

高压喷射注浆法加固地基的作用机理探讨结构工程师考试

PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/644/2021\\_2022\\_\\_E9\\_AB\\_98\\_E5\\_8E\\_8B\\_E5\\_96\\_B7\\_E5\\_c58\\_644840.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/644/2021_2022__E9_AB_98_E5_8E_8B_E5_96_B7_E5_c58_644840.htm)

1. 引言 高压喷射注浆法是在注浆法的基础上，应用高压喷射技术而发展起来的一项新的地基加固方法，于1970年始于日本。它是利用工程钻机钻孔作为导孔，将带有特殊喷嘴的喷射管插入设计处理深度后，用高压脉冲泵等高压发生装置，使浆液或水以20~40 MPa的高压流从喷嘴中喷出，冲击切割土体。当能量大、速度快、呈脉动状的喷射流的动压超过土体结构强度时，土粒便从土体上剥落下来。一部分细小的土粒被喷射的浆液所置换，随着液流被带到土面上（俗称冒浆）。其余的土粒与浆液搅拌混合，并按一定的浆土比例和质量大小有规律的重新排列。待浆液凝固后，便在土中形成一固结体，固结体的形状与喷射流移动方向有关。高压旋喷注浆法适用于处理淤泥、淤泥质粘土，粘性土、粉土、黄土、砂土、人工填土等地基。当土中含有较多的大粒径块石、坚硬粘性土、大量植物根茎或有过多的有机质时，应根据现场试验结果确定其使用程度。

2. 旋喷桩加固技术的优点

- (1) 由于将水泥土与原地基软土就地搅拌混合，因而可最大限度地利用原土；
- (2) 对周围原有建筑的影响较小；
- (3) 可按照不同的地基土的性质及工程设计要求，合理选择，设计比较灵活；
- (4) 施工设备简单，管理方便，施工时无振动，无污染，可在密集的建筑群中进行施工，而且料源广阔，价格低廉；
- (5) 土体加固后重度变化不大，粘性土固结体比原状土轻约10%，但砂类土固结体可能比原状土重10%左右，基本上轻于或接

近原状土的容量，较小的产生附加沉降；（6）透气透水性差，固结体内虽有一定的孔隙，但这些孔隙并不贯通，为封密型，而且固结体有一层较致密的硬壳，其渗透系数相当高，具有一定的防渗功能；（7）固结强度高，单桩承载力较高；（8）与钢筋混凝土桩基比，节省了大量的钢材，降低了造价；（9）根据上部结构的需要，可灵活采取垂直喷射或倾斜喷射或水平喷射，使之形成柱状、壁状、块状等加固形式。 请把结构工程师站点加入收藏夹吧！

### 3. 水射流破土机理分析

#### 3.1 影响水射流破土效果的因素。

水气同轴喷射时，高压水射流破碎土体的效果与水射流出口压力、喷射速度、喷嘴直径、喷嘴形状等因素有关；与空气射流的速度、方向及流量大小等因素有关；与被破碎土体的密度、颗粒大小及级配、抗剪强度等因素有关。随着喷射压力增加，有效喷射距离增大，但喷射流的流量对水射流压力有较大影响。水射流出口速度增加，所携带的能量增大，破土效果提高。空气射流的速度越大，高压水射流速度的衰减越小，空气射流的流量增加，水射流的扩散减小，射流有效距离增大，可取得较好的破土效果，因而成桩直径增大。

#### 3.2 水射流对土体的破坏作用。

水射流破土效果，随土介质的物理力学性质不同而变化。当喷射初始时，被破坏土体处于三向受压状态，在水射流冲击点表面，土体被水射流冲压产生凹陷变形。射流作用在土体表面时，将产生两种作用力：一是在距喷嘴较近处，射流作用面积很小，压力远远大于土体的自重应力，因而在土体中少产生个剪切力；一是在距喷嘴较远处，射流压力不能使土体发生破坏，但可压密土体并将部分射流液体挤入土体中，因而在土体中产生个挤压力。对于无粘性土，渗透作

用占主导地位；对于粘性土，压密起主要作用。当水射流移动进入土颗粒之间时，土体因被切割而破坏。由于土质的不均匀性，水射流首先进入大孔隙中产生侧向挤压力，以裂隙为边界大块土体被冲刷下来，翻滚到射流压力较小处而停止。因此该处射流压力较小土块不会再发生破坏，这就是喷射桩体内存在块状土的原因。

#### 4. 高压旋喷桩成桩机理

由于高压喷射流是高能高速集中和连续地作用于土体上，压应力和冲刷等多种因素总是同时密集在压应力区域内发生效应。因此，喷射流具有冲击切割破坏土体并使浆液与土搅拌混合的功能。单管喷射注浆使用浆液作为喷射流；一重管喷射注浆也以浆液作为喷射流，但在其外周裹着一圈空气流形成复合喷射流；三重管喷射法注浆，以水气为复合喷射流并注浆填充；多重管喷射注浆的高压水射流把土冲空以浆液填充。以上四种注浆法所使用的浆液都随时间增长而逐渐凝固硬化。固结体的形状与喷嘴移动的方向及持续喷射的时间有着密切的关系。当喷嘴一面旋转和提升时，便形成圆柱状或异型圆柱状固结体；当喷嘴一面喷射一面提升时，便形成壁状固结体。大砾石和腐硝土的旋喷固结机理有别于砂类土和粘性土。在大砾石中，喷射流因砾石的体大量重，不能切割颗粒或者使其移动和重新排列，喷射流只能通过其空隙，充满周围空隙。鉴于喷嘴的旋转能使喷射流保持一定的方向性，浆液向四周挤压，其机理接近于所谓的渗透理论的机理，因而形成圆柱形加固的地基。对于腐硝土层，旋喷固结体的形状及它的性质，受植物纤维的粗细长短，含水量及土颗粒多少的影响很大。对纤维细短的腐硝土旋喷时，完全和在粘性土中的旋喷机理相同。然而对纤维粗长且数量多的腐硝土旋喷时

，由于纤维质富有弹性，切削是困难的。但由于其孔隙较多，喷射流仍可穿过纤维体，形成圆柱形固结体。但在纤维质多而密的部位，浆液相对较少，固结体的均匀性较差。定喷时，高压喷射灌浆的喷嘴不旋转，只作水平的固定方向喷射，喷嘴逐渐向上提升，便在土中冲成一条沟槽，并把浆液灌进槽中。从土体上冲落下来的土粒，一部分随着水流与气流被带出地而，其余的颗粒与浆液搅拌混合，最后形成个板状固结体。固结体在砂质土中有一部分渗透层，但在粘性土则没有。

### 5. 旋喷浆液在土中的硬化机理

高压喷射所采用的硬化剂主要是水泥，并在其中增添防治沉淀或加速凝固的外加剂。旋喷固结体是一种特殊的水泥土骨架结构，水泥土的水反应要比纯水泥浆复杂的多。由于水泥土是一种空间不均匀材料，在高压旋喷搅拌过程中，水泥和土混合在一起，土颗粒间被水泥浆所填满。水泥水化后在土颗粒的周围形成各种水化物的结晶，它们不断生长，特别是钙矾石的针状结晶，很快的生长交织在一起，形成空间的网络结构，土体被分隔包围在这些水泥的骨架中。随着土体的不断被挤密，自由水也不断减少，甚至消失，形成了一种特殊的水泥土骨架结构。固结体强度随时间增长的机理可分别从水泥的水化硬化作用、水泥-土空间结构的形成、以及水泥与土之间的长期物理化学变化等方面加以解释。水泥中四种基本矿物熟料分别与水发生化学反应，生成一系列结晶，随时间增长结晶过程不断趋于完整，这些结晶是水泥强度的主要来源。水泥的加入已从根本上改变了土体结构，水泥包裹在土颗粒表面，并把它们粘在一起形成整体。在短时间内，土粒周围充满了水泥凝胶体。随时间增长，水泥凝胶体结晶，并逐渐充满土体的

空隙，土体与水泥形成特殊的水泥-土骨架结构，土的强度也随之得以改善。水泥凝胶体的结晶过程是较缓慢的，因此，固结体的强度会在较长时间内持续增长。由水泥的各种成分所生成的胶质膜逐渐发展连接成胶质体，即表现为水泥的初凝状态，随着水化过程的不断发展，凝胶体吸收水分并不断扩大，产生结晶体。结晶体与胶质体相互包围渗透，并达到一种稳定状态，这就是硬化的开始。水泥的水化过程是一个长久的过程，水化作用不断的深入到水泥的微粒中，直到水分完全被吸收，胶质体凝固结晶充满为止。在这个过程中，固结体的强度将不断提高。

## 6. 旋喷注浆法的可靠性

高压喷射注浆用高达20~40MPa压力，其冲击破坏土体的能量十分巨大，对粘性土和砂土都能冲切破坏。凡是高压水射流能冲动土粒的土，都能进行高压喷射注浆加固，只要按照正确的顺序施工、使用优质水泥等注浆材料和采用恰当喷射技术参数以及合理的设计，即可获得优良的加固地基和防渗帷幕墙。

### 6.1 固结体的可靠性高。

高压喷射注浆是以高压喷射流强力破坏土体，有效破坏的距离较大，待水泥浆与土粒硬化后，即形成一个固结体。固结体的直径（长度）受土层影响外表呈凹凸不规则状，硬土的固结直径（长度）要小一些，高压喷射注浆的整体性、均匀性都要高于一般的静压灌浆。此外，固结体在良好的（对混凝土无侵蚀）环境中，强度不断增加，强度增加率延续至10年以上。经实测10年可增加1.5倍乃至更高。因此，只要在对混凝土无侵蚀的地下水和不受冻（即冻结温度不低于负20°C）的条件下，固结体的质量可靠，可作为永久性地基和防渗帷幕。

### 6.2 高压喷射注浆构筑物的可靠性

强高压喷射注浆构造的旋喷排桩、复合地基、地下防渗帷幕

等形式的构筑物的质量较好。6.2.1 旋喷排桩及防渗帷幕整体的连接质量优良旋喷排桩系由多个旋喷单桩连接而成，防渗帷幕亦是由多个定喷、摆喷或旋喷的单体组成。它们不是同时喷成，但是不存在新老连接不好的问题。防渗帷幕的稳定性较好。因为高压喷射流的能量巨大，只要新老固结体能相连接，新固结体的喷射流能把老固结体表面冲击的非常干净，硬化后新老固结体连为一体。6.2.2 旋喷复合地基的质量有保证。旋喷复合地基由多个不相连的旋喷桩组成。旋喷时其主体为有一定直径和体形的旋喷桩，还有一部分连在旋喷桩外面的支体，支体是因土的裂缝造成，其数量、粗细（厚薄）和长短与土的裂隙状况及喷射技术参数有关。也就是说，旋喷复合地基不但有旋喷桩，在桩之间的土中还有若干支体固结体，它们在一定程度上改善了桩间土的物理力学性能，从而加大了复合地基的承载力，减小了地基的沉降量。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 [www.100test.com](http://www.100test.com)