

高边坡设计与加固问题讨论

宁智¹, 张琦², 薛卫疆³, 秦键², 王文武², 邢岩², 陈福恩², 荆友广²

(1. 辽宁矿产勘查院朝阳分院, 辽宁 朝阳 122000;

2. 辽宁省化工地质勘查院, 辽宁 锦州 121000; 3 辽宁省国土资源厅, 辽宁 沈阳 110032)

摘要: 在高边坡调查、勘探和稳定性评价中, 应认识高边坡变形的类型、性质、机制、范围和规模, 划分出稳定、基本稳定、稳定性差和不稳定级别。在高边坡设计施工中应按一定的设计思想、技术路线、基本原则和方法指导高边坡的设计施工。高边坡加固工程目前广泛采用预应力锚索框架(地梁、墩)、预应力锚索桩、普通抗滑桩和挡土墙等, 应根据实际条件选用。高边坡设计尚无规范可循。如何正确认识高边坡的特性, 合理地进行勘察、评价、设计和加固, 作者提出了自己的意见和建议, 与同行专家讨论。

关键词: 高边坡; 勘察; 设计; 加固

一般认为高度大于30m的岩质边坡为高边坡, 土质边坡大于20m即为高边坡。高边坡的稳定性问题在铁路、公路、矿山和水利建设中早已存在, 国内外有许多人进行过研究。但是, 由于高边坡是将地质体的一部分改造成为人为工程, 因此其稳定性受控于边坡所在岩土体的基本特性——地层岩性、地质构造、岩体结构、坡体结构及水文地质条件等, 以及人为改造的程度——开挖高度、坡形和坡率。由于地质体的复杂性、多变性和不均质性, 高边坡设计也十分复杂, 至今还作为一种特殊设计而无章可循。如何正确认识和设计稳定的高边坡及合理选择高边坡加固工程方法, 已引起政府主管部门和技术人员的重视。

1 高边坡设计的特殊性

高边坡设计从调查、勘探、设计到施工是一个环环相扣的系统工程, 哪一环出现问题都可能造成边坡失稳变形。

(1) 详细的地质资料是设计的前提。边坡稳定性受控于地质条件和人为改造的程度, 设计的边坡只有符合岩土体的地层岩性、结构、构造、风化程度及强度特征时才能保持稳定, 否则就会发生变形。

(2) 高边坡设计是预测性设计。由于线长、点多, 前期地质调查和勘探中对高边坡重视不够, 而且变形尚未发生, 因此其设计是在对开挖后可能产生的变形类型、规模、部位的预测中设计的资料充实, 预测准确者取得成功, 否则会造成失败。

(3) 高边坡设计是风险性设计。地质资料的不足使设计依据不充分, 存在某种盲目性。地质条件的复杂多变难以勘察清楚也使设计具有风险性, 人工边坡改变了坡体的应力状态, 开挖后坡体松弛变形、地表水下渗是必然要发生的, 如何控制在允许的范围内以及对自然认识存在差距, 均使设计具有较大风险性。

(4) 高边坡设计应该是动态的。由于种种条件的限制, 开挖前对边坡的地质情况难以了解清楚, 设计也难以完全符合实

际。因此要把地质工作延伸到施工过程中, 随着开挖暴露, 进一步了解地质条件的变化, 进行设计的调整或变更, 即所谓“动态设计、信息化施工”。

(5) 高边坡设计对施工程序和方法应提出严格要求。高边坡变形破坏, 既有设计上的原因, 也有施工程序和方法不当的原因。如雨季施工大量雨水渗入坡体软化软弱面; 不分层开挖、逐级支挡防护, 而一挖到底造成边坡变形, 大量药爆破造成岩体破碎、软弱面松动, 甚至滑坡等。因此在设计文件中对施工程序和方法应提出严格的要求。

2 高边坡的调查、勘探和稳定性评价

2.1 高边坡的变形类型

按变形性质和机制分为以下几种类型(图1)。

(a) 坍塌: 多是边坡的局部坍塌, 但也有从局部开始发展为

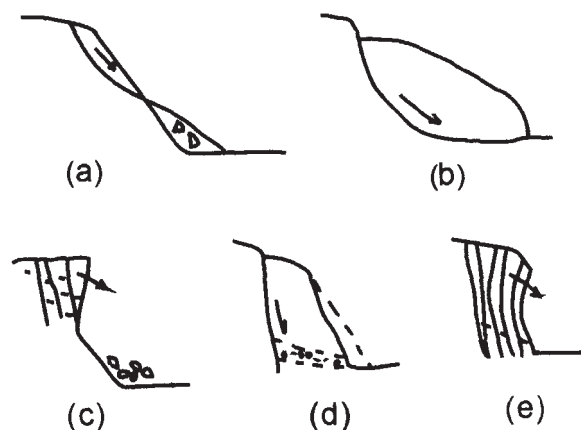


图1 边坡变形类型

Fig. 1 Types of slope deformation

整个边坡的大型坍塌,条件适宜时还可发展为滑坡。

(b) 滑坡:依滑体物质可分为土质滑坡和岩质滑坡,依滑面不同可分为顺层滑坡和切层滑坡等。

(c) 崩塌:依其发生机制可分为沿“V”节理面崩塌、滑动崩塌、倾倒崩塌等,在边坡上多是局部变形。

(d) 错落:是引起坡体以垂直下错为主的变形现象。

(e) 倾倒:向开挖面倾倒的现象。它可以转化为崩塌或滑坡。按变形范围和规模划分有坡面变形、边坡变形、坡体变形。

2.2 高边坡的调查与勘探

调查勘探是高边坡设计的依据,包括:(1)收集边坡所在地段的地层岩性、地质构造、降雨、地震及线路平、纵、横断面的设计资料等。(2)边坡所在山坡的走向、坡向、坡高,各分段的坡形、坡率、坡高;有无剥蚀平台;植被状况;河流、沟谷发育程度、分布密度、切割深度、走向、沟形、沟岸稳定状况;自然山坡上有无变形现象,其类型、规模和产生的部位。(3)线路在边坡上的位置、走向,欲开挖边坡的高度和形式。(4)当地同类地层中已有有人工边坡的形式和稳定状况。(5)山坡和边坡上地下水出露

位置、高程、流量变化。(6)边坡地段的地层、岩性、产状、风化程度、强度特征,不同地层在边坡上的分布位置,有无软弱夹层或接触面,其产状及其与边坡开挖面的关系。(7)地质构造(主要是小构造)的分布位置、产状、发育程度、延伸长度、充填物、含水状况及其与开挖面的关系。(8)坡体结构类型,分类均质体结构、近水平层状结构、顺倾层状结构、反倾层状结构、碎裂状结构和块状结构。(9)边坡施工方法,包括施工季节、开挖顺序和开挖方式(如爆破等)。(10)边坡变形历史过程,变形类型,发生时间、部位、裂缝分布、发展过程,及其与施工和降雨等的关系。(11)对地面调查尚不能查清的内容应布置必要的勘探(钻探、物探、坑槽探等综合手段)、监测和试验(岩、土、水试验)。一般一段边坡至少布置一个控制性剖面,主要了解地层界面、风化界面、软弱夹层及地下水分布情况。

2.3 边坡的稳定性评价

边坡的稳定性一般划分为稳定、基本稳定、稳定性差和不稳定(表 1)。

人们早已熟悉用力学平衡计算法评价边坡的稳定性,它可

表 1 边坡稳定性分级
Table 1 Stability grades of slope

稳定性分类	边坡稳定性分级	边坡稳定系数
稳定	边坡的坡形坡率符合岩土体的强度条件,无倾向临空面的不利结构面,无或少有地下水,整体或局部稳定系数均符合要求	> 1.2
基本稳定	边坡的坡形坡率符合岩土体强度条件,无倾向临空面的不利结构面,少有地下水,整体和局部均稳定,但坡面有冲沟、剥落、落石等	$1.1 \sim 1.2$
稳定性差	边坡整体稳定,但局部坡陡于岩石稳定角,或受地下水影响岩土强度降低,或有不利结构面倾向临空,有局部坍、滑动变形	$1.0 \sim 1.1$
不稳定	边坡坡形坡率不符合岩土强度条件,或在古老滑体上开挖、堆载引起古老滑坡复活,或有发育的不利结构面倾向临空面,岩体破碎,地下水发育,开挖后会产生整体失稳	< 1.0

以求得稳定系数的定量数据,而且可算出需要加固工程承受力的大小^[1]。但是对于复杂的高边坡稳定性计算,由于计算的边界条件(范围)和破坏面岩土参数难以准确判定、试验和选取,使计算结果的可信度降低。作者认为应以工程地质分析对比法为基础辅以力学计算两者结合较为合理,前者为后者提供变形类型、范围和边界条件,后者则可得出稳定系数和作用力大小,为设计提供依据。

工程地质分析对比法包括:(1)从自然极限稳定坡的坡形坡率坡高与人工边坡的平均坡率和坡高对比中评价其稳定性;(2)从自然山坡已发生的变形类型和规模推断人工边坡可能发生的变形类型和规模;(3)从坡体结构分析人工边坡可能变形类型及部位(整体或局部);(4)从作用因素及其变化幅度分析,主要是开挖引起坡体松弛,地表水下渗,岩土(特别是软弱带)强度降低分析可能发生的变形类型及规模;(5)从已发生的变形分析其发生机制并反演出破坏时的岩土强度参数。

力学计算法有多种,只有选择与调查确定的破坏类型及模式相一致的计算方法才能得出正确的结果。其破坏范围主要是松弛范围,除顺层滑坡外,可用有限元计算开挖后边坡的应力场

和位移场来确定。

3 高边坡设计的设计思想、技术路线、基本原则和方法

3.1 设计思想与技术路线

高边坡设计应严格遵循调查、勘探、设计和施工紧密结合的原则,施工中的新参数、新特征及时反馈给设计部门,再以新设计指导施工进度,同时不断比拟近似工程,信息反馈分析的设计思想。

高边坡设计的技术路线依照主体工程的施工地段勘探调查,邻近高边坡工程比拟,高边坡设计。高边坡开挖施工,现场岩层、小构造、地下水、风化强度、岩土力学参数、爆破效果等信息反馈,设计施工的修正。

3.2 设计的基本原则

(1)高边坡根据其使用年限和保护对象的重要性,应是安全可靠的。

(2)高度 40m 以下的边坡原则上以放稳定坡率为主;大于 40 m 的边坡,放缓边坡可能增加大量弃方,破坏大量植被,增大征地量,于环保不利,应采取适当增大坡率,加强支挡加固工程。

(3) 由于坡脚应力和地下水集中, 加固工程应贯彻“固脚强腰”的原则, “固脚”即加强坡脚 1、2 或 3 级边坡的支撑力, “强腰”则是防止高边坡的局部失稳^[2]。既要保整体稳定, 也要保局部稳定。

3.3 高边坡的设计方法

高边坡设计目前尚无统一的方法, 一般采用 3 种方法相结合^[1]。

(1) 工程地质比拟法: 从自然稳定坡的调查中寻找可供比拟的坡形、坡率和坡高。

(2) 力学计算法: 选择符合坡体结构和破坏模式的计算方法对设计的坡形进行稳定性计算, 调整坡形或增加支挡工程以达到合理的设计。既保整体稳定, 又保局部稳定。

(3) 经验对比法: 以类似地质条件下稳定的人工边坡作参考设计新的边坡。

4 高边坡工程加固方案的探讨

加固工程目前广泛采用的有修筑拦挡建筑物、预应力锚索框架(地梁、墩)、预应力锚索桩、普通抗滑桩和挡土墙等, 应根据实际条件选用^[2]。

(1) 修筑拦挡建筑物

拦挡建筑物主要有落石平台、落石槽、拦堤或拦石墙等, 遮挡建筑物形式有明洞、棚洞等。

(2) 支撑、坡面防护支撑与坡面防护

支撑是指对悬于上方、以拉断坠落的急臂状或拱桥状等危岩采用墩、柱、墙或其组合形式支撑加固, 以达到治理目的。对危险岩块体连片分布, 并存在软弱夹层或软弱结构面的危岩区, 首先清除部分松动块体, 修建条石护壁支撑保护。

(3) 锚固

板状、柱状和倒锥状危高边坡易发生崩塌错落, 利用预应力锚杆或锚索可对其进行加固处理, 防止崩塌的发生。锚固措施可使临空面附近的岩体裂缝宽度减小, 提高岩体的完整性。本

方法适用于危岩体上部的加固。

(4) 灌浆加固

灌浆加固可增加岩石完整性和岩石强度。经验表明, 水泥灌浆加固可使岩体抗拉强度提高 0.1 MPa, 相当于安全系数提高 50% 以上, 在施工顺序上一般先进行锚固, 再逐段灌浆加固。

(5) 疏干岸坡与排水防渗

通过修建地表排水系统, 将降雨产生的径流拦截汇集, 利用排水沟排出坡外。对于坡体中的地下水, 可利用排水孔将地下水排出, 从而减小孔隙水压力、减低地下水对岩体的软化。

(6) 软基加固

对于高边坡危岩体下裸露的泥岩基座, 在一定范围内喷浆护壁可防止进一步风化, 同时增加软基的强度, 若软基已形成风化槽, 应依其深浅采用嵌补或支撑方式进行加固。

(7) 抗滑桩

抗滑桩是以桩作为抵抗坡体滑动的工程, 是在滑体和滑床间打入若干大尺寸锚固桩并使两者成为一体, 从而起到抗滑作用, 所以又称锚固桩。材料有木桩、钢板桩、钢筋混凝土桩等。

(8) SNS 技术

一种全新的 SNS 柔性拦石网防护技术, 是利用钢绳网作为主要构成部分来防护高边坡危岩危害的柔性安全网防护系统, 其柔性和高强度更能适应于抗击集中荷载和高冲击荷载。对于坡度较陡的高能量崩塌落石, SNS 钢绳网系统是一种理想的防护方法。

参考文献:

- [1] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [2] 林宗元. 岩土工程勘察设计手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1996.
- [3] 任致远. 地质灾害防治条例实施手册[M]. 合肥: 安徽文化音像出版社, 2004.

DISCUSSION ON THE DESIGN AND REINFORCEMENT OF HIGH SLOPE

NING Zhi¹, ZHANG Qi², XUE Wei-jiang³, QIN Jian², WANG Wen-wu², XING Yan², CHEN Fu-en², JING You-guang²

(1. Chaoyang Branch, Liaoning Institute of Mineral Survey, Chaoyang 122000, China;

2. Liaoning Institute of Chemical Geological Survey, Jinzhou 121000, China; 3. Liaoning Bureau of Land and Resource, Shenyang 110032, China)

Abstract: The survey and stability evaluation for high slopes should be concerned about the types, properties, mechanism, scope and scales of slope deformations. The stability grades of high slope may be divided into stable, basically stable, less stable and unstable states. The design and construction of high slopes should be guided by certain designing thought, technique routine, basic principle and methods. The high slopes at present are reinforced with frames, beams, slippery stakes and block walls according to actual conditions. So far, there is not any norm in the design of high slope to follow. The authors put forward some suggestions about the survey, evaluation and design for high slopes.

Key words: high slope; survey; design; reinforcement

(下转第 226 页)

A REVIEW ON MANTLE PLUME AND ITS ORE-FORMING PROCESS

BI Jin-long

(*China University of geosciences, Wuhan 430074, China*)

Abstract: The application of mantle plume theory in mineralization connects the research on ore matter source to the evolution of the earth. The research has no longer simply distinguished crust source or mantle source. In this paper, the characteristics, ore-forming mechanism and ore-forming system of mantle plume, as well as its control to mineralization, are introduced.

Key words: mantle plume; ore-forming mechanism; controlling; ore-forming system

作者简介: 毕金龙(1980—), 男, 湖北襄阳人, 2003 年 6 月毕业于中国地质大学资源勘查工程专业, 现为中国地质大学(武汉)矿床学专业硕士研究生, 通讯地址 湖北武汉 中国地质大学硕 200301 班, 邮政编码 430074.

(上接第 196 页)

COPPER AND GOLD MINERALIZATION AND PROSPECTING IN THE DUOBAOSHAN-KUANHE METALLOGENIC BELT, HEILONGJING PROVINCE

YANG Ji-quan¹, KONG Han-qian², HU Jian-wen¹

(1. *Qiqihar Institute of Mineral Resources Exploration and Development, Qiqihar 161006, China;*

2. *Heilongjiang Institute of Regional Geological Survey, Harbin 150080, China*)

Abstract: The Duobaoshan-Kuanhe metallogenic belt is abundant in copper and gold resources. In early Ordovician, the structural framework was formed with four uplifts and four depressions, which were developed as NE-trending deep fault belts and NW-trending splitting belts and controlled the stratigraphy, magmatism and distribution of minerals in the area. By study on the metallogenic conditions and regularities of the copper and gold deposits, with analysis on the geological background, geophysical and geochemical anomalies and characteristics of the typical deposits within the belt, nine significant targets are located.

Key word: Duobaoshan-Kuanhe; four uplifts and four depressions; NE-trending deep fault belt; NW-trending splitting belt

作者简介: 杨继权(1959—), 男, 高级工程师, 1982 年毕业于阜新矿业学院地质系, 多年来一直从事固体矿产勘查工作, 通讯地址黑龙江省齐齐哈尔市中华西路 53 号 齐齐哈尔矿产开发勘查总院, 邮政编码 161006.

(上接第 218 页)

作者简介: 宁智(1962—), 男, 辽宁铁岭人, 工程师, 1983 年毕业于辽宁省地矿局职工大学地质找矿专业, 主要从事地质矿产勘查及地质灾害调查工作, 通讯地址 朝阳市长江路 4 段 29 号 辽宁省地质矿产调查院朝阳分院, 邮政编码 122000.