



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106895755 B

(45)授权公告日 2018.03.30

(21)申请号 201710108109.0

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.02.27

F42D 3/04(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

F42D 1/00(2006.01)

申请公布号 CN 106895755 A

审查员 黄绍泽

(43)申请公布日 2017.06.27

(73)专利权人 贵州新联爆破工程集团有限公司

地址 550002 贵阳市南明区新华路
102号富中商厦14楼

(72)发明人 刘强 张航 池恩安 赵明生

陶铁军 康强 李杰 余红兵

周建敏 李想

(74)专利代理机构 贵阳春秋知识产权代理事务
所(普通合伙) 52109

代理人 李剑

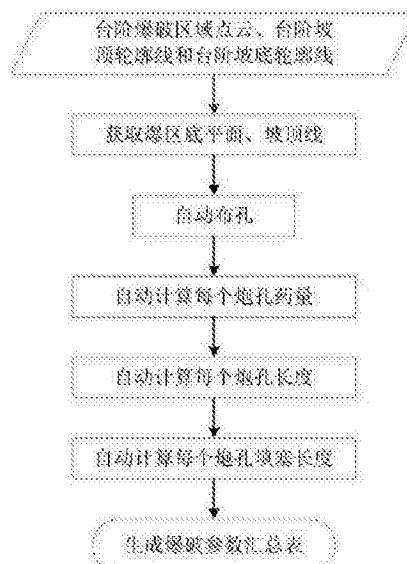
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

一种露天台阶爆破智能化设计方法

(57)摘要

本发明提供一种露天台阶爆破智能化设计方法,包含爆破区域三维地形点云精确模型的建立,炮孔自适应布置,炮孔深度自动计算,基于VORONOI体单孔药量计算,堵塞长度自动计算;并可视化布孔结果及以表格的形式给出每个炮孔的坐标、孔深、装药量及填塞长度。该发明在台阶爆破设计精度、效率及经济效益等方面取得了较大提高,更好地满足了台阶爆破设计快捷、精确和高效要求。



1. 一种露天台阶爆破智能化设计方法，其特征在于，包含以下步骤：

S1：输入台阶爆破区域点云、台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线，针对台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线内所有点要素生成初始的爆破区域底平面和坡顶线，包括以下子步骤：

s1.1：输入台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线与缓冲阈值，将台阶坡顶轮廓线投影到台阶坡底轮廓线所在平面，并且根据缓冲阈值将台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线与未开挖区域边界部分合并，生成台阶底平面；

s1.2：将台阶坡顶轮廓线两段延长与爆区边界线相交并超出小段；

S2：以步骤S1所生成台阶底平面为爆破区域，然后借助台阶坡顶轮廓线向爆区内推生成炮孔布置辅助线，然后在炮孔布置辅助线上等距截取炮孔中心坐标，包括以下子步骤：

s2.1通过台阶高度、炮孔直径、炸药密度以炸药单耗计算孔距；

s2.2根据台阶底平面，以上一步确定的孔距等间距将台阶坡顶轮廓线内推生成炮孔布置辅助线，直到布满整个爆破区域底平面，超出底平面以外部分裁掉；

s2.3在上一步生成的炮孔布置辅助线上，等排距依次截取每个炮孔中心的坐标位置，直到每条炮孔布置辅助线完成此操作，保存所有炮孔中心位置坐标；

S3：以步骤S2所生成炮孔中心位置坐标为中心，对爆破区域生成voronoi网格，将网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体，每个voronoi体即为每个炮孔所负担的体积，进一步计算每个炮孔的装药量，包括以下子步骤：

s3.1：对含有炮孔坐标的爆破区域底平面，以炮孔坐标为中心生成voronoi网格；

s3.2：根据输入的爆破区域点云生成DEM，将voronoi网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体，计算每个voronoi体体积并保存；

s3.3：用每个voronoi体体积与炸药单耗作乘，计算每个炮孔的装药量；

S4：根据每个炮孔中心在爆破区域底平面的坐标找到它们在爆区点云上的投影坐标，利用两坐标值及炮孔超深值计算每个炮孔长度值；

S5：根据连续耦合装药原理利用每个炮孔装药量计算相应炮孔装药长度，再用炮孔长度和装药长度值计算每个炮孔填塞长度，并保存计算结果；

S6：汇总炮孔中心坐标值、相应炮孔装药量、炮孔长度及填塞长度，输出爆破参数汇总表。

2. 如权利要求1所述的露天台阶爆破智能化设计方法，其特征在于：步骤S2所述炮孔自动布置实现如下：

通过台阶高度、炮孔直径、炸药密度以炸药单耗计算孔距，根据步骤s1.1生成的台阶底平面；以步骤s2.1确定的孔距等间距将台阶坡顶轮廓线内推生成炮孔布置辅助线，直到布满整个爆破区域底平面，超出底平面以外部分裁掉；在步骤s2.2生成的炮孔布置辅助线上，等排距依次截取每个炮孔中心的坐标位置，直到每条炮孔布置辅助线完成此操作，保存所有炮孔中心位置坐标，最后将爆破区域底平面上所有炮孔中心位置坐标投影到爆区点云，炮孔中心位置坐标在爆区点云上的投影即为炮孔最终位置坐标。

3. 如权利要求1所述的露天台阶爆破智能化设计方法，其特征在于：步骤S3所述每个炮孔的装药量自动精确计算实现如下：

对含有炮孔坐标的爆破区域底平面，以炮孔坐标为中心生成voronoi网格；根据输入的爆破区域点云生成DEM，将voronoi网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi

体,计算每个voronoi体体积;用每个voronoi体体积与炸药单耗作乘,计算每个炮孔的装药量。

4. 如权利要求1所述的露天台阶爆破智能化设计方法,其特征在于:所述每个炮孔长度自动精确计算如下:

根据每个炮孔中心在爆破区域底平面的坐标找到它们在爆区点云上的投影坐标,利用两坐标值及炮孔超深值计算每个炮孔长度值。

5. 如权利要求1或2或4所述的露天台阶爆破智能化设计方法,其特征在于:根据连续耦合装药原理利用每个炮孔装药量计算相应炮孔装药长度,再用炮孔长度和装药长度值作差计算每个炮孔填塞长度。

一种露天台阶爆破智能化设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工程爆破领域,具体为一种露天台阶爆破智能化设计方法。

背景技术

[0002] 传统的爆破设计仅仅给出指导性说明文件,并且爆破参数多为设计者凭借多年的设计经验确定,设计本身缺乏科学性和合理性。另外,现场作业人员仅能将爆破设计文件作为参考,根据现场地质、地形情况,凭借个人施工经验确定每个炮孔的最小抵抗线、坐标、装药量、填塞长度等爆破参数,设计与施工的经验确定方法导致了爆破作业本身效率低、经济成本高、安全性差,并且进一步影响了铲装、挖运的效率,采矿综合成本升高。

[0003] 随后国内外从事工程爆破研究者对露天矿山台阶爆破作业如何摆脱凭借经验设计、操作这种粗犷、低效的作业方式,实现露天矿山台阶爆破设计数字化、智能化进行了理论与方法的研究。从最初实现爆破设计文档电子化,后来借助计算机实现爆破设计的半自动半手工设计,到如今爆破设计计算机全自动化,三维化、智能化、可视化已成为台阶爆破设计国内外研究的新热点。

[0004] 在爆破设计计算机辅助技术中,实现爆破地质和爆破区域地形数字化、以及数字化模型的高准确性是关键。

[0005] 由于现有爆破设计系统通常都是在爆破区域地形简化理想几何模型上进行爆破设计,系统虽然能够给出每个孔布设参数值,但由于简化地形与实际地形偏差甚大,不能保障设计参数的合理性,尤其不能保障前排孔最小抵抗线是否满足设计要求,进而影响后排孔的布设,因此需要提出全新的技术方案进行改进和完善。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种露天台阶爆破智能化设计方法,以解决上述背景技术中提出的问题。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种露天台阶爆破智能化设计方法,包含以下步骤:

[0008] S1:输入台阶爆破区域点云、台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线,针对台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线内所有点要素生成初始的爆破区域底平面和坡顶线,包括以下子步骤:

[0009] s1.1:输入台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线与缓冲阈值,将台阶坡顶轮廓线投影到台阶坡底轮廓线所在平面,并且根据缓冲阈值将台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线与未开挖区域边界部分合并,生成台阶底平面;

[0010] s1.2:将台阶坡顶线两段延长与爆区边界线相交并超出小段;

[0011] S2:以步骤S1所生成台阶底平面为爆破区域,然后借助台阶坡顶线向爆区内推生成炮孔布置辅助线,然后在炮孔辅助线上等距截取炮孔中心坐标,包括以下子步骤:

[0012] s2.1通过台阶高度、炮孔直径、炸药密度以炸药单耗计算孔距;

[0013] s2.2根据台阶底平面,以上一步确定的孔距等间距将台阶坡顶线内推生成炮孔布置辅助线,直到布满整个爆破区域底平面,超出底平面以外部分裁掉;

[0014] s2.3在上一步生成的炮孔布置辅助线上,等排距依次截取每个炮孔中心的坐标位置,直到每条炮孔布置辅助线完成此操作,保存所有炮孔中心位置坐标;

[0015] S3:以步骤S2所生成炮孔中心位置坐标为中心,对爆破区域生成voronoi网格,将网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体,每个voronoi体即为每个炮孔所负担的体积,进一步计算每个炮孔的装药量,包括以下子步骤,

[0016] s3.1:对含有炮孔坐标的爆破区域底平面,以炮孔坐标为中心生成voronoi网格;

[0017] s3.2:根据输入的爆破区域点云生成DEM,将voronoi网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体,计算每个voronoi体体积并保存;

[0018] s3.3:用每个voronoi体体积与炸药单耗作乘,计算每个炮孔的装药量;

[0019] S4:根据每个炮孔中心在爆破区域底平面的坐标找到它们在爆区点云上的投影坐标,利用两坐标值及炮孔超深值计算每个炮孔长度值;

[0020] S5:根据连续耦合装药原理利用每个炮孔装药量计算相应炮孔装药长度,再用炮孔长度和装药长度值计算每个炮孔填塞长度,并保存计算结果;

[0021] S6:汇总炮孔中心坐标值、相应炮孔装药量、炮孔长度及填塞长度,输出爆破参数汇总表。

[0022] 优选的,步骤S2所述炮孔自动布置实现如下:通过台阶高度、炮孔直径、炸药密度以炸药单耗计算孔距,根据步骤s1.1生成的台阶底平面;以步骤s2.1确定的孔距等间距将台阶坡顶线内推生成炮孔布置辅助线,直到布满整个爆破区域底平面,超出底平面以外部分裁掉;在步骤s2.2生成的炮孔布置辅助线上,等排距依次截取每个炮孔中心的坐标位置,直到每条炮孔布置辅助线完成此操作,保存所有炮孔中心位置坐标,最后将爆破区域底平面上所有炮孔中心位置坐标投影到爆区点云,炮孔中心位置坐标在爆区点云上的投影即为炮孔最终位置坐标。

[0023] 优选的,步骤S3所述每个炮孔药量自动精确计算实现如下:对含有炮孔坐标的爆破区域底平面,以炮孔坐标为中心生成voronoi网格;根据输入的爆破区域点云生成DEM,将voronoi网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体,计算每个voronoi体体积;用每个voronoi体体积与炸药单耗作乘,计算每个炮孔的装药量。

[0024] 优选的,所述每个炮孔长度自动精确计算如下:根据每个炮孔中心在爆破区域底平面的坐标找到它们在爆区点云上的投影坐标,利用两坐标值及炮孔超深值计算每个炮孔长度值。

[0025] 优选的,根据连续耦合装药原理利用每个炮孔装药量计算相应炮孔装药长度,再用炮孔长度和装药长度值作差计算每个炮孔填塞长度。

[0026] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:本发明根据露天台阶爆破理论提出了一种基于爆破区域点云几何精确模型的台阶爆破设计方法:通过三维激光扫描或摄影测量技术获取露天台阶爆破区域地形点云实景模型,将爆破区域三维实景地形数字化,依照本发明,通过辅助算法在模型上面精确测量并自动标定每个炮孔坐标;并利用voronoi网格将爆破区域划分为每个炮孔负担的体积群,自动精确计算每个炮孔的装药量;利用爆破区域地形点云模型精确自动计算每个炮孔长度、填塞长度;实现了爆破设计数字化、自动化、可视

化;相比传统设计以及现有爆破设计系统,该发明基于爆破区域三维地形点云实景模型,自动精确标定每个孔坐标、自动精确计算每个孔药量、炮孔长度、填塞长度,该发明较大地提高了设计效率、精度,降低了设计难度、复杂性。

附图说明

- [0027] 图1为本发明实施例在露天台阶爆破设计时的流程图。
- [0028] 图2为本发明实施例中露天台阶爆破区域点云模型示意图。
- [0029] 图3为本发明实施例中爆破区域边界示意图。
- [0030] 图4为本发明实施例中炮孔布置辅助线生成示意图。
- [0031] 图5为本发明实施例中炮孔布置辅助线上生成炮孔示意图。
- [0032] 图6为本发明实施例中炮孔自适应布置示意图。
- [0033] 图7为本发明实施例中炮孔负担体积voronoi体生成示意图。
- [0034] 图8为本发明实施例中露天台阶爆破设计参数汇总表。

具体实施方式

[0035] 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。

[0036] 请参阅图1-8,本发明提供一种技术方案:一种露天台阶爆破智能化设计方法,包含以下步骤:

[0037] S1:输入台阶爆破区域点云、台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线,针对台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线内所有点要素生成初始的爆破区域底平面和坡顶线,包括以下子步骤:

[0038] s1.1:输入台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线与缓冲阈值,将台阶坡顶轮廓线投影到台阶坡底轮廓线所在平面,并且根据缓冲阈值将台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线与未开挖区域边界部分合并,生成台阶底平面;

[0039] s1.2:将台阶坡顶线两段延长与爆区边界线相交并超出小段;

[0040] S2:以步骤S1所生成台阶底平面为爆破区域,然后借助台阶坡顶线向爆区内推生成炮孔布置辅助线,然后在炮孔辅助线上等距截取炮孔中心坐标,包括以下子步骤:

[0041] s2.1通过台阶高度、炮孔直径、炸药密度以炸药单耗计算孔距;

[0042] s2.2根据台阶底平面,以上一步确定的孔距等间距将台阶坡顶线内推生成炮孔布置辅助线,直到布满整个爆破区域底平面,超出底平面以外部分裁掉;

[0043] s2.3在上一步生成的炮孔布置辅助线上,等排距依次截取每个炮孔中心的坐标位置,直到每条炮孔布置辅助线完成此操作,保存所有炮孔中心位置坐标;

[0044] 所述炮孔自动布置实现如下:通过台阶高度、炮孔直径、炸药密度以炸药单耗计算孔距,根据步骤s1.1生成的台阶底平面;以步骤s2.1确定的孔距等间距将台阶坡顶线内推生成炮孔布置辅助线,直到布满整个爆破区域底平面,超出底平面以外部分裁掉;在步骤s2.2生成的炮孔布置辅助线上,等排距依次截取每个炮孔中心的坐标位置,直到每条炮孔

布置辅助线完成此操作,保存所有炮孔中心位置坐标,最后将爆破区域底平面上所有炮孔中心位置坐标投影到爆区点云,炮孔中心位置坐标在爆区点云上的投影即为炮孔最终位置坐标。

[0045] S3:以步骤S2所生成炮孔中心位置坐标为中心,对爆破区域生成voronoi网格,将网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体,每个voronoi体即为每个炮孔所负担的体积,进一步计算每个炮孔的装药量,包括以下子步骤,

[0046] s3.1:对含有炮孔坐标的爆破区域底平面,以炮孔坐标为中心生成voronoi网格;

[0047] s3.2:根据输入的爆破区域点云生成DEM,将voronoi网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体,计算每个voronoi体体积并保存;

[0048] s3.3:用每个voronoi体体积与炸药单耗作乘,计算每个炮孔的装药量;

[0049] 步骤S3所述每个炮孔药量自动精确计算实现如下:对含有炮孔坐标的爆破区域底平面,以炮孔坐标为中心生成voronoi网格;根据输入的爆破区域点云生成DEM,将voronoi网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体,计算每个voronoi体体积;用每个voronoi体体积与炸药单耗作乘,计算每个炮孔的装药量。

[0050] S4:根据每个炮孔中心在爆破区域底平面的坐标找到它们在爆区点云上的投影坐标,利用两坐标值及炮孔超深值计算每个炮孔长度值;每个炮孔长度自动精确计算如下:根据每个炮孔中心在爆破区域底平面的坐标找到它们在爆区点云上的投影坐标,利用两坐标值及炮孔超深值计算每个炮孔长度值。

[0051] S5:根据连续耦合装药原理利用每个炮孔装药量计算相应炮孔装药长度,再用炮孔长度和装药长度值计算每个炮孔填塞长度,并保存计算结果;根据连续耦合装药原理利用每个炮孔装药量计算相应炮孔装药长度,再用炮孔长度和装药长度值作差计算每个炮孔填塞长度。

[0052] S6:汇总炮孔中心坐标值、相应炮孔装药量、炮孔长度及填塞长度,输出爆破参数汇总表。

[0053] 具体实施时,本发明方法可采用计算机软件技术实现自动运行。参见图1,实施例所提供的方法流程包括以下步骤:

[0054] S1:输入台阶爆破区域点云C、台阶坡顶轮廓线Ltop和台阶坡底轮廓线Lbom,针对台阶坡顶轮廓线Ltop和台阶坡底轮廓线Lbom内所有点要素生成初始的爆破区域底平面和坡顶线,包括以下子步骤:

[0055] s1.1:输入台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线与缓冲阈值,将台阶坡顶轮廓线投影到台阶坡底轮廓线所在平面,并且根据缓冲阈值将台阶坡顶轮廓线和台阶坡底轮廓线与未开挖区域边界部分合并,生成台阶底平面S;

[0056] s1.2:将台阶坡顶线两段延长与爆区边界线相交并超出小段,生成新的台阶坡顶线T;

[0057] S2:以步骤1所生成台阶底平面S为爆破区域,然后借助台阶坡顶线向爆区内推生成炮孔布置辅助线,然后在炮孔辅助线上等距截取炮孔中心坐标P,最后将炮孔中心坐标P投影到点云C,包括以下子步骤:

[0058] s2.1,通过台阶高度、炮孔直径、炸药密度以炸药单耗计算孔距a;

[0059] s2.2,根据台阶底平面,以步骤2.1确定的孔距a等间距将台阶坡顶线内推生成炮

孔布置辅助线La,直到布满整个爆破区域底平面,超出底平面以外部分裁掉;

[0060] s2.3,在步骤s2.2生成的炮孔布置辅助线La上,等排距b依次截取每个炮孔中心的坐标位置,直到每条炮孔布置辅助线完成此操作,保存所有炮孔中心位置坐标到集合P。

[0061] S3:以步骤S2所生成炮孔中心位置坐标P为中心,对爆破区域生成voronoi网格,将网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体群N,每个voronoi体Ni即为每个炮孔所负担的体积,进一步计算每个炮孔的装药量Qi,包括以下子步骤,

[0062] s3.1:对含有炮孔坐标的爆破区域底平面S,以炮孔坐标P为中心生成voronoi网格;

[0063] s3.2:根据输入的爆破区域点云生成DEM,将voronoi网格沿炮孔轴向拉伸与爆区点云DEM相交生成voronoi体集合N,计算每个voronoi体体积并保存于Ni;

[0064] s3.3:用每个voronoi体Ni体积与炸药单耗q作乘,计算每个炮孔的装药量并保存于Qi。

[0065] S4:根据每个炮孔中心在爆破区域底平面S的坐标P找到它们在爆区点云C上的投影坐标P',利用P、P'差的绝对值与炮孔超深值h的和计算每个炮孔长度值并保存于Li。

[0066] S5:根据连续耦合装药原理利用每个炮孔装药量Qi计算相应炮孔装药长度li,再用炮孔长度Li和装药长度li计算每个炮孔填塞长度,并保存计算结果于LDi。

[0067] S6:汇总炮孔中心坐标值P、相应炮孔装药量Q、炮孔长度L及填塞长度LD,输出爆破参数汇总表,如图8所示。

[0068] 本方案仅需输入台阶爆破区域点云模型C、台阶坡顶轮廓线Ltop和台阶坡底轮廓线Lbom,以及台阶设计高度H、炮孔直径D、炸药密度p和炸药单耗q,软件便可执行以上步骤,最终给出炮孔布置图和爆破参数汇总表。

[0069] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

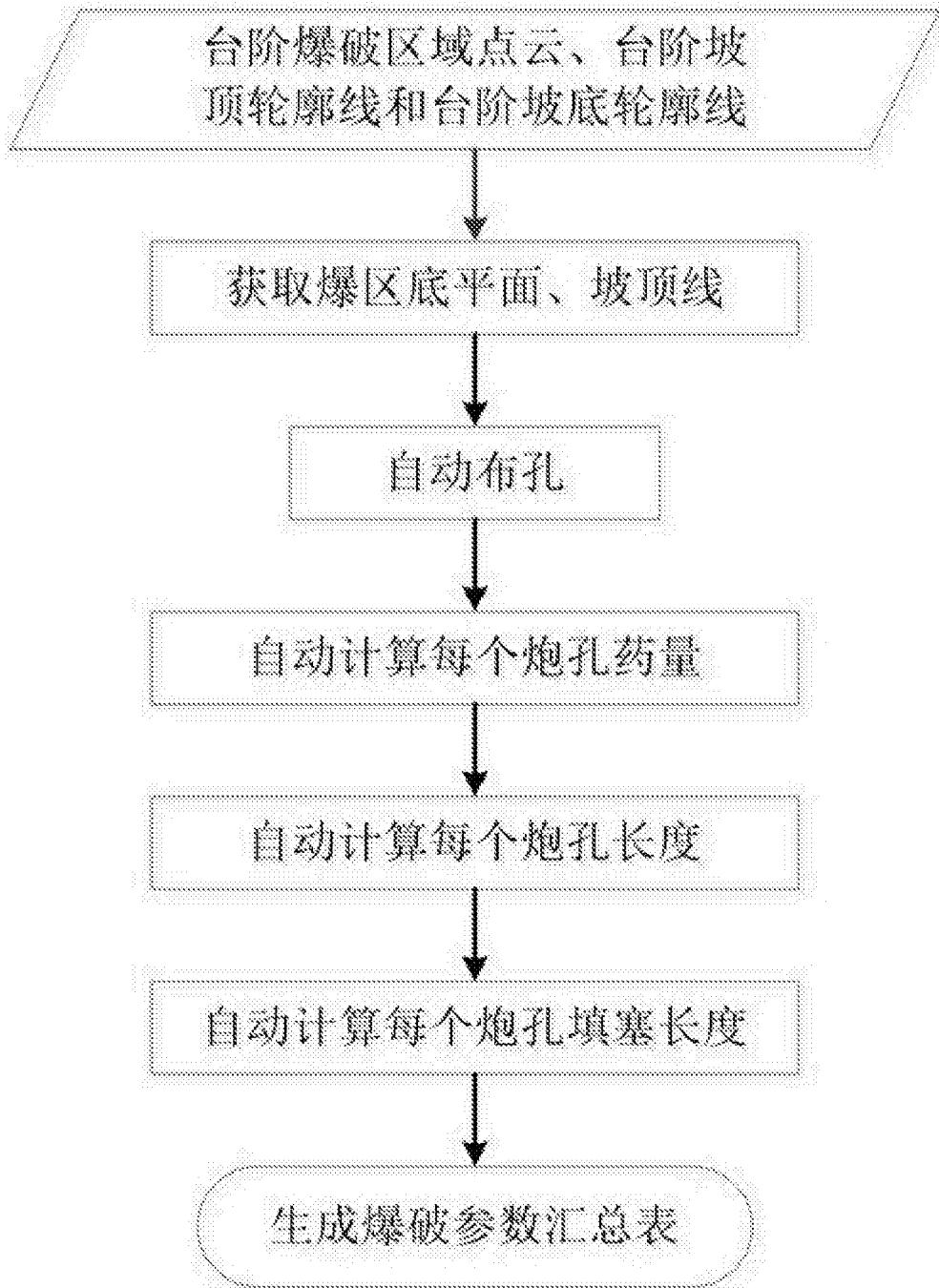


图1

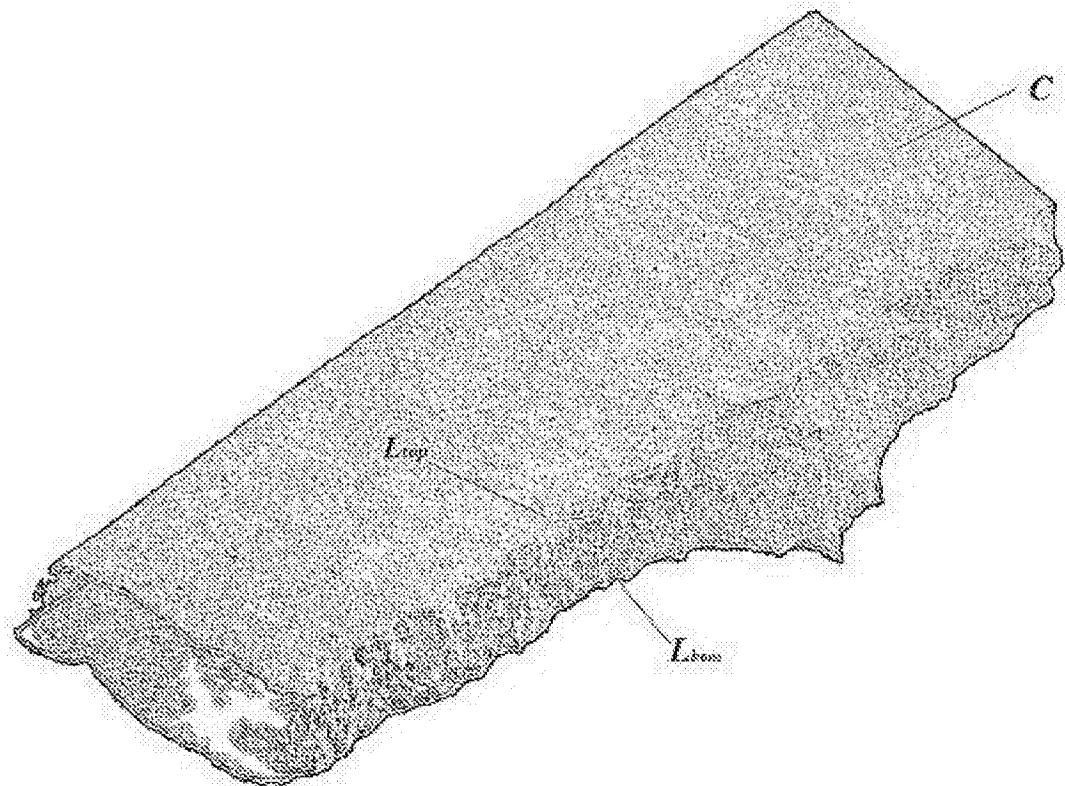


图2

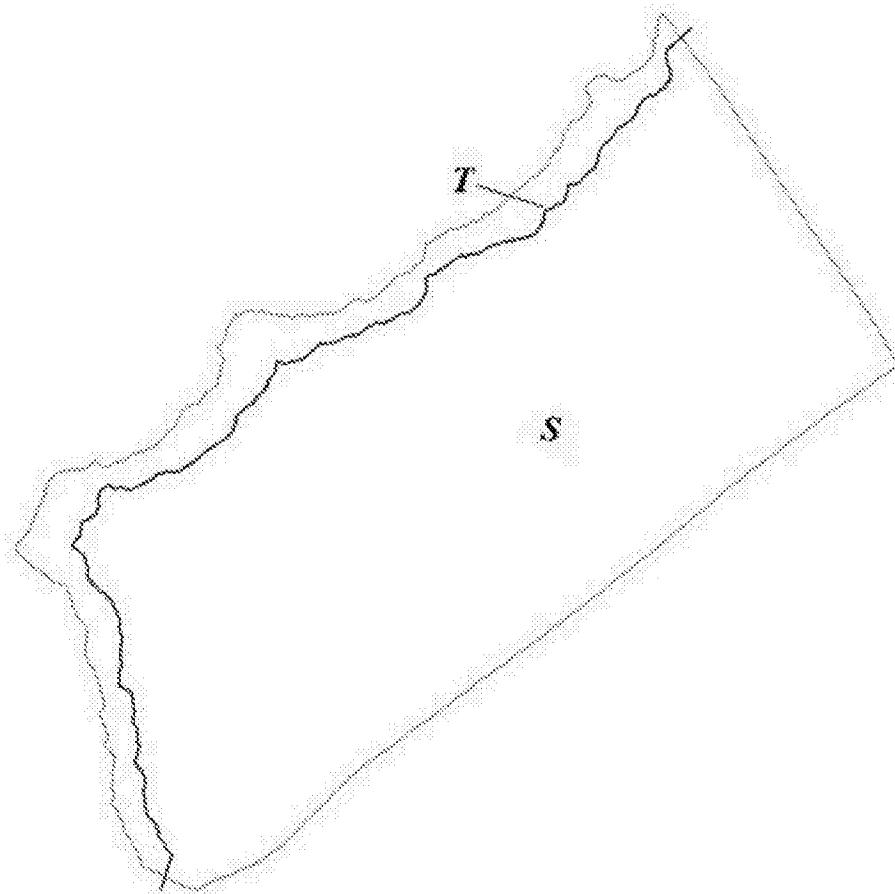


图3

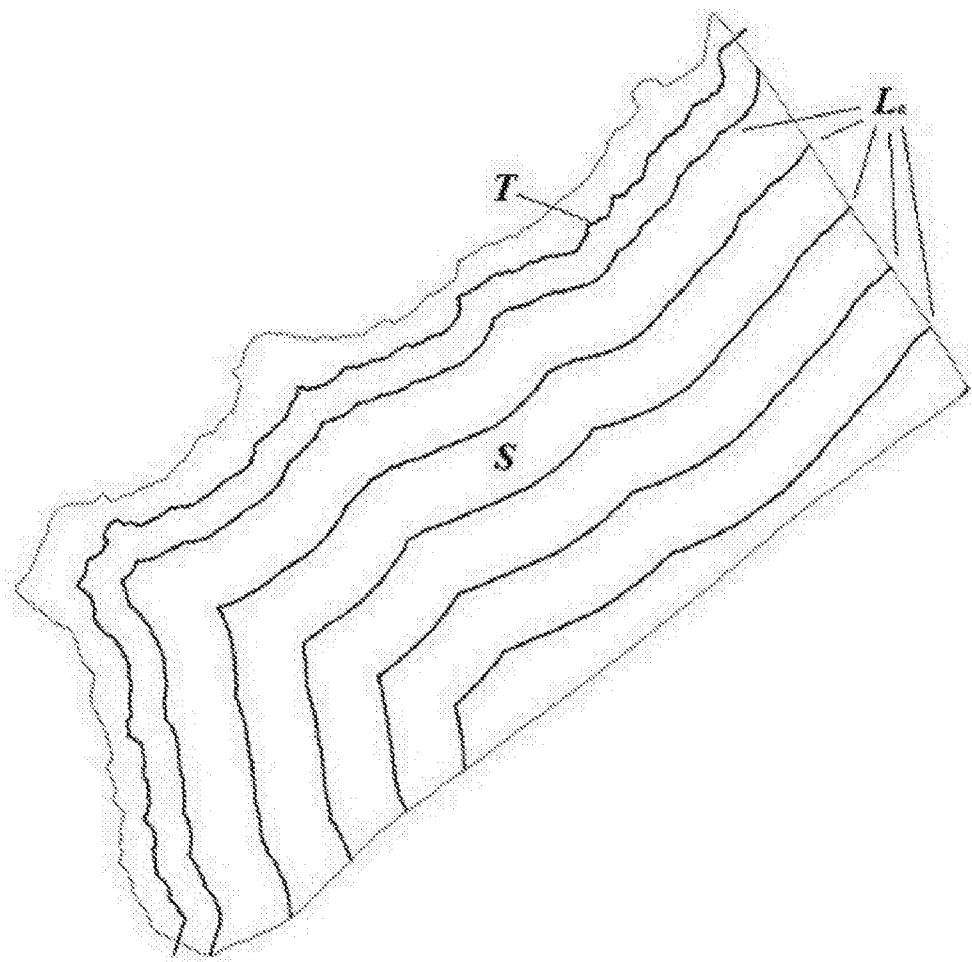


图4

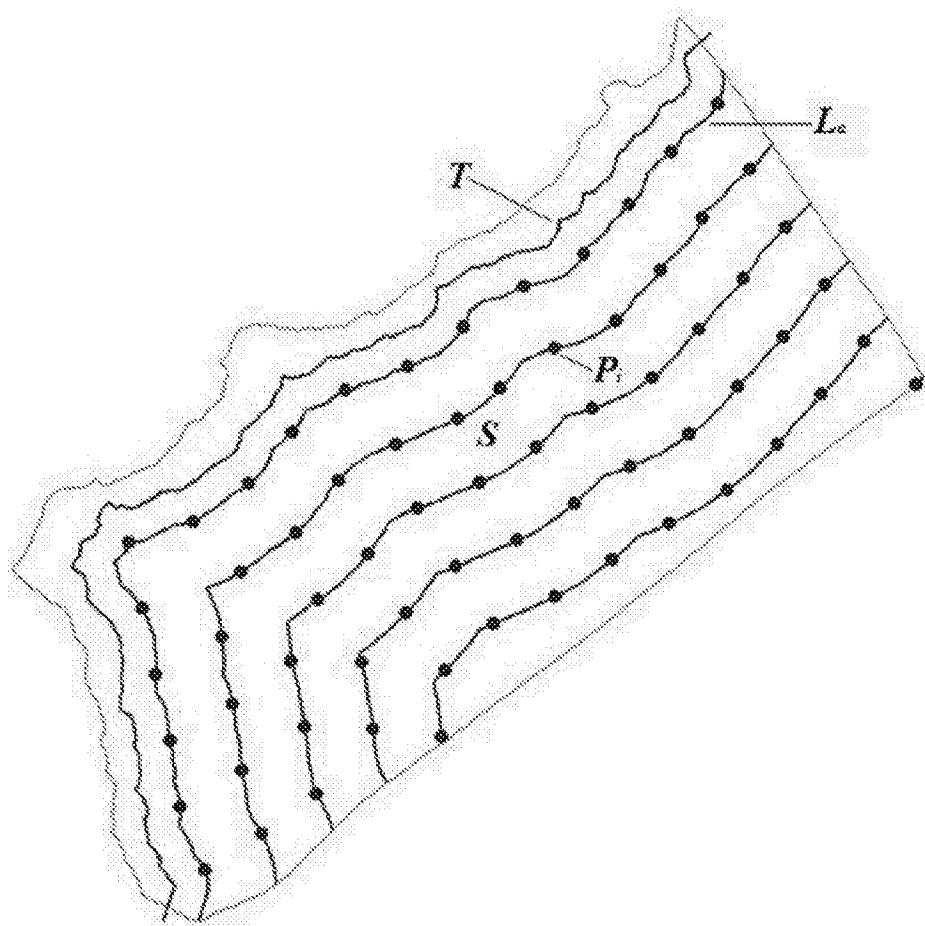


图5

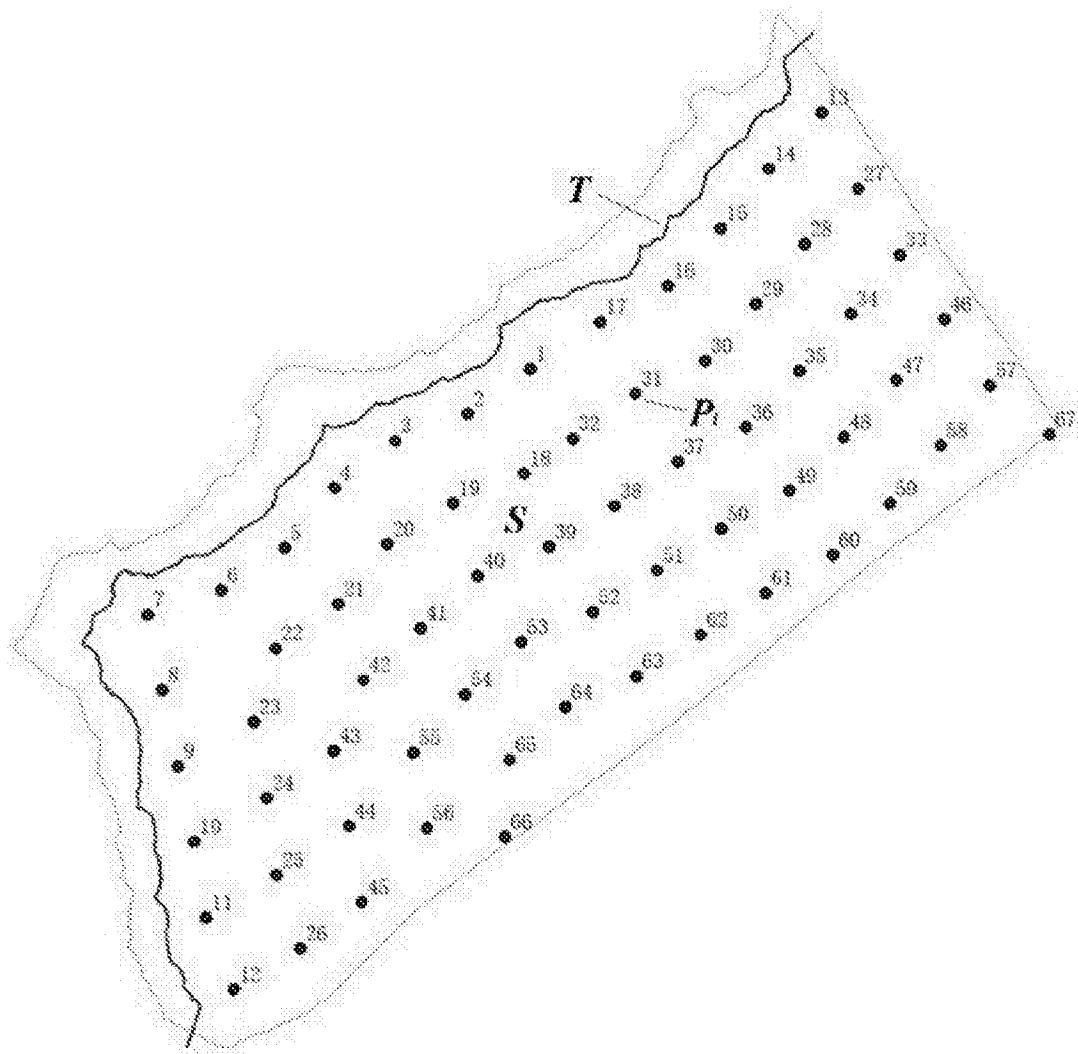


图6

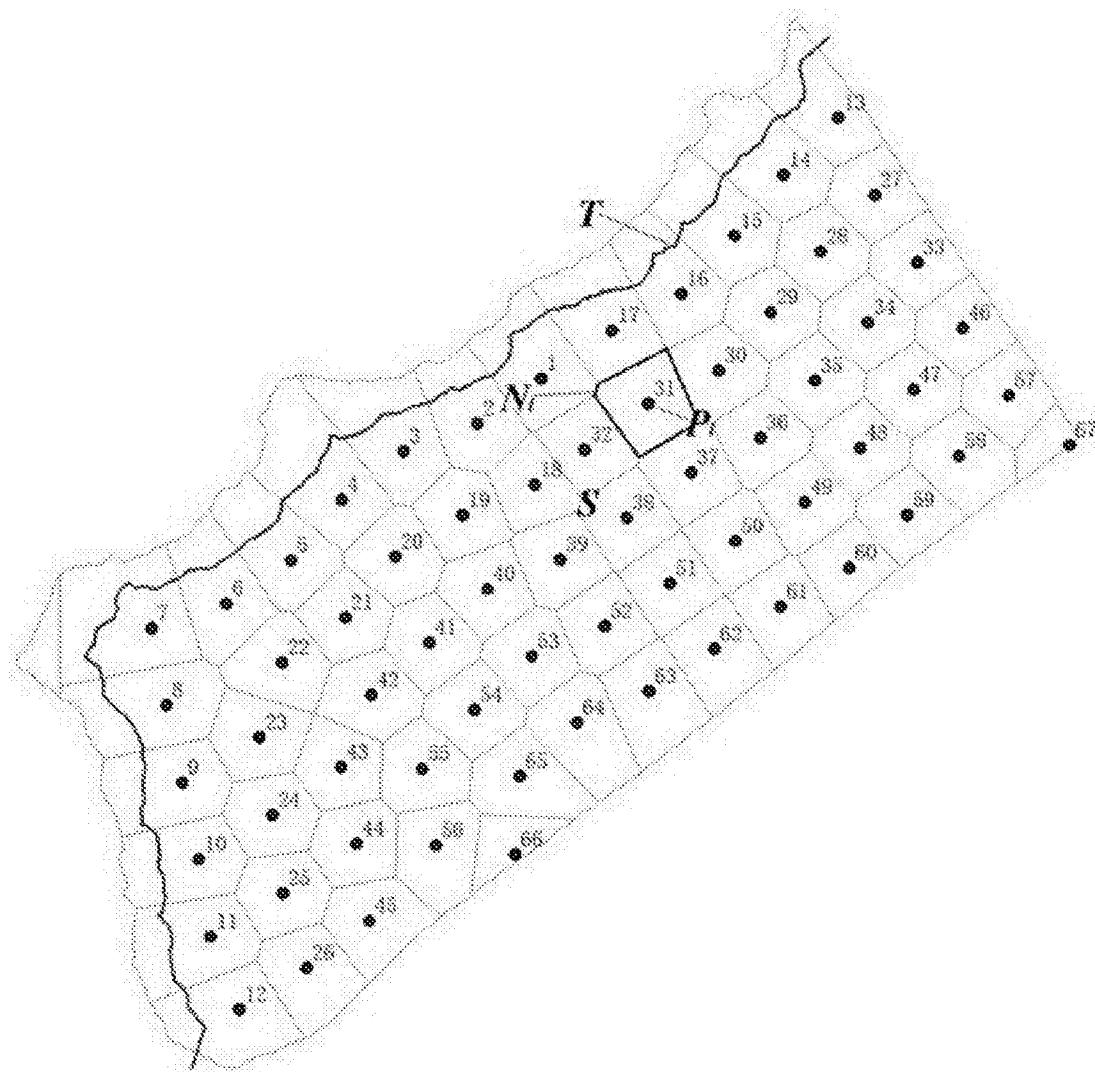


图7

OBJECTID	X	Y	Length	Charge per hole	Stemming
1	795362	2903933	6.5	59	3.2
2	795358	2903939	7.0	52	4.2
3	795353	2903928	7.5	61	4.1
4	795349	2903925	8.0	66	4.3
5	795346	2903921	8.2	61	4.8

图8