

DB43

ICS 93.160
CCS P 55

DB43/T 3191—2025

湖 南 省 地 方 标 准

DB43/T 3191—2025

水利水电工程脉动灌浆技术规范

Technical specification for pulse pressure grouting of water and
hydropower projects

2025-02-27 发布

2025-05-27 实施

湖南省市场监督管理局 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
5 试验	2
6 设计	3
6.1 一般规定	3
6.2 防渗工程	4
6.3 加固工程	5
7 施工	5
7.1 一般规定	5
7.2 设备与机具	6
7.3 灌浆材料及浆液配置	7
7.4 防渗工程	7
7.5 加固工程	8
7.6 特殊情况处理	8
8 质量检查	8
8.1 一般规定	8
8.2 防渗工程	9
8.3 加固工程	9
9 资料整编	9
附录 A	11
表 A.1 单孔脉动灌浆施工记录表	11
表 A.2 脉动灌浆成果汇总表	12
附录 B	13
表 B.1 脉动灌浆材料配制工序质量评定表	13
表 B.2 脉动灌浆单元工程质量评定表	13

前　　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由湖南省水利厅提出并归口。

本文件起草单位：中交宏禹（湖南）水利工程有限公司、湖南中南水电水利工程建设有限公司、长沙理工大学、湖南省水利水电勘测设计规划研究总院有限公司、广西大藤峡水利枢纽开发有限责任公司、中国水利水电第八工程局有限公司、湖南水利水电职业技术学院、湖南宏禹高新科技发展有限公司、湖南省水务规划设计院有限公司、中化学生态水利建设有限公司、湖南水利水电工程监理有限公司、湖南博旺水电建设有限公司、湖南省大宇水电建设工程有限公司。

本文件主要起草人：彭春雷、张贵金、张宗刚、罗亮明、邓森、谈峰玲、蒋买勇、彭博文、王崇宇、郑学辉、周卫敏、余丽姣、谈聪、杨东升、黄晓倩、李永丰、谢济安、丁剑波、胡鹏程、张拥军、蒋发芝、李金友、欧先平、赵艳、李勋龙、贺世开、宓亮、龙永平、申艳明、陶浩娴、秦红亮、张松涛、赵立军、韩少武、谢顺胜、张俊、李毅、刘军。

本文件为首次发布。

水利水电工程脉动灌浆技术规范

1 范围

本文件规定了水利水电工程脉动灌浆试验、设计、施工、质量检查、资料整编的要求。本文件适用于人工填土、覆盖层、全强风化带、断层破碎带、充填型岩溶等地层进行防渗与加固处理的工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 20973 膨润土

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

DL/T 5823 水工建筑物水泥基灌浆材料试验规程

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准

JGJ 63 混凝土用水标准

SL/T 62 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范

SL 633 水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准—地基处理与基础工程

DB 43/T 2182 中小型病险水库大坝防渗技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

脉动灌浆 pulse pressure grouting

采用较高的脉动峰值灌浆压力，针对地层的各向异性，通过调节压力幅度、变动频率使低流动性浆液在注入量可控条件下沿受灌地层孔周不同方向反复劈裂、渗透、压密并形成一定范围防渗和加固复合体的灌浆方法。

3.2

低流动度膏浆 grouting paste

平板流动度小于 110 mm 的粘稠状塑性浆液。

3.3

低坍落度浆材 low slump plastic pastes

由水泥、土、砂、粒径小于 10 mm 的骨料、填料、水等组分，拌制成的坍落度不大于 100 mm 的注浆材料。

3.4

预制泥浆 prefabricated mud

黏土材料经机械设备破碎、筛分并水化后形成比重大于 1.15 的悬浊液。

3. 5**破碎土粉 broken soil**

由原状黏性土经翻晒、破碎、筛分后得到的粒径小于 5 mm 的细粒土。

3. 6**脉动灌浆压力 pulse pressure**

指进浆管灌浆孔口处测得的最大灌浆峰值压力。

4 基本规定

4. 1 应根据工程要求、地质和施工条件，遵从安全、环保、可靠、先进、经济合理的原则进行脉动灌浆技术设计和施工。

4. 2 脉动灌浆设计前应收集地质勘察资料或进行专门地质勘察工作，查明工程水文地质条件、地下建筑物结构及其周边环境等，并进行技术方案论证与比选。

4. 3 中型以上水工建（构）筑物、地质条件复杂或对灌浆有特殊要求的工程，宜先进行脉动灌浆试验，论证并确定设计方案和相关工艺参数。

4. 4 脉动灌浆材料宜采用低流动度膏浆或低坍落度浆材，可由水、胶凝材料、膨润土、破碎土粉、预制泥浆、砂、细石等组成。应根据灌浆目的、材料来源等通过室内试验确定制浆原材料、浆液配合比及相应性能。

4. 5 对需要采取强夯、振动加密、置换等多种措施综合处理的覆盖层地基，脉动灌浆应在其他处理措施实施后进行。

4. 6 临近边坡、上部有建筑物或对需要严格控制抬动、变形位移的工程部位，应安装变形监测设施，并按设计要求进行监测。

4. 7 施工前应进行生产性试验，验证设计阶段初拟的各项参数指标，并根据试验成果确定施工工艺参数。

4. 8 应根据工程地质条件、灌浆目的和灌浆实施情况，及时动态调整、优化脉动灌浆材料与工艺参数。

4. 9 施工过程中及完成后，应根据设计要求进行质量检查；脉动灌浆试验、设计、施工和质量检查，除应满足本文件的要求外，还应符合 SL/T 62 及其他相关规范的规定。

5 试验

5. 1 试验前应先进行现场查勘，收集有关工程设计、地质勘察及类似工程的相关资料，拟定包括钻孔排数、孔排距、工艺参数、浆液材料、试验组数等的试验方案。

5. 2 灌浆试验目的宜符合下列要求：

- a) 验证钻孔、灌浆工艺的可行性；
- b) 验证灌浆参数的合理性；
- c) 确定适宜的施工设备、合适的灌浆材料和浆液配合比；
- d) 确定灌浆孔布置方式；
- e) 确定灌浆质量检测方法；
- f) 为工程投资预算提供依据。

5. 3 浆液室内试验宜按 DL/T 5823 的规定进行，并根据工程需要和设计要求选择下列性能参数进行测试：

- a) 流动度或坍落度、粘度等流变参数；
- b) 比重、析水率、沉降稳定性等；
- c) 初凝时间、终凝时间、时变性能；

d) 浆液结石体的密度、渗透系数、抗压强度、抗折强度、弹性模量等。

5.4 试验场地地层应具有代表性。施工阶段生产性试验可结合工程施工进行，当不同部位的工程地质条件差异性较大或灌浆目的差异较大时，应分区进行试验。在工程建设部位进行的生产性试验，不应进行破坏性试验测试。

5.5 试验前宜通过先导孔复核试验场地的水文地质与工程地质条件；发生变化时，应对灌浆试验参数、材料及浆液性能进行调整。先导孔的数量宜根据地质条件复杂程度和已有地质钻孔数量确定，可与物探测试孔结合布置。

5.6 应根据工程要求、设计标准及地质条件综合确定灌浆试验孔布置，并符合下列规定：

a) 用于防渗目的的试验孔布置，应符合下列规定：

- 1) 在地质条件复杂、标准要求高的工程中，宜采用多排孔布置。多排孔可按“等腰三角形”或“梅花形”布置，双排灌浆孔不宜少于5个，三排灌浆孔不宜少于8个，不同试验组的相邻边孔可共用，孔距可为1.0 m~2.5 m，排距可为0.8 m~2.0 m；
- 2) 单排孔宜布置在同一轴线上，每组试验孔数不宜少于3个，孔距可为1.0 m~2.5 m。
- b) 用于加固目的的试验孔布置，可采用“矩形”或“菱形”布置，孔（排）距可为0.5 m~2.0 m，每个试验组孔数不宜少于4个；
 - c) 每个试验组不宜少于1个检查测试孔和1个抬动观测孔，相邻试验组可共用抬动观测孔；
 - d) 防渗试验检查孔宜采用注水试验结合取芯检查，加固试验检查可采用静载、触探、物探结合取样室内试验、注水试验检查。

5.7 灌浆试验施工组织设计，宜包括下列内容：

- a) 地质条件、灌浆目的、标准和要求；
- b) 试验场地及施工布置、进度安排；
- c) 灌浆方法及工艺技术要求；
- d) 材料、性能测试及供应；
- e) 施工设备及人员组织；
- g) 质量、安全与环保措施。

5.8 试验过程中应完整记录试验数据，包括泵出口压力、孔口脉动灌浆压力、泵送频率、单位灌入量、配合比、浆液性能等。

5.9 试验完成后，应及时分析与总结，形成试验成果并编制灌浆试验报告。报告内容宜包括试验施工记录、灌浆成果资料、检验测试资料及成果的分析、评价与建议等。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 脉动灌浆设计应收集下列资料并进行技术方案比选：

- a) 场地内岩土工程勘察报告；
- b) 周边既有地上、地下建（构）筑物状况，项目相关地质、设计和施工等文件；
- c) 工程注浆目的及处理后拟要求达到的各项技术指标；
- d) 其他相关资料。

6.1.2 脉动灌浆设计内容宜满足下列要求：

- a) 方案设计说明及布置图；
- b) 工程注浆目的及处理后拟要求达到的各项技术指标；
- c) 灌浆材料及推荐配合比；

- d) 钻孔工艺要求;
- e) 灌浆工艺参数要求和灌浆结束标准;
- f) 钻孔、制浆、灌浆主要设备参数与技术要求;
- g) 质量检查标准及方法;
- h) 主要工程量及费用概算。

6.1.3 灌浆处理地层的上覆盖层厚度宜大于 3.0 m 或竖向及侧向抗力大于 45 kPa。

6.1.4 脉动灌浆施工前对灌浆管与钻孔孔壁之间的环状间隙应采用塑性浆体材料或其他材料封填，灌入充填材料强度不应大于 1.5 MPa，在无间隙条件下，再采用脉动灌浆工艺自下而上、段长 0.3 m ~ 1.0 m，逐段提升灌浆。

6.1.5 脉动灌浆原材料应符合下列规定：

- a) 水：应符合 JGJ 63 的规定；
- b) 水泥：应符合 GB 175 的规定，当有抗侵蚀或其他要求时，应使用相应的特种水泥；
- c) 黏土：黏粒含量宜大于 20%，有机质含量宜不大于 2%；
- d) 膨润土：应符合 GB/T 20973 的规定；
- e) 外加剂：应符合 GB 50119 的规定；
- f) 粉煤灰：应符合 GB/T 1596 的规定；
- g) 砂、石：应符合 JGJ 52 的规定。

6.1.6 对充填型溶洞或溶蚀裂隙地层的处理施工顺序，宜为先充填低坍落度浆材，再用脉动灌浆挤压压密，最后根据需要采用常规灌浆方法进行补强。

6.2 防渗工程

6.2.1 应结合工程要求、地质特点、渗漏成因、渗透破坏条件等确定灌浆范围和防渗标准，脉动灌浆帷幕渗透系数不宜小于 5.0×10^{-5} cm/s，允许渗透比降可为 10~15；当防渗设计要求渗透系数小于 5.0×10^{-5} cm/s 时，可通过加密孔距、增加排数或采用其它措施，经试验验证后确定。

6.2.2 防渗工程灌浆浆液宜采用低流动度膏浆或低坍落度浆材，浆液性能应根据地层条件、孔排距等因素通过试验或参考类似工程确定，并宜符合下列规定：

- a) 低流动度膏浆其固相材料中土的掺量宜为 40%~80%，胶凝材料的掺量宜为 20%~60%；
- b) 结石体 28 天抗压强度不宜大于 5.0 MPa；
- c) 填型岩溶或饱和的软塑土地层宜采用低坍落度浆材；
- d) 在遇动水或有特殊要求时，可添加水下抗分散剂、复合膏浆外加剂、速凝剂或其他外加剂。

6.2.3 脉动灌浆孔排距应根据工程目的、质量标准、地层情况和工艺参数，通过现场试验或工程类比确定，孔距宜为 1.0 m~2.5 m，布置多排孔时，排距宜为 0.8 m~2.0 m。

6.2.4 防渗帷幕孔排数应根据防渗水头并考虑帷幕允许渗透比降确定，应符合下列规定：

- a) 防渗水头 < 30 m 时，宜为 1 排~2 排；
- b) $30 \text{ m} \leq \text{防渗水头} \leq 70 \text{ m}$ 时，宜为 2 排~3 排；
- c) 防渗水头 > 70 m 时，应进行专项试验论证。

6.2.5 防渗灌浆结束标准应根据地层密实性、孔间距、灌浆深度、浆液性能等通过现场试验或工程类比，采用最小终灌压力与最大单位灌入量或最小单位灌入量与最大终灌压力组合的双参数条件控制，且应符合下列规定：

- a) $5 \text{ m} \leq \text{灌浆深度} < 30 \text{ m}$ 或地层密实度较小时，后序孔灌段终灌峰值压力不宜小于 1.5 MPa，单位灌入量不宜小于 300 L/m；
- b) $30 \text{ m} \leq \text{灌浆深度} \leq 70 \text{ m}$ 或地层密实度较大时，后序孔灌段终灌峰值压力不宜小于 2.5 MPa，单位灌入量不宜小于 250 L/m。

c) 灌浆深度小于 5 m 或大于 70 m 及边坡位置，其结束标准应通过试验确定。

6.2.6 对黏粒含量较少的砂层及充填型岩溶等地层的脉动灌浆，应通过试验确定灌浆浆液、孔排距及工艺参数等。

6.2.7 坝体脉动灌浆帷幕顶部应高于校核洪水位，幕顶以上建筑物不能满足挡水要求或距离地表不足 5.0 m，或坝基帷幕顶部距地表不足 5.0 m 深度时，其防渗处理应符合下列规定：

- a) 采用脉动灌浆处理时，当灌段深度离地表面小于 5.0 m 后，可加密孔距并逐段减小终灌压力与单位注入量进行设计处理；
- b) 可采用预留空灌段并挖槽至已灌帷幕顶部，并进入幕体深度大于 0.5 m 后，回填黏土并夯实形成黏土墙设计处理；
- c) 如采用常规灌浆方法，可加密孔间距、排间距进行处理。

6.2.8 脉动灌浆防渗帷幕深度应进入相对不透水层 1.0 m~5.0 m 或与下部帷幕体相互搭接 1.0 m~5.0 m；采用悬挂帷幕时，帷幕深度应满足抗渗稳定和渗漏量要求。

6.2.9 隧洞、地下硐室防渗设计方案应根据地质条件、内外水压力、埋深、洞径等综合确定。灌浆布置及工艺参数应通过现场生产性试验验证。

6.2.10 脉动灌浆防渗帷幕与其他防渗体的搭接可按 DB43/T 2182 执行。

6.3 加固工程

6.3.1 采用脉动灌浆进行地基加固处理时，应满足承载力和变形控制要求，复合地基承载力特征值不宜高于 400kPa。

6.3.2 加固设计前应根据工程地基承载力和变形要求确定灌浆材料、孔距、排距、孔深、注浆量、注浆压力等参数。

6.3.3 灌浆加固范围不应小于建（构）筑物地基附加应力分布范围；可采用“矩形”或“菱形”布孔，孔间距可为 0.5 m~2.0 m，并应按先外围，后内部，再逐序加密方式设计。

6.3.4 灌浆孔宜采用铅直孔，当既有建（构）筑物或设备基础宽度较大时，可在基础下部设置倾斜灌浆孔。

6.3.5 应根据地基土压缩系数、孔隙率等地层条件及承载力要求，在室内配合比试验的基础之上，提供合适的灌浆浆液配合比及相应的物理、力学参数，浆液宜采用低坍落度浆材，并宜符合下列要求：

- a) 浆液初凝时间宜小于 3.0 小时；
- b) 坍落度宜小于 75 mm；
- c) 浆液结石体 28 天抗压强度宜大于 10.0 MPa。

6.3.6 加固工程灌浆可根据工程特点及地层条件逐序提高终灌压力，后序孔结束标准宜同时满足灌段终灌压力大于 1.5 MPa 及灌入量大于 200 L/m。

6.3.7 采用脉动灌浆加固既有建（构）筑物基础或边坡附近时，应根据变形控制要求进行抬动变形观测及变形控制。

6.3.8 离地表不足 5.0 m 深度或边坡附近的加固工程，其结束标准应通过试验确定。

6.3.9 脉动灌浆加固设计除应满足本文件的规定外，还应符合 GB 50007 的规定。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 施工前应根据设计要求、工程特点和现场条件编制施工组织设计或专项施工方案，宜包括施工现场布置、工期、技术要求、施工设备和材料、施工组织机构、质量安全和环保等内容。

7.1.2 灌浆施工前宜完成下列工作：

- a) 查勘施工现场，实施五通一平；
- b) 收集和了解灌浆区工程地质与水文地质条件；
- c) 探明灌浆场地的地下管线布置或建（构）筑物情况；
- d) 熟悉设计图纸与技术要求，完成设计交底；
- e) 生产性试验。

7.1.3 水、电、设备能力应满足施工高峰期需要，重要工程宜配置备用水源、电源及专用管线。

7.1.4 脉动灌浆前对有变形控制要求的部位应埋设抬动变形观测装置，并读取变形观测装置的初始值，变形值应控制在允许范围内，监测时间应持续至变形稳定后。

7.1.5 钻孔与灌浆施工应按照分序加密的原则进行，多排帷幕灌浆宜先下游排、后上游排再中间排，每排分二序或三序进行；地基加固灌浆宜由外向内，分二序或三序进行。

7.1.6 脉动灌浆施工过程中应做好质量控制和检查，应将施工中间成果及时记录并与设计参数比对，如与设计文件有较大差异时，应查明原因，及时进行调整。

7.1.7 灌浆施工记录应全面、准确，并应及时整理、统计、分析灌浆成果资料。灌浆施工记录表可参照附录 A《单孔脉动灌浆施工记录表》及《脉动灌浆成果汇总表》。

7.1.8 在制浆站和灌浆工作面应定期进行浆液流体性能测试，检测结果应及时记录。

7.1.9 灌浆泵与灌浆孔口距离不宜大于 50m。

7.1.10 灌浆压力应以灌浆管孔口处进浆管路上的压力表读数为准，油浆隔离装置应始终处于正常状态。

7.1.11 单孔施工结束后，应采用灌浆浆体对上部非灌段进行压力封孔，并及时整理资料，进行成果汇总。

7.1.12 孔段灌浆结束后，应及时清洗灌浆设备和管路。

7.2 设备与机具

7.2.1 制浆设备应符合下列规定：

- a) 设备性能应满足搅拌低流动性膏浆或低坍落度浆材特性的要求，并保证均匀、连续地拌制浆液；
- b) 采用强制搅拌式或自落式搅拌机时，拌和能力宜大于 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

7.2.2 灌浆泵应符合下列规定：

- a) 吸入与泵送性能应满足低流动性膏浆或低坍落度塑性浆材特性的要求；
- b) 应能提供不小于 8.0 MPa 的脉动峰值压力，额定工作压力宜大于设计最大灌浆峰值压力的 3.0 倍，应采用具有使管道泵压反向短时卸压使泵出口压力回零的 s 阀结构双缸泵；
- c) 单次泵送流量宜大于 $10 \text{ L}/\text{次}$ ，可泵送粒径大于 10 mm 的骨料；
- d) 泵送频次范围宜为 $3 \text{ 次}/\text{min} \sim 10 \text{ 次}/\text{min}$ 。

7.2.3 其他附属机具应符合下列规定：

- a) 输浆管应采用耐高压耐磨钢管和软管，管路连接接头可采用螺纹扣连接、法兰连接或快速卡管接头，内径应大于 50 mm ，并能承受设计最大灌浆压力的 3.0 倍以上压力，管路连接弯头曲率半径应大于 200 mm ；
- b) 孔内灌浆管应采用无缝钢管，壁厚应不小于 10 mm ，采用梯形螺纹或波形螺纹连接，灌浆管连接处内径、外径应平直一致，且管内径应大于 50 mm ；
- c) 灌浆管与输浆管在孔口的连接处应安设抗震型灌浆压力表，压力表量程最大标值应为最大灌浆压力的 $2.0 \text{ 倍} \sim 4.0 \text{ 倍}$ ；
- d) 提拔孔内灌浆管的拔管机，起拔力不应小于 250 kN 。

7.2.4 灌浆用的计量器具及监测仪器仪表，应定期进行校验或检定。

7.3 灌浆材料及浆液配置

7.3.1 使用黏土时，宜先将块状土加工为破碎土粉或预制泥浆后再使用，并符合下列要求：

- a) 预制泥浆中小于 $75 \mu\text{m}$ 的颗粒占比宜大于 90%，比重宜大于 1.15 g/cm^3 ，最大粒径宜小于 1.0 mm ；
- b) 破碎土粉中小于 2 mm 的颗粒占比宜大于 90%，含水率宜小于 15%，最大粒径宜小于 5.0 mm 。

7.3.2 制浆材料称重前应根据配合比计算，确定各材料添加量，各材料计量误差应在±5%之内。

7.3.3 脉动灌浆浆液应符合 6.2.2 的规定，遇大孔隙、溶洞或强透水地层时宜按 6.1.4 的要求处理，可根据工程需要加入砂、粒径小于 10 mm 的细石、粉煤灰等材料。

7.3.4 浆液配制宜符合下列规定：

- a) 采用强制式搅拌系统时，材料混合后搅拌时间不宜少于 2 min ，具体时间应根据浆材配合比与机械搅拌性能调整；
- b) 采用预制泥浆制作低流动度膏浆时，宜在泥浆中加入水泥，搅拌均匀后，最后加入外加剂搅拌均匀；
- c) 拌制掺粒料的膏浆或低坍落度塑性浆材时，宜先将颗粒材料加入搅拌机进行搅拌均匀，再将水及外加剂加入拌制浆；
- d) 搅拌均匀的浆液自配制至用完的时间不宜大于 30 min 。

7.4 防渗工程

7.4.1 灌浆孔钻孔可采用地质回转钻机将钻孔灌浆一体管一次钻到设计深度，也可采用回转式钻机泥浆护壁或冲击取土钻机干钻钻进至地层设计深度，再下入专用灌浆管进行灌浆，采用泥浆护壁钻进遇漏失严重地层时，可先进行灌浆处理再钻进。

7.4.2 灌浆孔直径宜不大于 91 mm ，孔位偏差宜小于 10 cm ，孔斜宜小于 1%，钻孔深度不应小于设计孔深。钻进时应详细记录地层变化、回水颜色及回水量大小等。

7.4.3 钻孔结束后，应尽快下入灌浆管，并对灌浆管出浆口采取防堵塞措施。

7.4.4 灌浆前应按 6.1.4 条要求对灌浆管与孔壁之间的环状间隙采用塑性浆体材料封填密实；并将灌浆管出浆口提升至距离灌浆段底 $0.3 \text{ m} \sim 1.0 \text{ m}$ 处。

7.4.5 灌浆开始前应检查灌浆管路的畅通和各连接处的密封性。

7.4.6 同时进行防渗施工的两个相邻灌浆孔，间距相隔宜大于 5 m ，高差应大于 10 m 。

7.4.7 灌浆施工应按设计要求实施，且应符合下列规定：

- a) 宜采用自下而上分段灌浆方式，分段长度宜为 $0.3 \text{ m} \sim 1.0 \text{ m}$ ；
- b) 宜采用柱塞式灌浆泵，单缸单次泵送流量宜大于 10 L/min ，频次不宜大于 $10 \text{ 次}/\text{min}$ 。

7.4.8 人工填土层、全风化或强风化软弱岩层或第四系覆盖层灌浆，灌段结束控制标准应符合下列规定：

- a) 灌段达到设计最大单位注入量，且脉动峰值压力大于该灌段最小设计压力时，可结束该段灌浆；
- b) 灌段达到设计最大脉动峰值压力，且注入量大于该灌段设计最小单位注入量时，可结束该段灌浆；
- c) 难以达到设计最小压力时，应采用流动度不大于 70 mm 的膏浆灌注。当灌浆量达到设计最大灌入量的 1.5 倍后，可结束该段灌浆。

7.4.9 在充填型岩溶、软弱破碎带中，宜按 6.1.6 条规定执行，灌段结束控制标准应符合下列规定：

- a) 脉动灌浆结束标准：灌段灌浆压力达到设计压力值时，连续灌注 10 分钟，或灌浆压力快速增大，增加值超过设计灌浆压力值的 50% 时；
- b) 常规浆液灌浆结束标准：灌段在最大设计压力下，注入率降低至不大于 2 L/min 后，屏浆 30 min 后结束灌浆。

7.5 加固工程

7.5.1 加固工程灌浆应按设计要求施工，对已完成基础或既有建筑地基的加固灌浆，应进行变形监测。

7.5.2 灌浆顺序应根据地基地质条件、现场环境、周边排水条件及灌浆目的等确定，并应符合下列规定：

- a) 灌浆宜采用先外围再内部按逐序加密的灌浆方式施工；
- b) 灌浆范围以外有止浆约束边界时，可采用从边界约束远侧往近侧推进的灌浆方式。

7.5.4 加固工程施工钻孔应符合 7.4.1~7.4.4 规定。

7.5.5 加固工程灌浆施工材料应符合 6.3.5 规定。

7.5.6 加固工程灌浆施工工艺应符合 7.4.5~7.4.8 规定。

7.5.7 加固工程灌浆施工结束标准应符合 6.3.6、6.3.8 规定。

7.6 特殊情况处理

7.6.1 钻孔过程遇到孔内涌水、掉钻等异常情况时，应及时进行灌浆处理。

7.6.2 当灌浆中变形抬动值达到设计规定值的 50% 时，可采取降低灌浆压力、减小注入量、降低泵送频次或停灌等措施处理。

7.6.3 灌浆过程中出现地表裂缝时，应采取下列措施进行处理：

- a) 立即停止劈裂地层附近灌浆孔的灌浆施工；
- b) 测量裂缝宽度及长度并分析原因；
- c) 持续进行裂缝量测，当裂缝不再扩展后，可采用降低浆液流动度、降低泵送频次、降低注入量等方式进行续灌，并在灌浆过程中严格监测裂缝扩展情况；
- d) 对于裂缝及时回灌水泥黏土浆进行处理。

7.6.4 当发生地面冒浆时，应采用降低灌浆浆液流动度、降低泵送频次、缩短浆液初凝时间或待凝等措施处理。

7.6.5 灌浆中断时，应尽早恢复灌浆；如中断时间大于 30min，应及时拔出孔内灌浆管并冲洗灌浆管道；恢复灌浆时，宜扫孔到中断位置以下 0.3m~0.5m，重新下入灌浆管，继续灌浆。

7.6.6 灌浆管被拔断时，应先打捞灌浆管，后进行补孔处理。

7.6.7 灌浆过程中串浆处理，宜符合下列规定：

- a) 被串孔正在钻进的，可停止该孔钻进并回填或与被串孔同时施灌；
- b) 当串浆不严重或串浆距离比较远，可采用降低浆液流动度、添加速凝剂、降低泵送频次等方法进行处理。

8 质量检查

8.1 一般规定

8.1.1 灌浆质量检查包括对灌浆材料、灌浆工序和灌浆完工后形成的防渗或加固体的质量检查。

8.1.2 质量检查结束后应及时对检查孔进行灌浆封孔。

8.1.3 灌浆工程施工质量检查除应满足本文件的规定外，还应符合 SL633 的规定。

8.2 防渗工程

8.2.1 防渗工程灌浆质量检查应在灌浆结束 14 天后进行，应包括对防渗工程材料、施工主要工序、工艺、参数的质量控制和检查及防渗帷幕抗渗性能的检查。

8.2.2 脉动灌浆质量检查以检查孔的注水试验结果为主，各段合格率不小于 90%，不合格试段的透水率不超过设计规定值的 150%且分布不集中；并结合对钻孔孔位偏差、孔斜、孔深、灌浆材料、浆液性能、灌浆压力、灌入量、结束标准等工序原始记录和成果资料进行综合检查和分析。检查不合格的孔段应根据工程要求和不合格程度进行补强处理。

8.2.3 检查孔宜布置在下列部位：

- a) 帷幕中心线上；
- b) 地质条件复杂的部位；
- c) 钻孔或灌浆异常的部位；
- d) 防渗要求高的重点部位。

8.2.4 灌浆检查孔可为灌浆孔总数的 10%，1 个单元工程内至少应布置 1 个检查孔。

8.2.5 脉动灌浆质量检查孔施工宜采用干钻或跟管护壁钻进。

8.3 加固工程

8.3.1 加固工程质量检查宜采用静载、物探、触探试验，并结合灌浆孔钻孔注水、检查孔取芯、原位测试和灌浆前后建筑物变形观测结果等进行综合评价。

8.3.2 检查孔取芯或原位测试孔数量宜为灌浆孔数的 2%~5%，物探、触探、静载试验点数量宜不少于 3 处。

8.3.3 检查孔应在灌浆结束 14 天后进行，静载试验应在该部位灌浆结束 28 天后进行。

8.3.4 检查孔取芯应在加固土的全部深度范围内，每间隔 1.0m 取样进行室内试验，测定其压缩模量、抗压强度。

8.3.5 应对灌浆浆液留样并制作试块，28 天后进行抗压强度测试。

8.3.6 检测点的合格率应不小于 85%，检测平均值不小于设计值，且不合格点的分布不集中。对质量检查不合格的部位，应进行补强加固处理，直至检查合格。

9 资料整编

9.1 灌浆先导孔、检查孔或其他钻孔的岩土芯样应以保存书面资料、音像资料为主，保存实物资料为辅。工程重要部位和地质条件复杂地段的芯样实物应予保存。

9.2 灌浆施工记录应包括下列内容：

- a) 钻孔记录表；
- b) 钻孔柱状图；
- c) 钻孔测斜记录；
- d) 注水试验记录；
- e) 灌浆记录及封孔记录；
- f) 抬动或变形观测记录；
- g) 制浆记录；
- h) 现场浆液性能试验记录等。

9.3 灌浆成果资料应包括下列内容：

- a) 灌浆孔成果一览表；
- b) 灌浆分序统计表；

- c) 灌浆综合统计表；
- d) 灌浆工程完成情况表；
- e) 灌浆孔平面布置图和灌浆综合剖面图。

9.4 检验测试资料应包括下列内容：

- a) 灌浆工程检查孔注水试验；
- b) 检查孔钻孔柱状图；
- c) 灌浆材料检验报告；
- d) 照片、录像和岩芯实物；
- e) 施工前后或施工过程中其他的检验、试验和测试资料。

9.5 资料整编格式可按 SL/T 62 附录的规定执行。

9.6 工程验收应在检测和试验完成后，根据工程规模及工程需要，分阶段或一次性进行验收。施工记录表应符合相关施工规程与规范的规定。

9.7 脉动灌浆材料配制工序质量评定表、脉动灌浆单元工程质量评定表的样式见附录 B。

附录 B

4资料性附录 5

脉动灌浆施工用表

表 墙 1 单孔脉动灌浆施工记录表

表附2 脉动灌浆成果汇总表

附录 B
(资料性附录)
脉动灌浆评定用表

表 B. 1 脉动灌浆材料配制工序质量评定表

合同编号：

单位工程名称				单位工程编码		
分部工程名称				分部工程编码		
单元工程名称				单元工程编码		
施工部位				孔号		
施工单位				质量评定日期		年 月 日
项次		项目名称	单位	质量标准	实测值	合格率
主控项目	1	原材料称量	kg	误差≤ 5%		
	2	流动度或坍落度	mm	≤ 110mm 或 ≤ 75mm		
一般项目	3	搅拌时间	min	≥ 5min		
施工单位 自评意见		主控项目 100% 合格，一般项目合格率 _____ % 质量等级为： 签字 加盖公章 年 月 日				
		经抽查并查验相关检测报告或记录， 主控项目 100% 合格，一般项目合格率 _____ % 质量等级核定为： 签字 加盖公章 年 月 日				

表 B.2 脉动灌浆单元工程质量评定表

合同编号：

单位工程名称		编码		工程部位	
分部工程名称		编码			
单元工程名称		编码			
施工单位				评定日期	年 月 日
项次	工序名称	工序质量等级			
1	浆体配制				
2	钻孔施工				
3	灌浆施工▲				
4					
施工单位 自评意见	各工序质量全部合格，其中优良工序占_____%，且主要工序达到_____等级，单元工程试块质量检验合格，各项报验资料_____规范要求。				
	签字 加盖公章 年 月 日				
监理单位 意见	经抽查并检查相关报告和检验资料，各工序质量全部合格，其中优良工序占_____%，且主要工序达到_____等级，单元工程试块质量检验合格，各项报验资料_____规范要求。				
	签字 加盖公章 年 月 日				
注：▲为主要工序					