

# 建筑工程抗浮锚杆施工技术应用

李红全

成都建工集团有限公司 四川 成都 610031

**摘要：**抗浮锚杆是建筑工程地下结构抗浮的重要措施，广泛应用于住宅、商业建筑、桥梁等基础施工中。它通过传递建筑物重量至地下稳定层面，有效抵抗地下水浮力，确保建筑物稳定性。施工技术涉及放线定位、钻机成孔、注浆锚固等关键环节，要求严格遵循施工规范和设计要求。抗浮锚杆施工不仅需考虑地质条件，还需注重材料选择、注浆质量及锚杆布置等，以确保施工质量。此技术具有经济、高效、适用广泛等优点，成为解决地下水浮力问题的有效手段。

**关键词：**建筑工程；抗浮锚杆施工技术；应用

引言：随着城市化进程的加速，地下空间的开发利用日益广泛，建筑工程抗浮问题愈发凸显。抗浮锚杆作为一种经济、有效的抗浮措施，在各类地下结构中被广泛应用。本文旨在探讨抗浮锚杆施工技术，分析其基础理论、施工流程、关键要点及质量控制等方面，以期为实际工程提供理论指导和技术支持。通过深入研究和实践经验总结，不断优化抗浮锚杆施工技术，确保地下结构的稳定性和安全性，满足现代建筑工程对耐久性和可靠性的要求。

## 1 抗浮锚杆技术基础理论

### 1.1 抗浮锚杆的作用机理

抗浮锚杆的抗浮能力核心源于摩擦力原理，即锚杆与周围岩土体接触面产生的粘结摩擦力。当结构受地下水浮力作用时，锚杆通过杆体将拉力传递至地层，摩擦力总和需抵消浮力以保证结构稳定。在分析抗浮能力时，需结合岩土体性质：岩层中摩擦力取决于岩体完整性及锚杆嵌入深度，软土中则与土的黏聚力、密实度密切相关。通常采用极限平衡法计算单根锚杆抗拔力，公式为抗拔力 = 锚固段周长 × 锚固长度 × 单位侧摩阻力特征值，整体抗浮设计需确保总抗拔力大于总浮力，安全系数不低于1.2。

### 1.2 抗浮锚杆的类型与特点

(1) 不同类型抗浮锚杆对比：预应力锚杆通过预先张拉施加应力，可主动控制结构变形，抗拔力稳定性高，但需专用张拉设备，施工成本较高；普通锚杆（非预应力）依靠自然粘结受力，施工简便、成本低，却存在变形较大的缺陷。按材料分，钢筋锚杆刚度大、适用于高强度场景，钢绞线锚杆柔性好、易弯曲布置，玻璃钢锚杆耐腐蚀性强、适用于化工环境。(2) 适用场景与优势分析：预应力锚杆多用于大型地下室、高水位水

池等对变形敏感的工程；普通锚杆适用于低层建筑地下室、小型储水结构。在地质条件方面，岩层中优先选用预应力锚杆以发挥岩体高强度优势；软土中可采用普通锚杆配合注浆加固，提升土体摩擦力；沿海、化工场地则首选玻璃钢锚杆，避免腐蚀失效。

### 1.3 抗浮锚杆的设计原则与要求

(1) 设计参数的确定方法：锚杆直径需满足钢筋强度与注浆体握裹力匹配，通常根据抗拔力计算取150-300mm；间距需考虑群锚效应，避免锚杆间土体相互干扰，一般为1.5-3.0m，软土中宜加大至2.0-4.0m。锚固长度按“侧摩阻力总和 ≥ 设计抗拔力”确定，岩层中不小于5m，土层中需结合土性调整，且应进入稳定持力层不小于3m，确保受力稳定。(2) 规范与标准的引用与解释：设计需严格遵循《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2025)中抗浮结构设计的基本要求，明确地下水浮力计算方法；依据《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2024)规定锚杆材料性能、施工工艺及试验要求。同时，需满足《混凝土结构设计标准》(GB50010-2025)对锚杆连接节点的构造要求，确保锚固段耐久性；在腐蚀性环境中，还应符合《工业建筑防腐设计标准》(GB/T50046-2025)的防腐规定。

## 2 建筑工程抗浮锚杆施工技术

### 2.1 施工前的准备工作

(1) 地质勘察与水文分析：通过钻探、原位测试获取地质资料，明确岩土体分布、承载力及分层特征，查明不良地质体位置范围。分析地下水位埋深、变化规律及水压，评估涌水、管涌风险，为钻孔工艺和降水方案提供依据。地下水位较高时，需将水位控制在锚固段以下50cm以上。对塑性指数大于20的土层、全风化岩层及泥质岩层等易蠕变岩土层，需针对性收集地质蠕变参

数,为后续蠕变试验做准备。(2)试验锚杆施工与基本试验:正式施工前必须完成试验锚杆施工及基本试验。同类型抗浮锚杆基本试验数量不少于6根;不同类型比较试验,每种类型不少于3根。试验采用分级多循环加载方式,加载反力装置宜用支座横梁方式,并满足相关规定。加载至最大加载值后,若未出现终止加载情况,应继续分级加载至破坏。根据试验确定极限抗拔承载力,预应力锚杆和非预应力锚杆取值各有规定<sup>[1]</sup>。(3)施工方案的设计与审批:结合基本试验结果、工程规模、地质条件及设计要求制定施工方案,内容包括施工流程、机械选型、注浆参数等,明确与主体结构的衔接工艺。方案需经监理、设计及建设单位联合审批,通过后对施工人员进行专项技术交底。(4)材料与设备的准备与检查:锚杆钢筋需有出厂合格证及力学性能检测报告,注浆材料选用P.O42.5级及以上水泥,外加剂需试验验证兼容性。检查钻机、注浆泵等设备性能及计量器具校准证书,材料进场后抽样送检,不合格材料严禁使用。

## 2.2 施工工艺流程

(1)钻孔与清孔:根据地质条件选用合适钻机,岩层中采用潜孔钻或地质钻机,土层中采用螺旋钻或冲击钻。钻孔时需控制钻进速度,岩层中避免过度振动导致孔壁坍塌,土层中遇软塑层需降低转速并加大泥浆比重。成孔后立即清孔,采用高压空气或清水冲洗孔内岩屑至返出清水,清孔后检测:孔位误差不大于100mm,孔径负偏差不大于10mm,倾斜度不大于3°,孔长超过设计长度且不少于100mm。(2)锚杆安装与注浆:锚杆钢筋按设计长度下料,端部焊接弯钩或螺纹接头,接长采用双面搭接焊(焊缝长度 $\geq 5d$ )或机械连接(满足抗拉强度及耐久性)。安装时缓慢居中放入孔内,避免触碰孔壁。注浆采用常压或高压工艺,水泥浆水灰比0.5-0.6,注浆管插入孔底10-20cm,边注浆边缓慢拔出至孔口溢浆。地质条件较差时采用二次注浆,首次注浆后4-6小时补浆。施工中需留置浆体试块,每组不少于6件;单日施工锚杆不足30根时每天不少于1组,超过30根时每累计30根不少于1组,用于强度检验。(3)锚杆端部处理与防水措施:锚杆端部伸出底板部分预留足够长度,与底板钢筋焊接固定并做防腐处理(涂刷防锈漆两道)。防水措施采用止水环或遇水膨胀止水条:锚杆穿过底板处设置3mm厚环形止水构件(直径比锚杆大100mm),与锚杆及底板钢筋满焊密封,周边涂刷2mm厚水泥基渗透结晶型防水涂料,涂刷范围延伸至止水构件外150mm<sup>[2]</sup>。

## 2.3 关键施工技术要点

(1)钻孔精度的控制:钻孔前需在地面设置定

位桩,采用全站仪校准钻机机位,确保孔位偏差 $\leq 100\text{mm}$ 。钻进过程中使用测斜仪实时监测钻孔垂直度,每5m测量一次,倾斜度控制在3°以内。若遇地层倾斜或软硬不均,需调整钻进参数,必要时采用导向钻具纠正孔斜,避免锚杆受力不均。(2)注浆材料与注浆工艺的选择与优化:在砂层、卵石层等高渗透性地层,推荐使用超细水泥浆或含粉煤灰的混合浆液,减少浆液流失;在裂隙发育的岩层中,添加速凝剂缩短初凝时间,防止渗漏。注浆工艺优先选用高压注浆(压力2-4MPa),使浆液充分填充岩土体孔隙。注浆过程中记录注浆量、压力变化,出现压力骤降或注浆量异常时,暂停施工检查是否串孔或漏浆。(3)锚杆与周围岩土体的结合强度提升方法:锚杆表面采用喷砂除锈处理,增加与浆液的粘结力;土层锚杆在锚固段设置环状肋条或缠绕钢丝,提高机械咬合力。施工中通过注浆来回抽检测浆液密度,对不满孔段补注。对承载力要求较高的工程,在锚杆顶部采用高压旋喷或机械扩底工艺设置扩大头,提高端部承压能力<sup>[3]</sup>。

## 2.4 施工中的质量控制与安全管理

(1)质量检测与验收标准:施工过程中需对锚杆进行验收试验,数量不少于每种类型总数的5%且不少于6根,最大加载量不小于承载力特征值的2倍,采用单循环加载方式,终止条件与基本试验一致。钻孔质量验收包括孔深(超设计长度 $\geq 100\text{mm}$ )、孔径(负偏差 $\leq 10\text{mm}$ )、倾斜度( $\leq 3^\circ$ )及清孔效果,采用测绳、孔径仪检测。注浆质量按《锚杆锚固质量无损检测技术规范》JGJ/T182执行,抽样率不少于总数的10%且每批不少于20根。筋体粘结段长度误差 $\leq 100\text{mm}$ ,定位架间距误差 $\leq 50\text{mm}$ ,防腐保护层厚度符合设计要求。验收资料包括材料合格证、施工记录、检测报告等,经监理工程师签字确认后方可进行下道工序。(2)安全隐患的识别与预防措施:钻孔作业时监测地下水位变化,发现涌水、涌砂时立即停止施工,采用速凝浆液封堵孔口并启动降水设备。高空作业需搭设操作平台,作业人员佩戴安全带;电气设备做好接地保护,避免漏电。施工现场设置警示标志,划分作业区与非作业区。针对孔壁坍塌、机械故障等风险,配备应急物资(沙袋、备用钻机),定期开展应急演练。

## 3 抗浮锚杆施工效果评估与优化策略

### 3.1 施工效果评估方法

(1)现场试验与监测数据的收集与分析:现场试验涵盖单根锚杆抗拔试验、锚杆应力监测及结构位观监测。抗拔试验按规范分级加载,每级荷载维持时间符合

《锚杆检测与监测技术规程》JGJ/T401要求,同步记录锚杆顶端位移、荷载值及岩土体变形数据,绘制Q-s曲线分析变形阶段特征。监测数据包括地下水位变化、钻孔岩屑成分、注浆压力与注浆量曲线,对比设计参数判断施工质量,如注浆压力骤降可能提示孔壁坍塌,需调整泥浆比重。(2)锚杆抗拔承载力特征值的确定与验证:承载力特征值以试验结果为基础,参加统计的试验锚杆,若极差不超过平均值的30%,取最小值为极限抗拔承载力标准值;若极差超过30%,需增加试验数量,结合施工工艺、地基土条件综合确定。对压力分散型预应力锚杆,按JGJ/T401要求检测;塑性指数大于20的土层等易蠕变地层,结合蠕变试验确定承载力。验证方法包括群锚试验监测受力分布、超声波检测注浆密实度( $\geq 90\%$ 认定有效)。

### 3.2 常见问题与应对措施

(1)锚杆松动、断裂等失效情况的分析与处理:锚杆松动多因注浆体与孔壁粘结失效,通过钻芯取样检查,对空洞部位采用高压注浆(2-3MPa)补强,选用微膨胀水泥浆。断裂失效与材料疲劳或过载有关,需检测钢筋力学性能,更换不合格材料并替换断裂锚杆(直径加大10%-20%,锚固长度延长1-2m)。处理后进行双倍数量的抗拔试验,确保承载力达标。(2)防水效果不佳的改进措施:针对锚杆根部渗漏,增设遇水膨胀止水环(宽度 $\geq 50\text{mm}$ ),与锚杆紧密贴合;防水涂料开裂时,清理基层至含水率 $\leq 8\%$ ,涂刷基层处理剂后采用“一布两涂”工艺(中间加铺无纺布),选用拉伸强度 $\geq 1.5\text{MPa}$ 的聚氨酯材料。出现贯穿性渗漏时,沿锚杆周边梅花形布置注浆孔(深度至底板下500mm),采用亲水性环氧树脂注浆,固化后进行24小时闭水试验<sup>[4]</sup>。

### 3.3 优化策略与建议

(1)提高施工效率与降低成本的方法:推行“工厂化预制+现场组装”模式,提前完成锚杆钢筋焊接、防腐处理,减少现场作业时间30%以上。根据地层条件优化设备组合,如软土与岩层交界区域采用“螺旋钻+潜

孔钻”联合钻进。材料方面,用工业副产品(如磨细矿渣)替代40%水泥制备注浆料,降低成本并提升耐久性;通过数值模拟优化锚杆间距,在满足受力要求前提下减少10%-15%用量。引入智能控制系统,对钻机定位、注浆压力实行自动化监控,减少人为误差。(2)增强抗浮锚杆耐久性与可靠性的技术途径:在滨海、化工等腐蚀性环境中,采用双层防腐处理:内层环氧涂层(厚度 $\geq 300\mu\text{m}$ ),外层包裹聚乙烯套管(壁厚 $\geq 2\text{mm}$ ),锚固段注浆添加4%掺量的复合型阻锈剂。对永久性工程,植入分布式光纤传感器,实时监测锚杆应力变化,数据传输至云端平台实现异常预警。建立定期维护机制,每5年抽检一次,对承载力衰减超10%的锚杆张拉补紧或增补;定期检测防水构造,及时更换老化止水材料,确保长期防水效果。

### 结束语

综上所述,建筑工程抗浮锚杆施工技术的应用是一个系统而复杂的工程,它不仅要求施工人员具备扎实的专业知识和丰富的实践经验,还需要科学合理地选择和运用施工工艺及设备。通过对抗浮锚杆基础理论、施工准备、工艺流程、关键技术要点及质量控制等方面的深入探讨,我们得出了一系列有效的施工策略和优化建议。未来,随着科技的进步和工程需求的不断变化,抗浮锚杆施工技术也将持续创新和发展,为建筑工程的地下结构提供更加可靠的安全保障。

### 参考文献

- [1]闫鹏,王金华,周凯.复杂地质条件下抗浮锚杆施工技术研究[J].建筑工程技术与设计,2020,(04):42-43.
- [2]潘东.浅谈深基坑建筑工程抗浮锚杆处防水施工[J].城市建设理论研究(电子版),2021,(21):157-158.
- [3]覃龙.复杂地质条件下抗浮锚杆施工技术研究[J].装饰装修天地,2020,(05):70-71.
- [4]曾伟金.抗浮锚杆施工技术在地下室中的应用研究[J].西部资源,2020,(10):97-98.