

松软岩土体脉冲灌浆技术规程

(Technical specification for pulse grouting in soft rock and soil
mass)

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

云南省住房和城乡建设厅发布

前言

根据《云南省住房和城乡建设厅关于下达2023年度云南省工程建设地方标准计划的通知》（云建科【2023】?? ?号）的要求，规程编制组经过对脉冲灌浆技术研究成果系统整理，认真总结实践经验，参考有关国内标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程主要内容是：1.总则；2.术语与符号；3.基本规定；4.灌浆设计与试验；5.灌浆浆液；6.灌浆设备、机具；7.灌浆施工；8 检查及验收。

本规程由云南省住房和城乡建设厅管理，由中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，执行过程中如有意见和建议，请及时反馈给中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司（地址长沙市雨花区圭塘 邮编：410014）。

本规程主编单位：

红河哈尼族彝族自治州水利水电工程地质勘察咨询规划研究院

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

本规程参编单位：

云南省红河州水利水电勘察设计院

湖南中南水电水利工程建设有限公司

长沙理工大学

湖南宏禹工程集团有限公司

云南中水勘察设计有限公司

滇南水安全与水科学协同创新研究院

云南盛研高新技术有限公司

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目次

目次II

1 总则1

2 术语2

3 基本规定.....4

4 灌浆设计与试验.....5

 4.1 灌浆设计5

 4.2 灌浆试验7

5 灌浆浆液.....9

 5.1 浆液材料9

 5.2 浆液配比10

 5.3 浆液拌制10

6 钻灌设备、机具.....11

 6.1 钻灌设备11

 6.2 钻灌机具11

7 灌浆施工.....13

 7.1 一般规定13

 7.2 钻灌一体、脉冲灌浆14

 7.3 引孔下塞脉冲灌浆14

 7.4 灌浆特殊情况处理15

8 检查与验收.....16

 8.1 灌浆质量检查16

 8.2 灌浆工程验收16

附录 A 脉冲灌浆施工记录及成果统计表17

本规范用词说明.....	22
引用标准名录.....	23
条文说明	24

Contents

Contents	II
1 General Provisions	1
2 Terms.....	2
3 Basic Requirements.....	4
4 Grout Design and Experiment	5
4.1 Grout Designn	5
4.2 Grout Experiment	7
5 Grouting Slurry	9
5.1 Slurry Material.....	9
5.2 Slurry Ratio.....	10
5.3Slurry Mixing	10
6 Drilling and Grouting Equipment and Implement	11
6.1 Drilling and Grouting Equipment	11
6.2 Drilling and Grouting Implement	11
7 Grouting Construction.....	13
7.1 General Provisions	13
7.2 Pulsation Grouting While Drilling	14
7.3 Pulsation Grouting After Guiding Hole and Install Plug	14
7.4 Groutign Special Situation Handling	15
8 Inspection and Acceptance	16
8.1 Grouting Quality Inspection	16
8.2 Grouting Engineering Acceptance	16
Appendix A Construction Record and Achievement Statistics for Pulsation Grouting	17
Explanation of Wording in This Code.....	22

List of Quoted Standards.....	23
Explanation of Provisions.....	24

1 总 则

1.0.1 为了规范脉冲灌浆技术的工程应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于松软岩土体脉冲灌浆工程的设计、施工、质量检查及验收。

1.0.3 脉冲灌浆设计、施工、质量检查及验收除应符合本规范外，尚应符合国家现行标准的规定。

2 术 语

2.0.1 松软岩土体 soft rock and soil mass

指第四系覆盖层、全强风化岩、碎裂结构与散体结构岩体等松软破碎岩土体，以及堤坝等由土石构成的人工填筑体。

2.0.2 脉冲灌浆 pulse grouting

脉冲灌浆技术是专门针对松软岩土体推出的一种控制性原位冲挤灌浆新技术，通过借助脉动瞬间高压促使浆液通过特殊灌浆头灌注，有效控制浆液的扩散范围，保证浆体在钻孔周围较均匀扩散充填孔隙，对岩土体进行防渗与加固的控制性灌浆技术。

2.0.3 钻灌一体 integrated drilling and grouting

自上而下钻进与灌浆同步实施的一种原位灌浆技术。

2.0.4 强压脉冲灌注 imposed pressure pulse grouting

按照一定的灌浆压力与单位灌入量，对封闭的灌浆孔段进行无回浆控制强制性灌注方法。

2.0.5 粘土原浆 clay slurry

对含有一定粘粒与粉粒的天然粘土，加入一定比例的水进行搅拌、筛分后形成的粘土浆液。

2.0.6 触变膏浆 thixotropic paste slurry

在水泥浆液或粘土水泥浆液中加入高分子触变剂，形成的一种静剪强度相对较高、动剪强度相对较低的膏状浆液。

2.0.7 粘土水泥稳定浆液 clay cement stable slurry

指主材由粘土与水泥组成的具有良好沉降稳定性的宾汉流体，2小时析水率不超过5%。

2.0.8 脉冲灌浆频率 frequency of pulse grouting

脉冲灌浆频率即为灌浆过程中单位时间内灌浆脉冲压浆次数。

2.0.9脉冲进浆压力 pulse pressure at the inlet

脉冲灌浆过程中，进浆口处的脉冲瞬时最大灌浆压力。

2.0.10脉冲回浆压力 pulse pressure at the outlet

脉冲灌浆过程中，回浆口处的脉冲瞬时最大灌浆压力。

3 基本规定

3.0.1 脉冲灌浆设计与施工应综合考虑工程要求、地质条件、工程经验以及相关试验成果等因素，因地制宜合理选择灌浆材料、钻灌方法及施工工艺参数。

3.0.2 脉冲灌浆宜采用稳定浆液。岩溶洞穴、架空地层等进行充填灌浆时，可采用粘土水泥砂浆与粘土水泥膏浆。

3.0.3 脉冲灌浆施工应采用与工艺技术相配套的设备与机具。

3.0.4 脉冲灌浆钻灌施工地面宜设置厚度为 0.2m~0.5m 的混凝土盖板，宽度宜超出灌浆孔两侧 2m 以上。

3.0.5 混凝土坝坝基采用脉冲灌浆技术进行防渗与加固处理时，应设置抬动变形观测装置；土石坝坝基或坝体采用脉冲灌浆技术进行防渗与加固处理时，应符合现行行业标准《土坝灌浆技术规范》SL564 的规定。

3.0.6 施工过程中应做好环境保护工作，预防因灌浆施工造成施工区及其附近地区的环境污染和破坏。

3.0.7 施工过程中应做好文明施工与安全生产管理工作。

4 灌浆设计与试验

4.1 灌浆设计

4.1.1 采用脉冲灌浆技术进行松软岩土体防渗与加固处理前，设计单位应充分了解脉冲灌浆技术工艺方法原理，根据防渗与加固处理地质条件及技术要求，开展脉冲灌浆专项设计。

4.1.2 脉冲灌浆设计工作应充分结合类似工程成果经验或脉冲灌浆专项试验成果进行。

4.1.3 脉冲灌浆孔布置形式，帷幕灌浆单排孔宜按直线布置，多排孔宜按三角形布置；固结灌浆宜采用方格形或梅花形布置。

4.1.4 脉冲灌浆孔间距依据脉冲灌浆专项试验或类似工程经验，可按照表 4.1.4 选用；对有特殊要求的宜根据实际情况确定。

表 4.1.4 脉冲灌浆孔排距推荐表

控制标准	孔距（m）		排距（m）
吕荣值（Lu）	单排	两排或三排	
≤1	0.5~1.0	1.0~1.5	排距原则上宜按 钻孔等间距布置。
≤3	1.0~1.5	1.5~2.0	
≤5	1.5~2.0	2.0~2.5	

4.1.5 帷幕灌浆孔深应按照防渗标准要求进入相对不透水层 5m 以上，帷幕灌浆上下分别采用脉冲灌浆与常规灌浆两种工艺时，两种灌浆帷幕搭接长度宜大于 1.0m；固结灌浆孔深应根据工程要求确定。

4.1.6 帷幕灌浆孔排数可根据帷幕设计厚度要求确定，帷幕体设计厚度应满足工程抗渗稳定要求。

4.1.7 脉冲灌浆钻灌工艺技术控制参数设计应包括脉冲灌浆频率、脉冲进浆压力、脉冲回浆压力、注入率、单位灌入量等。控制参数宜根据脉冲灌浆专项试验或类似工程经验确定。

4.1.8 钻灌一体、脉冲灌浆主要控制技术参数宜根据前期现场生产性试验成果按照设计要求参照表 4.1.8-1 进行。

表 4.1.8-1 钻灌一体脉冲灌浆主要技术参数控制参考表

孔 序	I序	II序	III序
钻灌分段长度（m）	0.5-1.0		
脉冲回浆压力（MPa）	≤0.5（根据上部已灌浆段不产生重复劈裂进行控制）		
脉冲进浆压力（MPa）	>P _s	>P _s +0.25	>P _s +0.5
脉冲注入率（L/min）	≤30		
单位灌入量（L/m）	≥V _s		
注：P _s 设计脉冲进浆压力，为进浆压力仪表显示的最大脉冲值减去试验管路脉冲损失压力 P _G 后的有效脉冲压力。			
V _s 设计单位灌入量，根据地层密实性、浆液扩散值、灌浆强度值、抬动变形值等通过专项或生产性试验确定。			

4.1.9 引孔下塞脉冲灌浆主要控制技术参数宜根据前期现场试验成果按照设计要求参照表

4.1.9-1 进行。

表 4.1.9-1 引孔下塞脉冲灌浆主要技术参数控制参考表

孔 序	I序	II序	III序
钻灌分段（m）	0.5-1.0		
脉冲回浆压力（MPa）	孔口无回浆强压灌注		
脉冲进浆压力（MPa）	>P _s	>P _s +0.2.5	>P _s +0.5
脉冲注入率（L/min）	≤20		
单位灌入量（L/m）	≥V _S		
注： P _s 为进浆压力仪表显示的最大脉冲值减去试验管路脉冲损失压力 P _G 后的有效脉冲压力。			

4.1.10 脉冲灌浆设计主要成果宜包括脉冲灌浆平面剖面布置图、脉冲灌浆施工技术要求等。

脉冲灌浆施工技术要求可包括（但不限于）如下内容：

- 1 总则
- 2 灌浆孔布置
- 3 灌浆材料、设备
- 4 施工工艺与技术控制参数
- 5 施工质量控制
- 6 质量标准与质量检查
- 7 安全生产与环境保护

4.1.11 脉冲灌浆钻灌工艺可根据地层条件与成孔条件确定。

1 成孔条件较差且较软地层，可采用钻灌一体脉冲灌浆工艺；

2 成孔条件较好且较硬地层，可采用引孔下塞脉冲灌浆工艺。

4.1.12 脉冲灌浆质量标准需根据工程等级与工程类别确定，质量指标应符合国家现行标准规定。

4.2 灌浆试验

4.2.1 重要工程应用脉冲灌浆技术进行防渗与固结灌浆时，设计阶段宜进行脉冲灌浆专项试验。试验主要内容可包括（但不限于）如下内容：

1 地层物理力学特性及脉冲灌浆机理分析；

2 各种灌浆材料浆液配比试验与性能检测；

3 脉冲灌浆钻灌工艺比选试验；

4 脉冲灌浆钻灌孔布置结构比选试验；

5 脉冲灌浆技术参数控制试验；

6 脉冲灌浆专项试验质量检测；

7 脉冲灌浆专项试验报告。

4.2.2 脉冲灌浆施工阶段应进行现场生产性试验，试验主要内容应按照设计要求进行。

4.2.3 设计阶段脉冲灌浆专项试验地层应具有代表性；施工阶段生产性试验可布置在灌浆区域。灌浆工程地质条件差异性较大时，宜分别布置进行多组试验。

4.2.4 专项灌浆试验区宜布置勘探孔，生产性试验宜布置先导孔。宜利用勘探孔、先导孔进行取样试验、孔内或孔间物探、原位测试、压水或注水试验。钻孔取样试验可包括物理试验与力学试验；钻孔原位测试可包括标准贯入试验、静力触探试验、动力触探试验等。

4.2.5 灌浆试验应根据设计提出的浆液类型与配比要求进行浆液性能测定，浆液性能测定项目符合表 5.2.2-1 或表 5.2.2-2 规定。

4.2.6 专项脉冲灌浆试验钻灌工艺选择应符合本标准 4.1.4 的要求，生产性脉冲灌浆试验钻灌工艺应按照设计要求进行。

4.2.7 现场试验应实时记录脉冲频率、脉冲注入率、脉冲压力、单位灌入量等参数，并应绘制相应的关系曲线。

4.2.8 专项帷幕灌浆试验质量检测项目宜包括钻孔取样试验、压水或注水试验、疲劳压水或耐久性压水试验、声波检测对比试验等；专项固结灌浆试验质量检测项目宜包括钻孔取样试验、压水或注水试验、标贯或动力触探试验、声波检测对比试验等。生产性试验质量检测执行现行行业标准。

4.2.9 专项灌浆试验完成后应及时进行试验成果分析，编制专项试验报告。报告内容宜包括工程防渗透与加固应用脉冲灌浆技术的可行性、工程质量的可靠性、技术参数的合理性，并初步确定设计参数。

4.2.10 脉冲灌浆专项试验成果宜组织专家进行综合评审。

5 灌浆浆液

5.1 浆液材料

5.1.1 浆液所采用的水泥品种应根据灌浆目的和环境水的侵蚀作用等由设计确定。一般可采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，当有抗侵蚀或其它要求时应使用特种水泥。

5.1.2 水泥强度等级宜不低于 42.5，水泥细度宜为通过 80 μ m 方孔筛的筛余量不大于 5%，水泥品质应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175 的规定。

5.1.3 膨润土宜采用钠基膨润土，膨润土品质应符合现行国家标准《钻井液材料规范》GB T 5005 的规定。

5.1.4 粘土宜充分利用建设工程所在地粘土料，粘土质量指标应符合下列规定：

- 1 塑性指数宜 >10 ；
- 2 粘粒含量不宜小于 20%；
- 3 粉粒含量不宜小于 30%；
- 4 砂粒含量不宜大于 5%；
- 5 有机物含量不宜大于 3%；
- 6 可溶盐含量不应大于 3%。

5.1.5 根据脉冲灌浆需要可在浆液中加入下列掺合料、外加剂：

- 1 砂，质地坚硬的天然砂或人工砂，粒径不宜大于 2.5mm，细度模数不宜大于 2.0；
- 2 粉煤灰，品质应符合现行国家标准《用于水泥或混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定。
- 3 水玻璃，模数宜为 2.4~3.0，浓度宜为 30~45 波美度。

5.2 浆液配比

5.2.1 制浆材料配制应按规定的浆液配比计量，计量误差应小于 5%，水泥等固相材料宜按重量比进行称重计量；粘土宜先制成粘土原浆，原浆比重宜为 1.20～1.35。

5.2.2 脉冲灌浆所用纯水泥稳定浆液配比及主要性能指标宜符合表 5.2.2-1 规定，粘土水泥稳定浆液配比及主要性能指标宜符合表 5.2.2-2 规定。

表 5.2.2-1 纯水泥稳定浆液配比及性能指标表

浆液配比(重量比)			浆液和结石性能				
水泥	膨润土	水灰比	密 度 (g/cm ³)	标准漏斗粘度(s)	2h 析水率 (%)	初凝时间 (h)	28d 抗压强度 (MPa)
1.0	0.03～0.07	0.7～0.9	1.55～1.65	20～30	<5	4～6	>10

表 5.2.2-2 粘土水泥稳定浆液配比及性能指标表

浆液配比(重量比)			浆液和结石性能				
水泥	粘土	水固比	密 度 (g/cm ³)	标准漏斗粘度 (s)	2h 析水率(%)	初凝时间 (h)	28d 抗压强度 (MPa)
1.0	0.3～1.0	1.0～2.0	1.4～1.6	25～35	<3	6～8	>1

5.3 浆液拌制

5.3.1 浆液拌制设备宜配置高速制浆机和低速搅拌储浆桶，拌制砂浆或膏浆时宜采用配套的砂浆或膏浆拌制设备。

5.3.2 浆液搅拌机的转速和拌和能力应分别与所搅拌浆液的类型和灌浆泵的排浆量相适应，保证能均匀连续地拌制浆液，水泥或粘土水泥制浆机宜采用高速涡轮制浆机。

5.3.3 采用粘土水泥浆液宜先制备粘土原浆，粘土原浆拌制宜采用粉碎、搅拌、筛分一体化联合粘土制浆设备。

5.3.4 浆液的搅拌时间使用高速搅拌机时应大于 30s，使用普通搅拌机时应大于 3min，浆液在使用前应过筛，浆液自制备至用完的时间纯水泥浆不宜大于 4h，粘土水泥浆不宜大于 5h。

6 钻灌设备、机具

6.1 钻灌设备

6.1.1 钻机扭矩、钻进给压与提升能力等技术参数，应满足钻灌施工基本要求；钻灌一体脉冲灌浆工艺宜采用具有较大行程的动力头钻机，采用立轴式地质钻机时须配置圆立轴钻杆，钻机最低转速宜小于 60 转/min。

6.1.2 脉冲灌浆泵宜采用专用脉冲灌浆泵，也可采用常规灌浆泵改制成脉冲灌浆泵。脉冲灌浆泵的技术性能应与所灌注的浆液类型与浓度相适应；额定脉冲压力应大于灌浆施工最大脉冲灌浆压力的 1.5 倍；灌浆泵脉冲频率宜小于 100 冲次/min，脉冲量宜小于 0.5L/冲次。

6.1.3 脉冲灌浆宜采用灌浆自动记录仪。灌浆自动记录仪应能自动记录浆液配比、浆液密度、浆液粘度、进浆脉冲压力、回浆脉冲压力、脉冲频率、脉冲注入率、脉冲灌入量等灌浆技术参数。

6.2 钻灌机具

6.2.1 灌浆管路宜采用双层钢丝编织高压胶管，能承受 1.5 倍的最大脉冲灌浆压力，管路接头最小直径宜大于 15mm，能保证浆液流动畅通。

6.2.2 钻灌所用钻杆宜采用 $\phi 50\text{mm}$ 或 $\phi 60\text{mm}$ 高强地质或石油钻探钻杆，钻杆与接头宜采用摩擦焊接，接头内径宜大于 16mm。

6.2.3 采用钻灌一体脉冲灌浆工艺时，钻杆接头外径大于钻杆体外径不宜超过 5mm，接头台阶斜面应平滑过渡；钻具密封管宜采用与钻头相匹配的圆管或螺旋管，采用圆管时长度宜大于 2.5m，采用螺旋管时长度宜大于 1.5m。

6.2.4 采用钻灌一体脉冲灌浆工艺时，应配置与圆立轴钻杆相匹配、具备动态封闭功能的专用孔口封闭器。

6.2.5 在砂砾地层进行钻灌一体脉冲灌浆时，宜配置专用的单向脉冲灌浆接头。

7 灌浆施工

7.1 一般规定

7.1.1 施工单位应收集工程地质勘测报告、工程设计文件，编制施工组织设计。

7.1.2 灌浆施工前应完成下列施工准备工作：

- 1 查勘施工现场，实施五通一平；
- 2 采用粘土水泥稳定浆液时，进行粘土料场复查与开采规划；
- 3 收集和了解灌浆区工程地质与水文地质条件，
- 4 熟悉设计图纸与技术要求；
- 5 制定质量控制、安全生产、文明施工、环境保护等措施；进行施工人员质量、安全、

技术培训。

7.1.3 灌浆工程所用浆、水、电应设置专用的管路与线路。

7.1.4 灌浆施工前应完成施工监测设计、安装、调试、初始化等工作。

7.1.5 灌浆应按照分序加密的原则进行，固结灌浆宜由外向内分二序或三序进行；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。

7.1.6 脉冲灌浆试验与施工前，应根据现场施工所配置的设备与机具，进行脉冲灌浆泵出浆口至立轴钻杆下接头出口之间连接管路的脉冲压力损失测定，确定不同浆液与脉冲量在进浆管路中的脉冲压力损失值 P_G 。

7.1.7 灌浆施工记录应全面、真实、及时，并应及时整理、统计、分析。灌浆施工记录表可参照附录 A 脉冲灌浆施工记录及成果统计表。

7.2 钻灌一体、脉冲灌浆

7.2.1 灌浆孔孔口应设置孔口管，孔口管宜采用直径为 89mm 或 108mm 钢套管，镶嵌深度宜为 1~2m，并宜采用水泥浓浆镶嵌，待凝时间不宜少于 72h；孔口管上部螺纹规格形式应与采用的孔口封闭器相匹配，管口宜高出地面 10~20cm。

7.2.2 钻灌一体所用机具宜采用 59mm 或 75mm 全长同规格小口径钻灌机具组，钻头宜采用全断面复合片或合金钻头。

7.2.3 钻灌一体脉冲灌浆钻灌过程中，应进行孔口封闭，宜按照进浆压力与回浆压力双压控制。

7.2.4 钻灌一体脉冲灌浆应按照设计确定分段长度进行段内上下往复灌注，每个钻灌段脉冲灌注达到下列条件之一可结束灌浆，进入下一个段钻灌。

- 1 达到设计脉冲进浆压力，单位灌入量达到设计要求值；
- 2 达到设计脉冲进浆压力，单位注入率小于 1L/min。

7.2.5 单孔灌浆结束后应进行全孔机械回填灌浆处理。

7.3 引孔下塞脉冲灌浆

7.3.1 引孔下塞脉冲灌浆工艺宜全孔钻孔成孔，自下而上分段下塞封闭强压脉冲灌注。

7.3.2 引孔钻孔可采用声波钻机钻孔、绳索取芯钻孔、潜孔锤钻孔等快速成孔工艺，钻孔孔径宜全孔采用 75mm 或 91mm。

7.3.3 引孔钻孔宜采用绳索取芯或地质回转钻进所用冲洗液，固结灌浆可采用清水钻进，帷幕灌浆可采用泥浆护壁钻进。

7.3.4 每个封闭灌浆段脉冲灌注达到设计脉冲进浆压力，且单位灌入量达到设计要求值 V_s 可结束灌浆，进入下一个封闭段灌注。

7.3.5 单孔全孔灌浆结束后应采用 0.5: 1 水泥浓浆进行全孔机械回填灌浆处理。

7.4 灌浆特殊情况处理

7.4.1 脉冲灌入量达到设计单位灌入量，而脉冲进浆压力达不到设计脉冲进浆压力，可变换浆液水固比为 0.5:1 的浓浆或触变膏浆进行灌注。

7.4.2 脉冲进浆压力达到设计脉冲进浆压力 1.5 倍，而灌入量达不到设计单位灌入量，可变换浆液水固比为 2:1~3:1 的稀浆灌注。

7.4.3 脉冲灌浆过程中出现串浆、冒浆，可采取减小脉冲浆量、间歇进行脉冲灌注、改用浓浆或膏浆灌注等措施处理。

7.4.4 引孔下塞进行强压脉冲灌浆时，每个灌浆封闭段栓塞泄压打开封闭后，若出现孔口严重吐浆，可采用屏浆、闭浆等措施进行处理。

7.4.5 遇架空地层或岩溶管道脉冲灌浆不起压，可先灌注膏浆、砂浆等进行充填，待凝不低于 24 小时，再扫孔灌注。

7.4.6 钻灌一体过程中出现承压涌水孔段，可适当提高脉冲回浆压力控制值，必要时可配合屏浆与闭浆工艺进行处理。

7.4.7 土石坝体或土石堤身灌浆若出现裂缝，可采取分序错位布孔、增加分序次数、减小脉冲量、脉冲压力与单位灌入量等措施，并应及时对裂缝进行处理。

8 检查与验收

8.1 灌浆质量检查

8.1.1 运至工地的灌浆材料应有出厂合格证或试验报告，其品种、标号、包装、或散装仓号、出厂日期等入库前应严格进行检查；水泥等主要灌浆材料应按相关要求进行送检，所有外加剂应进行现场试验配比验证。

8.1.2 灌浆施工全过程应做好工序质量控制，上一道工序检查合格后方可进入下一道工序施工。

8.1.3 帷幕灌浆质量检测工作宜在 14 天后进行；固结灌浆质量检测工作宜在 28 天后进行。

8.1.4 帷幕灌浆质量检查应以检查孔压水试验或注水试验为主，辅以孔内电视、孔内成像、物探声波检测，结合灌浆施工记录、成果分析综合评定。固结灌浆质量检查应以标贯试验、动（静）力触探为主，辅以物探声波检测、压水或注水试验进行，对承载力有严格要求的固结灌浆工程质量检测可辅以荷载试验进行检测复核。

8.1.5 灌浆质量检查工作结束后，所有检查钻孔应进行机械回填灌浆处理。

8.2 灌浆工程验收

8.2.1 灌浆工程验收可分为单元或单项工程验收与工程竣工验收，单元或单项工程验收应进行质量评定，并作为竣工验收的主要依据。

8.2.2 单元或单项工程验收应提供施工过程钻灌施工、浆液拌制、工序检查、变形监测等原始记录，钻灌成果分孔、分序、分单元（单项）综合成果统计分析表，以及单元或单项工程质量检查原始记录与成果资料。

8.2.3 竣工验收应同时提供工程设计文件与图表、施工过程各种原始资料、单元或单项工程验收与质量评定资料、灌浆工程竣工文字报告及图表。

附录 A 脉冲灌浆施工记录及成果统计表

A.0.1 脉冲灌浆施工记录及成果统计表很多，情况不一，格式与内容也不尽相同。主要的表格和成果图的基本样式如下：

- 1 脉冲灌浆施工记录表（A.0.1-1）
- 2 脉冲灌浆分序统计表（A.0.1-2）
- 3 脉冲灌浆综合统计表（A.0.1-3）
- 4 脉冲灌浆制浆记录表（A.0.1-4）
- 5 检查孔压水试验成果表（A.0.1-5）

A.0.1-1 脉冲灌浆施工记录表

孔号: _____ 孔序: _____ 孔深 (m) _____ 桩号: _____ 单元: _____ 孔口高程(m): _____ 年 ____ 月 ____ 日 ____ 时 ____ 至 ____ 日 ____ 时 No: _____

孔口管直径 (mm): 孔口管深度 (m): 钻灌孔径(mm): 浆液配比 《水:水泥:粘土:膨润土》 = 地面管路脉冲压力损失(MPa):																	
段号	钻灌时间 (h: min)			钻灌孔深 (m)			注浆脉冲压力 (MPa)	回浆脉冲压力 (MPa)	注入率 (L/min)	灌入浆量(L)	进浆比重	灌浆材料用量					备注
	自	计	计	自	至	计						水泥 (kg)	粘土 (kg)	膨润土 (kg)			
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
小计																	

机长:

记录:

项目负责人:

监理:

A.0.1-2 脉冲灌浆分序成果统计表

排序：_____ 孔序：_____ 工程部位：_____ 工程单元：_____ 施工日期：_____

孔号	钻灌深度(m)			脉冲灌浆压力(MPa)			脉冲灌入浆量		材料用量					备注
	混凝土	岩土	灌浆	最大	最小	平均	总量(L)	平均(L/m)	水泥(kg)	粘土(m²)	膨润土(kg)			
小计														

统计：_____ 校核：_____

A.0.1-3 脉 冲 灌 浆 综 合 统 计 表

工程名称：_____工程部位：_____施工日期：_____

工程单元	排序	孔序	孔数	钻灌长度（m）			脉冲灌浆压力(MPa)			脉冲灌入浆		材料用量				
				混凝土	岩土	灌浆	最大	最小	平均	总量(L)	平均(L/m)	水泥(kg)	粘土(m2)	膨润土		
小计																

统计：_____

校核：_____

A.0.1-4 脉冲灌浆制浆记录表

工程名称: 工程部位: 工程单元: 制浆日期: 年 月 日

制浆时间(h.min)			浆液类型	拌制浆量(L)	浆材用量						浆液性能		
自	至	计			水泥(kg)	膨润土(kg)	粘土(m²)	水(kg)			比重	漏斗粘度(s)	流动度(mm)
小计													

记录: 机长: 项目负责人: 监理:

A.0.1-5 检查孔压水试验成果表

工程名称: 工程部位: 检查时间:

工程单元	设计防渗标准(Lu)	灌浆孔数	灌浆段长(m)	检查孔数	压水试验段数	透水率 (Lu) 频率分布								备注
						<0.5	%	0.5~1	%	1~3	%	3~5	%	

统计: 校核:

本规范用词说明

1 执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待：

1)表示很严格，非这样作不可的用词：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作的用词：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作的用词：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用词：采用“可”；反面词采用“不可”。

2 条文中指明必须按其它有关标准和规范执行的写法为“应按……执行”或“应符合……要求或规定。”非必须按所指定的标准和规范执行的写法为，“可参照……”

引用标准名录

- 1 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 2 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 3 《用于水泥或混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 4 《钻井液材料规范》 GB/T 5005
- 5 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 6 《水利水电工程钻探规范》 SL291
- 7 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》 SL 62
- 8 《水电水利工程覆盖层灌浆技术规范》 DL/T 5267
- 9 《土坝灌浆技术规范》 SL564
- 10 《水利水电工程施工通用安全技术规程》 SL 398
- 11 《水利水电工程施工作业人员安全操作规程》 SL 401

松软岩土体脉冲灌浆技术规程

(Technical specification for pulse grouting in soft rock and soil
mass)

条文说明

2023 昆明

1 总则

1.0.1 脉冲灌浆技术是专门针对松软岩土体推出的一种控制性原位冲挤灌浆新技术，由中国电建集团中南勘测设计研究院、长沙理工大学、湖南宏禹工程集团有限公司等单位共同研发，已先后成功应用于托口水电站、向家坝水电站、邦干水库、八尺水库、甲则水库、湘江堤防等多项水电水利工程对松软复杂地基的防渗与加固。

脉冲灌浆技术主要适用于第四系覆盖层、土石坝坝体、全强风化岩以及散体结构、碎裂结构岩体进行防渗与加固灌浆处理，与常规的灌浆技术相比，具有以下特点：

（1）**脉冲压力、有效可控**。钻灌采用脉冲灌浆泵脉冲式向孔底泵送浆液，浆液流态静动相间、前堵后推，浆液扩散有效可控，可有效解决松软复杂地层中常规灌浆工艺存在的劈裂跑浆难起压、低压灌注强度差、无效灌注浪费大等技术问题。

（2）**小段原位、精准灌注**。全孔钻灌按照 0.5m-1.0m 分小段自上而下（钻灌一体、脉冲灌浆）或自下而上（引孔下塞、脉冲灌浆）进行原位精准灌注，可有效解决松软复杂地层中常规灌浆工艺存在的钻灌成孔塌孔、分段封闭困难，灌浆均一性差等技术问题。

（3）**便捷高效、质优价廉**。对于松软复杂地层灌浆加固处理，目前国内外普遍公认的技术是法国Soletanche基础工程公司上世纪50年代首创的一种袖阀管注浆工法（又称Soletanche3-法）。基于脉冲灌浆新技术，对于松软复杂地层灌浆处理，本规范所采用的“钻灌一体、脉冲灌浆”与“引孔下塞、脉冲灌浆”两种工法，在灌浆质量效果方面明显优于袖阀管注浆工法，且施工更便捷、质量更可靠、造价更低廉。

为了促进和规范脉冲灌浆技术的广泛应用，并使得脉冲灌浆技术在水利水电工程应用中做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规范。

1.0.2 根据脉冲灌浆技术机理特性，脉冲灌浆技术主要适用于松软岩土体防渗与加固灌浆处理，本规程适用于水工建筑物松软地基、土石坝体、堤防堤身等防渗与加固灌浆处理设计、施工、质量检查及验收。

水利水电工程应用脉冲灌浆技术同常规灌浆技术一样，进行设计与施工时，应综合考

考虑工程要求、地质条件、工程经验以及相关试验成果等因素，因地制宜合理选择灌浆材料、灌浆方法、施工工艺。

1.0.3 在本规程中对脉冲灌浆在设计、施工、质量检查及验收技术未作规定的事项，及相关的其他分项工程技术要求应按现行国家、行业和云南省有关标准的规定执行。

3 基本规定

3.0.1 根据脉冲灌浆工艺特性，脉冲灌浆技术主要适用于第四系覆盖层、全强风化岩、土石坝体、土石堤防体，以及碎裂结构与散体结构岩体等松软破碎岩土体防渗透与加固灌浆，而对于较完整的基岩防渗透与加固灌浆暂不推荐使用。

3.0.2 按照脉冲灌浆工艺特性，参考 GIN 灌浆法，为简化浆液变换程序，采用稳定浆液，包括纯水泥稳定浆液、粘土水泥稳定浆液等。

3.0.3 为便于脉冲灌浆新技术的全面推广应用，脉冲灌浆施工设备与机具基本上沿用常规的灌浆设备与机具。

3.0.4 脉冲灌浆钻灌施工地面宜设置混凝土盖板，主要是考虑到施工场地环境、设备的安装与移动，以及防止地表浅层脉冲灌浆跑浆、串浆。考虑到本规程使用的新工艺具有良好的可控性，并结合实际工程应用经验，确定混凝土盖板厚度与宽度。

3.0.5 对混凝土坝坝基进行脉动灌浆时，建议设置抬动变形观测装置；对土石坝，主要控制坝体的变形与渗流稳定。

4 灌浆设计与试验

4.1 灌浆设计

4.1.1 脉冲灌浆作为一种新的技术工艺，进行水利水电工程应用时，设计单位了解与熟悉脉冲灌浆技术是非常必要的。

目前脉冲灌浆钻灌工艺主要有“钻灌一体、脉冲灌浆”、“引孔下塞、脉冲灌浆”、“引孔拔管、脉冲灌浆”、“袖阀套管、脉冲灌浆”等。本规程主要推荐“钻灌一体、脉冲灌浆”、“引孔下塞、脉冲灌浆”两种钻灌工艺，实际工程应用时，可根据地层条件与成孔条件进行选择。

脉冲灌浆设计工作内容基本同常规灌浆设计工作。

4.1.2 已有的类似工程成果经验或脉冲灌浆专项试验成果对脉冲灌浆设计工作有一定的指导意义。

4.1.3 脉冲灌浆试验孔布置形式，主要参照类似工程中常规灌浆孔布置形式。

4.1.4 表 4.1.4 为目前脉冲灌浆工程应用经验值。

4.1.5 基础防渗灌浆应做到防渗帷幕全封闭；基础固结灌浆孔深度主要依据需要固结的岩土体以及持力层深度确定。

4.1.6 松软地层帷幕灌浆帷幕厚度主要根据地质条件、坝型、坝高以及水工建筑物对地基防渗要求等确定，并与灌浆孔的排数有关，也可参照类似工程进行设计。

4.1.7 钻灌工艺控制参数主要根据工程应用经验或专项试验由设计确定。

4.1.8 钻灌一体脉冲灌浆主要控制技术参数表 4.1.8-1，是结合脉冲灌浆技术有关研究成果，以及已经完成的钻灌一体、脉冲灌浆工程经验值提出的参考表。

4.1.9 引孔下塞脉冲灌浆主要控制技术参数表 4.1.9-1，同样是结合脉冲灌浆技术有关研究成果，以及已经完成的引孔下塞脉冲灌浆工程经验值提出的参考表。

4.1.12 脉冲灌浆质量标准主要根据工程要求由设计制定。

4.2 灌浆试验

4.2.1 脉冲灌浆作为一种全新的工艺技术，对于大中型等重要水利工程进行技术应用时，业主与设计单位通常会要求开展脉冲灌浆专项试验。

4.2.2 同常规灌浆工艺一样，施工阶段现场生产性试验是必不可少的，现场生产性试验主要是对脉冲灌浆设计参数与工艺技术进行确认与进一步优化。

4.2.3 现场试验选择代表性地层，是为了确保试验质量成果与施工质量效果的一致性。

4.2.4 由于脉冲灌浆主要地层对象是松软地层，所以对灌浆试验效果的判断，不仅提出了水文地质试验，同时还提出了原位力学试验。

4.2.5 浆液配比与性能测定属于灌浆试验必做的内容。

4.2.6 脉冲灌浆技术工艺选择主要依据地层成孔条件，结合类似工程经验确定。

4.2.7 绘制脉冲频率、脉冲注入率、脉冲压力、单位灌入量关系曲线主要用于对脉冲灌浆工艺技术进一步优化分析。

4.2.8 帷幕灌浆试验主要侧重于灌浆体的防渗性能、抗渗强度以及耐久性；固结灌浆试验效果主要侧重于灌浆体的物理力学性能。

4.2.9 灌浆试验报告要求及时、全面、完整、真实、科学、合理。

4.2.10 脉冲灌浆专项试验成果组织行业专家评审至关重要，试验成果通过专家对成果的全面评价，可为成果后期推广应用提供科学的技术保障。

5 灌浆浆液

5.1 浆液材料

5.1.1 硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥为常用的灌浆材料，对于存在环境水侵蚀作用时，矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥比硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥抗侵蚀性更好，但因其含有矿渣或火山灰浆液过稀时易于离析，使用时可适量添加膨润土等稳定剂。

5.1.2 灌浆用水泥强度等级要求，主要是考虑浆液结石体的强度要求；水泥的细度要求主要是考虑到水泥的品质与可灌性。

5.1.3 工程应用表面，钠基质膨润土较钙基质膨润土具有更好的溶胀性与悬浮稳定性。

5.1.4 脉冲灌浆采用粘土浆液时，粘土各项物性指标主要参考现行行业标准《水电水利工程覆盖层灌浆技术规范》DL / T 5267、《土坝灌浆技术规范》SL564 进行。对于土坝灌浆粘土料含砂量可放宽至 30%。

5.1.5 脉冲灌浆在浆液中加入砂、粉煤灰、水玻璃时，各项物性指标主要参考《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》SL 62 进行。

5.2 浆液配比

5.2.1 粘土宜先制成粘土原浆，主要是方便现场进行浆液配置；原浆比重宜为 1.25~1.35，为经验值；水泥粘土浆液配比通常需要按水固比进行，其中粘土重量可通过粘土密度进行换算。

5.2.2 脉冲灌浆所用稳定浆液配比参照表 5.2.2-1、表 5.2.2-2，是根据有关实验室实验数据并结合已有工程实践确定。

5.3 浆液拌制

5.3.1 高速制浆机主要用于快速制浆，低速搅拌储浆桶用于现场灌浆时灌浆泵连续供浆；砂浆或膏浆拌制目前市场上均有相应配套设备。

5.3.2 高速涡轮制浆机是利用高速紊流原理对浆液进行混合搅拌，搅拌比较均匀、速度快，是目前灌浆工程中使用较多的一种高速制浆设备。

5.3.3 目前国内粘土制浆机大多均具有粉碎、筛分、搅拌一体化联合制浆能力。

5.3.4 制定高速搅拌机与普通搅拌机搅拌浆液时间，主要是为了保证浆液搅拌的质量。而制定浆液的有效使用时间主要是为了确保浆液的最佳可灌性以及灌入浆液的结石强度。

6 钻灌设备、机具

6.1 钻灌设备

6.1.1 脉冲灌浆采用“钻灌一体、脉冲灌浆”工艺时，地层受高压脉冲挤劈后会造成孔内钻灌机具扭矩较大，所以需要配置较大扭矩钻机设备与高强度钻杆、钻具。

脉冲灌浆采用“钻灌一体、脉冲灌浆”进行钻灌时宜采用较低的转速，通常情况下，钻灌转速宜小于 60 转/分钟。

6.1.2 目前中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、湖南宏禹集团有限公司等单位已经分别为脉冲灌浆研制了配套的专用脉冲灌浆泵设备。当采用 0.5L/脉冲以下小脉冲量进行脉冲钻灌时，可以采用常规的泵改制成脉冲灌浆泵；脉冲灌浆泵脉冲频率宜每分钟 50~100 冲次。

6.1.3 脉冲灌浆主要技术参数包括：浆液配比、浆液密度、浆液粘度、脉冲进浆压力、脉冲回浆压力、脉冲频率、脉冲注入率、单位灌入量等。

6.2 钻灌机具

6.2.1 双层钢丝编织胶管一般可承受 20Mpa 以上的压力，可以满足脉冲灌浆压力要求，对管路接头内径规定最小尺寸是考虑到管路接头直径太小会造成较大管路压力损失。

6.2.2 脉冲灌浆所用钻杆规格主要沿用常规灌浆所用的钻杆规格。

6.2.3 由于脉冲灌浆多采用“钻灌一体、脉冲灌浆”工艺，为减小钻灌扭矩与上下提升阻力，脉冲钻灌所用钻杆不宜太粗，且接头与杆体尽可能平滑，接头内径尺寸要求是基于钻杆接头结构尺寸与强度要求考虑。

工程实践证明，脉冲灌浆钻灌钻具岩芯管采用螺旋管或长圆管时，可有效提升孔底封阻效果。

6.2.4 采用钻灌一体脉冲灌浆工艺时，孔口封闭器是工艺技术关键所在，目前与脉冲灌浆技术配套的孔口动态封闭器主要有双管活塞式孔口封闭器、液压胶囊式孔口封闭器。

6.2.5 对于细颗粒松软地层，进行钻灌一体施工时，宜配置一种无弹簧单向脉冲灌浆接头。

7 灌浆施工

7.1 一般规定

7.1.1 灌浆工程推广应用脉冲灌浆新技术，施工单位技术负责人应全面了解和熟悉工艺技术特点，认真做好施工组织设计，组织施工人员进行技术培训与技术交底。

7.1.2 脉冲灌浆施工准备工作同常规灌浆准备工作一致。

7.1.3 脉冲灌浆设置浆、水、电专用的管路与线路是为了便于灌浆施工安全、环保、质量管理。

7.1.4 灌浆施工期间所有监测设施，安装完成后均需进行初始化与初始记录工作。

7.1.5 灌浆分排分序施工主要是遵循“围、压、挤”的灌浆基本原则。

7.1.6 脉冲压力管路损失值 P_G ，是指从灌浆泵出口至立轴钻杆下接头之间的管路损失。

7.1.7 目前用于灌浆施工过程自动检控或智能控制的仪器设备已经比较成熟，脉冲灌浆施工尽可能的采用灌浆自动检控或智能控制仪器设备，以便进行灌浆参数设定、过程参数采集、关键工序检控和成果适时查阅。

成果资料及时进行整理、分析，一方面可及时发现问题，同时也是业主监理要求。

7.2 钻灌一体、脉冲灌浆

7.2.1 “钻灌一体、脉冲灌浆”钻灌作业按照自上而下、随钻随灌，集钻孔、护孔、灌浆于一体的一种原位冲挤灌浆技术，特别适用于松散软弱、难以成孔地层。

灌浆孔孔口须设置孔口管，目的是为了安装孔口封闭器，同时也方便钻灌上下钻进作业，以及封闭上部浅层孔段。

7.2.2 钻灌一体采用全长同规格小口径钻灌机具组，可有效形成一种“满眼”活塞式钻灌工况，确保孔底脉冲进浆压力的有效实施。

7.2.3 钻灌一体脉冲灌浆钻灌过程中，进行回浆压力控制，一方面可提升钻灌孔底脉冲压力，同时方便孔内回浆收集、排渣以及浆液调整。

7.2.4 钻灌一体、脉冲灌浆每个循环段钻灌结束标准分为两种标准：一种对于非常松软地

层钻灌时，循环段上下往复钻灌期间注入率基本不变，只能按照最小脉冲灌浆压力与最大灌入量进行控制；而另一种是对于比较密实的风化岩土体钻灌时，钻灌循环段上下往复钻灌期间注入率会慢慢变小，可以按照最小脉冲压力与限制注入率进行控制。

7.2.5 单孔全孔灌浆结束进行全孔机械回填灌浆处理是灌浆工作必须进行的一项工作。

7.3 引孔下塞脉冲灌浆

7.3.1 引孔下塞脉冲灌浆为一种无返浆强压脉冲灌浆技术。

引孔下塞脉冲灌浆是针对地层碎裂结构或碎块结构破碎岩土体，采用钻灌一体进行全断面钻进时钻速较慢，因而提出的一种先采用快速成孔工艺对灌浆孔进行全孔钻进成孔，而后再采用双栓塞自下而上小段封闭进行脉冲灌注，从而可大大提升脉冲灌浆压力与钻灌施工效率。

7.3.2 声波钻孔、绳索取芯钻孔、潜孔垂钻孔等为目前水电行业常用的快速钻进工艺技术。

7.3.3 引孔钻孔冲洗液主要结合钻孔工艺技术选用，但固结灌浆不能采用泥浆等影响固结灌浆质量效果的冲洗液。

7.3.4 引孔下塞脉冲灌浆为无返浆强压挤劈灌浆，所以每个隔离小段脉冲灌浆结束标准采用最小脉冲进浆压力与最大单位灌入量进行比较适用。

7.3.5 单孔全孔灌浆结束进行全孔机械回填灌浆处理是灌浆工作必须进行的一项工作。

7.4 灌浆特殊情况处理

7.4.1 对于特别松软地层进行脉冲灌浆，脉冲灌入量达到设计单位灌入量，而脉冲进浆压力达不到设计脉冲进浆压力，是脉冲灌浆经常会遇到的现象。

钻灌一体、脉冲灌浆主要采用流动性或可灌性较好的纯水泥稳定浆液或粘土水泥稳定浆液；只有当孔内遇到严重架空、或遇到较大孔洞时，方变换成流动性或可灌性差的浓浆与膏状浆液。

7.4.2 对于较密实的风化岩土体进行脉冲灌浆，脉冲进浆压力超过设计脉冲进浆压力 50%，而灌入量达不到设计单位灌入量，也是脉冲灌浆经常会遇到的现象。

7.4.3 尽管松软地层进行脉冲灌浆时，要比常规的稳压灌浆可控性好的多，但毕竟是松散软弱地层，脉冲灌浆过程中出现串浆、冒浆也是必然的。

7.4.4 引孔下塞脉冲灌浆由于是一种无回浆强压挤劈灌浆，通常为高压脉冲灌浆，受高压挤密、压胀弹性变形作用，每个灌浆封闭段栓塞泄压打开封闭后，有可能会出现孔口吐浆。

7.4.5 遇架空地层或岩溶管道脉冲灌浆不起压，先灌注砂浆、膏浆进行充填，而后待凝扫孔再对原有充填物进行脉冲灌浆，可大大降低浆液材料消耗，同时也会显著提高洞穴中充填物的密实性。

7.4.6 钻灌一体过程中出现承压涌水孔段，适当提高脉冲回浆压力控制值，可有效起到钻灌过程对承压水的屏蔽作用，从而避免灌入浆液被承压水带出。

7.4.7 由于土石坝或土石堤防沿坝或堤轴线纵剖面灌浆，在结构上具有明显的小主应力面特征，进行脉冲灌浆时往往会沿坝轴线纵向剖面附近产生劈裂缝或其他形式的裂缝。

8 检查与验收

8.1 灌浆质量检查

8.1.1 灌浆材料检查除了进行出厂质量保证资料查验外，必须按相关规范要求抽样送检。

8.1.2 脉冲灌浆施工工序质量主要包括：浆液性能指标检测、钻灌控制技术参数检查、特殊或异常情况处理认定、开孔与终孔质量检查等。

8.1.3 若采用粘土为主水泥为辅的混合浆液，考虑到结石体凝期相对要长一些，质量检查工作可适当延长。

8.1.4 压水或注水试验、孔内电视、孔内成像、物探声波检测，标贯试验、静力触探、动力触探等检测，多为目前各类工程对松软岩土体灌浆质量检查的主要技术手段。

8.1.5 灌浆质量检查工作结束后应及时进行机械回填灌浆处理。

8.2 灌浆工程验收

8.2.1 灌浆施工通常是按照分单元或单项工程进行，每一单元或单项工程完成后应及时进行质量验收。

8.2.2 单元或单项工程验收工作应按照现行国家、行业、云南省等相关规范执行。

8.2.3 同样，工程竣工验收工作应按照现行国家、行业、云南省等相关规范执行。