

关于水利工程灌注桩施工技术的分析

孙剑峰 吴兆飞

盐城市水利勘测设计研究院有限公司 江苏 盐城 224000

摘要：水利工程灌注桩施工是基础作业关键环节，通过钻孔、钢筋笼安放、水泥浆灌注形成桩体，适用于复杂地质条件。其技术要点涵盖成孔、钢筋笼制作安装、混凝土灌注及质量检测，需严格把控各环节参数与操作。施工中易出现孔壁坍塌、断桩、桩身夹泥等问题，需针对性采取回填、注浆、补桩等处理措施。研究该技术对保障水利工程安全稳定运行、提升基础施工质量具有重要意义。

关键词：水利工程；灌注桩；施工技术

引言

水利工程基础稳定性直接关乎整体安全，灌注桩施工技术因适应复杂地质、承载能力强等优势，成为关键基础工艺。当前，各类水利工程对灌注桩质量要求日益提高，但施工中受地质、操作等因素影响，易出现各类问题。本文围绕灌注桩施工概述、技术要点、常见问题及处理措施展开分析，旨在为优化施工工艺、提升工程质量提供参考，确保其在水利工程中充分发挥基础支撑作用。

1 水利工程灌注桩施工概述

水利工程中的灌注桩施工是极为关键的基础作业环节。灌注桩施工原理是借助钻孔设备成孔，将预先制作好的钢筋笼按设计要求精准放置于孔内，随后通过特定工艺将水泥浆注入孔内，围绕钢筋笼凝固形成桩体。这一施工技术凭借其独特优势，广泛适用于各类复杂地质条件下的水利工程，涵盖基坑支护、基础承载、地基处理以及防渗隔水等重要领域。在灌注桩施工工艺中，涵盖多个紧密相连且至关重要的环节。孔探设备用于对地下土层进行细致勘探，为后续施工提供详实的地质数据支撑。钢筋笼制作需严格依照设计图纸精心打造，确保各项质量指标符合相关规范要求，其质量优劣直接关系到灌注桩的整体强度与稳定性。钻孔施工过程里，钻杆、钻头及泥浆泵等设备协同作业，按照精确的设计要求进行钻孔操作，钻孔的垂直度、孔径大小以及深度等参数都必须严格把控，以保障成孔质量。封管环节至关重要，其作用是将钻孔内的水泥浆管道妥善封闭，防止桩孔内泥浆外流，同时为后续灌浆提供稳定的通道，使水泥浆能够顺利注入钢筋笼周围。灌浆时，选用合适的水泥浆并采用恰当的注浆工艺，使水泥浆充分充实桩孔周围土体，与土体紧密结合，最终形成具备足够强度和稳定性的桩体。桩头处理则是在灌浆完成后，对桩头进

行精准处理，使其满足设计规定的各项技术指标。灌注桩施工工艺要求采用优质材料，遵循严格的工艺标准，以此确保灌注桩具备高强度和良好的耐久性。整个施工过程需专业设计指导，施工人员严格按照规范操作，凭借丰富经验和专业技术应对各类复杂情况，从而全方位保障灌注桩的施工质量，为水利工程的安全稳定运行奠定坚实基础。

2 水利工程灌注桩施工技术要点

2.1 成孔技术

（1）依据不同地质条件，精准选用适配的钻孔设备。在黏土、粉质黏土等土层中，回转钻机借助钻头回转切削土体，配合泥浆循环排土，能实现高效成孔，且泥浆可有效保护孔壁；面对坚硬岩石地层，冲击钻机以其强大冲击力破碎岩石，逐步成孔，可确保孔壁稳定。

（2）钻孔过程中，对各项参数的严格把控至关重要。需密切监测调控钻进速度，软土层适当加快提效率，硬土层或岩石层放缓保质量；时刻关注泥浆相对密度、黏度、含砂率等指标，保证性能良好以护壁排渣；利用仪器实时监测垂直度，及时调整，避免孔斜超标影响灌注桩承载能力。（3）清孔作业是成孔后的关键步骤。采用换浆法时，通过注入优质泥浆，将孔内悬浮钻渣及不良泥浆置换出孔外，确保孔底沉渣厚度符合设计要求；利用抽浆法，借助真空泵或空气吸泥机等设备，强力抽出孔底沉渣，有效降低沉渣对灌注桩端承力的不利影响，为后续施工奠定坚实基础^[1]。

2.2 钢筋笼制作与安装技术

（1）原材料的严格筛选是基础。选用符合国家标准及设计要求的钢筋，仔细检查其外观，确保无裂纹、结疤、折叠等缺陷，且钢筋的力学性能经复试合格后方可使用。在钢筋加工前，需彻底清除表面油污、铁锈等杂质，保证钢筋与混凝土的良好粘结。（2）钢筋笼制作

时,严格按照设计图纸精心操作。准确控制主筋间距,确保偏差在允许范围内,主筋采用焊接或机械连接方式时,接头质量必须符合规范,保证连接牢固,传力可靠。加强筋与主筋应垂直焊接,增强钢筋笼整体刚度;螺旋箍筋按设计间距均匀缠绕并与主筋牢固绑扎,提升钢筋笼的稳定性。(3)钢筋笼安装过程中,合理选择吊点,采用两点或多点吊装,防止钢筋笼在吊运过程中变形。吊运至孔口后,精准对位,缓慢下放,下放过程中保持钢筋笼垂直,避免与孔壁碰撞。钢筋笼就位后,通过测量仪器精确调整其位置,确保中心位置偏差及标高符合设计要求,并采取有效固定措施,防止在混凝土灌注过程中发生位移或上浮现象。

2.3 混凝土灌注技术

(1)混凝土原材料的选择与配合比设计极为关键。选用优质水泥,确保其强度等级、凝结时间等性能满足要求;粗细骨料的粒径、级配要合理,含泥量等杂质严格控制标准范围内;外加剂的种类与掺量经试验确定,以改善混凝土工作性能,如提高流动性、缓凝等。根据工程实际情况,通过试配确定最佳配合比,保证混凝土强度、耐久性及和易性。(2)灌注前,充分做好各项准备工作。检查灌注设备,如导管、漏斗、储料斗等,确保其密封性良好、连接牢固且无堵塞。对孔底沉渣厚度再次检测,若超标需重新清孔。计算首批混凝土灌注量,保证足够的混凝土量能一次性埋住导管底部一定深度,防止泥浆混入混凝土。(3)灌注过程中,保持混凝土灌注的连续性,避免中断。需控制好灌注速度,过快会使钢筋笼上浮,过慢会造成堵管。要密切观察导管内混凝土下降及孔内水位变化,及时测混凝土面高度,适时提升拆卸导管,确保导管埋深控制在2-6米,保证混凝土灌注质量,使桩身混凝土密实、连续^[2]。

2.4 施工质量检测技术

(1)桩身完整性检测是质量检测的重要内容。采用低应变法,通过在桩顶施加激振力,产生应力波沿桩身传播,根据反射波信号分析桩身结构完整性,可快速检测出桩身是否存在缩颈、断桩、离析等缺陷。对于大直径灌注桩,超声波透射法更为适用,在钢筋笼内预埋声测管,通过发射和接收超声波,依据波速、波幅等参数判断桩身混凝土内部质量。(2)桩基承载力检测直接关系到灌注桩能否满足工程设计要求。静载试验是确定单桩竖向抗压承载力的可靠方法,在桩顶逐级施加竖向荷载,观测桩顶沉降,根据沉降与荷载的关系曲线,确定单桩极限承载力。对于承受水平荷载的灌注桩,采用水平静载试验,检测桩基的水平承载能力及变形特性。

(3)对检测数据进行系统分析与评估,建立完善的质量检测档案。将检测结果与设计及相关规范标准进行对比,若发现质量问题,及时组织专业人员分析原因,制定科学合理的处理方案。对处理后的灌注桩再次进行检测,确保其质量满足工程安全稳定运行的要求,为水利工程的高质量建设提供坚实保障。

3 水利工程灌注桩施工常见问题与处理措施

3.1 常见问题

3.1.1 孔壁坍塌

孔壁坍塌多发生于松散砂层、粉土层或富水地层,施工中常表现为孔内水位突然下降,返出的泥浆中夹杂大量泥块或砂粒,钻进时出现卡钻、埋钻现象,严重时孔口会出现明显的塌落痕迹。此类问题的成因较为复杂,在松散地层中,土体自身稳定性差,钻孔过程中泥浆护壁效果不足,无法平衡孔内外的水压力和土压力,易导致孔壁失稳坍塌;若钻进速度过快,钻头对周围土体的扰动加剧,破坏了原有的土体结构,也会引发坍塌;泥浆性能指标不符合要求,如黏度不足、相对密度偏低,难以形成有效的泥皮保护孔壁,或在清孔过程中操作不当,导致孔内泥浆水头高度骤降,都会增加孔壁坍塌的风险。

3.1.2 断桩

断桩是灌注桩施工中较为严重的质量问题,表现为桩体混凝土在某一截面出现不连续,无法形成整体受力结构,检测时低应变反射波法会显示明显的反射信号,超声波透射法则呈现声波传播中断或严重衰减的特征。其形成原因主要包括混凝土灌注过程中导管埋深过小,导致管外泥浆进入混凝土形成夹层,随着灌注持续,夹层逐渐扩大形成断桩;若混凝土供应不及时,灌注中断时间过长,已灌注的混凝土表面形成硬壳,后续混凝土无法与前期混凝土有效结合,也会产生断桩;导管提升过猛或碰撞钢筋笼,使导管接头脱落或损坏,泥浆从破损处涌入,破坏混凝土的连续性,以及钢筋笼安装时位置偏差过大,在灌注过程中发生严重上浮,带动混凝土出现分层断裂,都可能引发断桩事故。

3.1.3 桩身夹泥

桩身夹泥指桩体混凝土中混入泥块或泥浆,导致桩体强度降低、整体性变差,检测时可见桩身局部存在低强度区域,超声波检测显示该部位波速和波幅明显低于正常混凝土区域。这种问题多因混凝土灌注时导管埋深过大,导管内混凝土压力不足,无法将孔内泥浆彻底排挤出去,使泥浆在混凝土中形成包裹体;若泥浆性能不佳,含砂率过高或黏度异常,在混凝土灌注过程中不

能顺利返出孔外,部分泥浆会被卷入混凝土内部形成夹泥;清孔不彻底,孔底沉渣厚度超标,灌注时沉渣被混凝土推动上浮,与混凝土混合形成夹层,或在提升导管时操作不当,导管底部脱离混凝土面,导致泥浆倒灌进入桩体,都会造成桩身夹泥现象。

3.2 处理措施

3.2.1 孔壁坍塌处理

针对孔壁坍塌问题,需根据坍塌程度采取对应措施,若坍塌范围较小,可先停止钻进,向孔内投入黏土块和片石,利用钻头慢速冲击,使黏土和片石挤入坍塌部位形成临时护壁,待孔壁稳定后,调整泥浆性能,提高泥浆的黏度和相对密度,重新进行钻进作业。对于坍塌较为严重的情况,应立即提钻,防止钻头被埋,随后采用袋装黏土或砂袋回填至坍塌位置以上1-2米,静置一段时间让地层稳定,再重新钻孔,钻孔过程中严格控制钻进速度,在易坍塌地层采用低速慢进,同时加大泥浆循环量,确保泥浆能及时形成有效泥皮。若坍塌伴随大量地下水涌出,可在孔口周围设置环形排水沟和集水井,降低地下水位,必要时采用水泥-水玻璃双液注浆对孔壁周围地层进行加固,通过浆液渗透填充土体孔隙,提高地层的整体性和稳定性,避免再次坍塌。

3.2.2 断桩处理

处理断桩需先通过检测确定断桩位置和范围,对于断桩位置较浅(距桩顶3米以内)的情况,可采用人工或机械凿除桩顶至断桩位置以下0.5米,清除松动的混凝土和杂物,露出新鲜混凝土面后,按设计要求重新绑扎钢筋笼,采用高于原设计强度等级的混凝土进行接桩,接桩过程中确保混凝土振捣密实,与原有桩体结合牢固。若断桩位置较深,可采用钻孔注浆法处理,在断桩部位周围对称钻设2-3个直径50-100毫米的注浆孔,钻孔深度穿过断桩位置以下1米,然后通过注浆孔注入水泥浆或环氧树脂浆液,注浆压力根据桩体混凝土强度和地层情况确定,一般控制在0.5-1.5MPa,使浆液充分填充断桩部位的缝隙,待浆液凝固后,通过检测确认桩体连续性恢复,再进行后续处理。对于断桩严重无法修复的情况,

需采取补桩措施,在原桩附近按设计要求重新施工一根或多根灌注桩,以弥补原桩的承载能力不足^[1]。

3.2.3 桩身夹泥处理

处理桩身夹泥需根据夹泥的位置和范围制定方案,对于浅层夹泥(距桩顶5米以内),可采用机械切削方式清除夹泥区域的混凝土,直至露出坚实的混凝土基层,清理干净后,采用同强度等级的微膨胀混凝土进行回填,回填过程中分层振捣,确保密实,同时在接槎部位设置植筋,增强新旧混凝土的结合力。当夹泥位置较深时,可采用高压喷射注浆法,通过专用设备将高压水泥浆射入夹泥部位,利用高压射流切割破坏夹泥区域的混凝土和泥块,使水泥浆与破碎的混凝土、土体充分混合,形成强度较高的固结体,从而填充夹泥空隙,恢复桩体的整体性。对于夹泥范围较大但未贯穿桩体的情况,可在桩身对称布置注浆管,注浆管深入夹泥区域上下各1米,通过注浆管注入改性环氧树脂浆液,浆液在压力作用下渗透到夹泥缝隙中,固化后形成坚韧的胶结体,提高桩体的完整性和承载能力,注浆完成后需进行二次检测,确认处理效果满足设计要求。

结语

综上所述,水利工程灌注桩施工技术体系复杂,需严格把控成孔、钢筋笼处理、混凝土灌注等关键环节,对常见的孔壁坍塌、断桩、桩身夹泥等问题,需采取科学处理措施。规范施工流程、强化质量检测,可有效提升灌注桩安全性与耐久性。未来需结合实际不断创新技术,为水利工程高质量建设提供更坚实的基础保障,推动行业持续健康发展。

参考文献

- [1]张瑾芳.水利施工中钻孔灌注桩技术应用分析[J].建筑工程技术与设计,2025,13(17):154-156.
- [2]胡正华.水利施工中钻孔灌注桩施工的质量管理[J].大科技,2020(23):89-90.
- [3]戴毅.水利工程钻孔灌注桩施工控制要点思考[J].城市情报,2022(19):124-126.