

# 安康水电站右岸滑坡治理锚固桩施工

水利水电第三工程局

李邦栋 周业忠

## 一、概述

安康水电站坝址地层由古老的浅变质千枚岩组成,其岩性软弱,裂隙发育,原始岸坡稳定性差,滑坡发育。又由于水工建筑物布置的要求,两岸边坡需进行大量开挖,因而更加增加了边坡的不稳定因素。对此,我们曾采用多种综合方法,防止和治理了不稳定边坡。其中,用锚固桩群治理右岸厂房和尾水渠边坡失稳,取得了很好的效果。

右岸乱草沟与无名沟间(桩号厂下0+74~厂下0+286.9)厂房及尾水边坡,自高程314.5m混凝土进料线以下,需开挖形成高程276m的厂顶公路,高程257.5m的进厂公路和厂房安装间,高程245.6m的排沙洞,高程234.5m~高程226.5m的尾水边坡齿槽和高程210m的厂房坝段抗滑大齿槽。开挖坡比为1:1~4:1,越往下越陡峭,坡高达100m。此段边坡是坝区地质条件最复杂的部位:基岩为深灰色绢云母千枚岩,表层16~23m已强烈风化;坝址区较大的断层如 $F_{10}$ 、 $F_{14}$ 、 $F_{18}$ 、 $F_{20}$ 、 $F_{22}$ 等会聚于此,构成数组可能滑动面;基岩面上有一条古冲沟,充填着红粘土碎石。通过此段的高程314.5m铁路进料线为高填方路基和混凝土墩、梁的铁路桥。

随着边坡开挖的进展,使原边坡的临界稳定条件逐渐恶化。当一期开挖到高程240m~高程235m时,于1982年6月,在进料线3号桥墩基础和墩体发生竖向裂缝。1983年10月该裂缝发展为贯穿裂缝并迅速扩大,致使高填方路基和其边坡桩板式挡墙发生裂缝。1984年3月,路基挡墙4号、7号桩断裂翻倒,路基下滑,中部出现宽达20~40cm、错台26~60cm的裂缝,路基下部坡体出现倾倒塌落,形成了滑体

总量为22万 $m^3$ 的复合型工程滑坡。

## 二、锚固桩布置情况

锚固桩分为A、B和C三区来布置:

A区:为保证厂房坝段深挖大齿槽时厂房右边坡的稳定,在厂房边坡开挖出的高程240m平台上布置了5根抗滑桩,截面尺寸为 $2.5 \times 3$ m,深度28m左右。

B区:为恢复高程314.5m进料线,在高程314.5m至高程295m范围,大致分成两排,布置了32根抗滑锚固桩。其中:沿进料线IV线设主桩11根,桩顶高程为304.8m,截面尺寸为 $4 \times 5$ m。主桩既对岸坡岩体起锚固抗滑作用,又是进料线填土路基的挡土墙基础。在距主桩左侧约16m处设副桩6根,桩顶高程295m,截面尺寸为 $2 \times 3$ m及 $3 \times 4$ m。

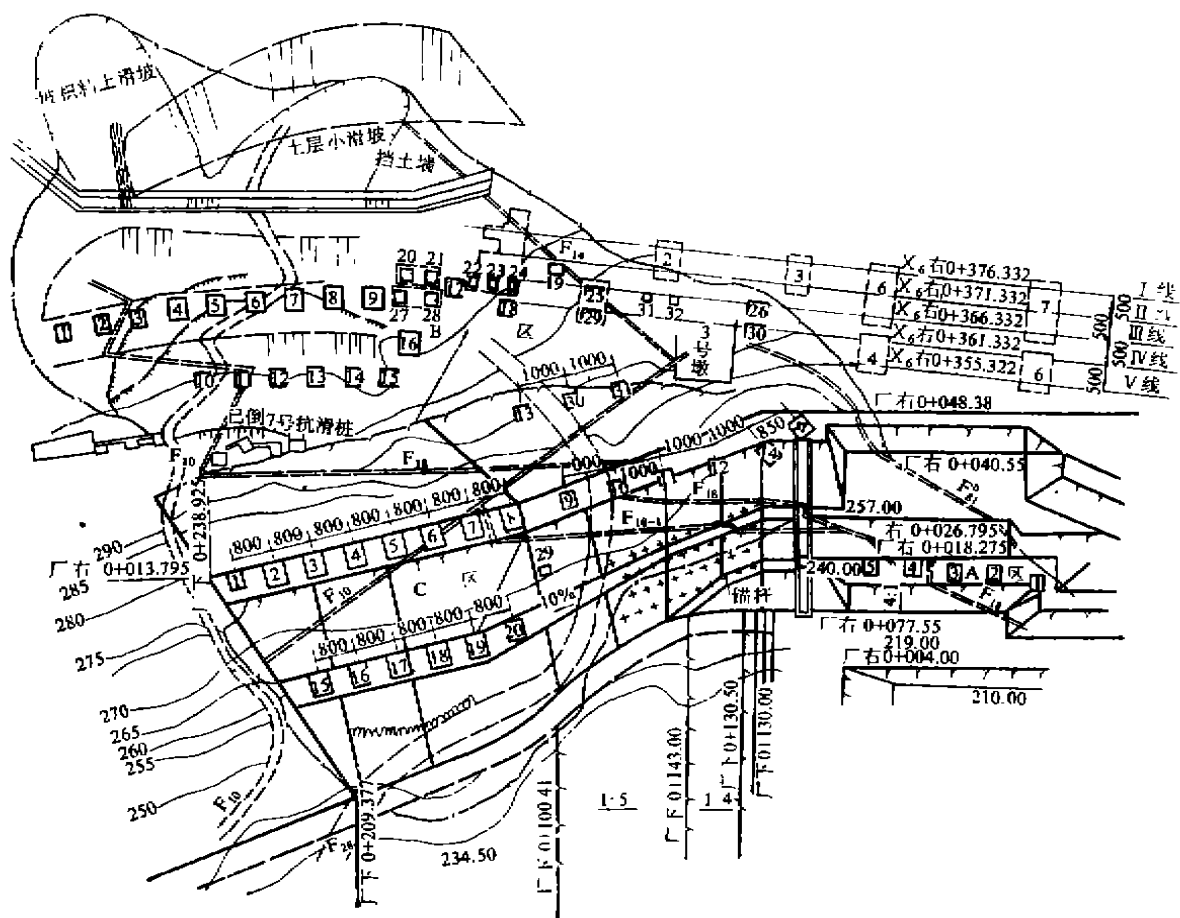
为重建进料线铁路桥台和部份桥墩,还布置了桥台桩7根、桥墩基础桩8根,其截面尺寸多在 $2 \times 2$ m至 $2.5 \times 3$ m之间。抗滑桩深度为11m至44m。

C区:为了治理厂房尾水渠边坡,在高程295m至高程226.5m间,分4排布置了29根抗滑桩:在高程270m至高程274.5m,于厂顶公路开挖平台上布置了15根。在高程250m进厂公路开挖面上布置了6根。在尾水渠坡脚布置了6根,后为开挖齿槽取代。其它部位还有3根。

但实际只施工了23根。抗滑桩的截面尺寸主要为: $4 \times 5$ m、 $3 \times 4$ m和 $3 \times 3.5$ m三种,少数为 $2.5 \times 2.5$ m,桩深分别为23m至28.3m(见附图)。

## 三、锚固桩的施工程序与工艺流程

按施工场地形成的先后和确保施工期边坡



附图 安康水电站厂房尾水渠右岸滑坡锚固设计布置示意

稳定与施工安全的原则, A区首先在1984年3月至7月间施工, B区、C区按先高部位、后低部位的顺序, 分别于1984年12月至1985年12月及1985年4月至1986年9月间, 分两期施工。每排锚固桩, 一般也分为两批, 隔桩施工。

A区、B区锚固桩, 一般是在边坡挖到设计断面后再施工; C区锚固桩, 因高程295m以下边坡很不稳定, 是在边坡削坡前施工。

各锚固桩施工工艺流程如下:

施工场地平整→桩位测量放线→桩口2m~4m钻孔爆破→锁口护壁→安装出碴井架和井口安全防护设施→桩井分段开挖及护壁→桩井开挖验收→桩体钢筋结构井下安装、焊接→桩体混凝土回填前验收→桩体混凝土回填→桩体形成。

锚固桩井开挖, 采用井下手风钻钻孔, 毫秒管爆破, 人工装碴。各桩井开挖至井深2m~4m后, 均作混凝土锁口护壁及井台, 井台混凝土厚0.25m~0.5m, 护壁厚0.25m, 内布双层钢筋, 混凝土标号为 $R_{28}200$ 号。

桩井锁口护壁完成, 形成井台, 安装提升井架。井架采用两种型式: 一种用4根 $\phi 20 \sim 25$ cm、长7~8m圆木搭成塔式井架, 并配5t卷扬机、 $0.5 \sim 0.6 \text{ m}^3$ 下开门吊斗吊碴; 一种用 $\phi 108 \text{ mm}$ 钢管焊成梯形井架, 并配2~3t卷扬机、 $0.2 \sim 0.3 \text{ m}^3$ 带吊耳和车把可卸的双轮手推车吊碴。井口上用43kg/m钢轨焊成“井”形台架, “井”中心为 $1.5 \times 1.5 \text{ m}$ 吊物孔, 周围孔口用枕木密排封严。吊物孔用 $L 5 \times 5 \text{ cm}$ 角钢焊成框架, 内镶木板做成的滑道活动盖板保护。

表 1 钻孔、爆破参数表

岩 性	钻 孔 深 (m)	钻 孔 间 距 (m)	最 小 抵 抗 线 (m)	装 药 长 度 (m)	爆 破 深 度 (m)
软弱岩石	1.0~1.2	0.5~0.6	0.5~0.6	$L/4 \sim L/3$	0.7~0.9
硬顶岩石	0.8~1.2	0.4~0.6	0.4~0.6	$L/3 \sim L/2$	0.5~0.8

A区桩井开挖采用0130型手风钻钻孔, 用2号硝铵炸药, 毫秒电管起爆; B区、C区桩井开挖, 采用7655型手风钻钻孔, 用2号硝铵炸药、塑料导爆管起爆。塑料导爆管操作简单, 联线方便, 准爆性可靠, 优于毫秒电管。

钻孔、爆破参数一般按表1进行控制。

A区出碴用前述双轮手推车, 卸掉车把后作吊斗, 吊出井口后, 将吊物孔盖上活动盖板, 再把手推车放到盖板上, 推至倒碴处; B区出碴, 用0.6m<sup>3</sup>下开门吊斗将碴吊出井口, 吊物孔盖上活动盖板, 用建设JS-1型1t油动翻斗车开到吊斗下接料, 再拉运至倒碴点; C区出碴, 在井口铺有轻轨, 装有三向轮轨翻斗车, 用0.6m<sup>3</sup>下开口吊斗将碴吊放到三向轮轨翻斗车内, 顺轻轨线运至临时碴场。

桩井每下挖2m做一次混凝土护壁, 个别桩井井壁塌方时, 下挖1m即行护壁。护壁靠自身强度和与岩石的摩擦力维持稳定。为使下层爆破不破坏已成护壁, 爆破深度一般比护壁深0.5m, 即爆破后保留0.5m石碴不清除, 待护壁混凝土有70%强度时再拆除支撑清碴和钻、爆下一段。当开挖到距桩井设计深度最下3m时, 则不予护壁。

桩井施工过程中, 井下通风十分重要。一般井深15m以上时, 井下空气逐渐浑浊。同时, 钢筋焊接时, 烟气也很大。为此, 一般在井深达20m左右时, 井下采用空压机间歇吹风排气; 当井深达30m后, 采用JF-52-2型轴流风机, 并配以Φ50cm塑料通风管进行井下通风。

各桩井施工, 井深10m以下时均出现地下水, 当井深小于25m时用一台扬程25m的电动潜水泵排水; 井深大于25m时, 用两台潜水电

泵接力排水。

#### 四、锚固桩钢筋安装及混凝土回填施工

锚固桩主筋有三种布筋方式: 一排主筋布置: 用3根Φ40mm25MnSi并为一束, 按束间距为25~29cm排列。二排主筋布置: 由每束3根Φ40mm25MnSi布成二排, 束间隔、排间距为23cm。三排主筋布置: 由每束2根和3根Φ40mm25MnSi布成三排, 每束间距29.5cm。架立筋为Φ16mm和Φ32mm, 箍筋为Φ19mm及Φ25mm。最大含钢率达95kg/m<sup>3</sup>。

锚固桩钢筋安装采用了两种施工方法: 即在桩井附近场地开阔处, 按设计配筋图分节焊接组装成整体钢筋骨架, 每节长10~12m, 用W-1001型内燃机吊车吊装。钢筋骨架节间接头焊接在井口进行, 即将下节钢筋骨架吊入井内, 并用型钢将接头部位锁定在井口, 再吊上节与之对齐固定后焊在一起, 最后整体就位。这种方式受场地限制, 只用在A区, 而在B区、C区则不适用。

B区、C区锚固桩的钢筋骨架均在井内组装, 利用开挖井架, 另配1t卷扬机, 向井内单根或成束吊放钢筋, 边吊放边组装。成束的主筋, 由单根长12~12.5m的钢筋在地面按接头要求配好, 点焊成束, 并焊好接头帮条后再吊入井中, 以减少在井中的焊接工作量。一层主筋全部就位后, 再吊入架立筋和箍筋, 一层骨架形成后再进行上层钢筋骨架的组装。全井钢筋骨架组装焊接完毕后, 一次检查验收。

锚固桩回填混凝土在井口处用0.4m<sup>3</sup>移动式拌和机生产, 直接入仓。井内安装下料溜

表 2 开挖施工劳力组合表(每进尺1.0m)

项 目	钻 孔	爆 破	出 渣		卷扬机司机	小翻斗汽车司机
			井 下	井 口		
人 数	5	3	4~6	2	1	1
作业时间(h)	13~16	1~2	12~14	12~14	14~30	12~14

表 3 护壁混凝土施工劳力组合表(每护壁2.0m长)

项 目	钢 筋 绑 扎	模 板 安 装	混 凝 土 浇 筑	拌 和 司 机	小 翻 斗 司 机
人 数	6	6	19	1	1
作业时间(h)	3	4~5	5~6	5~6	5~6

表 4 桩体钢筋混凝土施工劳力组合表

项 目	绑 扎 焊 接 钢 筋	吊 挂 溜 筒	浇 筑 混 凝 土
人 数	8~10	6	18~22
作业时间(h)	36~40	6~8	32~36

表 5 桩井开挖施工日平均进尺统计表

进 尺 (m)	地 下 水	地 下 水 较 多	地 下 水 较 少 或 无
井 深(m)			
0~10		—	0.5~0.67
10~20		0.32~0.45	0.46~0.54
>20		0.30~0.39	0.41~0.50

注: 本表为有护壁的日平均进尺。

筒。每层下料厚度30cm, 人工平仓震捣。断面大的桩, 下两套溜筒。井内地下水大时, 采用水下混凝土浇筑法施工。锚固桩混凝土标号为R<sub>28</sub> 250号, 二级配。

## 五、劳力组合和日平均进尺

现将安康水电站右岸滑坡治理锚固桩施工的劳力组合和日平均进尺列于表2~5, 以供有关方面参考。

## 六、几点体会

### 1. 在已发生过滑动的岩体内开挖锚固桩

井, 只要采取必要的安全措施, 设置安全监测点, 专人负责检查, 连续施工及时进行衬护, 就可避免人身伤亡事故。

2. 要处理好锚固桩施工现场的地表水, 这对保证施工进度和安全至关重要。

3. 对不稳定边坡, 加强工程前期勘测、论证, 及时治理, 这非常重要, 可以收到事半功倍的效果。

### 水工建筑专题著作

#### 《重力坝的应力、稳定与可靠性》

本书是一本水工建筑的专题著作, 包括13篇学术论文, 内容涉及重力坝的应力、稳定与可靠性。作者应用结构力学、弹性力学及弹塑性力学等不同层次方法, 对不同意地基上的重力坝应力分布、塑性破坏过程和极限平衡状态(可靠性)进行了系统研究。书中各篇内容都是紧密结合国家攻关项目, 水电部科学基金及部分重大工程所取得的科研成果。对于重力坝塑性破坏过程以及应用直接积分法和蒙特卡洛法分析重力坝可靠性, 这在国内外均为首创, 书中详细介绍用上述理论分析实际问题的结果。本书可供从事水工建筑的设计和研究人员和水工专业本科生、研究生参考。

本书为16开本, 约30万字, 书中有100余幅研究成果图, 定价5.10元, 系清华大学吴媚玲、姚耀武著, 由中国科学技术出版社出版, 清华大学水利水电工程系征订发行。