

# 地下室上浮的预防及处理

张树根

中冶天工集团有限公司

**摘要:**近年来地下车库一类的池体结构上浮现象时有发生,特别是大面积未竣工的地下室发生不均匀上浮较多,造成地下室结构受损,产生较大的经济损失,影响正常的使用。本文从地下室上浮产生的原因、上浮产生的破坏、预防上浮的措施、上浮之后的处理方法四个方面进行分析,提出预防和处理措施,以避免类似现象的发生。

**关键词:**地下室上浮;抗浮;原因分析;预防措施

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2021.23.017

## 一、地下室上浮产生的原因

地下室一类的池体结构上浮,就是抗力(建筑物的自身重量,以及附加在建筑物上的向下的外力),不能抵消地下水位上升对地下室一类池体结构(如水池)产生的浮力,致使该类结构向上位移。以地下室为例,在正常使用阶段,抗力的组成,主要包括地下室及上部建筑物的自身重量和附加在建筑物的向下的外力(抗拔桩、与主体结构相连的围护结构产生的抗拔力、地下室顶板覆土的重量、建筑内部设备的重量、回填土对地下室上浮的约束等)。在施工阶段,抗力除建筑物的自身重量、附加在建筑物的向下外力,还包括基坑降水对地下水位降低产生的浮力的减小值。地下结构抗浮稳定应按照《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476-2019给定的公式验算: $G/N_{w,k} \geq K_w$ ,式中: $G$ ——抗力设计值总和(KN); $N_{w,k}$ ——浮力设计值(KN); $K_w$ ——抗浮稳定安全系数,按照建筑物在施工阶段和正常使用阶段,以及不同的抗浮设计等级(甲级、乙级、丙级), $K_w$ 取值各有不同,详见该技术标准。

### (一) 施工原因引起地下室上浮

在一般情况下,抗力基本上是固定的,引起地下室上浮事故都与地下水位的大幅上升有关,通常有两种情况。一是土层透水性较好、地下水位也较高,另一种是土层透水性较差,在遭遇突降暴雨或连续大量降雨时,都有可能引起地下水位短期内大幅度上升,浮力增加,造成地下室上浮。尤其是后一种情况极易疏忽,比如地下水位较低的黏性不透水土层(或基岩)开挖后实际上是形成了一个不透水土盆,由于基坑开挖后不见地下水,或只有少量地下水,易于忽视降水,当地下室外表面与边坡间缝隙较小,在突降暴雨的情况下,有少量的地面积水进入基坑即可形成水头压力差,当地下室底板承受的浮力大于抗力,就会造成上浮事故。另外,基坑回填后,如果肥槽回填质量不佳(夯填不密实、回填材料杂物多导致回填土渗透性大),那么在强降雨下,地面积水也极易从回填部位渗入基坑底部,形成“脚盆效应”,产生上浮事故。

案例1:广东某乙烯工程污水处理厂16个钢筋混凝

土水池,1995年5月,主体结构施工基本完成,至6月初,大部分基坑已完成回填,并且回填质量较好。但是调节-匀质池北侧和放流-调峰池的东、南、北侧均未完成回填,6月6日-8日,当地持续暴雨天气,降水量达400mm,基坑没有提前采取任何降排水预防措施,使基坑内蓄积大量积水,之后的几天里,这两个水池没有回填的部位都发生了上拱开裂。

案例2:天津某住宅工程,整体地下室,均匀布置9栋25层高层住宅,主体结构已经封顶,肥槽未回填,地下室范围内的降水井均已封井,肥槽内的降水井只有少部分能够正常工作,在2017年7月连续降雨后,地下水位大幅抬升,基槽内大量积水,楼座之间的地下室发生上浮,地下室底板最大上拱498mm,柱头柱脚均发生开裂现象。

### (二) 设计考虑不周造成地下室上浮

由于目前建设工程一般规模较大,经常出现同一地下结构底板上布置多栋不同区域范围、不同高度、不同基础形式等的结构体,造成不同区域上的荷载、不同结构之间的连接方式及其共同工作模式等差异明显。因此,在进行抗浮稳定性验算时,不仅应对地下结构底板以上结构进行整体抗浮稳定性验算,对不同结构区域之间、结构荷载差异较大区域进行抗浮稳定性验算,还必须对每个区域在施工期、使用期形成的结构单元进行抗浮稳定性验算。如果某一环节考虑不周,就有可能发生上浮事故。

例如某工程是由位于场地中部的1层地下室和设于场地外围的3栋地下1层、上部高层的宿舍楼构成,是结构连为一体但荷重悬殊的超长房屋建筑工程,地下水浮力作用下,各部位的抗浮能力差异极大,使纯地下室部位抗浮能力不足,最终在水浮力作用下发生整体上浮,发生上浮事故。

### 二、地下室上浮发生的时间

一是竣工之后发生上浮,多数和设计考虑不周有关,加上地下水位的上升,发生上浮事故。约占总数的30%~40%。如前述案例。二是施工阶段发生上浮。约占总数的60%~70%。

如湖南长沙某住宅项目,南侧为塔楼,北侧为大面积二层地下室,建筑面积达27679m<sup>2</sup>。基坑未回填且顶板未覆土,基坑东侧有山体。根据地勘报告,基坑底部及周边为不透水层,蓄水后排水困难。采用抗拔桩抗浮。2017年6月底长沙发生50年一遇强降雨,地表水汇入基坑,虽经大力排水,地下室仍然上浮,有部分构件产生破损;2017年7月下旬长沙再次降雨,地表水持续汇入基坑,水位再次上涨,地下室破损现象加重:上浮破损集中在地下室a-1轴~a-16轴×a-1轴~a-r轴。如图1所示。

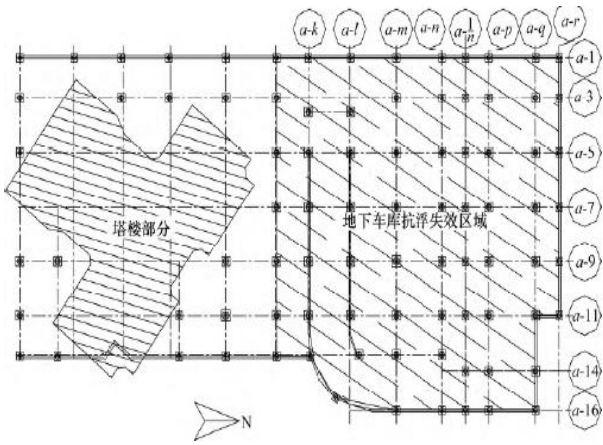


图1 长沙某项目大面积地下室上浮

### 三、上浮产生的破坏

地下室上浮破坏的表现形式，主要表现为地下室底板上拱及开裂，中部上拱大，周边小；地下室底板上拱区域的柱子根部混凝土开裂、柱子顶部梁柱节点开裂、周边地下室剪力墙开裂、底板及顶板开裂等。柱子的裂缝主要发生在柱子根部、柱头，为横向（水平）包角裂缝，一般不贯通；少数柱顶、柱底处出现混凝土压碎、脱落情况；柱顶、柱底受损特征呈反向对称特性。梁在梁柱节点处有可能严重开裂。如图2~图5所示。

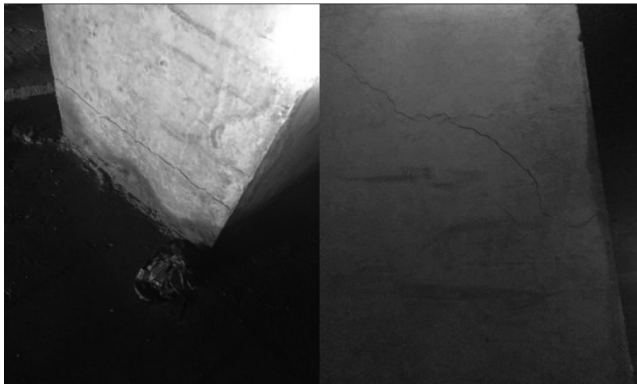


图2 上浮导致柱子的开裂、柱根部破损

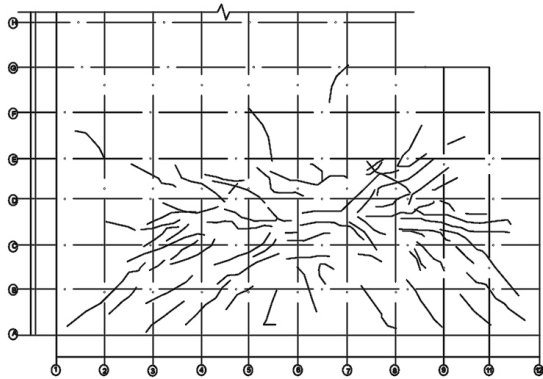


图3 地下室底板开裂

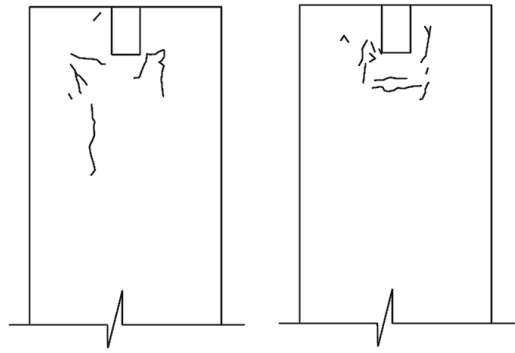


图4 梁端剪力墙开裂

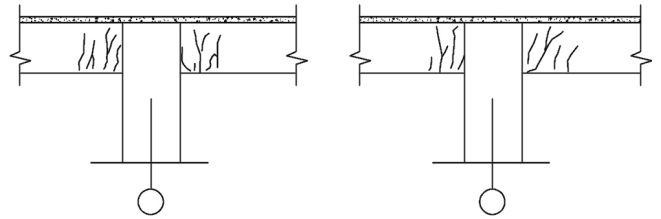


图5 梁端开裂

## 四、预防上浮的措施

### （一）抗浮桩

通过桩体自重和桩身与桩周土的摩擦力、锚固力建立抗拔力，造价相对较高。常用的抗浮桩有灌注桩、预制桩，灌注桩多采用扩底灌注桩和后注浆灌注桩，以增加抗拔性能。

有的工程利用基坑的围护围护结构作为主体结构的一部分共同抗浮，将主体结构与围护灌注桩、地连墙等连为一体，利用围护结构的抗拔作用抗浮，如部分地铁站的作法。

### （二）抗浮锚杆

通过锚杆和砂浆组成的锚固体与岩土体的结合力建立抗浮力，锚杆与岩土体的摩阻力比桩基大，更有利于抗浮，并且布置灵活、受力合理、造价低廉、施工方便。对软弱地层可采用扩大端锚杆、囊式锚杆，以增加抗拔力。下图为某工程抗拔锚杆施工。

### （三）压重抗浮

主要是通过地下结构底板及顶板上回填土、增加底板厚度或在外扩延长的地下结构底板上覆土的方法抗浮。此类抗浮方法操作简单易行，但抗浮效果不显著，一般不作为主导抗浮措施。

### （四）排水抗浮

多数用于施工阶段的抗浮，通过加强施工阶段的降水，降低地下水位，达到抗浮目的。

① 基坑内设置应急排水井，防止暴雨期间积水造成基坑内水位大幅上升。基坑顶部设置挡水围堰，防止地面积水流入基坑，保持排水系统畅通，地面积水及时排入市政雨水管网，当周边没有市政排水系统时，应抽排至远离基坑处，防止回渗入基坑，也要防止地面排水沟开裂回渗。

② 在基坑中部和四周保留一定数量的降水井，数量

及封井时间应经过验算，并且取得设计人的同意。对于面积较大的基坑，基坑中部（底板下）的降水井应设置在后浇带部位，并应全部保持正常降水，其他封闭井的周边应设置排水盲沟，能将地下水引流至保留的降水井，使其联通。基坑周边的降水井原则上应全部保留，直至顶板覆土及上部结构的重量能够满足抗浮要求。

### 五、上浮的处理措施

一般包括上浮复位和增加抗浮措施两部分。

#### （一）常用的复位措施

1) 排水减压：在底板上鼓较大的区域钻孔，穿透

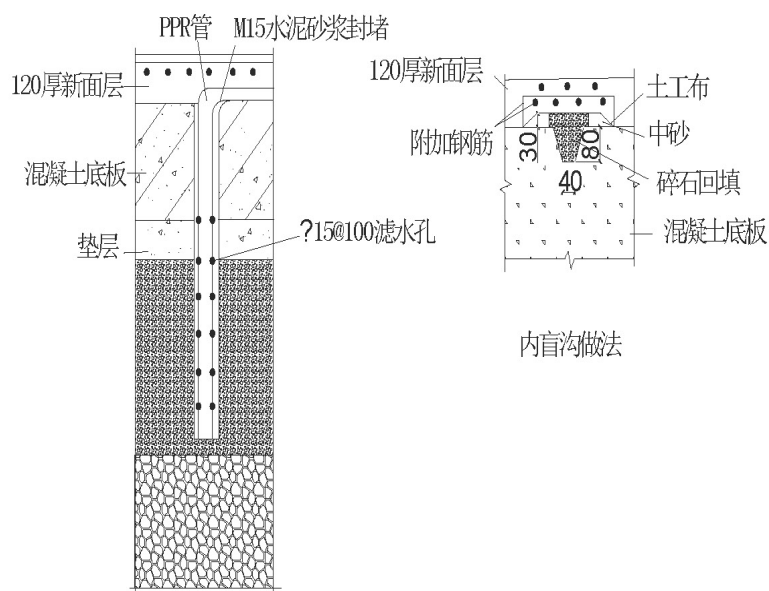


图6

底板，将地下水泄流，从而解除地下水压力。同时采取措施降低基坑内的地下水位。

例如，某工程发生上浮事故，由于底板下局部土层的竖向隔水效果比较好，因此个别部位钻孔后仍然不能消除上浮现象。为此，在底板的每个柱距空间内，都钻孔排水，在每个孔埋设排水管，如下图6所示。在底板上设置内盲沟，将水引流至室内集水坑，再强制排走。最后在室内补做一层新面层，将排水沟封闭在里边。在地下室的外侧，设置排水盲沟，将水引流至新增集水坑排走。如下图7所示。

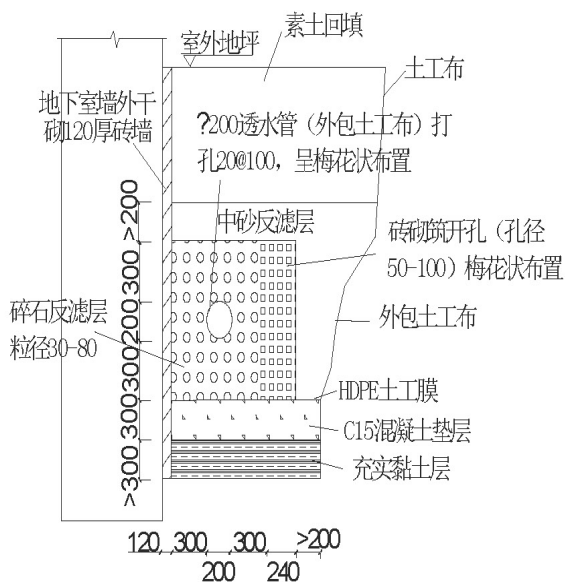


图7

2) 降水减压：在底板上钻孔排水减压的同时，需尽快降低基坑内的地下水位，为此需恢复原有降水井的降水功能，并在地下室周围增设盲沟，与降水井联通，继续把多余的地下水排走，以使地下室进一步复位。当降水井恢复降水有困难，则增设几条盲沟排水就成为主要应急降水措施。

3) 加载：可通过在底板上放置砂包、铁砂、钢板等密度较大的重物使其下沉复位，此时应注意校核楼面的承载力。

4) 洗砂：借助高压水冲散阻碍上浮结构下沉的侧壁土和淤积泥沙，并排出污水。洗砂方法一是利用高压水扰动地下室侧墙边的土壤，以降低摩擦阻力；另一种是利用高压水经由洗砂孔冲散并洗出基础底板下的泥砂，使地下室顺利下沉复位。

#### （二）增加抗浮措施

增加抗浮措施的出发点一是降低浮力，二是增加抗力，除了发生上浮事故之后的降排水措施，还可采取预防性的措施，包括预置引流排水系统、采用复合降水方案等。

##### 1) 预置引流排水系统

对于基坑为黏性不透水土层或微风化岩层，利用地

下室既有集水坑或新增集水坑，将其开孔与地下室外侧连通，沿地下室外侧在底板标高处设置透水层形成环形透水带，将地下室外侧可能产生压力水头的水引入集水坑。在集水坑内设自动控制潜水泵，将起泵水位及导流管出水口控制在地下室底板底面以下，使地下室外侧的自由水不能形成压力水头，对地下室结构造成损伤或造成地下室上浮。基坑水导流工艺如下图8所示。该技术已在沈阳新世界中心项目获得成功应用。该项目紧靠浑河，地下水量大，地下常年水位高出底板8m，考虑到底板防水难以保证质量，预计将在底板发生渗漏，因此设计阶段即考虑取消底板外防水层，底板上部设置一定高度的卵石疏水层，在疏水层高度内设置鱼骨状疏水管，利用疏水管收集渗漏的地下水，导入集水井。

##### 2) 复合降水

此方法是在基坑中部和局部深坑处设置轻型井点，可提前封闭底板下的降水井，但需保留底板外侧肥槽内的管井；轻型井点的排水管在浇筑垫层时覆盖于垫层下，水泵引至肥槽内，可保证随时开启降水，并确保雨季时地下室底板下和底板外侧的降水同时进行，避免地下室上浮。此方法已由我单位成功应用于某高铁站前广场地下车库工程中，并申报专利获得了授权（专利号

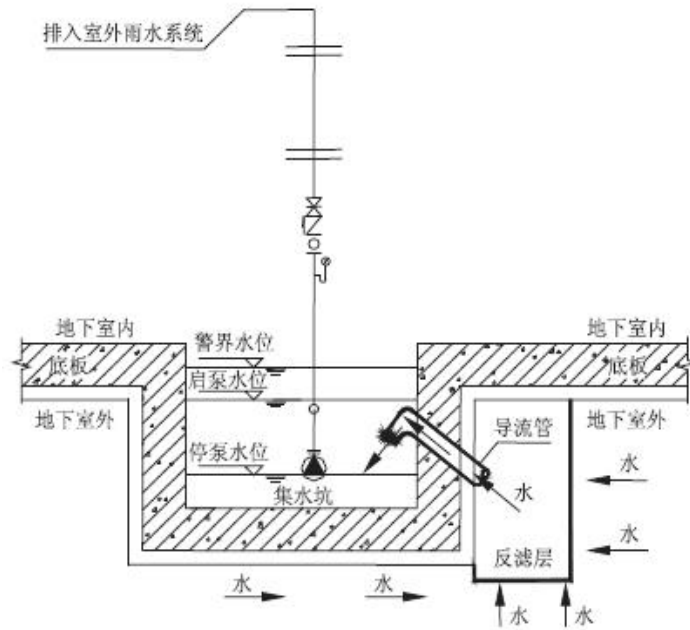


图8 预置引流排水系统

2020208548640)。

**(三) 上浮结构补强**

对于已经发生上浮事故的地下工程，通过降水复位后，还应视情况增设抗拔桩、抗拔锚杆等，增强结构的抗浮能力，满足抗浮要求。

**① 钢管注浆桩**

该方法适合于在地下室受限空间内对上浮事故的补强处理，是在原有抗拔桩的基础上，采取“自上而下”“压密注浆法”在其上浮底板一侧增设钢管注浆桩予以补强。“自上而下”压密注浆工艺，随着注浆深度的增加不断增设注浆管，直至达到预定的注浆深度。相比常见的“自下而上”注浆法，可避免地下室底板因注浆压力过大而隆起。

注浆完毕，锚固注浆管，管端部与基础底板面钢筋焊接，锚固后，清理干净基础上开设的注浆孔，做好节点防水，浇筑微膨胀细骨料混凝土封孔。

**② 静压锚杆桩**

先在基础上开孔，然后采用静压法逐节压入钢管，并焊接成为一整根钢管桩，起到锚杆桩的效果。

**③ 抗浮锚杆**

由于需要较大的施工空间，一般适用于地下层高较大的上浮结构的处理，处理之后，需在底板上表面增加附加结构，以覆盖锚固端。

**六、结构的修复**

① 破损严重的柱子需先在四周设置临时支撑，采用增大截面法加固。首先凿除原有开裂和压碎部分混凝土，在柱外侧周边植筋，绑扎钢筋，然后重新浇筑高一等级微膨胀自密实细石混凝土。柱截面可每边加大75mm~100mm。

对少量破损、出现裂缝的框架柱，可先用环氧树脂砂浆对破损的部位进行修补，对出现裂缝的部位进行灌浆处理，最后用碳纤维布环箍及角钢对框架柱端进行加

固。

环氧树脂处理裂缝时，对较小的缝隙（宽度小于0.3mm且深度不超过30mm）直接涂刷液态环氧树脂进行封闭处理；对较大的缝隙（指宽度大于0.3mm或深度超过30mm）先高压注射高强结构胶凝料后，再将表面剔开V形沟槽（深约1cm），冲洗干净后涂刷界面剂并用高强微膨胀砂浆补平压实。

② 受损梁采用粘贴碳纤维布或粘钢加固。受损较严重的梁，在原梁底粘钢加固，受损不太严重的梁，通过粘贴碳纤维布进行加固。

还可以对损坏严重的框架梁，在原梁侧面新增200mm等高新梁。

③ 受损顶板采用新增150mm~200mm厚叠合层加固。原顶板面凿毛，满铺Ø10@150钢筋，并采用梅花状Ø8@500钢筋植筋连接。

④ 地下室侧墙新增扶壁柱加固。凿除原有开裂和酥松部分混凝土，在梁底和侧墙内侧植筋，绑扎钢筋，新增截面200mm×400mm扶壁柱。

⑤ 受损底板板面可采用150mm厚叠合层加固。底板堵漏（含透水泄压孔）完成且确保无渗漏后，采用渗透结晶型防水材料进行内防水处理。

**七、结语**

预防地下室一类的池体结构上浮，需综合考虑地质环境、气候条件、建筑布局、建筑等级等多方面因素，应兼顾设计、施工及使用的不同阶段，真正做到有备无患。

**参考文献**

[1] 王文玮, 杨志清, 等. 楔形锚固体在后锚式抗浮锚杆中的研究与应用[J] 施工技术, 2018, 7(14): 76-79  
 [2] 代广伟, 颜威, 姜玖波, 等. 地下室基础底板应用疏水排水系统一体化施工技术[J] 施工技术, 2018, 12(24): 110-112