

# 赤平投影在某边坡稳定分析中的应用

姜 彤, 杜国情, 李海华

(华北水利水电学院, 河南 郑州 450011)

**摘 要:**以广东崖洞工程建设用地地质灾害危险性评估为例,以前人勘察资料和现场踏勘为基础,运用极射赤平投影的原理对该评估区的一典型边坡进行了定性分析并应用 Slide 软件与之进行了对比.结果表明,赤平投影在地质灾害评估方面具有一定的可行性,可为工程设计提供参考.

**关键词:**地质灾害;危险性评估;滑坡;极射赤平投影

近年来,各类工程建设用地地质灾害评估项目日益增多,其中包括公路、水库、电厂、机场、输电线路等方面<sup>[1]</sup>.20世纪中后期赤平投影被引入工程地质学,主要是用在岩质边坡的稳定性分析方面,经过不断的检验和完善,它在工程方面的可信度在不断提高.目前,赤平投影在工程地质勘探以及地下洞室的围岩应力分析等方面的应用越来越广泛<sup>[2]</sup>.笔者利用赤平投影对广东崖洞一典型边坡进行了稳定性分析,并结合理论定量计算和 Slide 软件分析,验证了赤平投影分析的可靠性和优越性.

## 1 极射赤平投影的基本原理

所有通过球心的线和面经过延长都和球面有交点,并在球面上形成大圆.发射点为球的北极,与球面上形成的大圆和点相连接,将这些点和大圆投影到赤道所在的面,就称为极射赤平投影<sup>[3]</sup>.通常情况下采用的投影为下半球投影,即只投影下半球的大圆弧和点.

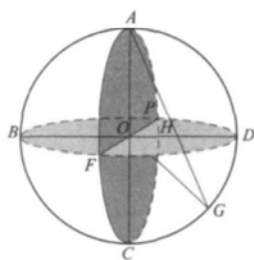


图1 平面投影

极射赤平投影简称赤平投影,主要用来表示线和面的运动轨迹、方位以及相互间的角距关系,它把物体在三维空间的线和面在投影平面上进行反映并对其进行处理<sup>[3]</sup>.在工程地质方面,当判别岩体稳定时表示工程作用力、抵抗力、临空面以及边坡面的滑动方向,也可用来表示某些面,如优势结构面或重要结构面的产状及其空间组合关系.

1) 平面的投影方法.假设有一向东倾斜、走向南北的平面,其倾角为 $40^\circ$ ,如果该平面过球心,那么它和下半球相交得到弧 PGF,发射点为 A,则弧 PGF 在赤平面上的投影为弧 PHF.弧 PHF 向东凸出代表该平面为南北走向、向东倾斜,该平面的倾角则由 DH 的长短来表示,如图 1 所示.

2) 直线的投影方法.假设某直线的倾伏角为 $40^\circ$ 且向东倾伏,这条线和下半球面相交于 G 点.同样设 A 是发射点,则 G 点在赤平面上的投影为 H.倾伏角由直线 HD 的长短表示,直线 HD 的倾伏向即为 D 的方位角,如图 2 所示.

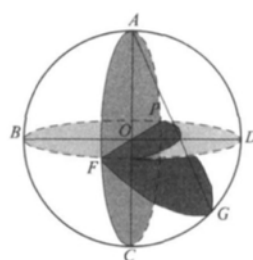


图2 直线投影

收稿日期:2011-09-26

基金项目:河南省高校青年骨干教师项目;华北水利水电学院高层次人才科研启动基金.

作者简介:姜 彤(1973—),男,浙江天台人,教授,博士,主要从事岩土工程方面的研究.

## 2 工程区地质概况

评估区位于陵江南岸左岸河谷凹向岸坡,受陵江长期切割演变而形成了一自北向南的“陡岸坡—缓坡平台”地形.坡顶为缓坡平台,密布交通干道及家宅、商用楼,地面高程237~245 m;岸坡上部为陡崖带,高差20~25 m,中部为一坡角 $35^{\circ}\sim 43^{\circ}$ 的陡坡,下部为一斜坡,坡角 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ,直至陵江.陵江纵坡小于10%,在评估区段陵江切割深度75~90 m.评估区总体地形南高北低,地面高程为187~245 m,相对高差58 m,地形起伏较大.评估区地貌为侵蚀浅丘地貌.区内建筑设施密布,植被稀少,覆土层薄,陡崖、陡坡地带基岩大部分裸露.评估区地质构造处于向斜近核部之东翼,岩层呈单斜状产出,岩层产状为 $270^{\circ}\angle 70^{\circ}$ .

由于评估区按设计高程进行整平后,将在建筑红线的东、西、南侧形成最高为27.5 m人工挖方岩质边坡,在拟建商业街区分期开挖后将形成最高24.6 m的人工岩质边坡.故工程建设实施后,可能诱发的地质灾害主要为:建设用地东、西、南侧和场地内形成的人工挖方边坡失稳.

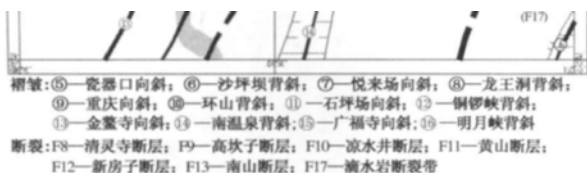


图3 工程区地质构造图(1:50 000)

边坡稳定性评价方法有很多种,常用的有:自然分析法、力学分析法、图解法和工程地质类比法<sup>[3]</sup>.大体上分定量评价和定性评价2大类.笔者将用图解分析法(极射赤平投影)和毕肖普条分法对该工程区典型的西侧人工边坡的危险性进行定性和定量评估.

### 2.1 边坡稳定性赤平投影分析

评估区西侧按设计地坪高程(187.6~220.8 m)整平后,将形成最高约为27.5 m的人工岩土边坡.边坡以基岩为主,顶部约有1.0~1.5 m

厚的人工杂填土,边坡坡向为 $165^{\circ}$ .地质勘察资料表明,边坡坡体为砂岩夹泥岩,边坡岩体强风化层较薄,厚度约1.5~2.0 m;中等风化层岩体强度较高,结构较完整.基岩岩层产状为 $270^{\circ}\angle 7^{\circ}$ ,岩体内主要发育2组裂隙:LX1:产状 $340^{\circ}\sim 360^{\circ}\angle 76^{\circ}\sim 78^{\circ}$ ;LX2:产状 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}\angle 78^{\circ}\sim 80^{\circ}$ .根据岩层结构面做极射赤平投影,如图4所示.

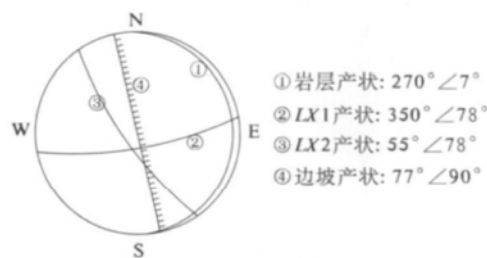


图4 西侧边坡极射赤平投影

由图4可以看出,该边坡为反向坡,LX1裂隙与边坡呈 $87^{\circ}$ 切坡向大角度相交,该结构面对边坡稳定影响小;LX2裂隙与边坡呈 $22^{\circ}$ 顺向小角度相交,为控制边坡稳定的不利结构面,倾角大于 $75^{\circ}$ .根据国家标准《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)附录A表A-1岩质边坡分类:该边坡属于Ⅲ类边坡,在边坡开挖后,沿不利外倾结构面(LX2裂隙)发生滑坡破坏的可能性大.

式中: $F_s$ 为边坡的安全系数; $\gamma$ 为土的重力; $V$ 为土体的体积; $F$ 为建筑荷载; $\theta$ 为裂隙角; $c$ 为粘聚力; $\phi$ 为内摩擦角; $A$ 为假设土体滑动面的面积.

计算参数选取: $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ ,岩体结构面抗剪强度 $c = 90 \text{ kPa}$ , $\phi = 27^{\circ}$ ;  $V = 52.2 \text{ m}^3$ , $A = 21.2 \text{ m}^2$ , $\theta = 78^{\circ}$ ( $\theta$ 为LX1裂隙倾角);建筑荷载 $F = 756 \text{ kN}$ ,计算简图如图5所示.

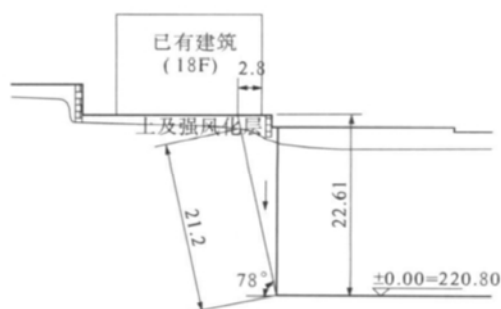


图5 西侧边坡计算简图(单位:m)

将选取的计算参数代入公式(1)计算得出该边坡安全系数的理论值为 1.05. 为了验证该结果的准确性,应用加拿大 Rocscience 公司开发的 Slide 边坡稳定性计算软件进行了计算,得出其安全系数为 0.939,如图 6 所示,可见二者计算结果基本一致.

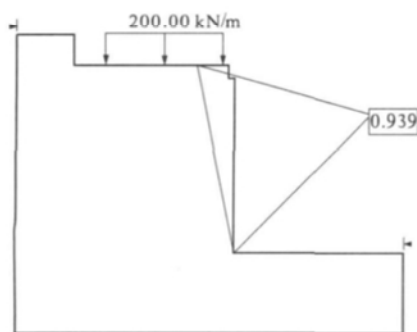


图 6 Slide 软件计算结果

根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)中 5.3.1 条,边坡稳定安全系数为 1.35,所以该侧边坡影响区域建筑物,其破坏后果将非常严重.另外,根据《地质灾害防治工程勘察规范》(DB 50/143—2003)中表 12,边坡稳定系数小于规范中要求达到的安全系数,按设计高程开挖后,该侧边坡处于欠稳定状态,与赤平投影解析的结果一致.

### Application of the Stereographic Projection in a Rock Slope Stability Analysis

JIANG Tong, DU Guo-qian, LI Hai-hua

(North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China)

**Abstract:** Taking the geological hazard assessment in Yadong Engineering Construction site in Guangdong as an example, based on the previous survey data collection and field reconnaissance, a typical slope in this area is qualitatively analyzed and applied using the principles of the stereographic projection, which is compared with the Slide software. The results show that the stereographic projection in geological hazard assessments has some feasibility. It can provide a reference for the engineering design.

**Key words:** geological disasters; risk assessment; landslide; stereographic projection

(责任编辑:乔翠平)

## 3 结 语

赤平投影可以直观地对边坡稳定性的状态做出评价,它和条分法理论计算以及 Slide 软件得出的结论一致,故赤平投影可以作为判别岩质边坡稳定性的方法.另外,从工程效率方面考虑,赤平投影只需较少的工程勘察量和工程耗费,因此,应当综合运用赤平投影和其他稳定性评价方法来评价斜坡的稳定性,从而最大程度地保证工程的安全.

## 参 考 文 献

- [1] 殷坤龙,张桂荣. 地质灾害风险区划与综合防治对策[J]. 安全与环境工程,2003,10(1):32-35.
- [2] 陈炳贵,方宏伟. 论赤平极射投影在山口岩水利工程中的应用[J]. 地球物理学进展,2008(2):631-635.
- [3] 孙玉科. 赤平极射投影在岩体工程地质力学中的应用[M]. 北京:科学出版社,1980.
- [4] 张梁,张业成,罗元华,等. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京:地质出版社,1998.