

1.1 概述

下水库土石方填筑工程施工项目有大坝、断层处理、库岸防护工程填筑等。

(1) 大坝为混凝土面板堆石坝,坝顶高程 107.5m，最大坝高 79.5 m，坝顶宽 7.5m，坝顶长度 378m，坝顶设高为 4.5m 的钢筋混凝土防浪墙，坝体上游坡为 1:1.4，下游综合坡约为 1:1.4。

坝体填筑自上游至下游依次分为垫层区、过渡区、主堆石区、次堆石区，周边缝下设特殊垫层区；在面板上游高程 64m 以下设粘土铺盖区和盖重区。

(2) 断层处理主要是大坝坝基 F1 断层刻槽喷混凝土加填筑粘土铺盖处理。

(3) 库岸填筑主要是下库大坝口一带和下库左岸近坝库岸填筑。

本工程土石方填筑总方量 142.43 万 m³，各部位填筑工程量见表 10-1。

表 10-1

土石方填筑工程量汇总

表

序号	施工部位	项目名称	单位	工程量	备注
----	------	------	----	-----	----

		主堆石填筑	m ³	693056	
2		次堆石填筑	m ³	350880	
3		垫层料填筑	m ³	60746	
4		过渡料填筑	m ³	114660	
5		特殊料填筑	m ³	3528	
6		大块石护坡	m ³	48267	
7		石渣铺盖	m ³	56876	
8		粘土铺盖	m ³	42811	
25		过渡料填筑	m ³	4775	
26	断层处理	反滤料填筑	m ³	1706	
27		粘土铺盖	m ³	1404	
29	库岸防护	土石方填筑	m ³	28961	
30		砂砾反滤料	m ³	16615	
合 计			m ³	1424285	

大坝坝体填筑施工

1.2.1 施工特点

(1) 下库坝址两岸岸坡较陡，初期填筑部位窄小，施工较为困难，因此，做好统筹安排，是保证填筑施工顺利进行的关键。

(2) 受地形及坝体填料取料部位影响，部分填料上坝道路需从坝前修筑，增加了修路难度和施工干扰。

坝体填筑方量大、施工期短、施工强度高。本工程大坝填筑共有 137.08 万 m^3 ，施工期 7.5 个月，平均强度约 18.28 万 $\text{m}^3/\text{月}$ ，填筑高峰持续时间长，2006 年 2 月~7 月为填筑高峰期，最高强度约 23 万 $\text{m}^3/\text{月}$ 。

(4) 大坝从填筑开始很快就进入高峰期。必须确保上坝料源的供应，合理布置施工道路，作业面采用流水作业，协调好与其他建筑物施工的相互关系，确保大坝各时段填筑任务按期完成。

(5) 坝体垫层料、特殊料从地下输水发电系统人工碎石加工系统采购上坝；过渡料及一部分堆石料从常家冲料开采；其余部分堆石料为开挖利用料；为达到坝体填筑技术指标，要通过现场生产试验对各种料源进行合理掺配以确定出级配优良填筑料，确定合理碾压参数和施工工艺，以满足填筑碾压后的坝体达到高密度、低孔隙率设计要求。

(6) 由于坝体填筑方量大，部分填筑料运距较远，必须确保道路畅通，选择足够数量的挖装、运输设备来保证上坝强度。

1.2.2 坝体填筑规划原则

1.2.2.1 规划原则

(1) 按照招标文件要求，在预定工期内完成大坝填筑形象面貌。

(2) 大坝填筑与坝体渡汛、封堵蓄水紧密结合，需统筹

(3) 大坝填筑同趾板混凝土施工有机结合，使大坝填筑与趾板混凝土浇筑平行作业。

(4) 满足填筑坝体有不小于三个月的自然沉降后浇筑混凝土面板的时间要求。

(5) 在保证按期达到各期填筑计划目标的前提下，力求使各期填筑强度比较均衡，减少高峰强度与平均强度的比值，避免使用过多的施工机械、劳动力以及大量临时设施。

1.2.2.2 大坝填筑总体规划

(1) 按照合同文件要求，在预定工期内完成大坝填筑形象面貌，为大坝挡水、防洪度汛、导流洞封堵挡水创造条件，同时为面板混凝土浇筑留足三个月以上的沉陷期。

(2) 大坝从 2006 年 2 月 1 日开始填筑，在抢趾板区开挖浇筑的同时，坝轴线及其以下坝基应尽量提前挖完，并优先开始填筑以削减填筑高峰强度。确保 2006 年 7 月 31 日前填至 104.20m 高程，坝体开始三个月以上的自然沉陷，而后进行面板混凝土浇筑施工。

(3) 大坝 104.20m 高程以上的过渡料填筑及大块石护坡约为 1.03 万 m³，在防浪墙浇筑完成后再填筑完成。

1.2.2.3 强度分析

根据坝体填筑施工特征，大坝填筑可分Ⅲ期进行：Ⅰ期为大坝主体部分填筑，Ⅱ期为面板混凝土浇筑完成后坝前铺

大坝 I 期填筑方量总计 126.08 万 m^3 ，从 2006 年 2 月 1 日起填筑至 2006 年 7 月 31 日结束，累计填筑时间 6 个月，平均月强度 21 万 m^3 ，考虑到施工的不均衡性，最高月强度约 23 万 m^3 ，出现在 2006 年 3~5 月。

大坝 II 期填筑方量 9.97 万 m^3 ，从 2007 年 1 月 16 日起填筑至 2 月 20 日前结束，月强度约 1.0 万 m^3 。

大坝 III 期填筑方量约 0.65 万 m^3 ，从 2007 年 4 月 1 日起填筑至 4 月 15 日结束，月强度 1.3 万 m^3 。

1.2.3 坝体填筑施工方案

1.2.3.1 分期填筑施工规划

根据施工总进度计划要求，大坝土石方填筑拟分为 3 个填筑施工期，并在不同的施工时段，达到计划形象进度的填筑高程并验收合格。

I 期：坝基至 104.20m 高程，填筑料包括垫层料、特殊填筑料、过渡料、上游堆石料、下游堆石料、下游面大块石护坡。共计填筑 126.1 万 m^3 。

II 期：坝前铺盖至 64.00m 高程，填筑料包括粘土料、石渣混合料。共计填筑 9.97 万 m^3 。2007 年 2 月底全断面达到 64.00m 高程。

III 期：坝体由高程 104.20m 填至坝顶，填筑料包括过渡料、碎石垫层料和护坡块石料，共计 1.03 万 m^3 。在混凝土

于 年 5 月 31 日全断面达到 107.30m 高程。

1.2.3.2 大坝填筑技术要求

根据面板堆石坝坝体结构要求的不同，大坝填筑料分为垫层料、过渡料、主堆石料等多个区域；区域的不同对填筑料的材质、粒径、填筑厚度、密实度要求也有所不同。具体各区填筑技术要求见表 10-2，

填筑料侵占相邻区域的允许公差见表 10-3。

表 10-2

大 坝 填 筑 参 数 表

序号	分区名称	分区编号	填筑材料	设计干密度 (g/c m3)	孔隙率 (%)	最大粒径 (m m)	填筑层厚 (c m)	压实遍数 (遍)	加水量 (%)	压实机具
1	垫层料区	II A	轧制碎石	2.15	17.3	80	40	6~8	10	20t 振动碾
2	特殊垫层料区	II B	轧制碎石	2.2	16.5	40	20	6~8	5	

	区	III A	洞挖 料	2.1	20	300	40	6~ 8	20	
4	主堆石 料区	III B	开挖 料	2.05	21.2	600	80	8~ 10	20	20、 25t 拖 碾
5	次堆石 料区	III C	开挖 料	2.03	23	600	80	8~ 10	20	
6	上游粘 土铺盖	I A	粘土 料				50			20t 自 行 碾
7	上游石 渣铺盖	I B	石渣 混合 料				50			20t 自 行 碾

表 10-3

填筑料侵占相邻区域的允许公差

填筑区分界线	公差	
	向坝轴线方向	离坝轴线方向
I B 与 I A	0	300mm
I A 与 II A	0	200mm
II A 和 IIIA	200mm	0

和IIIB	无公差限制	0
IIIB 和IIIC	1000mm	1000mm

1.2.3.3 施工程序

各填筑单元施工程序见图 10-1。

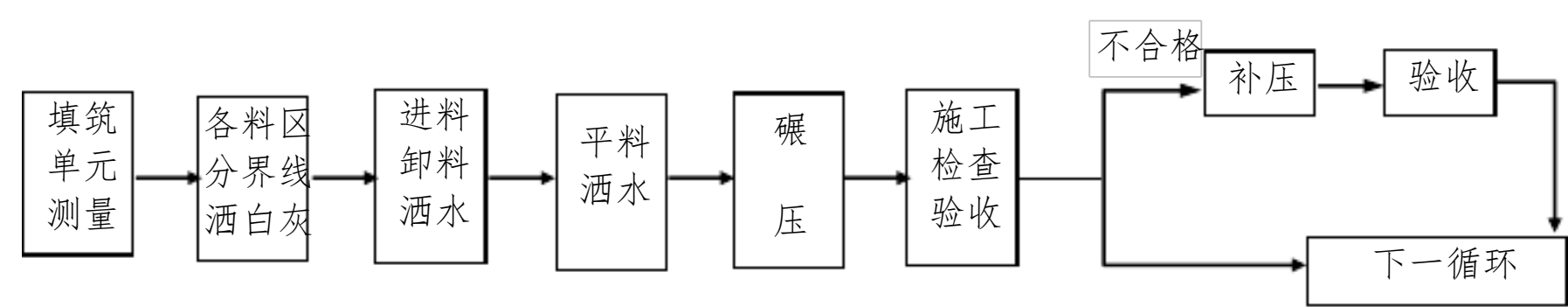


图 10-1 单元施工程序图

1.2.3.4 填筑顺序

根据填筑区填筑材料的不同，其填筑层厚要求也不同。大坝填筑施工总的原则是全断面平衡上升。即堆石料填筑一层、垫层料和过渡料填筑两层，使填筑层顶面始终保持在统一的平面上。填筑顺序为垫层料、过渡料、堆石料、护坡块石料。

填筑堆石料采用进占法卸料，过渡料、垫层料采用后退法卸料。当卸料、平整达到一定的长度后振动碾随后进行碾压。

填筑、碾压施工工艺见附图：GZB-HMF-XKSG-13 《大坝填筑施工工艺示意图》。

1.2.3.5 填筑施工道路

根据下库地形条件、料场、坝体填筑料取料点等现场实际情况，拟布置 4 条填筑料上坝道路。

第一条上坝路布置在坝前左岸，起点为下库库内明挖料堆存场，利用 L1 施工道路运输至下游上坝。

(2) 第二条上坝路布置在坝后右岸，从 L3 施工道路分支路，在坝后右岸 80m 高程进入坝体。

(3) 第三条上坝路布置在坝后左岸，起点为 L2 施工道路，在坝后右岸 90m 高程进入坝体。

(4) 第四条上坝路利用左岸上坝公路，从左坝头进入坝体。

1.2.4 填筑碾压试验

1.2.4.1 碾压试验的准备工作

(1) 试验场地准备

试验场地拟选在下库明挖料堆存场，报监理批准后实施，试验场地面积 $60\times45\text{m}=2700\text{m}^2$ ，场地规划见图 10-2。

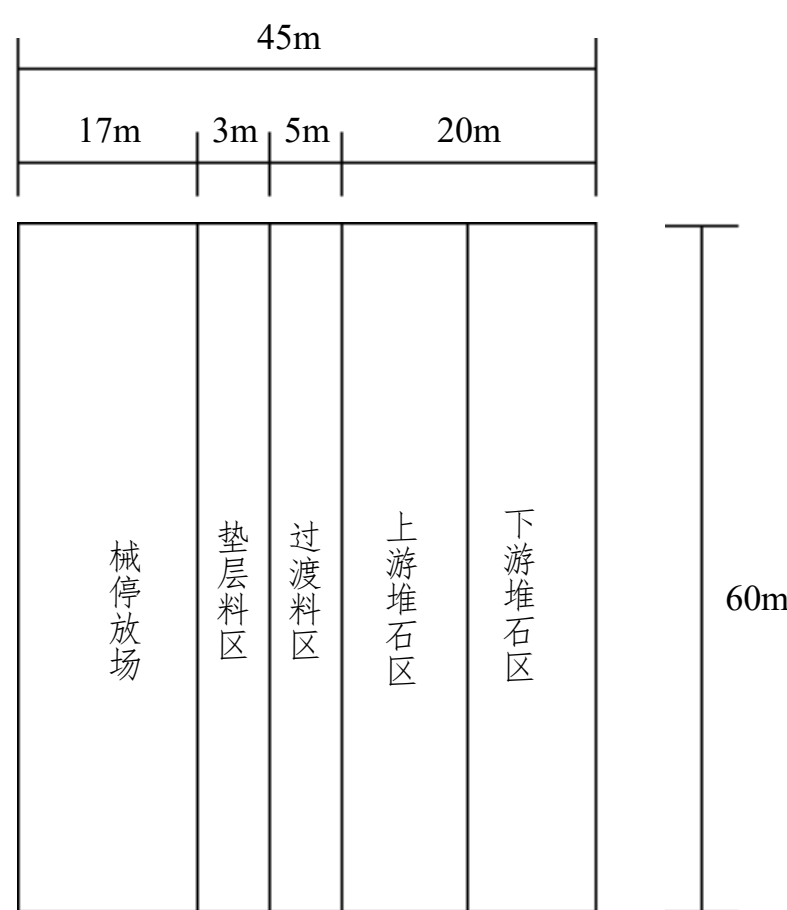


图 10-2 试验场地规划图

场地平整，再用自行式振动碾碾压 6~8 遍，经监理验收签证。

(2) 试验材料准备

主坝填筑料碾压试验包括 II A、IIIA、IIIB、IIIC 料试验，其中 II A 料的斜坡碾压试验结合坝体填筑时进行现场生产性试验，其它石料不作试验。备料如下：

垫层料（II A）2000m³、过渡料（IIIA）3000m³、主堆石料（IIIB）6000m³、次堆石料（IIIC）6000m³。

(3) 碾压试验机械设备配置

推土机 2 台，20t 自行式振动碾一台、20t、25t 拖碾各 1 台，3m³装载机 1 台，1m³反铲 1 台，4m³挖掘机 1 台，20t 自卸汽车 5 台，8t 洒水车 1 台。

(4) 水电供应

从系统供电线路就近架设 220V 线路进行现场照明；试验用水采用 8t 洒水车运输供应。

(5) 试验仪器设备

电烘箱 1 个，500kg 磅称 1 台，天平 1 架，各式环刀全套，水表 1 支，跑表 1 支，钢卷尺 2 只，常用工器具等。

按试验场规划及测量放线，先填垫层料，顶宽比设计值加宽 0.3m，再填过渡料，宽 5m，长 60m。铺料层厚度 40cm，铺料采用后退法卸料，推土机平料，按每方填筑料加水 0.2~0.3t 及 0.3~0.4t 用水枪安装水表计量洒水。碾压前测量铺料层表面各固定测定点高程，以后每层填料后和碾压完毕后均按此固定座标点进行高程测量并做好详细记录。碾压时应顺着长边方向（模拟坝轴线方向）行进，用 20t 自行式振动碾碾压，行进速度 1.5~2km/h，碾压搭接宽度 20cm，防止漏碾。当同一水平层第一遍水平碾压完后，第二遍碾压时又从反方向顺轴线方向碾压。依此法碾至第 4 遍时，取样作压实度、干密度、级配、孔隙率试验，并作好详细记录。碾压至 6 遍、8 遍时同样作试验。请业主、监理、设计到现场指导试验工作，并共同研究、探讨试验方法及需要改进的有关问题。第一层垫层料、过渡料碾压取样结束，填第二层料时连同上下游堆石料第一层一次填筑。填筑顺序为：垫层料、过渡料、主堆石料。

本层四种料全部填筑完毕，分别按 0.2~0.3t/m³ 和 0.3~0.4t/m³、0.4~0.5t/m³、0.4~0.5t/m³ 水表记量加水，垫层料和过渡料仍采用 20t 自行式振动碾压实，上下游堆石料区用 25t 级拖碾压实。当压实至 4、6、8 遍时，对四种料分别取样检查压实度、干密度、级配、孔隙率等并做详细记录。

细记录。

试验中按照一层IIIB、IIIC料，2层IIA、IIIA料的程序循环进行。施工循环作业程序为：IIIB、IIIC（80cm） IIIA（40cm）→IIA（40cm）→IIIA（40cm）→IIA（40cm）→进入下一循环，依次逐层上升。试验段最终填筑高度为8m。

1.2.4.3 资料整理及报批

上下游堆石料、过渡料、垫层料填筑碾压的全过程要作好详细记录，包括挖装设备、运输车辆吨位、卸料方式、铺料厚度、平料方法、加水方法、加水量，到振动碾的吨位、激振力、行进方向、速度、循环路线、碾压遍数、搭接压痕宽度、超径石的处理，直到取样的层次、相对高度、填筑压实量、垫层料、过渡料的干密度、孔隙率、渗透系数，主堆石的干密度及孔隙率，斜坡碾压后的干密度、孔隙率及渗透系数等。经统计、整理、分析，于碾压试验完成后半月时间上报监理。经监理审查批准后的各种资料、数据是将来做大坝正式填筑的依据，未经监理批准不得擅自修改，必须在大坝填筑过程中严格遵照执行。

1.2.5 大坝填筑施工方法、施工工艺及质量控制

1.2.5.1 大坝填筑单元的划分

(1) 划分填筑单元的目的

为了使大坝填筑各个工序连续施工，填筑时不是整个工

工机械的使用效率，提高上坝强度和日产量。

(2) 工作面单元的划分

每个单元面积的大小，依施工设备的品种、型号、数量而定。单元太小，会给车辆卸料以及洒水、碾压造成困难；单元太大，单元数必然减少，会给单元的循环造成困难。

根据类似工程经验，每个单元面积控制在 $2000\text{m}^2 \sim 4000\text{m}^2$ 为宜。

(3) 单元的循环

单元循环的原则是：一个单元在填筑，另一个单元在洒水碾压，第三个单元已经（或接近）通过验收，照此循环往复。这三个环节必须衔接有序，若有一个环节跟不上，则影响正常循环。填筑施工工艺流程见附图：**GZB-HMF-XKSG-13**《大坝填筑施工工艺示意图》。

1.2.5.2 垫层料的配制

将人工碎石料和天然砂用 20t 自卸汽车运至下库明挖利用料堆存场，按照垫层料的试验成果确定的碎石料和砂摊铺厚度进行分层叠加摊铺，摊铺之前，先在场内建立方格网，然后采用水准仪测控摊铺厚度，每层采用推土机平铺。装载机在装料时用铲斗进行翻转、拌匀，使碎石料和天然砂掺混均匀，达到设计要求后再装车上坝。

(1) 洒水的目的

① 润滑料物，减小料物颗粒之间的摩擦阻力，有利于压实；

② 软化料物尖角部位，通过振动碾压减小料物颗粒间的支撑力；

③ 车辆卸料过程中洒水，可以减少粉尘，改善施工环境；

④ 推土机平料过程中洒水，使料物的细小颗粒因流水的作用下沉，镶嵌在大颗粒之间，提高堆石体干密度。

(2) 洒水方案

采取在坝内卸料、平料过程中加水，加水量先按设计要求加水试验，然后再确定指导施工的加水量。

坝内洒水管采用 **Dg50** 胶皮软管，软管与 **Dg75** 支管相连，支管与两岸 **Dg150** 主供水管相接。人工操作洒水。

(3) 洒水的质量控制

坝面上的加水设专人专职负责，严格控制加水的时机（卸料、平料时）和加水时间、加水量。加水量利用水表记量。

1.2.5.4 上坝料的运输

主、次堆石料的运输采用 **20t** 自卸汽车，过渡料、垫层料的运输采用 **10t** 自卸汽车。

(1) 方案选择

有两种卸料方案可供选择：一是进占法卸料；二是后退法卸料。

① 进占法卸料：自卸汽车行走平台及卸料平台是该填筑层已经初步推平、但尚未碾压的填筑面，料物卸在该平台的前沿，再由推土机将料物推至已碾压验收的填筑面上。

优点：推土机平料时，料物由高往低处滚落，使颗粒较大的石料落在填筑层下部，细颗粒料在填筑层的上面，这有利于工作面的推平整理，提高碾压质量；同时，细颗粒与大颗粒石料间的嵌填作用，有利于提高干密度。

缺点：自卸汽车及推土机行走在未经碾压的平台上，对车辆的轮胎及推土机链轨磨损严重。

② 后退法卸料：自卸汽车行走平台是已经验收碾压的填筑面，料物卸在已碾压验收的平台上，再由推土机推平。

优点：自卸汽车在已碾压过的平台上行走，轮胎磨损较小。

缺点：推土机平料时，颗粒大的石块容易上浮，难以推平，造成工作面凸凹不平。大块石的尖角突出，使振动碾行走时跳跃，尖角周围不易压实。

根据以上特点，堆石料采用进占法填筑，过渡料、垫层料采用后退法填筑。

填料的质量控制

- ① 堆石料堆应卸在未碾压层平台的前沿 150cm 以内，严禁直接倒在已碾压的平台上；
- ② 过渡料、垫层料料堆的间距根据铺料层的厚度确定，过密则增加推土机工作量且难以推平，过稀又需要二次补填；
- ③ 自卸汽车卸料倒车时，安排专人指挥，以保证料物的合理位置；
- ④ 垫层料上游边线超设计边 30cm，保证水平碾压时可全部碾压到位。

1.2.5.6 平料及超径石处理

(1) 平料方法

每个填筑单元布置 1 台 D85 推土机，自卸汽车卸料开走后进行平料。

(2) 超径石处理

推土机平料过程中，将超径石剔出推至填筑面前方 20m 之外，由装载机运至坝面上指定地点集中存放，一部分直接用于坝后坡干砌石护坡，一部分运至下库明挖利用料堆存场用手风钻打孔放解炮处理。

(3) 质量控制

- ① 层厚控制：在距填筑面前沿 4~6m 距离设置移动式标杆，推土机操作手应根据标杆控制填料层厚，避免超厚或

② 推土机平料时，刀片应从料堆一侧的最低处开始推料，逐渐向另一侧移动。若从料堆最高处开始推，则推平困难。

③ 推土机平料后，暴露于表面的大块石尖角将影响碾压质量，应及时用冲击锤处理。

1.2.5.7 水平碾压

(1) 设备配备

- ① 垫层料、过渡料：采用 20t 级自行碾碾压；
- ② 上游堆石料区、下游堆石料区：采用 20t 级振动碾碾压；

(2) 碾压方法

- ① 振动碾前进方向：顺坝轴线方向。
- ② 振动碾行走速度：1.5~2km/h（一档）。
- ③ 碾压采用进退错距法，从一侧至另一侧一次碾压完成，避免因操作手记错遍数造成少振或漏振。

错距宽度计算：振动碾滚筒宽度为 180cm，若碾压 8 遍，则错距宽度为： $180\text{cm}/8=22.2\text{cm}$ 。实际施工中为确保碾压遍数，错距按 20cm 控制。

(3) 特殊区域的水平碾压

填筑体特殊区域的碾压包括：靠近趾板周边缝部位的特殊垫层料 1m 范围；垫层料上游侧 30cm 范围；填筑体分期

① 小区料（ⅡB）靠近趾板 1m 范围，振动碾无法靠近，采用振动夯板夯实；

② 垫层料上游边线，虽然在填筑时超填 30cm，可保证全部碾压到位。但由于是错距碾压，靠设计边线处碾压遍数仍会有欠缺。待斜坡碾压时补足。

③ 填筑体分期分块的接缝

振动碾水平碾压时，靠近分层分块的接缝处有 50cm 不能靠近。另外，接缝处的斜坡面 2~3m 深范围，是松散体或半压实体，达不到设计干密度，必须特殊处理。

处理方法：先填筑碾压时，振动碾尽量压到填筑边线，升高填筑的第二层在接头处预留 1.5~2.0m 的平台。后填筑块同层次填筑时，首先清除先填层接头处较集中的块石，然后再同层次填平。后填碾压时连同先填块预留的 1.5~2.0m 平台同时碾压，保证接缝处碾压密实。

④ 大坝两岸坝肩接头区碾压，采用较细料薄层填筑料，振动碾沿坝肩碾压，辅以振动夯板处理。

(4) 水平碾压的质量控制

① 振动碾的滚筒重量、激振频率、激振力应满足设计要求；

② 振动碾在使用过程中，每 15d 测定一次激振力和激振频率；

振动碾行走工作时行进速度控制在 1.5~2.0km/h;

④ 必须按规定的错距宽度进行碾压，错距宽度宁小勿大，操作手应经常下车检查，质检人员经常抽查；

⑤ 一个填筑单元的起始碾压条带（一个滚筒宽度）应加碾 6 遍。

1.2.5.8 垫层料上游坡面

采用挤压边墙技术。

(1) 挤压边墙技术的优点

① 传统工艺中的坡面斜坡碾压完全被对填筑材料的垂直碾压取代，垫层料的密实度得到良好的保证，蓄水后这一区域的变形大大减少，提高了抗水压能力；

② 边墙对坡缘的限制，垫层不需超宽填筑，节省材料和垂直碾压的工作量；

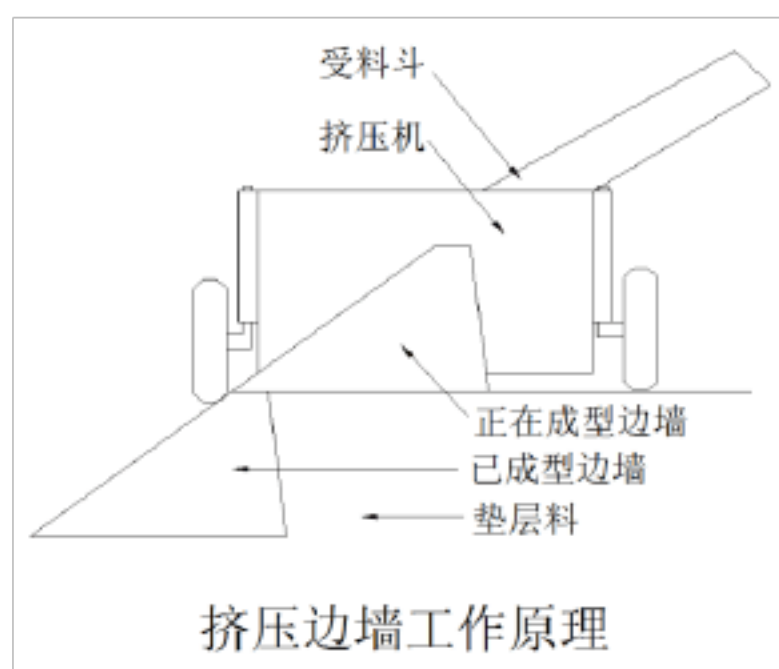
③ 不用削坡、修正坡面，简化了施工设备。不需要坡面平整设备、斜坡振动碾、砂浆喷射机等。

④ 边墙挤压机的成型速度高，加快了坝体的施工进度，垫层填筑可同步上升。

⑤ 边墙能抵御冲刷，无雨水冲刷拉槽，减少返工费用，缩短工期，降低不可预计开支。对汛期洪水的抗冲刷能力亦有较大提高。

⑥ 有边墙的防护作用，面板施工可安排在合理时段进行，避免开裂，保证质量。

(2) 挤压边墙施工工艺流程：作业面平整与检测→测量与放线→端头混凝土浇筑→搅拌车就位、卸料→边墙挤压→表面及层间缺陷修补→垫层料摊铺、碾压→取样检验→验收合格后进入下一循环。



(3) 施工方法

① 测量放样与作业面平整

施工放样采用全站仪，沿坝轴线方向每 10m 一个控制点，控制点距上游面 105cm，用水泥钉固定挂线，标志出挤压机行走路线。人工整修挤压边墙施工作业面，作业面平整度控制在 $\pm 2\text{cm}$ ，以保证边墙挤压成型平整、直顺。

② 挤压机就位

挤压机采用机械吊运或人工推移，利用水平尺或垂直刻度盘调整挤压机垂直方向和平行机身方向，使其处于水平状态，校核挤压机机轮高度，使挤压边墙墙体高度符合设计要求。

③ 边墙挤压

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/387003036043006155>