.5m 范围内，不应有水平夹角小于 45°的接缝；

模块铺设使用的方法和设备，必须不损坏土工膜或其下基底；

土工膜铺设完毕、未焊接固定前，必须在膜的边角每隔 2~5m 放 1 只 20~40kg 重的砂袋，防止被风刮起；

土工膜片材铺设应自然松弛、平顺、贴实，不应折褶、悬空，铺设时应根据当地气温变化幅度和 HDPE 土工膜的性能要求，预留出温度变化引起的伸缩变形量；

合理布局每片材料的位置，力求接缝最少；

在铺设过程中防止任何作业方法、施工设备等因素破坏土工材料；

HDPE 土工膜铺设完后，应尽量减少在膜面上行走、搬运工具等，不得将设备、工具等放置膜上，以免对 HDPE 膜造成损伤。

2) HDPE 土工膜的焊接施工流程及焊接要求：

裁膜-铺膜-焊接前取样-试焊-试焊膜测试-正式焊接-气压检测-焊缝抽检拉力检测-焊接补强-电火花（真空）检测-第三方完整性检测。

HDPE 土工膜的焊接要求：

HDPE 土工膜搭接面不得有污垢、砂土、积水（包括露水）等影响焊接质量的杂质存在，在焊接时应清理干净。

---

每天焊接开始时 ( 清晨及午休后 ) , 必须在现场先进行试焊 , 并进行拉力试验 , 定量测试撕裂强度和焊接抗剪强度。在监理工程师确认试件合格后 , 才准许正式焊接, 试件需标明日期、时刻、环境温度。

HDPE 土工膜的焊接宜采用双轨热熔焊机焊接 , 挤压焊接仅用在修复、覆盖或者热熔焊机达不到的地方。

安装时应根据气温和材料性能 , 随时调整和控制焊机的工作温度、速度。

焊接处 HDPE 膜应熔接一个整体不得出现虚焊、漏焊和超量焊。联接的两层 HDPE 土工膜必需搭接平展、舒缓。

横向焊缝间错位尺寸应大于或等于 500mm。

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

接缝处需要打毛时 , 以清除膜的表面蜡物质 , 使其粗糙为准 , 紧靠两层膜的结合部位必须打毛 , 以免影响焊接质量。打毛后的表面必须保持清洁 , 遇有污染或落有泥沙等物质时 , 要用干净布或棉纱掸掉再焊 , 必要时重新打磨 , 切忌用手擦拭。

焊接处上层 HDPE 膜的边缘应打毛成 45 度倾角。

焊条在焊接时 , 不得随意接触地面 , 不得用粘有油污的手套、棉纱、布块擦拭焊条 , 应保持干净 , 不被任何物质污染。

焊条应采用 HDPE 膜专用焊条。焊缝要求整齐、美观 , 不得有滑焊、跳走现象。

当使用手提焊枪焊接一条膜的接缝一次不能焊接完时 , 第二次焊接开始前 , 需将焊接搭接处打毛磨平 , 且搭接长度不小于 50 毫米 , T 形、十字形焊接二次焊接时 , 焊接处的搭接长度不小于 100 毫米。

---

试验性焊接应当在与生产性焊接相同的表面和环境条件下进行，也就是 HDPE

膜基础和周围环境温度相同，当任何一试块没有通过撕裂和抗剪测试时，试验性焊接应全部重做。

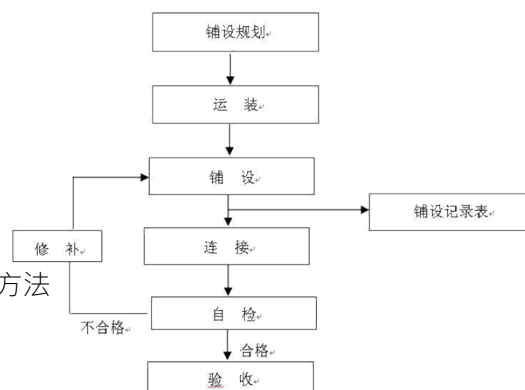
在焊接操作时：至少有一位焊接技术主管，焊接技术主管至少有 15000m<sup>2</sup> 的 HDPE 土工膜的焊接经验，HDPE 土工膜焊接技工至少有 5000m<sup>2</sup> 的焊接经验，并且由焊接技术主管人直接监督其他焊接人员的工作。

### 3) HDPE 膜焊接取样程序

在焊接时，项目监理工程师指定的位置取样，以便在 HDPE 膜被覆盖前得到试验结果；项目监理工程师给每块试样编号，并在 HDPE 膜铺设平面图上标明试样的编码和位置。在双轨焊缝上所取样块进行拉力测试时，其标准为焊接处的强度大于材料本体强度，若样块不合格，则应在原焊缝上再取第二块进行测试，连续三块不合格，则应对整条焊缝进行返工处理。经测试合格的样块，由监理工程师存档。对于在目检、真空检测、压力检测和拉力测试中所发现的缺陷应及时进行修补，对不能及时修补的须做好标记，以防止修补时遗漏。施工之前须提供《土工膜焊接质量检测规程》，并要得到监理工程师的同意。

## (2) GCL 膨润土毯施工

1) GCL 膨润土毯施工流程如下：



2) GCL 膨润土垫的铺设及施工方法

---

根据铺设规划，整卷材料运输到位，膨润土毯应当以原始包装状态运输到施工现场，打开包装时注意不要损坏膨润土毯。

逐片铺设，详细记录材料卷号信息。

铺设时预留好锚固长度和与下一幅膨润土垫连接的位置，正确裁剪。

根据材料的工艺要求，接缝处自然搭接。

当天运至施工现场必须铺设完成，每天施工的 GCL 膨润土垫必须在当天用土工膜或防水油布覆盖，不能无任何覆盖而堆放在室外；在炎热天气，GCL 安装后应在 8 小时内予以覆盖。如发生水化情况，应及时更换或咨询监理工程师解决方案。

及时锚固或用砂袋等重物临时压载。

铺设膨润土毯时尽量减少膨润土毯的在地基上的拖拉，以免引起膨润土毯与地面接触面的损坏。所有的膨润土毯应当平铺在地面上，不能有任何弯曲或褶皱，尤其是膨润土毯边缘暴露在外的地方。

GCL 膨润土垫表面只允许经认可的设备进行施工，避免对 GCL 产生损伤。可能损伤膨润土毯的施工设备不能直接作用在膨润土毯上。可行的铺设方法是推土机向后行驶，将吊前推土机前段的膨润土毯铺开。如果推土机在地基土上留下了车印，应在铺设工作继续前恢复原状。

工作鞋须为软底平底无跟的工作鞋，大头鞋或鞋底、鞋跟有铁掌的鞋不允许进入。

GCL 膨润土垫不能安装在有积水的地方，严禁雨天安装；铺设的 GCL 须干燥整洁，避免产生皱纹和褶皱。当天铺设的膨润土毯上必须覆盖回填土、土工膜、或者临时的防水油布。膨润土毯不可以无遮盖过夜。如果膨润土毯在无遮盖的情况下水化，有必要换掉水化的部分。如果发现过早水化的问题，应该向工程师、监理咨询解决方案。

---

GCL

---

膨润土垫不允许放在坡顶由重力作用自由打开。如果有足够的空间，可以采用膨润土毯在坡顶用吊车吊起，然后由一组工人沿斜坡方向向下拉展膨润土毯的铺设方式。

膨润土毯的搭接方式是将两块膨润土毯的末端重叠搭接，防止松软土或碎石进入搭接区。搭接时要注意膨润土毯完全覆盖在地面上没有空隙，以防止地基土进入搭接区。

GCL 在坡面安装时应与坡面线平行，端部搭接的搭接长度至少为 1m。

GCL 纵向搭接的搭接宽度应不小于 150mm，在场底铺设时端部搭接的搭接长度应不小于 600mm；搭接区域应无松散土粒或其它碎片。

对于搭接区域需追加膨润土的 GCL，应在下方的片材边缘搭接区域表面放置微粒状钠基膨润土（与 GCL 母材相同），然后将膨润土连续均匀的撒在膨润土垫末端 150mm 宽的带形区域内，数量为 0.4kg/m。

膨润土垫的铺设和搭接应当与斜坡倾斜的方向平行，如果坡度大于 4:1，距坡顶或坡底 1m 内，膨润土垫不能有横向搭接。

安装中如果 GCL 受到损坏，可切割一块补丁覆盖在损坏的区域上，补丁可以从新的 GCL 片材上割取，其尺寸应超出损坏区域周边 300mm。放置补丁前，要在被损坏区域周边使用微粒膨润土或乳状膨润土，并使用木胶之类的粘合剂来固定补丁，以免其移动。

### 5.2.3 坝体填筑施工

#### (1) 风化料坝体填筑

开始填筑前，必须在坝基处理及隐蔽工程验收合格后才能进行。坝体风化料填筑施工流程：  
测量放线→填筑面处理、洒结合水→两端接触面处理、刷泥浆→挖运风化料上坝→进占法卸料→推土机散料按要求的铺土厚度整平→YZ26

---

自行式振动凸块碾按规定碾压遍数压实→压路机碾压结合部→电动夯和人工进行边角处理→质量检查及取样试验→层面处理和质量疵点处理→隐蔽验收及质量评定。

首先由人工清除混凝土灌浆盖板和施工产生的废弃物；清除松动基岩、浮土、泥浆等杂物并排除渗水。用钢丝刷清洗干净后涂刷 3~5mm 的浓泥浆，粘土浆土水比为 1:2.5~1:3.0(重量比)，涂刷粘土泥浆要边涂边铺土，泥浆干固后铺土和压实，在两岸坡上每次涂刷高度只能稍高于实际填筑土层高度，注意与下部涂层搭接，保证在填土时泥浆应是湿润的，已经干硬的泥浆层必须清除。混凝土面的处理完成后应进行验收签证，合格后才能进行填筑施工。

开始填筑的头几层所用风化料，含水量应稍高于最优含水量的风化料，铺土厚度要适当减薄。

其铺土厚度和碾压遍数严格按施工碾压试验的参数进行作业。碾压方向平行于坝轴线方向。两端头和坝体上下游边的结合部位，由电动夯进行边角处理。在每层风化料填筑时，结合边 2m 范围内按规范要求填筑含水量稍高的料。

土料铺料前，尽量避免大量夹杂砾石带入，形成土体架空的现象，若发现铺料时有杂物带入，要及时进行清理。坝体的每一填土层按规定参数施工完毕，并经监理人检查合格后才能继续铺筑上一层。在继续铺筑上层新土之前，应对压实层表面残留的、被碾子凸块翻松的半压实土层进行处理（包括含水量的调整），以免形成土层间结合不良的现象。

压实土体不应出现漏压虚土层、干松土、弹簧土、剪力破坏和光面等不良现象。凡自检认为不合格时，须进行返工至取样合格为止。

坝体铺土面应尽量平起，以免造成过多的接缝。若由于施工需要进行分区填筑时，其横向接缝坡度不得陡于 1:3。坝体内不得留纵向接缝。

---

在接合的坡面上，应配合填筑的上升速度，将表面松土铲除至已压实合格的土层为止。

---

坡面须经刨毛处理，并使含水量控制在规定的范围内，然后才能继续铺填新土。

分段碾压时，相邻两段交接带碾迹必须搭接，顺碾压方向不少于 0.5m，垂直碾压方向不少于 1.0m，同时注意上下层分段位置错开。为保持土料正常的填筑含水量，日降雨量大于 30mm 时，应停止填筑。当风力或日照较强时，在坝面上进行洒水润湿，以保持合适的含水量。

坝体填筑面应略向上游倾斜，以利排除积水。下雨前应采取措施，防止雨水下渗，雨后应将填筑面含水量调整至合格范围，才能复工。

坝料的填筑与压实要连续进行，长时间停工应铺设保护层，雨季停工前，应将坝体表面松土压实，并铺设保护层，禁止车辆人员通过。雨季过后清出保护层，才能在其上层继续施工。

压实主要用自行式压路机和电动夯夯实，边角部位采用人工夯实。待填筑到 1m 厚以后，其铺土厚度和碾压遍数严格按施工碾压试验的参数进行作业。碾压方向平行于坝轴线方向。两端头的结合部位，由电动夯和人工夯进行边角处理。在每层风化料填筑时，结合边 2m 范围内按规范要求填筑含水量稍高的料。

为加强粘土与灌浆盖板结合，在填筑前先对截水槽灌浆盖板表面进行清理，使表面平顺、干净，按以上要求涂刷 3~5cm 浓泥浆，再进行粘土填筑。库区底部采用进占法一次铺设，自行式压路机压实，边角部采用电动夯夯实；两岸坡采用人工配合推土机铺设，电动夯夯实。

大坝在填筑坝体料时需跨坝体，解决措施：在铺筑但未碾压的坝体土用坝体料铺一条 4m 宽 60cm 厚的便道，待此层坝体料填好后用挖掘机和人工清除干净，再进行洒水、碾压坝体，每次便道位置要变换，反滤料采用 16mm 厚的钢板铺出一条 4m 宽的进出道路。

## (2) 坝体料填筑

---

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/317154032002006140>