



粉体喷射搅拌法

(一) 施工准备

1.材料

- (1) 粉体搅拌法目前主要使用的固化剂为石灰粉、水泥以及石膏及矿渣等，也可使用粉煤灰作掺和料。
- (2) 粉体生石灰冯技术要求
 - 1) 石灰应该是细磨的，在搅拌过程中，为防止桩体中石灰聚集，石灰最大粒径应小于2mm。
 - 2) 石灰应尽量选取纯净无杂质的，石灰中氧化钙和氧化镁含量至少应为8.5%，其中氧化钙含量最好不低于80%。
 - 3) 石灰的储存期，不宜超过三个月。
 - 4) 石灰的液性指数不低于70%。
- (3) 石灰桩法（包括块灰灌入法、粉灰搅拌法）常用掺合料是粉煤灰，也可掺入火山灰、钢渣或黏土、采用掺合料后可防止石灰桩软心。
- (4) 石灰加掺合料比例通常为15%-30%，加大掺合料比例，使桩身强度提高较大，粉体材料为生石灰粉掺入3%，半水石膏适用于地基酸性反应。
- (5) 掺粉煤灰必然引起减少桩身吸水效果，对不追求石灰吸水胀发作用可增大粉煤灰掺量，最高掺量达80%-90%。
- (6) 掺入30%细磨石灰粉，提高流塑状轻亚黏土地基的加固效果。

2.作业条件

- (1) 工作场地表层硬壳很薄时，需先铺填砂、砾石垫层，以便机械在场内顺利移动和施钻，如场内桩位有障碍物，例如木桩、石块等应排除。
- (2) 机械设备配置：钻机、粉体发送器、空气压缩机、搅拌钻头等。
- (3) 根据地质资料，通过原位测试及室内试验取得地基土、灰土污吏力学及化学指标，选取最佳含灰量，作为设计掺灰量，决定设置搅拌范围，选择桩长、截面及根数。

(二) 操作工艺

1.粉体喷射搅拌法是在软土地基中输入粉柱体加固材料，通过和原位地基土强制搅拌混合，使地基土和加固材料发生化学反应，在稳定地基土的同时，提高强度的方法。

- (1) 施工原理：由压缩空气输送的加固材料通过搅拌叶片旋转产生的空隙部位喷出，并随着搅拌叶片的旋转和原位地基土搅拌均匀混合一起，和加固材料分离后的空气，就沿着搅拌轴，由轴与土的缝隙处排出地面。
- (2) 固结原理：粉体喷射搅拌法使用的固化剂，主要有石灰、水泥，还有石膏及矿渣，可使用粉煤灰作为掺合料。
通过固结反应而形成稳定的石灰粉体，在软土中加入生石灰，生石灰和土中的水分发生化学反应成熟石灰，水分被吸收，起到了胶结作用，并产生热量，柱体消化而产生体积膨胀 1-2 倍，促进周围土体的固结。
拌入石灰后软土物理性能起了变化，加灰后软土液性指数随含水量增加呈线性递减，含水量小于 50% 的土加灰后，液性指数从原来流态进入半固态或固态，在稳定压力下压缩量随石灰粉含量增加而递减，压缩量减小达 1/3，提高石灰柱体的强度。拌入石灰后增加软黏土的渗透性，石灰柱在不同类型软土中起到排水作用。

2.粉体搅拌法工艺要求

- (1) 略
- (2) 略
- (3) 室内试验：在现场取回土样与加固料均匀搅拌后制备灰土试件，具体按下面原则选择：
 - 1) 当含水量为天然地基土含水量，养护龄期为 7 天，28 天和 90 天。
 - 2) 当含水量高于天然地基土含水量，含灰量可取 10-15%。
 - 3) 当含水量低于天然地基土含水量，含灰量可取 6-10%。

3.粉体喷射搅拌法施工工艺

粉体喷射搅拌法是以机械强制搅拌土粉混合物，使灰土混合形成加固柱体。

4.粉体搅拌加固形成

- (1) 制成独立柱状
- (2) 连续搭接布置成壁状
- (3) 连续纵、横网向搭接成块状。

5.分体搅拌桩的排列和间距

- (1) 根据结构要求的承载力，初步选定间距，从而定出加固范围内搅拌桩的数量以及每平方米内搅拌桩所占的面积。
- (2) 搅拌桩的排列一般呈等边三角形，也可四方形布置，桩径为 0.5-1.5M，桩距约 1M。

6.粉体搅拌法施工顺序

- (1) 桩体对位
- (2) 下钻
- (3) 钻进
- (4) 提升
- (5) 提升结束

(三) 质量标准

1.保证项目

使用材料的各种指标，包括含灰量、灰液性指数和外加剂品种掺量，必须符合设计要求。
检验方法：材料出厂证明、合格证、试验报告及施工日志。

2.基本项目

- (1) 桩径、深度及灰土质量，必须符合设计要求。
检验方法：一般成桩后开挖桩体，测量桩身直径、桩体连续均匀程度，要求黏结牢固，无孔洞、不松散、无裂隙、桩质坚硬、灰体强度高。在开挖出来的桩体中切取 100×100×100MM 立方体，在正常养护下进行强度、压缩试验。
- (2) 经养护后进行载荷试验，试验桩体强度，要符合设计要求。
检验方法：采用十字型钢排架、钢筋砣地锚，用千斤顶加载或用重物加载法。

3.允许偏差

检查数量：桩数 5%

项目	允许偏差 (MM)	检验方法
桩位中心位置	10	拉线及尺量检查
凿出浮浆后桩顶标高		
桩(墙)体垂直度	1H/100	吊线检查

(四) 施工注意事项

- (1) 空压机的压力不需要很高，风量不宜过大。
- (2) 钻机及桅杆安装在载体上，在地面上进行操作，要满足耐压力要求。
- (3) 石灰（生）使用前一般用水熟化，是碳化作用产生放热反应，可用下式表示：
$$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 65.31\text{K/mol}$$

生石灰加水后放出热量形成蒸汽，同时体积膨胀增大，体积增大是由于比重减少（生比重 3：1，熟比重 2：1）和质地变为疏松的粉末状所致。

石灰有次特性，在施工现场要设置石灰池，石灰粉要遮盖，一防止飞粉污染，二防止遇雨水产生化学反应，溅伤皮肤及眼睛，施工人员要配戴防护眼镜。
- (4) 钻头提升距地面 30-50CM 应停止喷粉，以防溢出地面。