

高压旋喷桩止水帷幕在深基坑支护中的应用

傅万祥

同济大学土木工程学院 上海 200092

【摘要】：随着现代社会发展，我国城建迎来了很大的机遇，一些地区为了城市化发展开始大规模建设工程，然而其中地下水渗漏是地下建设中最突出的问题之一。其常常能够造成重大后果，且会对整个基坑工程产生不利影响，因此如何防止地下水渗透是基坑支护设计和施工的重点。高压旋喷桩是一种近几年应用广泛的新型止水帷幕技术，其通过机械搅拌土体的同时高压喷射水泥浆形成桩体，具有施工快、固体强度大以及环境友好等特点，将其在深基坑止水帷幕中应用，一方面效果良好、建设成本低，另一方面具有良好的经济和社会效益。本文分析了高压旋喷桩技术的优势作用，在深基坑支护中的应用，并阐述了高压旋喷桩的施工原理、施工工艺、技术方案和成果检验。

【关键词】：高压旋喷桩；止水帷幕；深基坑支护

引言：

在对一些城市建筑密集且富含地下水的地区进行基坑支护设计时，不仅要考虑基坑自身的稳定问题，还应保证基坑开挖影响范围内既有建（构）筑物、道路、地下设施等周边环境安全，确保基坑支护设计方案安全适用、经济可行^[1]。

深基坑的施工是保障工程整体质量的关键，如果基坑的边坡不稳定，则会极大的影响到施工安全，采用高压旋喷桩既可以突破场地的限制，又能有效地对基坑薄弱点进行封堵^[2]。高压旋喷桩是利用钻机先钻小孔径钻孔到达预定深度，再以高压旋转的喷嘴将气液混合物喷出，切割土体，将水泥浆喷入土层与土体混合，形成连续搭接的水泥加固体，该水泥加固体具有一定的强度和不透水性能，有加固土体和止水效果^[3]。通过旋喷搅拌桩和护坡桩之间相互搭接，形成一道连续的止水帷幕，近而阻断地下水渗入施工区域，以此确保基建施工的顺利进行。

1 高压旋喷桩技术的原理分析和优点

1.1 高压旋喷桩原理分析

高压旋喷桩是利用钻机将旋喷注浆管和喷头钻至桩底，再通过高压发生装置使预先配制的浆液获得巨大能量后高速喷射而出，形成一股能量高度集中的流体达到直接破坏土体的目的^[4]。通过特质的液浆和水泥浆、土体间发生的化学、物理反应最终形成渗透性较低的桩体，其可有效防止水体发生渗透，正常状况下其渗透系数在 $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 以下。从宏观方面来看，借助高压的水泥浆可进入到土粒内部，产生由水泥浆构成的桩体，阻挡了水分子流动；从微观方面来看，借助高压的水泥浆渗透入了土体内部的孔隙，与粗粒土颗粒等共同组成了桩体，共同实现止水目的。

一般情况下，止水帷幕的止水效果主要是由桩体本身渗

透性决定，而桩体渗透性又受掺和的水泥量、土体的种类等因数影响，且同等水泥掺量下土体渗透的系数越低，帷幕渗透系数越小。在实际情况中，施工方案设计为了强化综合止水成效，通常使外围桩和旋喷桩间紧密相接，长度保持在 10—30 cm 范围内。

1.2 高压旋喷桩优点

高压旋喷桩具有施工速度快，固结体强度大，水泥浆不会造成环境和地下水污染，且耐久性较好，施工噪音较小等特点，将其在深基坑止水帷幕中进行应用，不仅方法可行，效果良好，而且大大降低了建设成本，具有良好的经济效益和社会效益^[5]。

高压旋喷桩止水帷幕利用射流作用来切割地层，通过改变地层结构，灌浆使水泥浆固结，从而可加固地基，避免地基基础出现渗漏问题。因此，在建筑工程地基施工中，采用高压旋喷桩止水帷幕进行设计和具体施工操作，可提高整个建筑地基的稳定性，避免因为基坑开挖对周边环境造成不利影响^[6]。

体现出如下优点：①精确性高。高压旋喷桩利用高压流水喷射，能够在短时间内对土体、砂砾、碎石等岩层“切割”对破坏，并且喷射的流体压力以单脉冲方式破坏石砂，减少了石砂中空化的发生。该技术适用的地质条件更广，能够在杂填土，碎石土，抛石地基和厚硬砂层等复杂地层中施工^[7]。②固结效果强。旋喷桩特有的旋转钻孔通常在整个喷射过程中都会产生间隙，尤其是喷头结合的压力系统，它会督促石砂沿与喷嘴相反的方向运动，从而能够有效的将水泥、浆液等进一步充分混合以产生新的结构。③提升水泥与土体的融合效果。在旋喷桩高速切割了沙质土壤时候，一些较大的粗粒土壤被排入流泻道，促进粗粒土壤能够留下的缝隙中水泥浆液快速进入，提升状态形成的效果。④提高浆液渗透性。

在高压射流“切割”破碎土壤层后，其破碎边缘仍存有一定压力，这使得水泥砂浆能够进一步深入到土壤层中，渗透到沙层土壤中填充空隙和吸收水分。

2 高压旋喷桩施工工艺

2.1 施工前的准备

在旋喷注浆成桩作业过程中，工程现场需要预先完成维护工作，包括配置足够的施工人员数量及水泥沙粒原料，同时还应考虑到施工对附近建筑或景观可能会产生的影响。同时校正钻机水平，使钻杆和钻孔保持垂直，钻头速度与应以此中速，防止遇到硬石层卡钻。

高压喷射注浆材料通常主要为水泥，宜采用强度等级为42.5及以上的普通硅酸盐水泥，一般土层中高压水压力不应小于20MPa，圆砾及泥岩中水压力不应小于25MPa。

2.2 同时明确钻孔位置和作业

在施工之前，需要按照施工的轴线、设计图纸排距和孔距，采用精准的仪器确定及标记钻孔的具体位置，同时还需做好开始工作的准备。一旦钻孔位置确定好后，要尽快采取行动，以免最后因其他因素影响进程。另外在钻孔过程中，应选择地质钻机（硬质的合金钻头或者金刚石钻头）开展土层钻孔。

2.3 制定水泥浆液

在制定水泥浆液的过程中，应据浆液的配比（水灰比是1:1，水泥用量应高于200kg/m）展开精准的称量和计算。除此以外，还需严格把控其中水泥浆液的比重，如果采取高速的搅拌机来制浆时，那么搅拌时间应当在半分钟以上。

在水泥浆液搅拌完成后还要通过筛选除去杂，过滤掉其中不符物质，以免杂物进入到浆液中导致喷嘴发生堵塞，最后再置于专用的存储桶中。同时，为了保证水泥浆不易出现断折，专用的存储桶中应安装一定缓冲的搅拌装置，另外还需注意水泥浆液的保存时期，如果摆放超过4小时理应作废，并需要重新制作水泥浆液。

2.4 喷浆作业

喷浆作业时检查注浆的流量、大小压力、旋转速度等，并且由上而下进行记录，且注浆管分段搭接的长度不得小于100mm。在高喷过程中，需要确保：①作业开始前，确信高喷台车就位，且在高喷管进入钻孔之前，需要调整高喷台车的整个水平垂直高度，使其喷管口与钻孔方向保持相同。②在喷射管下入时候，施工人员需要对高压泥浆泵和空压机等机械、供风管和输浆管等管线是否正常稳定运作、是否疏通等方面进行检查，最后确保无误，方可进行下入喷浆管的

操作。③在喷浆管下入操作时，为避免其过程中出现泥浆堵塞喷嘴的现象，可在地面上对喷嘴特殊处理或者采用低压力注浆，另外只有在高喷管潜下入到预定的深度后，才可灌入水泥浆液以及经过压缩处理的空气。

3 高压旋喷桩的注意事项

高压旋喷桩是一种地基处理加固、基坑支护止水常见的工艺。在深基坑施工中，常常与灌注桩一道组合，分别承担基坑壁支护与止水功能，同时旋喷桩将坑壁土体加固而减少支护灌注桩体的土压力。高压旋喷桩作为止水帷幕在工程施工过程中有着广泛的应用，但是，随之也发生了许多止水失效或支护失稳的案例。

高压旋喷注浆操作需严格按先后顺序施工，避免顺序混乱拖延施工工程进行，同时还需确保成桩的质量。另外施工过程中注意以下质量控制：

3.1 对施工材料和机具控制

在进行施工之前，相关监督人员需要对水泥的质量进行严格控制，必须采用符合规范且有质量检测证书的水泥。在成桩、注浆前必须认真检查系统设备和机械的运行质量，提前清理喷管内的残渣杂质，保证各个管线路顺畅，密封性优良，且喷射管具体的喷射压力表要经专业人士校正以满足设计要求。

3.2 对用量和操作控制

观察记录水灰比、高压泵压力、排空机的回转速度以及各种压力所产生的流量，并按照相关的标准严格控制，如果发现异常现象，应第一时间与主要负责人取得联系。在水泥浆液的调配比例中更要控制，施工人员需在施工期间不定时进行抽检，确保其水泥浆液比重在1:4~1:6的标准之内。

同时相关人员在旋喷成孔、插管、注浆的各项操作中必须严格按照规范要求进行，避免工人因自身原因而拖延整个工期进行。在对喷射钻具的操作过程中，施工人员要严格遵守和控制提升速度、各种工艺等参数要求，以确保最终的成桩质量。

3.3 对设备前后进行控制

在设备进行工作时，需要正确对设备进行检查，在各个桩位处做好编号标记处理，开孔之前按照对应的标记桩位要进行工作，另外钻孔孔位的水平偏差严格控制在3cm以内，在垂直偏差控制在1%以内。如果钻孔中有遇到硬体障碍物，应该事先商议使用合金钻头疏通孔位，禁止喷射钻头强硬成孔，最后导致钻头损坏。

在设备旋喷注浆结束后，需从注浆泵头到喷头全部设备

上下进行清洗,且对喷射管清洗时要细致到每一根,即卸一根洗一根,最后拧紧管口堵头。为了防止桩体出现残留物堵塞的问题,导致其整体的水分子渗透性增强,在注浆施工结束后的1个月内,施工方要对地质复杂、在喷浆过程中有异常状况的地方多次重复检查,每次的数量不得少于已完工的2%~5%,发现不符合要求的桩体需要及时工程补喷作业。

4 高压旋喷桩施工后的检验

高压旋喷桩除了在工作时需要严格控制之外,在施工后进行的检验也是其在深基坑止水帷幕中应用的一个方面。对于旋喷桩施工后的检验,主要方法包括开挖查看桩身的完整性和有无渗漏、钻芯取样试验等检验技术指标的抗压强度、渗透系数,检验后按照相关规范进行改进:

4.1 桩体开挖检验

第一步,对高压旋喷桩进行2-3m以内的小范围挖掘,通过测量仪器检测其是否有水分渗漏的现象。第二步,对高压旋喷桩进行5-6米以内的大范围挖掘,通过测量仪器检测其喷射的浆液是否有与地下土体良好的融合,并且查看桩身是否完整,如果出现渗水的现象,就应采取相关的措施对渗漏的部分维修填充处理,预防后期浆液与土层粘合的部分再次出现水漏的现象。

通过这样的桩体挖掘检验,不仅能够保证高压旋喷桩技术的在深基坑止水帷幕中应用的质量,而且还能够促使工程

城市化建设的顺利进行。

4.2 钻芯取样

在做钻芯取样的检验时候,需要通过对高压旋喷桩进行机械钻芯取样,检查内部部分芯样的完整情况,观察其是否会引起水渗漏等危害现象,近而保障高压旋喷桩技术的在深基坑止水帷幕中应用的质量。

在施工完成后,还要在对其他技术指标的抗压强度和渗透系数的检验中,观测其是否符合相关的要求,进而使深基坑的防渗水工程质量得到保障。

5 总结

随着建筑行业快速发展,极大的促进了深基坑支护技术的迅速发展。高地下水位深基坑的施工,危险性和施工难度大,若不能采取可靠的降,止水措施,会引起基坑周围渗漏泥浆,造成支护桩变形和局部土体发生位移,沉陷,危及临近构造物及作业人员的安全,也无法保证基坑施工质量^[8]。使用高压旋喷桩形成基坑外止水帷幕,能够有效解决传统的明挖基坑降水施工对建筑物引起的不均匀沉降问题。旋喷桩工艺能够有效控制桩体外侧的土地变形,有利于基坑的稳定性,止水帷幕能够确保基坑内无水作业^[9]。

建筑工程施工过程中深基坑支护得到了广泛的应用,在深基坑支护过程中高压旋喷桩止水帷幕已经成为较常应用的施工方式,其可以应用到局部砂层,圆砾层施工区域,最终得到良好的支护与止水目的,从而保证工程施工质量^[10]。

参考文献:

- [1] 熊智彪主编.建筑基坑支护[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [2] 刘钊,初欣雨.高压旋喷桩止水帷幕在深基坑围护施工中应用分析探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2017(1):00300-00300.
- [3] 鹿羽.高压旋喷桩咬合支护灌注桩在基坑支护止水帷幕中的应用[J].中国房地产业,2018(12):1.
- [4] 冯象英.高压旋喷桩止水帷幕在深基坑支护中的应用[J].科学技术创新,2020(26):2.
- [5] 胡英骏.基于深基坑止水帷幕中高压旋喷桩施工工艺应用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2016(9):00205-00205.
- [6] 张荣海,王金科,薛恒星.高压旋喷桩止水帷幕在工程中的具体应用[J].建材与装饰,2019(16):2.
- [7] 王飞,张亮,龚晓南,戴斌,左祥闯,邹盼.潜孔冲击高压旋喷桩在基坑止水帷幕中的应用[J].施工技术,2020,49(19):4.
- [8] 曹龙飞,代一,薛建伟,等.止水帷幕及降水技术在深基坑支护工程中的应用[J].建筑工程技术与设计,2018,000(027):264.
- [9] 莫茗钧.高压旋喷桩止水帷幕在基坑支护中的应用[J].西部探矿工程,2017,29(8):3.
- [10] 顿海山.高压旋喷桩止水帷幕在深基坑支护中的应用[J].建筑工程与管理,2020,2(8):3.