

ICS 27.140

P 59

备案号: J1379—2012

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL / T 5269 — 2012

水电水利工程砾石土心墙堆石坝 施 工 规 范

Specification on rockfill dam built with gravel and soil
core wall in hydroelectric and hydraulic engineering

2012-01-04 发布

2012-03-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

水电水利工程砾石土心墙堆石坝

施 工 规 范

**Specification on rockfill dam built with gravel and soil
core wall in hydroelectric and hydraulic engineering**

DL/T 5269 — 2012

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2012 年 3 月 1 日

中国电力出版社

2012 北 京

中华人民共和国电力行业标准
水电水利工程砾石土心墙堆石坝
施 工 规 范

Specification on rockfill dam built with gravel and soil
core wall in hydroelectric and hydraulic engineering

DL/T 5269 — 2012

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 2 印张 47 千字
印数 0001—3000 册

*

统一书号 155123·856 定价 **17.00 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

前 言

本标准根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2008 年行业标准计划的通知》（发改办工业〔2008〕1242 号）的要求制定。

在编制过程中，遵照国家的有关方针政策，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，在广泛征求全国有关单位意见的基础上，并经电力行业水电施工标准化技术委员会审查定稿，制定本标准。

本标准对砾石土心墙堆石坝的导流与度汛、料场规划与复查、坝基开挖与处理、砾石土心墙料、反滤料及堆石料、坝体填筑、廊道、盖板、垫座及防浪墙混凝土施工、施工质量控制等技术要求作出了明确的规定。

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。

本标准主编单位：中国水利水电第七工程局有限公司。

本标准参编单位：中国水利水电第五工程局有限公司、中国水利水电第十五工程局有限公司、武警水电第三总队。

本标准主要起草人：向建、吴高见、何小雄、陶然、何福江、姜暑芳、刘英、赵海洋、王星照、党永平、田中涛、张彬、吴旭、徐成中、白永生、黄宗营、杨才亮。

本标准主要审查人：许松林、梅锦煜、郭光文、楚跃先、汪毅、林鹏、孙志禹、孙来成、王鹏禹、席浩、吴高见、向建、涂怀健、朱明星、吕芝林、何昌荣、李斌、汪荣大、温彦锋、郑桂斌、吴国如、康明华。

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管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

目 次

前言	I
1 总则	1
2 术语	2
3 导流与度汛	3
3.1 一般规定	3
3.2 导流	3
3.3 截流	4
3.4 度汛	4
4 料场规划与复查	5
4.1 一般规定	5
4.2 料场规划	5
4.3 料场复查	6
5 坝基开挖与处理	9
6 砾石土心墙料	10
6.1 施工试验	10
6.2 心墙料开采	10
6.3 心墙料制备	11
6.4 堆存与运输	11
7 反滤料及堆石料	12
7.1 施工试验	12
7.2 开采	12
7.3 加工	14
7.4 堆存与运输	14
8 坝体填筑	15
8.1 一般规定	15

8.2 填筑	15
8.3 结合部位处理	17
8.4 雨季填筑	18
8.5 负温条件下填筑	18
9 廊道、盖板、垫座及防浪墙混凝土施工	20
10 施工质量控制	22
10.1 一般规定	22
10.2 检测方法	22
10.3 料场质量控制	23
10.4 坝体质量控制	24
10.5 实时质量监控系统	27
附录 A 碾压试验	29
本标准用词说明	33
引用标准名录	34
附：条文说明	35

Contents

Foreword	I
1 General	1
2 Terms	2
3 Diversion and Flood Control	3
3.1 General Requirement	3
3.2 Construction Diversion	3
3.3 River Closure	4
3.4 Flood Control	4
4 Quarry Planning and Recheck	5
4.1 General Requirement	5
4.2 Quarry Planning	5
4.3 Quarry Recheck	6
5 Dam Foundation Excavation and Treatment	9
6 Gravel and Soil Core Wall Materials	10
6.1 Construction Test	10
6.2 Core Material Exploitation	10
6.3 Core Material Preparation	11
6.4 Stockpiling and Transportation	11
7 Filter and Gravel Material	12
7.1 Construction Test	12
7.2 Exploitation	12
7.3 Processing	14
7.4 Stockpiling and Transportation	14
8 Dam Filling	15
8.1 General Requirement	15

8.2	Filling	15
8.3	Combining Site Treatment	17
8.4	Filling in Raining Season	18
8.5	Filling in the Low Temperatures	18
9	Concrete Construction of Predestal, Gallery, Covered Plate and Wave Wall	20
10	Quality Control of Construction	22
10.1	General Requirement	22
10.2	Detection Method	22
10.3	Material Quality Control	23
10.4	Dam Quality Control	24
10.5	Timely Monitoring System	27
Appendix A	Roller Compaction Test	29
	Explanation of Wording in This Specification	33
	List of Quoted Standards	34
	Addition: Explanation of Provisions	35

1 总 则

1.0.1 为规范砾石土心墙堆石坝施工的技术要求制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水电水利工程砾石土心墙堆石坝施工。

1.0.3 施工单位应编制施工组织设计和施工技术措施，作为组织施工的依据。

1.0.4 应根据工程规模、质量和进度等要求，结合具体情况，选择适应的机型，尽量使其配套，提高机械化施工水平。

1.0.5 施工前应建立测量控制网，起始点宜在坝轴线附近。每个施工阶段开始时，应测设坝址附近施工区域地形图，施工测量应遵循 DL/T 5173 的规定。

1.0.6 砾石土心墙堆石坝施工期安全监测应按 DL/T 5259 的有关规定进行设备的埋设、安装、调试、施工观测与资料的整理、分析、移交等工作。工程交接期间，各项观测工作不得中断。

1.0.7 砾石土心墙坝施工期安全检测应与大坝永久性观测结合，及时做好资料分析、整理，定期提出报告。施工期提前蓄水时，应对已埋设仪器进行全面观测，设置渗流量观测及位移观测等设施，取得初期蓄水监测资料。遇暴雨、超标洪水、地震等异常情况时，应增加监测频次。

1.0.8 砾石土心墙堆石坝施工期安全监测项目应列入施工进度计划，由专职人员实施。坝面位移观测标点、基点等的埋设、安装和观测应随坝的施工进度及时进行。

1.0.9 砾石土心墙堆石坝施工中应对已埋观测设施、仪器进行有效的安全防护，严禁机械和人为损坏，如有损坏，应及时维修或补设，并登记备查。

2 术 语

2.0.1 砾石土 gravelly soil

由碎石、砾石、砂、粉粒、黏粒等组成的宽级配土。

2.0.2 压实度 extent of compaction

填土压实的干密度相应于该土击实试验所得最大干密度的百分率。

2.0.3 心墙 core wall

土石坝坝体内部的防渗体。

2.0.4 反滤层 horizontal filter material

为防止土粒流失，在心墙等土层渗流溢出处沿水渗流方向按砂石材料颗粒粒径、土工织物孔隙尺寸，以逐渐增大的原则分层铺筑而成的滤水设施。

3 导流与度汛

3.1 一般规定

3.1.1 导流与度汛应执行 DL 5180、DL/T 5114、DL/T 5395 和 DL/T 5397 等的有关规定。

3.1.2 应根据设计要求，制订导流和度汛施工措施计划。

3.1.3 汛期应加强水文气象预报，制订非常情况下的应急预案。

3.2 导流

3.2.1 导流宜采用隧洞导流、一次断流的方式。

3.2.2 特殊情况下，采用原河床分期导流时，需在已完成的截水槽或防渗墙上过流的，应采取可靠的保护措施。采用原河床分期导流时，应保证束窄河床后的水流冲刷、河床下切不影响纵向围堰的运行安全。有通航要求时，还应满足航运条件。

3.2.3 导流泄水建筑物的出水口与截流围堰之间应有足够的距离，防止水流淘刷及闭气困难。布置在导流泄水建筑物出口附近的施工临时设施应有足够的防冲安全距离和设防高程。

3.2.4 围堰宜采用土石围堰结构。当土石围堰作为堆石坝体的一部分时，其填筑标准应满足大坝设计要求。

3.2.5 围堰填筑前，应对围堰地基及两岸接头处进行处理。对透水性地基应进行防渗处理，并应与围堰防渗体可靠连接。

3.2.6 在透水性较强的深厚覆盖层地基上修建土石围堰时，宜采用混凝土防渗墙或高喷防渗墙等防渗措施进行地基处理。

3.3 截 流

3.3.1 选择截流时机时，应综合分析围堰、导流建筑物、挡水建筑物（分期导流时）和库内工程的施工进度以及水文、气象等因素，并应使围堰及坝体有足够的施工时间在汛前达到安全度汛高程。

3.3.2 截流方法、龙口位置及宽度的选择，应根据截流流量和其他水力学参数，并综合考虑河床冲刷性能、地形、施工条件等因素予以确定；难度较大的截流工程应进行水力学模型试验。

3.3.3 截流抛投物料应有充分的备用量，保证顺利合龙。合龙后应对戗堤及时加高、培厚和闭气。

3.4 度 汛

3.4.1 围堰和大坝工程应按施工总进度要求控制工程进度，并在汛前达到度汛要求，严禁降低度汛安全标准。汛前应按当年度汛标准和工程进度制订度汛技术措施，确保工程安全度汛。

3.4.2 基坑内，应进行初期排水和经常性排水设计，并建立相应的排水系统。

3.4.3 封堵导流泄水建筑物时，应制订封堵施工方案，封堵前应按相关规定进行相关项目的验收。

4 料场规划与复查

4.1 一般规定

4.1.1 施工规划应根据设计要求，做好料场的复查与规划。

4.1.2 料场布置应充分利用现场地形条件，符合合同文件和国家有关安全、防火、卫生、环境保护等法律法规的相关要求。

4.1.3 高边坡料场开采前，应根据其边坡环境、工程地质和水文地质等条件规划开采方案和安全监测系统。

4.1.4 料场施工宜采用机械化作业方式。土石方机械设备的数量应满足坝面作业的需要，遵循适用性广、通用性强、类型单一的选型原则。

4.1.5 应合理布置运输机械的运行线路和开采作业面开挖机械设备，充分发挥施工机械的生产效率。

4.1.6 料场规划时应做好排水和防洪措施，同时料场的使用应考虑蓄水对料场的影响。

4.1.7 有复耕和水土保持要求的，应做好复耕土料的利用和水土保持规划。

4.2 料场规划

4.2.1 料场的规划应根据可用料的数量及料场条件、施工方法、导流方式和坝体施工分期等具体条件，以施工方便、投资经济、保证质量及进度、不占或少占耕地以及在施工期间各种坝料综合平衡的原则进行编制。

4.2.2 坝料规划时，宜充分利用符合设计要求的主体工程开挖料，提高开挖料直接上坝的比例。对于不能直接上坝的开挖料，宜规

划场地堆存和确定后期利用部位。

4.2.3 在坝料使用程序上，宜遵循“低料低用、高料高用”的原则，应充分利用淹没区以下的料源。

4.2.4 料场可用坝料与坝体填筑坝料数量的比例一般为：砾石土料 2.0~2.5；砂砾料 1.5~2.0；水下砂砾料 2.0~2.5；石料 1.2~1.5；天然反滤料应根据筛取的有效方量确定，但不宜小于 3.0。

4.2.5 土质平面和立面分布不均匀的料场规划时，应论证其满足设计要求的开采工艺或级配调整工艺。宜将天然含水率较高的土料用于干燥时段，天然含水率低的土料用于多雨、潮湿、冰冻时段。

4.2.6 砂砾料的使用规划宜与筛选混凝土骨料和反滤料场统一安排。在河道开采砂砾料时，开挖程序及时段应考虑汛期、河道泄洪、堤防安全等因素进行综合安排。

4.2.7 反滤料及过渡料宜在天然料场筛选，也可采用人工制备。

4.2.8 在土料场外进行含水率及土料级配调整时，调整场地、生产强度应满足坝体填筑施工强度要求。

4.2.9 料场翻晒场地宜分为翻松、晾晒、堆集装运三区循环作业。当采用分层摊铺、立面开采掺合的方法进行心墙料加工时，应选择地形平坦、便于运输和靠近料源的场地。

4.3 料 场 复 查

4.3.1 料场复查的主要内容：

- 1 覆盖层或剥离层厚度、料层的地质变化及夹层的分布情况。
- 2 料源的分布、开采及运输条件。
- 3 料源的水文地质条件与汛期水位的关系。
- 4 开采范围、占地面积、可用料数量、弃料数量、水上/水下可开采的数量、可用料层厚度和有效储量等。
- 5 进行必要的室内和现场试验，核实坝料的物理力学性质及

压实特性。

6 地质灾害可能性的调查和分析。

4.3.2 砾石土料场重点复查砾石含量、天然含水率及其随季节的变化情况、颗粒组成、土层情况、储量、覆盖层厚度和可开采土层的厚度，复核相关的物理及力学性能指标。

复查方法宜采用坑探方式进行，探坑呈方格网布点，间距为50m~100m，坑内每1m深应取样，测定相关指标，同时进行现场描述。

4.3.3 砂砾料场应复查级配，淤泥和细砂夹层、胶结层、覆盖层厚度，料场的分布，水上与水下可开采的厚度、范围和储量等，并取代表性土样进行相关物理及力学性能试验。

复查方法宜采用坑探方式进行，探坑呈方格网布点，间距为50m~100m。

4.3.4 石料场应重点复查岩性、断层、节理和层理、风化层及软弱夹层分布、坡积物和剥离层、可用层的储量以及开采运输条件等，并取代表性试样进行相关的物理力学试验。

复查方法宜采用钻孔、探洞或探槽方式进行。

4.3.5 对枢纽建筑物开挖料的复查或补充调查工作，应按材料可能填筑的部位和顺序，在开始填筑前完成。其复查内容应符合下列要求：

- 1 可供利用的开挖料的分布、运输、堆存、回采条件。
- 2 相关物理力学性能。
- 3 有效挖方的利用率。

4.3.6 施工期间如发现有更合适的料场，或因设计施工方案变更，需要新辟料源或扩大料源时，应进行补充调查和勘探。调查勘探的内容、试验的精度应符合 DL/T 5388 的有关规定。

4.3.7 料场复查报告的内容应包括料场地形图、试坑与钻孔平面图、地质剖面图、含水率、地下水位随季节变化情况、试验分析成果、代表性坝料样品、有效开采面积、实际可开采数量强度的

计算书，以及料场全部或部分坝料、建筑物可利用开挖料适用于填筑坝体某一部位的说明书，说明书中应说明对可利用料是否加工处理，并说明开采和运输条件等。

4.3.8 采用坑探进行料源复查时，探坑内应采取适当的安全措施，探坑周围应采取防护措施。

5 坝基开挖与处理

5.0.1 心墙区岸坡开挖应采用自上而下的开挖方式；堆石区岸坡宜采用自上而下的开挖方式，也可采用边填筑、边开挖的方式。

5.0.2 清理坝基、岸坡和铺盖地基时，应将树木、草皮、树根、乱石、坟墓以及各种建筑物等全部清除，并对水井、泉眼、地道、洞穴等进行处理。

5.0.3 坝区范围内的地质勘测孔、竖井、平洞、试坑等均应按设计图纸进行逐一检查，根据其实际情况制订专项回填措施。

5.0.4 对坝基和岸坡易风化、易崩解的岩石和土层，开挖后不能及时回填时，应预留保护层或喷混凝土保护。

5.0.5 坝基和岸坡的开挖处理应按设计要求和有关规定进行处理。

6 砾石土心墙料

6.1 施 工 试 验

6.1.1 室内试验条件应满足国家和行业部门相关的标准要求，室外试验场地应平整、密实、排水畅通。

6.1.2 施工参数试验进行的试验项目有室内外掺配试验、含水率调整试验和碾压试验等；料场施工阶段根据施工需要可进行的试验项目有料场内降排水试验、开采工艺试验、堆存试验和低温防冻试验等。各项试验工作应遵循 DL/T 5355、DL/T 5356 及有关文件的规定。

6.1.3 掺配试验宜先室内，后室外。室外现场试掺宜采用按比例分层铺筑、机械混合、分类堆存的工序进行，也可采用机械拌和的掺配方式。

6.1.4 含水率调整试验宜在料场内进行；在堆存场地进行含水率调整需通过试验确定。

6.1.5 碾压试验应按照附录 A（碾压试验）的标准执行。

6.2 心 墙 料 开 采

6.2.1 砾石土料应根据含水率的变化调整开采区域。料层较厚、上下层土料性质不均匀时，宜采用立面开采；对性质均匀或含水率高、有晾晒条件的土料，宜采用平采方式。

6.2.2 雨季施工时优先选用含水率较低、排水条件好的料场，或储备足够数量的合格土料。

6.2.3 心墙料含水率调整宜在料场内完成；当心墙料含水率调整幅度较大时，可在坝址或料场附近的适宜场地进行。含水率调整

方法主要有筑畦灌水法、喷灌灌水法、表面洒水法、翻晒法等。

6.2.4 对于土料中少量的超径石，可采用机械辅助人工剔除；若需大量剔除时，须试验剔除工艺。

6.2.5 土石料场开采结束后，应做好水土保持和环境保护工作。

6.2.6 对于高塑性黏土料场，应考虑适当的储备堆存和相应的保护措施，保证含水率满足设计要求。

6.3 心墙料制备

6.3.1 掺配心墙料主要分为掺配砾石、掺配土料两种。

6.3.2 掺配心墙料的粒径级配应按设计指标和设计心墙料包络线、天然心墙料的颗粒级配情况进行确定。制备好的掺配料应均匀，其物理力学性能指标、粒径级配、含水率等应满足设计要求。

6.3.3 掺配心墙料掺合前，需保证砾石表面湿润且无多余水分。

6.3.4 拌和系统掺配时，对未及时上坝的成品料应进行堆存保护，保证砾石料填筑时满足设计要求。

6.3.5 分层摊铺掺合时，应按试验确定的掺合比和工艺流程进行，采用水平分层铺填成料堆；待堆料含水率满足要求时，可采用立面或斜面挖掘混翻拌和的方法开采，其混翻次数根据试验确定。

6.3.6 分层摊铺时，土料宜采用后退法摊铺，掺砾料宜采用进占法摊铺。

6.3.7 掺配前后，应对掺料、掺配成品料进行抽检。

6.4 堆存与运输

6.4.1 掺配成品心墙料宜堆存至设置有防雨棚的场地内保护，避免受阳光直射和雨水浸湿。

6.4.2 寒冷地区冬季应对成品掺合料进行覆盖保温，防止掺合料冻结。

6.4.3 土料的堆存宜通过堆存试验确定堆存方式和堆存工艺。

6.4.4 土料运输时应做好防雨、防晒措施。

7 反滤料及堆石料

7.1 施 工 试 验

7.1.1 施工试验应编制试验大纲和试验计划；施工试验应在大坝填筑前完成。

7.1.2 施工试验的内容包括复核验证有关的设计指标，研究填筑施工工艺技术，确定各种施工技术参数和施工技术措施，提出施工质量控制的技术要求。

7.1.3 砂卵石料的施工试验包括碾压试验以及与其配套的室内外试验等。

1 现场碾压试验的内容包括验证设计指标，确定填筑施工技术参数，检验施工设备的适应性和可靠性，研究填筑施工工艺方法和质量控制措施。

2 现场填筑相对密度试验。

3 室内试验应根据设计要求进行必要的物理力学性能试验。

7.1.4 爆破堆石料的施工试验包括爆破试验、现场碾压试验及其相关的室内试验等。其试验内容应符合下列要求：

1 爆破试验主要是选择合理的爆破参数，使爆破料满足设计级配要求。爆破试验的重点是爆破料的级配试验，级配试验应视情况在不同的部位取样。

2 爆破料应根据设计要求进行必要的物理力学性能试验。

7.2 开 采

7.2.1 坝料应在符合设计要求的料场或建筑物开挖区开采，不合格的坝料不得上坝。

7.2.2 坝料开采应根据不同施工阶段、不同高程、不同时段、不同坝段的运输路线编制开采计划。

7.2.3 开采工作面的划分应与施工条件和填筑强度相适应，必要时应有备用开采工作面。

7.2.4 选择开采方式时，应根据坝料性质、料场地形、开采机具与设备、料层厚度等因素，确定采用立面或平面开采。

7.2.5 料场开采结束后，应做好水土保持和环境保护工作，做好危岩处理、边坡稳定、场地平整，有要求时还要做好还田造林工作。对于弃料，宜进行场地平整或集中堆存于弃料场，不得随意堆放。

7.2.6 天然砂卵石料的开采应符合下列要求：

1 天然砂卵石料的开采宜水上、水下分别开采，有条件时也可混合开采。确需汛期开采或水下开采深度较大时，可采用分流改道或降低水位等技术措施。

2 在河道开采砂卵石料时，开挖程序和时段安排应考虑河道泄洪顺畅及堤防安全。

3 寒冷地区地下水位较高时，砂卵石料的开采应有足够的堆存储备，满足冬季填坝需要。

4 河床砂卵石坝料的级配随开采深度而变化，开采时的掌子面深度应保证坝料满足级配要求。

5 应考虑汛期不能开采，储备汛期填筑需要的砂卵石料。

7.2.7 爆破料的开采应符合下列要求：

1 堆石料的爆破应执行 DL/T 5135 等相关规范的要求，编制开采安全细则，优先采用非电导爆管网络。

2 爆破料的开采应根据设计要求、料场地形、地质条件、水文地质特点、日上坝强度、总开采方量等因素进行爆破设计。

3 爆破料宜采用深孔梯段微差爆破法或挤压爆破法；在地形、地质及施工条件允许的情况下，也可采用洞室爆破法，洞室爆破法应分层台阶式开采。

- 4 开采前应进行爆破试验,确定满足设计级配要求的爆破参数。
- 5 超径石宜在料场进行处理。
- 6 开采过程中,应保持料场开挖边坡的稳定。

7.3 加 工

7.3.1 坝料加工的内容包括反滤料、过渡料的筛选及堆石料的制备等。

7.3.2 对于反滤料的制备应编制工艺规程,宜采用机械拌和的方法,也可采用粗细料按比例分层平铺,立面或斜面挖掘、拌和均匀的方法。

7.3.3 反滤料的加工场地与规模应根据各期填筑需要量进行规划,配制工作应列入施工计划。反滤料应有一定的备用数量。

7.3.4 坝址附近缺少天然反滤料时,应根据反滤料的设计要求,从砂砾料中筛选配制,也可用爆破块石料、地下洞室开挖石渣,经破碎、筛选、掺配制成所需的反滤料。

7.4 堆 存 与 运 输

7.4.1 堆存应符合下列规定:

- 1 坝料的堆存应按各个用料时段的规划确定各种坝料的存储量。
- 2 堆存场应保证运输畅通。
- 3 加工好的各种非防渗料经检验合格后,应分别堆放,防止泥水和土块等杂物污染,并采取防雨、防冻措施。
- 4 堆存的各种非防渗料应标明编号、规格、数量、检验结果及拟铺筑的工程部位。

7.4.2 反滤料的运输应采取防雨和防冻措施,卸料时应采取措施保证其级配要求。

8 坝 体 填 筑

8.1 一 般 规 定

8.1.1 坝体填筑前，施工单位应提出施工计划和方案。不影响行洪的一岸或两岸可先行填筑部分坝体，与堆石坝接触部位的岸坡可以边填筑、边清坡。

8.1.2 筑坝材料的种类、岩土性质、级配、含水率、含泥量及其相应填筑部位、压实标准、质检取样结果均应符合设计要求。

8.1.3 坝体各部位的填筑应按设计断面进行，保证心墙料、反滤料的实际宽度不小于设计宽度，过渡料、堆石料设计线外的超宽填筑尺寸不小于允许堆筑的最大粒径。

8.1.4 坝面施工应统一管理、合理安排、分段流水作业。

8.1.5 填筑宜平行于坝轴线方向进行铺料和碾压。

8.1.6 填筑面应采取有效措施保护监测仪器和测量标志。

8.1.7 填筑面应布置有效洒水系统，供水量应满足施工要求。

8.1.8 汽车运输应采用有效措施防止坝面污染。

8.2 填 筑

8.2.1 砾石土料铺料前，压实表土应适当洒水湿润，不得在表土干燥状态下铺填新土；压实表面形成光面时，铺土前应刨毛并洒水湿润。

8.2.2 砾石土料宜采用进占法铺料，沿坝轴线方向进行碾压；特殊部位只能垂直于坝轴线方向碾压时，质检人员应现场监视，检测有无剪切裂缝；不得铺料超厚和欠压，防止漏压。

8.2.3 砾石土料铺料宜采用定点测量方式，严格控制铺土厚度，

不得超厚，并宜采用平地机平整，上层铺料应在下层取样检查合格后方可继续。

8.2.4 砾石土料填筑应按设计要求控制坝体上升速度；砾石土料宜喷雾洒水。

8.2.5 砾石土料铺筑应连续作业。因故需短时间停工时，其表面土层应洒水湿润，保持含水率在控制范围之内；需长时间停工时，应采取防护措施。复工后按要求进行处理，经验收合格后方可继续填筑。

8.2.6 砾石土料纵横向接坡不宜陡于 1:3.0，特殊部位需采用陡坡连接时，应进行论证。

8.2.7 砾石土料应采用振动凸块碾压实。分段碾压时，相邻两段交接带碾迹应彼此搭接，垂直碾压方向搭接带宽度应不小于 0.2m；顺碾压方向搭接带宽度应为 1m~2m。

8.2.8 砾石土料填筑过程中若出现“弹簧土”、松土层、干土层、粗粒富集区或剪切破坏等，应经处理合格后，再铺填新土。

8.2.9 高塑性土料与混凝土面接触部位填筑应采取小型机械压实或人工压实，界面处理按设计技术要求进行。

8.2.10 高塑性黏土的碾压设备宜选用振动平碾。填筑中应避免高塑性土料出现结块、超径石块等现象。摊铺宜采用机械摊铺、人工辅助的方式。

8.2.11 对于塑性指标特别高的土料，可通过现场专项碾压试验，采用厚层重碾静压的施工工艺。

8.2.12 反滤料应平行于心墙料进行填筑，当反滤料宽度较窄时，反滤料宜领先，并可采用振动铺料器辅助施工。

8.2.13 反滤层填筑应保证设计宽度，心墙料与反滤料的交错带宽度不宜大于填土层厚度的 1.5 倍。

8.2.14 砾石土料与反滤料、反滤料与过渡料或坝壳堆石料填筑齐平时，应采用平碾骑缝碾压，跨过界面至少 0.5m。

8.2.15 过渡料铺筑应避免分离，分离严重部位采取挖除处理；在

靠反滤侧，应清除大于反滤料最大粒径的石料。

8.2.16 堆石料填筑施工参照 DL/T 5129 执行。

8.2.17 重车穿越心墙区时应进行试验，确定合理的保护措施。

8.2.18 汽车穿越心墙区填筑层的路口应交错布置，对路口及道路区砾石土料应予以检测，对不合格部分予以处理。

8.2.19 心墙区道路宜采用双车道，车辆行驶速度不大于 5km/h。

8.2.20 护坡宜与坝体填筑平行施工，护坡块石宜选取大块石，采用机械整坡、堆码或人工干砌，块石间应嵌合牢固。

8.3 结合部位处理

8.3.1 与坝基防渗墙、灌浆廊道结合部位的填筑应符合下列要求：

1 坝基防渗墙、廊道混凝土达到设计强度的 70% 以上可进行填筑。

2 坝基防渗墙、廊道周围的高塑性土料回填前，应先清除表面的污物，再分层涂刷浓黏土浆。黏土浆的制备宜采用机械搅拌。

3 涂刷黏土浆的高度应与铺土厚度一致，涂层厚度宜为 3mm~5mm，并应与下部涂层衔接；不得在泥浆干涸后铺土。黏土浆的配比以试验确定。

4 廊道或防渗墙上、下游应同步填筑，高差不大于 1m。

5 廊道顶部高塑性黏土填筑应采用小型机械碾压。

8.3.2 垫层与贴坡混凝土填筑时应符合下列要求：

1 铺料前应清洁混凝土面、涂刷黏土浆，首层铺筑时按设计要求层厚，先采用振动平碾静压，然后采用凸块振动碾碾压。

2 贴坡区高塑性土料可垂直于坝轴线方向碾压，靠近混凝土区域采用小型压实机械或人工压实。

3 堆石料与岸坡、混凝土建筑物接触带在土质边坡填筑时，应先填筑宽度大于 0.5m 的过渡料，采用小型机械压实。

8.3.3 与其他建筑物的连接应符合下列要求：

1 心墙与坝顶结构连接时应保证止水有效，止水两侧土料可

采用小型机械或人工压实。

2 在坝体与其他建筑物的连接区域应设置过渡料区, 并采用小型机械碾压。

8.4 雨 季 填 筑

8.4.1 填筑前应做好雨情预报。雨前及时对未压实的土料进行压光处理, 也可覆盖防雨; 雨后填筑面应晾晒或经处理检查合格后, 方可复工。

8.4.2 在防渗体填筑面上的大型施工机械, 雨前宜停放在坝壳区。

8.4.3 做好坝面保护, 禁止车辆通行。

8.4.4 砾石土料雨季填筑应适当缩短流水作业段长度, 应及时平整、压实。

8.4.5 雨季心墙的填筑面应稍向上、下游倾斜, 倾斜坡度可取2%~4%, 以利排水。

8.4.6 雨后土料含水率不合格部分应清除积水、淤泥后再翻晒, 达到设计要求后继续填筑。

8.4.7 雨后应及时清除被泥土混杂或污染的反滤料。

8.4.8 堆存或人工调整含水土料雨季填筑时, 宜将土料的含水率控制在最优含水率的2%~3%。

8.4.9 根据砾石土料的特性和当地气候情况, 模拟降雨, 进行雨量和降雨强度对填筑的影响试验, 选择合理的停止填筑工况。

8.5 负温条件下填筑

8.5.1 在负温下施工时, 应加强质量控制工作, 施工前应编制施工计划, 做好料场选择、保温、防冻措施以及机械设备、材料、燃料供应等准备工作。

8.5.2 可根据当地气候条件, 进行负温条件下填筑土料试验, 取得负温条件下施工的控制参数和需采取的防冻措施。

8.5.3 负温下填筑时, 砾石土料含水率应在设计指标下限附近。

已填筑土料在负温下可采用覆盖保温，储备土料场在负温下应采取保温措施。

8.5.4 填筑前应对表层冻土进行清除处理。

8.5.5 负温下填筑时，反滤料、过渡料的含水率应小于 2%。

8.5.6 负温下堆石料出现冻结现象时，应停止填筑。

9 廊道、盖板、垫座及防浪墙混凝土施工

9.0.1 廊道、盖板、垫座及防浪墙混凝土的原材料质量应符合 DL/T 5144 的相关规定，并满足设计要求。

9.0.2 工程中使用的水泥、外加剂、掺合料、钢筋、止水等材料应有生产厂家的品质检验报告，并应进行检验复核。

9.0.3 止水加工、连接及架立应符合 DL/T 5144 的相关规定；钢筋加工、连接及架立应按 DL/T 5169 的规定执行。

9.0.4 混凝土配合比应根据 DL/T 5330 的相关规定和设计要求及其施工工艺要求，通过配合比设计和试验确定。

9.0.5 混凝土坍落度应根据混凝土运输距离、运输方式、浇筑方法和气候条件决定。

9.0.6 混凝土拌和程序和拌制时间应通过试验确定，并符合 DL/T 5144 的相关规定。掺加引气剂的混凝土应适当延长拌和时间，其含气量测定应在出机口取样。

9.0.7 混凝土拌和站应有合格的称量设备，定期校验。混凝土运输设备选用应避免发生漏浆、分离。

9.0.8 混凝土施工应避免在不利气候条件下施工，避不开时应加强气象预报，根据天气情况做好防雨、防晒、防风、防冻等保护措施。

9.0.9 插入防渗体内的现浇混凝土防渗墙与水下浇筑的防渗墙体应结合良好，混凝土墙体的缺陷应清除。

9.0.10 廊道、盖板、垫座混凝土应在地基开挖完成，防渗墙或截水槽施工完毕并经隐蔽工程验收合格后进行。

9.0.11 基础处理超挖过大时，宜将超挖部分回填至设计高程，再进行垫层混凝土浇筑。岩石岸坡上局部凹坑、反坡以及不平顺岩

面可用混凝土填平、补齐。

9.0.12 岸坡盖板混凝土施工宜采用滑模，也可采用组合钢模。采用滑模浇筑时，滑模应有足够的强度、刚度及平整度，地锚、制动系统应安全、可靠，并符合 DL/T 5400 的要求。

9.0.13 廊道、防浪墙等混凝土结构模板应安全、可靠，体形尺寸应符合 DL/T 5110 的要求。

9.0.14 混凝土浇筑时，应保证止水片（带）附近的混凝土密实，并控制止水片（带）的变形和变位符合要求。

9.0.15 岸坡盖板混凝土需分期施工时，施工缝应按永久缝处理。

9.0.16 廊道混凝土宜在低温季节连续进行，减少间歇时间。

9.0.17 脱模后的混凝土应及时覆盖，洒水养护，保温保湿。

9.0.18 施工过程应有专人进行质量检查与控制，并做好各项原始记录。

10 施工质量控制

10.1 一般规定

10.1.1 质量控制应按国家和行业有关标准、工程设计、施工图、合同技术条款的技术要求进行。

10.1.2 承担工程施工期建设及管理的各方，必须建立和健全适应工程所需的质量管理及保证体系，对工程质量实行分级管理；必须设立专职的质量检查机构，从事质量控制的人员数量及资格应符合国家及行业相关规定。

10.1.3 工程建设过程中，从事工程施工、质量控制的相关人员应按照规定做好质量检查记录，对隐蔽工程和工程关键部位，宜采取录像、照相或取原状样品保存等方法供质量追溯和日后备查。质量检查记录应及时进行汇总、编录、分析，并妥善保管，严禁造假、涂改和自行销毁。

10.1.4 施工过程中出现质量问题、事故时，必须按照相关的处理程序进行处理，处理过程中所形成的原始资料、记录必须齐全。

10.1.5 试验仪器的管理和使用应按 DL/T 5355 的有关规定进行。

10.1.6 质量控制的统计分析宜应用数理统计方法。

10.2 检测方法

10.2.1 砾石土心墙堆石坝坝体压实质量应控制压实参数。在其施工过程中，可根据不同坝料，采用环刀法、灌砂（灌水）法、表面型核子水分密度仪法等检测密度，采用烘干法、炒干法、酒精燃烧法、风干法、表面型核子水分密度仪法等检测含水率。当采用表面型核子水分密度仪法、附加质量法等快速检测方法时，宜

与环刀法、灌砂（灌水）法等进行对比试验，其稳定性、准确性、精度等应满足要求。

10.2.2 黏土料现场密度检测宜采用环刀法、表面型核子水分密度仪法。采用环刀法时，环刀容积不小于 500cm^3 ，环刀直径不小于 100mm、高度不小于 64mm。

10.2.3 砾石土现场密度检测宜采用挖坑灌砂（灌水）法。现场施工过程中，若因施工进度需要，可采用表面型核子水分密度仪进行快速检测，但需采取灌砂（灌水）法进行复核。砾石土含水率检测宜采用烘干法或炒干法。

10.2.4 土质不均匀的黏土料和砾石土料的压实度检测宜用三点击实法。

10.2.5 反滤料、过渡料及砂砾料现场密度检测宜采用挖坑灌水法；反滤料、过渡料和砂砾料含水率检测宜采用烘干法或炒干法。

10.2.6 堆石料现场密度检测宜采用挖坑灌水法。挖坑灌水法测密度的试坑直径为坝料最大粒径的 2~3 倍，最大不超过 2m，试坑深度为碾压层厚。试坑尺寸与试样最大粒径的关系见表 10.2.6。

表 10.2.6 试坑尺寸与试样最大粒径关系

试样最大粒径 (mm)	试坑尺寸		套环直径 (cm)
	直径 (cm)	深 度	
≤ 800	≥ 160	碾压层厚	200
≤ 300	90~120		120

堆石料含水率检测宜采用烘干和风干法。

10.3 料 场 质 量 控 制

10.3.1 各种坝料质量应以料场控制为主，必须是合格坝料才能运输上坝。不合格材料应在料场处理合格后才能上坝，否则应废弃。

10.3.2 应在料场设置坝料质量控制站，按设计要求及本标准有关

规定进行质量控制。其主要控制内容如下:

- 1 是否在规定的料区内开采,是否将草皮、覆盖层等清除干净。
- 2 坝料开采、加工方法是否符合规定。
- 3 坝料性质、级配、含水率(指黏性土、砾石土)是否符合设计要求。
- 4 排水系统、防雨措施、负温下施工措施是否完善。

10.3.3 现场鉴别采用目测方法,但必须取一定数量的代表样进行试验验证。各种坝料现场鉴别的项目与控制指标按表 10.3.3 的规定进行。

表 10.3.3 坝料现场鉴别项目与控制指标

坝料类别		鉴别项目	控制指标
防渗土料	黏性土	含水率、黏粒含量	满足设计要求
	砾石土	允许最大粒径、砾石含量、含水率	满足设计要求
反滤料		级配、含泥量、风化软弱颗粒含量	满足设计要求
过渡料		级配、允许最大粒径、含泥量	满足设计要求
坝壳砾质土		小于 5mm 含量、含水率	满足设计要求
坝壳砂砾土		级配、砾石含量、含泥量	满足设计要求
堆石料	硬岩	允许最大块径、小于 5mm 颗粒含量、含泥量、软岩含量	满足设计要求
	软岩	单轴抗压强度、小于 5mm 颗粒含量、含泥量	满足设计要求

10.4 坝体质量控制

10.4.1 坝体填筑质量应检查以下项目是否符合要求:

- 1 各填筑部位的边界控制及坝料质量。
- 2 与防渗体接触的岩石上的石粉、泥土以及混凝土表面的乳皮等杂物是否清除干净。与防渗体接触的岩石或混凝土面上是否

均匀涂刷浓泥浆等。

3 坝体与坝基、岸坡、刚性建筑物等的结合，纵横向接缝的处理与结合，以及土、砂结合处的压实方法及施工质量。

4 砾石土碾压层面有无光面、剪切破坏、弹簧土、漏压或欠压土层、裂缝等；砾石土每层铺土前，压实土体表面是否按要求进行了处理。

5 砾石土与反滤料等部分坝壳料的平起关系。

6 铺料厚度和碾压参数。

7 碾压机具的行进速度和规格、质量，振动碾的振动频率、激振力，以及气胎碾的气胎压力等。

8 过渡料、堆石料有无超径石、大块石集中或夹泥等现象。

9 坝坡控制情况。

10.4.2 砾石土压实控制指标采用干密度、含水率或压实度；反滤料、过渡料及砂砾料的压实控制指标采用干密度或相对密度；堆石料的压实控制指标采用孔隙率。

10.4.3 砾石土填筑时，经取样检查压实合格后，方可继续铺土填筑，否则应进行补压；补压无效时，应分析原因，并进行处理。

10.4.4 反滤料和过渡料的填筑除按规定检查压实质量外，还应严格控制颗粒级配，不符合设计要求时应进行返工。

10.4.5 堆石料的填筑以控制施工参数（包括碾压设备的型号、振动频率及质量、行进速度、铺筑厚度、加水量、碾压遍数等）为主，并按规定取样测定干密度和级配。

10.4.6 坝体压实检测项目及取样检测频次按表 10.4.6 的要求执行。取样试坑应按坝体填筑要求回填后，方可继续填筑。

表 10.4.6 坝体压实检测项目及取样检测频次

坝料类别及部位			检查项目	取样（检测）次数
防渗体	黏土料	边角夯实部位	干密度、含水率	（2次～3次）/每层
		碾压面		1次/（100m ³ ～200m ³ ）

续表 10.4.6

坝料类别及部位			检查项目	取样（检测）次数
防渗体	砾石土料	边角夯实部位	干密度、含水率、大于 5mm 砾石含量	(2 次~3 次) /每层
		碾压面		1 次/ (200m ³ ~500m ³)
反滤料			干密度、颗粒级配、含泥量	1 次/ (200m ³ ~500m ³), 每层至少 1 次
过渡料			干密度、颗粒级配	1 次/ (500m ³ ~1000m ³), 每层至少 1 次
坝壳砂砾（卵）料			干密度、颗粒级配、含泥量	1 次/ (5000m ³ ~10 000m ³)
坝壳砾质土			干密度、颗粒级配、小于 5mm 含量	1 次/ (3000m ³ ~6000m ³)
堆石料			干密度、颗粒级配	1 次/ (10 000m ³ ~100 000m ³)

注：堆石料颗粒级配试验组数可比干密度试验适当减少。

10.4.7 砾石土压实质量控制除按表 10.4.6 的要求取样检查外，还应在所有压实可疑处取样，试验结果不作数理统计和质量管理图的资料。

10.4.8 进入防渗体填筑面上的路口段处，应检查土层有无剪切破坏，一经发现必须处理。

10.4.9 环刀法测密度时，应取压实层的下部；挖坑灌砂（灌水）法测密度时，试坑应挖至层间结合面，试坑直径应符合 10.2.6 的规定。

10.4.10 对堆石料、砂砾料取样所测定的干密度平均值应不小于设计值，标准差应不大于 0.1g/cm³。当样本数小于 20 组时，应按合格率不小于 90%，不合格干密度不得低于设计干密度的 95% 控制。

10.4.11 对防渗土料，干密度或压实度的合格率不小于 90%，不合格干密度或压实度不得低于设计干密度或压实度的 98%。

10.4.12 雨季施工应检查施工措施的落实情况。雨前应检查防渗

体表面松土是否已适当平整和压实、压光；雨后复工前应检查填筑面上土料是否合格。

10.4.13 负温下施工应增加以下检查项目：

- 1 填筑面防冻措施。
- 2 坝基已压实土层有无冻结现象。
- 3 填筑面上的冰雪是否清除干净。
- 4 应对气温、土温、风速等进行观测记录。
- 5 在春季，应对冻结深度以内的填土层质量进行复查。

10.4.14 砌石护坡应检查下列项目：

- 1 石料的质量和块体的尺寸、形状是否符合设计要求。
- 2 砌筑方法和砌筑质量，抛石护坡块石是否稳定等。
- 3 垫层的级配、厚度、压实质量及护坡块石的厚度是否符合要求。

10.4.15 当采用混凝土板护坡时，应按设计要求控制垫层的级配、厚度、压实质量、接缝以及排水孔质量等。

10.4.16 铺筑排水反滤层前，应对坝基覆盖层进行下列试验分析。

- 1 对黏性土：天然干密度、含水率及塑性指数；当塑性指数小于 7 时，尚需进行颗粒分析。
- 2 对无黏性土：天然干密度和颗粒分析。

从坝基覆盖层中取样，一般应在 $25\text{m} \times 25\text{m}$ 的面积中取一个样；对于条形反滤层的坝基可每隔 50m 取一个或数个样。

10.4.17 在填筑反滤层的过程中，除按规定进行质量检测外，还应对铺料厚度、施工方法、接头及防护措施等进行检查。

10.5 实时质量监控系统

10.5.1 堆石坝实时质量监控系统（如中心控制室、现场分控制站、GPS 基准站和 GPS 移动监测点等）宜按照一次建成、便于施工、减少干扰、提高效率、利于监测、连续监控的原则进行布置。

10.5.2 实时质量监控系统投入使用前，应结合碾压试验进行相关

测量监控模拟试验，满足要求后方可正式使用。在施工过程中，应采用传统的质量检测方法进行平行复核，以利于统计和分析。

10.5.3 坝面监测点的布置应符合设计要求。

10.5.4 实时质量监控系统应主要对碾压机行车轨迹、行车速度、激振力状态、填筑厚度和碾压遍数等参数进行实时监控。

附录 A 碾 压 试 验

A.1 试 验 目 的

A.1.1 核实坝料设计填筑标准的合理性。

A.1.2 确定达到设计填筑标准的压实方法，包括压实机械类型、机械参数、施工参数等。

A.1.3 研究填筑工艺。

A.2 压实机械的选择

A.2.1 坝料类别及特性。

A.2.2 各种坝料设计压实标准。

A.2.3 各种坝料的填筑强度。

A.2.4 气候条件。

A.2.5 机械修理及维修条件。

A.3 碾 压 试 验

A.3.1 压实参数和试验组合。

1 压实参数。压实参数包括机械参数和施工参数两大类。当压实设备型号选定后，机械参数已基本确定。施工参数有铺土(料)厚度、碾压遍数、行车速度、无黏性土和堆石的加水量、黏性土的含水率等。

2 试验组合。试验组合方法有经验确定法、循环法、淘汰法和综合法，一般多采用淘汰法。淘汰法又称逐步收敛法，此法每次只变动一个参数，固定其他参数，通过实验可依次求出每一个变动参数的适宜值。待各项参数选定后，用选定参数进行复核试

验。此种方法的优点是达到同等效果时的试验总数较少。

A.3.2 试验场地要求。

1 场地应平坦，地基坚实。

2 用试验料先在地基上铺压一层，压实到设计标准（若是黏性土，其含水率应控制在最优含水率附近），将这一层作为基层，然后在其上进行碾压试验。

3 试验区面积：

1) 黏性土每个试验组合不小于 $6\text{m} \times 8\text{m}$ （宽 \times 长，下同）。

2) 砾石土、砂及砂砾石每个试验组合不小于 $6\text{m} \times 12\text{m}$ 。

3) 卵漂石、堆石料每个试验组合不小于 $6\text{m} \times 15\text{m}$ 。

4 试验铺土（料）要求：由于碾压时会产生侧向挤压，因此试验区的两侧（垂直于行车方向）应留出一个碾宽。顺碾压方向的两端应留出 $4\text{m} \sim 5\text{m}$ （对碾压黏土而言）或 $8\text{m} \sim 10\text{m}$ （对碾压堆石料而言）宽度作为非试验区，以满足停车和错车需要。

A.3.3 场地布置。

一般试验可完成几个或十几个组合试验。淘汰法，每次只变动一个参数，一般一次试验布置 4 个组合试验；部分循环法，一次试验可以同时有两个或两个以上参数变动，一般一次试验布置 $8 \sim 12$ 个组合试验。

图 A.3.3 是两种方法的碾压场地布置，可供参考。

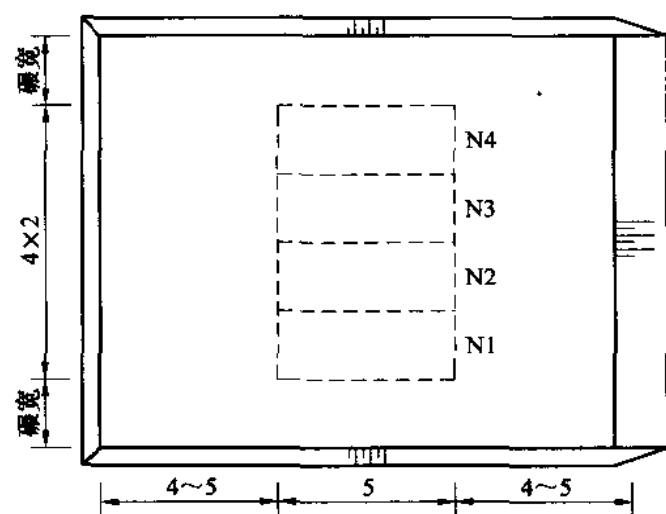
A.4 现场描述与试验

A.4.1 现场描述。

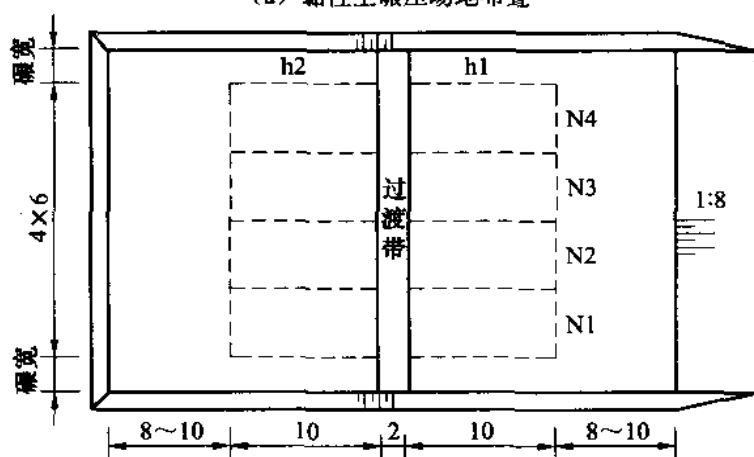
1 记录使用的运输设备、卸料方式及铺料方法。

2 对黏性土应观察振动凸块碾的工作状况、气胎碾车辙深度，有无黏碾、弹簧土、涌土、表面龟裂现象及压实后有无剪切破坏现象。

3 对黏性土应检查上、下压实土层的结合情况。



(a) 黏性土碾压场地布置



(b) 堆石料碾压场地布置

图 A.3.3 碾压场地布置 (m)

- 4 对于堆石料，应观察表面石料压碎及堆石架空情况。
- 5 各种料物应记录碾压前后的实际土层厚度。

A.4.2 试验。

1 测定每一组合压实后的干密度、含水率及颗粒级配，检查方法按 DL/T 5355 有关规定和本标准 10.1.6 的规定执行。

2 取样数量：

- 1) 黏性土每一组合取样 10 个~15 个。

- 2) 砾石土每一组合取样 10 个~15 个。
- 3) 砂和砂砾料每一组合取样 6 个~8 个。
- 4) 堆石料每一组合取样不少于 3 个,当测定沉降量时,测点布置方格网点距 1.0m~1.5m。

A.5 成 果 整 理

A.5.1 试验完成后,应将试验资料进行系统整理分析,绘制成果图标,编写试验报告。

1 黏性土应绘制不同铺土厚度时的干密度(ρ_d)与碾压遍数(N)关系曲线,及不同铺土厚度、不同碾压遍数时的干密度(ρ_d)与含水率(ω)关系曲线。

2 砾质土(包括掺合土)除按黏性土绘制相关曲线外,还应绘制砾石(>5mm)含量与干密度(ρ_d)关系曲线。

3 无黏性土及堆石料应绘制不同铺料厚度时的干密度(ρ_d)与碾压遍数(N)关系曲线,及沉降量(Δh)与碾压遍数(N)关系曲线。

4 绘制最优参数(包括复核试验结果)情况下的干密度(ρ_d)、压实度(R_c)、孔隙率(n)的频率分配曲线与雷吉频率曲线。

A.5.2 根据以上成果,结合工程的具体条件,确定各种坝料的施工碾压参数和填筑标准。在试验报告中应提出以下结论:

- 1 设计标准的合理性。
- 2 与各种坝料相适应的压实机械和参数。
- 3 各种坝料填筑干密度的控制范围。
- 4 提出达到设计标准的施工参数,如铺土(料)厚度、碾压遍数、行车速度、错车方式、黏性土含水率及无黏性土堆石料的加水量等。
- 5 上、下土层的结合情况及其处理措施。
- 6 其他施工措施与施工方法,如铺土、平土、刨毛等。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准（规范、规程）条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 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”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 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”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- DL/T 5110 水电水利工程模板施工规范
- DL/T 5114 水电水利工程施工导流设计导则
- DL/T 5129 碾压式土石坝施工规范
- DL/T 5135 水电水利工程爆破施工技术规范
- DL/T 5144 水工混凝土施工规范
- DL/T 5169 水工混凝土钢筋施工规范
- DL/T 5173 水电水利工程施工测量规范
- DL 5180 水电枢纽工程等级划分及设计安全标准
- DL/T 5259 土石坝安全监测技术规范
- DL/T 5330 水工混凝土配合比设计规程
- DL/T 5355 水电水利工程土工试验规程
- DL/T 5356 水电水利工程粗粒土试验规程
- DL/T 5388 水电水利工程天然建筑材料勘察规程
- DL/T 5395 碾压式土石坝设计规范
- DL/T 5397 水电工程施工组织设计规范
- DL/T 5400 水工建筑物滑动模板施工技术规范

中华人民共和国电力行业标准

水电水利工程砾石土心墙堆石坝
施 工 规 范

DL/T 5269—2012

条 文 说 明

目 次

1	总则	38
3	导流与度汛	39
3.1	一般规定	39
3.2	导流	39
3.3	截流	42
3.4	度汛	42
4	料场规划与复查	43
4.2	料场规划	43
4.3	料场复查	43
5	坝基开挖与处理	44
6	砾石土心墙料	45
6.1	施工试验	45
6.2	心墙料开采	45
6.3	心墙料制备	45
6.4	堆存与运输	46
7	反滤料及堆石料	47
7.1	施工试验	47
7.2	开采	47
7.3	加工	47
7.4	堆存与运输	48
8	坝体填筑	49
8.2	填筑	49
8.3	结合部位处理	50
8.4	雨季填筑	51
8.5	负温条件下填筑	51

9	廊道、盖板、垫座及防浪墙混凝土施工	52
10	施工质量控制	53
10.1	一般规定	53
10.2	检测方法	53
10.3	料场质量控制	53
10.4	坝体质量控制	53

1 总 则

1.0.2 本标准关于高、中、低坝的划分参照 DL/T 5395 中相关标准执行。

1.0.8 本标准与 DL/T 5129 配套使用，其使用的范围也一致。砾石土心墙堆石坝的施工除应符合本标准和 DL/T 5129 外，还需符合现行国家和行业标准的规定。

3. 导流与度汛

3.1 一般规定

3.1.1 上游围堰仅拦挡枯水期流量，截流后第一个汛期即以坝体临时挡水度汛，其初期导流可采用枯水期相应重现期的流量为洪水标准，这不仅减少了围堰工程量，而且有利于延长抢筑大坝拦洪度汛断面的有效工期，是土石坝施工的常规做法。

3.1.2 主要针对堆石坝常用的土石围堰，对于受地形限制、空间比较狭窄情况下使用的混凝土围堰、碾压混凝土围堰应执行相关规定。

3.1.3 应急预案是对施工期间可能遭遇的非常洪水，围堰、大坝或泄洪设施的技术状况恶化等，使工程安全受到威胁时所应采取的紧急处理措施，包括应急组织机构与职责、信息监测报告、预警级别及发布、应急响应、损失降低及后期处置、保障措施、宣传培训及演练等。

3.2 导流

3.2.1 隧洞（涵管）导流、一次断流是土石坝施工最常用的导流方式。仅在宽河谷、大流量及坝高不大的情况下，可考虑河床分期导流的方式，但实际使用较少。一般对高土石坝不宜选用分期导流方案，这是由于分期导流施工将使左、右岸坝体施工时间不同，填筑的高差较大，待坝建成后，坝体的密实程度不一致，易于产生坝体不均匀变形。采用隧洞或涵管导流时，过水前要将上游可能被冲走的临时排架、电杆等一律拆除，防止被木料、冰凌等漂浮物堵塞；有散放木材要求的要有专门设计。

为借鉴已有工程经验，将部分心墙堆石坝工程导流度汛方式及标准列入表 1，供参考。

表1 部分心墙堆石坝工程导流度汛方式及标准

序号	坝名	坝的级别	坝高(m)	坝体体积($\times 10^4 \text{m}^3$)	导流方式	围堰		导流工程级别	施工期度汛标准(重现期)(年)				截流、拦洪、竣工时间(年·月)	临时断面形式
						堰型	高度		初期导流	截流后第一汛期	截流后第二汛期	截流后第三汛期		
1	碧口	II	101.8	397	隧洞	土石围堰与坝结合	—	IV		14年实测最大值	20设50校	50设100校	1971.3~1976.12	上游坝体
2	石头河	II	114	835	隧洞+分期	土石	6	IV	20	50	100	—	1976.9~1977.7~1981.5	中部坝体
3	升钟	II	79	350	临时涵管+隧洞	一期过水土石围堰与坝结合	49.5	III	枯10	堰面过流	100	300	1977.11~1983	与坝体结合的上游洪水围堰
4	鲁布革	I	103.8	396	隧洞	风化料斜墙堆石	47	III	20	20	50	100	1985.11~1986.7~1988	上游坝体
5	小浪底	I	154	4900	分期+隧洞	土石	57	III	枯20	100	300	1000	1997.10~1998.6~2001.7	上游及中部坝体

续表 1

序号	坝名	坝的级别	坝高(m)	坝体体积($\times 10^4 \text{m}^3$)	导流方式	围堰		导流工程级别	施工期度汛标准(重现期)(年)				截流、拦洪、竣工时间(年·月)	临时断面形式
						堰型	高度		初期导流	截流后第一汛期	截流后第二汛期	截流后第三汛期		
6	黑河	I	130	820	隧洞	面板堆石	54.5	IV	枯 10	20	100	200	1998.11~1999.6~2001.12	上游坝体
7	水牛家	I	108	435	隧洞	土石	23.7	IV	枯 20	20	50	—	2003.12~2007.11	上游坝体
8	磬硐	I	125.5	660	隧洞	土石	—	—	—	—	—	—	—	上游坝体
9	瀑布沟	I	186	2237	隧洞	土石	54.5 (50)	III	30	50	100	500	2005.11~	上游坝体
10	糯扎渡	I	261.5	3352	隧洞	土石	96.0	III		—	—	—	2007.11~	上游坝体
11	毛尔盖	I	147	958	隧洞	土石	41.0	IV	20	20	100	200	2008.11~2009.5	上游坝体
12	恰甫其海	I	108	336	隧洞	土石沥青混凝土心墙	49.0	IV	20	—	—	—	2002.10~2005.4	—

3.2.3 升钟水库采用第一枯水期涵管过水，修筑与坝体结合的土石围堰和进行坝基基础处理，汛期由涵管结合土石围堰过流联合度汛，第二个枯水期由导流洞过流、围堰挡水，进行大坝填筑施工。

3.2.5 上游围堰作为坝体的一部分或下游围堰与坝体结合做抛石围堰，以及导流洞改建为永久泄洪洞已应用于许多工程。现许多大型心墙堆石坝工程都采用此种形式设计，如瀑布沟、糯扎渡、毛尔盖、硃砂等水电站工程。

3.2.6 在围堰地基范围内，要避免任意堆放弃渣，应重视和做好围堰地基清理，保证填筑质量，冬季施工时尤须引起注意。

3.3 截 流

3.3.2 截流时的水流流量、流速、落差及河床冲刷性能、地形、施工条件等与水利模型试验时的边界条件有可能出现较大的变化，截流前应进行核对，并对截流方案进行适当调整。

3.4 度 汛

3.4.1 度汛技术措施包括度汛标准论证、大坝及泄洪建筑物的鉴定、库区及下游度汛安排、水库调度、非常泄洪措施、紧急情况处置、防汛组织、水文气象预报、通信、道路及防汛器材准备等。

3.4.2 硃砂水电站、毛尔盖水电站、糯扎渡水电站二汛均采用临时断面度汛，利用已填筑形成，并已达到度汛标准高程的坝体挡水。

3.4.3 导流洞堵头是重要的永久建筑物，封堵施工要进行施工组织设计，对封堵时间、封堵方案、施工质量进行安排。

4 料场规划与复查

4.2 料场规划

4.2.4 施工前对料场实际可开采的总量进行规划时,应考虑料场调查精度、天然密度与坝面压实密度的差值,以及开挖堆存与运输、雨后坝面清理、坝面返工及削坡等损失。其与坝体填筑数量的比例一般为:砾石土料 2.0~2.5;砂砾料 1.5~2.0;水下砂砾料 2.0~2.5;石料 1.2~1.5;天然反滤料应根据筛取的有效放量确定,但不宜小于 3.0。

硃碛水电站砾石土心墙坝的坝料比例为: 1:2.48。

毛尔盖水电站砾石土心墙坝的坝料比例为: 1:2.3。

4.2.6 砾石土料堆存试验宜采用分层铺筑的堆存方式进行。

4.3 料场复查

4.3.3 料场复查应考虑汛期水位变化对可开采料的影响。

4.3.7 料场复查所述的内容包含但不包括全部,施工单位在进场后应根据实际施工需求增加相应的复查内容。

料场在开采情况下引发地质滑坡、泥石流等自然地质灾害的可能性调查和分析。由于料场选择的不恰当或者未做深入的调查,有可能在料场开采时或开采完成后引发相应的地质灾害,料场复查时应对此足够重视,并进行足够的调查研究和分析。

料场复查完成后,应根据复查后得出的料物特性、相关工程的施工经验初步拟定施工机械的型号(包括相关参数),并以此作为施工试验的机械设备。本次设备的选型与施工试验设备投入密切相关,同时还与后期主体工程施工的机械设备配置密切相关,应予以重视。

5 坝基开挖与处理

5.0.5 除心墙区之外的岸坡可跟随填筑面的上升而及时进行开挖。其开挖的主要项目包括表层作物、腐殖土、松动石块等，并要保证岸坡的稳定和基本平顺，开挖结束后需将填筑面上散落的渣料清理干净。一般情况下，开挖面与填筑面直接的高差保持在3m~5m之间为宜。

6 砾石土心墙料

6.1 施 工 试 验

6.1.2 本条明确砾石土料必须要做的试验项目，其他试验项目根据监理工程师、设计单位的要求另行增加。

6.1.5 爆破试验和碾压试验的同步进行具有准确性、及时性的特点，并可及时调整料场开采的施工参数和碾压参数，试验工期显著缩短。

6.2 心 墙 料 开 采

6.2.1 砾石土料开采工艺主要包括平采、立采、混合开采三种方式。砾石土料含水率调整工艺主要包括翻晒、料场内加水、加工场内加水及坝面加水四种方式。试验时首先需充分调查和了解料场的基本情况，然后再对料场进行分区域规划和试验，最后确定各区域的开采工艺。

平面开采适用于料源级配分布较均匀的料场，其开采掌子面高度应为设备一次性可开挖的高度。

立面开采适用于料源级配沿高度方向分布不均匀的料场，其开采掌子面高度应大于设备一次性可开挖的高度。设备可边开采、边混合各层土料，使其达到相对均匀。

6.3 心 墙 料 制 备

6.3.1 当天然心墙料不能满足填筑要求时，需要进行掺配。

6.3.2 掺合料的粒径及岩石类别要求以设计要求为准，施工单位实施中严格遵照执行。

6.3.3 掺砾料在掺合前必须保证表层润湿，使得砾料和土料能充分混合。摊铺时，第一层为砾料，以明显区分土基和掺合料。

6.3.5 从施工设备的性能方面考虑，掺合料堆高不宜超过 5m，若有适宜的施工设备，相应更改堆料高度。

6.4 堆 存 与 运 输

6.4.1 堆存场地的面积与堆存料总量有直接关系，其最大堆存量必须满足大坝填筑高峰强度的要求。由于掺合料的含水率及掺合情况很容易受外界条件的干扰而降低掺合料的质量，因此须采取有效措施予以保证。

6.4.3 由于料场储料质量的不均匀性，施工单位试验前，需对料场全区域进行系统的调查和研究，明确具有代表性土料的区域，并在此基础上进行碾压试验。在后续施工中，再在此碾压试验结果的基础上进行其他部位合格料的碾压试验，及时调整施工参数，保证施工质量。

7 反滤料及堆石料

7.1 施 工 试 验

7.1.3 相对密度试验有室内振动台法、表面振动器法、现场使用碾压机具和用原型级配料的“密度桶法”。这些方法各有特点，可根据实际情况选择使用。或两种方法对比分析，择优合理使用。

7.1.4 爆破料的级配试验、取样位置和取样数量对试验结果影响较大。应选择有代表性的位置取样，取样数量为 50t~100t。

7.2 开 采

7.2.1 必须是合格料方可上坝，所有填筑料都必须在上坝前制备完成并合格。坝料开采应在料场进行质量控制，用目测、手试的方法避开含泥量大或含杂质等不合格的坝料装车上坝。

7.2.4 立面开采用于不同高度级配分散的料场，开采掌子面高度较大，设备位于开采底面，边开采边混合各层土料，使其相对均匀。平面开采时开采设备在掌子面上，一次开挖高度或深度内开采，用于土质均匀的料场。

7.2.6 河床砂卵石料场有坝料随着深度的增加而变粗的现象，开采的掌子面深度对坝料的级配影响较大，开采时应保证坝料级配符合设计要求。

7.3 加 工

7.3.1 各类坝料尽可能做到直接上坝，只有在不能满足设计要求的情况下，经过技术经济比较后，才确定是否进行坝料加工。

7.4 堆 存 与 运 输

7.4.1 成品反滤料宜堆存在防雨棚内或单独规划的场地内，防止出现污染。寒冷的区域还应增设防冻篷布等，防止反滤料表层冻结。另外应采取现场维护等措施，防止雨水冲刷造成反滤料级配不均匀。若反滤料堆存时间过长，容易造成表层含水率损失，使质量不符合要求。挖装前，需进行含水率检测；挖装时，将其进行充分混合或加水至设计含水率，保证反滤料的质量。

8 坝 体 填 筑

8.2 填 筑

8.2.2 坝体填筑时，对特殊部位的碾压只能垂直于坝轴线方向进行。特殊部位是指心墙两岸高塑性黏土区和部分仪器保护区及小边角地带。

8.2.4 本条规定在特殊部位的填筑速度应按照设计要求进行，防止过快填筑而留下不均匀沉降的隐患。

8.2.7 分段碾压时，相邻两段交接带碾压应彼此搭接。垂直碾压方向指同一区内，两次碾压彼此的侧向搭接。

1 在硃砂大坝中垂直碾压方向搭接带宽度为 0.2m；顺碾压方向搭接带宽度应为 2m。

2 在糯扎渡大坝中垂直碾压方向搭接带宽度为 0.3m；顺碾压方向搭接带宽度应为 1.8m。

3 在瀑布沟大坝中垂直碾压方向搭接带宽度应为 0.2m；顺碾压方向搭接带宽度应为 1.5m。

8.2.12 反滤料填筑还有“土砂交替法”。日本岩屋坝采用了此施工方法，其填筑顺序见图 1。由于本施工方法在国内尚未使用，本规程仅提出，为今后国内土石坝施工提供参考。

8.2.13 反滤料的铺筑宽度主要取决于施工机械性能。为保证反滤料的整体性，在坝体填筑过程中，不允许在反滤层内设置纵缝。

反滤层的横向接坡，本条强调必须清至合格后，反滤层次清楚，不得发生层间错位和减少其有效宽度，更不得中断和混杂。

8.2.15 大坝坝体填筑时，骑缝碾压跨过界面硃砂水电站为 0.8m，糯扎渡水电站为 0.5m。

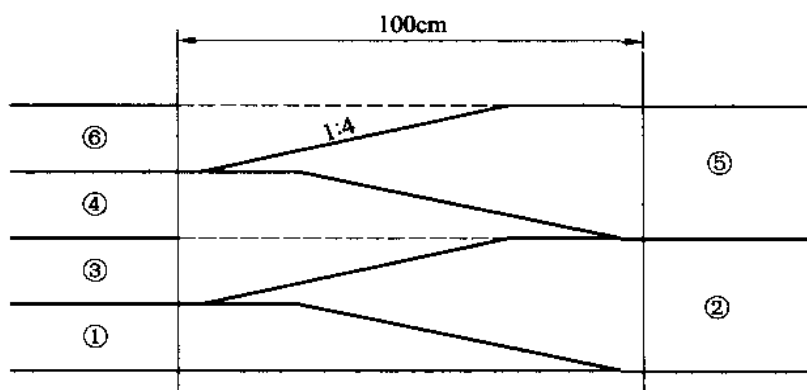


图1 土砂交替法（日本岩屋坝）

8.2.17 车辆穿越心墙区试验必须充分模拟现场施工时的工况，严格记录试验过程中所有细节，严格按照相关试验规范的要求进行。

8.2.18 车辆穿越心墙区的路口处是心墙区的薄弱环节，在施工中一定按照要求进行，且对此部位加强试验检测，保证心墙区填筑质量。

8.2.19 心墙穿越区布置双车道有利于施工进度的提高，车辆行驶速度不大于 5km/h。

8.2.20 护坡宜与坝体填筑平行施工，护坡块石宜选取大块石，采用机械整坡、堆码或人工干砌，块石间应嵌合牢固。其施工中应注意：

1 护坡块石必须选用质地坚硬、不易风化的石料，其抗水性、抗冻性，尤其是几何尺寸应符合设计要求；下游草皮护坡应选用易生根、能蔓延、耐旱草类，不得使用易生白蚁的白毛根草。

2 护坡下垫层厚度和级配应符合设计要求，护坡铺砌时，不得损坏垫层。

3 护坡块石宜从坝壳料中选择符合设计要求的石料，宜采用机械修坡、堆码、整坡的方式护砌，应与坝体填筑同步施工。

8.3 结合部位处理

8.3.1 对于坝基防渗墙、廊道周围的高塑性土料回填，需先清除

表面的污物，再分层涂刷黏土浆。黏土浆的制备宜采用机械搅拌。在施工中一定要妥善处理，否则将形成渗漏通道，影响大坝施工安全。

截水槽回填必须在截水槽基础符合设计要求，经监理工程师验收后方可回填。截水槽土料回填质量的好坏主要取决于基础渗水处理。填土必须始终在干燥状态下进行，回填土料应从低洼处开始，可用轻型压实机具压实，待压实土体厚度超过 0.5m 时，方可采用选定的压实机具和碾压参数薄层压实。截水槽两侧若设置反滤料，则土料和反滤料必须平起施工。

8.3.2 目前国内外关于以下概念有些差别，贴坡混凝土位于心墙坝肩斜坡，垫层混凝土位于岩石坝基上。

8.3.3 铺盖与坝内防渗体连接的部分应与防渗体同时填筑，铺盖填筑厚度、长度及干密度应符合设计要求，不允许在铺盖上挖坑、打桩、埋设电杆等削弱和损坏防渗体系的做法。

8.4 雨 季 填 筑

8.4.8 各工程黏土料的含水率差异较大。硃砂电站上坝土料最优含水率为 7%~12%。

8.4.9 各地土料和气候条件差异较大，硃砂大坝在预报日降雨量大于 20mm、小时降雨强度大于 5mm 时停止填筑，进行防雨保护；糯扎渡属于热带雨林气候，预报降雨或发现可能降雨云层即停止填筑。毛尔盖大坝预报日降雨量大于 15mm、小时降雨强度大于 5mm 时停止填筑。

8.5 负温条件下填筑

8.5.2 硃砂大坝土料在 -8℃ 时出现微小冰晶，-5℃ 时停止上料，碾压选择在 -1℃ 以上进行；毛尔盖大坝土料在 -11℃ 时出现微小冰晶，-8℃ 时停止上料，碾压选择在 -1℃ 以上进行。

9 廊道、盖板、垫座及防浪墙混凝土施工

9.0.8 经验表明,环境温度和湿度对于混凝土的抗裂有较大影响。在气温较高、温差变幅较大、空气干燥、风速较强的条件下浇筑的混凝土容易产生裂缝,应尽量避免在不利环境条件下进行混凝土施工,或采取保护措施以减轻不利影响。

9.0.9 插入防渗体内的现浇混凝土防渗齿墙与水下浇筑的墙体要结合良好,混凝土防渗墙体的缺陷必须清除,并进行混凝土补填处理。

9.0.17 养护对混凝土的防裂有重要作用。混凝土出模后,表面应及时覆盖或遮盖,并洒水养护,以达到保温、保湿的目的。严寒、干旱地区的混凝土要做好过冬防护。

10 施工质量控制

10.1 一般规定

10.1.1~10.1.3 根据国家和行业的有关规定,进一步明确质量管理体系和有关标准要求,同时突出了质量检查记录的重要性。

10.1.5 明确质量问题和质量事故的处理程序和方法,处理结果应保存完好,作为质量控制过程的原始记录。

10.2 检测方法

10.2.1~10.2.2 坝体填筑质量由碾压参数决定。通过细致、大量的室内试验和现场碾压试验,确定最优的碾压参数,在施工中严格控制,可保证坝体填筑质量和实现坝体快速填筑的要求。近年传感、监控、传输设备在施工机械中的应用,加强了质量控制的准确性和及时性。采用新的质量控制和检测方法时,必须保证其稳定性、准确性、精度满足相应的要求,且应与传统方法结合使用。

10.3 料场质量控制

10.3.1 上坝料应在料场或采挖地予以控制,做到不合格的坝料不上坝。必须设置料场质量控制站,以确保料场质量得到控制。

10.3.3 各种料在料场以目测方法进行鉴别,但必须按规定的方法、频次、数量取样进行验证试验,只有经验证合格的坝料方能直接上坝施工,其取样标准可参照 10.4.6 的规定。

10.4 坝体质量控制

10.4.2 压实堆石干密度的大小与碾重、铺料厚度、碾压遍数、碾

的激振力、行车速度和加水量等施工参数有关，故本条规定，堆石料的填筑要注意控制通过碾压试验确定的碾压参数。

10.4.8 土层发生剪切破坏后，不但影响该部位土体的抗剪强度，而且将影响防渗体的防渗性能，因此对进入心墙填筑面的路口应重点监控，并采取必要措施。

10.4.9 压实土层的密度分布规律是上部大、下部小。若压实土层下部的密度合格，则整个压实土层的密度一定合格，而压实土层上部的密度若合格，其土层下部的密度不一定合格，所以用环刀法检查土层压实质量时应在其下部取样。

10.4.13 负温下施工是指当天最低气温不低于 -10°C ，或在 0°C 以下但风速不大于 10m/s ，碾压时土料温度高于 1°C 时的施工。



155123.856

上架建议：规程规范/
水利水电工程/水利水电施工

统一书号：155123·856

定 价： 17.00 元