

52-56

沿坡厂房多功能地基挡墙锚固技术

TU 476-4

陈昌富 彭振斌

(中南工业大学资源环境与建筑工程学院·长沙·410083)

朱朝银 刘跃鹏

(冶金部长沙矿冶研究院·长沙·410012)

铜官山选厂厂房属沿山坡坡面成阶梯状而建成的老厂房,其地基挡墙通常既是上排厂房的挡土结构物,又是下排厂房的内侧墙。由于承受载荷的复杂性,加上年久失修,其中铜浮车间内侧挡墙出现明显的破坏。本文简述了针对该厂房所进行的地基基础工程勘察、地基挡墙加固设计和锚固施工技术。

关键词 地基挡墙 厂房地基 工程勘察 锚固技术



铜官山选厂最初系日伪时期设计建造,矿石日处理量为 400t。解放后经不断扩建,到 1966 年日处理矿石量达 5400t。其主体厂房和基础设施成阶梯状沿山坡而建,这样上排厂房的地基挡墙同时又是下排厂房的内侧墙壁,于是挡土墙具有挡土、承重和抗滑等多重功能。铜浮车间内侧的大片石挡墙是 1954 年扩建的,随着生产规模的扩大,于 1964 年又在它的东端新建了一道长为 22m,高为 9.25m 的悬臂式钢筋混凝土挡墙。由于挡墙扩建时,基础勘察工作欠缺,基坑开挖深度不够,施工时又正值大雨,施工质量欠佳,加上地面设备载荷增加和地表用水的浸入,致使挡墙及厂房地基变形、开裂,甚至错位。为此,对该挡墙施行加固治理。

1 场地工程水文地质勘察

勘察包括:①打工程钻 13 个,总进尺 216.88m;②取原状土试样 4 件,地下水试

样 3 件;③标准贯入试验 18 次;④载荷试验探井两个;⑤节理裂隙详细线调查两处,共 120 个点;⑥钻孔连续水位观测两个月(其中长期水文观测孔 4 个);⑦钻孔工业电视观测 7 个孔;⑧取岩样 45 件,测试 32 件。

依工程地质勘察知,厂房地基岩土层从上到下依次为:

①杂填土和素填土(Q^m):主要由粘性土组成,夹有矿渣碎石、混凝土碎渣和煤灰;黄褐色,较湿润松散;厚度几公分至几米不等。

②亚粘土(Q^d):仅两个钻孔见到,其中含有氧化铁和少量砂岩碎块和砾石,呈灰褐色,厚度 1.00~3.50m。

③铁帽含粘土及铁帽含碎石层(Fe):有 10 个钻孔遇到,呈砖红—铁锈色,块状或蜂窝状,并充填可塑性粘土。铁矿硬块含量在 20%~40%之间。层厚变化很大,在 1.10~29.55m 之间。

④砂页岩(C_1):有 7 个钻孔见到,灰黄色,充填有粘性土,沿裂隙面有较多的铁质氧化物;岩芯极为破碎,呈中风化—强风化状

本文 1996 年 2 月收到,王梅编辑。

态;厚度从 0.05~6.84m 不等。

⑤石英砂岩(D₃):为选厂基础的最终基岩。呈灰色,厚层块状,裂隙发育,常有 X 型结构,并充有粘性土、铁质氧化物和黄铁矿。

厂房地下水分布广泛,除一个钻孔外,其余钻孔均有地下水分布,且水位均高于石英砂岩层面。水质对混凝土具有弱结晶性和分解性侵蚀作用。地下水补给水源有:①选厂工业生产废水;②大气降水;③上部一千吨水池的渗漏和外溢水。其中以工业生产废水为主,从厂房地基水趋势面分析,地下水潜流方向基本上和选厂山坡倾斜方向及地基岩层倾斜方向一致。

通过对铜浮车间挡墙监测得知,挡墙的破坏特征有 3:①向车间方向发生了 42mm 的水平位移;②向车间方向发生了 0.83° 的转动;③挡墙在纵向方向(即车间的长轴方向)上亦有倾覆,其主要表现为挡墙东西头沉降不均,相对沉降差为 75.5mm,对应的倾覆角度为 0.2°。根据现场勘察结果分析,造成挡墙破坏的原因有如下几个方面:

①挡墙顶部为材料仓库,墙体上设有行车,随着选厂生产不断扩大,由此而产生的载荷也不断增加,从而致使挡墙背后的土压力增加。

②挡墙施工时填土不实,且其中含有遇水膨胀的氧化矿物。这在逐渐加大的荷载作用下导致不均匀沉降。

③挡墙地基下部铁帽层界面上覆盖有对水敏感的第四纪残积粘土层,倾向顺坡向,倾角达 35°,大于坡角,构成了顺层滑动的条件。

④地下水对岩土体的软化和侵蚀作用。地下水不仅增加了岩土体的孔隙水压力,更重要的是降低了岩土体的强度,尤其是对遇水敏感的土体。

2 铜浮车间内侧挡墙加固治理措施

铜浮车间内侧挡墙东头墙高 9.25m,破

坏部分长 22.3m。此墙墙体虽有开裂现象,但其整体结构未受损害,所以墙面不需另加构件补强。经稳定性验算知:厂房下卧地基整体边坡是稳定的。但由前面的分析知,铜浮挡墙地基局部不排除沿层界面滑动的可能性。又

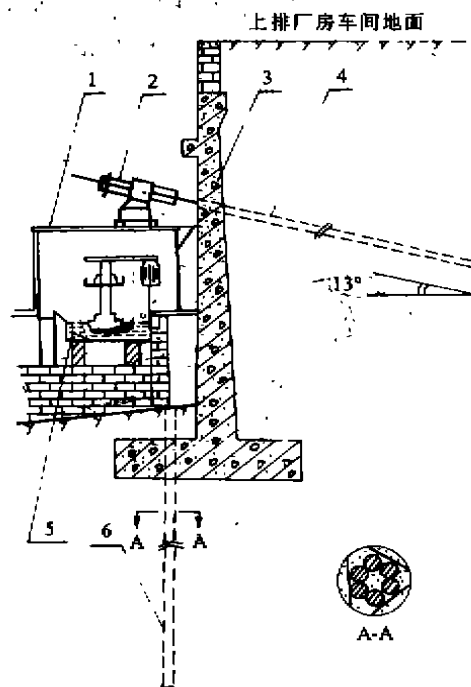


图 1 铜浮挡墙加固剖面图

1—活动操作平台;2—钻机;3—铜浮挡墙;4—墙体预应力锚杆;5—铜浮车间浮选槽;6—墙基抗滑桩

经计算,挡墙抗滑动安全系数为 0.77,抗倾覆安全系数为 0.72。所以必须对该挡墙进行加固治理。为此提出两套加固方案供选择,经技术经济分析最终采用如下加固措施:①在挡墙高 2/3 处施加一排(8 个孔)预应力锚杆,用以阻止墙体向外倾斜式移动;②在挡墙地基上,距墙根 0.7m 处施加一排(8 个孔)抗滑桩,用来阻止墙基沿坡向滑动。图 1 为铜浮挡墙加固治理方案的横向剖面图。

挡墙墙体预应锚杆的锚固参数应根据锚杆抗拉拔试验的结果来设计。为此,在现场对不同倾角、不同覆盖层厚度、不同锚杆长和有效锚固段长度的共计 4 根锚杆进行了抗拉拔试验,得到了锚固孔壁与砂浆之间的抗剪

强度以及粘结力和内摩擦角值。根据现场抗拉拔试验结果,再按照有关设计规范最终确定出预应力锚杆锚固参数为:锚固孔孔径为 $\varnothing 110$,有效锚固段长度为 $6\sim 8\text{m}$,锚杆总长为 $8\sim 12\text{m}$,锚杆倾角为 13° ,锚杆拉杆采用2根直径为 $\varnothing 30$ 的螺纹钢筋并列点焊而成,锚固孔间距为 $2.20\sim 2.65\text{m}$,要求张拉力为 400KN ,允许总的预应力损失值不大于总预

应力的20%。预应力锚杆整体结构形状与安装形式如图2所示。

挡墙墙基抗滑桩以阻止挡墙整体滑动为原则。设计计算墙基抗滑桩锚固参数设计为:锚固孔孔径为 $\varnothing 150$,锚固孔深度以进入基岩 2m 控制,锚杆采用6根直径为 $\varnothing 30$ 螺纹钢筋呈圆形排列焊接而成。抗滑桩的间距为 $2.00\sim 2.27\text{m}$ 。

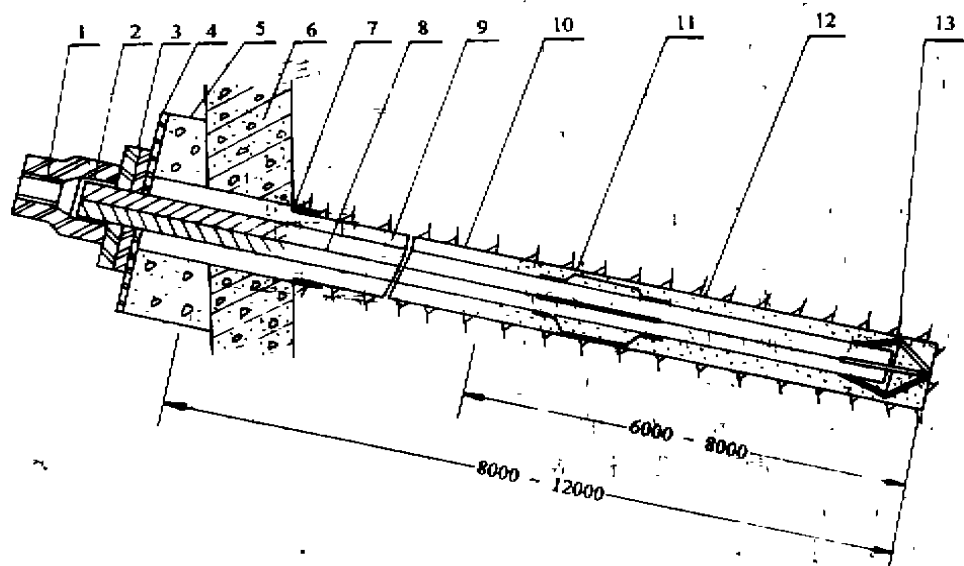


图2 预应力锚杆整体结构与安装示意图

1—外锚头;2—焊接部位;3—垫片;4—承压钢板;5—混凝土墩台;6—挡墙;7—套管;8—2 $\varnothing 30$ 钢筋焊成的锚杆;9—二次注浆段;10—锚固孔壁;11—对中架;12—有效锚固段;13—内锚头

由水文地质勘察报告知,地下和地表水对挡墙的稳定性的影响。为此特提出以下治理措施:

①挡截选厂上部一千吨工业生产用水池的渗漏水,同时在水池内安设水位控制器,防止池满外溢;

②在选厂区域内,分区分级布设疏流沟,疏排大气降水;

③控制选厂各生产车间工业用水和生产废水的流向,使其按设计的管道沟渠流通;

④在铜浮挡墙距地面 $0.3\sim 1.5\text{m}$ 处布设一排(8个孔)排泄孔。排泄孔倾角向上 $3\sim 5^\circ$,深度要穿过挡土墙厚度,孔距 $3\sim 4\text{m}$,孔内安设塑料管,其中管内充填耐腐蚀的尼

龙丝夹粗砂,防止泥沙外溢堵塞管道。

3 铜浮挡墙锚固施工技术

3.1 锚固孔施工技术

由于施工场地的限制,锚固孔钻进设备采用了易拆卸、易安装、变速范围较宽的SGZ-1型钻机。考虑到所遇地层的复杂性,钻进中使用了孕镶人造金刚石钻头和合金钻头。对于抗滑桩锚固孔,先用合金钻头通过墙趾板的碎石及复盖层,下套管后改用金刚石钻头切割钢筋混凝土,再改用合金钻头穿过填土及风化岩层,最后用人造金刚石钻头钻入基岩 2m 。对于预应力锚固孔,则采用 $\varnothing 150$ 的人造金刚石钻头切割钢筋混凝土,后改用

Φ110 合金钻头到终孔。

因其施工条件的特殊性,此次锚固孔成孔工艺有如下几个特点:

①凡开孔或钻进钢筋混凝土层及硬岩层均采用清水作冲洗液。当孔深超过 4~5m 后,改用易于取材的水泥浆液(30%的重量比)作冲洗液,以防止孔壁坍塌或掉块。

②一旦孔内发生坍塌掉块事故,立即停钻提出钻具,然后往孔内填满水泥砂浆团并捣实,待 24h 后再重新开钻。这样做可以防止地下水稀释水泥砂浆、加快砂浆凝固,缩短施工时间。

③墙基垂直抗滑桩要在浮选车间地板下面施工(如图 1),能利用的有效空间高度不超过 2m,宽度仅够放下一台钻机。为此,每根钻杆长度均小于 2m,提升与下放钻具无法使用升降设备,只能依靠钻机本身立轴液压油缸的活塞行程和上顶能力进行升降。钻机移位主要靠人力,必要时借助行车。

④挡墙预应力锚固孔位于浮选车间地面以上 6.3m 高处,钻机须固定在专门设计的钢制操作平台上(如图 1)。平台底下便是浮选槽,槽内有强腐蚀性且对人体有害的浮选药剂,这对锚固孔施工带来了一定难度。因此,对操作者的要求不仅要精力集中,同时要求有强烈的安全意识,互相紧密配合。

3.2 锚杆安装与注浆

锚杆制作按设计要求,对预应力锚杆采用两根 Φ30 钢筋并列焊接而成,锚杆搭接时两钢筋接头错开距离不小于 40cm,且每隔 1.5~2.0m 设置一对中架;对抗滑桩锚杆的 6 根钢筋如图 1 中 A—A 剖面图,用钢片沿轴向以不同方位焊接而成。这些钢片既起连接作用又起对中作用。锚杆的起吊安装均利用车间生产用行车完成。

锚固段注浆采用容器定量浇注,注浆后用插杆校核锚固段长度。浇注方式采用自流式。水泥砂浆配比为水泥:砂:水=1:1:0.5,流动度为 15cm 左右。注浆时要求浆

液搅拌均匀,随搅随灌,连续作业,严防杂物混入浆液。注浆过程中适当振动锚杆,使有效锚固段水泥砂浆密实,以保证注浆体的强度不低 320MPa。

3.3 预应力锚杆的张拉及锁定

墙面悬挂式混凝土墩台(如图 2)的浇注采用了一种专门设计的装配式钢板组合模,悬挂式浇灌混凝土,无需支撑,三天拆模,可重复使用。

预应力锚杆张拉的设备和工具:带有丝扣和焊接槽的机加工外锚头、YC-60-L₁ 拉伸机、SYB-1700 手动高压油泵配 40MPa 压力表。设备使用前先在室内标定。

预应力锚杆张拉与锁定的施工程序为:先对锚杆进行第二次注浆,然后焊接外锚头,再安装拉伸机,通过手动高压泵对锚杆张拉至设计张力,最后在外锚头与承压钢板之间加上垫片固定。

3.4 锚固竣工参数

铜浮挡墙实施加固后,其锚固竣工参数如表 1

4 锚固效果测试与评价

为评价锚固效果,分别对抗滑桩和预应力锚杆进行了电测。对预应力锚杆沿轴向布设 4 个应变片,其中有效锚固段 3 片,除 1[#] 应变片在锚杆安装时损坏外,其余各应变片电测结果如表 2。抗滑桩从安装后一星期便开始了初次观测,随后每星期测量一次,部分测试数据如表 3 所示。

通过对张拉测试和长期观测数据分析,可得到如下几点结论:

①预应力锚杆锚固段的测试应力分布与理论设计计算时假定的应力分布规律一致;

②预应力锚杆的安装损失和蠕变损失分别为 10%和 15%左右;

③由抗滑桩和预应力锚杆长期观测资料表明:抗滑桩各测定点应变值几乎没什么变化,而预应力锚杆各测点的数据无任何突变

现象。加固后的挡墙迄今为止没有任何移动 现象,说明加固效果良好。

表 1 铜官山选厂铜浮车间挡墙锚固竣工参数

锚固类型	锚杆编号	锚固孔深 (mm)	锚固孔径 (mm)	锚杆倾角 (°)	有效锚固段长度 (mm)	张拉力 (KN)
墙体预 应力锚杆	1	8350	150/110 ^①	7	3500	400
	2	14700	150/110	13	7000	400
	3	12500	150/110	13	6900	400
	4	14300	150/110	13	7100	400
	5 ^②	14100	150/110	13	7000	400
	6	12300	150/110	13	6950	400
	7	14200	150/110	13	7080	400
	8	12000	150/110	13	8000	400
墙基抗 滑桩	1	8200	150	90		
	2	8400	150	90		
	3	8500	150	90		
	4	8400	150	90		
	5	8900	150	90		
	6	8500	150	90		
	7	8500	150	90		
	8	8200	150	90		

注:①锚固孔孔径开孔时为 150mm,穿过混凝土层后改为 110mm;

②锚固效果测试孔。

表 2 预应力锚杆张拉及锚固后观测结果

压力表读数(MPa)		2.5	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	安装后	数月后
应 变 值 ($\mu\epsilon$)	2 [#] 片	0	1	4	45	63	92	80	50
	3 [#] 片	5	6	13	118	240	279	267	221
	4 [#] 片	7	13	50	165	278	385	363	336

表 3 抗滑桩部分电测结果

观测时间(周)		1	2	3	4	5	6
应 变 值 ($\mu\epsilon$)	1 [#] 片	587	591	589	590	592	592
	2 [#] 片	125	123	120	122	122	124
	3 [#] 片	963	958	960	962	961	959
	4 [#] 片	2042	2038	2036	2041	2040	2042

对参加此项工作的熊传治、王云龙、任学 涛等同志。在此致以衷心的感谢。

ANCHORING TECHNOLOGY OF MULTI-FUNCTION RETAINING WALL OF A WORKSHOP ON SLOPE

Chen Changfu, Peng Zhenbin, Zhu Chaoyin, Liu Yuepeng

The Workshops of Tongguanshan Ore Dressing Plant are ladder-like buildings located on a mountain slope. The retaining wall of the buildings. The inner side wall of one workshop became significantly fractured owing to complexity of loads and using of long time without repair. In this paper the geotechnical engineering investigation, strengthening programme of the retaining wall and construction technology of the anchoring system are described briefly.

Key Words: Retaining wall, Ground soil of workshop, Engineering investigation, Anchoring technology