



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114638122 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 17

(21) 申请号 202210342931.4

G06F 119/14 (2020.01)

(22) 申请日 2022.03.31

(71) 申请人 山东大学

地址 250100 山东省济南市山大南路27号

(72) 发明人 刘士亮 李维国 张文慧 陈俊光

毛德强

(74) 专利代理机构 北京东方盛凡知识产权代理

事务所(普通合伙) 11562

专利代理师 贾耀洪

(51) Int. Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 30/13 (2020.01)

G06F 17/11 (2006.01)

E02D 17/20 (2006.01)

G06F 111/10 (2020.01)

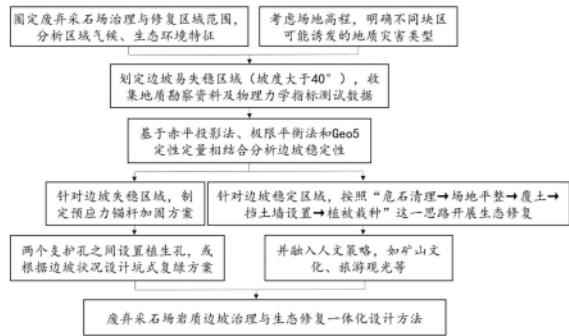
权利要求书1页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法

(57) 摘要

本发明涉及一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,包括:确定废弃采石场治理与修复区域,基于所述区域的场地高程,明确不同区域诱发的地质灾害类型,基于所述地质灾害类型和区域气候、生态环境特征,划定边坡易失稳区域和边坡稳定区域;针对所述边坡易失稳区域,制定预应力锚杆加固方案确保边坡的稳定性,并结合边坡稳定区域的地形、地质特征,提出整个岩质边坡的生态修复设计方法,完成对所述废弃采石场的治理与修复。本发明能够有效解决废弃矿山治理与生态修复领域中单一性、不系统性、不整体性的问题。



1. 一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,其特征在于,包括:

确定废弃采石场治理与修复区域,基于所述区域的场地高程,明确不同区域诱发的地质灾害类型,基于所述地质灾害类型和区域气候、生态环境特征,划定边坡易失稳区域和边坡稳定区域;

针对所述边坡易失稳区域,制定预应力锚杆加固方案确保边坡的稳定性,并结合边坡稳定区域的地形、地质特征,提出整个岩质边坡的生态修复设计方法,完成对所述废弃采石场的治理与修复。

2. 根据权利要求1所述的废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,其特征在于,通过收集地质勘察资料及物理力学指标测试数据获得所述不同区域诱发的地质灾害类型,其中所述地质勘察资料及物理力学指标测试数据包括:坡段倾角、坡段长度、坡体岩性、岩层产状、岩体软弱结构面、厚度、重度、粘聚力、内摩擦角。

3. 根据权利要求1所述的废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,其特征在于,基于赤平投影法、极限平衡法和Geo5岩土软件数值计算方法综合判断所述边坡易失稳区域和边坡稳定区域的边坡稳定性。

4. 根据权利要求3所述的废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,其特征在于,基于所述赤平投影法定性分析所述边坡稳定性的过程包括:通过所述赤平投影法得到研究区域的边坡、结构面的空间关系,结合所述结构面切割形成的楔形体分析研究区域的边坡是否受软弱结构面控制,并结合岩体节理裂隙的发育情况,得到岩体节理裂隙的倾向和倾角。

5. 根据权利要求3所述的废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,其特征在于,针对具有两组结构面的平面滑动滑坡,采用所述极限平衡法计算边坡的稳定性:首先将所述两组结构面分为主滑面和辅滑面,建立方向力平衡方程,通过所述方向力平衡方程计算得到边坡稳定性安全系数;对于存在内部结构面的滑坡时,采用不平衡推力法计算所述边坡稳定性安全系数。

6. 根据权利要求3所述的废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,其特征在于,采用所述Geo5岩土软件数值计算方法进行边坡稳定性分析的过程包括:选取Geo5岩土软件中的岩质边坡稳定性分析板块,选择国家标准、折现滑动的方法,通过极限平衡法求解安全系数,并根据岩土工程物察报告获得边坡及边坡内部参数信息,得到边坡类型及边坡计算安全系数。

7. 根据权利要求1所述的废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,其特征在于,针对所述边坡易失稳区域制定预应力锚杆加固的过程包括:设计锚杆加固方案,采用预应力锚杆进行加固,计算锚杆轴向预应力、锚杆钢筋直径、锚固体与地层锚固长度,通过支护验算,确定锚杆支护水平间距。

8. 根据权利要求7所述的废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,其特征在于,对于所述边坡易失稳区域还能够所述锚杆支护的基础上设置植生孔,根据边坡状况设计坑式复绿方案,用于加固边坡稳定性,完成对所述边坡易失稳区域的生态修复。

一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及矿山治理与生态修复技术领域,特别是涉及一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法。

背景技术

[0002] 矿产资源的开发利用有助于推动国民经济发展,同时也对自然生态环境造成了巨大影响,产生了大量矿山地质环境问题甚至是地质灾害。开采砂石导致岩体变形,易诱发崩塌等地质灾害;采坑内供植物生长的土壤极少,植被荒芜;原采场植物砍伐殆尽,水土流失严重;采场内废石堆、岩粉、矿渣随处可见,大气污染严重。因此,治理、修复采石场,对矿山生态资源的利用和矿山环境的保护问题具有重要的意义。

[0003] 随着国家生态文明建设的推进、发展,矿山生态修复得到重视与关注。目前,在废弃露天采石场中,大多研究集中于边坡治理,往往忽视生态修复或简单的锚喷复绿,而缺少治理与生态修复的一体化设计方法。由此可见,现有技术有待于进一步改进和提高。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,以克服上述现有技术中存在的问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0006] 一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,包括:

[0007] 确定废弃采石场治理与修复区域,基于所述区域的场地高程,明确不同区域诱发的地质灾害类型,基于所述地质灾害类型和区域气候、生态环境特征,划定边坡易失稳区域和边坡稳定区域;

[0008] 针对所述边坡易失稳区域,制定预应力锚杆加固方案确保边坡的稳定性,并结合边坡稳定区域的地形、地质特征,提出整个岩质边坡的生态修复设计方法,完成对所述废弃采石场的治理与修复。

[0009] 优选地,通过收集地质勘察资料及物理力学指标测试数据获得所述不同区域诱发的地质灾害类型,其中所述地质勘察资料及物理力学指标测试数据包括:坡段倾角、坡段长度、坡体岩性、岩层产状、岩体软弱结构面、厚度、重度、粘聚力、内摩擦角。

[0010] 优选地,基于赤平投影法、极限平衡法和Geo5岩土软件数值计算方法综合判断所述边坡易失稳区域和边坡稳定区域的边坡稳定性。

[0011] 优选地,基于所述赤平投影法定性分析所述边坡稳定性的过程包括:通过所述赤平投影法得到研究区域的边坡、结构面的空间关系,结合所述结构面切割形成的楔形体分析研究区域的边坡是否受软弱结构面控制,并结合岩体节理裂隙的发育情况,得到岩体节理裂隙的倾向和倾角。

[0012] 优选地,针对具有两组结构面的平面滑动滑坡,采用所述极限平衡法计算边坡的稳定性:首先将所述两组结构面分为主滑面和辅滑面,建立方向力平衡方程,通过所述方向

力平衡方程计算得到边坡稳定性安全系数;对于存在内部结构面的滑坡时,采用不平衡推力法计算所述边坡稳定性安全系数。

[0013] 优选地,采用所述Geo5岩土软件数值计算方法进行边坡稳定性分析的过程包括:选取Geo5岩土软件中的岩质边坡稳定性分析板块,选择国家标准、折现滑动的方法,通过极限平衡法求解安全系数,并根据岩土工程物察报告获得边坡及边坡内部参数信息,得到边坡类型及边坡计算安全系数。

[0014] 优选地,针对所述边坡易失稳区域制定预应力锚杆加固的过程包括:设计锚杆加固方案,采用预应力锚杆进行加固,计算锚杆轴向预应力、锚杆钢筋直径、锚固体与地层锚固长度,通过支护验算,确定锚杆支护水平间距。

[0015] 优选地,对于所述边坡易失稳区域还能够在所述锚杆支护的基础上设置植生孔,根据边坡状况设计坑式复绿方案,用于加固边坡稳定性,完成对所述边坡易失稳区域的生态修复。

[0016] 本发明的有益效果为:

[0017] 本发明克服了现有技术中仅考虑岩质边坡稳定或生态修复的单方面治理、未考虑岩质边坡稳定与生态修复的一体化、系统化设计及其治理等不足,将废弃矿山岩质边坡稳定性分析和生态修复设计相结合,提出废弃矿山岩质边坡稳定分析及支护治理的方法,进而,结合稳定的岩质边坡及其地质、地形条件,提出生态修复设计方案,实现废弃矿山岩质边坡稳定与生态修复的一体化、系统化设计、治理;

[0018] 该发明能够有效解决废弃矿山治理与生态修复领域中单一性、不系统性、不整体性的问题;同时,岩质边坡稳定与修复一体化设计治理,使得施工过程连续化,相较于单个过程施工,明显较少施工准备、工程量、设计费用等因素。因此,本发明提出的废弃矿山岩质边坡稳定治理与生态修复一体化设计方法,能够有效的实现废弃矿山岩质边坡稳定和生态修复双目标,更加有力推进国家生态文明建设重大战略。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0020] 图1为本发明实施例的一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法的步骤流程图;

[0021] 图2为本发明实施例中所选择采石区场的治理区域示意图;

[0022] 图3为本发明实施例的两组结构面的平面滑动示意图;

[0023] 图4为本发明实施例的持平投影图;

[0024] 图5为本发明实施例的双结构面滑动的岩体边坡稳定性计算简图;

[0025] 图6为本发明实施例的锚杆支护设计示意图,其中1-6表示螺纹钢锚杆的设置位置;

[0026] 图7为本发明实施例的A区治理剖面图;

[0027] 图8为本发明实施例的B区治理剖面图;

- [0028] 图9为本发明实施例的C区分区图；
 [0029] 图10为本发明实施例的植生孔布置示意图；
 [0030] 图11为本发明实施例的植生孔绿化详图；
 [0031] 图12为本发明实施例的较缓坡区开挖剖面图。

具体实施方式

[0032] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0033] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0034] 参照图1所示,本发明提供一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,包括:

[0035] S1、将废弃采石场圈定出要治理与修复的区域范围,调查废弃采石场所处地区的气候类型、适宜的植被种类等,分析采石场土壤、植被及周边环境等生态环境特征,具体步骤如下:

[0036] 本实施例所选择的采石场在历史采石活动中形成高陡边坡,边坡岩性为中-强风化花岗岩。边坡长约241m,边坡高526m,坡度多集中在 $60^{\circ}\sim 89^{\circ}$,标高+155.35+184.60m,边坡立面面积 1707m^2 ,局部倒倾,区域边坡整体走向为 20° ,坡顶第四系松散堆积物覆盖约0.5m,采石活动破坏了原有山体的岩体结构,岩体节理裂隙发育岩体表面较为破碎,局部已发生岩体崩塌,采石活动所致,采石平台边坡岩体因爆破开采的原因较为破碎。表层山体裂隙发育,延伸长度0.2m~1.0m不等。现拟将治理区划分为A区、B区和C区三区,如图2所示。

[0037] S2、根据废弃采石场的高程不同,划分不同块区可能诱发的地质灾害类型,例如边坡失稳(一般坡度大于 40°)、滚石、水土流失等;

[0038] S3、划定出边坡易失稳区域,收集地质勘察资料及物理力学指标测试数据,如:坡段倾角、坡段长度、坡体岩性、岩层产状、岩体软弱结构面、厚度、重度、粘聚力、内摩擦角等参数,具体步骤如下:

[0039] 根据试验结果结合工程实际情况,选取较为合理的岩土物理力学指标。本工程中,根据岩土工程物察报告,相关参数指标按下表取值,表1为岩层信息表,表2为结构面信息表。

[0040] 表1

岩层	厚度(m)	重度(KN/m^3)
1	35	25

[0042] 表2

[0043]

编号	坡面倾角 (°)	水平投影 (m)	竖向投影 (m)	黏聚力 (KPa)	内摩擦角 (°)
1	19.81	18.21	6.56	75	22
2	60.18	13.02	22.72	75	22

[0044] S4、基于赤平投影法、极限平衡法和Geo5岩土软件数值计算方法分别定性、定量分析划定的边坡失稳可能性,基于三者分析结果,综合判定边坡稳定性,步骤如下:

[0045] 根据实地勘探,选取最可能发生滑动的结构面,滑动方式是具有两组结构面的平面滑动,示意图见图3。

[0046] S41、以赤平投影法定性分析边坡稳定性,赤平投影法是将物体的形心放在一个不限制大小的球体的球心上,然后将物体在球体中的位置状态投影到球的水平面上,从而在平面上展现边坡、结构面的空间关系,进而能够对由结构面起主导作用的边坡深入分析,示意图见图4。

[0047] 岩质边坡的稳定性主要受软弱结构面控制,边坡的破坏主要是由结构面切割形成的楔形体失稳造成的,其稳定性分析需考虑岩体节理裂隙的发育情况,查明各组岩体节理裂隙的倾向和倾角,故赤平投影法常用于岩质边坡稳定性定性分析。

[0048] 根据实际工程测量,岩层的产状为290°∠19.8°,边坡坡向为290°∠59.3°,坡顶面坡度大约为30°。在岩体之中,还有一组结构面,产状分别为290°∠60°。各部分具体产状条件见表3。

[0049] 表3

[0050]

结构面 产状	开挖坡面 (P)	天然坡面 (L2)	陡结构面 (L1)	缓结构面 (L3)
倾向 (°)	290	290	290	290
倾角 (°)	59.3	30	60	19.8

[0051] 当具有层状结构的边坡且在只受自身重力的时候,滑动势能最强烈的地方往往出现在沿层状结构面的方向上,因此对于层状结构边坡,潜在滑动方向往往就是结构面的倾向。在本工程中,主要软弱结构面与边坡面的走向相同,且倾向一致的,边坡倾角大于结构面倾角,此时边坡可能产生滑动。定性分析往往是通过经验的判断,所以存在一定的不稳定性,分析结果也容易造成不同人员分析结果差异较大的情况,为了能够保证定性分析的准确性,往往需要定量分析作为重要的参考,两个分析方法一同使用确保分析结果的稳定性和准确性。

[0052] S42、采用极限平衡法准确计算边坡的稳定性,定量的分析边坡的稳定性。对于有两组结构面的滑坡,将两组结构面分为主滑面和辅滑面,如附图5所示。是滑块体自重等外部荷载在水平方向的分力,为在竖直方向的分力,其他作用如图6所示。根据图5建立方向力平衡方程有:

[0053]
$$F_x = T_1 \cos \alpha_1 + T_2 \cos \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 \quad (1)$$

[0054] $F_y = T_1 \sin \alpha_1 + T_2 \sin \alpha_2 + N_1 \cos \alpha_1 + N_2 \cos \alpha_2$ (2)

[0055] 其中, F_x 、 F_y 是滑块体自重等外部荷载在水平和垂直方向的分力, T_1 、 T_2 为辅滑面和主滑面的切向力, N_1 、 N_2 为辅滑面和主滑面的法向力。

[0056] 设 F_s 为岩质边坡安全系数, 则有:

[0057] $T_1 = (N_1 \tan \varphi_1 + c_1 L_{AB}) / F_s$ (3)

[0058] $T_2 = (N_2 \tan \varphi_2 + c_2 L_{BC}) / F_s$ (4)

[0059] 将式(3)、式(4)代入式(1)、式(2)中, 得出有3个未知数 N_1 、 N_2 和 F_s 的两个方程。因而为了求出结果, 假设 N_1 为零, 再将式(3)、式(4)代入式(1)、式(2)并联立可得:

[0060]
$$\frac{[F_s F_x - (c_1 L_{AB} \cos \alpha_1 + c_2 L_{BC} \cos \alpha_2)]}{\tan \varphi_2 \cos \alpha_2 - F_s \sin \alpha_2} = \frac{[F_s F_y - (c_1 L_{AB} \sin \alpha_1 + c_2 L_{BC} \sin \alpha_2)]}{\tan \varphi_2 \sin \alpha_2 - F_s \cos \alpha_2}$$
 (5)

[0061] 根据实际工况将 F_x 、 F_y 、 T_1 、 T_2 、 L_{AB} 、 L_{BC} 、 c_1 、 c_2 、 φ_1 、 φ_2 、 α_1 、 α_2 带入式(5)可以求得 F_s 。

[0062] 其中, c_1 、 c_2 为辅滑面和主滑面的粘聚力, φ_1 、 φ_2 为辅滑面和主滑面的内摩擦角, L_{AB} 、 L_{BC} 为辅滑面和主滑面的长度。

[0063] 根据上述工程参数代入式(5), 其中 F_x 为0, F_y 为滑动体重力, 岩层参数及结构面参数根据岩土工程物察报告获得, 通过试算法, 最终可得安全系数 F_s 为1.96。不过, 这种情况没有考虑内部结构面。对于存在内部结构面的滑块不能当成刚体计算, 因为被内部结构面切割的滑块之间可能发生位移, 这种位移在分析中是不可缺少的。对于这种情况, 通常以结构面代替前述的假想分界面进行分析, 也可采用不平衡推力法进行计算。

[0064] S43、采用Geo5岩土软件分析边坡稳定性, 按照下表4内部结构信息表、表5边坡数据表, 依次输入数据:

[0065] 表4

[0066]

编号	倾角(°)	黏聚力(KPa)	内摩擦角(°)
1	-7.4	0.02	0.02

[0067] 表5

[0068]

编号	坡段倾角(°)	坡段长度 (m)	水平投影 (m)	竖向投影 (m)
1	63.23	11.10	5.00	9.91
2	20.61	5.34	5.00	1.88
3	69.59	14.34	5.00	13.44
4	30.63	5.81	5.00	2.96
5	28.59	2.28	2.00	1.09

[0069] 本工程内部结构面为完全发育的裂隙, 不具备任何承受力的能力, 黏聚力和内摩

擦角均应取0,Geo5岩土工程软件要求该数据最小值为0.02,因而本工程取0.02。

[0070] 该采石场地下水水位较低,未考虑地下水因素,同时根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010),该工程所处地区不需要考虑地震影响,软件计算安全系数结果的为1.09,边坡处于基本稳定状态,可能发生滑动。

[0071] 对于较完整、结构面结合一般的、高度在15m到30m之间的欠稳定岩体,根据《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)(以下简称规范)规定,此时边坡岩体类型为二类。该边坡附近有一个小区,发生滑坡时可能会造成人员伤亡,按照规范规定,边坡工程安全等级取二级。按照表6边坡稳定安全系数 F_{st} ,此时边坡稳定安全系数 F_{st} 应取1.30。

[0072] 表6

稳定安全系数		边坡工程安全等级		
		一级	二级	三级
永久边坡		1.35	1.30	1.25
一般工况		1.35	1.30	1.25
地震工况		1.15	1.10	1.05
临时边坡		1.25	1.20	1.15

[0074] 通过赤平投影法得出该边坡可能发生滑动,极限平衡法计算安全系数为1.96,GEO岩土工程计算安全系数为1.09。由于极限平衡法没有考虑内部结构面,此时的计算结果与实际状况有一定的偏差,不予考虑。岩土工程结果显示该工程具备一定的保持稳定的能力,不过根据规范,对于二级边坡工程安全等级应该达到1.30,为了符合规范的要求,此时仍需对工程施加工程措施,本工程采用锚杆加固。

[0075] S5.针对边坡失稳区域,制定预应力锚杆加固方案,分别设计计算锚杆轴向预应力、锚杆钢筋直径、锚固体与地层锚固长度等,并通过支护验算,明确锚杆支护水平间距,具体步骤如下:

[0076] 由于本工程的边坡是永久性的边坡,因此将采用预应力锚杆加固本工程。

$$[0077] \quad N_t = \frac{El_a}{[\sin(\alpha + \beta) \tan \phi + \cos(\alpha + \beta)] n_s} \quad (6)$$

$$[0078] \quad \beta = \theta - (45^\circ + \phi / 2) \quad (7)$$

[0079] 其中,E为滑坡体剩余下滑力,由GEO5软土工程可得为272.5KN/m, l_a 为锚杆垂直于滑动方向的间距,取3m, α 、 β 、 ϕ 分别为滑动面与锚杆相交处滑动面倾角、锚杆倾角、滑动面内摩擦角, β 通过式(9)计算, θ 为滑动面倾角, n_s 为锚杆沿滑动面方向的排数,取6排,计算可得: β 取 35° , N_t 取150KN。

[0080] 锚杆钢筋直径计算:

$$[0081] \quad d_s = 2\sqrt{\frac{1000\gamma_0 N_t}{\pi f_y \xi_3}} + \delta \cdot T \quad (8)$$

[0082] 其中, γ_0 为工程结构重要性系数,取1.1, f_y 为锚杆抗拉强度设计值, ξ_3 为锚杆工作

条件系数,对于永久性锚杆取0.7, δ 为锚杆钢材年锈蚀量,取0.04mm/年, T 为使用年限,取50年,计算可得: d_s 为31.4mm,最终 d_s 取32mm。

[0083] 锚固体与地层锚固长度计算:

$$[0084] \quad l_m = \frac{N_t}{\xi_1 \pi d f_{rb}} \quad (9)$$

[0085] 式(9)中, ξ_1 为锚固体与地层粘结工作条件系数,对于永久性锚杆取1.0, d 为锚固体直径,取40mm, f_{rb} 为地层与锚固体粘结强度标准值,一般通过试验确定,本工程取1.35MPa,计算可得: l_m 为0.89m。

[0086] 锚杆钢筋与锚固砂浆间的锚固长度计算:

$$[0087] \quad l_{sa} = \frac{\gamma_0 N_t}{\xi_2 \pi d_s f_b} \quad (10)$$

[0088] 式(10)中, ξ_2 为锚杆与砂浆粘结强度工作条件系数,对于永久性锚杆取0.9, f_b 为钢筋与锚固砂浆粘结强度设计值,对于永久性、预应力螺纹钢筋取1.4MPa,计算可得: l_{sa} 为1.41m,结合坡面及滑动面信息,最终取1、2排锚杆总长度为10m,3、4、5、6排锚杆总长度为15m。

[0089] 初始预应力计算:

[0090] 锚杆的初始预应力指的是锚杆在锁定状态下作用于锚头的一种拉力。对于地层及其锚固结构中位移变化要求比较高的工程,锚杆拉力设计值可以作为初始预应力;而对于地层及其锚固结构位移变化要求比较低的工程,一般把锚杆拉力设计值的0.70~0.85倍当作初始预应力,本工程取预应力为300KN。

[0091] 锚杆支护验算:

[0092] 边坡锚杆的设置和施工情况如表6和图6所示:分别设置6排锚杆,第1、2排锚杆长度为10m,3、4、5、6排锚杆长度为15m,锚固钢筋采用直径为32mm的预应力螺纹钢筋,钻孔俯斜35°。

[0093] 表6

编号	起点(水平位置)	长度(m)	倾角(°)	水平间距(m)	预应力(KN)
1	2	10	35	3	300
2	4	10	35	3	300
3	10	15	35	3	300
4	12	15	35	3	300
5	14	15	35	3	300
6	16	15	35	3	300

[0095] 整体稳定性分析验算求得安全系数为1.31,大于规范要求。

[0096] S6、考虑到边坡失稳块区坡度较大,在危石清理和锚固支护基础上,在两个支护孔之间设置植生孔,后者根据边坡状况设计坑式复绿方案;植生孔和坑式中分别选取当地乡土攀援能力强、易存活的藤木植被,并填加适合植物生长的营养基和营养土;

[0097] S7、针对不需锚固的较缓稳定边坡(一般小于 40°),按照“危石清理→场地平整→覆土→挡土墙设置→植被栽种”这一思路开展生态修复工作;同时,可考虑加入人文策略,如矿山文化、旅游观光等;最终,形成融合治理、文化、旅游、采摘等功能的废弃采石场治理与生态修复的一体化设计,具体步骤如下:

[0098] A区和B区的边坡坡面形态为折线形,边坡高度大都在3m以下,坡顶距坡底最大高差在16m以下,坡度多集中在 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$,是典型的缓边坡,边坡坡面风化较强烈,岩石较破碎,岩体边坡表面存在少量碎石,同时生长着见少量草本植物。现根据A区、B区具体情况分析该采用何种方案进行生态修复。

[0099] A区、B区治理剖面图见图7。

[0100] 经过场地平整后,进行挡土墙设计,本文不再赘述挡土墙设计具体过程,A区采用直立式、高度为3.5m的重力挡土墙,B区采用直立式、高度为5m的重力挡土墙。

[0101] 该采石场范围内几乎没有种植土,因此为了能够种植植物,采用其他地方的熟土填充采石场的客土覆盖方式培养植物。为了能够更好的让植物吸收养分,本工程客土覆盖厚度取25cm。植物选用耐寒耐旱的乡土草种黑麦草,并且搭配爬山虎、山茶等植物一起种植。

[0102] C区坡面形态也为折线形,边坡坡度变化较大,坡面分化强烈,岩石较破碎。根据坡面坡度将C区分为C1区、C2区、C3区、C4区,见图8。对于C1区、C3区、C4区,对危岩体进行爆破清理,及时消除安全隐患。危岩体的清除采用自上而下的台阶法静态破碎,每次破碎后都要把碎石清除干净,再对下层进行破碎。静态破碎是指以生石灰为破碎剂的主要组成,加水经过一定时间后因其体积膨胀而形成膨胀压力使介质开裂而破碎的方法,其优点是在破碎过程中无震动、飞石、噪声小、无毒、无粉尘污染、对周边岩体不造成破坏,对山体周围的环境基本无影响。

[0103] 对于C1区、C3区和C4区,由于边坡的坡度过陡或者边坡不方便开挖,故采用人工钻孔的方式,在坡面中间采用坡面植生孔技术进行生态修复。

[0104] 对坡面进行 1×1 规格布置生态植生孔见图9,孔径0.15m,孔深0.5m,详图见图10。

[0105] C2区边坡较缓,为了能够更大面积种植植物,修复生态,采用坑式复绿。坑式复绿式利用边坡的原始地形,采用爆破开凿等方法在坑壁上创造植物生长的空间并覆土种植的方法,施工效率高、植物选型丰富且成活率高。

[0106] 为了能够更好的帮助植物扎根岩层内,防止土壤基质被雨水冲刷,同时也为了边坡修复之后的植物的成活率,将C2区边坡开挖成圆弧形,并且土壤填充至水平面,见图11。

[0107] 本发明克服国内现有岩质边坡稳定性分析和生态修复一体化设计方面的不足,提供了一种废弃采石场岩质边坡治理与生态修复一体化设计方法,本发明根据岩土工程物察报告获得边坡的各项参数,以边坡坡度的大小进行区分,确定不同的边坡治理方案。

[0108] 针对不需锚固的较缓稳定边坡(一般小于 40°),按照“危石清理→场地平整→覆土→挡土墙设置→植被栽种”这一思路开展生态修复工作;同时,可考虑加入人文策略,如矿山文化、旅游观光等;最终,形成融合治理、文化、旅游、采摘等功能的废弃采石场治理与生

态修复的一体化设计。

[0109] 针对需要锚固的较陡边坡(一般大于等于 40°)按照“明确区域可能发生的地质灾害→危石清理→划定边坡易失稳区域→综合判断边坡稳定性→针对可能失稳区域施加预应力锚杆→根据不同坡度设置不同植生孔→配土填土→选植种植”这一思路开展生态修复工作。

[0110] 以上所述的实施例仅是对本发明优选方式进行的描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

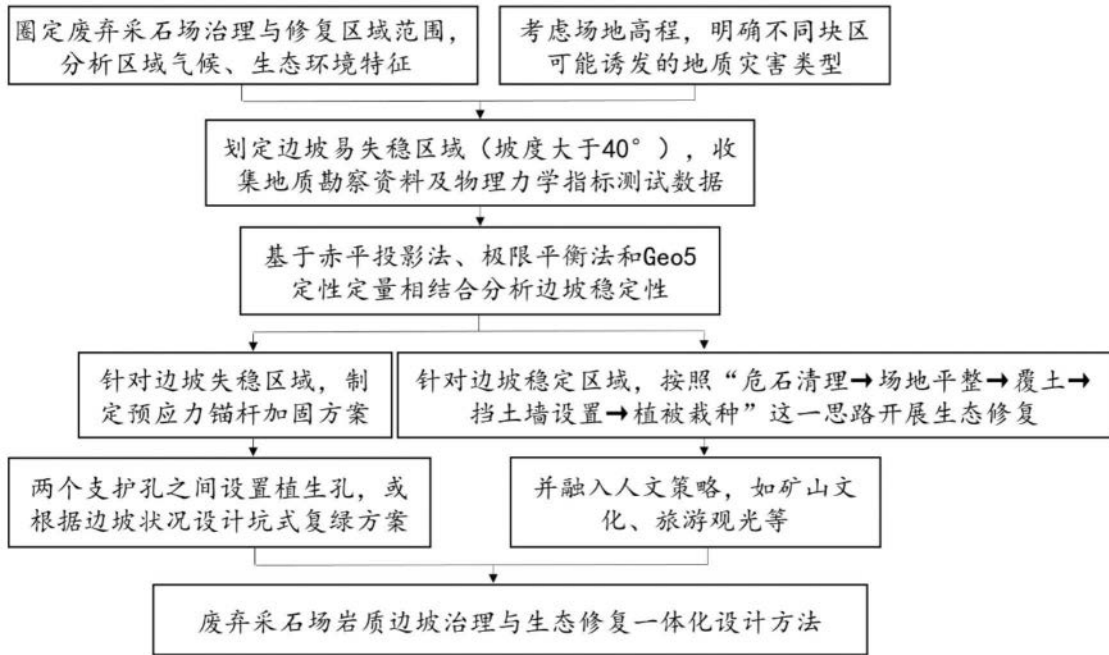


图1

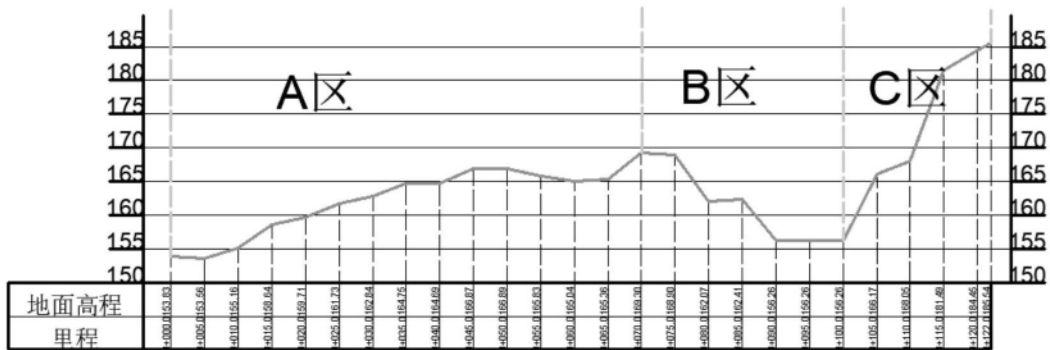


图2

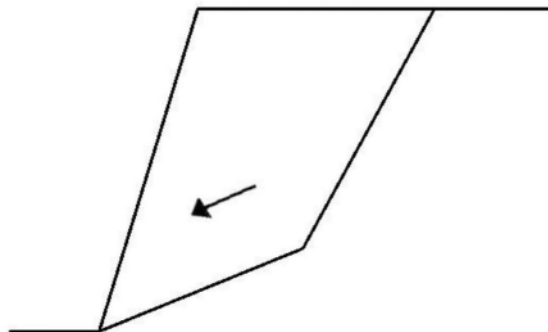


图3

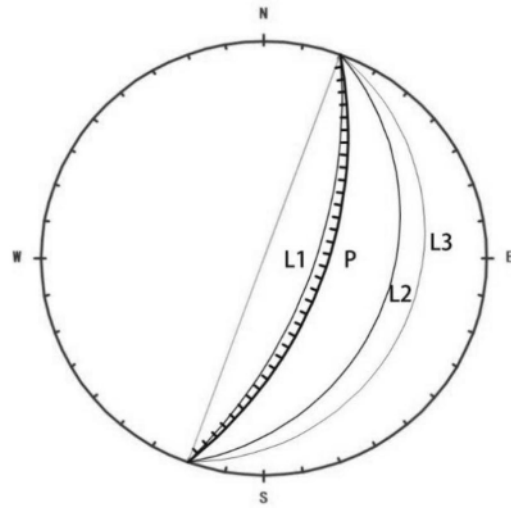


图4

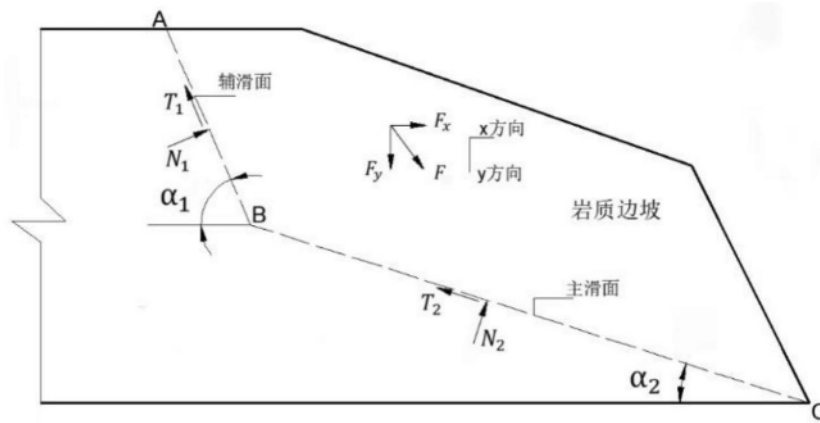


图5

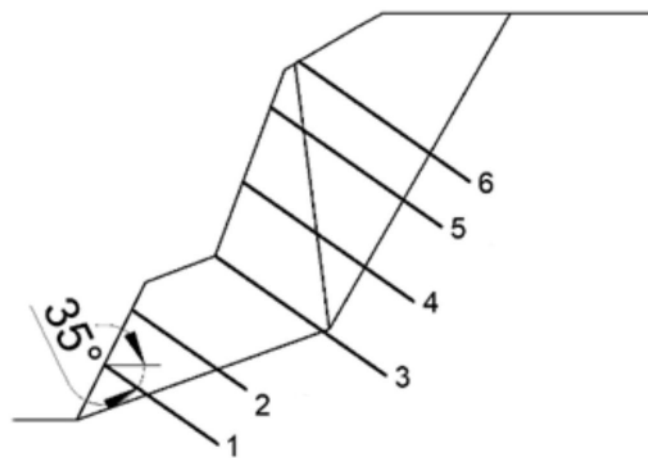


图6

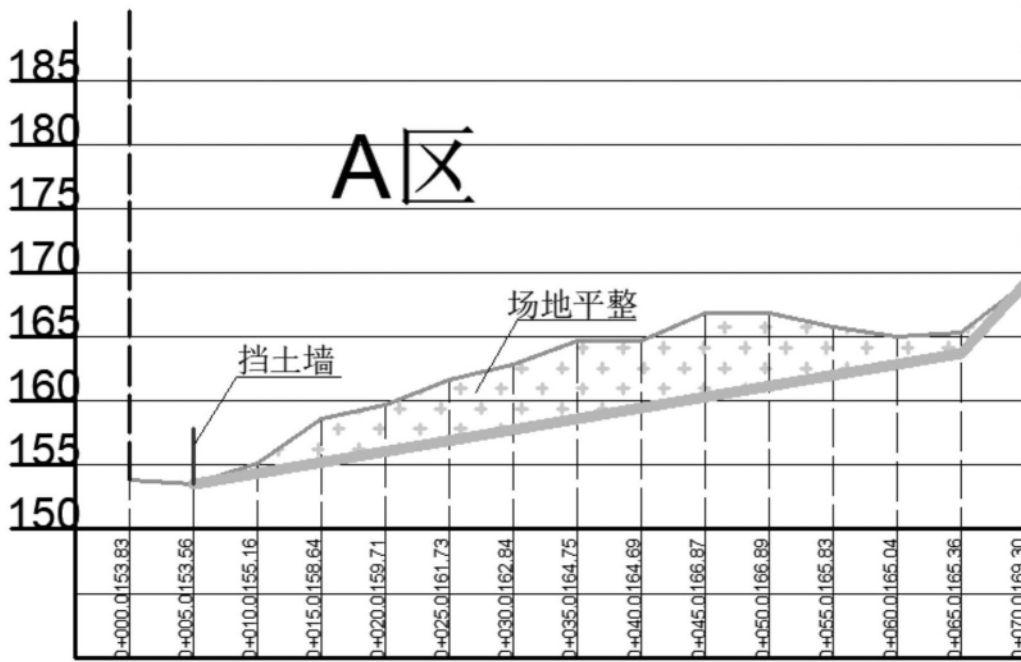


图7



图8

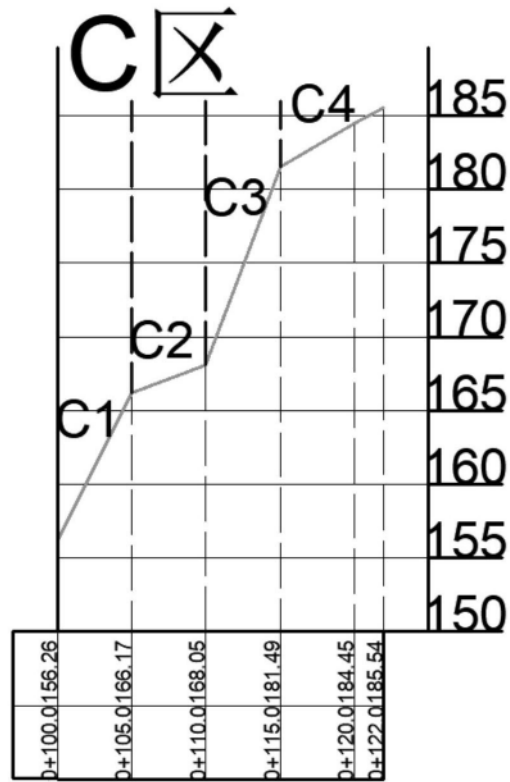


图9

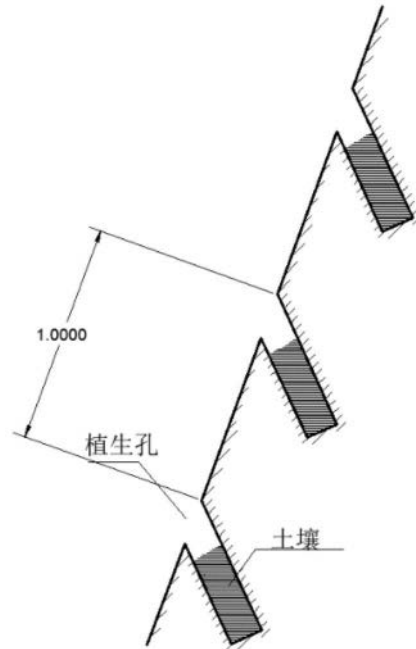


图10

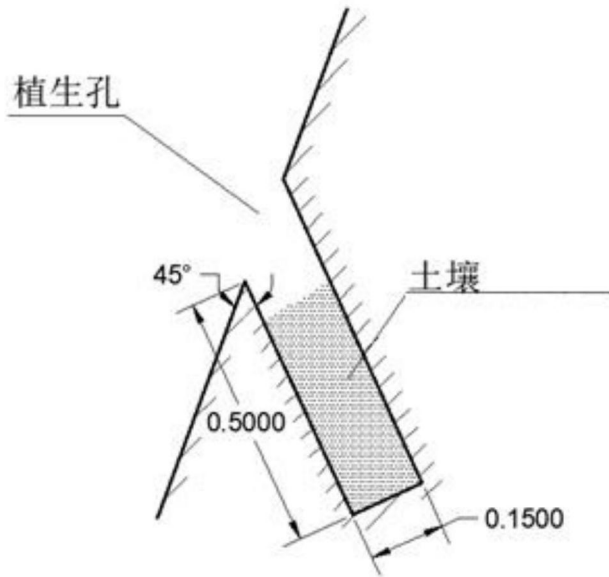


图11

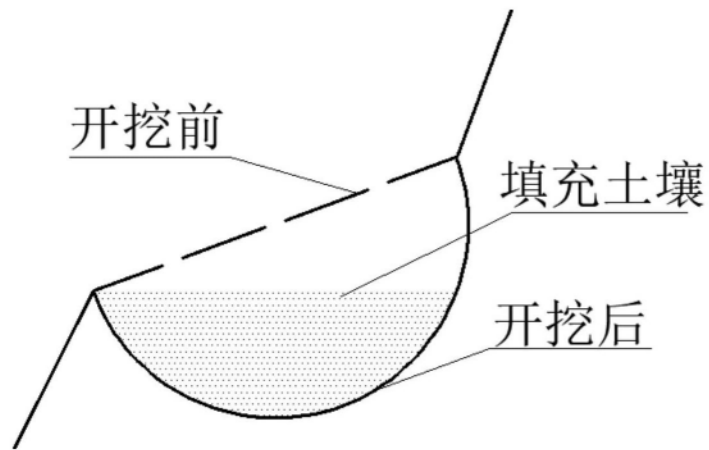


图12