

# 深基坑支护工程失事原因分析(2)

田裕甲 易著伟 韦勇生 姚进年

## 三、工程失事原因分析

下面结合宫华大酒店等基坑支护的具体工程分析基坑失事原因及补救措施如下:

### (一)宫华大酒店

宫华大酒店从基坑支护施工开始到箱型基础高程达到正负零的近十个月期间,共发生四次危及基坑安全的险情,其主要原因分析如下:

#### 1. 水是造成基坑失事的重要因素

在基础施工过程中,工程总承包单位为了赶进度,在开挖主楼深基坑的同时也开挖了群楼地梁,即当整个基坑开挖到群楼基础高程,距地表下4m后,主楼基础边开挖边用土钉墙支护,同时在群楼底板下开挖地梁沟,如图2所示,封闭的地梁沟容积为 $161.23\text{m}^3$ 。对此,向甲方提出:一旦下雨,地梁沟就变成蓄水池,而这水将成为基础不均匀下沉或基坑失稳的祸根。三月二十日一场大雨,地梁沟积水后,1#钻孔与3#钻孔之间群楼底板出现了两道裂缝(称1#裂缝),其中最长的达13m(如图5),沿着这裂

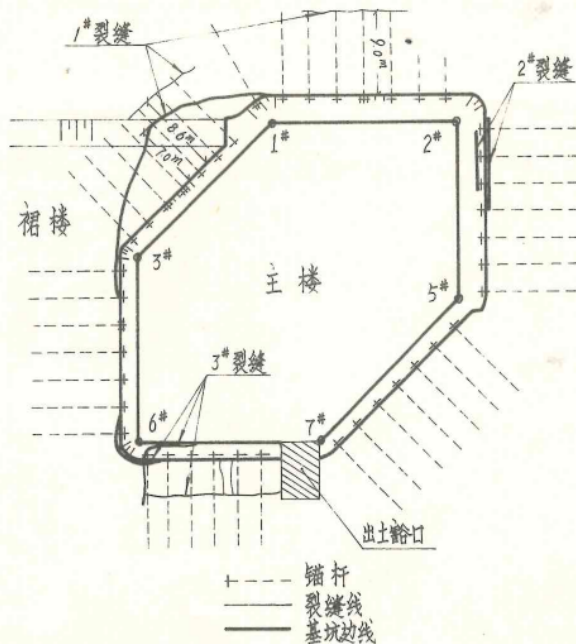


图5 宫华大酒店主楼基坑裂缝位置图

缝靠近深基坑壁侧土体下沉 5mm。甲方提出如果群楼基础继续下沉,那么后果将不堪设想,必须采取紧急措施。在距 1#—2# 孔面深基坑壁 9m 处也出现了裂缝,但不会构成威胁。对此我们分析是地梁沟水,向下渗透或沿裙楼底板基础与主楼深基坑壁喷混凝土层之间渗透到粉砂层,当时深基础开挖正处于粉砂层,还没来得及喷混凝土,这样渗透水渗透到粉砂层,变成流砂流入基坑导致这部分土体下沉。当把地梁沟水抽干,封闭了混凝土喷层与土体之间的缝隙,切断了渗透水的来源,及时封闭粉砂层,堵死流砂的出路后,裙楼基础底板再也没有下沉。

四月中旬基坑深度达到 13m,基底圆砾层已暴露,主楼深基坑最下层挂网喷混凝土处于尾声,但四月十七日上午发现,2# 孔—5# 孔之间基坑壁顶的喷混凝土层与土体之间产生约 10m 长、宽 5—15mm 的裂缝(如图 5 中的 2# 裂缝),同时距基坑顶约 3.5m 深处喷混凝土层面上也出现了长约 6—8m、错落而挤压形成的裂缝,并有发展的趋势。

分析其原因,是由于在深基坑底自动定时大量抽水引起的。根据施工组织设计要求,地下水位应在工作面以下 0.5—1m 之间,结果帷幕至喷层之间土体失水,土体与喷混凝土层一起产生不均匀下沉造成。鉴于此停止抽水(已没必要抽水,也不影响喷锚施工),观察裂缝发展,过一天后观察裂缝不但没有发展,而且趋于闭合,可见水的作用是不可忽视的。

水对基坑壁稳定的影响,不仅表现在土钉墙施工期间,而且在深基坑混凝土施工到正负零标高前一直存在着威胁。例如,基坑支护工程结束后正在浇筑钢筋混凝土箱型基础即将接近正负零标高时,6 月 18 日,甲方通知我们:2#—5# 孔的基坑壁地表面喷混凝土层与土体之间(距塔吊 1m 至 2# 孔之间),出现长 8.4m,宽 0.7m,深 1m 的大空洞(如图 6a),这不单将造成跨坡,影响基础混凝土浇筑施工,也危及到塔吊基础的安全。

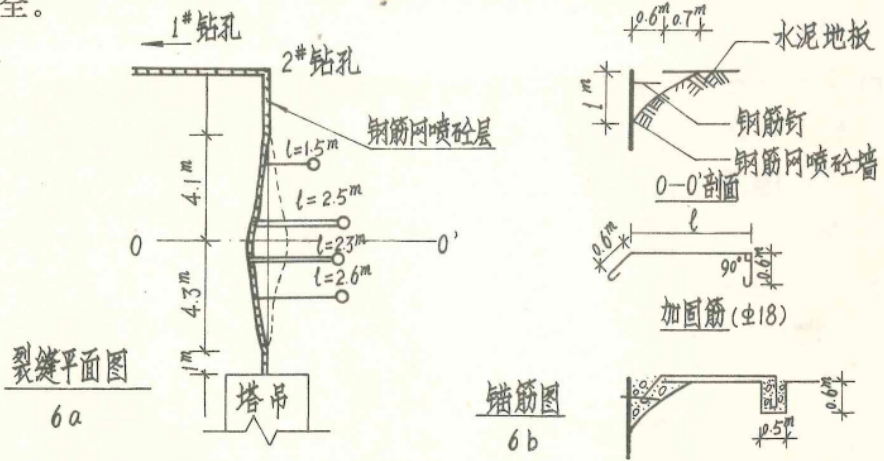


图 6 喷砼层与土体间大裂缝及加固图

分析其原因,主要是这附近地面地势低洼,具备积水条件,一场大暴雨,低洼处积满了水,再加上四月十七日由于基坑抽水过量,喷混凝土层错落,造成喷层与土体之间

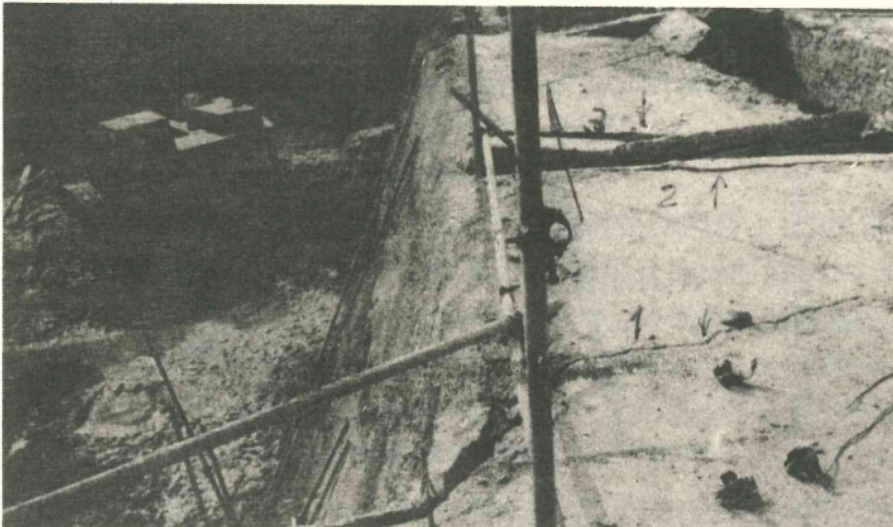


的渗水通道,当下大暴雨和地面积水顺着流土沿这通道流入基坑,掏蚀了上部土体,堆积在下部,在崩坍土的挤压作用下,喷混凝土层向基坑方向产生了位移,其最大位移达60cm。

对上述大裂缝采取如图 6b 的措施处理,在距喷混凝土层分别为 1.5m、2.5m、2.3m、2.6m 的地面,挖 4 个  $\varnothing 0.5\text{m}$ 、深 0.6m 的圆柱型坑。清除裂缝里的松土,露出混凝土墙的钢筋钉,将  $\varnothing 18$  螺纹钢的一端焊在钢筋钉上,另一端置于圆柱型坑内,在裂缝与圆柱型坑内浇筑混凝土,靠钢筋的拉力拉住喷混凝土层,避免在浇筑箱型基础钢筋混凝土施工期间塌滑(如图 6b 所示),采用这种方法满足了甲方要求,获得了良好效果。

## 2. 破坏了原有封闭的支护结构是造成后期险情的重要原因

为了确保宫华大酒店深基坑支护工程的施工质量,做了封闭的隔绝基坑外水流入基坑内的防水帷幕墙,这帷幕不仅起隔水作用,而且还靠自身的强度起一定的支撑结构作用;而边开挖边喷锚的支护结构则是确保深基坑壁稳定的保证措施。但总承包商为了出土方便,挖方工程处于尾声时不打任何招呼,在 7# 钻孔侧(如图 2)从群楼底板(即 -4m 高程)向下,在不作任何支护措施的情况下,挖深 6m、宽 4m、长 6m 的出土豁口,以便挖土机(称钩机)把基坑中余土挖出运走。结果这个出土豁口,不仅破坏了已经封闭的帷幕结构,而且也破坏了已经封闭了的喷混凝土、长锚杆支护结构。帷幕结构已经把基坑外水隔开,显然在其内外形成了明显的水位差;土钉墙也承担了很大的主动土压力,处于动态平衡状态,在这种情况下破坏了这个平衡,导致严重的后果:首先被帷幕隔开的水由于水位差的存在,带着土体,特别是带着粉砂层中的粉砂流入基坑,导致基坑壁背后群楼底板下沉;其次土体向豁口位移,破坏了已处于平衡状态的原状土,进而造成基坑壁塌滑。4 月 30 日凌晨下的一场大暴雨,加速了这一过程,雨水储满了地梁沟,大量的地表水和地下水伴随着流土和流砂,通过出土豁口流入基坑,加速土体向豁口位移,如照片 2。



照片 2 由于土体向豁口位移,牵动喷混凝土层

由于土体向豁口位移,牵动喷混凝土层出现 4# 裂缝,最大宽度达到 15cm。同时也引起裙楼底板下沉,靠近基坑壁,受喷混凝土和长锚杆的牵制,最大下沉量为 52cm,内侧下沉量为 83cm,导致裙楼底板遭受严重破坏,如照片 3。



照片 3 群楼底板下沉破坏状态

同时也促使基坑壁向基坑位移,最大位移达到 53cm,险些产生严重的基坑塌滑事故,幸亏长锚杆在产生较大滑移的情况下,仍然保持着相当大的承载力,因而避免了基坑壁塌滑,当然也与这里的地质条件有密切关系。从图 7、图 8 可见,6#—7# 孔间裙楼基础地质条件来看,在圆砾层上面有 3.2m 厚的粉砂层,粉砂层在上述各种意外不利因素的作用下流失是导致裙楼底板产生不均匀沉陷的重要原因。另外两排长锚杆基本上都在粉砂层,由于水泥浆与粉砂胶结效果好,相对的承载力高,但由于施工过程中的失误和各种原因,1#、2#、3#、4#、5# 长锚杆来不及安装锚垫板(见图 8),抵抗不了土体在意外情况发生时向基坑变形,结果如图 9 所示,发生了基坑壁下滑的险情,但如果施工方法灵活,因地质条件的变化而采取相应措施也是可以避免险情的。

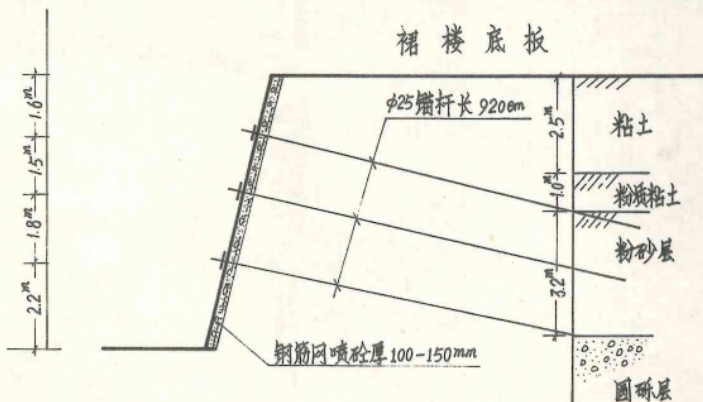


图 7 6#—7# 孔间支护结构与地质剖面图



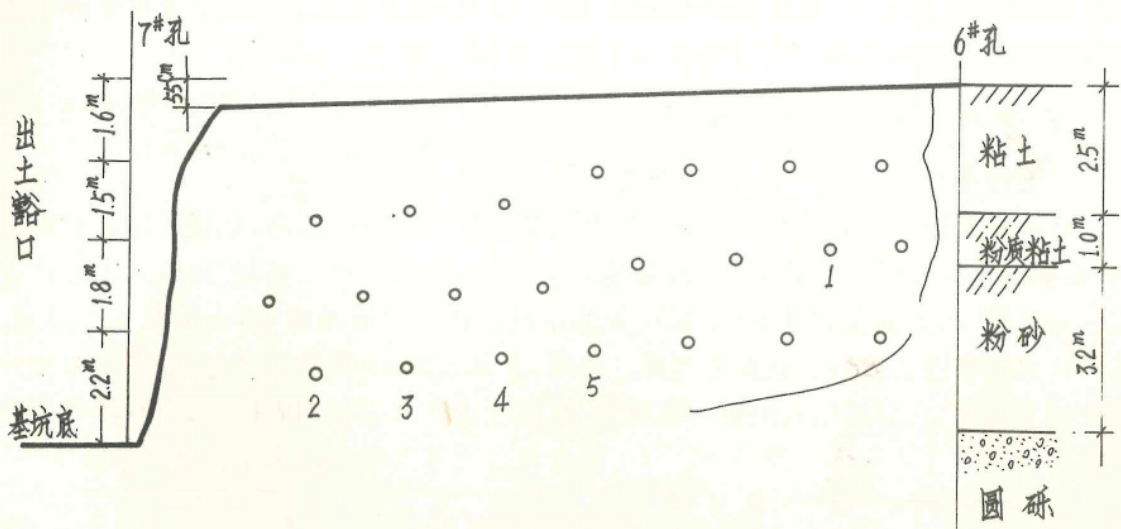


图8 6#-7#面锚孔布置及地质剖面图

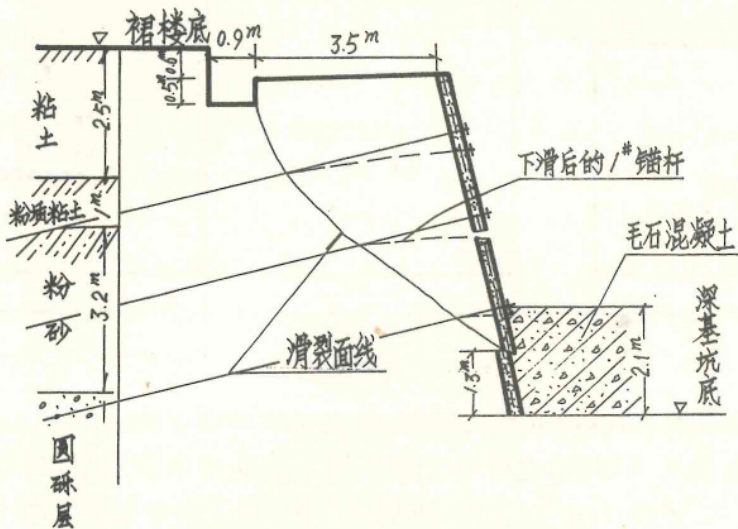


图9 6#-7#钻孔间典型滑裂面图

### 3、施工过程中的失误是造成险情的重要原因。

施工组织设计规定，挖方工程必须分层开挖，以满足喷混凝土、打长锚杆孔、安装锚杆、灌浆工序的要求。一次挖方纵向长度为10m，每层开挖深度为1.2m，但在开挖6#-7#孔间基坑粉砂层土体时，一次挖深4m到基坑底，不得不搭架施工，这样不单误工，更为严重的是由于不能及时喷混凝土，安装长锚杆，又赶上4月30日下暴雨，基坑壁塌方并向基坑产生大变形，危及整个基坑的安全。在这种情况下不得不用钩机回填2.5m厚土体，对6#-7#孔间基坑壁墙脚压重，然后再开挖2m宽后及时支护，接着回填2m厚毛石混凝土(见图9)。这样即达到换土的目的，同时又起限制基坑壁继续变形的作用。对已掏空的部位采取打角钢、钢筋、填砂袋、毛石、喷混凝土等措施，制止

事态的发展。对裙楼底板已塌方、出现裂缝的部位,采取堵塞裂缝,开挖排水渠道,喷混凝土,排泄地梁沟水,以避免地表水渗透。采取上述步骤的措施后抑制了基坑壁继续变形,确保了工程安全。\*

## (二) 财政厅深基坑抢险工程

### 1、工程概况

财政厅大楼位于南宁市桃源路与教育路交汇处的南湖小区内。该楼采用工程桩基础,其周围建筑物相关位置如图 10,基坑周长 92m,深 8m。南面临马路,以人工挖孔桩支护基坑壁,东面紧贴已建成 22 层框架的信托公司大楼桩基础,可不采取支护措施。东面和南面靠桩支撑形成垂直基坑壁。西面,上部放坡,下部垂直开挖,以浆砌石和砂袋支护基坑壁,北面紧贴人民银行家属楼,基坑壁没有做任何加固措施,当基坑深度达到设计标高时北面土体下滑;形成 1:1 的土坡。土体下滑的结果不仅全部暴露了

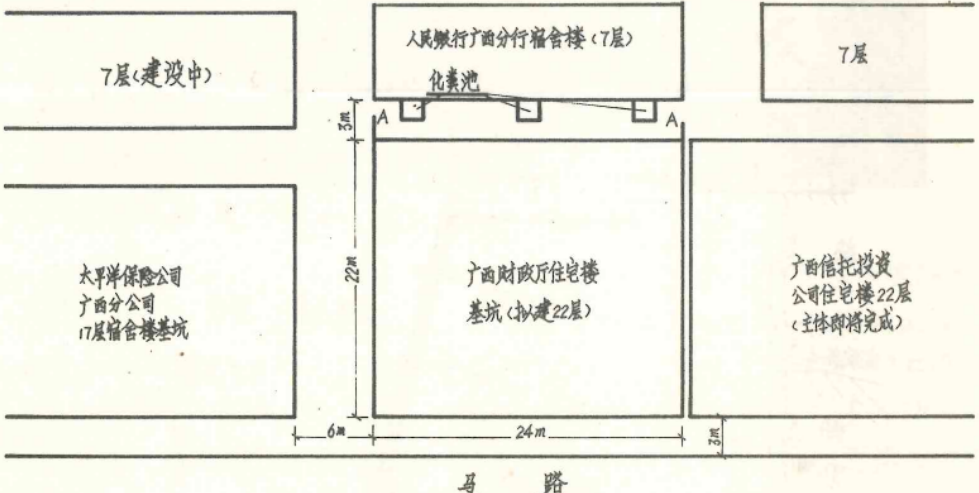


图 10 平面布置图

银行家属楼三个化粪池,而且造成楼房下沉,并向基坑倾斜。为了确保家属楼的安全,同时又满足基坑基础尺寸要求,也曾对北面下滑土体采用化学灌浆,提高土体的强度和自稳能力,再以 75°陡坡开挖后企图清理基底土体,浇筑底板钢筋混凝土。但是灌浆效果不佳,当清理坡脚土体时再次发生下滑,结果不仅保证不了基坑基础正常施工,而且威胁着银行家属楼的安全。该楼在土体两度下滑后已向基坑倾斜 7mm,下沉 30mm,在楼房周围地面出现很多裂缝。在这种情况下,我们采取一系列措施,确保了银行家属楼的安全,也保证了财政厅大楼基础的正常施工。

### 2、滑坡产生原因分析

要想“对症下药”,必须查明滑坡产生原因。经查明有三个水源的水流入滑坡体土体中:①银行家属楼的三个化粪池中水源源不断渗露到基础土体中;②信托大厦施工

\* 注:柳州欧维姆建筑机械有限公司韦勇生、姚进年等参加施工,并提供了宝贵的竣工资料,中科院广西化学灌浆公司金京秀等参加了部分工作。



用水全部源源不断流入基础土体中；③财政厅基础基坑中水抽出来注入银行家属楼西侧下水道中，从而提高了家属楼基础地下水位，软化了基础土体。这里的土质为第四系粉质粘土，本来自稳性能差，可塑性大，当上述三个水源的水再加正值多雨季节，雨水也不断渗透到基础土体中，结果粉质粘土处于饱和甚至流塑状态。当开挖北面基坑土体前，既使采用大量化学灌浆来固结土体，企图提高土体自稳能力，但当土体开挖坡度接近  $60^\circ$  时即产生滑坡，很难达到设计要求的开挖坡度，且危及银行家属楼的安全。

### 3、抢险方案

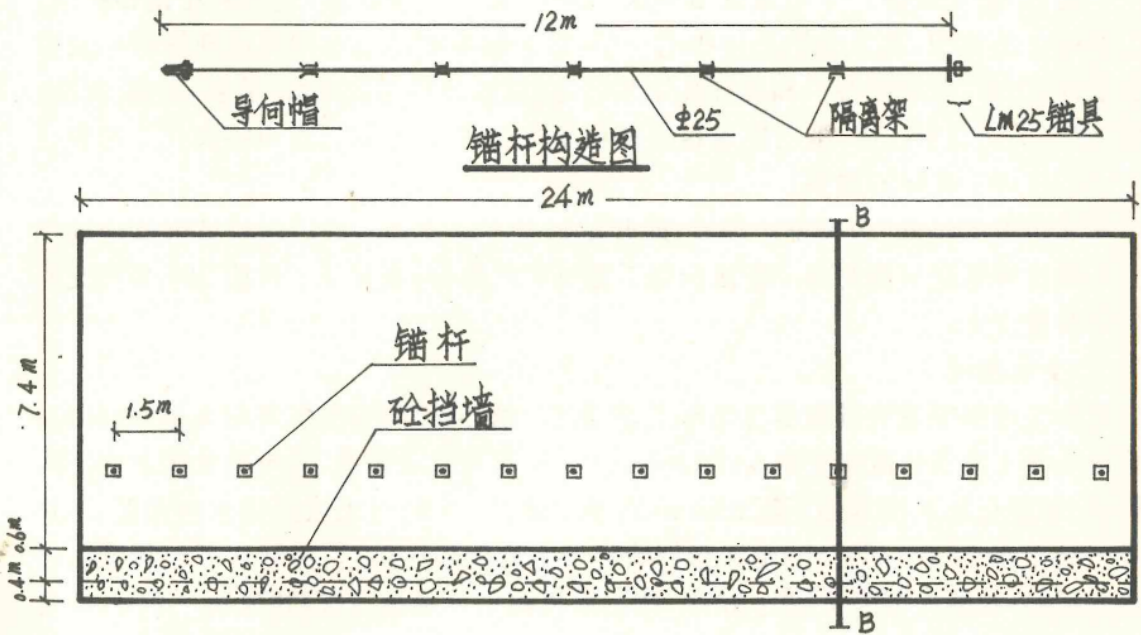
根据现场调查和甲方要求，在确保银行家属楼安全的前提下，保证土体以  $75^\circ$  坡度开挖，并处于稳定状态。为此，我们采取了如下措施：

#### (1) 截断水源；

- ① 将信托大厦施工用水排往马路下水道中；
- ② 抽干化粪池，彻底堵塞化粪池渗漏途径；
- ③ 基坑抽水排往马路下水道；
- ④ 用防水布遮盖土坡，避免雨水渗透。

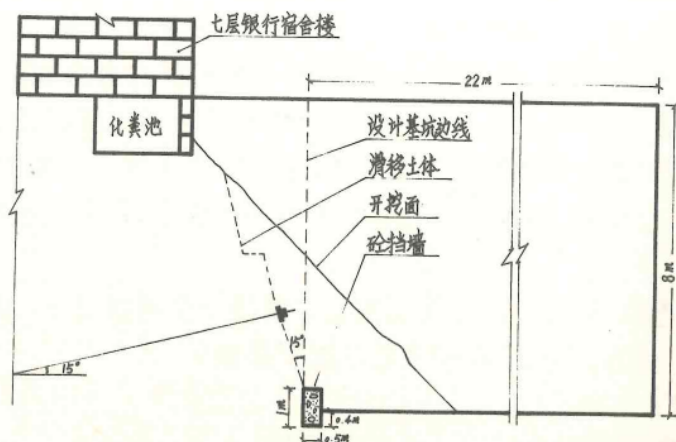
#### (2) 支护设计

根据边坡稳定分析布置一排 16 根 12m 长锚杆，挂钢筋网喷混凝土厚 10cm，分台阶形开挖，土体坡度为  $75^\circ$ ，在坡脚设置 0.5m 宽、高 1m 的浆砌石挡墙，如图 11。



A—A 剖面图

图 11 基坑塌方抢险加固剖面图



B—B 剖面图

图 11 基坑塌方抢险加固剖面图

#### 4、工程施工及监测

##### (1) 施工

由于是正在下滑的滑坡体上施工,再加刚刚隔绝水的来源,土体脱水固结还需要一段时间,化粪池中生活用水的渗漏是通过多次处理才见成效,因此,开始施工时持谨慎小心,步步为营,信息施工的方法,即每层人工开挖深度 1m、长度 6m、坡度 75°,随开挖随挂网喷 100~150mm 厚混凝土,当开挖深度达到锚杆所处位置高程时钻孔(在钻第一个孔时,由于土体还来不及固结排水,土体仍处于流塑状态,当用麻花钻钻孔时,钻出来的土体体积,几乎是钻孔体积的一倍,后来随着固结排水情况逐渐好转),及时安装锚杆、注浆。在喷混凝土和锚杆孔注浆时,适量掺加集高效减水、早强、高强、抗裂、防渗、耐久等功能于一体,多功能兼容的高性能防水剂(广东省三水市银海化工有限公司生产),获得了良好的效果。

在北边坡墙脚处,边开挖边砌石,即开挖长度不超过 2m,最后形成坡脚处连续挡墙。采取这种慎之又慎的施工方法确保了基坑壁的稳定,更保证了价值 300 多万元的银行家属楼安全。

##### (2) 变形监测

在施工过程中始终贯彻信息化施工,即将银行家属楼四周的沉降与大楼倾斜以及基坑边坡的下滑变形监测资料反馈到施工中。从观测结果来看,在抢险加固前变形发展较快,即银行家属楼基础下沉 30mm,向基坑倾斜 7mm;当采取隔绝水的来源,经过一段固结排水、喷砼、打锚杆、砌坡脚挡墙等一系列加固措施后,控制住了银行家属楼向基坑倾斜,其最大沉陷量仅为 4mm,竣工后每隔三天观测一次,共观测一个月,监测结果,沉降与倾斜已停止,建筑物周围裂缝没有发展,说明加固效果是良好的。

(待续)