

全地理式净水厂抗浮锚杆施工质量影响因素的研究

文 / 马琪琪 中国水利水电第六工程局有限公司
 郭 帅 中国水利水电第六工程局有限公司
 赵 晨 中国水利水电第六工程局有限公司
 田海朋 中国水利水电第六工程局有限公司

摘要：在不良地质和地下水位高的地区，建筑物的稳定和安全会受到威胁。抗浮锚杆作为主要结构，其作用是抵抗上浮力，提升结构稳定，保障安全。因此，提高抗浮锚杆施工质量，排除负面影响因素，至关重要。本研究针对全地理式净水厂地基处理工程，分析了影响抗浮锚杆施工质量影响因素。研究指出，“注浆时间控制不当”和“地下水位未降至锚杆底部以下”是主要影响因素。通过实施严格的注浆时间管理和有效的排水措施，取得了显著成效，既节约了成本，也确保了净水厂的安全稳定运行。

关键词：全地理式；抗浮锚杆；施工质量；影响因素

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.075

引言

近些年，国内外关于研究解决地基基础抗浮的问题上取得了各种新技术、新工艺、新理论成果，业内普遍认为抗浮锚杆是目前解决建筑物上浮的关键措施，抗浮锚杆在地基处理工程中广泛应用。

廖胜贤^[1]对 PSB 精轧螺纹钢预应力施工工艺流程、施工要点、质量要求等方面进行分析探讨，提出抗浮锚杆在施工过程中的质量要求和注意事项表明，表明抗浮锚杆技术能够显著提高建筑物的抗浮能力，确保筏板基础的稳定性；刘小波等^[2]通过对抗浮锚杆关键技术进行优化，减少传统施工方法对锚杆施工质量、效率和成本的不良影响；白晓宇等^[3]，通过对影响抗浮锚杆耐久性的主要因素进行分析，找出提高抗浮锚杆的耐久性的解决方法，对抗浮锚杆在地下结构中的应用进行了归纳总结，提出目前仍存在的不足与挑战。

本研究结合全地理式净水厂的地基处理工程，分析其在地基处理施工阶段，抗浮锚杆施工质量的影响因素。

一、工程概况

广州番禺创新城全地理式净水厂主体结构设计使用年限为 50 年，地基基础设计与抗浮锚索设计等级均为甲级。为防止地下水上浮对地基基础产生破坏，影响全地理式净水厂的建筑结构，地基处理工程采用天然地基 + 抗浮锚杆抗浮。锚杆为二次压力注浆永久性抗拔锚杆，共计 4003 根。

二、产生的原因

(一) 问题统计

依据《建筑工程抗浮锚杆技术标准》(JGJ 476-2019)，对净水厂的地基处理施工区域的抗浮锚杆不同端头做法进行统计调查。对其端头不同做法随机检查 415 根抗浮锚杆，抗浮锚杆不同端头做法质量问题统计调查表见表 1。

表 1- 抗浮锚杆不同端头做法质量问题统计调查表

序号	抗浮锚杆端头做法	调查根数	质量问题 (根数)	合格率(%)
1	筏板顶部锚固	415	68	83.61%
2	垫层顶部锚固	415	12	97.11%

对比分析抗浮锚杆的质量问题主要集中于筏板顶部锚固做法，通过对比锚杆端头不同做法，可以得出基于垫层顶部锚固的抗浮锚杆施工不仅节约施工成本，还有利于后期的运营与维护，避免锚索的相关监测。筏板顶部锚固的抗浮锚杆不仅可以依靠锚杆的抗拉强度，还可通过筏板的整体刚度来分散和抵抗浮力，为基础结构提供更加稳定的拉力。

为进一步探究影响筏板顶部锚固的抗浮锚杆施工质量的主要问题，对筏板顶部锚固的 68 根质量问题抗浮锚杆，依据问题出现的频次绘制出“抗浮锚杆施工质量问题的排列图”排列图见图 1。

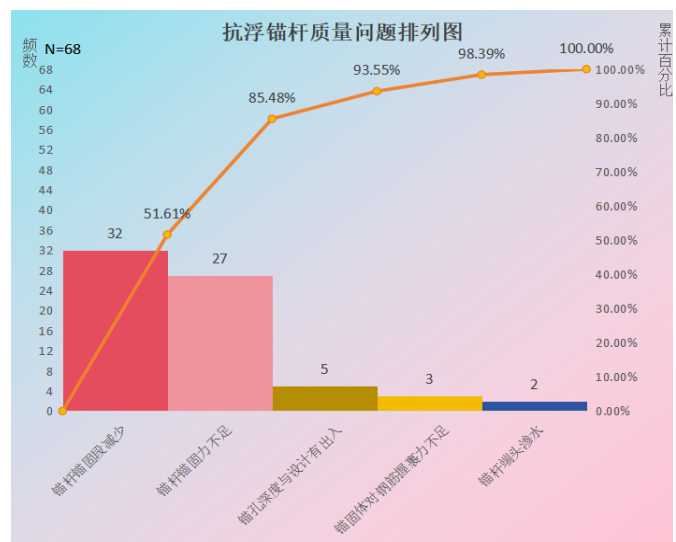


图 1- 抗浮锚杆质量问题排列图

通过排列图可以明显看出，“锚杆锚固段减少”和“锚杆锚固力不足”是影响筏板顶部锚固的抗浮锚杆施工质量的主要影响因素。

(二) 原因分析

针对两个主要影响因素，研究人员依据现场施工情况运用“头脑风暴法”，对影响抗浮锚杆施工质量的主要因素在“人、机、料、法、环、测”6个方面用关联图进行分析，得出8条影响因素见图2。

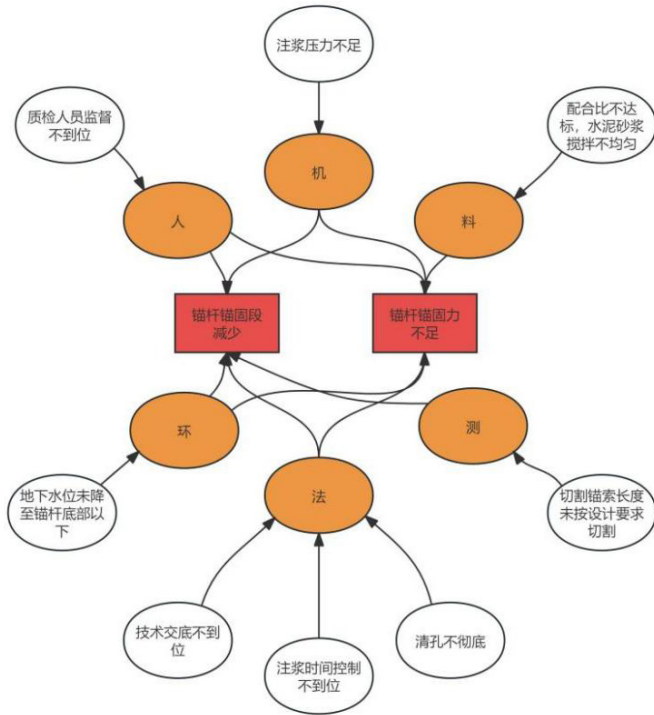


图 2- 关联图

针对 8 条影响因素，研究人员利用调查分析、现场试验和现场测量的方法对其进行逐一分析验证，判断其是否为筏板顶部锚固抗浮锚杆施工的主要质量影响因素。

影响因素一：质检人员监督不到位

研究人员结合现场实际施工情况，将抗浮锚杆施工团队分为有质检人员监督和无质检人员监督两组进行现场施工对照试验，分别对其施工结果进行抽查验证，试验结果详细统计表见表 2。

表 2- 有无质检人员问题统计调查表

序号	有无质检人员	调查根数	质量问题 (根数)
1	有质检人员	20	1
2	无质检人员	20	2

根据现场对比试验的结果数据分析，现场有无质检人员对抗浮锚杆的施工质量问题影响程度较小，不属于主要影响因素。

影响因素二：技术交底不到位

研究人员通过调查分析，对施工现场技术交底进行调查。调查结果显示，技术人员采用线下会议结合视频

播放的形式，将抗浮锚杆施工方案里的技术要点化繁为简，结合设计图纸和施工条件，用通俗易懂的语言为锚索工人进行技术交底，为锚索工人提出的疑惑逐条解答。

为验证施工人员是否技术交底到位，研究人员结合技术交底内容编辑试题现场考察施工人员知识本领，考察结果显示考核人员均能通过考核，现场施工人员技术扎实，不存在技术交底不到位现象。

影响因素三：清孔不彻底

研究人员采用调查分析，对现场抗浮锚杆清孔作业进行调查，通过调查分析，现场人员严格进行清孔施工。且清孔阶段，监理和质检员会进行全过程监督管控，对终孔深度进行测量，确保钻孔深度符合设计要求。现场不存在清孔不彻底现象，对抗浮锚杆质量问题症结无影响。

影响因素四：地下水未降至锚杆底部以下

研究人员通过对全地埋式净水厂的水文地质条件和气象条件调查分析，获取净水厂的地基深度为 15.5m ~ 16.5m，地下水的埋深介于 1.4m ~ 5.6m，施工区域介于耕土层和花岗岩之间，地下水资源较为丰富，且抗浮锚杆施工期间为 3~6 月，多为雨季，降雨量大，存在地下水未降至锚杆底部以下现象。

为验证地下水未降至锚杆底部以下对抗浮锚杆的施工质量问题症结的影响程度，研究人员决定在地下水未降至锚杆底部以下和地下水降至锚杆底部以下的区域进行抗浮锚杆施工对照试验，试验结果详细统计表见表 3。

表 3- 地下水未降至锚杆底部以下问题统计调查表

试验项目	调查根数	锚固段减少	锚固力不足	质量问题合计
地下水降至锚杆底部以下	25	1	2	3
地下水未降至锚杆底部以下	25	8	7	15

通过调查统计表可知，地下水未降至锚杆底部以下施工对抗浮锚杆的“锚杆锚固段减少”和“锚杆锚固力不足”影响程度较大。

影响因素五：配合比不达标，水泥砂浆搅拌不均匀

为分析水泥砂浆配合比不达标，水泥砂浆搅拌不均匀对抗浮锚杆施工质量影响程度，研究人员对抗浮锚杆混凝土配合比检测报告、水泥砂浆抗压强度检测报告进行检验。

上述报告均显示合格，对抗浮锚杆的质量问题“锚杆锚固力不足”无影响。

影响因素六：注浆时间控制不到位

研究人员通过调查分析，发现施工现场存在注浆员与钻孔人员、材料供应人缺乏相互之间的协调配合，导致注浆环节与其他施工环节衔接不够紧密，有类似拔注浆管速度过早现象。这些现象都会严重影响抗浮锚杆的

注浆时间把控，导致注浆材料无法充分填充到锚杆的孔洞中使其正常凝固，进而影响抗浮锚杆的锚固段长度和锚固力。

针对这种现象，研究人员对施工人员进行现场施工对比试验，对产生质量问题的抗浮锚杆进行详细统计调查表见表4。

表4- 注浆时间控制不到位问题统计调查表

试验项目	调查根数	锚固段减少	锚固力不足	质量问题合计
注浆时间控制到位	20	0	0	0
注浆时间控制不到位	20	3	4	7

通过对施工人员进行现场施工对比试验分析，现场注浆时间控制不到位对抗浮锚杆的施工质量问题症结影响较大。

影响因素七：切割锚索长度未按照设计要求切割

研究人员对施工现场已经切割的锚索长度进行现场实地抽查测量，来验证锚索切割长度是否符合设计要求。通过现场实地抽查测量锚索的切割长度，现场不存在切割锚索长度不符合设计要求，对抗浮锚杆的质量问题症结无影响。

影响因素八：注浆压力不足

研究人员采用调查分析，确定二次注浆压力不足对抗浮锚杆的质量问题症结的影响程度。

通过调查抗浮锚杆机械设备进场报审资料，发现机械设备都具备检验合格证和正常使用功能，维修保养齐全，未发现二次注浆压力不足现象，不存在二次注浆压力不足对抗浮锚杆施工质量症结的影响。

三、采取的措施

通过对影响因素逐一研究分析，确定“注浆时间控制不到位”和“地下水位未降至锚杆底部以下”是影响全地埋式净水厂抗浮锚杆筏板顶部锚固的质量问题症结的关键影响因素。

基于此，研究人员召开对策制定会议，运用5W1H的分析方法，针对“注浆时间控制不到位”和“地下水位未降至锚杆底部以下”的关键因素制定相应对策和措施。

对策一：严格控制注浆时间

(1) 针对现场施工班组缺乏团队意识和相互之间的协调配合能力，特编制关于抗浮锚杆施工协调配合方案，并根据现场实际情况，建立完善的质量管理制度和奖励机制，鼓励大家团队协调配合，奖励为团队做出突出贡献的员工。

(2) 针对注浆不及时，注浆时注浆管拔出过早影响注浆时间现象，要求锚杆施工后及时注浆，当天施工的抗浮锚杆必须当天完成注浆，注浆管安置锚杆底部0.2m处，用透明胶带将注浆管固定在锚杆上，注浆时，施工员密切关注透明胶带位置，待浆液返回至透明胶带处，再拔注浆管应对注浆时注浆管拔出过早现象。

(3) 对于注浆完成后的抗浮锚杆，待水泥初凝后，及时检查孔内是否满浆，如需要二次注浆，应及时进行二次注浆，防止二次注浆时间控制不到位，影响成品。

对策实施后，抽查抗浮锚杆30根，全部进行注浆时间检查，发现注浆时间均已控制到位。

对策二：地下水位降至锚杆底部以下

(1) 在地基处理施工区域科学布置降水井，收集施工期间地下渗透的水和雨季的降水。

(2) 在基坑底部抗浮锚杆施工区域，和基坑顶部外围，开挖明沟，利用抽水泵将降水井里的水抽至基坑外围明沟中，对接污水管道，排出施工场地见图3。



图3- 降水井与明沟

采取上述措施后，项目部委托第三方监测，施工区域地下水位，第三方监测结果显示，施工区域地下水均已降至锚杆底部以下，满足现场抗浮锚杆的施工。

结语

本研究依据全地埋式净水厂的地基处理工程，对影响抗浮锚杆的施工质量因素进行研究分析，得出以下结论。

(1) 通过调查分析，深基坑地基处理抗浮锚杆筏板顶部锚固比垫层顶部锚固施工质量更难把控，但筏板顶部锚固的抗浮锚杆比垫层顶部锚固的锚杆更能为基础结构提供稳定的抗浮拉力。

(2) 研究指明“注浆时间控制不当”和“地下水位未降至锚杆底部以下”是影响抗浮锚杆筏板顶部锚固施工质量的关键影响因素，采取“严格控制注浆时间”和“地下水位降至锚杆底部以下”对策可有效解决抗浮锚杆的施工质量问题。

(3) 此次研究，给项目带来一定经济效益和社会效益，节约各项施工费用合计47万余元，提高了抗浮锚杆的施工质量和效率，为类似工程可提供借鉴价值。

参考文献

[1] 廖胜贤. 基于抗浮锚杆技术在筏板基础中的应用[J]. 福建建筑, 2024, 09(315): 54-56.
 [2] 刘小波, 郭健厅, 高扬, 等. 抗浮锚杆关键技术优化研究[J]. 建筑技术, 2023, 22(54): 2764-2765.
 [3] 百晓宇, 王凤娇, 桑松魁, 等. 抗浮锚杆在地下结构抗浮中的耐久性研究进展与发展方向[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(19): 8165-8166.