

中风化砂岩地层抗浮锚杆锚固端防水施工技术研究

罗恩洪

中国五冶集团有限公司 四川 成都 610000

摘 要：本文针对中风化砂岩地层中建筑抗浮锚杆与地下室连接节点易渗漏的薄弱问题，开展抗浮锚杆锚固端防水施工技术研究。通过优化锚杆制作工艺、增设底部定位装置与可调式弯曲工具，结合防水油膏+防水卷材复合节点防水构造，系统解决锚孔成型、杆体居中、注浆密实及节点防水薄弱等技术难题。该技术可提升抗浮锚杆施工精度与成型质量，增强锚固端防水可靠性，减少后期修补与返工，保障结构抗浮安全与地下室使用功能，具有良好的经济与社会效益，适用于同类地质与结构条件的工程推广。

关键词：中风化；抗浮锚杆；防水；施工技术

1 前言

随着城市建设的发展，地下空间的开发越来越得到重视，包括地下车库、地下商城等；大跨度空间结构，如大型公共建筑及体育场馆等，存在大面积区域与地下水浮力的平衡问题^[1]。当结构自重不足以抵抗地下水产生的浮力时，我们通常采用增加抗浮锚杆的施工方法进行处理，采用抗浮锚杆是一种有效的技术手段，抗浮锚杆具有良好的地层适应性，易于施工，锚杆布置非常灵活，锚固效率高，由于其单向受力特点，抗拔力及预应力易于控制，有利于建筑结构的应力与变形协调，减少结构造价^{[2][3]}。但同时抗浮锚杆与底板的节点对防水体系也可能成为薄弱环节^[4]。

抗浮锚杆有效锚固长度与锚杆的抗拔承载力呈正比关系，施工过程中如何保证有效锚固长度成为抗浮锚杆施工过程中重点控制内容^[5]。结合现场施工经验，从锚杆的制作、锚孔的成孔检查等多种方法进行锚杆有效长度控制^[6]，同时可以通过对中风化砂岩基础中抗浮锚杆施工工艺进行优化改进，对抗浮锚杆与底板交接处的防水施工工艺进行设计，增加底部定位钢管保证抗浮锚杆在施工过程中不发生位置偏移。这种锚杆的施工工艺有效提高了抗浮锚杆与底板节点处的防水性能，保证了锚杆的成型质量，同时避免了后期的修补与返工，节约了工期，具有显著的经济效益与社会效益。

2 技术特点

2.1 抗浮锚杆施工技术对锚杆的结合方式进行优化。利用将锚杆底部与锚杆孔直径相同的套管进行焊接，保证锚杆吊装到孔内后居中，在填筑豆石时无需进行大的调整，提高了抗浮锚杆的精度，并且避免了后期对锚杆位置进行修正整改的过程，提高了施工效率，确保了抗浮锚杆的施工成型质量。

2.2 抗浮锚杆施工防水施工技术在锚杆制作时，将3

根钢筋锚杆均匀焊接在钢管上，同时为保证锚杆在下锚后保持在锚孔中心位置，在锚杆底部位置连接一个特制定位装置，该装置既能保证锚杆在混凝土浇筑时位置不发生偏向，同时还能保证在向锚孔内填筑豆石时不会出现堵塞的情况。

2.3 抗浮锚杆施工防水施工技术中锚杆的弯曲采用特制可调式锚杆弯曲装置，此装置成本低，可重复利用，操作简单。

2.4 抗浮锚杆施工防水施工技术对锚杆与底板节点处的防水施工方法进行优化，利用防水油膏与防水卷材相结合的处理方法，使该节点处的防水效果更好。

2.5 采用上述施工技术，优化改进抗浮锚杆的注浆方法、抗浮锚杆与底板的节点防水施工方法，有效提高了抗浮锚杆施工质量与施工效率。

3 适用范围

本技术适用于中风化砂岩地层中，建筑体量较大、结构自重无法抵抗地下水浮力而设置抗浮锚杆的建筑物，主要用于其抗浮锚杆与地下室连接部位的防水施工。

4 工艺流程

本中风化砂岩地层抗浮锚杆锚固端防水工艺流程见图4-1。

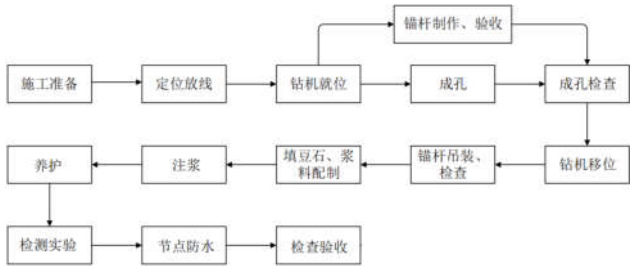


图4-1 中风化砂岩地层抗浮锚杆锚固端防水工艺流程图

5 施工技术要点

5.1 施工准备

施工前操作人员就位，操作人员必须具备相应资质，并提前做好安全 教育培训，考核合格后方可上岗。

项目部提前编制好抗浮锚杆施工方案，并通过公司、监理甲方的审核。并将方案中的施工工艺、主要技术要点、质量要求及保证措施等对现场管理人员、作业人员进行技术交底，保证交底质量，同时要求所用人员清楚知道交底内容。

提前计划各类材料、机械的需求数量，做好材料、机具入场时间计划表，保证在施工过程中不因材料短缺等问题影响施工进度。同时制定好材料入场验收制度，机具入场验收标准。验收合格后方可入场。

5.2 定位放线

根据基础平面图和抗浮锚杆平面布置图进行放线，确定抗浮锚杆的孔洞精确位置。在测量过程中做好记录，并用石灰或废弃钢筋进行标记，孔位偏差小于50mm。检查无误后上报监理进行审核。

5.3 钻机就位、成孔

抗浮锚杆位置确定后，根据现场中分化砂岩岩体实际情况，选择可移动式液压锚杆钻机就位，以高压风力驱动偏心潜孔锤钻进至设计深度。在钻孔过程中注意检查孔壁的稳定性，

钻机设备确定后，进行钻机安装、定位，注意位置的准确性，防止在钻孔中出现成孔位置较大偏差，在钻孔过程开始阶段，轻压慢钻。锚杆锚固体与砂岩的锚固

长度满足设计要求，为防止沉渣等因素的影响，一般钻孔深度需大于设计深度500mm。

在钻孔过程中应保证钻头垂直，每隔2米进行垂直度检查，锚杆孔的倾斜度需满足要求，如出现偏差应立即进行修正，保证成孔位置准确。孔钻取完毕后应进行清孔作业，孔底钻头喷射高压空气将孔内的废渣、石屑清除，直至孔口返风用手触摸无尘屑为止，避免孔内废渣土影响孔的深度。

5.4 锚杆制作、验收

按照设计要求，根据其要求的型号、直径、长度等将钢筋制作完成。一组锚杆由不少于一根钢筋组成时，采用一根长度为100mm的钢管（32mm*2mm）将钢筋均匀的焊接在钢管外表面，间隔2米焊接一段。在锚杆钢筋底部外焊接一个长200mm的钢管（150mm*8mm），其直径与孔径150mm相同，锚杆置于钢管内中心位置处，并用废旧钢筋焊接固定好，详见图5-1。

在锚杆制作过程中，在距离锚杆底部设计锚入岩体长度处焊接一个辅助铁圈，铁圈的材料选用直径为14mm的钢筋焊接成直径为32mm的铁圈。铁圈焊接好后涂刷防锈漆。

制作锚杆所需原材料必须经过复验并检验合格，锚杆材料的力学性能需符合设计及规范要求。锚杆的长度包含锚固在岩层的长度加锚杆外漏自由端长度，同时对制作好的钢筋应进行集中堆置，做好保护措施，除锈处理采用钢丝刷清除钢筋、钢管铁锈。

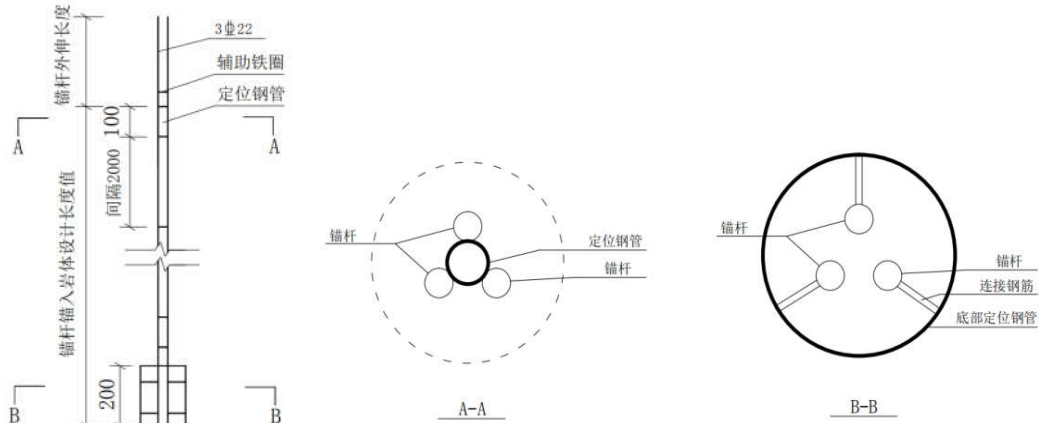


图5-1 锚杆支架详图

5.5 成孔检查

待抗浮锚杆孔钻取完毕后，应检查锚杆孔的直径，垂直度满足规范要求，同时应检查孔口是否出现破损，孔内土渣应清除干净，利用自制简易锚杆成孔深度测量装置进行锚杆深度检查，钻孔深度需满足设计要求，同时需与锚杆长度进行比较计算，算出锚杆孔内的沉渣厚

度。如沉渣厚度过大，影响锚杆孔的深度，则需进行二次清孔，满足设计要求后并及时做好锚杆深度记录。

5.6 钻机移位

砂岩锚杆孔成型后，移动钻机至下一个钻孔位置。及时做好孔的保护措施，采用比孔直径略大的锥形桶倒放进孔内处，利用大开口平面外边缘卡住锥形桶，防止

锥形桶掉到孔内,该措施可以防止孔口在外力作业下发生破坏、坍塌,并在其上部放置好盖板。

5.7 锚杆吊装、检查

钢筋吊装前移走孔口盖板,再次检查孔径、孔深、垂直度,杆体的加工质量,确保满足设计要求。

将制作好的锚杆杆体人工运输至孔口,暂时堆放在干燥洁净处。

将钢绳绑扎在钢筋上端头以下1m处,用卷扬机将锚杆缓慢提升,人工扶住锚杆下端头,待钢筋提升至竖直后,慢慢放入孔内,缓慢下沉,避免造成孔壁坍塌。注浆管应随锚杆一起放入钻孔内。

严禁锚杆被机油、液压油等污染,若污染后必须重新制作锚杆,被污染的锚杆作为废品处理。

用水准仪测定并控制钢筋顶标高,标高控制在 $\pm 2\text{cm}$ 。

在钢筋下设计高度后,利用一根辅助定位钢筋放在锚杆架体上焊接的辅助铁圈下,达到精确控制锚杆锚入岩体的长度满足设计要求。

钢筋下放到设计位置时,检查锚杆外漏自由端长度满足条件,说明孔内钢筋长度已达设计要求。

5.8 填豆石、浆料配制

中风化砂岩为细~中粒结构,中厚层状构造,质较软~较硬,锚杆孔钻孔成型后孔壁较光滑,为增加抗浮锚杆孔内细石混凝土与周边岩体(第二界面)的粘结力,待锚杆与注浆管放置好后,先将豆石填满锚杆与孔之间的空隙,严格控制豆石的粒径。豆石填筑前应清洗干净,每段填筑高度不超过500mm,边填筑边振捣保证豆石填筑均匀、密实。水泥浆按照设计要求进行配制,配制前进行适配,确定好配合比。配制过程中采用固定的计量容器对水泥和水进行计量,保证配合比满足设计要求。

5.9 注浆

锚杆注浆采用一次注浆,注浆管的出浆口应距离孔底300~500mm,水泥浆通过注浆管从孔底向上灌注。一次注浆时,注浆压力大于0.5MPa,注浆作业从孔底开始,自下而上连续浇注,在浇筑时随浇筑进度将注浆管向上提升,提升过程不宜太快,保证浆液填满豆石之间的空隙,形成细石混凝土。同时向岩层缝隙中渗透,提升锚杆与岩层之间的粘结力。直至孔口溢出浆液,注浆充盈系数不小于1.0。注浆完成后,如孔口出浆液有下沉应及时补浆直至孔口浆液稳定为止。浆体硬化后不能充满锚固时,应进行补浆。注浆后不得随意敲击杆体,也不得在杆体上悬挂物。在基础施工过程中应加强对已注浆锚杆的保护,如有破坏则应补打。

5.10 养护、检测实验

施工完成后的抗浮锚杆要加强保护,防止地面积水或泥浆回灌至孔口,防止人为或物体撞击破坏刚灌注完的锚杆或已凝固的锚杆。锚杆施工完毕后,待锚固体养护10天后,需要对抗浮锚杆的施工质量进行验收性检测,检验施工质量是否达到设计要求,检测比例为5%,且不少于5根。验收检测的锚杆应提前根据锚杆布置平面图随机抽选,当验收锚杆不合格时应按锚杆总数的30%重新抽检;若再有锚杆不合格时应全数进行检验。

5.11 锚杆端部压弯

待底板防水混凝土保护层强度满足要求后,便可利用自制可调锚杆弯曲简易装置进行锚杆端部压弯作业。该装置采用废旧钢筋,螺杆,螺母及角钢组成,其示意图详见图5-2,该装置连接钢筋及钢筋支撑架采用废弃的直径25mm钢筋焊接而成,螺杆直径为14mm,角钢尺寸为50mm×50mm×5mm。制作过程中可以根据要设计求控制该装置成型后的高度,其可调幅度在350mm~500mm。具体尺寸可以通过调节可调螺母来控制承压钢板的高度,调节好后拧紧固定螺母来保证角钢位置稳定。

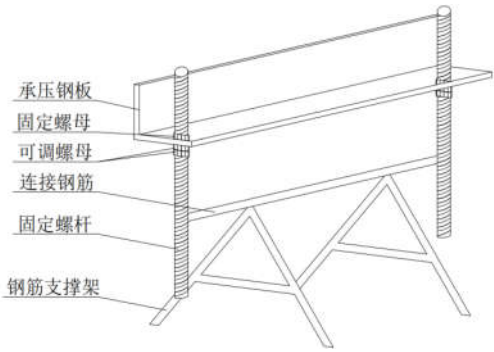


图5-2 可调锚杆弯曲简易装置示意图

该装置配合一根钢管即可进行锚杆弯曲作业,只需工人将可调锚杆弯曲装置调好高度放好,将该装置放置在需要弯曲的锚杆前,用工地常见的钢管套入锚杆内,在钢管端部用力下压即可,这种方法简单,施工方便,只需一人即可完成锚杆弯曲作业,能节约施工时间,保证成型质量。

5.12 防水设计

抗浮锚杆与底板交接处很容易出现地下水渗漏现象,为了加强该节点处的防水能力,我们在施工过程中采用防水油膏与防水卷材相结合的防水处理方法。浇筑垫层时用预制专业模具在该节点处预制一个杯型凹槽,该节点处混凝土注意振捣密实。待混凝土强度达到要求后,处理基层,该凹槽内铺设附加防水层,宽度满足规范要求,同时在该凹槽内,附加防水层上填满防水油膏,其高度与槽口平齐。最后铺设地下室底板防水卷材。该方法有效的保护了防水卷材不被破坏、拉裂,同时将该处的节点用

防水石膏密实，起到了很好的阻水作用。具体施工工艺：

(1) 基层清理

施工顺序为先施工抗浮锚杆，后施工基础垫层，首先对抗浮锚杆周边的土方进行清理，露出坚实的基面。

(2) 锚杆端部凹槽施工

采用杯型凹槽专用模具，杯型凹槽模具下口半径比锚孔半径长150mm,其上口半径等于下口半径加垫层厚度。确定位置、标高无误后,将模具放置在相应位置，保证模具中心与锚孔重合。

垫层混凝土浇筑时,人工将模具周边混凝土振捣密实，混凝土初凝后，拆除模具并进行垫层表面修整、抹平。

(3) 锚杆凹槽底部附加防水卷材施工

采用钢丝刷清理掉钢筋表面硬化的灰浆，并用毛刷清除表面浮灰。锚固钢筋根部清理干净后，对形成的凹槽进行清理，阴阳角处理成圆弧形，保证表面洁净、平整。清理完毕后在凹槽底部、侧壁以及侧壁上部向外250mm范围内涂刷界面处理剂，其后在涂刷界面处理剂范围内铺设附加防水卷材。

(4) 锚杆凹槽防水石膏施工

附加防水卷材铺设完毕后，检查是否存在空鼓、松动等现象。附加防水卷材检查合格后，在凹槽内加入防水石膏，使防水石膏与基础垫层顶面平齐。

(5) 锚杆凹槽顶部改性沥青防水卷材施工

抗浮锚杆顶部改性沥青防水卷材防水层，即基础底板防水层，凹槽顶端采用满粘法施工，厚度为4 mm。

首先，将基础垫层表面清扫干净，涂刷界面处理剂，涂刷厚度均匀，不漏白。并在锚杆钢筋根部满涂界面处理剂；然后，满粘法粘贴防水卷材，防水卷材搭接位置及搭接宽度满足规范要求，粘贴牢固，密封严密；最后，在与锚杆钢筋接缝的卷材开口部位，防水卷材环绕钢筋热熔包裹，使钢筋周围形成密封层。

(6) 防水保护层施工

抗浮锚杆凹槽顶部卷材防水层施工完毕后，应立即浇筑C20细石混凝土作为防水保护层的施工，厚度为40 mm。

6 质量控制要点

本技术施工质量的控制要点见表6-1。

表6-1 抗浮锚杆质量检验标准

序号	项目	允许偏差	检查方法
1	锚杆杆体长度	±30mm	钢尺检查
2	锚杆拉力设计值	设计要求	现场拉拔试验
3	锚杆位置	±50mm	钢尺检查
4	锚孔孔径	0，20mm	钢尺检查
5	成孔倾斜度	±1°	测钻机倾角
6	锚孔深度	0，设计长度1%	吊线检查
7	浆体强度	设计要求	试样送检
8	注浆量	大于理论计算浆量	检查计量数据
9	杆体插入长度	不小于设计长度的95%	钢尺检查

总结

本研究提出一套适用于中风化砂岩地层、大体量抗浮锚杆建筑的锚固端防水成套施工技术。通过定位钢管与辅助定位装置保证锚杆居中与位置精准，采用高压风清孔、自下而上连续注浆确保锚固密实，利用特制可调装置实现锚杆端部高效弯折；重点优化锚杆与地下室连接节点防水，采用杯型凹槽、附加卷材、防水石膏与面层卷材密封的复合构造，显著提升节点防水性能。质量控制与检测验证，该技术满足设计与规范要求，可有效控制孔位、孔径、孔深、倾斜度及锚固承载力，解决传统工艺易偏移、渗漏、返工等问题。该工艺操作简便、质量可控、经济性突出，可为中风化砂岩地区地下结构抗浮锚杆防水施工提供可靠技术参考。

参考文献

[1]孙书伟.大粒径卵石层地质抗浮锚杆施工技术[J].建筑科技,2026,10(02):94-96+112.

[2]党昱敬,高丹青,刘天翔.抗浮锚杆耐久性设计理论分析及施工问题解决方法研究[J].建筑技术,2026,57(02):238-244.

[3]杨付权.地下室预应力抗浮锚杆研究与应用[J].建筑结构,2025,55(22):147-153.

[4]唐磊,汤敏,黄国强,等.传统抗浮锚杆防渗漏节点深化研究[J].城市建筑,2025,(S1):64-66+114.

[5]葛凯,袁天晋,高鹏,等.复杂地质条件下预应力抗浮锚杆施工技术研究与应用[J].中国设备工程,2025,(04):218-220.

[6]董亚鹏,齐福振,石秋山,等.抗浮锚杆端头防水细部处理施工技术[J].建筑技术,2025,56(03):338-340.