

高压旋喷注浆加固工艺及加固效果研究

罗人滨 刘晓芳

(江西省地质局第三地质大队, 江西 九江 332000)

摘要: 土木工程中关于岩石、土、地下和水等结构的施工属于岩土工程范畴, 经过多年的发展, 工程施工工艺技术水平大幅提升, 更多先进新型的技术被广泛应用。高压旋喷注浆加固工艺在岩土工程中的应用范围比较广, 施工技术操作非常简单便捷, 同时加固结构的质量优良, 安全性高, 工艺施工使用的设备、注浆材料都非常环保经济。因此, 本文对高压旋喷注浆加固工艺特征、喷射流切削岩土效果、施工常见问题解决方法等内容进行分析。

关键词: 高压旋喷注浆; 加固工艺; 工艺应用; 加固效果

中图分类号: TU753.3 **文献标志码:** A



高压旋喷注浆工艺技术经过几十年的发展, 已经达到成熟标准, 技术先进性达到国际水平。高压旋喷注浆工艺是高压注浆技术中常用类型, 其适用范围比较宽广, 且流程简单。在工艺应用期间需要严格按照打孔、插管、喷浆、补浆这一顺序进行, 实践工艺施工期间存在很多发生概率较高的问题, 影响加固质量效果, 因此对其工艺应用和加固效果进行研究具有现实意义。

1 高压旋喷注浆加固工艺的基本特征分析

1.1 注浆技术特征

注浆施工简单来说就是根据施工要求, 选择适宜的材料按照科学比例配制成浆液材料, 然后利用专业的高压注浆设备通过压力将浆液注入地基岩土体内部, 实现土内的渗透、置换、填充等效果, 浆液与土体内部结构通过凝固连接形成一体结构, 增强地基结构的性能。注浆技术是岩土工程施工中应用的主要工艺, 应用的覆盖范围非常广, 施工经济性比较高, 节约成本, 促进施工质量与效率同步提升。

1.2 高压旋喷注浆加固工艺特征

1.2.1 加固原理

高压旋喷注浆加固施工工艺, 主要是应用钻孔机械设备将旋喷注浆管送到注浆的指定区域, 然后在高压条件下, 借助注浆管将浆液朝土体结构喷射, 高压作用会冲破土体, 使浆液注入进去。高压最低水平是20 MPa, 最高水平是40 MPa, 旋转喷射的力量比土体强度大时, 土体结构就会被冲破, 部分破碎的土体颗粒结构会直接融入浆液, 还有部分会通过浆液中流

动冒出水面, 注入的浆液与土体结构材料进行融合凝固, 形成坚固的结构整体, 实现有效加固。

1.2.2 工艺特征

(1) 工艺应用范围广泛

与传统的灌浆技术相比, 高压旋喷注浆工艺技术流程更为简便, 旋喷的参数设定能根据实际进行灵活设定和调整, 注入的浆液与土体融合凝固效果优良, 因此该工艺在岩土工程中的应用范围较为广泛, 在部分土质中均能应用, 比如软土、黄土、砂土等。该工艺应用后能大幅度提升地基坚固性能, 旋喷的方式可以灵活调整喷射方位, 可根据土质的不同和加固处理目标的不同设定适宜、科学的施工方案, 保证固结处理的质量。

(2) 施工工艺实施具有便捷性

高压旋喷注浆工艺的实施非常方便, 使用的施工设备包括钻机、旋转喷头、注射管等, 设备的应用操作比较简单, 整体设备连接后能形成紧密结构, 占地面积比较小, 具有较强的安全性。在空间有限的施工环境中应用优势明显, 在土层钻孔结构直径比较小, 最大不会超过30 cm, 施工后固结体的直径至少会比钻孔直径大8倍, 施工工艺对加固范围能进行灵活的调控, 保证加固效果满足工程要求。

(3) 加固结构形状控制水平优良

高压旋喷注浆工艺使用能360° 旋转的喷头设备对注浆喷射的状态进行调控, 同时在实际喷射施工过程中, 能随时对喷射速度、旋转角度和喷射压力进行调整, 还能通过应用不同规格的喷嘴控制喷射量。对

多项施工操作参数的调控, 可实现对加固结构形状的控制, 能根据加固要求形成圆柱、圆盘、扇形等状态。

(4) 注浆材料应用非常经济和环保

注浆材料主要是水泥。高压旋喷注浆工艺所应用的材料是价格比较低的绿色水泥, 同时要求水泥的耐久性达到良好标准。人们还会根据注浆工程的实际情况应用外加剂、添加剂增强水泥浆液的性能, 比较常用的外加剂有早强剂、抗冻剂等, 这样使浆液形成的固结体性能优良, 这是工艺材料使用范围广泛的主要原因, 材料的成本非常低, 经济性较高。同时高压旋喷注浆加固施工应用的设备运行期间不会产生特别强烈的振动, 噪声比较小, 能减小对周围环境和居民产生的不良影响。注浆期间冒出的浆液可以被回收再次利用, 满足现代岩土工程施工环保的要求。

(5) 加固效果可靠性强

高压旋喷注浆工艺形成的旋喷桩, 水泥石密度比正常土层低一些, 强度明显高于地基土, 高压旋喷桩体结构的强度较大, 对应的承载能力较强, 桩基基础功能均具备, 在不同类型土质中强度均比较高, 比如在砂土中的强度最高能达到20 MPa, 旋喷桩因强度优势可使地基承载力随之变高, 加固的可靠性变强^[1]。同时注浆后固结体的防渗性能比较强, 固结体的内部孔隙不具备贯通性, 在体外还会形成密度较高的硬壳结构, 使固结体的稳固性得到增强。

2 高压旋喷注浆工艺的喷射流切削岩土效果

高压旋喷注浆工艺形成的喷射流在压力的加持下, 喷射力量较大, 能对岩土体进行切削, 使土体结构在切削冲击下产生破坏。喷射流切削岩土的效果会受到多种因素的影响。喷射流的动压水平达到岩土结构压力承受水平以上时, 土体会出现破损, 破坏的效果与喷射流的速度相关, 要想提升切削效果需要将喷射压力变大, 这样流速就会加快, 动压力量就会变大, 可更好地对土体进行切削。旋喷期间喷嘴保持移动状态, 移动速度在旋喷期间对岩土的切削效果也有影响, 当喷嘴旋转和提升的速度保持在比较慢的状态时, 喷射力量作用在土体的时间就比较长, 破坏切削作用就比较强, 喷射的直径会变大。旋喷的总体力作用要超过土体结构力才能实现切削, 在实际喷射过程中, 喷射力量在受到土体结构力的阻碍后, 会逐渐地变弱, 有效的喷射能量会对相应范围内的土体进行挤压, 使浆液成功融入土粒孔隙, 实现固结体与土体的融合衔接, 保证喷射流切削岩土效果达到要求水平。

3 高压旋喷注浆工艺的成桩效果

3.1 成桩的作用

在进行高压旋喷注浆施工期间, 高压射流处于一边旋转一边提升的状态, 对喷嘴周围的土体进行切削, 会破坏土体, 产生大量不同直径的土颗粒, 比较小的颗粒会被注入的浆液挤压出来, 随着浆液流动到达地表处, 其他颗粒会在综合力的作用下, 根据质量大小的相应规律进行排布, 然后随着浆液的凝固形成新的整体结构, 新形成的土体结构将具备高强度和良好防渗性能。旋喷注浆成桩能形成喷射流持续地对土体进行冲击, 对土体进行破坏切削, 保证喷射流, 全面覆盖需要破坏的范围, 旋喷通过缓慢持续地上升, 使土体接受喷射流后产生空隙结构, 造成压力差, 推动土粒与浆液移动搅拌, 相互融合, 那些被挤压排除的土粒为浆液提供注入的空间。在喷射流的最终区域, 喷射流会对周围的土体结构形成挤压力, 增强土体的密实性。对本身渗透性优良的土体结构, 旋喷液能渗透到没有被破坏的土体中, 增强土体的强度。

3.2 水泥石的加固效果

高压旋喷注浆工艺通过注入水泥石浆对土体结构进行加固处理, 水泥石是主要的加固材料, 人们会根据实际在水泥浆混合液中添加外加剂, 以此提升水泥石的加固能力。在水泥石浆液与原本土体结构融合凝固期间, 水泥水化后会生出多样化的水化物结晶体, 并持续地生长和扩散, 对土体结构进行包围和压实, 形成水泥与土骨架结构, 实现水泥石的加固处理。注入的浆液凝固过程会产生胶凝体, 与土体相互混合和凝结, 形成更为坚固的结构, 实现强度的提升。

3.3 水泥固结土的状态特征

高压旋喷注浆工艺形成的水泥固结土, 强度水平较高, 尤其是固结体外侧结构的强度更高, 保护作用良好, 旋喷注浆的范围较大, 目前工艺应用能达到的固结体最大直径为500 cm^[2]。固结土形成过程中会经过多种物理变化, 结构内部的孔隙被填充, 无法渗透, 浆液的水泥量与渗透系数之间成反比例变化关系。旋喷固结体的形状多样, 其中圆柱状的固结体强度最大, 承载能力更好, 固结体的直径与承载力之间成正比例变化关系。水泥固结土的稳定性较强, 耐久性优良, 能很好地适应环境的变化。

4 高压旋喷注浆工艺流程

4.1 钻孔施工

根据施工设计要求, 确定钻孔的位置和数量, 通过孔洞结构将旋喷注浆管深入喷柱土层位置。在开展钻孔施工前, 要对施工区域的地质类型、周围环境特

征进行充分了解,同时对施工计划中的加固深度进行明确,提前检查施工设备与工具、人员的准备情况,保证一切准备就绪后再开展钻孔施工。根据加固要求深度,控制钻孔深度,通常钻孔的深度能超过30 m。土质较软的土层结构钻孔比较顺畅、快速,遇到较硬土质时,要采用地质钻机设备开展施工。

4.2 插管施工

钻孔施工完成并检查无误后就要陆续开展插管施工,将准备好的旋喷注浆管沿着钻孔插入地层喷柱位置。插管期间要保证管的规格能顺利进入孔洞,孔洞能支撑管结构。如果应用地质钻机实施施工,要在插管前将岩芯管移除。在插管期间,可能旁边的泥沙会进入喷嘴,造成堵塞,为避免该情况,可以在插管过程中保持轻压射水状态,水压要控制在1 MPa以内^[9]。

4.3 喷浆施工

需要根据施工环境特征进行合理调控,对喷浆施工的各项参数进行设置。参数包括喷浆压力、喷射流量、旋转提升的速度等。旋喷施工要从最深层开始缓慢地向上移动,根据第一次喷浆的实际效果,沿着第一次喷浆的路径进行第二次喷浆处理。进行第二次喷浆施工时,土体对喷射流的阻力会明显降低,喷射的有效区域就会扩大,从而扩大加固覆盖面积,提升加固效果。

4.4 补浆施工

喷浆施工完成后,浆液会与土体结构进行混合搅拌,逐渐凝固。凝固期间水泥浆液会出现析水现象,混合结构可能出现不均匀的收缩,固结体的顶部就会出现一定的凹陷问题,这会影响到固结体加固质量效果。因此要进行补浆处理,可以在喷射孔注入适量的浆液对收缩位置进行补浆。

5 高压旋喷注浆施工期间容易出现的问题及解决方法

5.1 冒浆问题的处理

在旋喷注浆对土体进行削切破坏时,部分小规格的土粒会跟随浆液的流动冒出地表,施工人员要对冒浆状态进行了解,明确土层、喷射情况。在正常情况下,冒浆量最大不会超过20%,没有出现冒浆现象或者过量属于不正常现象。对未出现冒浆问题,如果土质过软可以采取复喷进行处理;如果施工环境周围有空洞等,要停止注浆提升,等待冒浆再恢复。对冒浆过量问题,可以通过增加喷射压力或者旋转提升速度进行处理。

5.2 固结体常见问题的处理

5.2.1 不完整

固结体不完整的影响因素较多,比如旋喷注浆中

断等,这时可以进行回灌冒浆操作,还可以通过再次注浆进行处理,这样即使旋喷注浆施工中断,断桩的概率也会降低。同时如果旋喷注浆施工中断,在进行管道卸载和重新下管操作时,停顿区域的搭接长度必须超过10 cm^[4]。

5.2.2 方位偏移

固结体方位发生偏移时,结构的承载能力无法达到标准水平,防渗透性能会变弱。一般固结体方位偏移主要由钻孔方位不正引起,因此可以通过保证钻孔垂直、严格控制方位角度误差的方式进行解决。

5.2.3 强度不均

土质的类型众多,每种土质都具有特殊的性能特征。土层性能对固结体的性能有直接影响,在应用旋喷注浆工艺时,需要提前对土质特征进行明确,同时根据实际特征对旋喷参数进行科学设置,做好复喷处理。

5.3 喷射流压力不足

高压旋喷注浆工艺的实施要求喷射流的压力达到较高且充足的水平,当喷射流压力不足时,加固效果会大打折扣,要分析出现问题的原因。比如,因高压泵装置性能偏低引起的话,可以更换性能达标的高压泵设备。

6 结束语

在岩土工程中,高压旋喷注浆工艺施工属于隐蔽工程,由于无法对施工成品进行肉眼直观检查,为保证施工质量、效率和安全,就必须对施工工艺的应用实施进行严格的规划与规范管控。应按照正确的流程开展施工,对工艺施工实践中常见的问题进行重点关注和处理。施工完成后要对固结体质量进行检测,保证加固效果。

参考文献

- [1] 李巍.高压旋喷灌浆与帷幕灌浆联合施工的坝体防渗加固技术研究[J].黑龙江水利科技,2017,45(2):59-62.
- [2] 李利平,罗斌.湿陷性黄土地区高压喷射注浆法地基加固的施工控制[J].四川水泥,2020,282(2):86,133.
- [3] 李峰,韩卓鹏,罗明坤,等.高压喷射注浆底板加固技术在大采高工作面中的运用研究[J].煤,2021,30(12):32-35.
- [4] 程跃华.高压喷射灌浆在土石坝防渗加固中的应用建材发展导向[J].建材发展导向,2020,18(13):160.