

# 深基坑支护工程

## 失事原因分析

田裕甲 易著伟 韦勇生 姚进年  
(柳州欧维姆建筑机械有限公司)

**[提要]**本文结合广西南宁市官华大酒店、财政厅深基坑支护及抢险工程中的体会以及对泰安、银都、人防办、交易场等二十几个高层建筑深基坑支护工程中存在的问题调查、分析基坑失稳的主要原因,提出避免工程失事的一些有效措施,以供设计、施工时参考。

**[关键词]**深基坑 水 喷混凝土 锚杆 帷幕灌浆 裂缝

### 一、前言

近年来,深基坑支护工程越来越多,深度也越来越深。由于缺少正规的设计、施工队伍,大量的深基坑支护工程由于失事造成严重后果。其主要原因是:设计不合理,特别是在缺乏认真分析基坑水文工程地质资料和稳定分析的情况下,盲目套用挖孔桩或者喷混凝土、长锚杆、预应力锚索支护技术方案;再加上施工质量得不到保证等原因,基坑失事的情况不断发生。据不完全统计,近些年内全国高层建筑深基坑出现不同程度的垮坡、失稳的工

程近 200 多起,仅广西南宁、柳州两市近些年就有 20 多起,其中造成严重后果的为 12 个工程,占 60% 以上。

在调查了 20 多个基坑工程失事实例的基础上,本文重点结合广西南宁官华大酒店深基坑支护工程施工过程中存在的问题,分析基坑失稳的主要原因,提出避免工程失事的有效措施,以供设计、施工时借鉴。

### 二、官华大酒店工程\*

#### (一)工程概况

官华大酒店基础长 65m、宽 55m,呈

\*注:参加该工程设计、施工的有柳州欧维姆建筑机械有限公司总工胡铁夫、卢照宁高工、钟瑞辉、易著伟、韦勇生、杨学钦、廖海学以及中科院广西化学灌浆公司金京秀、胡美龙等工程技术人员,易著伟、韦勇生提供了宝贵的竣工资料。

长方形。该楼由两部分组成,主楼地面以上高 28 层,地下二层,深 12—13m,呈不规则六边形,裙楼地上 5 层、地下一层,深 4m。基坑平面布置如图 1。

该工程水文地质及工程地质条件复杂。地下水位有两层,一层在素填土和粘

土之间,埋深 1—2m,为地表水和大气降水补给。广西的雨季特征为 3—5 月份是梅雨季节,6—8 月份是暴雨季节,因此不能忽视这一层水。另一层在 6—11m 之间,是比较稳定的处于承压状态的地下水位。

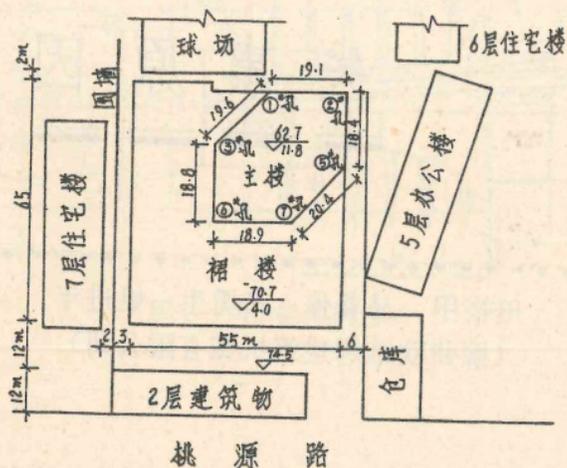


图 1 广西宫华大酒店基坑平面图

土层为 1.5m 以上是素填土,以粘性土为主;1.5—6m 范围内为粘土;6—12m 范围内分布着厚度不均匀的粉质粘土、灰色粉土及粉砂,在重力挤压和地下承压水的作用下会变成流砂涌出,这一层粉砂是深基坑支护的关键环节,也是导致基坑壁崩塌的祸根所在,忽视这一层粉砂,就将

遭到横祸。12—25m 范围为坚硬密实的圆砾层,是主楼箱式基础的持力层。

### 一、基坑支护设计

#### (二) 基坑壁稳定分析

根据勘测资料提供的各种参数和基坑周围建筑物的外荷载以及开挖条件,不同部位的主动土压力如表 1、表 2。

深基坑 2#、5# 孔部位主动土压统计表(每米宽荷载)

表 1

距地表深度 (m)	放坡前主动土压力 T1(kN/m)		放坡后主动土压力 T2(kN/m)	
	2# 孔	5# 孔	2# 孔	5# 孔
1.5	29.7	31.1	0<	0<
3.0	57.8	56.8	17.4	16.4
4.5	83.3	81.0	50.7	48.4
6.0	108.0	106.5	81.2	80.7
7.5	138.1	129.3	119.0	110.9

裙楼至主楼基坑边坡 1#、3#、6#、7# 孔部位主动土压力统计表(每米宽荷载) 表 2

距裙楼地板深(m)	1#孔处主动土压力(kN/m)	3#孔处主动土压力(kN/m)	6#孔处主动土压力(kN/m)	7#孔处主动土压力(kN/m)
1	5.0	5.0	6.0	5.5
2	16.0	12.0	17.5	16.5
3	27.5	20.0	21.8	29.4
4	38.5	32.8	27.5	49.5
5	49.2	64.5	49.8	56.6

另外,从水文地质资料可见,稳定的地下水埋深在 6—12m,且具有一定的承压性。为了提出可靠的设计依据,通过两口直径 1.2m 的勘测井探察结果表明,由于地下水确具承压性,当井深达到 8.5m,即穿过粉砂层的过程中产生流砂,导致井壁崩塌,无法继续挖下去。因此,确认粉砂层的存在和具有一定承压性的地下水对基坑壁的稳定将是一个较大的威胁,从而根据上述资料分析提出了基坑壁支护设计和防水帷幕设计。

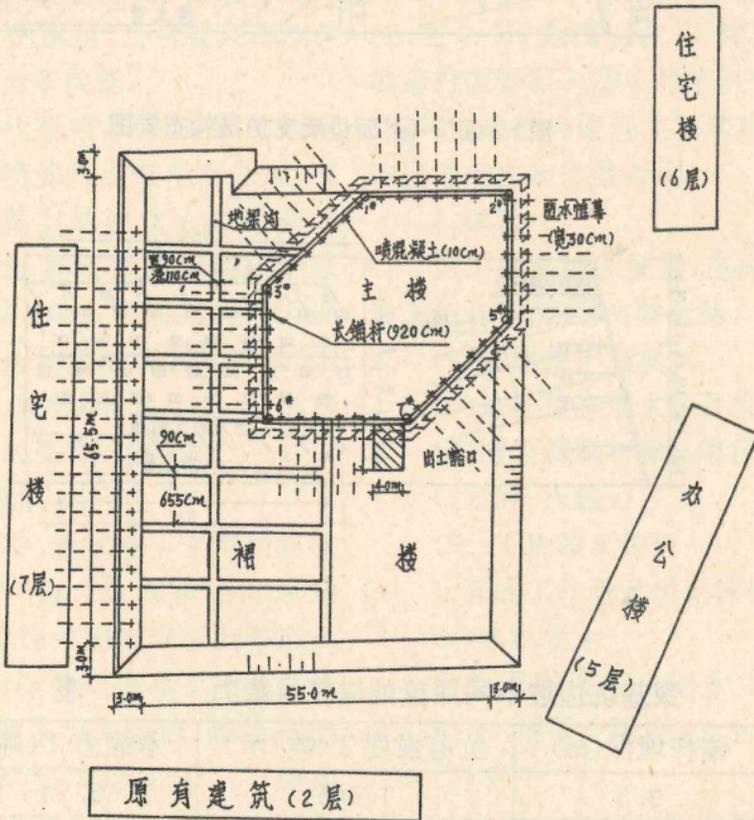


图2 宫华大酒店基坑支护平面布置图

## 2、基坑支护设计

### (1)土钉墙支护设计

土钉墙支护主要由钢筋网喷射混凝土、长锚杆(或锚索)组成。

由于主楼和裙楼都具备一定的放坡条件,因此,放坡角度定为 $75^\circ$ ,钢筋网喷射混凝土厚度为100—150mm,长锚杆的承载力是参照主动土压力计算结果,不同

部位的锚杆承载力决定如表3、表4,锚杆钻孔直径选用 $\Phi 100\text{mm}$ 和 $\Phi 150\text{mm}$ 两种,锚杆直径 $\Phi 25$ 、长度为9.2m,锚杆间距2m,层间距在1#孔至2#孔间边坡面和2#孔至5#孔间边坡面为1.5m,其他边坡面为1.8m,呈梅花形布置,如图2、图3、图4。

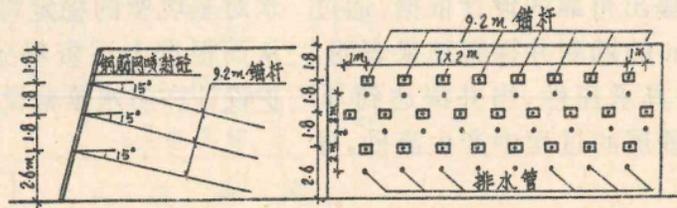
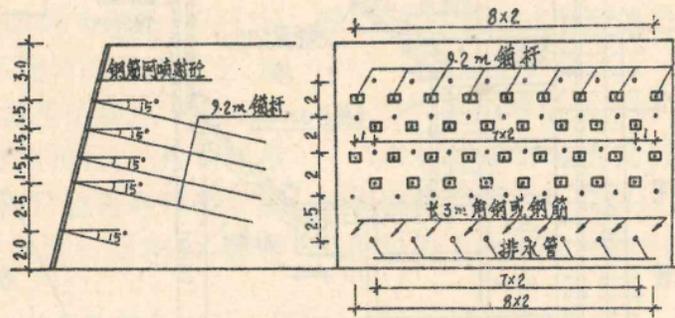


图3 ③—⑥面边坡支护结构布置图



深基坑边坡不同深度处锚杆承载力

表3

锚杆埋深(m)	抗剪强度 T(吨/米)	承载力 T(吨)
3.5	1.665	5.23
5.0	2.035	6.39
6.5	2.81	8.81

4, 锚杆  
0mm 深  
锚杆在  
边坡面  
m, 其  
图 2、

裙楼至主楼基坑边坡不同深度处锚杆承载力 表 4

锚杆埋深(m)	抗剪强度 T(吨/米)	承载力 T(吨)
6.3	1.78	5.59
8.10	2.27	7.13
9.90	2.715	8.53

### (2) 帷幕灌浆设计

根据上述地质资料和稳定分析, 决定在主楼深基坑周围做帷幕, 帷幕的主要作用是隔开基坑外的水流入基坑, 避免造成附近建筑物的沉陷或不均匀沉陷带来的灾难, 同时也可保证施工过程中通过基坑内排水, 使地下水位始终保持在施工工作面以下 0.5—1m 的水位。还可提高和改善基坑周围土体的力学性能。

帷幕是靠高压摆喷, 形成连续的地下摆喷墙。高压摆喷的特点是用高压水、气混合射流, 将地基中的原状土体扰动切割, 置换于地面上, 同时灌注水泥化学浆液进行固结, 形成 30cm 左右厚的地下连续摆喷墙。为了达到阻隔承压水的目的, 摆喷墙的深度从地下 5m 至 25m, 穿过粉砂层、圆砾层, 深入基岩一定深度。

### (3) 降水与排水

在施工过程中, 要求地下水位始终在工作面以下 0.5—1m; 地表基坑周边地面, 挖排水沟或用回弹的喷混凝土料堆积在基坑边形成台阶, 再喷混凝土便形成排水通道, 避免地表水流入基坑; 按锚杆的间、排距布设排水管, 如图 3、图 4, 以免地下水对支护结构产生水压力, 造成不利影响, 或迫使地下水沿锚杆孔渗出, 降低锚杆承载力。

### 3、监测

本工程采用信息法施工, 通过施工过程中的基坑壁和附近建筑物的变形观测资料, 分析预报可能发生险情的部位, 以便采取有效的抢险措施, 避免事态的发展。为此, 布设两个测站和 23 个观测点。测站布设在三倍于基坑深(H)以远处; 测点布设在变形可能最大又便于观测的部位, 在 0.3H 范围以内; 对附近建筑物, 主要进行沉降和向基坑的倾斜变形观测。除此以外, 通过肉眼观察基坑周围和建筑物的裂缝产生和发展变化。

### 4、试验

为了检验施工质量, 应进行必要的试验工作, 试验内容主要包括:

- (1) 喷混凝土强度。
- (2) 锚杆灌浆用水泥砂浆强度。
- (3) 螺纹钢筋与螺丝端杆焊接强度。
- (4) 锚杆承载力。

### (三) 工程竣工评价

#### 1、完成工作量及质量评价

##### (1) 喷混凝土

钢筋网喷混凝土面积 1525m<sup>2</sup>, 厚度 10—15cm, 混凝土强度 25.3—35.5MPa。

##### (2) 锚杆

锚杆共完成 235 根, 锚杆工程粘结度 23.6—35.5MPa, 锚杆承载安全系数为 1.51—2.33, 见表 5。

##### (3) 位移观测

在正常情况下,经 119 天的观测,基 支护的最后阶段发生大变形,最大变形坑壁向基坑水平位移在 17.5~45.2mm 520mm,险些出现大塌方,其原因分析范围内,6#孔—7#孔之间基坑壁在基坑 述。

拉拔试验成果表

表 5

编 号	3—1	6—3		5—7	
锚杆编号	5—1	3—4	3—5	2—6	2—5
注浆日期	1995. 3. 22	1995. 4. 1	1995. 4. 1	1995. 4. 28	1995. 4. 28
试验日期	1995. 5. 18	1995. 5. 18	1995. 5. 16	1995. 5. 18	1995. 5. 18
土质情况	全长为黄色粉质粘土	全长为黄色粉砂	全长为黄色粉砂	0~3m 为淡黄色粉砂,3~9.75m 为灰黑色粉土	0~1.10m 为淡黄色粉砂,1.10~9.80m 为灰黑色粉土
锚杆破坏力 kN	185.9	91.2	133.6	192.4	205.5
安全系数	2.11	1.04	1.51	2.18	2.33
是否满足设计	>1.5		>1.5	>1.5	>1.5
破坏时位移 mm	43	44	21.5	50	49
破坏原因	砂浆和土体间出现裂缝锚杆被拔出	对焊接头突然断掉,锚杆未拔出,不作统计	砂浆和土体间出现裂缝锚杆被拔出	砂浆和土体间出现裂缝锚杆被拔出	锚杆被拔出,但这时断口在对焊接头处

2、工程竣工评价

该工程土钉墙支护施工从 94 年 12 月底开始,到 95 年 5 月中旬结束,历时 5 个半月。土钉墙支护施工纯工作日约 70 天,拖工期的主要原因是挖方的土运不出去而造成。支护工程结束后,到 9 月中旬,箱型基础施工标高已达到正负零(如照片 1),土钉墙支护已完成历史革命。

甲方对土钉墙支护效果评价如下:箱型基础钢筋混凝土工程已近尾声,经实践证明,土钉墙喷锚支护技术完全可以满足深基坑支护的需要,比机械钻孔桩支护方案约节省投资 50%,而且比钻孔护壁要快得多,提前了工期六个月。

(未完待续)



照片 1:箱型基础钢筋混凝土施工标高达正负零