

云南省工程建设标准

DB

DB/TXX—2023

备案号：XXXX

粘土灌浆材料应用技术规程

(Technical specification for clay grouting material)

(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

粘土灌浆材料不仅具有来源广泛、价格低廉、绿色环保的特点，同时还兼具优异的渗透可灌性、化学稳定性，以及良好的物理力学性能，其作为灌浆材料历史悠久且在如水利水电防渗、矿山堵水、岩溶充填等各类防渗加固工程中广泛应用。

云南省粘土资源十分丰富。多年来，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，针对水利水电工程先后采用粘土水泥灌浆材料进行全风化花岗岩基础防渗灌浆，水库坝体渗漏处理灌浆，水库坝基渗漏处理灌浆，以及水库坝基与库岸岩溶充填灌浆等，取得了较好的社会与经济效益，同时也为粘土灌浆材料在云南省各类防渗加固灌浆工程中的应用打下了良好的基础。对于粘土灌浆材料应用，目前我国还没有制定专门的技术规程，为规范和促进粘土灌浆材料在各类防渗加固工程中的广泛应用，并使得粘土灌浆材料在灌浆工程应用中做到安全适用、经济合理、技术先进、质量可靠，制定本规程。

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】XXX号）的要求，编制组经过广泛调查研究，总结实践经验，与国内相关标准协调，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程主要内容包括：1.总则；2.术语与符号；3.基本规定；4.粘土选择与检测；5.浆液配比设计；6.制浆与供浆；7.灌浆与变浆；8.环境保护。

本规程由云南省住房和城乡建设厅管理，由长沙理工大学负责具体技术内容的解释，执行过程中如有意见和建议，请及时反馈给长沙理工大学（地址：湖南省长沙市天心区万家丽南路2段960号，邮编：410114）。

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

长沙理工大学

本规程参编单位：

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

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

湖南宏禹工程集团有限公司

云南中水勘察设计院有限公司

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.....	IV
1 总 则	1
2 术语	2
3 基本规定.....	3
4 粘土料.....	4
4.1 粘土选择	4
4.2 质量技术要求	4
5 固化剂、掺合料与外加剂.....	6
5.1 固化剂	6
5.2 掺合料	6
5.3 外加剂	7
6 浆液配比与试验.....	8
6.1 浆液配比设计	8
6.2 配比试验	9
7 制浆与灌浆.....	10
7.1 现场制浆	10
7.2 灌浆施工	11
8 质量控制与验收.....	12
本规程用词说明.....	13
引用标准名录.....	14
附录 A：粘土原浆制浆记录表.....	15
附录 B：粘土灌浆材料浆液拌制原始记录表	16
条文说明	17

Contents^{II}

Contents	IV
1 General Provisions	1
2 Terms.....	2
3 Basic Requirements.....	3
4 Clay Materials	4
4.1 Clay Selection	4
4.2 Quality Technical Requirement	4
5 Harder、Admixtures and Additives.....	6
5.1 Harder.....	6
5.2 Admixtures	6
5.3 Additives	7
6 Slurry Ratio and Experiment.....	8
6.1 Slurry Ratio Design	8
6.2 Ratio Experiment	9
7 Pulp and Grout.....	10
7.1 On Site Pulping.....	10
7.2 Grouting Construction	11
8 Quality Control and Acceptance	12
Explanation of Wording in This Code.....	13
List of Quoted Standards.....	14
Appendix A: Clay Raw Pulping Record Sheet.....	15
Appendix B: Pulping Record Sheet for Clay Grouting Material.....	16
Explanation of Provisions	17

1 总 则

1.0.1 为规范粘土灌浆材料在灌浆工程中的应用，保证灌浆工程质量，做到安全适用、经济合理、技术先进、节能环保，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于粘土灌浆材料的料源选择、浆液配制、质量控制及灌浆施工。

1.0.3 粘土灌浆材料在工程中的应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行标准的规定。

2 术语

2.0.1 粘土灌浆材料 clay grouting material

以粘性土为主要原材料按一定比例添加水、掺合料、固化剂、外加剂等制成的具有一定流动性与固结强度的浆液。

2.0.2 粘土稳定浆液 clay stabilized slurry

浆液拌制后 2 小时的析水率不大于 3% 的粘土浆液。

2.0.3 膏浆流动度 paste-slurry fluidity

表示膏浆流动性的一种量度，流动度以膏浆在流动桌上扩展的平均直径表示，单位为毫米（mm）。

2.0.4 粘土膏状浆液 clay paste slurry

流动度小于 150 mm 的粘土浆液。

3 基本规定

3.0.1 粘土灌浆材料宜运用于土石坝与堤身充填与防渗灌浆、地基防渗灌浆、岩溶充填灌浆、各类堵水工程、临时性防渗工程等。

3.0.2 粘土灌浆材料的应用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，因地制宜选择粘土料源，合理选择固化剂等组分，并进行浆液配比试验与现场配制试验。

3.0.3 粘土料场选定、取料、制浆与灌浆施工应符合当地整体开采规划与国家环保要求。

1 粘土料场开挖取料工作结束后，应及时做好覆盖处理，避免水土流失；

2 现场制浆站应设置弃浆污水排放沟、池，并进行沉淀处理达标后方能向外排放；

3 适时做好制浆现场废弃杂物清理、清除，保护好现场施工环境，灌浆施工完后，应对灌浆施工现场进行全面清理，消除残留污染物，避免对环境造成污染。

3.0.4 粘土灌浆材料现场浆液拌制宜配备成套设备。

4 粘土料

4.1 粘土选择

4.1.1 粘土灌浆材料所用粘土宜优先就近选择粘性土料。

4.1.2 采用外购粘性土料时，应对粘土原产地进行现场考察，收集与灌浆相关的质量指标检测资料，并取样复核。

4.1.3 采用当地粘土料时，应对当地的粘土资源进行地质普查，按照质量可行、就近取材、统筹规划、方便运输、集中开采、保护生态要求合理选定粘土料场。

4.1.4 粘土料场选定后，应进行料场的详查工作，查明料场的分布范围、粘性土质量储量，开采运输条件。

4.1.5 粘土料场勘察可采用地质钻孔、洛阳铲钻孔、槽坑开挖等方法，勘探深度应不小于可能的开采深度。

4.1.6 每个钻探孔与坑探点应分层进行取样。

4.1.7 选定的粘土料场储量应为粘土灌浆设计需要量的 1.5 倍以上。

4.2 质量技术要求

4.2.1 粘土质量检测应符合现行国家标准 GB/T50123《土工试验方法标准》要求。

4.2.2 粘土检测项目宜包括但不限于以下内容：

- 1 粘粒含量；
- 2 含水率、密度；
- 3 液限和塑限；
- 4 主要矿物成分；
- 5 颗粒级配；

6PH 值;

7 含砂量

8 有机物与可溶盐含量

4.2.3 用于防渗灌浆的粘土物理性质应满足下列规定:

- 1 粘土塑性指数宜>10;
- 2 粘粒含量不宜小于 20%，粉粒含量不宜小于 30%，
- 3 含砂量不宜大于 5%;
- 4 有机物含量应不大于 3%;
- 5 水溶盐分含量应不大于 3%。

4.2.4 用于充填和堵水灌浆的粘土其物理性质应满足下列规定:

- 1 粘土塑性指数宜>8;
- 2 粘粒含量宜不小于 10%，粉粒含量宜不小于 30%;
- 3 含砂量不宜大于 10%;
- 4 有机物含量应不大于 5%。
- 5 水溶盐分含量应不大于 5%。

5 固化剂、掺合料与外加剂

5.1 固化剂

5.1.1 粘土灌浆材料宜优先采用水泥作为固化剂，并应符合下列规定：

1 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。

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 GB175《通用硅酸盐水泥》的规定。

5.1.2 粘土灌浆材料采用其它固化剂时，应符合下列规定：

1 固化剂材料应满足国家环保要求，不应对人体、生物、环境造成有害影响。

2 粘土浆液添加固化剂后应具有流动性好、稳定性好、析水率小、初凝与终凝时间可控等特性。

3 粘土浆液结石体宜具有微膨胀性，主要性能应符合本规程 6.1.8 规定。

5.2 掺合料

5.2.1 粘土灌浆材料根据工程需要可在浆液中加入下列掺合料：

1 膨润土，宜选用钠基质膨润土，膨润土品质应符合现行国家标准 GB/T5005《钻井液材料规范》的规定。

2 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；

3 粉煤灰，品质应符合现行国家标准 GB/T1596《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》的规定；

5.2.2 当使用其它掺合料时，应经试验确定。

5.3 外加剂

5.3.1 根据灌浆需要，可在粘土浆液中加入下列外加剂：

- 1 水玻璃等速凝剂，水玻璃模数宜为 2.4~3.0，浓度宜为 30~40 波美度；
- 2 萘系高效减水剂、木质素磺酸盐类减水剂、聚羧酸高性能减水剂等减水剂；
- 3 膨润土及其它高塑性粘土等稳定剂；
- 4 其它外加剂。

5.3.2 粘土浆液中加入速凝剂、减水剂、稳定剂等外加剂时，各种外加剂的质量应符合现行行业标准 SL564《土坝灌浆技术规范》有关规定，其掺加量应通过室内试验和现场浆液配比试验确定，所有能溶于水的外加剂应以水溶液状态加入。

6 浆液配比与试验

6.1 浆液配比设计

6.1.1 应用粘土灌浆材料进行灌浆前，应根据灌浆工程要求进行专门的配比设计与浆液性能试验。

6.1.2 应用粘土灌浆材料进行灌浆时，宜采用成熟可靠的新型固化剂材料。

6.1.3 粘土灌浆材料组分可根据灌浆工程要求，可按表 6.1.3 选择使用。

表 6.1.3 粘土灌浆材料常用浆液材料选择表

工程类型	添加材料组分						
	水泥	其它 固化剂	粉煤灰	膨润土	砂	减水剂	速凝剂
土石坝与 堤身防渗	▲	△	△	△	○	△	○
地基防渗	▲	△	△	▲	○	△	○
充填灌浆	▲	△	△	△	▲	△	△
堵水工程	△	▲	△	△	▲	△	▲
临时防渗	▲	△	△	△	△	△	△

▲：应加，△：可加，○：不加

6.1.4 采用水泥作为粘土灌浆材料固化剂时，水泥掺量宜大于 10%；

6.1.5 防渗灌浆宜采用粘土稳定浆液，浆液水固比宜为 0.8:1~1.5:1，标准漏斗粘度宜为 25s~35s。

6.1.6 岩溶充填灌浆与堵水灌浆宜采用粘土膏状浆液，浆液水固比宜为 0.5:1~0.8:1。

6.1.7 粘土灌浆材料中加入水玻璃用作改善浆液流动性时，其加量宜为粘土质量的 0.5%~1%，且宜通过试验确定。

6.1.8 粘土灌浆材料浆液结石体性能，应根据工程要求确定，主要性能宜满足下列规定：

1 用于防渗灌浆的浆液结石体渗透系数应不大于 $i \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，

2 土石坝与堤身充填与防渗灌浆，结石体 28d 抗压强度应不小于 1.0MPa，且具有一定的变形协调性。

3 地基防渗灌浆，结石体 28d 抗压强度宜不小于 3.0MPa。

4 岩溶充填灌浆，结石体 28d 抗压强度宜不小于 1.0MPa。

5 堵水工程，结石体 28d 抗压强度应不小于 1.0MPa。

6 临时性防渗工程，结石体 28d 抗压强度应不小于 1.0MPa。

6.2 配比试验

6.2.1 针对设计拟采用的粘土、水、水泥、固化剂、外加剂、掺合料等组分材料，应进行配比试验。

6.2.2 粘土灌浆材料配比试验宜包括粘土稳定浆液试验与粘土膏状浆液试验，每组试验项目宜包括但不限于以下内容：

- 1 浆液配制程序及拌制时间；
- 2 浆液比重；
- 3 浆液流动性或流变参数；
- 4 浆液稳定性；
- 5 浆液初凝时间和终凝时间。

6.2.3 取样、制备、养护、测试应按照相关试验要求进行。

6.2.4 试验记录应详细、真实，试验完成后应按时提交配比试验报告。

7 制浆与灌浆

7.1 现场制浆

7.1.1 现场粘土原浆拌制宜采用集中制浆方式，水泥作为固化剂时宜采用集中制成纯水泥浆方式，掺合料、外加剂宜由各灌浆站加入。

7.1.2 粘土原浆集中制浆站应设置满足施工需求的粘土存放场地，并宜搭建防雨水设施，场地周边设置排水沟。

7.1.3 制浆用水应符合拌制混凝土用水要求。

7.1.4 粘土原浆拌制宜采用具备粉碎、上料、搅拌、除砂功能的成套制浆设备。

7.1.5 原浆在使用前应连续搅拌，不应出现分层、离析。

7.1.6 粘土原浆制备，水土比宜为 2:1~1.5:1；纯水泥浆液制备，水灰比宜为 0.5:1~0.6:1。

向灌浆站供浆前，应进行比重测定与记录。粘土原浆记录表格宜符合本规程附录 A 要求。

7.1.7 现场各灌浆站粘土灌浆材料宜按以下顺序加入：

①粘土原浆→②水泥浆液或粘土固化剂→③掺合料→④外加剂→⑤膏浆剂、速凝剂。

7.1.8 粘土灌浆材料浆液配比均采用重量比，计量误差应小于 5%。

7.1.9 粘土原浆泵送可采用离心式泥浆泵或柱塞式泥浆泵，泵送管路内径不宜小于 30mm；

纯水泥浆泵送宜采用柱塞式灌浆泵，泵送管路内径宜为 20mm~25mm。

7.1.10 灌浆站制浆宜设置制浆配制表牌，根据设计配比要求按照制浆搅拌桶容积大小，分别计算出每桶中应加入的粘土原浆、水泥净浆、固化剂、添加剂、掺合料等。粘土原浆与水泥净浆应以升（L）计量，固体物应以千克（kg）计量。

7.1.11 粘土浆液宜采用高速制浆机进行拌制，搅拌时间应大于 30s；若采用普通搅拌机时，搅拌时间应大于 3min。浆液在使用前应过筛，浆液自制备至用完的时间不宜大 6h。

7.1.12 充填灌浆采用膏状浆液灌注时，膏浆外加剂、速凝剂等宜在连通灌浆泵的搅拌桶中

加入，搅拌均匀后及时灌注。

7.2 灌浆施工

7.2.1 应用粘土灌浆材料进行灌浆施工，应根据灌浆工程对象，因地制宜合理选择灌浆方法与施工工艺。

7.2.2 采用粘土灌浆材料进行灌浆施工前，应对施工人员进行有关浆液材料质量控制、现场浆液配置、浆液性能检测等方面的技术培训。

7.2.3 粘土灌浆材料进行土石坝体与堤身充填与防渗灌浆时，宜采用控制性灌浆技术，浆液宜采用稳定浆液。

7.2.4 粘土灌浆材料进行坝基、堤基等防渗灌浆时，宜采用“孔口封闭法”灌浆工艺，浆液宜采用稳定浆液，灌浆过程中出现大耗浆、不起压时，宜变换浆液。

7.2.5 应用粘土灌浆材料进行灌浆施工，灌浆参数控制、结束标准、质量检查与验收应符合相关行业现行标准要求。

8 质量控制与验收

8.0.1 粘土灌浆材料的组分、配比选用应根据设计、施工等的要求确定。

8.0.2 当受灌体有不明地下水时，应考虑地下水对浆材的强度影响。

8.0.3 当在含有可溶蚀水、侵蚀环境等条件下进行灌浆，应进行耐久性专项试验。

8.0.4 灌浆施工时，灌浆部位温度宜为 5℃~35℃。当温度低于 5℃或高于 35℃施工时，应采取保证工程质量的措施。五级风及以上、雨天和雪天的露天环境条件下，不应进行粘土灌浆材料施工。

8.0.5 灌浆施工时，应按设计批次要求保留检测试样，在标准养护条件下进行抗压强度测试，留样试件尺寸及试验方法应按现行行业规范的相关规定执行。

8.0.6 粘土灌浆材料应用工程施工完毕后，应按设计要求、现行国家与行业相关规程进行竣工验收。

本规程用词说明

1. 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度的用词说明如下：

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做的用词：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) 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的用词：采用“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”。

引用标准名录

1. GB 175 《通用硅酸盐水泥》；
2. GB/T 1596 《用于水泥或混凝土中的粉煤灰》；
3. GB/T 5005 《钻井液材料规范》；
4. GB/T 2419 《水泥胶砂流动度测定方法》；
5. SL 564 《土坝灌浆技术规范》；
6. DLT 5267 《水电水利工程覆盖层灌浆技术规范》；
7. SL 62 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》；
8. T/CSRME 003 《岩溶注浆工程技术规范》；
9. SL251 《水利水电天然建筑材料勘察规程》；
10. DL/T5144 《水工混凝土施工规范》
11. DZ/T0285 《矿山帷幕注浆规范》
12. MT/T1058 《立井井筒地面预注黏土水泥浆技术规范》
13. DL/T5728 《水电水利工程控制性灌浆施工规范》

附录 A：粘土原浆制浆记录表

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）			制浆量（L）	水、土用量		原浆比重
自	至	计		粘土（kg）	水（kg）	

记录：

机长：

项目负责人：

附录 B：粘土灌浆材料浆液拌制原始记录表

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）			拌制浆量（L）	粘土原浆加量（L）		其它浆材用量（kg）						浆液性能	
自	至	计		用量	比重	水泥	膨润土	粉煤灰	砂	水玻璃	外加剂	比重	粘度(s)

记录：

机长：

项目负责人：

监理：

粘土灌浆材料应用技术规程

(Technical specification for clay grouting material)

DB/T ??—2023

J ??????—2023

条文说明

2023 昆明

1 总 则

1.0.1 对于粘土灌浆材料应用，目前我国还没有制定专门的技术规程，为规范和促进粘土灌浆材料在各类防渗加固工程中的广泛应用，并使得粘土灌浆材料在灌浆工程应用中做到安全适用、经济合理、技术先进、质量可靠，制定本规程。

1.0.3 在本规程中对粘土灌浆材料设计配比、浆液试验、制浆要求、灌浆施工应用、质量检查等方面未作规定的事项，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 根据粘土灌浆材料基本特性，粘土灌浆材料主要适用于土石坝与堤身充填与防渗灌浆、地基防渗灌浆、岩溶充填灌浆、各类堵水工程、临时性防渗工程等，而对于水工建筑物基础或洞室围岩等加固工程不建议使用。

3.0.2 粘土灌浆材料的应用同常规水泥灌浆一样，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，因地制宜合理选择粘土灌浆材料固化剂，并进行浆液配比设计与试验。

3.0.3 粘土料场的选定和取料在一定程度上会涉及到对自然环境的破坏，所以要求在使用粘土灌浆材料过程中，务必符合当地整体规划与国家环保要求。

3.0.4 粘土灌浆材料不同于水泥灌浆材料，使用时需要上料、粉碎、搅拌、除砂等，对此，目前，工程上已经有专门的从上料到制浆一体化完成的成套粘土制浆设备，从而为粘土灌浆材料的应用提供了方便。

4 粘土料

4.1 粘土选择

- 4.1.1 考虑到粘土材料分布较为广泛，为节约成本，在粘土质量符合本规程标准的情况下建议优先就近选择粘性土料。
- 4.1.2 采用商业粘土时，应严格控制好与灌浆工程相关的质量指标。
- 4.1.3 粘土资源虽然丰富，但是对于粘土的开采必须取得相关部门的同意，进行合理开采。
- 4.1.4 对粘土料场进行详细的现场勘探工作，可有效地对粘土料场不同品质的粘土进行分类与合理使用。
- 4.1.5 对小规模、小范围的粘土料场，一般可采用洛阳铲钻孔、槽坑开挖等方法进行勘探；对于规模较大而且埋深较深的粘土料场宜采用地质钻孔进行勘探。
- 4.1.6 通常情况下，粘土颗粒分布会随分布深度变化而有所差异，钻探与坑探点间距与布置，关系到粘土料场地面分布范围勘探精度，钻孔与槽坑开挖深度关系到粘土料场地下埋深精度。
- 4.1.7 提出粘土料场储量为粘土灌浆计划用量 1.5 倍以上，主要是考虑到灌浆工程中损耗以及灌浆工程单位耗量的不确定性。

4.2 质量技术要求

- 4.2.1 国家标准 GB/T50123《土工试验方法标准》是各行业进行土工试验必须遵循的标准。
- 4.2.2 粘土的含水率、密度涉及到粘土浆液的水固比参数，粘土的液限、塑限涉及到粘土的塑性指数，而粘土的矿物成分、颗粒级配涉及到浆液的稳定性与可灌性。就土的颗粒而言，粘土颗粒级配中粘粒含量越高，则其比表面积和可能的结合水含量越高，因而塑性指数也随之增大；就矿物成分而言，粘土中包含蒙脱石类矿物含量越高，其结合水量越大，塑性指数也越大。
- 4.2.3 适用于防渗灌浆的粘土物理性质参数指标主要参照现行行业规范 SL564《土坝灌浆技

术规范》。

4.2.4 适用于充填灌浆的粘土物理性质参数指标主要参照现行行业规程 SL251《水利水电天然建筑材料勘察规程》，考虑到充填灌浆对浆液的可灌性要求较低，为合理利用粘土资源、减低灌浆成本，对于充填灌浆的粘土灌浆材料物性指标适当放宽。

5 粘土固化剂、掺合料与外加剂

5.1 固化剂

5.1.1 水泥既是一种最常用的无机灌浆材料，又能对粘土起到好的固化作用，且固化后结石体具有较高的力学强度。国内外针对粘土水泥浆液结石抗压强度研究较多，由于水泥颗粒水化后形成的固相强度要高于粘土颗粒，理论上水泥掺量越大，浆液结石抗压强度越高。在实际工程应用中，虽然增加水泥掺量能提高结石体强度，但在水固比相同的情况下会降低粘土用量，增加工程成本，并且水泥掺量的增加会使结石体趋于脆性。

5.1.2 目前市场上生产的粘土固化剂可分为无机类固化剂、有机类固化剂、无机与有机复合类固化剂等几类。由于有机类固化剂属于化学产品，因此使用前应进行产品环保安全性确认。

5.2 掺和料外加剂

5.2.1 粘土灌浆材料中加入膨润土、砂、粉煤灰、水玻璃等掺合料以及减水剂、稳定剂、速凝剂等，主要用来调整浆液的稳定性、流动性、凝固时间、结石体力学性能等。

5.3 外加剂

5.3.2 针对实际工程要求，需要调整粘土灌浆材料的浆液性能时，可通过试验加入外加剂：

①当需要提高浆液的流动性时，可掺入水玻璃。掺量宜为干土质量的 0.5%~1.0%，宜通过试验确定。水玻璃初期能降低泥浆黏度增加流动性，如掺量过多性质则相反。水玻璃中含阳离子，不同的土料吸附阳离子性质不同，所以合理掺量宜由试验确定。

②当需要提高浆液的稳定性时，可掺入适量膨润土或其他外加剂。膨润土可使浆液中一部分自由水变成结合水，有较好的固化性能，能克服纯粘土浆长期发软的状态，改善浆液初期的稳定性和后期防渗体的强度，使用前要进行系统的试验，确定膨润土的合理掺量。

6 浆液配比与试验

6.1 浆液配比设计

6.1.1 采用粘土灌浆材料进行防渗与加固灌浆前进行配比设计与浆液性能试验，是为了按照灌浆工程要求，优选出适宜的粘土材料浆液配比，达到较好的灌浆效果。

6.1.2 国家倡导积极推进环保节能型新材料进行工程应用。

6.1.3 根据不同的工程类别，针对不同的受灌体对象，表 6.1.3 列出了我国各行业采用粘土灌浆材料灌浆时，常用到的材料组分，可供工程设计人员进行粘土灌浆材料浆液配比设计时参考。

6.1.4 粘土浆液采用水泥作为固化剂时，其掺量宜大于 10%，主要是为了确保浆液结石体的基本强度；室内试验表明，粘土灌浆材料加入 10% 水泥后，其浆液结石体强度可达到 1Mpa 以上。

6.1.5 稳定浆液是基于 GIN 灌浆法提出的浆液析水率低于 5% 的一种浆液。采用稳定浆液灌浆既简化了灌浆工程中浆液的变换程序，又兼顾了浆液的可灌性、结石率。根据 GIN 灌浆法首次在小浪底水电工程中的应用情况，稳定浆液标准漏斗粘度一般控制在 25s~35s，对应的粘土浆液水固比为 0.8:1~1.5:1。

6.1.6 对岩溶充填灌浆和堵水灌浆工程，宜采用粘土膏状浆液，其流动度指标主要是考虑到膏浆的可泵性需满足设备要求。膏浆流动度指标检测应按照现行国家标准 GB/T2419《水泥胶砂流动度测定方法》进行。

6.1.7 粘土浆液中加入少量水玻璃可有效提高浆液的流动性，又可加速浆液的初凝时间，其加量宜为粘土质量的 0.5%~1%，且宜通过试验确定具体加量。

6.1.8 对土石坝体及堤身的防渗灌浆，浆液结石体除需满足一定的力学强度外，还应具有一定的变形协调性，主要是考虑防渗体变形对坝体或堤身变形的适应能力，以免造成拉裂破坏。

6.2 配比试验

6.2.1 粘土浆液现场配比试验主要是检验和测试添加粘土、水、水泥、固化剂、外加剂、掺合料等相关组份材料对浆材施工性能的影响，以真实反映施工阶段的浆液性能，并确保满足灌浆施工操作需要。

6.2.2 粘土浆液现场配比试验内容和方法应参照现行行业规范 SL62 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》要求进行。

6.2.4 浆液现场配比试验总结报告内容主要为试验结果分析与比较，按照灌浆工程要求，分别提出最优的浆液配比、浆液配置程序与主要性能指标控制标准。

7 制浆与灌浆

7.1 现场制浆

7.1.1 对于灌浆工程规模较大且施工场地狭小的施工项目，对粘土原浆、水泥净浆宜采用集中制浆供浆方式，有利于灌浆施工布置、方便灌浆站浆液配置和质量管控，节约人力物力。

7.1.2 粘土原浆集中制浆站搭建防雨水设施，可保持粘土自然含水量，利于浆液质量管控，方便制浆上料与配料。

7.1.3 粘土灌浆材料制浆用水要求，参照现行行业标准 DL/T5144《水工混凝土施工规范》要求执行。

7.1.4 中小规模灌浆工程，粘土原浆可采用搅拌池与过滤除砂储浆池进行制浆。原浆制浆池可按圆型建造，直径 1.5~2.0m 为宜，制浆容积 2.0~3.0m³ 为宜，制浆搅拌可采用 2PN 或 3PN 排污泵；储浆池可按长方形建造，储浆容积以不小于 15m³ 为宜。储浆搅拌可架设数台 2PN 或 3PN 排污泵进行。

7.1.6 制备粘土原浆采用水土比宜为 2:1~1.5:1，制备纯水泥浆采用水灰比宜为 0.5:1~0.6:1，主要为兼顾浆液储备稳定性及浆液可泵性，同时也方便灌浆站二次制浆配比调整。

7.1.7 现场灌浆各灌浆站粘土浆液主要配制程序参照已有工程经验制定，仅供参考。

7.1.8 表 1、表 2 分别列出了粘土原浆及纯水泥浆在推荐配比下，1m³ 浆液的加料重量及对应比重（近似值），可供灌浆站配置粘土灌浆材料浆液时对粘土（自然含水状态）、水泥重量进行换算时参考。

表 1 1.0m 粘土原浆制浆水土加量参考表

水土比	2:1	1.7:1	1.5:1
水（kg）	843.7	821	802.5
土（kg）	421.8	483	535
浆液比重	1.25	1.3	1.33

表 2 1.0m 纯水泥浆加量参考表

水灰比	0.6:1	0.5:1
水（kg）	650	608
水泥（kg）	1084	1215
浆液比重	1.73	1.82

7.1.9 纯水泥浆向灌浆站搅拌桶泵送时，泵送管路内径宜为 20mm~25mm，主要考虑到浆液在管道中的基本流速，防止管道中水泥沉淀堵管。

7.1.10 现场灌浆站设置制浆配制牌表，可方便制浆工作准确配料。

7.1.11 浆液自制备至用完的时间不宜大 6h，主要考虑到浆液的有效操作时间以及浆液的初凝时间。

7.1.12 灌注膏状浆液时应随拌随灌，主要为防止管路与灌浆泵堵塞。

7.2 灌浆施工

7.2.1 目前针对不同工程类比和不同受灌体所使用的灌浆工艺方法较多，故因地制宜合理选择灌浆方法与施工工艺，以求取得较好的环保、质量、经济等综合效益。

7.2.2 粘土灌浆材料浆液配制、浆液性能检测等工作较纯水泥浆液配制、检测更为复杂，灌浆施工前对施工人员进行必要的培训，以确保灌浆施工质量。

7.2.3 对于土石坝体或堤身充填与防渗，采用“钻灌一体、脉冲灌浆”，相比常规灌浆工艺，具有较好的可控性，并可极大的提升受灌体的均一性和密实性，以及施工工效。

7.2.4 对于坝基堤基的防渗灌浆，目前普遍采用“孔口封闭法”灌浆工艺，灌浆过程中遇到断层破碎带、岩溶管道，灌浆材料变换采用膏状浆液，可提高灌浆可控性，减小浆液无效灌注，节约工程造价。

7.2.5 SL564《土坝灌浆技术规范》、DLT 5267《水电水利工程覆盖层灌浆技术规范》、SL

62 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》、DZ/T0285《矿山帷幕注浆规范》、MT/T1058

《立井井筒地面预注黏土水泥浆技术规范》、DL/T5728《水电水利工程控制性灌浆施工规范》等规范，是我国目前相关工程领域进行灌浆施工的基本规范，对灌浆参数控制、结束标准、灌浆质量检查与验收等均有详细的规定。

8 质量控制与验收

8.0.2 由于在海水、湖水、盐沼水、地下水、某些工业污水及流经高炉矿渣或煤渣的水中常含有各种酸类和盐类，灌浆浆液长期接触上述几种类型的地下水后，浆液结石体就会被侵蚀破坏，失去封堵地下水和加固岩土体的作用，耐久性试验应参照相关规范进行。

8.0.3 寒冷季节施工应做好机房和注浆管路的防冻措施，浆液温度不宜低于 5℃；炎热季节施工应采取防晒和降温措施，浆液温度不宜超过 35℃。