



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108268978 A

(43)申请公布日 2018.07.10

(21)申请号 201810076959.1

(22)申请日 2018.01.26

(71)申请人 辽宁工程技术大学

地址 123000 辽宁省阜新市细河区中华路
47号

(72)发明人 韩禄 白润才 刘文坊

(74)专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109

代理人 马海芳

(51) Int. Cl.

G06Q 10/04(2012.01)

G06Q 10/06(2012.01)

G06Q 50/02(2012.01)

权利要求书2页 说明书4页

(54)发明名称

一种露天矿端帮边坡形态的优化方法

(57)摘要

一种露天矿端帮边坡形态的优化方法,属于露天开采领域。该方法包括:结合露天矿端帮边坡的具体情况,定性分析稳定性影响因素及潜在滑坡模式;对露天矿端帮边坡岩土体进行力学实验,得到其物理力学指标;确定露天矿端帮边坡的安全储备系数K;将露头矿端帮边坡划分为n个阶段;调整各阶段平盘宽度,当稳定性系数 F_s 满足 $|F_s - K| \leq 0.01$,完成各阶段边坡形态优化;结合强度折减理论算法,运用FLAC^{3D}有限差分数值模拟软件对以上得到的最优边坡形态方案进行模拟检验,进一步验证最优边坡形态的可行性。该方法确保了最大程度地回收端帮下压煤,为边坡形态的设计提供了依据,同时也为露天矿创造了大量的经济效益。

1. 一种露天矿端帮边坡形态的优化方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,结合露天矿端帮边坡的具体情况,定性分析露天矿端帮边坡稳定性影响因素及露天矿端帮边坡潜在滑坡模式;

步骤2,对露天矿端帮边坡岩土体进行力学实验,得到露天矿端帮边坡岩土体物理力学指标;

步骤3,确定露天矿端帮边坡的安全储备系数K;

步骤4,调整露天矿端帮边坡各阶段平盘宽度,对露天矿端帮边坡形态进行分阶段优化,其具体优化方法为:

(1) 分阶段,具体为:

将露头矿端帮边坡划分为n个阶段;

所述的n根据露天矿端帮边坡岩土体中存在的多个炭质泥岩弱层确定,从边坡坡顶开始,依次为1弱层,2弱层,……n弱层;

从边坡坡顶值1弱层为第1阶段,1弱层至2弱层为第2阶段,以此类推,n-1弱层至n弱层为第n阶段;

(2) 对各阶段平盘宽度进行调整:

调整第1阶段平盘宽度,计算边坡坡顶至1弱层的稳定性系数 F_s ,当稳定性系数 F_s 满足 $|F_s - K| \leq 0.01$,此平盘宽度即为第1阶段优化后边坡形态;

调整第2阶段平盘宽度,计算边坡坡顶至2弱层的稳定性系数 F_s ,当稳定性系数 F_s 满足 $|F_s - K| \leq 0.01$,此平盘宽度即为第2阶段优化后边坡形态;

依次类推,……调整第n阶段平盘宽度,计算边坡坡顶至n弱层的稳定性系数 F_s ,当稳定性系数 F_s 满足 $|F_s - K| \leq 0.01$,此平盘宽度即为第n阶段优化后边坡形态;

(3) 根据依次确定的n个阶段的平盘宽度,确定出最终端帮边坡开采角度,完成露头矿端帮边坡形态的优化设计,得到最优边坡形态;

步骤5,结合强度折减理论算法,运用FLAC^{3D}有限差分数值模拟软件对以上得到的最优边坡形态方案进行模拟检验,进一步验证最优边坡形态的可行性。

2. 如权利要求1所述的露天矿端帮边坡形态的优化方法,其特征在于,所述的步骤1中,所述的露天矿端帮边坡稳定性影响因素具体为:岩土体性质、构造应力、边坡形态、爆破、降水、冻结和融化。

3. 如权利要求1所述的露天矿端帮边坡形态的优化方法,其特征在于,所述的步骤1中,所述的露天矿端帮边坡潜在滑坡模式主要为:平面滑动、圆弧滑动、楔形滑动或组合滑动。

4. 如权利要求1所述的露天矿端帮边坡形态的优化方法,其特征在于,所述的步骤2中,所述的露天矿端帮边坡岩土体为砂岩、煤和多个炭质泥岩弱层。

5. 如权利要求1所述的露天矿端帮边坡形态的优化方法,其特征在于,所述的步骤2中,所述的露天矿端帮边坡岩土体物理力学指标具体为容量、抗剪强度、弹性模量、黏聚力、内摩擦角和泊松比。

6. 如权利要求1所述的露天矿端帮边坡形态的优化方法,其特征在于,所述的步骤3中,所述的安全储备系数根据具体露天矿端帮边坡的服务年限、重要程度、各构成部分物理力学指标的掌握程度和滑坡潜在危害因素确定。

7. 如权利要求1所述的露天矿端帮边坡形态的优化方法,其特征在于,所述的步骤4(2)

中,所述的稳定性系数 F_s 的计算方法为:

首先假设了岩体滑裂面是两个圆柱面,并且假设了作用力在划分的不同条带间的方向为水平方向,之后,通过垂直方向力的平衡求解条底反力,并依据对某一相同点的力矩平衡计算出稳定性系数 F_s ;

Bishop法的根本假设,是将滑面认定成圆弧面,将稳定性系数描述成对滑面旋转中心的抗滑力矩与下滑力矩的比值,同时假设划分的不同条带所受的力都处于平衡状态;

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n [c' l_i + (W_i \cos \alpha_i - \mu_i l_i) \tan \varphi']}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

式中, F_s 为稳定性系数, i 为第 i 条带; n 为条带总个数; c' 为黏聚力; l_i 为第 i 条滑面的长度; W_1 为第1条带的重力, W_i 为第 i 条带的重力; α_i 为第 i 条带滑面倾角; μ_i 为作用在滑面上的单位面积的孔隙水压力; φ' 为内摩擦角。

8.如权利要求7所述的露天矿端帮边坡形态的优化方法,其特征在于,所述的步骤4(2)中,所述的稳定性系数 F_s 的计算方法中,所涉及的作用力有:作用在滑面上的有效法向力 N_i' 、作用在滑面上的全法向力 N_i 、滑面上的极限抗滑力 R_i ;条带间的剪切作用力 E_i 和 E_{i+1} 。

一种露天矿端帮边坡形态的优化方法

技术领域

[0001] 本发明属于露天开采领域,特别涉及一种露天矿端帮边坡形态的优化方法。

背景技术

[0002] 大型露天煤矿的端帮为保证露天矿边坡的长期稳定,在边坡设计时,端帮边坡角度的取值过于保守,导致露天矿端帮边坡地表境界与底部境界错落面下压覆大量煤炭资源,对露天煤矿的经济效益有着不利的影响。因此,如何设计合理的端帮边坡形态,回采端帮下压煤是露天采矿领域研究的一大重点。

[0003] 目前大多数露天煤矿实行内排压帮工艺,很大程度上缩短了端帮的暴露长度与暴露时间,使得端帮加陡具备可行性,即端帮边坡形态可以进行优化。现有技术进行端帮边坡形态优化时大多根据经验及边坡形态现状进行小角度加陡或局部加陡,虽然此方法可行,具有一定的安全性,但是没能兼顾到经济效益最大化。因此迫切需要提出一种对露天矿端帮边坡形态进行分阶段优化的方法,保障露天矿安全生产的同时又能创造最大的经济效益。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明提出了一种露天矿端帮边坡形态的优化方法。该方法确保了最大程度地回收端帮下压煤,为边坡形态的设计提供了依据,同时也为露天矿创造了大量的经济效益。

[0005] 本发明的一种露天矿端帮边坡形态的优化方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤1,结合露天矿端帮边坡的具体情况,定性分析露天矿端帮边坡稳定性影响因素及露天矿端帮边坡潜在滑坡模式;

[0007] 步骤2,对露天矿端帮边坡岩土体进行力学实验,得到露天矿端帮边坡岩土体物理力学指标;

[0008] 步骤3,确定露天矿端帮边坡的安全储备系数 K ;

[0009] 步骤4,调整露天矿端帮边坡各阶段平盘宽度,对露天矿端帮边坡形态进行分阶段优化,其具体优化方法为:

[0010] (1)分阶段,具体为:

[0011] 将露头矿端帮边坡划分为 n 个阶段;

[0012] 所述的 n 根据露天矿端帮边坡岩土体中存在的多个炭质泥岩弱层确定,从边坡坡顶开始,依次为1弱层,2弱层,…… n 弱层;

[0013] 从边坡坡顶值1弱层为第1阶段,1弱层至2弱层为第2阶段,以此类推, $n-1$ 弱层至 n 弱层为第 n 阶段;

[0014] (2)对各阶段平盘宽度进行调整:

[0015] 调整第1阶段平盘宽度,计算边坡坡顶至1弱层的稳定性系数 F_s ,当稳定性系数 F_s 满足 $|F_s-K| \leq 0.01$,此平盘宽度即为第1阶段优化后边坡形态;

[0016] 调整第2阶段平盘宽度,计算边坡坡顶至2弱层的稳定性系数 F_s ,当稳定性系数 F_s 满足 $|F_s-K| \leq 0.01$,此平盘宽度即为第2阶段优化后边坡形态;

[0017] 依次类推,……调整第n阶段平盘宽度,计算边坡坡顶至n弱层的稳定性系数 F_s ,当稳定性系数 F_s 满足 $|F_s-K| \leq 0.01$,此平盘宽度即为第n阶段优化后边坡形态;

[0018] (3) 根据依次确定的n个阶段的平盘宽度,确定出最终端帮边坡开采角度,完成露头矿端帮边坡形态的优化设计,得到最优边坡形态;

[0019] 步骤5,结合强度折减理论算法,运用FLAC^{3D}有限差分数值模拟软件对以上得到的最优边坡形态方案进行模拟检验,进一步验证最优边坡形态的可行性。

[0020] 所述的步骤1中,所述的露天矿端帮边坡稳定性影响因素具体为:岩土体性质、构造应力、边坡形态、爆破、降水、冻结和融化。

[0021] 所述的步骤1中,所述的露天矿端帮边坡潜在滑坡模式主要为:平面滑动、圆弧滑动、楔形滑动或组合滑动。

[0022] 所述的步骤2中,所述的露天矿端帮边坡岩土体为砂岩、煤和多个炭质泥岩弱层。

[0023] 所述的步骤2中,所述的露天矿端帮边坡岩土体物理力学指标具体为容量、抗剪强度、弹性模量、黏聚力、内摩擦角和泊松比;

[0024] 所述的步骤3中,所述的安全储备系数根据具体露天矿端帮边坡的服务年限、重要程度、各构成部分物理力学指标的掌握程度和滑坡潜在危害因素确定。

[0025] 所述的步骤4(2)中,所述的稳定性系数 F_s 的计算方法为:

[0026] 首先假设了岩体滑裂面是两个圆柱面,并且假设了作用力在划分的不同条带间的方向为水平方向,之后,通过垂直方向力的平衡求解条底反力,并依据对某一相同点的力矩平衡计算出稳定性系数 F_s 。

[0027] Bishop法的根本假设,是将滑面认定成圆弧面,将稳定性系数描述成对滑面旋转中心的抗滑力矩与下滑力矩的比值,同时假设划分的不同条带所受的力都处于平衡状态;

$$[0028] \quad F_s = \frac{\sum_{i=1}^n [c' l_i + (W_i \cos \alpha_i - \mu_i l_i) \tan \phi']}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

[0029] 式中, F_s 为稳定性系数, i 为第 i 条带; n 为条带总个数; c' 为黏聚力; l_i 为第 i 条滑面的长度; W_1 为第1条带的重力, W_i 为第 i 条带的重力; α_i 为第 i 条带滑面倾角; μ_i 为作用在滑面上的单位面积的孔隙水压力; ϕ' 为内摩擦角;

[0030] 所述的步骤4(2)中,所述的稳定性系数 F_s 的计算方法中,所涉及的作用力有:作用在滑面上的有效法向力 N_i' 、作用在滑面上的全法向力 N_i 、滑面上的极限抗滑力 R_i ;条带间的剪切作用力 E_i 和 E_{i+1} 。

[0031] 所述的步骤4中,所述的分阶段优化,要保证露天矿端帮边坡地面境界不变。

[0032] 本发明的一种露天矿端帮边坡形态的优化方法,相比于现有技术,其有益效果在于:

[0033] 本发明考虑到端帮边坡稳定性影响因素及潜在滑坡模式的影响,基于极限平衡法与分阶段优化的原理提出了一种既能满足安全要求又能创造最大经济效益的边坡形态优化方法,使露天煤矿端帮边坡角度得以加大以及边坡形态更加合理化,为边坡形态的设计提供了依据,同时也为露天矿创造大量经济效益。

具体实施方式

[0034] 下面结合实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0035] 实施例1

[0036] 一种露天矿端帮边坡形态的优化方法,包括以下步骤:

[0037] 步骤1,结合露天矿端帮边坡的具体情况,定性分析露天矿端帮边坡稳定性影响因素及露天矿端帮边坡潜在滑坡模式;

[0038] 其中,露天矿端帮边坡的具体情况为:某露天矿首采区含煤地层岩性主要由中、粗、粉、细砂岩组成,并伴有少量的泥岩、3个炭质泥岩软弱层,矿区整体构造为一南倾的单斜构造,煤系地层倾角范围为 $13^{\circ}\sim 25^{\circ}$,为倾斜煤层,走向约 95° ,走向倾角变化不大。首采区浅部可采煤层为13-2煤,深部可采煤层为9煤、11煤、12-1煤、12-2煤和13-2煤,其中,11煤、12-2煤和13-2煤煤层底板均含有炭质泥岩弱层。实例露天矿端帮边坡暴露时间较短,目前端帮边坡角度为 32.7° ,具备较大幅度加陡的可能性,可以对其边坡形态进行优化,具体步骤如下:

[0039] 定性分析端帮边坡稳定性影响因素及潜在滑坡模式;

[0040] 通过对实例露天煤矿工程地质状况的分析发现,影响露天矿端帮边坡稳定性的因素主要有地层岩性、地质构造、岩体结构面、坡体结构、原岩应力、地下水和气候条件、地震效应。结合该露天矿端帮边坡的工程地质条件,确定了其稳定性的控制因素并判定了端帮的潜在滑坡模式。该露天矿端帮边坡潜在的滑坡模式主要是以剪切圆弧与弱层相结合的切层-顺层组合滑动以及坡顶至坡脚处的圆弧滑动。

[0041] 步骤2,对露天矿端帮边坡岩土体进行力学实验,得到露天矿端帮边坡岩土体物理力学指标;

[0042] 结合本次岩土力学试验结果以及以往边坡稳定性研究结果,下表中所示各岩土体指标为最终确定岩体的物理力学参数,用于刚体极限平衡计算及数值模拟。

地层	地层岩性	重度 (kN/m^3)	弹性模量 (Gpa)	泊松比	内聚力 (kpa)	内摩擦角 ($^{\circ}$)
[0043] 第四系	粉土、砂土	19.8	0.16	0.38	0	26.8
侏罗系	煤	14.1	0.80	0.33	45	29.0
	弱层	21.0	0.20	0.40	28	17.1
	砂岩	26.6	5.48	0.28	82	40.5

[0044] 步骤3,确定该露天矿端帮边坡的安全储备系数K。

[0045] 依据《煤炭工业露天矿设计规范》(GB50197-2005)中对非工作帮边坡安全系数的规定,黑山露天矿首采区西端帮边坡的暴露时间小于10年,其安全储备系数宜为1.1~1.2,同时考虑到实例露天矿端帮边坡炭质泥岩弱层影响,最终选定该端帮边坡的安全储备系数K为1.2。

[0046] 步骤4,调整露天矿端帮边坡各阶段平盘宽度,对露天矿端帮边坡形态进行分阶段优化,其具体优化方法为:

[0047] (1)分阶段,具体为:

[0048] 将实例露天矿端帮边坡划分成3个阶段:该露天矿端帮边坡中,将坡顶至11煤底板的1弱层划分为第1阶段;将11煤底板的1弱层至12-2煤底板的2弱层划分为第2阶段;将12-2煤底板的2弱层至13-2煤底板的3弱层划分为第3阶段。

[0049] (2)对各阶段平盘宽度进行调整:

[0050] 调整第1阶段平盘宽度,计算边坡坡顶至11煤底板的1弱层的稳定性系数 F_s ,经计算当第1阶段平盘宽度为7m时,稳定性系数 $F_s=1.205$,满足 $|F_s-K| \leq 0.01$,因此,7m的平盘宽度即为第1阶段优化后边坡形态;

[0051] 调整第2阶段平盘宽度,计算边坡坡顶至12-2煤底板的2弱层的稳定性系数 F_s ,经计算当第2阶段平盘宽度为10m时,稳定性系数 $F_s=1.204$,满足 $|F_s-K| \leq 0.01$,因此,10m的平盘宽度即为第2阶段优化后边坡形态;

[0052] 调整第3阶段平盘宽度,计算边坡坡顶至13-2煤底板的3弱层的稳定性系数 F_s ,经计算当第3阶段平盘宽度为10m时,稳定性系数 $F_s=1.207$,满足 $|F_s-K| \leq 0.01$,因此,10m的平盘宽度即为第3阶段优化后边坡形态。

[0053] 所述的边坡稳定性系数 F_s 的计算方法,采用带有插件的CAD软件,具体计算方式为:

[0054] 首先假设了岩体滑裂面是两个圆柱面,并且假设了作用力在划分的不同条带间的方向为水平方向,之后,通过垂直方向力的平衡求解条底反力,并依据对某一相同点的力矩平衡计算出稳定性系数 F_s 。

[0055] 所涉及的作用力有:作用在滑面上的有效法向力 N_i' 、作用在滑面上的全法向力 N_i 、滑面上的极限抗滑力 R_i ;条带间的剪切作用力 E_i 和 E_{i+1} 。

[0056] Bishop法的根本假设,是将滑面认定成圆弧面,将稳定性系数描述成对滑面旋转中心的抗滑力矩与下滑力矩的比值,同时假设划分的不同条带所受的力都处于平衡状态。

[0057] 具体的稳定性系数 F_s 的公式为:

$$[0058] \quad F_s = \frac{\sum_{i=1}^n [c' l_i + (W_i \cos \alpha_i - \mu_i l_i) \tan \varphi']}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

[0059]

[0060] 式中, F_s 为稳定性系数, i 为第 i 条带; n 为条带总个数; c' 为黏聚力; l_i 为第 i 条滑面的长度; W_1 为第1条带的重力, W_i 为第 i 条带的重力; α_i 为第 i 条带滑面倾角; μ_i 为作用在滑面上的单位面积的孔隙水压力; φ' 为内摩擦角;

[0061] (3)依此确定该露天矿3个阶段的最佳平盘宽度,分别为7m、10m、10m。确定出最终端帮边坡开采角度为 41.4° ,完成露头矿端帮边坡形态的优化设计,得到了最优边坡形态。

[0062] 步骤5、结合强度折减理论算法,运用FLAC^{3D}有限差分数值模拟软件对以上得到的最优边坡形态方案进行模拟检验,进一步验证最优边坡形态的可行性。

[0063] 通过FLAC^{3D}数值模拟技术,运用强度折减理论,验证了该方法确定的3阶段平盘宽度分别为7m、10m、10m,端帮开采角度为 41.4° 的最优形态边坡的稳定性系数为1.205,满足安全储备系数的要求。