

单层地下室锚固抗浮设计与施工研究

姚运

安徽晶天建筑设计有限公司

摘要: 本文针对单层地下室在设计和施工过程中, 容易发生抬升和浮起的问题, 提出了一种锚固抗浮设计与施工方法。通过理论分析研究, 验证了该方法的可行性和有效性。本研究的结果对于单层地下室的稳定性和安全性具有重要意义。

关键词: 单层地下室; 锚固抗浮; 设计; 施工; 稳定性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.104

引言: 随着城市建设的不断发展, 单层地下室的应用越来越广泛。然而, 由于地下水位变化、土壤条件等因素的影响, 单层地下室在使用过程中常常出现抬升和浮起的情况, 给工程安全带来了严重威胁。因此, 研究如何设计和施工单层地下室以抵御浮力是十分必要的。

一、地下室的结构特点

地下室相对于地面的位置较低, 一般深度在5米以上, 使其具有更好的隐蔽性和安全性。地下室的墙体需要承受土壤的压力和荷载, 因此通常采用钢筋混凝土或预制混凝土构件, 具有足够的强度和稳定性。地下室的底板同样需要承受土壤的荷载和地下水的压力, 因此也采用钢筋混凝土或预制混凝土构件, 具有良好的承载能力。为了加强地下室的稳定性和承载能力, 需要设置支撑结构, 包括桩基、地下连续墙、支撑框架等。由于地下室处于地下环境中, 需要进行防水处理, 以避免地下水的渗透、积聚和侵蚀, 通常在墙体和底板上设置防水层。地下室的结构特点包括较深的深度、钢筋混凝土或预制混凝土墙体和底板、支撑结构、防水措施和通风系统等。但是地下室底板下土(岩)层为微透水层、弱透水层时, 基坑应作加强回填处理^[1]。这些特点可以保证地下室具有足够的承载能力、稳定性和安全性, 并满足相应的使用需求。

二、存在的问题

1. 单层地下室在设计和施工过程中容易产生抬升和浮起的问题

在单层地下室的设计和施工过程中, 抬升和浮起是一个需要特别关注的问题。这种情况通常是由于地下室底部受到高水位或者土壤水分含量较高等原因导致的。以下是单层地下室锚固抗浮设计与施工中存在的问题: 地下水位变动可能导致地下室产生浮力, 特别是在地下水位上升时。如果设计和施工没有充分考虑地下水位的变化, 地下室可能会受到浮力的影响而抬升。土壤的性质和水分含量对地下室的浮起问题也有影响。某些土壤类型, 如黏性土、软弱土等, 更容易产生浮力。此外, 土壤中的水分含量过高也会增加地下室浮起的风险。地下室的锚固设计是解决浮起问题的关键。然而, 如果在设计和施工过程中没有正确选择和实施锚固措施, 或者锚固措施的施工质量不达标, 地下室仍然可能发生抬升和浮起的情况。地下室的施工质量对于抬升和浮起问题也至关重要。例如, 如果墙体、底板等结构的厚度或强

度不足, 或者施工质量不合格, 地下室可能会受到外部压力而发生变形、开裂和浮起。

2. 目前缺乏有效的锚固抗浮设计和施工方法

单层地下室锚固抗浮设计与施工中存在的问题之一是目前缺乏有效的锚固抗浮设计和施工方法。这可能导致地下室在面临外部压力或水位变化时抬升和浮起, 从而对建筑结构的稳定性和安全性造成威胁。以下是目前存在的问题: 针对单层地下室的锚固抗浮设计, 目前缺乏统一的设计标准。这导致不同设计单位和施工单位在设计 and 施工过程中存在差异, 无法保证设计和施工的一致性和可靠性。在实际设计中, 锚固抗浮设计往往没有充分考虑地下室周围土壤的特性和地下水位的变化规律^[2]。缺乏针对性的设计方法, 无法准确评估和应对地下室的浮起风险。在施工过程中, 由于对锚固材料和技术的选择不当, 导致锚固措施的效果不理想。例如, 使用质量不合格的锚杆或安装技术不到位, 无法有效抵抗地下室的浮力。目前缺乏对已建成地下室的监测和维护机制, 无法及时发现和解决潜在的抬升和浮起问题。这使得问题可能会在使用阶段才被发现, 给人们的生命财产安全带来潜在风险。

3. 锚杆材料和数量选择不当

选择材料强度不足的锚杆无法承受地下室的重量和外部荷载, 从而无法提供足够的抗浮力。这会使当地下室受到高水位浮力作用时, 有导致地下室的抬升和损坏的风险。如果选择的锚杆抗腐蚀措施未处理到位, 则容易受到腐蚀或侵蚀(如图1和图2), 其强度和稳定性将会受到影响。在潮湿环境或特定的土壤条件下, 锚杆材料可能会逐渐减弱, 导致地下室锚固效果下降。如果选择的锚杆数量不足或抗浮承载力不足, 无法提供足够的抗浮力来平衡地下室所受到的浮力。这会导致地下室发生抬升, 增加地下室结构的不稳定性和安全风险。



(a) 轻度腐蚀



(b) 中度腐蚀



(c) 重度腐蚀

图1 锚杆表面腐蚀形态

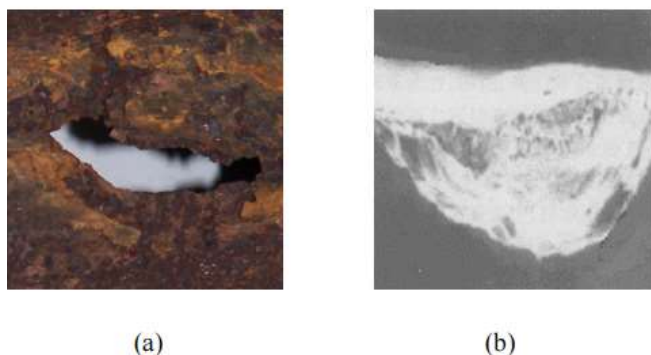


图2 锚杆表面腐蚀穿孔和坑蚀剖面

4. 施工质量不达标

施工人员可能在安装锚杆的过程中存在操作错误，如安装不规范、固定不牢固等（如图3）。这可能导致锚杆无法发挥预期的抗浮效果。选择的锚杆材料可能存在质量问题，如强度不符合要求、耐腐蚀性能差等。这会影响锚杆的使用寿命和稳定性。施工中地库顶以及肥槽回填土容重、局部结构底板及顶板厚度不足不满足设计要求，导致设计的抗浮锚杆数量或单根锚杆承载力不够。这会使得地下室的抗浮能力不足以应对外部水压力，从而使地下室存在抬升和浮动的风险。施工中缺乏有效的监测和质量控制措施，导致无法及时发现施工质量问题。缺乏严格的质量控制可能会导致施工过程中出现质量问题，从而影响地下室的稳定性。

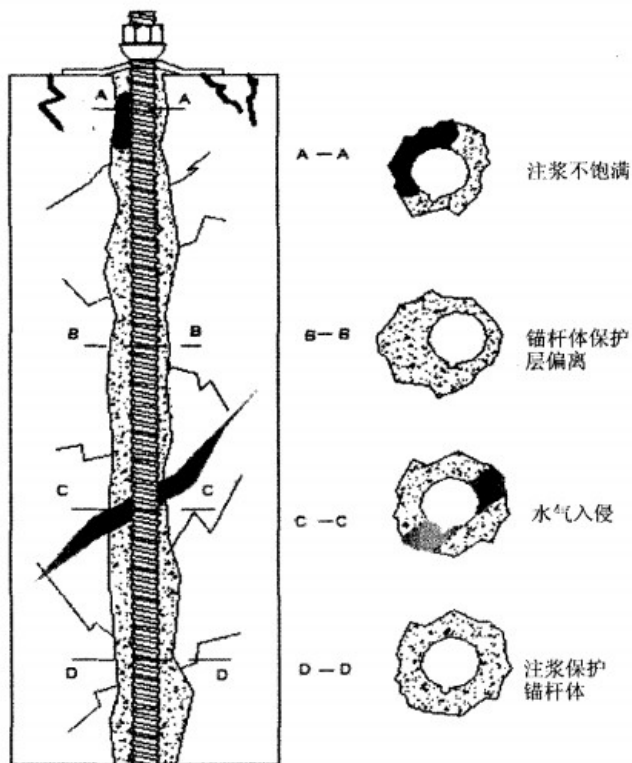


图3 锚杆易受水和空气侵蚀的几种情况

三、解决问题的措施

1. 通过对单层地下室的结构特点和地下水位变化规律进行深入研究

单层地下室一般由地下室底板、墙体和顶板及其支撑结构组成，其与周围土体之间的相互作用会导致地下

室受到浮力的影响。地下室抗浮设防水位的取值，这个基础资料要汇合地勘部门建议、建筑总图、景观总图、四周河道水文资料、地基土特性、四周道路等情况综合考虑。一般来说设防水位取值不应低于地勘部门建议的设防水位建议值。对于规模大的地下室抗浮设计时，如室外地坪标高复杂，还应将场地划分成网格，按网格分别取设防水位，以保证安全性的同时又有一定的经济性^[3]。在随着地下水位上升或土体侵蚀的情况下，地下室底板和地基的接触面积会减少，当水浮力继续增大，直至等于或大于地下室自重，从而引起地下室的抬升和浮起。地下水位的变化是导致地下室抬升和浮起的主要因素之一。地下水位上升可能是由于降雨量增加、地表径流增加或周围水源的渗漏等原因引起。当地下水位上升到一定程度时，地下室底板下方的水压力会增大，导致地下室受到的浮力增大，进而引起地下室的抬升和浮起。当地下室受到浮力作用时，其抬升和浮起的原因和机制可以归结为以下几个方面：地下室自重及抗浮结构构件承载力是抵抗水浮力的关键因素。如果地下室结构自重和抗浮构件承载力不足，地下室就容易抬升和浮起。地下室墙体的稳定性是防止地下室抬升和浮起的重要因素。当地下水位上升或土体侵蚀导致地下室墙体受到外部水压力的影响时，墙体可能会发生破坏，使地下室失去稳定性，进而导致抬升和浮起。地下室结构设计不当可能导致地下室无法承受地下水位上升等荷载。如果地下室的结构设计不合理或强度不足，就容易发生抬升和浮起现象。为了有效防止地下室的抬升和浮起，需要在设计和施工过程中采取以下措施：合理确定地下室的结构形式和尺寸，确保其能够承受地下水位上升等荷载。进行地下水位变化的监测和分析，根据项目实际情况选择合理的地下室抗浮设计方案。抗浮结构和构件（包括压重、抗浮桩、抗浮锚杆等）的承载力、变形及抗浮设施（包括减压井、排泄沟、盲沟等）的有效性应符合抗浮性能及结构设计要求，抗浮构件及设施耐久性年限不应少于建筑工程结构设计使用年限。加强地下室墙体和底板的稳定性设计和施工，确保其能够承受外部水压力的影响。定期对地下室进行监测和维护，及时发现并修复地下室结构的问题，保证地下室的稳定性和安全性。通过对单层地下室的结构特点和地下水位变化规律进行深入研究，可以更好地理解抬升和浮起的原因和机制，并采取相应的设计和施工措施来有效防止地下室的抬升和浮起。同时，抗浮设计等级乙级及以上、采取控制地下水位及其联合方法的抗浮工程应进行水位和抗浮稳定性状态监测；抗浮设计等级为甲级的工程应进行抗浮结构及构件的内力和变形状态监测。做好地下室全生命周期内抗浮监测工作，发现问题及时解决。

2. 提出一种基于锚固抗浮原理的设计方法

需要对地下室的结构特点进行分析，包括地下室的形状、尺寸、深度、墙体厚度等参数。这些参数将决定地下室受到浮力的程度。接着需要对周围土体的力学参数进行分析，包括土壤类型、压缩系数、抗剪强度等参数。（如图4图5）这些参数将决定地下室与周围土体之间的摩擦力大小。同时还需要对地下水位变化规律进行分析，包括地下水位的变化范围、变化速率、变化周期等参数^[4]。这些参数将决定地下室受到的外部水压力大小。在考虑了以上因素后，可以确定合适的锚杆数量和位置。锚杆的长度、直径和间距等参数应根据实际情况进行确定。选择适当的锚杆材料，包括钢筋、钢绞线

等。锚杆的材料应具有足够的强度和耐腐蚀性能。进行锚固抗浮计算，确定合适的锚固力大小。计算中需要考虑锚杆直径、长度、间距、地下水位变化等因素。在进行施工时，需要按照设计要求进行锚杆的安装和固定。在施工过程中，需要对锚杆的质量进行严格监测，以确保其质量符合设计要求。可以设计出一种基于锚固抗浮原理的设计方案，从而保证地下室的稳定性。在实际施工中，需要注意施工质量的控制和监测，确保锚杆的质量和数量符合设计要求，并及时发现并处理锚杆安装中的问题。

表 7.5.9-2 锚杆防腐保护要求

防腐保护等级	锚杆类型	锚杆及锚具防护要求			
		锚头	自由段	粘结段	保护层
I 级	拉力型、拉力分散型	采用过渡管，锚具用混凝土封闭或用钢罩保护	采用注入油脂的护管或无粘结钢绞线，并在护管或无粘结钢绞线束外再套有光滑管	采用注入水泥浆的波形管	水泥浆厚度不应小于 25mm，锚杆的锚具、承压板及端头钢筋混凝土保护层厚不应小于 50mm
	压力型、压力分散型	采用过渡管，锚具用混凝土封闭或用钢罩保护	采用无粘结钢绞线，并在无粘结钢绞线束外再套有光滑管	采用无粘结钢绞线	
II 级	拉力型、拉力分散型	采用过渡管，锚具用混凝土封闭或用钢罩保护	采用注入油脂的护管或无粘结钢绞线	采用注入水泥浆的波形管	

图 4

续表 7.5.9-2

防腐保护等级	锚杆类型	锚杆及锚具防护要求			
		锚头	自由段	粘结段	保护层
II 级	压力型、压力分散型	采用过渡管，锚具用混凝土封闭或用钢罩保护	采用无粘结钢绞线	采用无粘结钢绞线	水泥浆厚度不应小于 25mm，锚杆的锚具、承压板及端头钢筋混凝土保护层厚不应小于 50mm
III 级	拉力型、拉力分散型	采用过渡管，锚具涂防腐油脂	采用注入油脂的护管或无粘结钢绞线	注浆	

图 5

3. 根据地下室的重量和土壤特性，选择合适的锚杆材料和数量

需要计算并确定地下室的重量，包括地下室本体、墙体、底板等组成部分的重量。这将作为设计锚杆数量和尺寸的依据。了解土壤的力学特性非常重要。不同类型的土壤具有不同的抗剪强度、压缩系数和侧向支撑能力。根据土壤的特性，可以选择适当的锚杆材料和数量。选择锚杆材料时，需要考虑其强度、刚度和耐腐蚀性能。常见的锚杆材料包括钢筋、钢绞线和预应力钢束等。根据地下室的重量和土壤的特性，选择合适的材料以满足设计要求。根据地下室的重量和土壤的承载能力，可以计算出所需的锚杆数量。通常情况下，锚杆的数量应具备足够的抗浮能力，可以根据相关标准和规范要求要求进行计算。正式施工前，应先做试锚，试锚数量不少于3根，试验锚杆的最大荷载为抗拔力特征值的2.0倍，采用循环加、卸载法，根据试锚结果进行调整后方

可正式施工。为验证工艺可行性和锚杆抗拔力特征值，并结合试锚实际情况进行调整。以确保地下室的稳定性和安全性。在施工过程中，需要严格控制锚杆的质量。确保锚杆的材料、尺寸和安装符合设计要求。同时，施工过程中需要进行相应的监测和测试，以确保锚杆的质量和性能。在单层地下室锚固抗浮设计和施工中，需要综合考虑地下室重量、土壤特性，选择合适的锚杆材料、单根锚杆承载力和数量，并确保锚杆的设计满足相关标准和规范要求。这样可以保证地下室的稳定性，并提高其抗浮能力，确保人员和财产的安全。

4. 强化施工管理，确保按照设计要求进行施工，并加强质量监督和验收，提高施工质量

抗浮工程应根据场地工程地质和水文地质条件，综合地下室结构底板形式及组合形式、场地环境条件和抗浮设计文件要求等选择施工工艺，并编制专项施工方案（施工期的抗浮措施：施工排水、灌水加压、覆土等）。施工阶段要注意明确施工期间的降水要求及终止降水的条件，防止施工过程中地下室上浮。在施工过程中，应设立专门的施工管理团队，负责监督施工进度、质量控制和安全管理等方面的工作。该团队应具有丰富的经验和专业技能，能够及时发现并解决施工中的问题^[5]。在开始施工前，应制定详细的施工计划，明确各项工作的进度和质量要求，并根据实际情况对计划进行适当调整。同时，应建立施工日志和档案，记录施工过程中的关键数据和问题，以便后期分析和总结。在选择锚杆、胶粘剂、混凝土等材料和设备时，应严格遵循相关标准和规范，选择品质优良、性能稳定的产品，并对其进行必要的测试和检测。在施工现场，应加强安全管理，严格执行各项安全规定和操作规程，防止发生安全事故。同时，应保持现场整洁、有序，确保施工环境良好。在施工过程中，应加强质量监督和验收，对关键节点和重要工序进行严格检查和测试。如安装锚杆前的基坑开挖、锚杆的安装、胶粘剂的施工、混凝土的浇筑等环节，都需要进行必要的质量控制和检测。通过以上措施，可以有效地强化单层地下室锚固抗浮设计与施工中的施工管理，确保按照设计要求进行施工，并加强质量监督和验收，提高施工质量。

结论

本研究通过对单层地下室锚固抗浮设计与施工进行详细研究，提出了一种可行的解决方案。该方法在实际工程中的应用表明，能够有效提高单层地下室的稳定性和安全性。然而，仍需进一步完善该方法，并进行更多实际案例验证。

参考文献

[1] 建筑工程抗浮技术标准: JGJ 476-2019 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
 [2] 建筑地基基础设计规范: GB 50007-2011 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
 [3] 建筑地基基础工程施工质量验收标准: GB50202-2018 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
 [4] 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范: GB50086-2015 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
 [5] 锚杆检测与监测技术规程: JGJ/T401-2017 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.

作者简介: 姚运 (1985年9月), 男, 高级工程师, 研究方向: 抗震, 装配式。