

地下室整体抗浮设计方法适用性探讨

吕泽昌

广州市科城建筑设计有限公司

摘要：在我国城镇化建设发展过程中，高层建筑数量不断增加，但是高层建筑的整体设计较为复杂，尤其是在地下室设计方面，必须保证地下室整体设计质量。在地下室相关设计中，抗浮设计是一项重要工作，是保障地下室质量和安全的关键所在，所以必须结合高层建筑的实际情况，优化抗浮设计方案，提高抗浮设计科学性和合理性。文章对高层建筑地下室抗浮设计相关问题进行深入的研究与分析，并提出一些合理的意见和建议，旨在进一步提高地下室抗浮设计的科学性。

关键词：高层建筑；地下室；抗浮设计；优化措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.24.097

引言

面对高层建筑数量的逐渐增长，合理采取科学设计来缓解城市建筑用地紧张问题变得尤其紧迫和重要。在地下空间设计中，建筑抗浮性能的考虑在建设过程中显得尤为重要。地下室作为高楼的核心组成元素，抗浮设计的方式会直接决定建筑的总体品质和安全性。结合众多的工程实践均显示，设计团队必须对地下水水平的波动有深入的认识，并依据地质勘察的结果来挑选最适当的防浮策略^[1]。例如，考虑增加地下室的结构重量、布置抗浮锚杆（抗拔桩）或使用抗浮板等多种措施，都能有效地避免地下水浮力对地下室造成的不良影响。其次，在施工阶段需要严格把控地下室的建设品质，确保防水与结构层的施工满足设计规范要求，从而增强地下室对浮起的抗力。通过实施高效的排水方案，能够迅速排除地下水，使得地下水的水位降低，从而减轻浮力对地下室可能产生的不良影响。在设计排水系统时，必须考量到系统的长期维护性和可靠程度，确保在众多环境下均能维持其正常的工作状态。

随着高层建筑不断普及，科学的建筑设计方式，尤其是针对地下室的防浮力设计，对于提升整体工程水平具有至关重要的作用。明确地下室整体抗浮设计适用性，有助于显著增强高层建筑的安全与持久性，从而进一步减轻城市建筑用地紧迫的状况。

一、地下室抗浮设计概述

当地下室处于高地下水位时，水的浮力和外界水压将明显地影响地下室，从而使得底板以及侧壁出现变形现象。为了确保地下室的建筑结构具备安全和稳定特性，全方位的抗浮方案设计显得尤为关键。在抗浮设计中，需涵盖全局抗浮检测以及局部抗浮的校验，具体如下：

(1) 整体抗浮计算是对地下室整体结构在水浮力

与外部水压力双重影响下所承受的力的详细分析。通过评估地下空间作为封闭结构在各种力量影响下的总体稳固性，以防止由于浮力过大导致地下室出现上浮或构造损坏的情况。

(2) 局部的抗浮计算着重于地下室的底部和侧面的某些特定部件。在高地下水位的环境中，这类构件会因为遭受不均衡的水压而导致不同水平的形状变化。因此，在进行局部反浮力测试时，必须准确地计算这些结构区域在受力下的状况，以确保它们能够在承受外界水压力的条件下，不会出现过度的形状变化或损伤。

为了更好地对抗浮进行设计，需要使用两个核心策略：“压”和“拉”。为了对抗水的浮力，“压”法会考虑增加建筑的自重或者加重；当建筑本身的自重不足以阻挡水浮力时，可考虑增加建筑所用材料来补充其重量。为了抵抗水浮力，“拉”原理是通过加入抗拔桩或抗拔锚杆，从而确保地下空间不会上浮。不管选择哪种方式，必须确保建筑物在浮力方面（即由自身重量与抗拉能力组成）达到总浮力的1.05倍或以上，从而满足防浮标准并确保地下空间的稳固性。

在地下室的设计和施工过程中，局部抗浮问题是一个不容忽略的关键环节。尤其是当大量地下室被应用于建造高层时，建筑物的自重分布不均有可能会引起其局部抗浮性能不同。因此，除了必须按照标准规定对底板、侧壁强度、形变和裂纹宽度进行检验外，对于地下室的某些薄弱部分也需要进行防浮检验，以确保结构的整体稳固性。

在面对大型地下室的情况下，如果其上方构造为高楼或者荷载恒定且相对较大，那么该区域通常会拥有很高的整体浮力抵抗能力。相反，当一个区域的上层没有建筑物或者建筑的层数相对较少时，其抗浮性能或许不太出色，需增加相应抗浮手段。

二、高层建筑地下室抗浮设计注意事项

对于高层建筑来说，地下室的抗浮能力问题显得尤其关键，尤其在地下水位比较高的区域中。建筑物总体上浮动或其部分结构因浮力导致的损坏是常见的危险因素，设计人员需要找到有力的应对策略，通过科学合理的防浮设计，使地下室对抗浮的效能能得到显著提升。其中，减少地下水的浮力或增加自重是其中一个关键环节。现阶段，高层建筑的地下空间普遍使用了配重法技术，即通过添加回填的土石来增加建筑物的自重，以便更有效地抵抗地下水的浮动力。该技术不仅提升了地下室建筑的稳定性，同时也有助于抵御地下水源对其进行的侵袭。对高层建筑的地下室实施抗浮力设计，需

要特别注意两个关键问题：

1. 地下水因素

在高层建筑工程建设过程中，地基尤其至关重要。当地基经过夯实处理之后，尽管土质变得更为密实，但这导致了排水的效率显著下降。在这样的状况下，地下水的水位很可能会逐渐增加，这样可能会给地基带来不良后果。例如：部分基础出现上浮的迹象，这种变化不仅可能导致之前的抗浮动设计变得无法实施，而且可能引发整个地下室结构的大幅变形。土壤的压实确实提高了地基的承受力，但同时也引入了排水的潜在问题。随地下水位的逐步提高，地基受到的浮力也相应地增加，已经超越了最初设计的可承受范围。在如此的环境中，纵然存在抗浮的预防措施，仍然难以完整地对抗由于地基浮起所带来的风险。因此，对于建筑高楼的管理，尤其是在地基加固过程中，必须全面地考量土层的紧密度与排放能力，以及地下水位波动对地基稳固性可能产生的作用。

2. 外部影响因素

在高楼周边的多种复杂工作条件中，抗浮桩及其相关的抗浮锚杆都可能受到环境因素，包括物理和化学的显著影响，导致抗浮桩质量退化及其结构完全失效。在长期应用过程中，这些建筑结构易受到外部因素的干扰，并必须面对明显的维修和维护问题，这严重威胁了高层建筑地下空间的安全性，限制了其被合理和高效利用的可能性。

三、高层建筑地下室抗浮设计存在的问题

（一）地下水的浮力存在问题

目前，高层建筑在其抗浮设计阶段遭遇了许多困境，主要问题为缺乏足够的实践经验和相关计算参考。地下水的浮力是由于地下水直接与建筑物的基座接触生成的，浮力的大小将直接决定建筑物是否能够保持稳定和安全。

当前的抗浮设计主要依赖经验性的策略或不完备的计算模型，它们之间缺少一个统一的标准数值和科学的计算方法，这使得所设计的抗浮结构在实际操作中难以实现预定目标。在技术和科学标准上，需要一个更加系统化和精确的数据背景来确保高楼大厦在地下水浮力影响下的稳定性。因此，确立准确的标准值和计算技巧不仅能够增强抗浮设计的科学合理性，同时还能为实际工程实践提供稳健的技术支持。

（二）地下水的水位确定问题

在地下空间的设计中，防浮的建筑结构显得至关重要。由于地下水的水位直接影响地下室的浮力，故在设计过程中必须有准确的水文地质调查数据。缺失足够的勘查数据，难以对地下水的深度及其变动进行准确的评估，这进一步对防浮设计的科学性与实用性构成了威胁。结合地勘报告，合理选用或确定抗浮水位至为关键。

为了有效解决以上难题，水文地质勘察的工作必须进行优化，以确保所收集的数据既完整又准确。唯有依靠丰富的地理勘查资料，设计人员才可以在科学的基础上制定出切实可行的抗浮设计标准，不仅有助于有效地处理地下的水位变动，而且也可以极大地降低地下抗浮系统可能产生的不利效果。

四、高层建筑地下室抗浮设计的要点

（一）地下水位取值

在设计高层建筑地下室的抗浮设计中，对地下水位进行精准的勘查与计算变得至关重要。设计团队需要精确定地下水位的确切数值，并使用数学模拟工具来进行准确的计算分析，以保证基础底板承受的抗荷量能够超过地下水的浮力，一般地下水位定至建筑物室外地坪标高。

同时，设计阶段也需要充分考虑地下水的种类、其补给与排走的关联性等多个方面。这些因素可能会对水位发生变化产生影响，进一步威胁到抗浮结构的实用性。通过进行深入的地下水研究和精确的数值仿真，技术人员能够准确地评定地下室抗浮构造在各种条件下的性能，确保了构造能够抵抗地下水位变动带来的浮力，进而增强了高楼地下室抗浮设计的安全与品质。

因此，在高层建筑的地下室抗浮设计过程中，地下水位的调查与数值分析具有不可或缺的角色。利用精确的数据分析和科学计算手段，综合考量地下水类型、其补给和排放的关系，设计人员可以设计更为可靠的抗浮结构，从而显著提升高楼的总体安全性和持久耐用性。

（二）整体抗浮与局部抗浮

在多层建筑的地下空间规划中，对抗浮力的考量变得至关重要。在设计抗浮时，主要考虑到整体抗浮与局部抗浮这两个核心环节，确定它们的优先级对保证整体结构的稳定和安全是至关重要的。首先，整体的抗浮性结构必须能够有效地应对地下水浮力带来的冲击，以此确保在各种情况下建筑都能保持稳定。之后，局部结构的设计变得重要，特别是在地下水浮力较大的地区，需进行深入分析和优化设计方能实现，避免局部抗浮失效。如果某部分结构的设计改进影响了整体防浮效果，那么就需要对整体的设计进行重新的设计策略调整。

在项目的设计阶段，应严格按照《建筑工程抗浮技术标准》的规定来操作。这些准则保证了整体和各部分的浮力防护都可以达到预期的安全和稳定标准。在设计过程中，需要深入地研究各组成部分受到地下水浮力的影响，并依据具体情况进行适应性的处理，以确保整体设计方案具有高效性和可信度。

（三）合理选择抗浮措施

以某市的经济技术开发区为例，该项目包含了四幢高楼以及一个二层的地下室建设项目。这个项目所在地有优良的地基，基坑的挖掘深度在3.5m至12.5m的范围

内。在基坑的挖掘过程中，选择了复合土钉墙作为支撑，并结合了三重管旋喷桩的止水技巧，从而成功地构建了一个封闭式的止水帷幕，以确保基坑保持其稳定与安全。为了解决地下水的浮力问题，该工程在设计阶段引入了排水抗浮的科技方案，通过在盲沟和集水井的工程中收集地下水，随后利用地形的高度差异来实施自然排水，从而把地下水纳入市政水管系统中。另外，建筑阶段使用了明排式降水策略，这进一步保障了基坑和地下室处于一个干燥的环境中^[2]。依照《建筑工程抗浮技术标准》和《岩土工程勘察规范》的条文，对场地的水文地质环境进行了勘察，勘探点的间距标准如表1所示。

表1 勘探点间距标准

序号	地基复杂程度	勘探点间距/mm
1	复杂	10-15
2	中等	15-30
3	简单	30-50

该项目所涉及的水文地质环境的复杂性是中等水平，勘查点间的间隔设计达到了20m。该地理区域内的原始形态主要是由侵蚀后的残丘组成，其地下主要由中度风化的砂砾岩构成。表面呈现为填土，导致上部出现水的滞留；区域中心有潜在的潜水活动。在土层里，存在评分的黏土与含砾砂岩，总体上展现为一个弱含水层的状态。岩石表层可以进一步分类为强风化区和中风化区。

泄水和抗浮的技术融合了主动和被动两种排水手段，成功削减了地下空间的浮力，从而解决了传统抗浮工程方法所存在的局限。在应对地下水的压力和浮力挑战时，传统的抗浮技术往往显得不尽完善，这使得地下室难以适应地质和地下水的复杂多变环境。泄水抗浮技术利用盲沟排水方式，将地下水导向了排水系统，这样有助于减缓地下室建筑受到的浮力，并提升其整体稳定性和安全性。通过主动的排水技术，可以迅速且准确地清除地下的积水，避免水位上涨，并减少其对地下室浮力的干扰；采用被动排水系统，通过合理设计的排水路径，能够确保液体的流畅流动，从而长期保护地下室免受干燥^[3]。将两种技术结合，不但能够显著增强排水效果，还能大幅提高地下室结构的防浮特性。

在这个地下室的设计中，三条位于基坑下方的边线都配备了一个盲沟系统。盲沟的开发目标是为有效地集水和排放水提供便利。为了确保水流的顺利流动，在基坑的下端布置了三根直径300mm的排水管，设计的斜率为0.5%。盲沟内侧铺设了碎石物，并在其外部被土工布所覆盖。这种设计确保了土壤粒子无法流入盲沟，并且保障了水能够无障碍地经过。为了更有效地提升排水表现，特意在碎石垫层下方安装了一层用于反滤的土工布

材料，从而确保排水系统能够持续稳定运行。

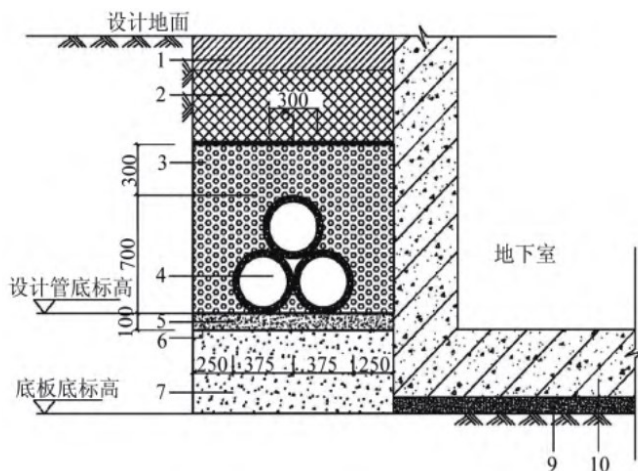


图1 地下室盲沟结构简图

经过地质信息和详尽的数值计算分析，此次地下空间工程有效地应用了排水防浮的方法。该设计的水位高度设置为+19.2m，这个策略在面对持续对周边岩土进行的抽水导致的巨大地面沉降上表现得相当出色，具体监测数值仅仅是17.6mm。而沉降值的差异仅为1.3mm，满足相关的所有规范和标准。

(四) 工程效益

在地下室的抗浮设计中，泄水抗浮技术策略的运用展现出了显著的优势。相较于传统的设计理念，预计能够节省大约550万元的投资预算。这种技术不仅显著提高了建设的效率，同时对现有线路和其他工程进度也保持着良好的状态，从而确保了整体工程的顺利进行。此外，这种技术还带来了显著的综合收益，地下室的抗浮设计质量得到了显著提升。经过优化后的设计策略，成功降低了成本，大幅度提升了项目的经济效益。

结束语

文章全面阐述地下室抗浮设计的基本概念，并对抗浮设计的注意事项进行分析，同时提出地下室抗浮设计存在的问题，最后提出多项提高地下室抗浮设计科学性的有效措施，并结合具体工程案例对抗浮设计措施进行优化，希望能够对我国高层建筑地下室抗浮设计工作起到一定的借鉴和帮助作用，不断提高地下室抗浮设计工作质量。

参考文献

- [1] 郑硕锋, 孙强. 地下室整体抗浮设计方法适用性探讨[J]. 广东土木与建筑, 2023, 30(10): 65-68.
- [2] 陈芝诚. 高层建筑地下室抗浮设计的几个问题[J]. 大众标准化, 2022, (09): 98-100.
- [3] 古剑. 高层塔楼地下室抗浮设计方法探讨[J]. 建筑结构, 2021, 51(S1): 2169-2172.