

岩石高边坡的时效变形分析及其工程地质意义

李佳武

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司 湖南 长沙 410000

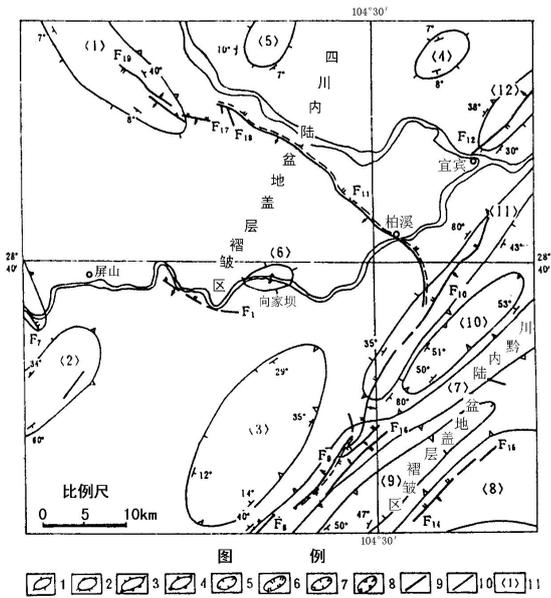
【摘要】：随着我国水电工程建设的步伐的加快，工程地质的勘测显得越来越重要。本文主要以马步坎的高边坡变形体为讨论基础，这些结构面与层状结构面组合，可能构成边坡的变形破坏边界，而且边坡形体巨大。因此，其稳定性研究作为向家坝水电站工程的重要课题，一直受到高度重视。本文从实地勘察数据出发，分析了边坡稳定性状况及变化趋势，最后根据总结提供了相应的建设建议。

【关键词】：高边坡；时效变形分析；稳定性评价

1 背景概述

岩石边坡失稳之前，都要经过一个比较复杂的过程，因为边坡岩石物质的不同，也因为内部结构的复杂，为了对其进行进一步的分析研究，对其稳定性进行分析并且方便采取下一步的措施（防护措施等），就需要进行实地勘察，对数据进行分析，采用不同的分析方法，利用计算公式分析其稳定性，对其失稳进行预测。同时，现在对岩体稳定性的工程地质评价标准中也加入了有关于岩石边坡变形破坏机制的分析这一项。所以需要根据不同的地质情况进行数据的勘察以及分析，本文是作者结合实地勘察得到的数据做出的总结，确定了滑动面的位置及状况，也确定了边坡所处的变形状态，从变形稳定性的角度提出了对边坡稳定性的分析。

2 地形地貌



图例
 1.低缓倾角背斜 2.中等倾角背斜 3.非对称背斜 4.高陡倾角背斜
 5.低缓倾角向斜 6.中等倾角向斜 7.非对称向斜

8.高陡倾角向斜 9.壳型断层 10.盖层断层 11.背、向斜编号

从上图可看出，柏树溪断层切错了高县双河背斜（11），表明NE向体系较老，NW向体系较新。据此可以认为工程区至少经受过两期构造应力场的作用，第1期应力场的主压应力方向是NW向，即 $N40^{\circ} \sim 45^{\circ} W$ 。而在坝区主压应力方向略有偏转，为 $N30^{\circ} \sim 35^{\circ} W$ 。第2期应力场的主压应力方向是NE向，即 $N40^{\circ} \sim 45^{\circ} E$ 。在坝区约为 $N55^{\circ} \sim 70^{\circ} E$ 。另外，坝区PD22中发育有1条小断层，走向为 $N61^{\circ} E$ ，具有明显的右旋走滑活动性质。这表明坝区在第2期应力场的作用后，还遭受过1次主应力方向为 $N70^{\circ} \sim 80^{\circ} W$ 的构造应力场的作用。由于这期应力强度较弱，没有造成较大的新的构造形迹，只是使前期某些NEE向扭性结构面发生新的右旋走滑活动。

坝区处于上述NE和NW向2大构造体系的过渡带内，没有区域性大断裂通过，而具有一定规模的大断层也不发育。

3 勘察结果

3.1 地质情况

表1 层面产状实测成果表

| 洞号 | 岩层倾坡外(m) | 岩层倾坡里(m) | 洞号 | 岩层倾坡外(m) | 岩层倾坡里(m) |
|-------|----------|-----------|------|----------|-----------|
| PD6 | 0~150 | 150~200 | PD24 | 0~145 | 145~245.2 |
| PD6支洞 | 0~38 | 55~150.1 | PD27 | 0~230 | 230~367.4 |
| PD32 | 0~153 | 153~321.2 | PD30 | 0~140 | 140~367.4 |
| PD31 | 0~170 | 170~422.9 | PD29 | 0~150 | — |
| PD21 | 0~85.2 | — | | | |

首先是关于马步坎边坡处在糖房湾穹窿状短轴背斜的穹顶部位(见表1)的岩层基本特征,边坡区岩层倾向平缓,近于水平,总体趋势倾向坡里。马步坎高边坡区没有贯穿整个坡段的断层,只有F₂和F₅断层规模相对较大。这些破碎带的走向主要集中在NE向、NEE向和NWW向三个方向,其中NE向破碎带规模稍大,如F₂和F₅断层带等。另外,破碎带内结构面的倾角较陡,一般在70°~90°范围。从破碎带的宽度、错距看,除F₂断层破碎带宽3~4m,错距3~6m之外,其它破碎带宽度一般仅几十厘米,错距也小于1m。从这些破碎带的特征分析,具有一定规模的断层仅有F₂和F₅。

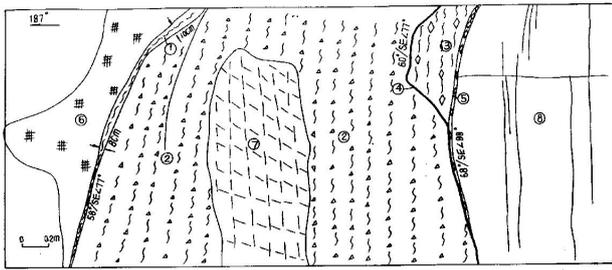


图2 PD32平洞299~304mF₂断层素描图

- ①黑色断层泥 ②黄褐色泥包砾 ③黄褐色断层泥夹方解石团块
- ④黑色炭膜 ⑤方解石脉 ⑥节理密集带
- ⑦角砾化碎裂岩块 ⑧下盘影响带

通过区域地质资料分析和现场地质调查与研究表明:坝区主要遭受过两期构造应力场的作用,第1期主压应力方向为NW向,第2期主压应力方向为NE向。

马步坎高边坡的掩体组成结构较为复杂,主要由砂岩组成,然后其间夹杂着些许的泥质岩石和薄煤层,呈硬、软相间结构。岩层近于水平,交错层理较发育,层面波状起伏;除了在F₂、F₅等发现有断层现象之外,岩体中主要发育NEE和NWW走向的2组陡倾角张裂隙,中、缓倾角节理极为稀少,且规模不大;边坡区强风化层深度一般小于20m。三者位置不同,形成机制不同,难以相互连通;近15年的变形观测成果表明:未发现整体变形的边界结构面,从空间看,不存在整体变形特征。坡顶虽存在以沉降为主的变形,但总量不大,随着采煤的停止,边坡的沉降变形速率已逐年减小,正趋向稳定。边坡中部陡坎的浅表层强卸荷带岩体的沉降变形速率约每年1~2mm,但总变形量仍很小。

马步坎高边坡整体边界条件:上、下游侧分别是NE向的F₂断层和F₅断层、后缘由近EW向拉张裂缝以及NW向贯通性裂隙F₀构成。底部不存在大规模的中缓倾角的不利结构面,以最不利的三迭系上统须家河组的层顶的破碎夹泥层为控制性底滑面。上述边界条件组合形成的楔状块体斜插于岸

坡内,下游侧有较宽厚的抗力体,在空间上限制了边坡整体向河谷方向变形。底滑面近于水平,有利于边坡整体稳定。稳定验算成果说明边坡整体具备较高稳定安全系数,而且长期的变形观测资料表明边坡没有产生整体变形迹象,因此综合分析认为边坡整体是稳定的。

3.2 敏感性分析

通过对数据进行敏感性分析表明,暴雨条件下后缘裂缝充水深度和地震是上部边坡稳定性影响的敏感因素。除暴雨条件下后缘裂隙完全充水加地震双重作用工况下的抗滑稳定系数1.06外,其它工况边坡的稳定安全系数均超过1.3。由于裂隙透水性好,边坡区的勘探平洞和煤洞能起排水作用,裂缝充水深度一般不会超过140m。因此上部边坡具备自稳条件。

3.3 边坡岩体结构面发育特征

马步坎高边坡岩体内共发育有3类地质结构面,即原生结构面、构造结构面和表生结构面。

边坡侧沟旁的突出岩体稳定性主要受缓倾角破碎夹层影响,因夹层仅分布卸荷带内,且性状较好,经分析这些岩体亦基本稳定。但浅表层强卸荷带岩体的稳定性较差,预计将分级逐层局部发生崩塌(滑)失稳,每次崩塌规模不大,当水库蓄水后,产生的涌浪不会对枢纽建筑物构成严重威胁。

3.4 边坡变形分析

结合实地勘察得到的数据显示,马步坎高边坡浅表层岩体的失稳破坏方式是分级、逐层向岸坡退缩的型式。主要的变形破坏模式有座滑、倾倒、崩塌、崩滑4种。已圈定的危岩体是浅表层局部岩体失稳的优先所在。未来每次破坏失稳岩体规模一般为几百立方米。水库正常蓄水后,坡脚仍为陆地或浅水区,因此,这种较小规模的局部岩体失稳不会引起大的涌浪,以致对枢纽建筑物造成严重威胁。崩塌对航运安全有一定影响,水库蓄水后,可以增大水面宽度,航道右移较天然条件下还能降低航船的危险。

4 建议与小结

4.1 建议

蓄水后边坡的水文地质条件将会发生变化,坡脚的岩组在水库蓄水后将受到库水浸泡,其物理力学指标会有所降低。为了进一步掌握边坡变形的动态规律,特别是水库蓄水对边坡的影响情况,建议进一步完善边坡监测系统,加强边坡浅表层局部岩体和边坡下部蓄水段段的监测。监测工作应

持续至蓄水后一定时段。

严禁在边坡区进行煤层复采。工程开工后，对坡顶裂缝采取适当封堵，防止大量地表水注入，并利用勘探平洞和煤洞完善排水系统。

蓄水前，全面复核边坡区浅表层局部岩体的稳定状况，必要时给予适当处理。

4.2 小结

由于我国边坡失稳灾害及其分布较大，所以对于岩石高边坡的稳定性分析是很有必要的。本文以马步坎的高边坡变形体为讨论基础，针对其的数据勘测结果对其地质结构、地质情况以及稳定性进行分析，并且根据实际情况提供了相应的建议，望予以采纳。

参考文献：

- [1] 李天斌.岩质工程高边坡稳定性及其控制的系统研究[J].期刊,2016,22(02).
- [2] 曹仙,肖财和.探讨岩石高边坡勘察的变形稳定性评价分析[J].建筑工程技术与设计,2015,000(008):1900-1900.