### §5.6 高压旋喷桩施工方案（三重管）

5.6.1 施工原理

高压喷射注浆法，是利用钻机把带有特制喷嘴的注浆管钻进至土层的预定位置后，以高压设备使浆液或水成为25～30MPa左右的高压流从喷嘴中喷射出来，冲击破坏土体。钻杆一边以一定速度（15cm/min）渐渐向上提升，使浆液与土粒强制混合，待浆液凝固后，便在土中形成一个具有一定强度的固结体。

固结体的形状与喷射流移动方向有关，一般分为旋转喷射（旋喷）、定向喷射（定喷） 和摆动喷射（摆喷）三种注浆方式，作为地基加固，本工程采用旋喷注浆的形式。

5.6.2 施工工艺流程

5.6.3 资源配置

1、材料选择与准备

旋喷注浆是靠高压液流的冲击力破坏土层并与土体混合成新的固体，根据喷射工艺要求，浆液应具备以下特性：注浆液具有良好的可喷性；有足够的稳定性；浆液中气体应少；能调解浆液的胶凝时间；优良好的力学性能；无毒、无臭、；结实率高。水灰比一般采用1：1~1.5：1的水泥浆液。在喷浆之前按施工要求准备好足够的合格的水泥浆液。

2、劳动力计划

劳动力具体分工如下表，表中为每班组人员配置，工地施工采用2班制在施工中应各司其职，认真负责，相互协作，相互监督。钻孔人员必须作好现场钻孔记录，取得第一手地质资料，以便注浆人员根据地质资料及时调整注浆参数。注浆记录人员必须把当班的记录及时整理。司泵人员应随时注意注浆压力变化，值班技术员及时记录并根据地质情况调整注浆压力及施工工艺参数。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 工程 | 人数（每班） | 职责 | 备注 |
| 1 | 现场负责 | 1 | 做好管理工作，负责劳动力安排 |  |
| 2 | 质检员 | 1 | 负责现场技术指导和质量检查 |  |
| 3 | 机修工 | 1 | 负责排除机械故障和管路的清洗 |  |
| 4 | 钻工 | 2 | 负责旋喷机的操作及注浆施工记录 |  |
| 5 | 制浆工 | 2 | 负责浆液的配置 |  |
| 6 | 普工 | 2 | 负责浆液的配置、材料运送 |  |
| 合计 | 9 |  |  |

3、主要机械设备

旋喷桩施工采用XY-150地质钻机引孔，XP-30B型旋喷机作业。主要施工机械设备如下表所示。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 规格型号 | 单位 | 数量 |
| 1 | 地质钻机 | XY-150 | 台 | 2 |
| 2 | 高喷台车 | XP-30B | 台 | 2 |
| 3 | 高压泵 | 3DZ-5Z栓塞泵 | 台 | 2 |
| 4 | 灌浆泵 | HB-80 | 台 | 2 |
| 5 | 空压机 | P-0.8Mpa,Q-6m3/min | 台 | 2 |
| 6 | 泥浆泵 | BW-150 | 台 | 2 |
| 7 | 拌浆机 | WJG-80 | 台 | 2 |

5.6.4 旋喷参数的确定

1、压力参数的确定

一般情况下采用加大泵压力来增加其流量及流速，进而增大喷射力。根据以往经验，本工程压力选择为：0~3米时，采用25Mpa，3米以下时采用23Mpa。

2、旋转提升参数的确定

旋转、提升的速度与喷流半径有关，而有效半径与喷嘴的几何尺寸和喷射角度有相互联系，并直接影响喷流的特性。根据施工经验，旋喷提升速度宜控制在25~28cm/min范围内，旋转速度宜控制在20~28r/min范围内。其中在顶部1m应选用较慢的转速和提升速度。一般为20~23cm/min速度提升，20r/min旋转。

3、喷嘴直径

喷嘴安装在钻头侧面，是旋喷注浆的关键部分，喷粉直径大小对喷射流速度影响很大。一般单管注浆中喷嘴直径选用2.0~3.2mm。

4、喷射直径的估计

旋喷后的固结体尺寸由以下因素决定：土的类别及密实程度，高压旋喷注浆方法，喷射技术。根据我国使用的水泥浆液，压力为20Mpa左右、喷嘴孔径2.0〈d〈2.5mm时。旋喷固结体直径（D）可按标贯次数（N）进行估计：粘性土（适用于0〈N〈5〉：D=0.65/154N2~1/154N2砂类土（适用于5〈N〈15〉：D=1/770（350+10N-N2）

5、布孔形式

根据现场实际情况，按施工图纸，合理布孔

5.6.5 施工工艺参数

施工工艺参数详见下表：

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 技术参数 |
| 压缩空气 | 气压（Mpa） | 0.7 |
| 气量(m3/min) | 10 |
| 水 | 压力（Mpa） | 25 |
| 流量(L/min) | 80~120 |
| 喷嘴直径(mm) | 2~3.2 |
| 水泥浆 | 压力（Mpa） | 2 |
| 流量(L/min) | 70~100 |
| 水灰比 | 1:1 |
| 提升速度(m/min) | 0.1~0.15 |
| 旋转速度(r/min) | 11~14 |

旋喷桩施工前进行试桩，根据实际情况以确定预定的浆液配比、喷射压力、喷浆量等技术参数。施工第一批桩（不少于3根）必须在监理人员监管下施工，以确定实际水泥投放量、浆液水灰比、浆液泵送时间、桩长以及垂直度控制方法，以便确定高压旋喷桩的正常施工控制标准，确保有效的止水。高压旋喷施工三天内，采用轻便动力触探进行成桩质量检测，数量不少于总桩数的2%，且不应少于5根。高压旋喷桩应在设计开挖龄期采用钻芯检测桩身完整性，钻芯数量不宜少于总桩数的2%，且不应少于5根。

浆量计算：以单位时间喷射的浆量及喷射持续时间，计算出浆量，计算公式为：

Q=（H/v）q(1+β)

式中：Q——浆量（m3）

H——喷射长度（m）

q——单位时间喷浆量（m3/min）

β——损失系数，通常0.1~0.2；

v——提升速度（m/min）

根据第一批桩参娄计算所需的喷浆量，以确定水泥使用数量。

5.6.6 高压旋喷桩施工方法

1、施工准备

⑴场地整平

正式进场施工前，认真做好现场三通一平工作，合理布置施工机械，输送管路和电力线路位置。

⑵桩位放样

施工前用全站仪测定旋喷桩施工的控制点，并做好标记，经过复测验线合格后，用钢尺和测线实地布设桩位，并做好标记，保证桩孔中心位移偏差小于50mm。

⑶修建排污和灰浆拌制系统

旋喷桩施工过程中将会产生10~20%的返浆量，将废浆液引入沉淀池中，沉淀后的清水根据场地条件可进行无公害排放。沉淀的泥土则在开挖基坑时一并运走。沉淀和排污统一纳入全场污水处理系统。灰浆拌制系统主要设置在水泥附近，便于作业，主要由灰浆拌制设备、灰浆储存设备、灰浆输送设备组成。

⑷检查高压设备和管路系统，其压力和流量必须满足设计要求，注浆管及喷嘴内不得有任何杂物，注浆接头密封完好。

2、钻机就位

钻机就位后，对桩机进行调平、对中，调整桩机的垂直度，保证钻杆应与桩位一致，偏差应在10mm以内，钻孔垂直度误差小于0.2％；钻孔前应调试空压机、泥浆泵，使设备运转正常；校验钻杆长度，并用红油漆在钻塔旁标注深度线，保证孔底标高满足设计深度。

3、水泥浆搅拌：

水泥浆搅拌时水灰比按设计要求配制在旋喷过程中应防止水泥浆沉淀、离析，造成浓度降低。施工完毕后，立即得出注浆管，彻底清洗注浆和注浆泵，泵内不得有残存水泥浆。

4、引孔钻进

钻机施工前，应首先在地面进行试喷，在钻孔机械试运转正常后，开始引孔钻进。钻孔过程中要详细记录钻杆节数，保证钻孔深度的准确。

5、旋喷注浆

⑴旋喷注浆时要注意设备启动顺序，应先空载启动空压机，待运转正常后再空载启动高压泵，同时向孔内送风和水，使风量和泵压逐渐升高至规定值，风、水畅通后，才开动注浆泵，待泵量泵压正常后开始注浆，待水泥浆流出喷头后，提升注浆管，自下而上喷射注浆。

⑵深层旋喷时，应先喷浆后旋转和提升，在桩端有坐喷时间，以保证桩端质量。喷射注浆中需拆除注浆管时，应停止提升和回转，同时停止送浆，逐渐减少风量和水量，最后停机。拆卸完毕继续喷射注浆时喷射注浆的孔段与前段搭接，防止固结体脱节。

⑶旋喷时要做好压力、流量和冒浆等各项参数的测量工作，并按要求逐项记录。如冒浆量大于注浆量20%或完全不冒浆时，应查明原因和采取相应措施后，再继续旋喷。

⑷在旋喷过程中，注意喷嘴局部或全部被堵，否则要拔管清洗后重新进行旋喷。

⑸补浆。喷射注浆作业完成后，由于浆液的析水作用，一般均有不同程度的收缩，使固结体顶部出现凹穴，要及时用水灰比为1.0的水泥浆补灌。

6、钻机移位

旋喷提升到设计桩顶标高时停止旋喷，提升钻头出孔口，清洗注浆泵及输送管道，然后将钻机移位。

7、施工要点

⑴旋喷施工应间隔2～3孔跳孔施工。

⑵施工过程中应对附近地面、地下管线的标高进行监测，当标高的变化值大于±10mm 时，应暂停施工，根据实际情况调整压力参数后，再行施工。

⑶制作浆液时，水灰比要按设计严格控制，不得随意改变。在旋喷过程中，应防止泥浆沉淀，浓度降低。不得使用受潮或过期的水泥。浆液搅拌完毕后送至吸浆桶时，应有筛网进行过滤，过滤筛孔要小于喷嘴直径1/2为宜。

⑷开始时，先送高压水，再送水泥浆和压缩空气，在一般情况下，压缩空气可晚送30s。在桩底部边旋转边喷射1min后，再进行边旋转、边提升、边喷射。

⑸喷射时，先应达到预定的喷射压力，喷浆量后再逐渐提升注浆管。中间发生故障时，应停止提升和旋喷，以防桩柱中断，同时立即进行检查，排除故障；如发现有浆液喷射不足，影响桩体的设计直径时，应进行复核。

⑹旋喷过程中，冒浆量小于注浆量的20%为正常现象，若超过20%或完全不冒浆时，应查明原因，调整旋喷参数或改变喷嘴直径。对需要扩大加固范围或提高强度的工程可采取复喷措施，即先喷一遍清水，再喷一遍或两遍水泥浆。

⑺钻杆旋转和提升必须连续不中断，拆卸接长钻杆或继续旋喷时要保持钻杆有10～20cm的搭接长度，避免出现断桩。

⑻在旋喷过程中，如因机械出现故障中断旋喷，应重新钻至桩底设计标高后，重新旋喷。

⑼喷到桩高后应迅速拔出浆管，用清水冲洗管路，防止凝固堵塞。相邻两桩施工间隔时间应不小于48h，间距应不小于4～6m。

⑽旋喷深度、直径、抗压强度和透水性应符合设计要求。

⑾质量检验：旋喷桩施工完成28天后，通过钻心取样，检查工程的施工质量。

5.6.7施工质量保证措施

⑴根据施工图纸对高压旋喷桩放样进行复核,以保证桩位准确。

⑵高压旋喷桩槽开挖要求侧壁施工面整齐，一般挖至自然地坪以下50cm左右，清除地下障碍物必须彻底。

⑶施工过程中，控制提升速度。前台操作与后台供浆密切配合，供浆必须连续，防止断浆和缺浆。

⑷由专人严格按级配配制水泥浆，确保水泥浆性能符合设计要求。

⑸严格按设计要求施工，使桩与桩搭接成壁，保证整体抗渗能力。

⑹当喷浆口达到桩顶高度时，继续喷浆上提0.5m，以保证桩顶质量。

⑺专人记录原始施工资料，施工情况有据可查。

5.6.8 质量标准及检查措施

1、旋喷桩施工技术标准

旋喷桩的施工技术要求见下表：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目名称 | 技术标准 | 检查方法 |
| 1 | 钻孔垂直度允许偏差 | ≤1.5% | 实测或经纬仪测钻杆 |
| 2 | 钻孔位置允许偏差 | 50mm | 尺量 |
| 3 | 钻孔深度允许偏差 | ±200mm | 尺量 |
| 4 | 桩体直径允许偏差 | ≤50mm | 开挖后尺量 |
| 5 | 桩身中心允许偏差 | ≤0.2D | 开挖桩顶下500mm处用尺量，D为设计桩径 |
| 6 | 水泥浆初凝时间 | 不超过20小时 |  |
| 7 | 水泥土强度 | 28天强度≥1.2Mpa | 试验检验 |
| 8 | 水灰比 | 1:1 | 实测 |

2、施工检查内容

⑴施工前检查

在施工前对原材料、机械设备及喷射工艺等进行检查，主要有以下几个方面：

①原材料（水泥）的质量合格证及复验报告，拌合用水的鉴定结果；

②浆液配合比是否合适工程实际土质条件；

③机械设备是否正常，在施工前应对高压旋喷设备、地质钻机、高压泥浆泵、水泵等作试机运行，同时确保钻杆（特别是多重钻杆）、钻头及导流器畅通无阻；

④检查喷射工艺是否适合地质条件，在施工前也应作工艺试喷，试喷在原桩位位置试喷，试喷桩孔数量不得少于３孔，必要时调整喷射工艺参数；

⑤施工前还应对地下障碍情况统一排查，以保证钻进及喷射达到设计要求；

⑥施工前检查桩位、压力表、流量表的精度和灵敏度。

⑵施工中检查

施工中重点检查内容有：

①钻杆的垂直度及钻头定位；

②水泥浆液配合比及材料称量；

③钻机转速、沉钻速度、提钻速度及旋转速度等；

④喷射注浆时喷浆（喷水、喷气）的压力、注浆速度及注浆量；

⑤孔位处的冒浆善；

⑥喷嘴下沉标高及注浆管分段提升时的搭接长度；

⑦施工记录是否完备，施工记录应在每提升１米或土层变化交界处记录一次压力流量数据。

⑶ 施工后检查

施工后主要对加固土体进行检查，包括：

①固结土体的整体性及均匀性；

②固结土体的有效直径；

③固结土体的强度、平均直径、桩身中心位置；

④固结土体的抗拔性。

3、成桩质量检查

⑴ 高压旋喷施工三天内，采用轻便动力触探进行成桩质量检测，数量不少于总桩数的2%，且不应少于5根。

⑵ 高压旋喷桩应在设计开挖龄期采用钻芯检测桩身完整性，钻芯数量不宜少于总桩数的2%，且不应少于5根。

5.6.9 高压旋喷工艺施工常见问题及预防措施

根据旋喷桩施工工艺特点及场区内工程地质情况，为保证旋喷桩施工质量，针对施工中可能出现的问题进行分析并提出预防措施及处理方法。

1、固结体强度不均匀、缩颈

⑴产生原因

①喷射方法与机具没有根据地质条件进行选择。

②喷浆设备出现故障中断施工。

③拔管速度、旋转速度及注浆量适配不当，造成桩身直径大小不均匀，浆液有多有少。

④喷射的浆液与切削的土粒强制搅拌不均匀，不充分。

⑤穿过较硬的粘性土，产生颈缩。

2、预防措施及处理方法

①根据设计要求和地质条件，选用不同的喷浆方法和机具。

②喷浆前，先进行压浆压气试验，一切正常后方可配浆，准备喷射，保证连续进行，配浆时必须用筛过滤。

③根据固结体的形状及桩身匀质性，高速喷嘴的旋转速度、提升速度、喷射压力和喷浆量。

④对易出现缩颈部位及底部不易检查处进行定位旋转喷射（不提升）或复喷的扩大桩径办法。⑤控制浆液的水灰比及稠度。

⑥严格要求喷嘴的加工精度、位置、形状、直径等，保证喷浆效果。

2、压力上不去

⑴ 产生原因

①安全阀和管路安接头处密封圈不严而有泄漏政现象。

②泵阀损坏，油管破裂漏油。

③安全阀的安全压力过低，或吸浆管内留有空气或密封圈泄漏。

④塞油阀调压过低。

⑵ 预防措施及处理方法

应停机检查，经检查后压力自然上长，并以清水进行调压试验，以达到所要求的压力为止。

3、压力骤然上升

⑴ 产生原因

①喷嘴堵塞

②高压管路清洗不净，浆液沉淀或其它杂物堵塞管路。

③泵体或出浆管路有堵塞。

⑵ 预防措施及处理方法

①应停机检查，首先卸压，如喷嘴堵塞将钻杆提升，及时疏通。

②其它情况堵塞应松开接头进行疏动，待堵塞消失后再进行旋喷。

4、钻孔沉管困难偏斜、冒浆

⑴ 产生原因

①遇有地下埋设物，地面不平不实，钻杆倾斜度超标。

②注浆量与实际需要量相差较多。

③地层中有较大空隙不冒浆或冒浆量过大则是因为有效喷射范围与注浆量不相适应，注浆量大大超过旋喷固结所需的浆液所致。

⑵ 预防措施及处理方法

①放桩位点时应钎探，遇有地下埋设物应清除或移动桩钻孔点。

②喷射注浆前应先平整场地，钻杆垂直倾斜度控制在0.3%以内。

③利用侧口式喷头，减小出浆口孔径并提高喷射能力，使浆液量与实际需要量相当，减少冒浆。

④控制水泥浆液配合比。

⑤针对冒浆的现象则采取在浆液中参加适量的速凝剂，缩短固结时间，使浆液在一定土层范围内凝固，还可在空隙地段增大注浆量，填满足空隙后再继续旋喷。

⑥针对冒浆量过大的现象采取提高喷射压力、适当缩小喷嘴孔径、加快提升速度和旋转速度。

5、固结体顶部下凹

⑴ 产生原因

在水泥浆液与土搅拌混合后，由于浆液的析水特性，会产生一定的收缩作用，因而造成在固结体顶部出现凹穴。其浓度随土质浆液的析水性、固结体的直径和长度等因素的不同而异。

⑵ 预防措施及处理方法

旋喷长度经设计长0.3~1.0m，或在旋喷桩施工完毕，将固结体顶部凿去部分，在凹穴部位用混凝土填满或直接在旋喷孔中再次注入浆液，或在旋喷注浆完成后，在固体的顶部0.5~1.0m范围内再钻进0.5~1.0m，在原位提杆再注浆复喷一次加强。