

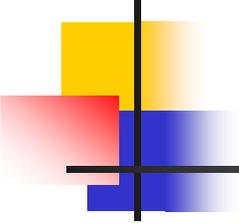


苗尾左坝基边坡加固机理研究

报告人：张玉龙

中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司

二〇一四年十月



汇报内容

一、边坡概况

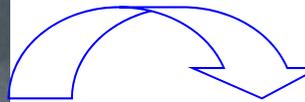
二、边坡开挖支护

三、监测成果

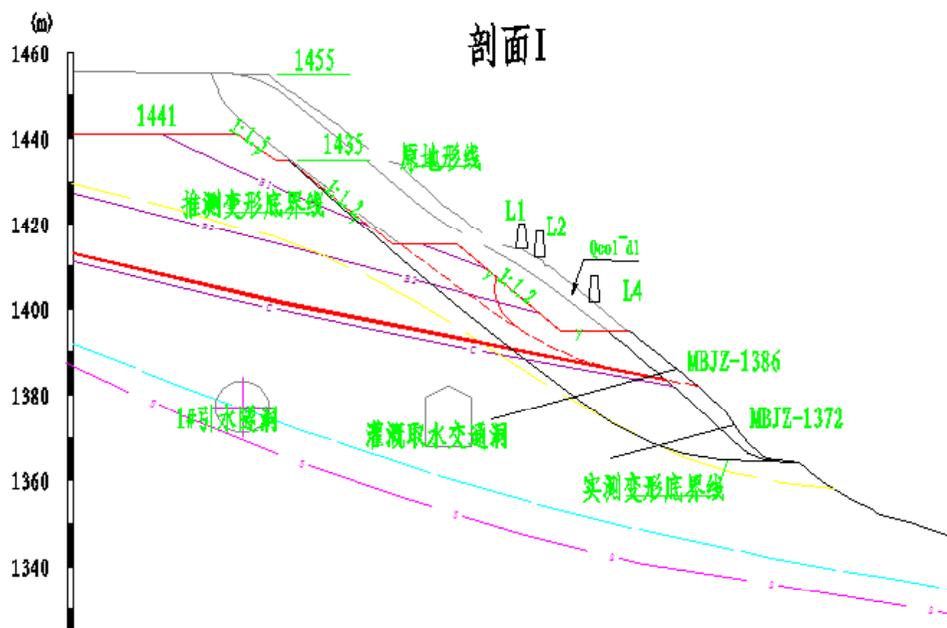
四、结论

一、边坡概况

- 目前我国十三大水电基地之一的澜沧江干流水电基地中下游段开发基本完成，中游以上部位地质条件较差，因此处理复杂地质条件下边坡开挖支护成为工程前期首要工作。
- 苗尾水电站坝肩由千枚状绢云板岩及变质砂岩构成，且变质砂岩与变质板岩夹片岩，岩体倾倒变形严重，其中左坝肩倾倒变形岩层产状为 $N5^{\circ} \sim 20^{\circ} W$ ， $NE \angle 30^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ，原始地形情况下变形深度超过50m，且断层F144的存在对该左坝肩下游侧的稳定性尤为不利，左坝肩开挖过程中也出现了多次变形，监测资料完整的显示了该部位的变形情况，在初期开挖坡比1:0.7并在坡脚进行加固后多次加速变形，后采取了坡顶卸载（由1455m降至1441m）并将坡比调整为1:1.3的措施，新增了1000kN锚索及上仰的由灌溉取水洞至边坡表面的1500kN对穿锚索。



二、边坡开挖支护



- 左坝基下游侧边坡于2012年开始进行开挖，原开挖顶部高程为1455.00m，初期1415.00m以上采用网格梁的支护方式，2012年10月中旬开挖至1386.00m后在1415.00m平台出现开裂；
- 2012年11月29日该部位继续下挖导致表层裂缝迅速增加，采取部分支护措施后2013年3月后继续进行1365.00m以下开挖；
- 至2013年4月中旬底监测成果显示变形又加剧，至5月10日确定了减载卸荷方案，上部减荷卸载，减小坡度，随着开挖重新布置支护措施，采取防雨方案，并在支护完成前坡脚进行反压；
- 二期开挖方案实施过程中，受到7月18日的持续降雨影响于2013年7月20日边坡又一次发生突变，导致1355.00m附近一根预应力锚索由索定处断开；
- 2013年10月底左坝基处理基本结束。

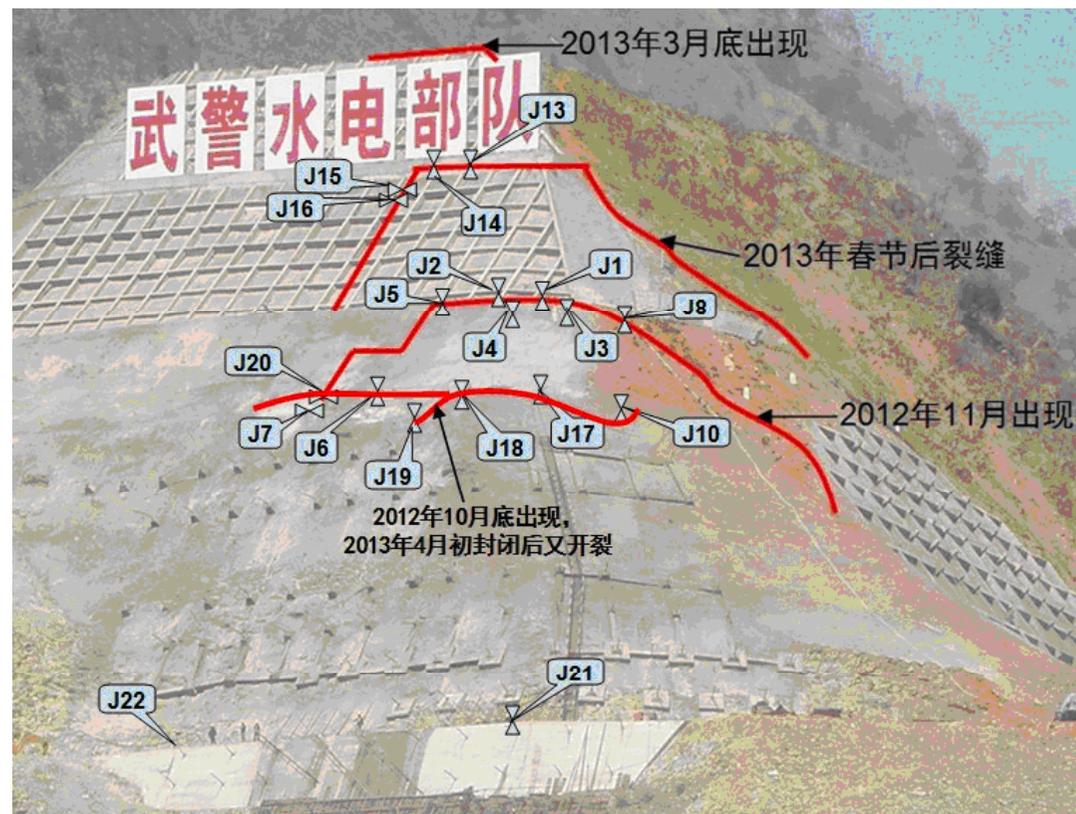
二、边坡开挖支护

- 部分锚墩下陷后的失效导致工作正常的锚索受到荷载超过极限而断裂。



三、监测成果——二期方案实施前

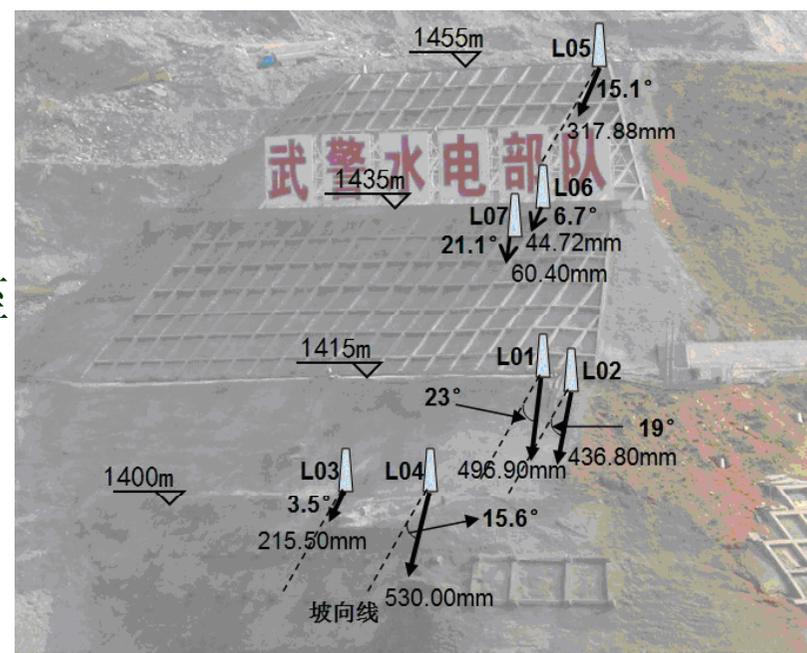
- 左坝基下游侧边坡于2012年10月初开挖1390.00m高程以下后于1400.00m及1415.00m首先出现较小裂缝，巡视检查发现裂缝有持续增加的迹象，2012年11月29日边坡表面裂缝突然增加并形成了连续的裂缝线，裂缝有15mm/d~47mm/d的突变现象发生。
- 2013年2月开始边坡1435.00m马道出现明显裂缝，向下游侧发展且其范围超过原1415.00m以下的裂缝，2013年3月底1455.00m平台裂缝出现，至4月中旬1350.00m以下开挖及降雨的发生致裂缝又有增加趋势，且多点位移计测值超出量程（100mm），表面变形又有突变。根据设计该部位共布置临时裂缝监测点22个，2013年2月底至3月底变形开始有所增加，1415.00m平台的J-5及1400.00m马道的J-6与J-7突变明显，其中J-6开合度最大值达115mm。



三、监测成果——二期方案实施前

- 2012年11月15日至2013年5月5日期间水平合位移及垂直位移均呈增加趋势：2012年11月30日的测值为向坡脚方向的水平变形产生约25mm~100mm突变，之后测值增加相对较小；至2013年3月初，随着下部边坡开挖变形加剧，当月水平合位移变形速率介于2.74 mm/d~7.94mm/d，垂直位移速率介于1.09 mm/d~4.57mm/d；2013年5月5日L01~L04测点水平合位移介于215.5 mm~530mm，变形速率介于2 mm/d~3.94mm/d，变形整体朝临空面变形并偏向下游侧（与边坡坡向夹角介于 15.6° ~ 23° ），垂直位移介于102.6 mm~320.3mm，变形速率介于1.6 mm/d~3.45mm/d，变形整体向下沉降。倾伏角介于 25.5° ~ 35.9° 。

- 2套多点位移计，分别位于1386.00m与1372.00m：79d后多点位移计MBJZ-1386于2013年3月13日超量程损坏，2013年2月23日达到损坏前最大变形量达到89mm，据监测数据判断该部位变形范围在坡面~25m范围内均匀变形，且变形期集中发生于2月底至3月13日之间；MBJZ-L1372于2013年5月4日各测点测值介于80.50mm~130.17mm之间，最深测点传感器超量程，判断变形范围为边坡表面~20m范围内。



三、监测成果——二期方案实施前

- 2012年锚索测力计DBJZ L1376和DBJZ L1394 2锁定荷载损失较大，均超过30%，与边坡表面破碎有关；
- 2013年3月份监测锚索荷载呈增加趋势，介于设计荷载的89.59%~117.61%之间，其中荷载最大值为锚索DBJZ-L1376，2013年5月初荷载为1176.1kN，2个月内荷载增加404.5 kN，较锁定荷载增加52.4%；
- 从空间分布来看，位于边坡上游侧的监测锚索荷载及增量小于下游侧监测锚索荷载，与变形监测资料规律一致。



三、监测成果——二期方案实施前

随着开挖的持续较高部位变形有所增加，表面裂缝是渐退式发展，即由1400.00m高程向边坡后缘顶部发展，2013年4月开始的降雨加速了边坡的变形，从而引起边坡支护锚索荷载的增加，虽至5月初边坡无坍塌现象发生，随着边坡内部应力的增加及裂缝扩展至原1455.00m平台，边坡表层松散体的整体平衡被打破，在受到坡脚开挖及降雨等多重不利因素的影响下导致边坡失稳的可能性增加，最终经过严密的论证确定了减载开挖并增加支护方案。



三、监测成果——二期方案实施期

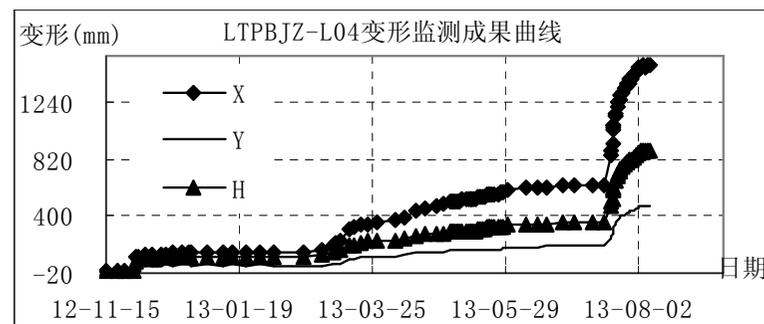
卸荷减载方案确定后，正式开挖于2013年6月初开始，7月19日削坡至1415.00m，1415.00m平台大面积暴露，7月14日开始的断续降雨对边坡的稳定性造成了不利影响，同时1350.00m以下部位开挖扰动导致边坡于7月20日又发生突变，1394.00m下游侧监测锚索测力计DBJZ-L1394-2荷载消失，1390.00m锚索荷载增加至1159.kN，之后持续几天时间内边坡部位有锚索断裂声响发生，尤其是1350.00m锚索直接断裂。



锚头掉落

三、监测成果——二期方案实施期

2013年7月20日至2013年7月21日各测点变形发生突增，2013年7月21日下午16:00测得表面变形测点累计顺坡向变形量最大为1074.1mm（图5），累计沉降变形量最大为735.8mm（1415.00m部位的LTPBJZ-L01），水平变形速率最大达到487.2mm/d（20日下午16:00至21日上午9:00）。



三、监测成果——二期方案实施期

- 2013年9月25日边坡卸荷开挖至1365.00m，至10月底除1380.00m~1395.00m间对穿锚索尚未张拉完成外其余各支护措施基本完成，替代测点监测成果显示自2013年8月10日以后变形趋稳，边坡二期方案效果明显，DBJZ-L1390锚索测力计荷载2013年8月1日该锚索荷载达到1330.1kN后荷载也有减小趋势，后期安装的锚索荷载处于稳定状态。



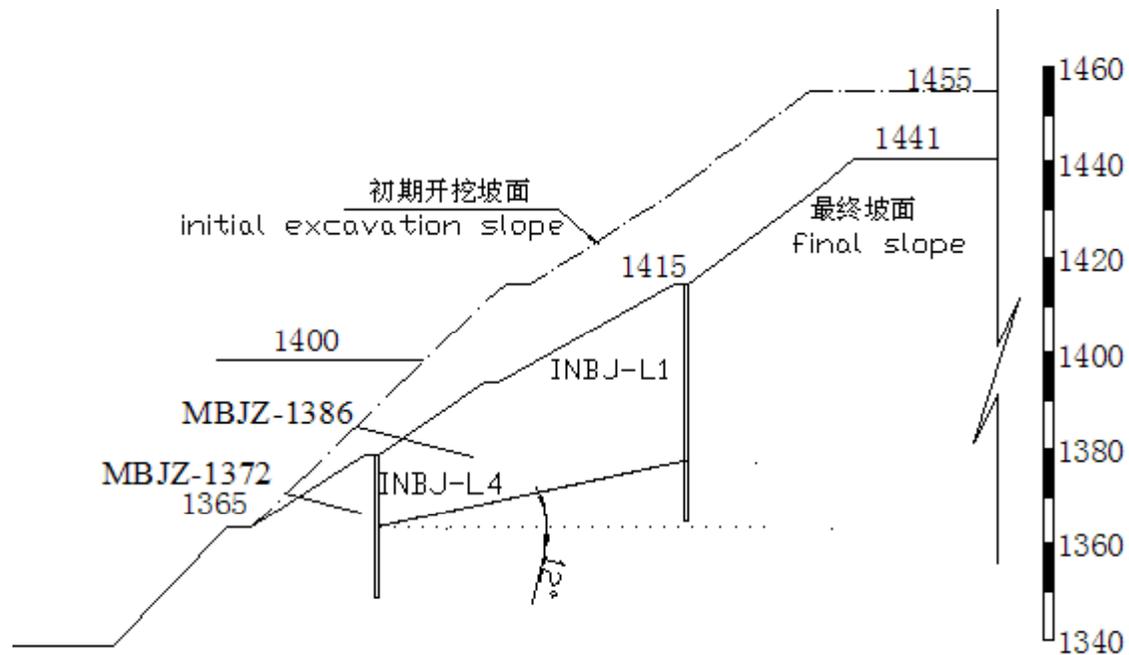
四、支护效果评价

- 在二期治理前边坡裂缝发生的渐退式发展尚未倾倒，各裂缝之间联系不紧密，可分别看作独立的倾倒地，一旦外界条件发生变化致使各独立的倾倒地底部或者顶部超过变形极限其坍塌将会瞬间发生，二期方案的实施有效的消除边坡坍塌的主要因素。
- 为保证锚索的有效性，表层强风化覆盖层全部清除，锚索固定端深入边坡内弱倾倒地变形的C区，提高锚墩头尺寸，锚墩头间采用连系梁连接；锚索施工紧跟开挖进度，并且在进行坡脚填筑的措施确保了施工期边坡的稳定性；1500kN上仰对穿锚索安装在1380.00m以上，保证了边坡“腰部”的稳定；后期对坡脚（1365.00m以下）锚拉板的锚索进行了补偿张拉，从而对限制了坡脚的变形；边坡排水孔深浅间隔布置有效的减小了降雨对边坡稳定性影响。



四、支护效果评价

- 边坡监测数据的完整性与及时性为边坡开挖支护措施提供了可靠的依据，监测成果显示边坡二期卸载开挖初期受降雨影响边坡发生了超过487.2mm/d的突变，且期间前期锚索有断裂现象发生，通过采取相应措施后边坡变形及支护荷载变化都趋于稳定，至2013年11月初边坡治理基本结束后至12月初监测成果趋于稳定，后期开挖部位安装的测斜孔监测数据表明边坡内部滑动面无滑动趋势，说明有针对性的支护措施发挥了作用，边坡处于稳定状态。



五、结论及建议



- (1) 砂板岩部位采用预应力锚索支护应尽早完成表层的封闭处理，且宜采用网格梁并加大锚墩尺寸，以免表层风化后锚墩下陷而削弱支护效果。
- (2) 根据现场具体地质条件采用合适的支护方式，对于倒倾体应采用部分上仰预应力锚索进行支护，且锚固段宜深入弱倾倒变形体内。
- (3) 监测成果显示边坡变形除受到工程施工影响外，降雨及地下水变化对边坡也有明显影响，良好的排水系统对边坡稳定性至关重要。
- (4) 临时监测为动态设计方案的采取提供有力的数据支持，设计可针对具体情况采取有针对性防护措施。

