

赤平极射投影在边坡稳定性分析中的应用*

陈刚^① 黄晓^① 孙进忠^②

(^①北京市地质工程勘察院 北京 100037)

(^②中国地质大学工程技术学院 北京 100083)

摘要 边坡稳定性分析评价是关停废弃矿山地质灾害评价的重要内容之一。本文结合位于北京丰台区千灵山景区周边裸露山体生态恢复工程边坡稳定性分析,阐述了赤平极射投影法在边坡稳定性分析中的应用,可为类似的地质灾害评估提供参考。

关键词 赤平极射投影 边坡稳定性分析 地质灾害

APPLICATION OF STEREOGRAPHIC PROJECTION IN SLOPE STABILITY ANALYSIS

CHEN Gang^① HUANG Xiao^① SUN Jinzhong^②

(^①Beijing Institute of Geology Survey, Beijing 100037)

(^②China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract Slope stability assessment is one of important contents of geological disaster assessment for a shutting down abandoned mine. Based in Beijing Fengtai District Qianling mountain area surrounding the exposed mountain ecological restoration project slope stability analysis, this paper expatiates the application of stereographic projection method. It could be a helpful reference for a similar geological disaster assessment.

Key words Stereographic projection, Slope stability analysis, Geological disaster

1 引言

北京市山区关停废弃矿山植被恢复工程是该市生态环境建设的重点工程,其目的是降低关停废弃矿山环境污染,减少地质灾害隐患,改善关停废弃矿山生态景观。其中矿山边坡的稳定性分析是矿山地质灾害评估的主要工作内容,是确定边坡是否处于稳定状态,是否需要进行加固与治理,防止其发生破坏的决策依据。

目前用于岩质边坡稳定性分析的方法大体上可分为定性分析方法和定量分析方法两大类^[1,2]。定性分析方法包括工程类比法和图解法(赤平极射投

影法、实体比例投影法、摩擦圆法等);定量分析方法主要有极限平衡法、极限分析法(有限元法、离散元法)及可靠度分析方法(蒙特卡洛法和随机有限元法等)。在这些方法中,赤平极射投影法是最简单、实用且应用最普遍的方法。本文结合千灵山景区周边裸露山体生态恢复工程边坡稳定性问题,阐述岩质边坡稳定性评估的方法,希望能为矿区地质灾害评估提供一套可行的方法。

2 工程概况

千灵山景区周边裸露山体生态恢复工程位于北京市丰台区千灵山旅游区南部山前一带。评估区内

* 第一作者简介:陈刚,从事岩土工程勘察与施工、地质灾害评估与治理。Email:chengang7369@sina.com

废弃采石场有 21 处,因长期人工开采石灰石、页岩等石料及修路切坡,山体破坏严重,形成不稳定危岩体及不稳定边坡。

根据实地勘察表明,评估区内发生过小型滑坡灾害。区内不稳定斜坡隐患点有 3 处(以下简称 1[#]斜坡、2[#]斜坡和 3[#]斜坡),现将其分布及特征分述如下:

(1)1[#]斜坡位于 03 号采石场西北侧,坡体岩壁坡面北高南低,坡高 20 余米,宽度 16~18m,厚度 3~4m,坡角 35°。坡顶部覆盖残坡积土层,结构较松

散,性质软弱,厚度一般在 0.5~1.0m 不等。坡体由中-薄层状灰绿色黑色页岩夹少量砂岩、泥岩组成,其表层岩石破碎,风化十分强烈,主要发育两组节理,产状分别为:240°∠45°、85°∠40°。在坡下可见由岩层剥落滑塌形成的大量页岩碎石堆。实地调查期间,2007 年 8 月 4 日 11:20 左右,坡体上方表层土体开始掉块,瞬间大面积的岩土体沿层面突然下滑,滑坡体积约 250m³(图 1a、1b)。此次滑坡是由于前几天的连降大暴雨,降低了页岩的抗剪强度所致。

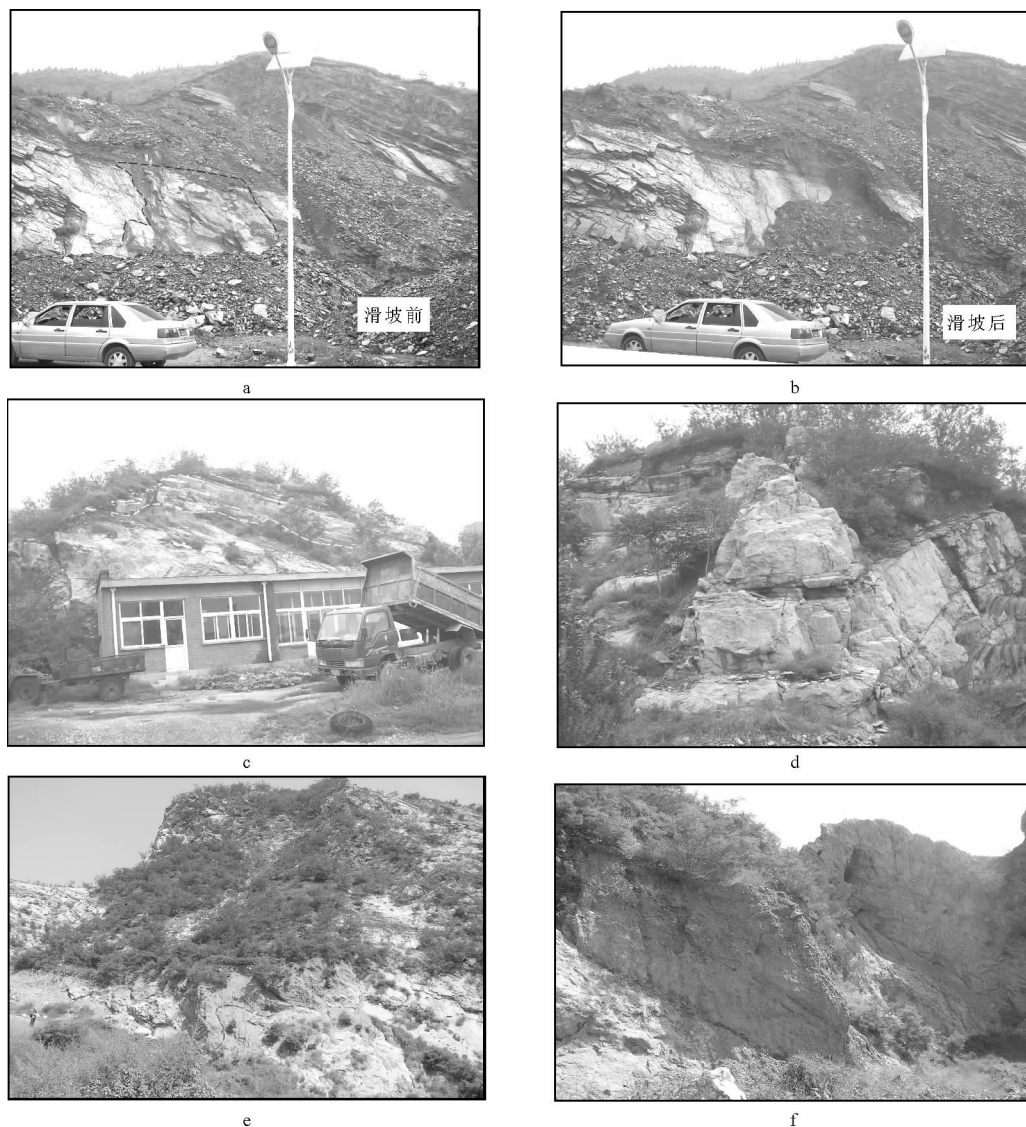


图 1 斜坡滑坡实景图

Fig. 1 Virtual graph of landslide

a. 1[#]滑坡前实景;b. 1[#]滑坡后实景;c. 2[#]斜坡边坡 1 实景;d. 2[#]斜坡边坡 2 实景
e. 3[#]斜坡正视图;f. 3[#]斜坡侧视图

(2) 2#斜坡位于2号采石场北部西侧房屋以北,不稳定斜坡长度20~25m,宽度10~15m,厚度为6~8m。坡体岩壁坡面产状为:184°∠60°。坡顶部覆盖层厚度一般在0.5~0.8m不等,物质组成主要为坡积土层,内夹碎石颗粒,结构较松散,性质软弱。岩壁岩性主要为厚层状深灰色石灰岩,岩层产状为:160°∠40°,岩石较破碎,风化较强烈,且被两组节理裂隙(产状分别为:255°∠60°和155°∠65°)切割形成2处不稳定边坡(图1c、1d)。

(3) 3#斜坡位于16号采石场东南山坡处,不稳定斜坡长度18~20m,宽度约15m,厚度为7~8m。坡体岩壁高陡,坡面产状为:170°∠70°。坡顶部为残坡积土层,最大厚度达3.5m以上,土层结构较松散,性质软弱。其下为石灰岩层,岩石节理裂隙发育,风化破碎严重(图1c、1f)。

上述3处斜坡表层岩体质地软弱,抗剪强度较小,且岩层的倾向、倾角与坡向、坡角基本相同,此外存在软弱结构面,边坡具备滑移的条件,潜在发生滑坡的危险性。

3 赤平极射投影定性分析法

赤平极射投影图解法用于岩质边坡的稳定分析,可快速、直观地分辨出控制边坡的主要和次要结构面,确定出边坡结构的稳定类型,判定不稳定块体的形状、规模及滑动方向^[3,4]。

3.1 一组结构面的分析

(1) 当结构面的走向与边坡的走向一致时,二者倾向相反,如图2a中弧AMC为边坡的投影, J_1 为结构面,在赤平极射投影图上,边坡投影弧与 J_1 投影弧相对,属于稳定结构。

(2) 结构面 J_2 与边坡面走向倾向均相同,但其倾角小于坡角(图2b),结构面投影弧位于边坡投影弧之外,属于不稳定结构。

(3) J_3 与坡面 AC 倾向同,倾角大于坡角(图2c),结构面投影弧位于边坡投影弧之内,属于稳定结构。

2.2 两组结构面的分析

由两组结构面控制的边坡的稳定性,主要对结构面组合交线与边坡的关系进行分析,一般有5种情况如图3所示。

2.1 最稳定结构

在图3a中,两结构面 J_1 、 J_2 的交点 M 在赤平极

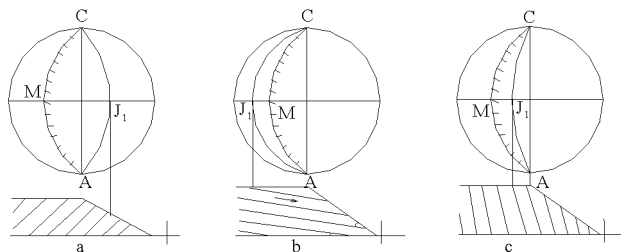


图2 一组结构面的产状与边坡稳定分析图

Fig. 2 Stability analysis on the relation between the strike-dip of one group structural surfaces and slope's

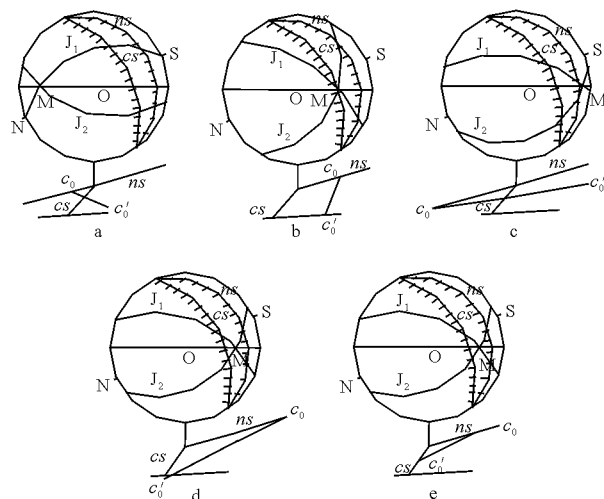


图3 结构面组合交线与边坡稳定分析图

Fig. 3 Stability analysis on the relation between the intersection of structural surfaces and slope

射投影图上位于边坡面投影弧 cs (人工边坡) 及 ns (天然边坡) 的对侧,说明组合交线 MO 的倾向与边坡倾向相反(即倾向坡里),所以没有发生顺层滑动的可能性,属最稳定结构。

2.2 稳定结构

在图3b中,结构面交点 M 与坡面在同一侧,但在开挖坡面投影弧 cs 的内侧,说明结构面组合交线的倾角大于坡角,故属稳定结构。

2.3 较稳定结构

在图3c中,结构面交点 M 与坡面处于同侧,但位于天然边坡投影弧 ns 的外部,说明结构面交线倾向与坡面倾向一致,但倾角小于天然坡角,在坡顶无出露点,因而也比较稳定,应属较稳定结构。

2.4 较不稳定结构

在图3d中,结构面交点 M 与坡面处于同侧,但位于边坡投影弧 cs 与 ns 之间,说明结构面交线的倾角小于开挖坡角而大于天然坡角,并在坡顶有出露

点 c_0 , 一般是不稳定的。但在特殊情况下, 例如在坡顶的出露点 c_0 距开挖面较远, 结构面交线在开挖边坡上没有出露, 而插于坡脚以下, 对结构体具有一定的支撑作用, 属于较不稳定的边坡。

2.5 不稳定结构

图 3e 是图 3d 的一般情况, 结构面组合交线在两种坡都有出露 (c_0 及 c_0'), 属不稳定结构。

由 3 组以上结构面组成的边坡, 其分析的基本原理与两组结构面一样。但应选择其中最不利的交点来进行分析。如在判断稳定性时, 要选择交线倾角最大, 而又小于坡角的点来分析。并应在各组结构面的物质组成、延展性、张开程度、充填胶结情况、平整光滑程度等特征基本相同的情况下进行分析。如果它们各不相同, 则应根据各组结构面的不同特征进行综合分析, 先判断出对边坡稳定性有直接影响的两组结构面, 然后以此两组结构面为依据来判断边坡稳定性。

4 边坡稳定性评价

4.1 1#斜坡

该坡面倾向东南, 坡度约 35° 。斜坡主要由中薄厚页岩组成, 岩层软弱, 层面产状 $160^\circ \angle 25 \sim 30^\circ$, 坡内主要发育两组节理, 一组节理面产状为 $240^\circ \angle 45^\circ$, 另一组节理面产状为 $85^\circ \angle 40^\circ$, 其与边坡之间的关系见赤平投影图 4a 所示。由图 4a 表明, 两组节理面与斜坡坡面斜交, 起切割面作用, 岩层倾向与坡面倾向相同, 且倾角与坡角基本相等, 这种顺向坡极易沿层面发生滑动。

4.2 2#斜坡

该坡面产状为 $184^\circ \angle 60^\circ$ 。由深灰色石灰岩组成, 岩层层产状为 $160^\circ \angle 40^\circ$, 坡内发育两组节理, 产状分别为: $255^\circ \angle 60^\circ$ 和 $155^\circ \angle 65^\circ$, 其与斜坡坡面之间的关系见赤平投影图 4b 所示。由图 4b 表明, 节理面与斜坡坡面倾向基本一致, 但斜交陡倾, 起切割面作用, 岩层层面缓倾, 且倾向与坡面倾向相同, 这种组合关系不利于斜坡稳定。

4.3 3#斜坡

该坡面产状为 $170^\circ \angle 70^\circ$ 。由第四系坡积土组成, 基岩为石灰岩, 岩层层产状为 $140^\circ \angle 40^\circ$, 岩石风化较严重, 斜坡内发育两组节理, 产状为: $210^\circ \angle 80^\circ$ 、 $110^\circ \angle 75^\circ$, 其与斜坡坡面之间的关系见赤平

投影图 4c 所示。由图表明, 岩层层面倾向与坡面倾向相同, 但倾角较小, 因此岩石有可能顺着岩层层面滑动; 节理面 J_1 与层面近垂直, 起切割结构面作用, 节理面 J_2 倾向与岩层层面倾向一致, 但倾角较大。这种组合关系不利于斜坡稳定, 有可能发生滑坡。

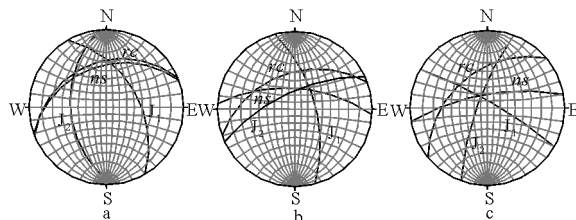


图 4 不稳定边坡赤平投影图

Fig. 4 Stereographic projection graph of slope

a. 1#斜坡赤平投影图; b. 2#斜坡赤平投影图;

c. 3#斜坡赤平投影图

rc 为岩层层面; ns 为人工边坡或开采边坡; J 为节理面

通过上述边坡坡内结构面与斜坡临空面的组合关系分析表明, 上述 3 处边坡均属于顺向坡, 且岩层的倾角等于或小于坡角, 这种结构对边坡的稳定性不利, 因此一旦遇暴雨或地震等不利条件极易发生滑坡。此次调查中, 8 月 4 日 03 号采石场西北侧发生的页岩滑坡就是佐证。

5 结束语

对于关停废弃矿山生态恢复工程地质灾害的评估, 除了要考虑开采塌陷、崩塌、泥石流外, 还需要特别考虑边坡的稳定性。只有保证边坡的稳定性, 才能保证未来生态恢复工程的安全使用。因此, 在此类工程地质灾害评价中, 引入工程地质分析中有关边坡稳定性分析的理论与方法, 是十分必要的。

参 考 文 献

- [1] 林宗元主编. 岩土工程勘察设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
- [2] 林在贯, 高大钊等主编. 岩土工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
- [3] 赵强等主编. 工程地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1980.
- [4] 常士骝等主编. 工程地质手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.