

三峡水库西陵峡峡谷段岩质岸坡类型分析

黄波林^{1,2}, 刘广宁¹, 彭轩明¹

(1. 国土资源部 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003; 2. 成都理工大学 环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘要:在岩质岸坡稳定性分析评价中, 控制岸坡稳定的主要因素有岸坡岩性组合特征、岩体结构类型和岸坡结构类型。它们的组合构成了岸坡的基本地质模式, 并且组合类型通常决定了岸坡的稳定状况及主要变形破坏方式和规模。选择密度作为划分岩体结构工程分区的依据, 对西陵峡峡谷段岩质岸坡岩体结构类型进行了研究, 建立了一套适合于三峡库区岩质岸坡类型划分的分类方案, 为三峡库区岩质岸坡破坏模式的分析奠定了基础。

关键词:岩质岸坡; 岩体结构划分; 岸坡类型

中图分类号: X142

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0263-03

Rocky Embankment Slope Classification in Xiling Gorge of Three Gorges Reservoir

HUANG Bo-lin^{1,2}, LIU Guang-ning¹, PENG Xuan-ming¹

(1. Yichang Institute of Geology and Mineral Resource, Yichang, Hubei 443003, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The main controlling factors of embankment slope stability are engineering geological petrofabric, rock mass structure type and structure of embankment. The combination of these three factors consists of the basic geological mode of embankment slope and failure scale. Using frequency of joints, the paper researches on the rock structure classification, and a set of embankment slope classification scheme have been built, which could be used in the further study of embankment failure mode.

Key words: rocky embankment slope; rock structure classification; slope type classification

三峡水库西陵峡峡谷段高差约 300~1 000 m, 河谷狭窄, 岸坡陡峭。长江干流江面一般宽度 150~300 m, 最窄处仅 90 m。岸坡坡度多在 35~55°之间, 局部达到 75°以上。区内地势险峻, 岩质岸坡地质灾害常有发生。据历史记载, 自公元 100 年至今, 已发生较大的滑坡岩崩 14 次, 其中公元 1030 年和公元 1542 年链子崖岩崩规模最大, 曾分别阻江碍航 21 a 和 82 a^[1]。

大量的工程实例和研究证明, 在岩质岸坡稳定性分析评价中, 控制岸坡稳定的主要因素有岸坡岩性组合特征、岩体结构类型和岸坡结构类型, 3 者既有区别也有一定的联系, 但它们 3 者的组合往往构成了岩质岸坡的基本地质模式, 并且组合类型通常决定了岩质岸坡的稳定状况及主要变形破坏方式和规模^[2]。

1 西陵峡峡谷段岩性组合类型

通过野外调查, 结合西陵峡的地质情况(见图 1), 可将西陵峡峡谷段岩质岸坡中岩组类型划分为 4 类: (1) 以坚硬砂岩为主的岩组。该岩组主要分布于链子崖处长江两岸的石英系(C₁₊₂)和泥盆系中下统(D₂₊₃)。该组主要由厚层石英砂岩、中厚层灰岩构成, 间夹少量页岩、赤铁矿层。(2) 以坚硬碳酸岩为主的岩组。该岩组是主要分布于兵书宝剑峡

的三叠系嘉陵江组(T_{1j})和大冶组(T_{1d})。该组主要由中厚层薄层灰岩、白云岩构成, 间夹页岩构成。(3) 坚硬碳酸盐岩夹煤层的岩组。该岩组是主要分布于链子崖处长江两岸的二叠系(P_{ch}, P_w, P_m, P_q)。该组主要由含燧石结核灰岩、煤层、炭质页岩构成。

2 西陵峡峡谷段岩体结构类型

岩体结构概念的提出是我国工程地质界在评价岩体工程性质方面取得的重要成果, “岩体结构控制论”是岩体力学的基础理论^[3]。岩体结构不仅可以反映岩体中结构面的发育程度、块体大小, 而且可以表征岩体的完整性及力学性质的优劣, 其重要性日益得到人们的重视。

由于表生作用(风化、卸荷、地下水作用等)强度的差异, 河谷形成后环状的应力分布带, 实际上就是结构面发育程度不同的分布带, 即岩体结构类型的分布带; 岩体结构的变化实质上是岩体受风化营力作用后, 岩石介质发生变化、岩体中次生结构面的增多导致结构面间距的变化^[4]。

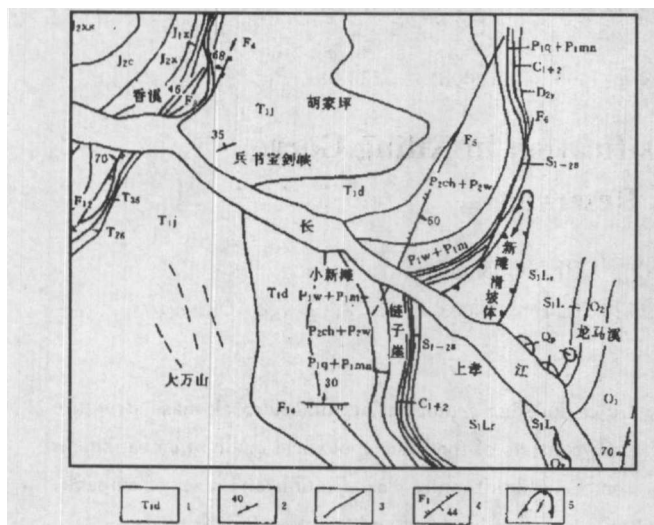
原则上, 岩体结构统计分区需要描述结构面的所有要素, 它们共同决定着岩体结构的宏观格局; 从这个意义上说, 单因素岩体结构统计分区方法不是一个完善的方法, 只有当其他因素相同或相似条件下, 单因素统计分区才有意义。

收稿日期: 2007-05-19

基金项目: 中国地调局基础调查项目(1212010640601)

作者简介: 黄波林(1979—), 男, 工程师, 在读硕士, 主要从事环境地质研究。E-mail: hbolinjlcd@yahoo.com.cn

另外,岩体产状不是惟一的分区标准,分区标准的确定应该与岩体的结构特征紧密相连。三峡库区西陵峡段岸坡岩层产状稳定,而且均为横向岸坡。其受卸荷作用影响,优势走向是确定的,倾角变化范围也不大;但岩体结构调查结果表明,结构面的分布具有高度的非均匀性,呈疏密相间状出现,其不均匀性主要由结构面密度(或间距)表征,而且密度是反映岩体完整性程度的重要参数之一,也是决定块体大小的一个主要因素,因此我们选择密度作为划分岩体结构工程分区的依据。



1. 地层代号;2. 地层产状;3. 地质界线;4. 断裂及编号;5. 滑坡体

图 1 西陵峡峡谷段地质图

就目前地质调查和测量水平而言,结构面密度尚无法现场直接测出,需通过室内计算求得。为了较准确地计算出工作面各点侧裂结构面密度,采用如下算法:以某测点为中心开一高度为 h , 宽度为 w 的采样窗口(图 2),取 h 为测量高度,窗口中心 $0.5w$ 处侧裂结构面密度值为 λ 。并定义 λ 为窗口内侧裂结构面线条数 N 与窗口宽度为 w 比值^[5]。

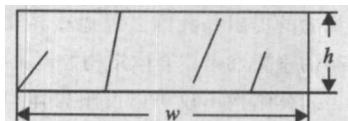


图 2 结构面测量采样窗

理论上, w 值越小,越能精确地代表某点侧裂结构面密度的值;但是另一方面,密度值变化范围也随之减小,极端情况的密度值只有两个,即零(窗口内无结构面)和某一常数(窗口内只包含一条结构面)。这样反而无法正确反映出研究区岩体结构的宏观特征,因此合理地选择结构面密度窗口宽度 w 是很重要的,一般通过反复试验取得。

密度计算过程实质上是一次重采样过程,即通过在工作面中不断移动窗口来获取各点侧裂结构面密度样本,样点之间距离为采样步长 w 。本次结构面间距研究,取 w 值为 50 m。通过实际测线调查约 5 000 m 长的岩质岸坡,实际测量结构面 4 128 条,计算左右岸结构面密度见图 3、图 4,结合野外岩体结构调查,参考《工程地质手册》可以按照结构面密度 0.2~0.4,0.6~1.2,1.2~1.4 分别对应块状结构岩体、层状结构岩体、碎裂状结构岩体^[6]。

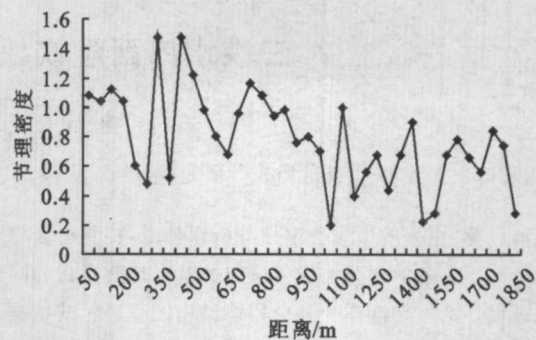


图 3 西陵峡峡谷右岸 2 000 m 节理密度

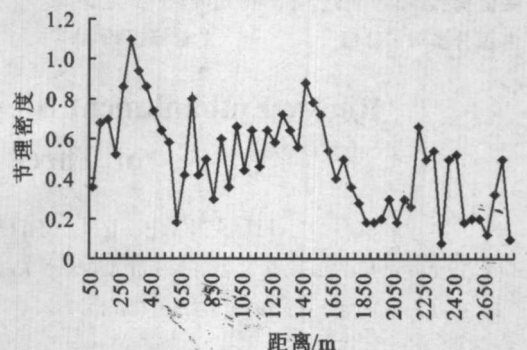


图 4 西陵峡峡谷左岸 3 000 m 节理密度

3 西陵峡峡谷段岸坡类型

虽然地层原生层状结构面为岸坡变形破坏的主要控制面之一,河流走向(或岸坡走向)又决定着岸坡的临空条件。但是西陵峡峡谷段长江正好切层而过,形成了一个长约 3 km 的横向谷。因此研究区内岸坡结构简单均为横向岸坡。根据岸坡岩性组合特征、岩体结构类型和岸坡结构类型,3 者的组合关系确定西陵峡峡谷段岸坡类型有如下几种:

(1)层状灰岩横向岸坡。中薄层岩体,风化卸荷裂隙较多,有层间错动带,裂隙间距 0.5~1.5 m,裂隙一般不越层,少量分离体。岩体接近均一的各向异性体,岸坡变形受层面及卸荷裂隙组合共同控制,可视为弹塑性体,形成大型块体的可能性不大,整体稳定性较好。该类型岸坡大面积分布于兵书宝剑峡。

该类型岸坡以峡口段最为典型。该段岸坡地貌上呈台阶状,岩层为 T_{1j} 的中厚层灰岩(厚度约 40 cm),较均匀,层间胶结较好,局部张开 1 cm,无充填。岩层产状: $320^\circ \angle 30^\circ$, 岩体较完整。节理平均间距 1.5 m,赤平投影图显示该段优势结构面有 $60^\circ \angle 75^\circ$ 组代表着近平行长江的节理、 $160^\circ \angle 55^\circ$ 组代表着近垂直层面的节理和层面。 $60^\circ \angle 75^\circ$, $160^\circ \angle 55^\circ$ 组节理与层面共同形成长方体块体(见图 5),一般块体大小为 $5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ 。块体运动一般为滑动,滑动受下方块体限制,危险性较低。

(2)块状灰岩横向岸坡、块状砂岩横向岸坡。厚层—巨厚层岩体,发育几条大型结构面,裂隙结构面间距大于 1.5 m,裂隙一般上部张开下部闭合,局部形成危险块体。岸坡整体性强度高,结构面相互牵制,除局部形成危险块体的区域,其他区域岩体稳定,在变形特征上可视为均质弹性各向同性体。该类型岸坡分布于小新滩东—链子崖西两岸。

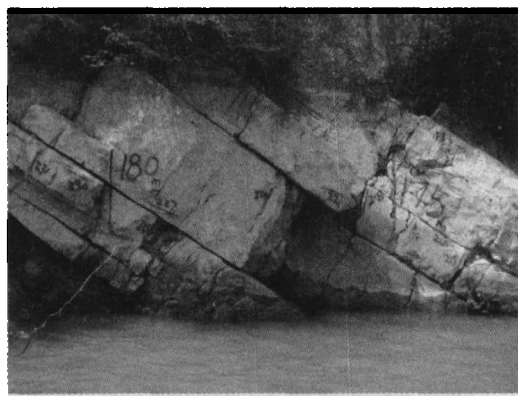


图5 典型滑块照片

(3) 碎裂状灰岩横向岸坡。中薄层岩体, 风化卸荷裂隙发育, 裂隙间距小于 0.5 m, 极发育的结构面一般有 2~3 组, 小型的分离体较多。完整性破坏较大, 整体强度大大降低, 呈半连续介质, 稳定性差。易发生崩塌落石, 地下水及库水位的波动加剧岩体失稳。西陵峡段小型碎石坠落多发生于该结构。该类型岸坡夹杂在层状灰岩横向岸坡间, 分布于兵书宝剑峡, 形成了如梭子山的危岩体。

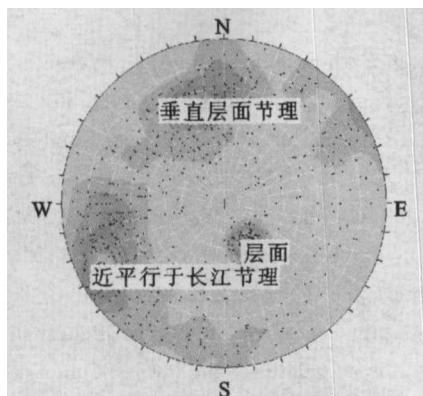


图6 右岸峡口段赤平投影图(下半球法)

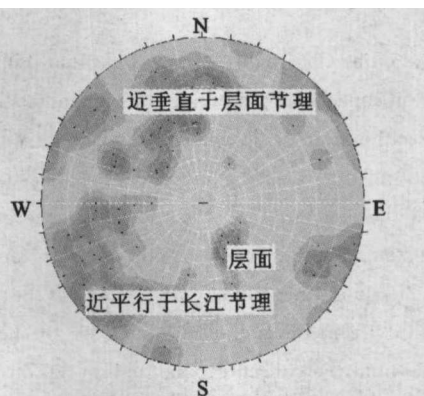


图7 梭子山危岩体赤平投影图(下半球法)

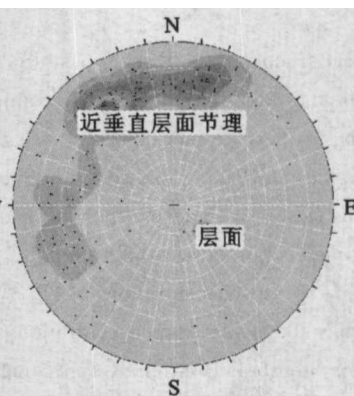


图8 白沱危岩体赤平投影图(下半球法)

4 结论

选择密度作为划分岩体结构工程分区的依据, 对西陵峡峡谷段岩质岸坡岩体结构类型进行了研究, 建立了一套适合于三峡库区岩质岸坡类型划分的分类方案, 为三峡库区岩质岸坡破坏模式的分析奠定了基础。

参考文献:

- [1] 哈秋龄, 张永兴. 岩石边坡工程: 长江三峡西陵峡链子崖危岩体稳定性研究[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1995.
- [2] 唐胜传, 柴贺军, 冯文凯. 三峡库区岸坡类型划分[J].

梭子山危岩体坡角 70° , E 侧边界为 $110^\circ/80^\circ$ 的裂隙, W 侧边界为 $100^\circ/80^\circ$ 的裂隙, 均形成了小型冲沟。据当地渔民反映, 后缘张开 3 m。结构面赤平投影图显示(图 7), 岩体内产状优势方位较多, 危岩体内岩体破碎, 切割裂隙多为 $80^\circ/80^\circ$ (近平行长江节理), $178^\circ/70^\circ$ (近垂直层面节理) 及层面 $314^\circ/31^\circ$ 构成, 切割大小 $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 0.7\text{ m}$ 左右。虽然蓄水后大部分危岩被水淹没, 但是失稳产生碎屑及涌浪不容忽视。

(4) 块状碳酸岩夹煤层横向岸坡。厚层—巨厚层岩体, 发育十多条大型结构面, 裂隙结构面间距大于 1.5 m, 裂隙一般上部张开下部闭合, 形成危险块体若干个。历史上西陵峡段发生大型崩塌事件均为为此段岸坡内结构面组合贯通形成的危险块体下滑或崩塌。该类型岸坡分布于链子崖两岸。

白沱危岩体地处链子崖危岩体的斜对岸, 岩体完整, 大型节理平均间距为 5 m; 岩性为 P_1w 组厚层灰岩夹条带结核, 层厚 60 cm, 层面起伏粗糙。从赤平投影图上见(图 8)可以看出, 危岩体内主要发育近垂直层面的节理; 形成的块体一般较大, 其滑动面为层面。但是由于平行长江的节理不甚发育, 因此危岩体的侧切割边界不清晰, 稳定性有待评估。

公路交通技术, 2005(5): 36-39.

- [3] 徐卫亚, 赵立永, 梁永平. 工程岩体结构类型定量划分问题研究[J]. 武汉水利电力大学学报, 1999, 32(2): 8-11.
- [4] 韩爱国, 聂德新. 岩体结构研究中统计区间长度的确定[J]. 地球科学进展, 2004, 19(增刊): 296-299.
- [5] 范留明, 黄润秋, 丁秀美. 一种基于结构面密度的岩体结构均质区划分方法[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(7): 1132-1136.
- [6] 《工程地质手册》编写委员会. 工程地质手册(第3版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.