

# 粘土心墙堆石坝碾压试验成果报告

# 目 录

1. 前言 .....	1
2. 设计对坝体各分区填筑料及碾压试验要求 .....	3
3. 碾压试验的场地准备及场次设计 .....	6
4. 碾压试验的填筑料与碾压机械.....	10
5. 堆石料碾压试验 .....	15
6. 粘土心墙碾压试验 .....	18
7. 碾压试验结果分析 .....	18
8. 结论及建议.....	33

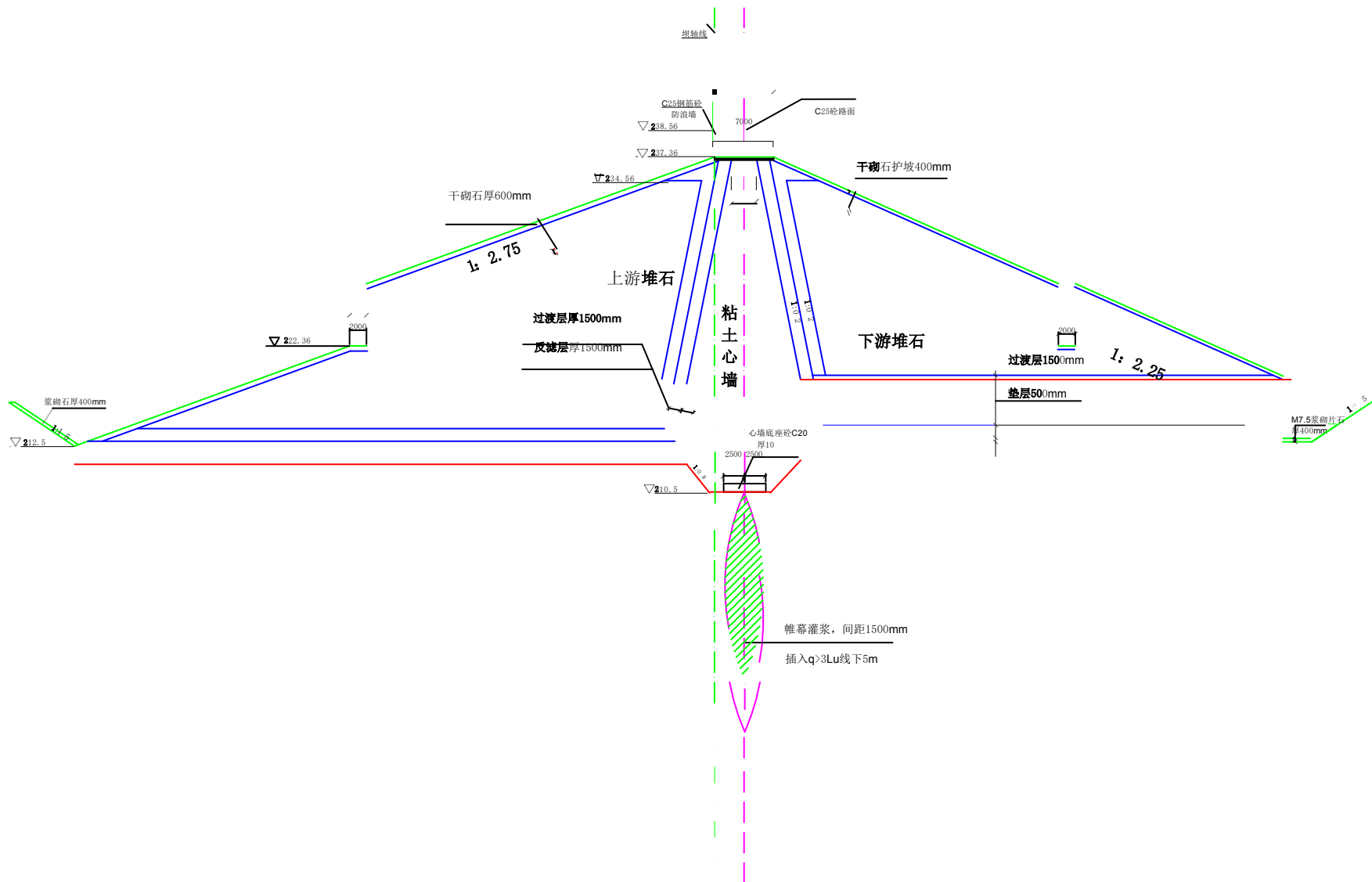
## 1. 前言

xxxx 抽水蓄能电站装机容量 2400MW，位于 xx 县城郊。枢纽工程由上水库、下水库、输水建筑物、地下厂房洞室群、地面开关站及场内公路等组成。本工程为 I 等工程，永久性建筑物为 I 级建筑物。

副坝位于主坝大左侧，为粘土心墙堆石坝，坝顶长220m，坝顶宽度 7m，坝顶高程▽237.36m，最大坝高 27.86m。坝体上游边坡 1:2.75，下游边坡 1:2.25。上、下游坡面均设干砌石护坡。

粘土心墙防渗体顶部高程为 236.81m，上、下游边坡均为 1:0.2，心墙厚度 3.0~14.8m。在粘土心墙防渗体两侧设置过渡料。

坝体结构详见图（1）所示。下库副坝副坝填筑计划将于 11 月底开始，为校核验证设计提出的副坝堆石及粘土心墙填筑的有关技术指标，确定坝体各堆石料及粘土心墙的施工方法和质量控制标准。制订有关施工技术细则，同时也是为坝体填筑施工积累经验。按设计单位提出的《xxxx 抽水蓄能电站上、下水库粘土心墙堆石坝坝体填筑施工技术要求》的有关规定，编制了《xxxx 抽水蓄能电站下水库大坝土建工程粘土心墙堆石坝碾压试验方案》，并于 9 月 24 日至 10 月 25 日按试验计划，对大坝堆石料及粘土心墙进行了现场碾压试验。



图（1）坝体结构及填筑分区示意图

## 2. 设计对坝体各分区填筑料及碾压试验要求

下水库副坝堆石体的填筑料利用地下厂房及隧洞的开挖料，从交通洞口的堆料场直接挖取；反滤料、过渡料、垫层料由业主的碎石加工系统生产；砂料为东江河砂，由业主的备料场提供。粘土从业主指定的Ⅱ<sub>6</sub>土料场挖取。

### (1) 粘土心墙

顶宽 3m，上、下游坡度为 1:0.2，填筑总量为 25664m<sup>3</sup>，上坝的粘土心墙料的含水率控制在最优含水量的 1%~3%左右，粘土心墙料碾压后要求粘土料压实度达到 100%，渗透系数不大于  $1 \times 10^{-5}$ cm/s。

高塑性粘土填筑总量为 441m<sup>3</sup>，要求粘粒含量不小于 30%，填筑含水率控制在 25%左右，干密度控制在 1.50g/cm<sup>3</sup>~1.55g/cm<sup>3</sup>。

### (2) 反滤层

反滤层厚 1.5m，填筑总量为 10886m<sup>3</sup>，取自开挖的花岗岩新鲜洞渣料轧筛而成，碾压后级配良好的细堆石料，颗粒坚硬、耐久，无粘土和有机物等杂质。压实干密度  $\rho_d \geq 1.95$ t/m<sup>3</sup>，相应空隙率 26%，最大粒径  $d_{\max} \leq 60$ mm，小于 5mm 的细颗粒含量为 38%~80%，填筑层厚 30cm、40cm，用 18t 振动碾碾压。

### (3) 过渡层

过渡层厚 1.5m，填筑总量为 34011m<sup>3</sup>，取自开挖的花岗岩新鲜洞渣料轧筛而成，碾压后级配良好的细堆石料，颗粒坚硬、耐久，无粘土和有机物等杂质。压实干密度  $\rho_d \geq 2.02$ t/m<sup>3</sup>，相应空隙率

23%，最大粒径  $d_{\max} \leq 300\text{mm}$ ，填筑层厚 30cm、40cm，用 18t 振动碾碾压。

#### (4)粗砂碎石垫层

粗砂碎石垫层厚 0.5m，填筑总量为  $11711\text{m}^3$ 。粗砂碎石垫层由过渡料和粗砂组成，两者掺和比例为 1:1。粗砂采用业主提供的东江河砂。压实干密度  $\rho_d \geq 1.94\text{t/m}^3$ ，相应空隙率 26%，最大粒径  $d_{\max} \leq 300\text{mm}$ ，填筑层厚 30cm、40cm，洒水后用 18t 振动碾碾压。

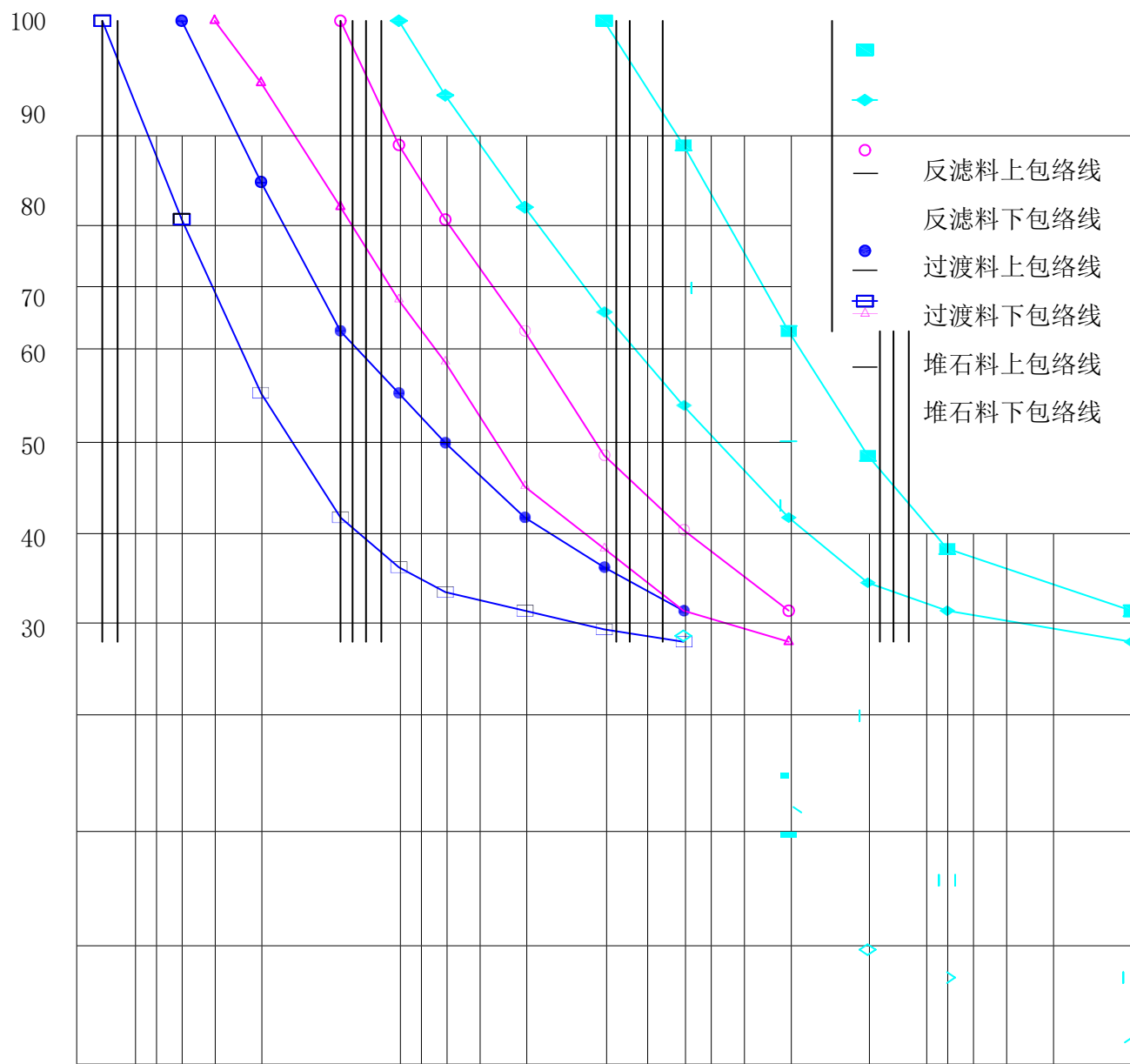
#### (5)堆石

上游堆石  $54908\text{m}^3$ ，下游堆石  $61431\text{m}^3$ ，上游堆石护坡  $28044\text{m}^3$ 。要求采用开挖的新鲜洞渣料，碾压压实后上游堆石区干密度  $\rho_d \geq 2.10\text{t/m}^3$ ，空隙率为 22%；下游堆石区干密度  $\rho_d \geq 2.05\text{t/m}^3$ ，空隙率为 25%，最大粒径  $d_{\max} \leq 800\text{mm}$ ，填筑层厚 80cm，洒水后用 18t、22t 振动碾碾压。

表 2-1：各种坝料填筑的设计指标

坝料	级配	最大粒径 (mm)	压实后 干密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	压实度 (%)	孔隙率 (%)	渗透系数 ( $\text{cm/s}$ )
上游堆石料	符合设计要求	800	$\geq 2.10$	/	22	/
下游堆石料	符合设计要求	800	$\geq 2.05$	/	25	/
过渡料	符合设计要求	300	$\geq 2.02$	/	23	/
反滤料	符合设计要求	60	$\geq 1.95$	/	26	/
垫层料	与反滤料 1: 1	/	$\geq 1.94$	/	26	/
粘土心墙料	/	/	/	100		$\leq 1 \times 10^{-5}$

小于某粒径土重占总土重百分数 %



1000

100

10

1

0.1

D(mm)

上下游堆石料、反滤料及过渡料的设计级配上下包络图（2）

### 3. 碾压试验的场地准备及场次设计

碾压试验场地根据施工现场现有条件，经多次选点比较，最终选定在下水库大坝上游礅头村对面的弃渣场上。这块场地宽阔平坦，地基坚实，交通便利，距石料堆场和土料场均较近，符合碾压试验的场地要求。碾压试验施工前，利用推土机对碾压场地进行修整，利用 18T 自行式振动碾碾压，预铺 40~50cm 厚 0.5~2cm 碎石，使平整场地并具有良好的透水性，适量洒水后，用 18t 自行式振动碾碾压 16 遍，并控制其沉降量平均不大于 1mm/遍时，做为压实标准，使其达到充分密实后，作为碾压试验的场地。

按计划碾压试验首先针对五种坝体填筑料及其铺料厚度不同，安排了堆石料、反滤料、过渡料和垫层料、粘土心墙，共六大场试验，并考虑当由于某种不确定因素影响（如：暴雨、机械出力、量测器具等），若某场试验成果不符合规律，达不到试验预期目的时，增加二大场试验对其进行复合。六大场碾压试验除反滤料、过渡料、垫层料，由碎石加工厂轧制人工掺和外，堆石利用洞挖料。各场碾压试验的场地布置及试验内容分别为：

第一大场：堆石料碾压试验，铺场用料  $150\text{m}^3$  以上，共布置了 9 个小场，每个小场有效面积  $6 \times 12\text{m}^2$ ，铺料厚度  $H=80\text{cm}$ ，主要研究在相同铺厚，相同行驶速度条件下不同加水量和碾压遍数的压实效果。各小场的加水量  $Q$  分别为 0、5%、10%、20%（体积比），采用自行式 18t 振动碾碾压，遍数分别为  $n=6$ 、 $n=8$ 、 $n=10$ ，详见图（3）所示。

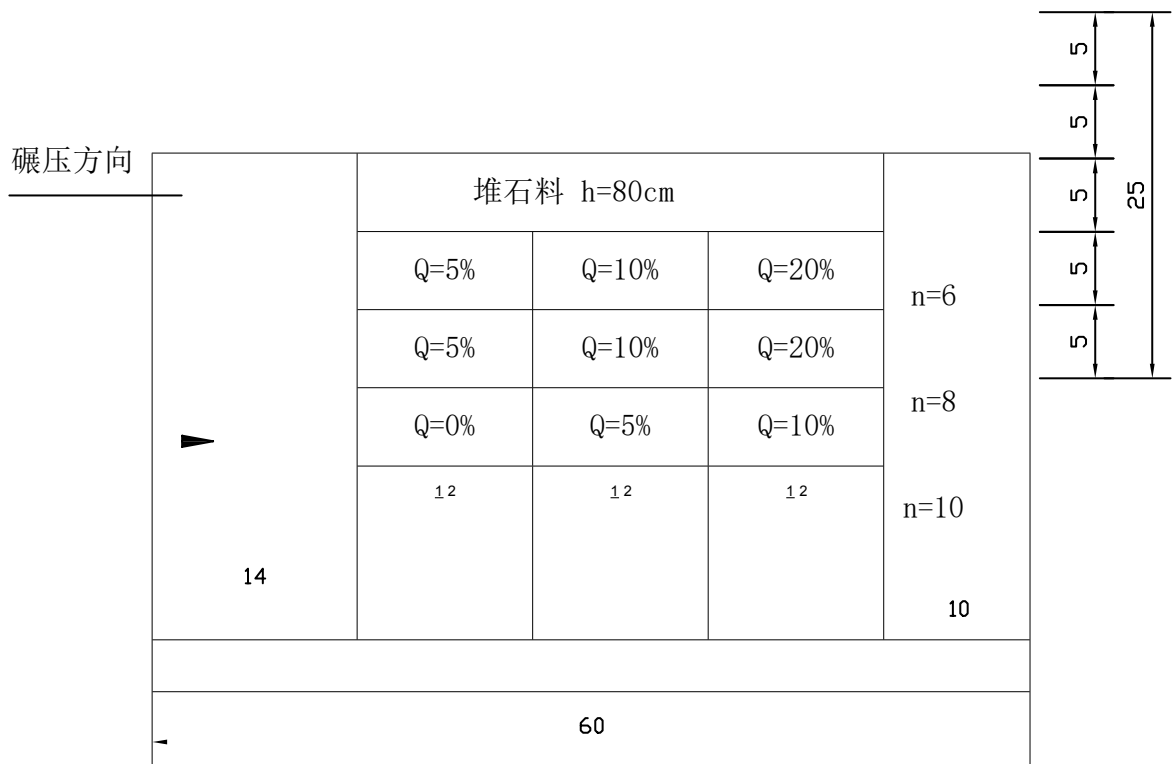


图:3 堆石料碾压试验场(18t自行碾) 单位: m

第二大场: 堆石料碾压试验, 铺料厚度 $H=80\text{cm}$ , 主要试验研究与第一大场采用不同压实机具的压实效果。根据第一大场碾压试验确定的最优加水量, 进行洒水。共布置 3 小场, 每小场有效面积  $5 \times 12\text{m}^2$ , 采用 22t 拖碾碾压。具体参数详见图 (7) 所示。

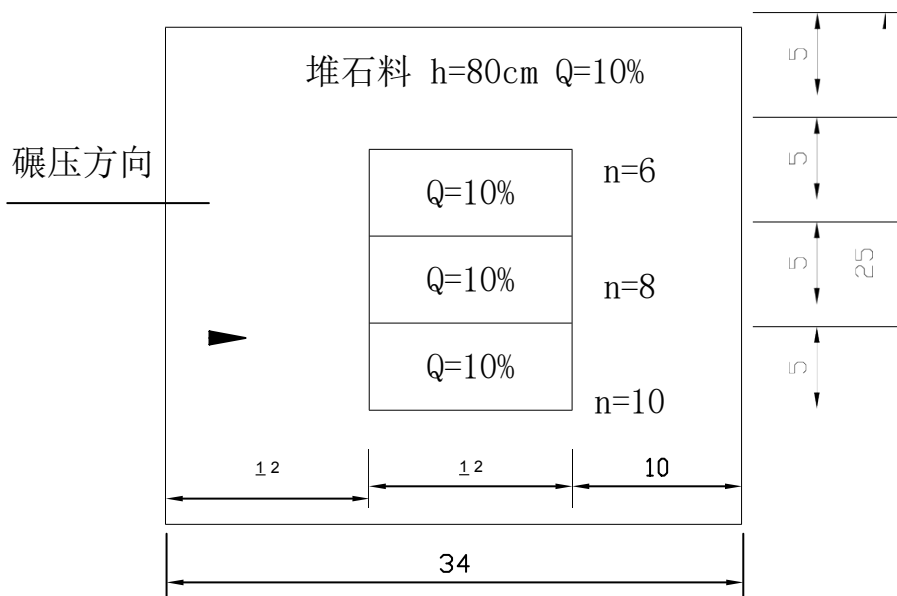


图:7 堆石料碾压试验场 (22t拖碾)

第三大场：反滤料和过渡料的碾压试验，各占半场，铺场用料都为  $150\text{m}^3$  左右，共布置 6 小场（各种料 3 小场），铺料厚度  $H=30\text{cm}$ ，过渡料主要研究不同碾压遍数的压实效果；两种料都采用自行式 18t 振动碾碾压。加水量、碾压遍数等参数详见图（4）所示。

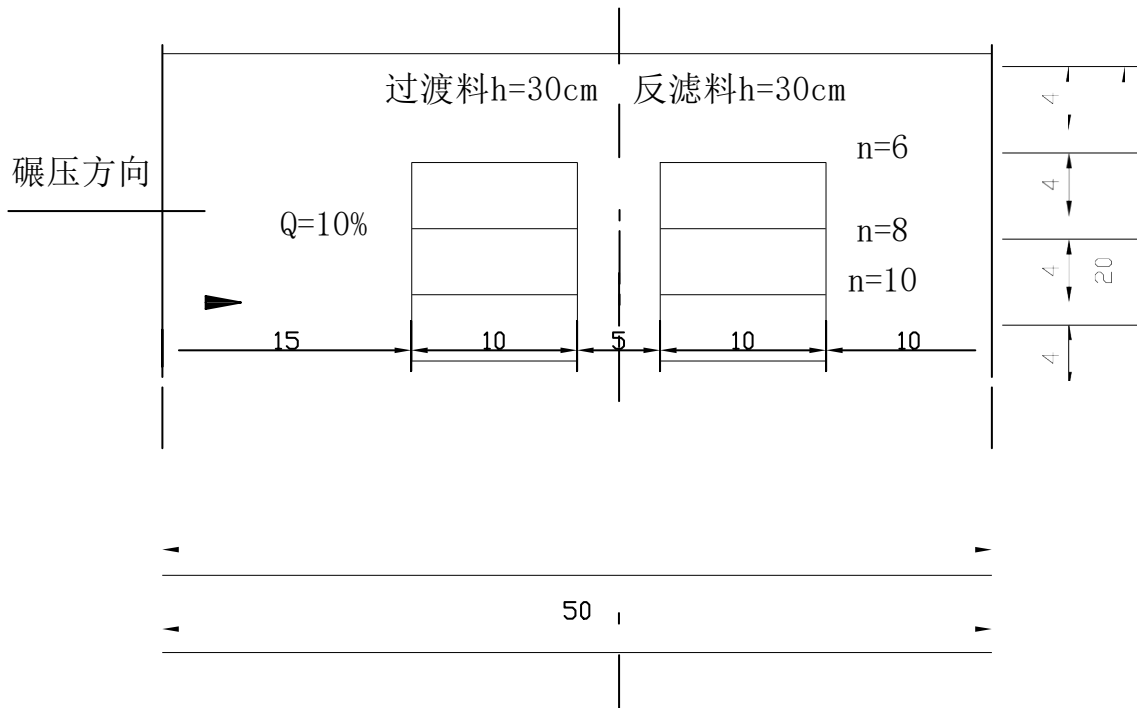
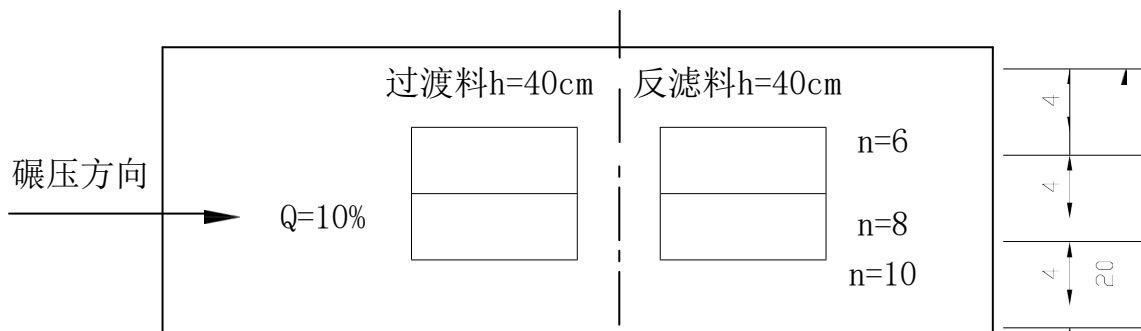


图:4 过渡料、反滤料碾压试验场(18t自行碾)

第四大场：反滤料和过渡料碾压试验，铺料厚度  $H=40\text{cm}$ ，主要试验研究与第三场不同铺层厚度的压实效果。共布置 6 小场，每小场有效面积  $4 \times 10\text{m}^2$ ，两种料都采用自行式 18t 振动碾碾压。具体参数详见图（5）所示。



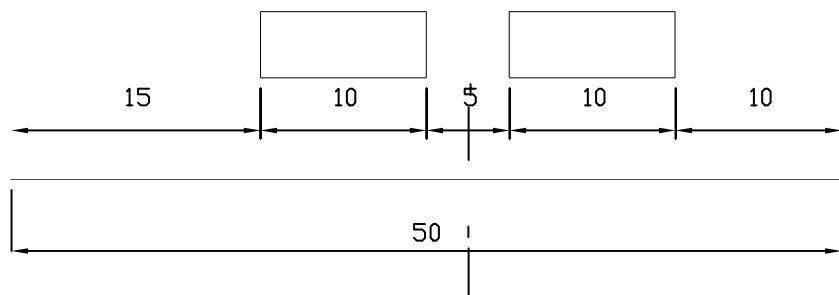


图:5 过渡料、反滤料碾压试验场(18t自行碾)

第五大场：垫层料碾压试验，铺料厚度 $H=30\text{cm}$ 。而垫层料则主要试验自然含水量条件下的不同碾压遍数的压实效果。共布置 3 小场，每小场有效面积 $4\times 10\text{m}^2$ ，采用自行式 18t 振动碾碾压。具体参数详见图（6）所示。

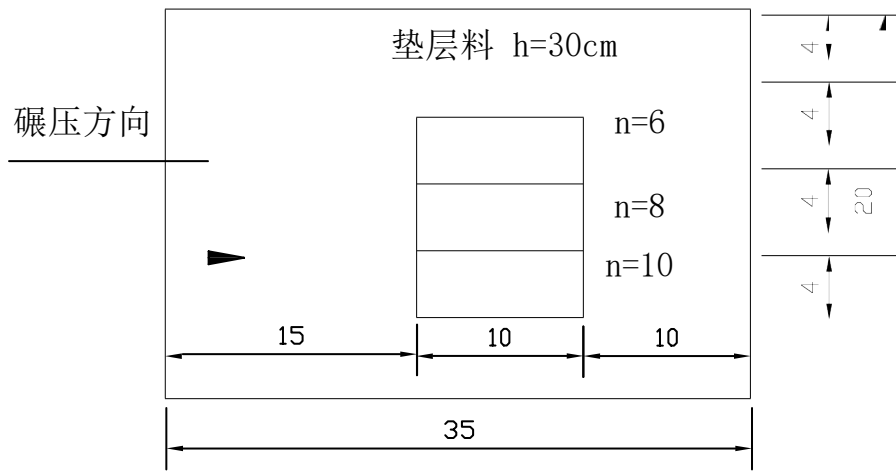


图:6 垫层料碾压试验场(18t自行碾)

第六大场：粘土碾压试验，铺料厚度  $H=30\text{cm}$ 、 $H=40\text{cm}$  两种厚度，主要试验研究不同层厚及碾压遍数的压实效果。共布置 6 小场，每小场有效面积 $6\times 10\text{m}^2$ ，采用自行式 18t 振动碾碾压。具体参数详见图（8）所示。

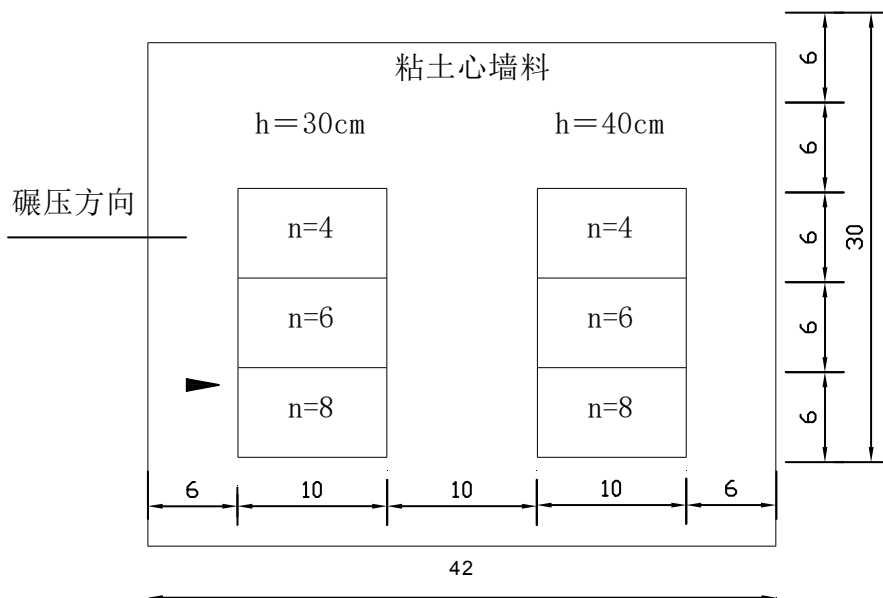


图:8 粘土心墙料碾压试验场(18t自行碾)

需要说明的是，本次现场碾压试验各种填料的铺厚施工技术要求已经给定，仅对反滤料、过渡料、粘土进行不同厚度压实效果的对比试验；对堆石料进行不同压实机具的对比试验。行车速度对碾压效果影响其它工程也多次进行过试验，振动碾的行车速度以1.8~2.0km/h为好，其过大影响压实效果，太小则容易产生下沉（特别碾压初期）将铺料挤走。因此本次也不做专门试验。

#### 4. 碾压试验的填筑料与碾压机械

本工程堆石体所用的材料采用业主指定的新鲜洞渣料，堆放在交通洞口的石渣堆场。过渡料采用业主指定的惠蓄料场的材料，为料场的半成品料。碎石厂的半成品料作为过渡料。坝体反滤料采用业主指定的惠蓄料场的材料，为料场的0~40mm碎石料。

在堆石碾压试验前，对各堆石料进行筛分试验，筛分成果见表4-1。通过对各种填筑料的筛分试验，掌握各种填筑料的特点。在地下厂房交通洞口堆料场的上部取了两组料，第一组级配曲线在超出堆石区的上包络线，第二组在级配曲线在包络线范围内。为了进一步了解洞渣料的特点，在分别从厂房、隧洞和堆料场的下部各取一车进行全级配筛分试验，试验成果级配曲线均落在包络线范围内，是良好的填筑料。因此，可以得出堆料场的洞渣料弃渣时高差较大，发生分离，细粒料含量偏高，取料时需注意开采方法。

对碎石场的反滤料、过渡料进行取样筛分（见表4-1），根据筛分成果分析在料堆中间部位的试样级配较好，料堆四周的试样均超出包络线下限，是因料堆的堆高太高，骨料发生分离。建议碎石料场及时转运成品料，降低料堆高度，避免骨料的分离。同时对级

配不良的反滤料、过渡料颗分试验，按级配要求进行掺合，确保填筑料的级配优良。

垫层料采用合格的过渡料与粗砂按 1:1 的配比进行掺配。利用反铲挖掘机搅拌均匀，经取样颗分合格后进行铺筑。

粘土心墙碾压试验前，土工试验成果见表（4-2~4-3）。土样送检经监理见证，分别委托 xx 省电力工程质量检测站和广州市翰源建设工程质量检测有限公司进行试验。通过试验成果可知，土料场不同部位、土层的含水量变化较大，大部分高于最优含水量，因此土料开采需做好土料场的规划，控制好上坝土料的含水量。

碾压试验所用的机械设备全部为工地已有的施工机械。料场装渣设备是 PC200 反铲挖掘机(斗容  $1\text{m}^3$ )，15t 自卸汽车运料及卸料，TY130 型推土机平场，龙岩产 ZL50D 装载机用作牵引设备国产 YZT22 型牵引式振动碾碾压堆石料，国产 18t 自行式振动碾碾压反滤料、过渡料、垫层料、粘土心墙。两种国产振动碾的技术特性见表(4-4)~(4-5)。

表 4-1

碾压试验原材料颗粒级配试验成果一览表

材料名称	组数	取样部位	颗粒级配组成百分含量 (%)														d <sub>60</sub>	d <sub>10</sub>	Cu
			>800	800~400	400~200	200~100	100~60	60~40	40~20	20~10	10~5	5~2	2~1	1~0.5	0.5~0.1	<0.1			
堆石料	第一组	石渣堆场上部	0.00	23.32	22.61	10.46	15.08	7.89	7.61	5.09	3.45	4.49					252.4	14.0	18.0
	第二组	石渣堆场上部	0.00	6.16	13.29	8.50	11.65	11.97	18.38	8.13	7.02	14.90					59.3	3.4	17.4
	第三组	石渣堆场下部	0.00	6.62	22.15	33.28	19.66	8.40	4.36	2.65	1.79	1.09					166.3	40.5	4.1
	第四组	厂房石渣料	26.41	30.93	17.04	8.17	5.91	3.90	2.81	1.62	1.13	2.08					624.2	52.0	12.0
	第五组	隧洞石渣料	10.49	23.10	21.42	15.27	9.53	7.27	4.51	2.55	1.95	3.91					340.2	27.1	12.6
反滤料	第一组	碎石厂						0.00	4.91	25.06	22.60	16.95	9.34	9.71	6.76	4.67	7.8	0.4	19.5
	第二组	碎石厂						0.00	6.52	21.96	21.08	18.57	9.91	10.29	6.90	4.77	7.3	0.4	18.3
	第三组	碎石厂装料口						7.41	32.15	22.05	24.24	5.56	1.35	1.01	3.37	2.86	19.8	2.8	7.1
	第四组	配制						4.52	26.20	12.95	7.23	20.48	8.73	6.63	10.54	2.72	12.8	0.4	32.0
过渡料	第一组	碎石厂			5.58	5.43	14.03	20.95	20.85	13.34	7.61	8.60	3.61				45.7	4.2	10.9
	第二组	碎石厂			11.08	11.18	10.79	17.37	21.29	12.48	5.42	6.19	4.20				52.0	4.8	10.8
	第三组	碎石厂装料口			9.21	22.81	20.91	32.44	3.04	3.26	1.44	5.64	1.25				84.7	15.1	5.6
	第四组	配制后			4.6	11.41	10.45	16.22	17.99	13.98	13.07	7.23	5.05				43.3	4.1	10.6

垫层料	第一组	配制			12.57	16.03	4.71	3.03	4.88	6.55	6.61	22.16	23.46				22.0	0.9	24.4
-----	-----	----	--	--	-------	-------	------	------	------	------	------	-------	-------	--	--	--	------	-----	------

表:4-2

粘土心墙土工试验成果表

样品名称	试验项目		试验结果		设计指标	
粘土	天然状态	含水率%	24.25			
		湿密度 g/cm <sup>3</sup>	1.72			
	击实试验	击实类型	轻型	重型		
		最佳含水量%	23.8	19.4		
		最大干密度 g/cm <sup>3</sup>	1.58	1.72	压实度 100%	
	颗粒分析试验 (累计筛余率%)	>5mm	1.4			
		2mm	6.5			
		1mm	11.7			
		0.5mm	18.8			
		0.25mm	27.5			
		0.075mm	48			
		<0.075mm	100			
	界限含水率 试验	液限%	44			
		塑限%	27			
		塑性指数	17			
	渗透试验	试样状态	序号	原状土		
			含水率	25.6		
			干密度	1.38		
		标准温度下渗透系数 cm/s	2.85×10 <sup>-5</sup>		≤1×10 <sup>-5</sup>	

试验依据

GB/T50123-1999

表:4-3

高塑性土工试验成果表

样品名称	试验项目		试验结果	设计指标
高塑性粘土	天然状态	含水率%	33.6	
		湿密度 g/cm <sup>3</sup>	1.94	
	击实试验	击实类型	轻型	
		最佳含水量%	25	
		最大干密度 g/cm <sup>3</sup>	1.54	1.50g/cm <sup>3</sup> ~ 1.55g/cm <sup>3</sup>
	颗粒组成%	>10mm	/	
		10~5.0mm	/	
		5.0~2.0mm	/	
		2.0~0.5mm	/	
		0.5~0.25mm	1.01	
		0.25~0.075mm	0.7	
		0.075~0.05mm	13	
		0.05~0.01	21.2	
		0.01~0.005	9.6	
		<0.005	54.5	
		<0.002	43.6	
	粘粒含量%	<0.005mm	54.5	≥30%
	界限含水率 试验	液限%	38	
		塑限%	20	
		塑性指数	18	

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/218134066065006125>