

# 岩土工程勘察中抗浮设防水位的综合确定

曾勇生, 李健阅, 舒 阳

中国十九冶集团有限公司, 四川 成都

收稿日期: 2022年3月18日; 录用日期: 2022年4月6日; 发布日期: 2022年4月18日

## 摘 要

抗浮设防水位在地下室埋置较深的建筑物设计中是非常重要的一个设计参数, 其抗浮设防水位的高低将直接影响抗浮的设计, 同时也影响到工程造价的高低和运行期间的安全性和风险性。通过结合工程实例探讨了抗浮设防水位的确定, 并根据多年的工作经验提出了自己的观点, 具有一定的现实和借鉴意义。

## 关键词

岩土工程勘察, 地下水, 抗浮设防水位, 确定

# The Comprehensive Determination of Anti-Floating Fortification Water Level in Geotechnical Engineering Investigation

Yongsheng Zeng, Jianyue Li, Yang Shu

China 19th Metallurgical Corporation, Chengdu Sichuan

Received: Mar. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: Apr. 6<sup>th</sup>, 2022; published: Apr. 18<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

The anti-floating fortification water level is a very important design parameter in the basement buried deep building design, the level of anti-floating fortification water level will directly affect the anti-floating design, but also affect the level of engineering cost and the safety and risk during operation. This paper discusses the determination of anti-floating water level by combining engineering examples, and puts forward its own views according to years of work experience, which has certain practical and reference significance.

## Keywords

**Geotechnical Engineering Investigation, Groundwater, Anti-Floating Fortification Water Level, Determination**

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年随着社会经济建设的发展,土地供应量越来越受限,土地供给的价格越来越高,建筑逐渐向深层地下空间发展,为满足人民日益增长的物质文化生活的需要,深基坑高层建筑和地下广场式建筑兴建得越来越多。建筑物基础位于地面以下就存在着地下水的影响和抗浮水位的问题。近年来因地下水位上升、抗浮问题等导致多起地下室底板隆起、开裂,甚至地下结构部分墙、柱、梁裂开等事故,地下结构破坏的工程较多,部分项目导致建设单位起诉勘察单位、设计单位等,在行业内引起了较大的震动[1]。

从 20 世纪 90 年代的摸索阶段到现在,我国各地大量技术人员对各种条件下抗浮设防水位进行了许多相关研究,目前形成了较为成熟的理论技术体系。虽然目前理论技术较丰富,许多地方也出台了涉及抗浮设防水位的规范、规程,但内容较分散、争议仍较多,不仅影响了在实际工程中的应用,也造成了研究工作自身缺乏系统性和延续性[2]。

本文通过某场区工程实例介绍,论述了某中风化基岩层地区由于抗浮水位提供不正确及人为认识不需抗浮导致地下室开裂破坏事件,导致工期延误、经济损失,为类似地区的抗浮水位的确定和相应地区施工对抗浮水位的重视提供有益借鉴。

## 2. 地下水分布的特点

地下水是指埋藏在地表以下岩石和松散堆积物中的水体,井和泉是它的人工和天然露头。地下水主要是地面水下渗聚集而形成的。地下水分布广泛,它不仅发育在潮湿气候地区,同时在干旱地区、沙漠、极地、高山均有分布。地下水的存在形式有:吸着水,薄膜水,毛细水,重力水。地层根据透水性又分为透水层、含水层、不透水层或隔水层。地下水按运动特征和埋藏条件可分为包气带水、潜水、承压(层间)水三种基本类型

## 3. 根据原已有研究成果一般抗浮设防水位的确定

抗浮设防水位的确定是一项难度较高、比较综合的工作,在相关领域已进行了许多研究,也取得了较多成果。根据《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ 72-2017)对抗浮设防水位综合确定规定[3]:当有长期水位观测资料时,场地抗浮设防水位可采用实测最高水位;无长期水位观测资料或资料缺乏时,按勘察期间实测最高稳定水位并结合场地地形地貌、地下水补给、排泄条件等因素综合确定。一般抗浮设防水位是根据现场勘察钻探测试水位、本地区多年水文地质资料及水位变化来确定的。对于没有长期观测资料但对各类地下水的年变幅比较清楚的地区,目前常采用以下经验公式进行计算:地下水最高水位 = 勘察期间该层地下最高水位 + 该层地下水在相当于勘察时期的年变幅 + 可能的意外补给造成的该层水位上升值[4]。

## 4. 抗浮设防水位确定的作用

场地抗浮设防水位确定后结构工程师才能根据其进行对应抗浮设计, 首先根据抗浮设防水位和地下室底板基底高程的高差关系计算抗浮力, 然后按照抗浮力和底板上部的荷载确定是否采用抗浮措施, 采用何种抗浮措施。如果抗浮设防水位低于地下室底板基底高程就不需要就行抗浮设计, 当抗浮设防水位高于地下室底板基底高程就需要就进行抗浮设计采取对应抗浮措施, 但是如果施工中或施工后实际抗浮水位高于地下室底板基底高程, 而勘察时提供的抗浮水位低于地下室底板基底高程导致设计时就没有采取抗浮措施, 最终实际过程中抗浮力过大造成底板、柱子隆起开裂等事故。抗浮设计关系工程造价的高低, 同时关系工程的使用安全, 因此正确合理的抗浮设防水位应该是地下室抗浮计算需要的能保证运行安全和工程造价合理的场地地下水位。于此就要根据场地所处环境这就要求岩土工程师以区域水文地质条件为基础, 根据各层地下水的类型、水位及变化规律、补给和排泄条件等诸多因素, 综合评价抗浮设防水位, 提供既能确保建筑在使用期间安全, 又要经济合理的抗浮设防水位数据。

## 5. 抗浮设防水位提供错误出现事故工程实例

某食品医药产业园安置房二期项目位于\*\*市\*\*镇银定桥村银桥花园小区北侧, 拟建物由 18 栋地上 2F~17F 住宅楼、幼儿园及商业建筑组成, 地下 2F 地下车库。高层主体结构为框架-剪力墙结构, 地下室主体为砼框架结构, 基础主要结构形式为筏板加独立基础, 地下室建筑面积为 38,244.66 m<sup>2</sup>, 负二楼底板顶部标高为-9.05 m, 两层层高 7.5 m。建设场地交通便利、地势开阔, 原始地形起伏较大, 呈西高东低、北高南低, 原始地面高程约 433.0~460.0 m, 高差约 27.00 m, 属浅丘缓谷地貌。年平均降水量 1620 mm, 日最大降水量 191.80 mm, 降雨都集中在 6~9 月份。

### 5.1. 地层岩性结构特征

场地内地层主要为第四系全新统人工堆积(Q<sub>4</sub><sup>ml</sup>)素填土, 第四系全新统坡洪积(Q<sub>4</sub><sup>dl+pl</sup>)粉质粘土, 下伏白垩系下统苍溪组(K<sub>1</sub>cx)砂质泥岩、泥质砂岩, 岩性特征分述如下:

#### ①、素填土(Q<sub>4</sub><sup>ml</sup>):

杂色, 松散, 稍湿, 主要由砂质泥岩碎块、泥质砂岩碎块及少量有机质组成, 层厚 1.00~4.80 m, 系近期堆积。

#### ②、粉质粘土(Q<sub>4</sub><sup>dl+pl</sup>):

黄色、褐黄色为主, 湿, 可塑, 无摇振反应, 切面稍有光泽, 干强度、韧性中等, 含少量铁锰质结核, 层底部含少量粉粒、砂粒, 层厚 2.00~10.20 m。

#### ③、泥质砂岩(K<sub>1</sub>cx):

棕红色、紫红色为主, 主要由长石、石英、云母颗粒组成, 细粒结构, 泥质胶结, 薄-中厚层状构造, 节理裂隙少量发育, 强风化带岩芯破碎, 呈砂土状及碎块状, 层厚 1.00~3.00 m, 属极软岩, 中等风化层, 层间常夹有砂质泥岩薄层。

#### ④、砂质泥岩(K<sub>1</sub>cx):

棕红色、紫红色为主, 主要由粘土矿物组成, 钙质结构, 薄-中厚层状构造, 强风化带岩芯破碎, 呈土块状及碎块状, 层厚 1.20~2.40 m, 属极软-软岩, 岩体基本质量等级为 V 级; 中风化层岩石质量指标 RQD = 26~55, 岩芯较破碎, 呈短柱状及碎块状, 为极软岩, 岩体基本质量等级 IV~V 级, 本次勘探未揭穿该层。

### 5.2. 水文地质条件

根据勘察钻探和现场调查, 场地地下水主要为赋存于素填土及粉质粘土层中的上层滞水, 无承压性,

受大气降水、地表水补给，并通过地下径流、蒸发等方式排泄。勘察期间正值平水期，稳定水位埋深 2.00~3.00 m，水量一般，无统一的地下水水位，且地下水在丰水期有富积的可能，应考虑地下水对基础施工的影响，可采用集水坑明排或机械排水。

场地所在区域属沱江水系，离沱江较远，与沱江水力联系较小，根据水文资料，附近沱江河最高洪水水位为 388.40 m，稳定水位按最高洪水水位上升 1.50 m 考虑，地下水水位约为 389.90 m。基底整平标高在 430.00 m 以上，不需考虑基础的抗浮问题。但应注意地下室侧壁回填土的密实性和透水性，建议地下室侧壁部分回填土采用不透水材料回填，防止基坑肥槽部分长期积水，防止场地水入渗地下室底板，以避免产生地下水浮力，若回填质量达不到设计要求，应考虑抗浮。

### 5.3. 抗浮设计

根据中冶成勘勘察设计研究院有限公司于 2017 年 02 月做的\*\*四海食品医药产业园安置房二期岩土工程勘察报告，地下室边墙和地下室底板所处 87-87'剖面图地质如图 1 [5]:

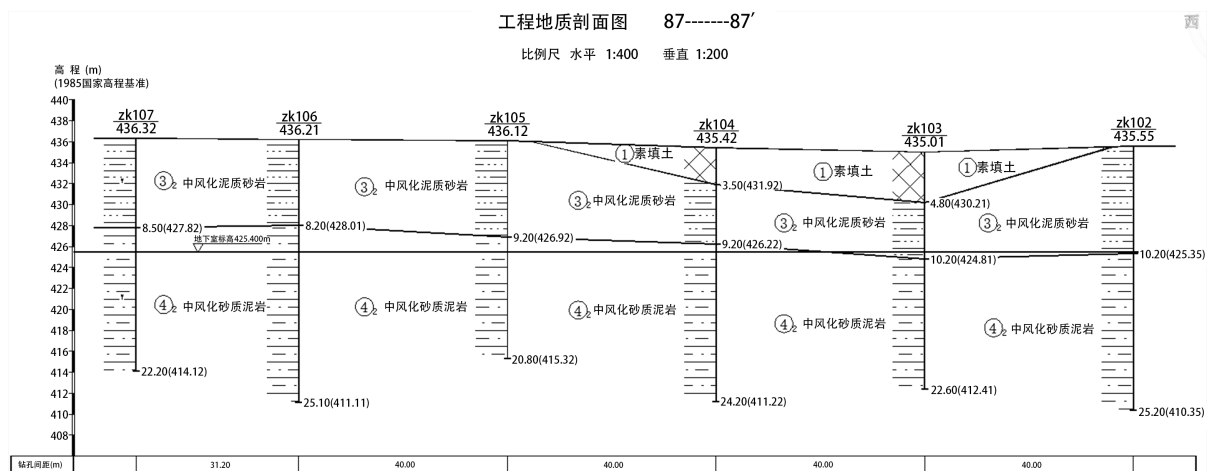


Figure 1. Engineering geologic profile 87-87'

图 1. 工程地质剖面图 87-87'

根据剖面图所示，设计基底地下室基坑坑壁岩层主要为中等风化基岩，局部 0.0~4.8 m 松散素填土，基坑底部均为中等风化基岩，设计施工图基底标高在 425.40 m，而附近河水最高洪水水位为 388.40 m，稳定水位按最高洪水水位上升 1.50 m 考虑，地下水水位约为 389.90 m，不需考虑基础的抗浮，但应注意肥槽的回填质量以免产生抗浮，并且地下室开挖后基底及侧壁为中风化基岩，长期没有地下水，所以设计没有设计抗浮措施。

### 5.4. 地下室产生开裂及对应处理问题

项目于 2019 年 10 月初全面完成地下室底板预留后浇带的封闭工作，10 月中旬现场巡视发现，地下室负一层和负二层在 4 号、5 号楼纯地下室部分区域，靠 1 号机动车坡道中庭周围出现梁板翘曲，局部柱底、梁顶有开裂渗水现象，现场经测量检查，发现局部纯地下室底板出现不同程度上浮，局部地面上浮高度约 10~18 cm 不等，其余主楼及周边临近位置无变形。发现问题后，组织了现场应急抢险处置工作(在集水坑位置钻孔、排水泄压、监测等)并将有关情况通报各责任主体。经过采取上述应急措施后，再次对相关变形部位进行复测，上浮底板变形发展趋势得到有效控制，底板面整体上浮标高值缩减为 3~5 cm 不等并趋于稳定，同时经过 45 天的降水处置，前期 5 个排水孔水柱呈现瀑布状并且水流量非常大，后期

有 3 个泄水孔流量逐渐减缓, 余下 2 个泄水孔水流一直无法得到有效遏制, 其水量无减小迹象, 通过现场监测, 发现负二楼相关后浇带施工缝位置也出现渗水及地下室底板裂纹返碱现象, 暂停地下室地坪等相关土建工作。

2019 年 12 月 27 日由业主再次组织相关各方进行了现场踏勘, 召开了专题分析会并形成如下共同意见: 本项目 1#地下室周边经现场水位监测, 有高出底板 5 m 左右的水头存在, 导致实际抗浮设防水位高于地下室底板较多, 形成‘脚盆效应’导致上浮力大于原设计, 造成此次地下室局部底板上浮, 需在建筑周边采取临时降水泄压乃至后期使用期间的永久性泄压措施, 为避免和减少因纯地下室局部区域上浮产生的后续次生灾害, 由设计根据现场已出现的上浮变形数值、变形区域进行踏勘论证, 出具相关加固设计方案, 总包方依据加固方案进行加固处理后进入后续土建施工。

2020 年 08 月经过长时间的观测和抽排水, 泄水孔中仍有地下水喷出, 2020 年 08 月经过 5 位专家的论证, 在基于设置泄水井用水泵抽排和重新布置抗浮锚杆对地下室进行抗浮处治综合比较后, 采用了布置抗浮锚杆的方式进行处理, 最终由设计单位进行地下室抗浮锚杆设计, 并按照设计进行施工, 地下室抗浮取得了良好的效果。

### 5.5. 产生的后果

上述项目底板出现隆起开裂是由于对一些条件认识的错误, 虽然认识到了场地属浅丘缓谷地貌, 但没有考虑到场地处于低洼地带易于汇水会导致水位升高, 实测实际抗浮设防水位大致为场地地面下 3.0 m 左右, 从而导致实际抗浮水位远高于勘察报告提供的抗浮水位, 设计未设置抗浮措施导致最终地下室底板出现开裂、涌水, 最终进行处理耽误非常长的工期及增加了人力、物力、财力, 造成了不必要的各种损失, 教训是比较深刻的。

## 6. 抗浮设防水位的确定需要考虑的内容及采取的方法

抗浮设防水位的确定不是单一, 需要综合考虑, 涉及的因素、内容较多, 研究内容和采取方法如下:

①、收集分析、研究项目所处区域、地形地貌、周围环境。

②、收集项目所在地气候变化、降水多寡、汇水面积等自然因素, 场地附近地面水体情况与场地地下水的侧向补给情况, 收集当地水文地质资料, 包括历史最高水位、近 3~5 年内地下水位年变化幅度、常年水位变化幅度。

③、调查地下水的类型、分布、埋藏深度、含水层数目、地层赋存条件、含水层构造特点以及地下水的补给、径流、排泄条件及相互间的影响[4]。

④、收集分析项目所处场地基底、侧壁岩性及地面、侧壁汇水、排水情况。

## 7. 合理抗浮设防水位的综合确定

为了避免由于抗浮设防水位问题提供不准确导致工程造价增加和运行期间安全性和风险性增加, 需根据项目所处场地位置各种条件综合分析后确定并提供合理及可用的抗浮设防水位。

根据以往技术人员对不同条件下抗浮水位的分散研究及本人多年从事若干不同区域及地质条件下勘察项目实例抗浮水位的研究和由于抗浮水位问题导致地下室出现事故项目的研究后, 进行了综合分析和总结, 具体结论如下:

①、阶地及浅丘地区抗浮设防水位按以下要求确定: a. 一级阶地不能低于室外地坪标高以下 1.0 m; b. 二级阶地不能低于室外地坪标高以下 2.0 m; c. 三级阶地及浅丘地貌主要为上层滞水时, 不能低于室外地坪标高以下 3.0 m。

②、低洼场区的建筑地下室底板置于不透水层之上时, 场区易于汇水而排泄水不利时, 应根据特大

暴雨期间可能形成街道被淹没情况，抗浮水位应取场地室外附近道路等的高程。

③、坡地场地如果基底地层透水性较好，场地排泄水条件又好，抗浮水位可以按照常规勘察水位等方式确定。如果基底地层透水性差、场地排泄水条件不好，抗浮水位按场地周围较低地坪高程确定[6]。

④、一般的情况下，抗浮水位大小可以根据不同区域的地坪和地下室地板标高分区分块设置[7]。

抗浮设防水位根据场地所处条件并结合上述几条适用条件，就能对应确定合理的抗浮设防水位。

## 8. 结论

抗浮设防水位的确定要考虑的因素很多，勘察单位应依据勘察期间的场地条件、水文、地质、气候、周边情况和设计条件等因素来确定。

①、抗浮水位的确定应根据收集的各种资料与现场实测工作相结合，不能简单根据钻孔所测水位来确定，需要对各种获取的资料进行综合分析确定。

②、抗浮水位应按勘察期间实测最高水位并在结合场地所处位置、地形地貌、地下水补径排条件同时应充分考虑场地所在的地层结构，地下水类型，各层地下水水位及变化幅度等因素共同确定，并收集临近建筑抗浮设防情况进行参考。

## 参考文献

- [1] 李先恒, 许江坤. 勘察过程中抗浮水位的综合分析探讨[J]. 科学技术创新, 2021(36): 141-143.
- [2] 李世君. 抗浮设防水位相关技术理论问题分析[J]. 资源信息工程, 2017, 32(5): 163-164.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 《高层建筑岩土工程勘察标准》(JGJ/T 72-2017) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [4] 陈兆星. 地下室抗浮设防水位确定方法研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2012(35): 1-5.
- [5] 中冶成勘勘察设计研究院有限公司. 简阳四海食品医药产业园安置房二期岩土工程勘察报告[R]. 2017.
- [6] 汤达前, 葛延明. 丘陵区房屋建筑勘察中抗浮设防水位的确定[J]. 土工基础, 2020(6): 699-701.
- [7] 刘子洁, 罗华. 地下室抗浮设计水位合理选择的方法实例[J]. 江苏建材, 2011(3): 26-28.