

宁波北仑蓝天船厂岩质边坡稳定性分析

金淑杰 安小锐 马 骏

(中船勘察设计研究院有限公司,上海 200063)

【摘要】 宁波北仑蓝天船厂的岩质边坡均为人工爆破山体后形成的,由于爆破后的岩质边坡没有经过人工处理,所以边坡具有倾角大、风化强、节理发育等特点,已经影响到厂区的安全生产,必须对岩质边坡进行稳定性分析。通过野外现场测绘,运用极射赤平投影法对边坡岩体结构面进行稳定性分析,并在此基础上给出岩质边坡的总体评价和处理意见。

【关键词】 岩质边坡;稳定性分析;极射赤平投影;结构面

【中图分类号】 P 583

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2012.01.11

Stability Analysis of Ningbo Beilun Nantian Shipyard Rock Slope

Jin Shujie An Xiaorui Ma Jun

(China shipbuilding industry institute of engineering investigation and design co.,ltd Shanghai 200063,China)

【Abstract】 The rock slope of Ningbo Beilun Nantian shipyard is formed by blasting the mountain. Without manual processing, the rock slope has the character of large angle, strong weathering and joint development, etc. It has already affected the plant's safety, so we need to make the stability analysis to the rock slope. By the wild-site measures, this article used the Stereographic Projection theories to make the stability analysis of the rock slope. Basea on this, it has given the whole evaluation of stability to the rock slope and treatment suggestions.

【Key words】 rock slope; stability analysis; stereographic projection; structural plane

0 引言

岩体中广泛存在着结构面,诸如裂纹、节理、夹层、断层等,这些都会对岩体的强度造成很大的影响^[1]。岩质边坡稳定性主要取决于结构面的性质及其空间的组合关系^[2]。在没有发明极射赤平投影前,都是通过计算法来求得结构面的几何参数进行边坡的稳定性分析,不仅它们的计算公式复杂,而且计算过程繁琐,很容易出错。如果采用极射赤平投影求解岩质边坡的稳定性,就可以简化这些几何参数的计算过程,一般情况下只需要现场测量出各个结构面的产状即可。本文采用极射赤平投影法^[3-5]对宁波北仑蓝天船厂岩质边坡进行稳定性分析。

1 工程概况及地质环境条件

1.1 工程概况

宁波北仑蓝天船厂位于宁波北仑白峰镇内神马岛上,属于丘陵地貌,船厂内自然边坡坡度一般 15~25°,坡顶残坡积土厚约 1.50 m,植被发育。由于厂区建设,对区内山体进行了不同程度的开挖,形成了多处人工边坡(见图 1),坡高 5~45 m,该区岩石

节理、裂隙较发育,现场存在较多塌落的碎石,最大直径超过 50 cm,且大部分人工边坡均未进行相应处理,已经严重影响船厂的安全生产。

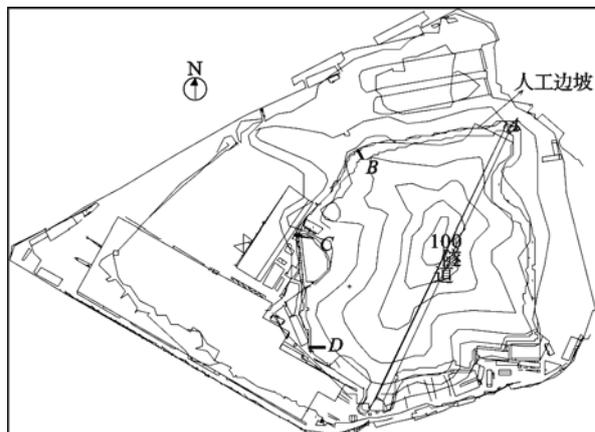


图 1 工程场地边坡示意图

1.2 地质环境条件

该船厂地处亚热带海洋季风性区,温暖湿润,雨量充沛,光照强,四季分明。冬季以晴冷、干燥天气为主;夏季是高温、强光照季节;春秋两季为过度时

期,冷暖变化大。厂区水域潮流性质是半日潮往复流,涨潮流向西北,落潮流向东南,最大流速发生在定海高潮前后3小时,最大流速3节。厂区附近海域属海积平原,陆域属丘陵地貌,后由于船厂建设,开山填海,形成现状地形,部分山体爆破后形成多处人工边坡,边坡岩性属于凝灰岩。由于光照强,雨量充足,岩石风化强,现场岩石破裂,裂隙中充填很多风化产物。

2 岩质边坡稳定性分析

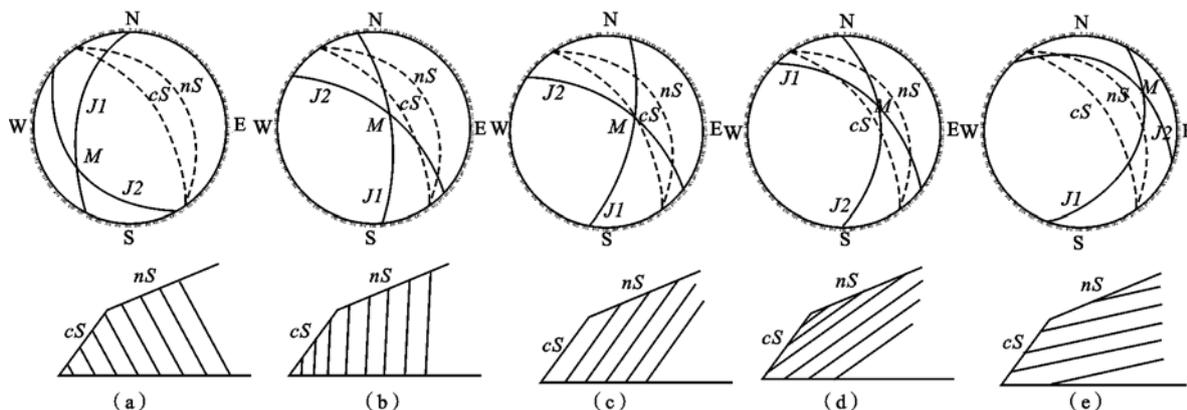


图2 双滑面结构的极射赤平投影

1)最稳定结构(见图2(a)):两结构面 J_1 和 J_2 的交点 M 位于开挖坡面 cS 投影大圆相对的半圆内,说明两结构的组合交线倾向于边坡内,属于最稳定结构。

2)稳定结构(见图2(b)):两结构面 J_1 和 J_2 的交点 M 位于开挖坡面 cS 投影大圆的内侧,说明两结构面的交线的倾角大于开挖坡面 cS 的倾角,边坡处于稳定状态。

3)基本稳定结构(见图2(c)):两结构面 J_1 和 J_2 的交点 M 位于开挖边坡面 cS 投影大圆上,说明两结构面的交线的倾角等于开挖坡面 cS 的倾角,两结构面的交线与开挖坡面 cS 平行,边坡处于基本稳定状态。

4)不稳定结构(见图2(d)):两结构面 J_1 和 J_2 的交点 M 位于开挖边坡面 cS 投影大圆与自然边坡 nS 投影大圆之间,也就是两结构面的组合交线的倾角比自然边坡 nS 的倾角大而小于开挖边坡面 cS 的倾角,如果组合的交线在自然边坡和开挖边坡上有出露时,就容易将边坡切割成楔形体而滑落,此时边坡属于不稳定边坡。

5)较不稳定结构(见图2(e)):如图两结构面 J_1 和 J_2 的交点 M 位于自然边坡 nS 的外侧,说明两结构面的组合交线的倾角小于自然边坡 nS 的倾角,在坡顶没有边坡走向切割面的情况下,边坡能处于

稳定状态,如果存在纵向切割面,则边坡易产生滑动。

2.1 双滑面边坡的稳定条件分析

两个结构面组合切割构成的双滑面边坡的稳定条件分析,一般有以下五种情况。(见图2)

稳定状态,如果存在纵向切割面,则边坡易产生滑动。

2.2 工程实例

根据船厂边坡分段示意图(见图1),将该边坡分为三段进行稳定性分析。

A—B段(见图3):该段位于厂区船坞南侧,边坡长约315m,坡高约10~44m,坡向约 350° ,坡角约 73° ,属岩质人工边坡。后沿自然边坡坡向约 350° ,坡角约 25° 。边坡坡顶残坡积土厚约1.50m,植被发育,坡面岩石节理、裂隙发育,局部裂隙在雨季出现渗水现象,现场存在较多塌落的碎石。该段边坡主要发育的节理见表1。



图3 A—B段边坡

表1 A-B段主要发育的节理

| 节理 | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 | J_6 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 倾向 | 268° | 321° | 214° | 63° | 65° | 11° |
| 倾角 | 76° | 54° | 77° | 73° | 28° | 43° |

其中节理密度最大约为13条/m,延伸3~10m。对该边坡的节理面进行极射赤平投影(见图4)。

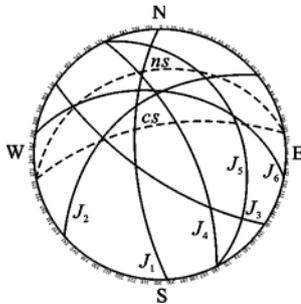


图4 A-B段边坡赤平投影

从图中可以看出: J_1 和 J_2 、 J_1 和 J_4 、 J_1 和 J_6 、 J_2 和 J_3 、 J_2 和 J_4 、 J_2 和 J_5 、 J_2 和 J_6 、 J_4 和 J_6 、 J_5 和 J_6 的投影大圆的交点均在位于开挖边坡面 cS 的投影大圆与自然边坡面 nS 的投影大圆之间,也就是以上两两结构面的组合交线的倾角比开挖边坡面的倾角缓,而比自然边坡面的倾角陡,为较不稳定结构。 J_3 和 J_6 、 J_1 和 J_5 的投影大圆的交点位于自然边坡面的投影大圆 nS 的外侧,属较不稳定结构。此外, J_1 和 J_3 、 J_3 和 J_4 的投影大圆的交点位于开挖坡面 cS 投影大圆的内侧,说明两结构面的交线的倾角大于开挖坡面 cS 的倾角,边坡处于稳定状态。因此,综合评定该人工边坡的稳定性很差。

B-C段(见图5):该段位于厂区南侧400t龙门吊西南侧至涂装车间北角,边坡长约165m,坡高约13~40m,坡向约300°,坡角约70°,属岩质人工边坡。后沿自然边坡坡向约300°,坡角约25°。坡顶残坡积土厚约1.00~2.00m,植被发育,坡面岩石节理、裂隙发育,岩石风化较强烈,局部裂隙在雨季出现渗水现象。该段边坡主要发育的节理见表2。

表2 B-C段主要发育的节理

| 节理 | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 倾向 | 318° | 57° | 173° | 104° | 5° |
| 倾角 | 47° | 71° | 50° | 77° | 67° |

对该边坡的节理面进行极射赤平投影(见图6)。

根据极射赤平投影图可知: J_1 和 J_2 、 J_1 和 J_3 、 J_1 和 J_5 的投影大圆的交点均位于开挖边坡面 cS



图5 B-C段边坡

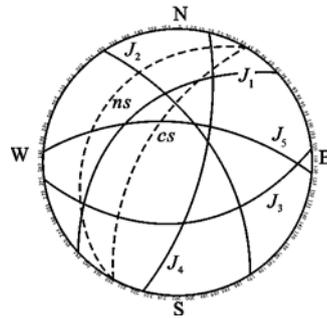


图6 B-C段边坡赤平投影

的投影大圆与自然边坡面 nS 的投影大圆之间,两结构面组合交线的倾角比开挖边坡面的倾角缓,而比自然边坡面的倾角陡,为不稳定结构。 J_2 和 J_5 、 J_1 和 J_4 的大圆投影的交点位于开挖坡面 cS 投影大圆的内侧,说明两结构面的交线的倾角大于开挖坡面 cS 的倾角,边坡处于稳定状态。 J_2 和 J_3 、 J_2 和 J_4 、 J_3 和 J_4 、 J_3 和 J_5 、 J_4 和 J_5 的投影大圆的交点位于位于开挖坡面 cS 投影大圆相对的半圆内,说明两结构的组合交线倾向于边坡内,属于最稳定结构。因此,评定该人工边坡的稳定性一般。

C-D段(见图7):该段位于进口处的联合厂房东侧,长约75m,整体坡高约25.0~30.0m,坡向约210°,坡角约75°,坡顶残积土厚度约0.50~1.50m,植被覆盖,自然边坡坡角约20°。原从D点坡角至C点坡顶修筑有一条上山石砌道路,宽约4.50m,路底靠坡脚一侧为浆砌块石的挡墙。后由于路上侧边坡岩体发生崩塌,大块崩塌的岩体将部分路面压塌,崩塌体约100m³。该段边坡主要发育的节理见表3。

表3 C-D段主要发育的节理

| 节理 | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 倾向 | 357° | 358° | 251° | 176° | 102° |
| 倾角 | 88° | 54° | 30° | 54° | 66° |

对该边坡的节理面进行极射赤平投影(见图8)。



图7 C-D段边坡

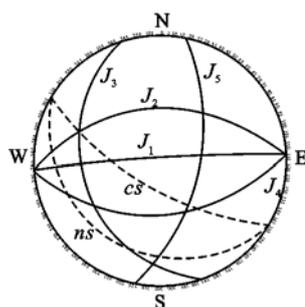


图8 C-D段边坡赤平投影

根据边坡极射赤平投影图可知: J_1 和 J_3 、 J_2 和 J_3 、 J_3 和 J_4 、 J_4 和 J_5 的投影大圆的交点均位于开挖边坡面 cS 的投影大圆与自然边坡面 nS 的投影大圆之间, 两结构面组合交线的倾角小于开挖坡面的倾角, 而大于自然边坡坡面的倾角, 为不稳定结构。 J_3 和 J_5 组合交点位于自然边坡面 nS 的投影大圆之外, 说明组合交线的倾角小于自然边坡坡面的倾角, 为较不稳定结构。 J_2 和 J_5 组合交点位于开挖边坡面 cS 投影大圆相对的半圆内, 说明两结构的组合交线倾向于边坡内, 属于最稳定结构。根据现场实际情况及上述分析, 该段边坡不稳定, 局部 J_1 结构面发生倒倾, 裂隙张开, 最宽处约 2.0 m, 随时可能坍塌。

2.3 总体评价及治理措施

综合上述分析, 区内人工边坡虽多存在不稳定结构面, 但不会发生整体性的大规模滑动。由于节理、裂隙发育, 边坡岩体较破碎, 破碎岩体在重力作用下发生塌落的现象较普遍, 若厂区恢复生产, 需

对上述边坡进行必要的处理。

1) 锚杆支护: 针对 A-B 段边坡利用锚杆支护, 该段边坡岩体局部发生倒倾, 面积较大, 可采用锚杆进行拉结, 由于该段上部岩体较破碎, 因此采用锚杆加固后仍需进行喷浆护面, 本段边坡较高, 在条件允许的情况下, 应该设置马道。

2) 锚喷护面: 针对 B-C 段边坡应利用锚喷护面, 该段边坡的稳定性一般, 大部分节理面处于稳定状态, 少部分节理面切割边坡形成楔形体, 造成碎石滑落, 因此可采用锚喷护面, 在锚喷之前应该将边坡上的碎石清理干净。

3) 坡率法(削坡): 主要针对 C-D 段边坡, 该段边坡稳定性很差, 部分坡体岩石已经坍塌, 现位于山路上侧的坡体坡面较陡, 局部由于竖向节理张开后发生倒倾, 应对山体进行削坡后再锚喷处理。

3 结论

通过宁波北仑蓝天船厂岩质边坡的稳定性分析可知, 极射赤平投影法既可以确定边坡面和结构面的空间组合关系, 也可以确定边坡上楔形体的空间位置和分布, 可以直观地做出边坡稳定性状态评价, 已成为边坡工程中的一个重要立体图解分析方法, 具有广泛的工程应用价值。

参 考 文 献

- [1] 张 飞, 池秀文. 岩质边坡稳定性分析的探讨[J]. 岩土力学, 2003(24): 307-309.
- [2] 吴绍强. 极射赤平投影在岩质边坡稳定性分析中的应用[J]. 西部探矿工程, 2009(10): 117-121.
- [3] 孙树珩. 大连新林巷边坡稳定性分析及治理[J]. 岩土工程技术, 2011, 25(3): 154-157.
- [4] 何满潮, 苏永华, 景海河. 块体岩体的稳定可靠性分析模型及其应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(3): 343-348.
- [5] 杨时业, 候克鹏, 杨会明. 基于结构面的岩质边坡稳定性分析[J]. 有色金属, 2011, 63(4): 49-52.
- [6] 孙玉科, 古 迅. 赤平极射投影在岩体工程地质力学中的运用[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 63-66.

收稿日期: 2011-12-26