



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114165032 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 11

(21) 申请号 202111614989.1

(22) 申请日 2021.12.27

(71) 申请人 中国科学技术大学

地址 230031 安徽省合肥市蜀山区黄山路
443号

(72) 发明人 徐洋 杨周旺

(74) 专利代理机构 安徽省合肥新安专利代理有
限责任公司 34101

代理人 陆丽莉 何梅生

(51) Int. Cl.

E04F 21/22 (2006.01)

B28D 1/22 (2006.01)

G06Q 10/04 (2012.01)

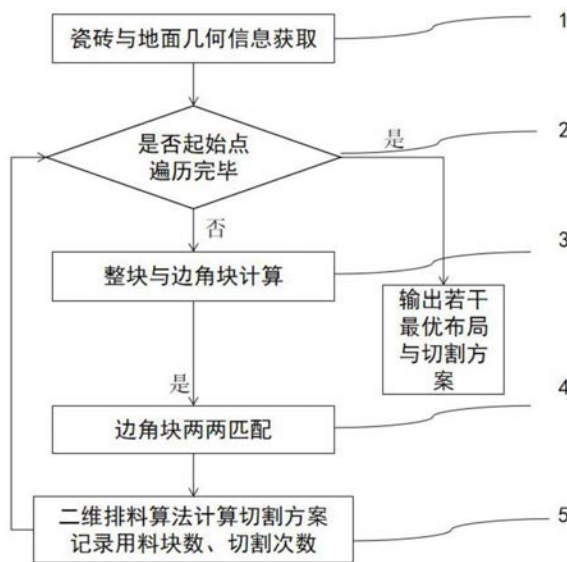
权利要求书3页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

一种需求导向的瓷砖铺排与切割方法

(57) 摘要

本发明公开了一种需求导向的瓷砖铺排与切割方法,其步骤包括:1、遍历所有起铺点和起铺方向,得到各自对应的整块、边角块、用料块数、内外切割次数,根据用户需求,即目标的优先级,输出最合适的若干布局与切割方案供用户选择;2、利用搜索算法和多边形布尔运算得到整块和边角块;3、基于最大匹配算法得到边角块的两两组合的最优方案;4、利用二维矩形排料算法得到切割方案和内外切割次数。本发明能自动为每个起铺点和起铺方向计算铺排方案,得到边角块、整块,并生成利用率高的切割方案和返回精确的统计信息,从而能够根据客户预先指定的优先级权重,筛选输出定制化的铺排切割方案。



1. 一种需求导向的瓷砖铺排与切割方法,其特征是用矩形或平行四边形的瓷砖P按照铺法L覆盖多边形结构的铺排区域R,所述铺法L包括直铺、工字铺、369铺、人字铺、鱼骨铺;所述瓷砖铺排与切割方法是按如下步骤进行:

步骤1:设定瓷砖P的尺寸为 $[w, h, s]$,分别表示宽、高、偏移;若所述瓷砖P为矩形,则偏移 s 为0;

以铺排区域R的外接矩形的一个顶点作为原点,与原点相连的相邻两边分别作为X轴和Y轴,从而建立直角坐标系;

设定铺排区域R的轮廓在直角坐标系中用顶点数组E表征,铺排区域R的所有内部孔洞在直角坐标系中用顶点数组I表征;

设定计算参数信息包括:铺法L、铺排间隙 d_p 、切割间隙 d_c 、铺排角度的列表和统计信息的加权参数 c ;

步骤2:根据铺法L、铺排间隙 d_p 、瓷砖P的尺寸 $[w, h, s]$,定义瓷砖夹角 $\varphi = \tan^{-1} \frac{h}{s}$,建立起始瓷砖及其两个平移方向 d_0 和 d_1 ,若所述铺法L为直铺或工字铺或369铺,则设置1个起始瓷砖 b_1 ,且起始瓷砖 b_1 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0, 0), (w, 0), (w+s, h), (s, h)]$ 表示;

若所述铺法L为人字铺或鱼骨铺,则设置2个起始瓷砖 b_1 和 b_2 ;其中,人字铺的起始瓷砖 b_1 用顶点数组 $[(0, 0), (w, 0), (w+s, h), (s, h)]$ 表示;人字铺的起始瓷砖 b_2 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0, 0), (h+d_p, 0), (h, h+w+d_p), (0, h+w+d_p)]$ 表示;鱼骨铺的起始瓷砖 b_1 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0, 0), (w, 0), (w+s, h), (s, h)]$ 表示;鱼骨铺的起始瓷砖 b_2 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0, -d_p), (w, -d_p), (w+s, -h-d_p), (s, -h-d_p)]$ 表示;

若所述铺法L为直铺,则起始瓷砖 b_1 的两个平移方向 $d_0 = \left(w + \frac{d_p}{\sin \varphi}, 0\right), d_1 = (s, h+d_p)$;

若所述铺法L为工字铺,则起始瓷砖 b_1 的两个平移方向 $d_0 = \left(\frac{w}{2} + \frac{d_p}{2 \sin \varphi}, 0\right), d_1 = (s, h+d_p)$;

若所述铺法L为369铺,则起始瓷砖 b_1 的两个平移方向 $d_0 = \left(\frac{w}{3} + \frac{d_p}{3 \sin \varphi}, 0\right), d_1 = (s, h+d_p)$;

若所述铺法L为人字铺,则起始瓷砖 b_1 和起始瓷砖 b_2 的两个平移方向 $d_0 = (h+d_p, h+d_p), d_1 = (w-h, -h-w-2d_p)$;

若所述铺法L为鱼骨铺,则起始瓷砖 b_1 和起始瓷砖 b_2 的两个平移方向 $d_0 = (0, 2h+2d_p), d_1 = (s, 0)$;

步骤3:令起铺点集合包括铺排区域R中所有多边形的顶点和边的中点,遍历起铺点集合和起铺角度的列表;选择起铺点集合中的一个点作为起铺点 p ,从起铺角度的列表中选取一个起铺角度 θ ,并利用铺排和切割算法得到起铺点 p 与起铺角度 θ 所对应的整块 n_c 、边角块 n_s 、用料块数 n_u 、内切割次数 n_{ci} 、外切割次数 n_{co} 的统计信息;

步骤4:根据用户输入参数中指定的各项统计信息的加权系数 c ,得到起铺点 p 与起铺角度 θ 所对应的铺排与切割方案的评价值 v ,从而得到所有铺排与切割方案的评价值并进行降序排序,将降序排序后的铺排与切割方案推荐用户进行选择。

2. 根据权利要求1所述的需求导向的瓷砖铺排与切割方法,其特征是,所述步骤3中的

铺排和切割算法是按如下过程进行：

步骤3.1:对于起铺点 p 和起铺角度 θ ,首先对铺排区域 R 进行平移,使得起铺点 p 平移到直角坐标系的原点处,再将铺排区域 R 沿原点旋转 θ 角度;从而使得铺法 L 对应的起始瓷砖 b_1 的 $(0,0)$ 顶点与起铺点 p 重合;

步骤3.2:利用广度优先搜索算法和多边形布尔运算得到整块列表 C 和边角块列表 S ;

步骤3.2.1:初始化待搜索列表 $Remain = \{(0,0)\}$,已搜索列表 $Searched = \{\}$,整块列表 $C = \{\}$,边角块列表 $S = \{\}$;

步骤3.2.2:判断 $Remain$ 是否为空,若为空,则表示得到整块列表 C 和边角块列表 S 及其所对应的整块 n_c 和边角块 n_s 的统计信息,并执行步骤3.3;否则,选取 $Remain$ 中第一个待搜索位置为当前块的位置 $current = Pop(Remain)$;

步骤3.2.3:遍历当前块的位置 $current$ 的前后左右斜向的八个方向 $direction \in \{(-1,-1), (-1,0), (-1,1), (0,-1), (0,1), (1,-1), (1,0), (1,1)\}$,若遍历完毕,则执行步骤3.2.2;否则,执行步骤3.2.4;

步骤3.2.4:当前块沿其中一个方向 $direction$ 平移后的位置记为 $shift = (current[0] + direction[0], current[1] + direction[1])$;如果平移后的位置 $shift$ 存在于已搜索列表中,即 $shift \in Searched$,则跳转步骤3.2.3继续遍历;如果平移后的位置未在已搜索列表中,则将平移后的位置 $shift$ 加入已搜索列表中,即 $Searched.add(shift)$;

步骤3.2.5:将起始瓷砖 b_1 或2个起始瓷砖 b_1, b_2 沿向量 $v = shift[0]d_0 + shift[1]d_1$ 平移后,得到平移后的位置 $shift$ 处瓷砖的顶点坐标;

步骤3.2.6:通过将平移后的位置 $shift$ 处瓷砖与铺排区域 R 做布尔运算,得到两者重合面积 $overlap$;如果 $overlap$ 为空,则跳转步骤3.2.3;否则,执行步骤3.2.7;

步骤3.2.7:将平移后的位置 $shift$ 加入到待探索列表中,即 $Remain.add(shift)$;

步骤3.2.8:如果 $overlap$ 不等于瓷砖 p 的面积,则将 $overlap$ 加入边角块列表 S 中,即 $S.add(overlap)$,否则将 $overlap$ 加入整块列表 C 中,即 $C.add(overlap)$;

步骤3.3:基于最大匹配算法得到边角块两两组合的最优方案;

步骤3.3.1:遍历边角块列表 S 中找出所有能组成幂为2的子集,选取其中任意一个子集 $\{a, b\}$;

步骤3.3.2:如果 a, b 面积求和大于瓷砖 p 的面积,则表示两者不能组合,并跳转步骤3.3.1;否则,执行步骤3.3.3;

步骤3.3.3:依次将边角块 b 旋转 $[0, 90, 180, 270]$ 度后,得到相应的旋转后的边角块 b' ;

步骤3.3.4:利用滑动轨迹法或minkovski sum算法计算边角块 a 和每次旋转后的边角块 b' 的临界多边形 $NFP_{ab'}$;

步骤3.3.5:遍历每次旋转后的临界多边形 $NFP_{ab'}$ 上所有顶点,得到每次旋转后 a, b' 组合的外接矩形面积最小的位置;

步骤3.3.6:所有旋转角度遍历后,从每次旋转后的最小面积中选择最小值作为最优面积;

设定 a, b 组合后的收益 r_{ab} 为所述最优面积分别减去边角块 a 的面积和边角块 b 的面积;

步骤3.3.7:跳转步骤3.3.1,直到所有子集遍历完毕;

步骤3.3.8:根据所有子集组合后的收益,利用最大匹配算法求得两个边角块的最优组

合方案,所述最优组合方案包括:组合边角块的集合G和未组合边角块的集合O;

步骤3.4:利用二维矩形排料算法得到切割方案,即用料块数 n_u 、内切割次数 n_{ci} 和外切割次数 n_{co} 的统计信息;

步骤3.4.1:将每个边角块 $t \in S$ 的内部空洞的边的个数求和,作为内切割次数 n_{ci} 的统计信息;

步骤3.4.2:对所述组合边角块的集合G和未组合边角块的集合O,根据瓷砖p的形状,分别计算组合边角块的集合G和未组合边角块的集合O中的每个边角块的外接平行四边形或外接矩形的宽度和高度;

步骤3.4.3:对每个边角块按照高度增大 d_c ,宽度增大 $\frac{d_c \sqrt{h^2 + s^2}}{h}$ 的方式进行外扩,以预留切割间隙;

步骤3.4.4:按照从小到大的顺序遍历瓷砖p的用料个数,直到采用二维矩形排料算法Guilotine启发式算法能切割出所有的边角块,从而得到料块数 n_u 和外切割次数 n_{co} 的统计信息。

一种需求导向的瓷砖铺排与切割方法

技术领域

[0001] 本发明涉及家装技术领域,尤其涉及一种需求导向的瓷砖布局与切割方法。

背景技术

[0002] 在室内设计装修中,瓷砖铺排是较规则、机械化的任务。目前市面上并没有现成软件支持瓷砖铺排的优化。在实际生产中,往往由施工师傅现场临时决定起铺点和起铺方向,无法选择更优的起始点和方向,也无法实现高效地利用瓷砖原料切割出需要的边角块,造成极大的材料浪费,增加装修成本。每个客户可能有不同的需求,部分客户可能更重视布局的美观,希望更少的切割次数或更少的边角块个数,装修行业需要能够自动满足客户定制化需求,并能实现省工省料铺排与切割优化。

发明内容

[0003] 本发明是为了解决上述现有技术存在的不足之处,提出一种需求导向的瓷砖铺排与切割方法,以期能自动为每个起铺点和起铺方向计算铺排方案,得到边角块、整块,并生成利用率高的切割方案和返回精确的统计信息,从而能够根据客户预先指定的优先级权重,筛选输出定制化的铺排切割方案,以自动满足客户定制化需求,省工省料。

[0004] 本发明为达到上述发明目的,采用如下技术方案:

[0005] 本发明一种需求导向的瓷砖铺排与切割方法的特点是用矩形或平行四边形的瓷砖P按照铺法L覆盖多边形结构的铺排区域R,所述铺法L包括直铺、工字铺、369铺、人字铺、鱼骨铺;所述瓷砖铺排与切割方法是按是如下步骤进行:

[0006] 步骤1:设定瓷砖P的尺寸为 $[w, h, s]$,分别表示宽、高、偏移;若所述瓷砖P为矩形,则偏移 s 为0;

[0007] 以铺排区域R的外接矩形的一个顶点作为原点,与原点相连的相邻两边分别作为X轴和Y轴,从而建立直角坐标系;

[0008] 设定铺排区域R的轮廓在直角坐标系中用顶点数组E表征,铺排区域R的所有内部孔洞在直角坐标系中用顶点数组I表征;

[0009] 设定计算参数信息包括:铺法L、铺排间隙 d_p 、切割间隙 d_c 、铺排角度的列表和统计信息的加权参数 c ;

[0010] 步骤2:根据铺法L、铺排间隙 d_p 、瓷砖P的尺寸 $[W, h, S]$,定义瓷砖夹角 $\varphi = \tan^{-1} \frac{h}{s}$,建立起始瓷砖及其两个平移方向 d_0 和 d_1 ,若所述铺法L为直铺或工字铺或369铺,则设置1个起始瓷砖 b_1 ,且起始瓷砖 b_1 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0, 0), (W, 0), (W+S, h), (S, h)]$ 表示;

[0011] 若所述铺法L为人字铺或鱼骨铺,则设置2个起始瓷砖 b_1 和 b_2 ;其中,人字铺的起始瓷砖 b_1 用顶点数组 $[(0, 0), (w, 0), (w+s, h), (s, h)]$ 表示;人字铺的起始瓷砖 b_2 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0, 0), (h+d_p, 0), (h, h+w+d_p), (0, h+w+d_p)]$ 表示;鱼骨铺的起始瓷砖 b_1 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0, 0), (w, 0), (w+s, h), (s, h)]$ 表示;鱼骨铺的起始瓷砖 b_2 在直角

坐标系中用顶点数组 $[(0, -d_p), (w, -d_p), (w+s, -h-d_p), (s, -h-d_p)]$ 表示;

[0012] 若所述铺法L为直铺,则起始瓷砖 b_1 的两个平移方向 $d_0 = (w + \frac{d_p}{\sin \varphi}, 0)$, $d_1 = (s, h + d_p)$;

[0013] 若所述铺法L为工字铺,则起始瓷砖 b_1 的两个平移方向 $d_0 = (\frac{w}{2} + \frac{d_p}{2 \sin \varphi}, 0)$, $d_1 = (s, h + d_p)$;

[0014] 若所述铺法L为369铺,则起始瓷砖 b_1 的两个平移方向 $d_0 = (\frac{w}{3} + \frac{d_p}{3 \sin \varphi}, 0)$, $d_1 = (s, h + d_p)$;

[0015] 若所述铺法L为人字铺,则起始瓷砖 b_1 和起始瓷砖 b_2 的两个平移方向 $d_0 = (h + d_p, h + d_p)$, $d_1 = (w - h, -h - w - 2d_p)$;

[0016] 若所述铺法L为鱼骨铺,则起始瓷砖 b_1 和起始瓷砖 b_2 的两个平移方向 $d_0 = (0, 2h + 2d_p)$, $d_1 = (s, 0)$;

[0017] 步骤3:令起铺点集合包括铺排区域R中所有多边形的顶点和边的中点,遍历起铺点集合和起铺角度的列表;选择起铺点集合中的一个点作为起铺点p,从起铺角度的列表中选取一个起铺角度 θ ,并利用铺排和切割算法得到起铺点p与起铺角度 θ 所对应的整块 n_c 、边角块 n_s 、用料块数 n_u 、内切割次数 n_{ci} 、外切割次数 n_{co} 的统计信息;

[0018] 步骤4:根据用户输入参数中指定的各项统计信息的加权系数c,得到起铺点p与起铺角度 θ 所对应的铺排与切割方案的评价值v,从而得到所有铺排与切割方案的评价值并进行降序排序,将降序排序后的铺排与切割方案推荐用户进行选择。

[0019] 本发明所述的需求导向的瓷砖铺排与切割方法的特点也在于,所述步骤3中的铺排和切割算法是按如下过程进行:

[0020] 步骤3.1:对于起铺点p和起铺角度 θ ,首先对铺排区域R进行平移,使得起铺点p平移到直角坐标系的原点处,再将铺排区域R沿原点旋转 θ 角度;从而使得铺法L对应的起始瓷砖 b_1 的(0,0)顶点与起铺点p重合;

[0021] 步骤3.2:利用广度优先搜索算法和多边形布尔运算得到整块列表C和边角块列表S;

[0022] 步骤3.2.1:初始化待搜索列表Remain = {(0,0)},已搜索列表Searched = {},整块列表C = {},边角块列表S = {};

[0023] 步骤3.2.2:判断Remain是否为空,若为空,则表示得到整块列表C和边角块列表S及其所对应的整块 n_c 和边角块 n_s 的统计信息,并执行步骤3.3;否则,选取Remain中第一个待搜索位置为当前块的位置current = Pop(Remain);

[0024] 步骤3.2.3:遍历当前块的位置current的前后左右斜向的八个方向direction $\in \{(-1, -1), (-1, 0), (-1, 1), (0, -1), (0, 1), (1, -1), (1, 0), (1, 1)\}$,若遍历完毕,则执行步骤3.2.2;否则,执行步骤3.2.4;

[0025] 步骤3.2.4:当前块沿其中一个方向direction平移后的位置记为shift = (current[0]+direction[0], current[1]+direction[1]);如果平移后的位置shift存在于已搜索列表中,即shift \in Searched,则跳转步骤3.2.3继续遍历;如果平移后的位置未在已搜索列表中,则将平移后的位置shift加入已搜索列表中,即Searched.add(shift);

- [0026] 步骤3.2.5:将起始瓷砖 b_1 或2个起始瓷砖 b_1 、 b_2 沿向量 $v = \text{shift}[0]d_0 + \text{shift}[1]d_1$ 平移后,得到平移后的位置 shift 处瓷砖的顶点坐标;
- [0027] 步骤3.2.6:通过将平移后的位置 shift 处瓷砖与铺排区域 R 做布尔运算,得到两者重合面积 overlap ;如果 overlap 为空,则跳转步骤3.2.3;否则,执行步骤3.2.7;
- [0028] 步骤3.2.7:将平移后的位置 shift 加入到待探索列表中,即 $\text{Remain.add}(\text{shift})$;
- [0029] 步骤3.2.8:如果 overlap 不等于瓷砖 p 的面积,则将 overlap 加入边角块列表 S 中,即 $S.add(\text{overlap})$,否则将 overlap 加入整块列表 C 中,即 $C.add(\text{overlap})$;
- [0030] 步骤3.3:基于最大匹配算法得到边角块两两组合的最优方案;
- [0031] 步骤3.3.1:遍历边角块列表 S 中找出所有能组成幂为2的子集,选取其中任意一个子集 $\{a, b\}$;
- [0032] 步骤3.3.2:如果 a, b 面积求和大于瓷砖 p 的面积,则表示两者不能组合,并跳转步骤3.3.1;否则,执行步骤3.3.3;
- [0033] 步骤3.3.3:依次将边角块 b 旋转 $[0, 90, 180, 270]$ 度后,得到相应的旋转后的边角块 b' ;
- [0034] 步骤3.3.4:利用滑动轨迹法或minkovski sum算法计算边角块 a 和每次旋转后的边角块 b' 的临界多边形 $\text{NFP}_{ab'}$;
- [0035] 步骤3.3.5:遍历每次旋转后的临界多边形 $\text{NFP}_{ab'}$ 上所有顶点,得到每次旋转后 a, b' 组合的外接矩形面积最小的位置;
- [0036] 步骤3.3.6:所有旋转角度遍历后,从每次旋转后的最小面积中选择最小值作为最优面积;
- [0037] 设定 a, b 组合后的收益 r_{ab} 为所述最优面积分别减去边角块 a 的面积和边角块 b 的面积;
- [0038] 步骤3.3.7:跳转步骤3.3.1,直到所有子集遍历完毕;
- [0039] 步骤3.3.8:根据所有子集组合后的收益,利用最大匹配算法求得两个边角块的最优组合方案,所述最优组合方案包括:组合边角块的集合 G 和未组合边角块的集合 O ;
- [0040] 步骤3.4:利用二维矩形排料算法得到切割方案,即用料块数 n_u 、内切割次数 n_{ci} 和外切割次数 n_{co} 的统计信息;
- [0041] 步骤3.4.1:将每个边角块 $t \in S$ 的内部空洞的边的个数求和,作为内切割次数 n_{ci} 的统计信息;
- [0042] 步骤3.4.2:对所述组合边角块的集合 G 和未组合边角块的集合 O ,根据瓷砖 p 的形状,分别计算组合边角块的集合 G 和未组合边角块的集合 O 中的每个边角块的外接平行四边形或外接矩形的宽度和高度;
- [0043] 步骤3.4.3:对每个边角块按照高度增大 d_c ,宽度增大 $\frac{d_c\sqrt{h^2+s^2}}{h}$ 的方式进行外扩,以预留切割间隙;
- [0044] 步骤3.4.4:按照从小到大的顺序遍历瓷砖 p 的用料个数,直到采用二维矩形排料算法Guilotine启发式算法能切割出所有的边角块,从而得到料块数 n_u 和外切割次数 n_{co} 的统计信息。
- [0045] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0046] 1、本发明通过遍历所有起铺点和起铺角度,计算各自的铺排与切割方案,并对方案的各项统计信息按照用户指定的权重系数进行加权求和,得到方案的评价值,并返回评价值高的方案,从而能够根据用户的需求定制化地输出铺排与切割方案。

[0047] 2、本发明通过使用最大匹配算法将形状互补的边角块进行两两组合,从而提高了原料的利用率。

[0048] 3、本发明通过使用定制化的二维矩形排料算法进行切割方案计算,从而能够得到方案的各项统计信息,并且切割方案满足生产加工的规则,例如一刀切到底。

附图说明

[0049] 图1为本发明一种需求导向的瓷砖铺排与切割方法的流程图;

[0050] 图2a为本发明家庭户型示意图;

[0051] 图2b为本发明地面铺排区域示意图;

[0052] 图2c为本发明墙面铺排区域示意图;

[0053] 图3为本发明瓷砖和铺排区域输入参数示意图;

[0054] 图4为本发明支持的五中铺法示意图;

[0055] 图5为本发明铺法旋转示意图;

[0056] 图6为本发明边角块组合示意图;

[0057] 图7为本发明平行四边形矩形化示意图;

[0058] 图8为本发明Guillotine启发式算法示意图;

[0059] 图9a为本发明地面铺排方案示意图;

[0060] 图9b为本发明边角块切割方案示意图。

具体实施方式

[0061] 在本实施例中,一种需求导向的瓷砖铺排与切割方法,是用矩形或平行四边形的瓷砖按照铺法覆盖多边形结构的铺排区域,铺法包括直铺、工字铺、369铺、人字铺、鱼骨铺;

[0062] 如图2a、图2b、图2c所示,铺排区域代表家庭装修的一个房间或一个墙面。一个户型包含多个铺排区域,例如客餐厅、卧室、卫生间、墙面。每个铺排区域用多边形进行表示。由于铺排区域可能包含障碍物,因此该多边形内部可能有空洞。

[0063] 如图1所示,该瓷砖铺排与切割方法是按是如下步骤进行:

[0064] 步骤1:如图3所示,设定瓷砖P的尺寸为 $[w, h, s]$,分别表示宽、高、偏移;若瓷砖P为矩形,则偏移 s 为0;

[0065] 如图3所示,以铺排区域R的外接矩形的一个顶点作为原点,与原点相连的相邻两边分别作为X轴和Y轴,从而建立直角坐标系;

[0066] 如图3所示,设定铺排区域R的轮廓在直角坐标系中用顶点数组E表征,铺排区域R的所有内部孔洞在直角坐标系中用顶点数组I表征;

[0067] 设定计算参数信息包括:铺法L、铺排间隙 d_p 、切割间隙 d_c 、铺排角度的列表和统计信息的加权参数 c ;

[0068] 步骤2:根据铺法L、铺排间隙 d_p 、瓷砖P的尺寸 $[w, h, s]$,定义瓷砖夹角 $\varphi = \tan^{-1} \frac{h}{s}$,建立起始瓷砖及其两个平移方向 d_0 和 d_1 ,若铺法L为直铺或工字铺或369铺,则设置1个起始

瓷砖 b_1 ,且起始瓷砖 b_1 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0,0), (w,0), (w+s,h), (s,h)]$ 表示;

[0069] 如图4所示,若铺法L为人字铺或鱼骨铺,则设置2个起始瓷砖 b_1 和 b_2 ;其中,人字铺的起始瓷砖 b_1 用顶点数组 $[(0,0), (w,0), (w+s,h), (s,h)]$ 表示;人字铺的起始瓷砖 b_2 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0,0), (h+d_p,0), (h,h+w+d_p), (0,h+w+d_p)]$ 表示;鱼骨铺的起始瓷砖 b_1 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0,0), (w,0), (w+s,h), (s,h)]$ 表示;鱼骨铺的起始瓷砖 b_2 在直角坐标系中用顶点数组 $[(0,-d_p), (w,-d_p), (w+s,-h-d_p), (s,-h-d_p)]$ 表示;

[0070] 若铺法L为直铺,则起始瓷砖 b_1 的两个平移方向 $d_0 = \left(w + \frac{d_p}{\sin \varphi}, 0\right), d_1 = (s, h+d_p)$;

[0071] 若铺法L为工字铺,则起始瓷砖 b_1 的两个平移方向 $d_0 = \left(\frac{w}{2} + \frac{d_p}{2 \sin \varphi}, 0\right), d_1 = (s, h+d_p)$;

[0072] 若铺法L为369铺,则起始瓷砖 b_1 的两个平移方向 $d_0 = \left(\frac{w}{3} + \frac{d_p}{3 \sin \varphi}, 0\right), d_1 = (s, h+d_p)$;

[0073] 若铺法L为人字铺,则起始瓷砖 b_1 和起始瓷砖 b_2 的两个平移方向 $d_0 = (h+d_p, h+d_p), d_1 = (w-h, -h-w-2d_p)$;

[0074] 若铺法L为鱼骨铺,则起始瓷砖 b_1 和起始瓷砖 b_2 的两个平移方向 $d_0 = (0, 2h+2d_p), d_1 = (s, 0)$;

[0075] 步骤3:令起铺点集合包括铺排区域R中所有多边形的顶点和边的中点,遍历起铺点集合和起铺角度的列表;选择起铺点集合中的一个点作为起铺点p,从起铺角度的列表中选取一个起铺角度 θ ,并利用铺排和切割算法得到起铺点p与起铺角度 θ 所对应的整块 n_c 、边角块 n_s 、用料块数 n_u 、内切割次数 n_{ci} 、外切割次数 n_{co} 的统计信息;

[0076] 如图5所示,为改变起铺角度后地直铺和鱼骨铺。

[0077] 步骤3.1:对于起铺点p和起铺角度 θ ,首先对铺排区域R进行平移,使得起铺点p平移到直角坐标系的原点处,再将铺排区域R沿原点旋转 θ 角度;从而使得铺法L对应的起始瓷砖 b_1 的 $(0,0)$ 顶点与起铺点p重合;

[0078] 步骤3.2:利用广度优先搜索算法和多边形布尔运算得到整块列表C和边角块列表S;

[0079] 步骤3.2.1:初始化待搜索列表 $Remain = \{(0,0)\}$,已搜索列表 $Searched = \{\}$,整块列表 $C = \{\}$,边角块列表 $S = \{\}$;

[0080] 步骤3.2.2:判断 $Remain$ 是否为空,若为空,则表示得到整块列表C和边角块列表S及其所对应的整块 n_c 和边角块 n_s 的统计信息,并执行步骤3.3;否则,选取 $Remain$ 中第一个待搜索位置为当前块的位置 $current = Pop(Remain)$;

[0081] 步骤3.2.3:遍历当前块的位置 $current$ 的前后左右斜向的八个方向 $direction \in \{(-1,-1), (-1,0), (-1,1), (0,-1), (0,1), (1,-1), (1,0), (1,1)\}$,若遍历完毕,则执行步骤3.2.2;否则,执行步骤3.2.4;

[0082] 步骤3.2.4:当前块沿其中一个方向 $direction$ 平移后的位置记为 $shift = (current[0]+direction[0], current[1]+direction[1])$;如果平移后的位置 $shift$ 存在于已搜索列表中,即 $shift \in Searched$,则跳转步骤3.2.3继续遍历;如果平移后的位置未在已搜索列表中,则将平移后的位置 $shift$ 加入已搜索列表中,即 $Searched.add(shift)$;

[0083] 步骤3.2.5:将起始瓷砖 b_1 或2个起始瓷砖 b_1 、 b_2 沿向量 $v = \text{shift}[0]d_0 + \text{shift}[1]d_1$ 平移后,得到平移后的位置 shift 处瓷砖的顶点坐标;

[0084] 步骤3.2.6:通过将平移后的位置 shift 处瓷砖与铺排区域 R 做布尔运算,得到两者重合面积 overlap ;如果 overlap 为空,则跳转步骤3.2.3;否则,执行步骤3.2.7;

[0085] 步骤3.2.7:将平移后的位置 shift 加入到待探索列表中,即 $\text{Remain.add}(\text{shift})$;

[0086] 步骤3.2.8:如果 overlap 不等于瓷砖 p 的面积,则将 overlap 加入边角块列表 S 中,即 $S.add(\text{overlap})$,否则将 overlap 加入整块列表 C 中,即 $C.add(\text{overlap})$;

[0087] 步骤3.3:基于最大匹配算法得到边角块两两组合的最优方案;

[0088] 如图6所示,在铺排方向与水平垂直方向不平行时,或者在瓷砖为平行四边形时,边角块形状不规则。常规做法是采用基于NFP的异形排料算法计算出切割方案。但这样会导致施工时切割困难。为解决上述困难,我们利用最大匹配算法得到边角块两两组合的最优方案,对组合边角块再提取外扩基本形。对外扩基本形再利用步骤3.4的二位矩形排料算法计算出切割方案。

[0089] 步骤3.3.1:遍历边角块列表 S 中找出所有能组成幂为2的子集,选取其中任意一个子集 $\{a, b\}$;

[0090] 步骤3.3.2:如果 a, b 面积求和大于瓷砖 p 的面积,则表示两者不能组合,并跳转步骤3.3.1;否则,执行步骤3.3.3;

[0091] 步骤3.3.3:依次将边角块 b 旋转 $[0, 90, 180, 270]$ 度后,得到相应的旋转后的边角块 b' ;

[0092] 步骤3.3.4:利用滑动轨迹法或minkovski sum算法计算边角块 a 和每次旋转后的边角块 b' 的临界多边形 $\text{NFP}_{ab'}$;

[0093] 步骤3.3.5:遍历每次旋转后的临界多边形 $\text{NFP}_{ab'}$ 上所有顶点,得到每次旋转后 a, b' 组合的外接矩形面积最小的位置;

[0094] 步骤3.3.6:所有旋转角度遍历后,从每次旋转后的最小面积中选择最小值作为最优面积;

[0095] 设定 a, b 组合后的收益 r_{ab} 为最优面积分别减去边角块 a 的面积和边角块 b 的面积;

[0096] 步骤3.3.7:跳转步骤3.3.1,直到所有子集遍历完毕;

[0097] 步骤3.3.8:根据所有子集组合后的收益,利用最大匹配算法求得两个边角块的最优组合方案,最优组合方案包括:组合边角块的集合 G 和未组合边角块的集合 O ;

[0098] 步骤3.4:利用二维矩形排料算法得到切割方案,即用料块数 n_u 、内切割次数 n_{ci} 和外切割次数 n_{co} 的统计信息。

[0099] 对上一步骤组合后的边角块和未组合的边角块计算外扩平行四边形或外扩矩形的宽度和高度。如图7所示,平行四边形可视为变形的矩形,可以直接考虑为矩形。

[0100] 为了方便施工人员切割瓷砖,本发明实例采用Guillotine启发式二维矩形排料算法计算矩形的切割方案。如图8所示,在Guillotine启发式方法中,用若干容器表示当前所有可选的原材料。当选定一个边角块时,通过余边最小原则,确定边角块从哪个原材料进行切割,并优先将短的一条边切割为两部分。

[0101] 步骤3.4.1:将每个边角块 $t \in S$ 的内部空洞的边的个数求和,作为内切割次数 n_{ci} 的统计信息;

[0102] 步骤3.4.2:对组合边角块的集合G和未组合边角块的集合O,根据瓷砖p的形状,分别计算组合边角块的集合G和未组合边角块的集合O中的每个边角块的外接平行四边形或外接矩形的宽度和高度;

[0103] 步骤3.4.3:对每个边角块按照高度增大 d_c ,宽度增大 $\frac{d_c\sqrt{h^2+s^2}}{h}$ 的方式进行外扩,以预留切割间隙;

[0104] 步骤3.4.4:按照从小到大的顺序遍历瓷砖p的用料个数,直到采用二维矩形排料算法Guilotine启发式算法能切割出所有的边角块,从而得到料块数 n_u 和外切割次数 n_o 的统计信息。

[0105] 步骤4、根据用户输入参数中指定的各项统计信息的加权系数c,得到起铺点p与起铺角度 θ 所对应的铺排与切割方案的评价值v,从而得到所有铺排与切割方案的评价值并进行降序排序,将降序排序后的铺排与切割方案推荐用户进行选择。

[0106] 如图9a、图9b所示,为本发明实例输出的铺排方案和切割方案示意图。

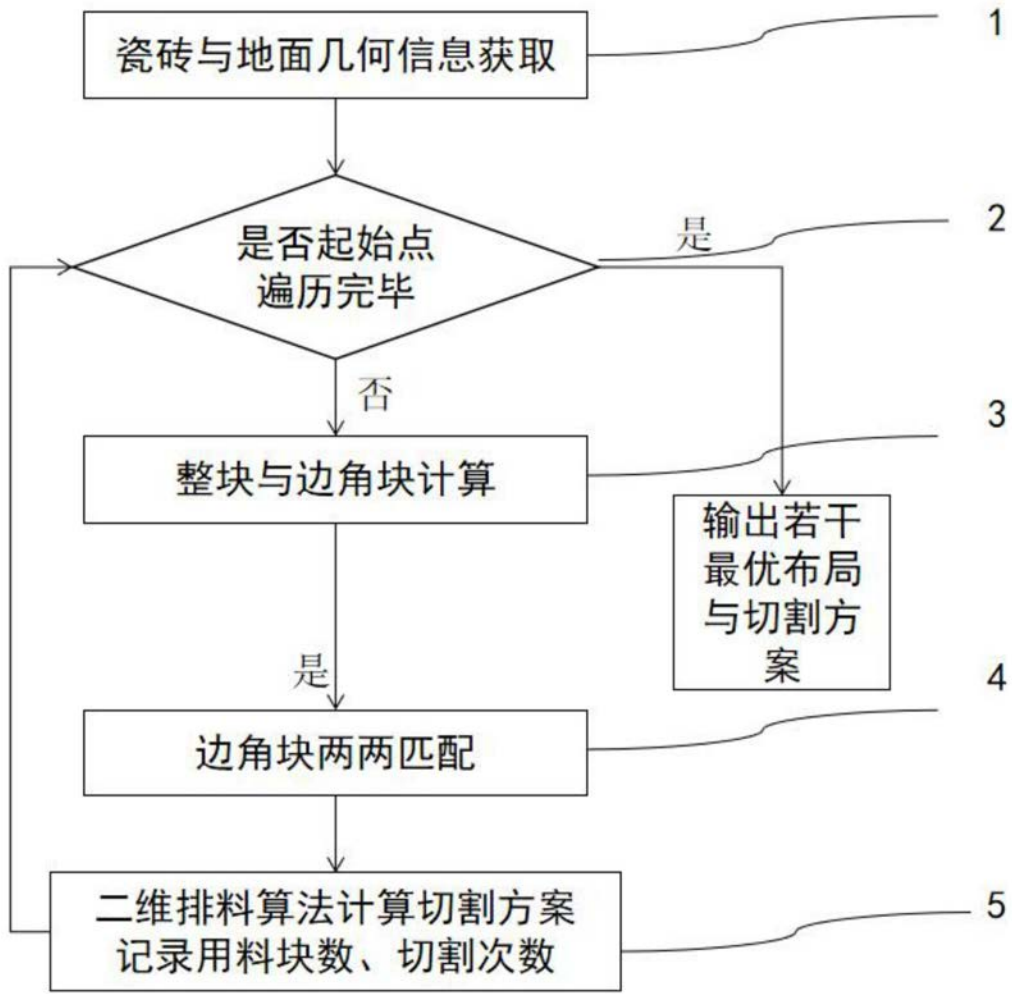


图1

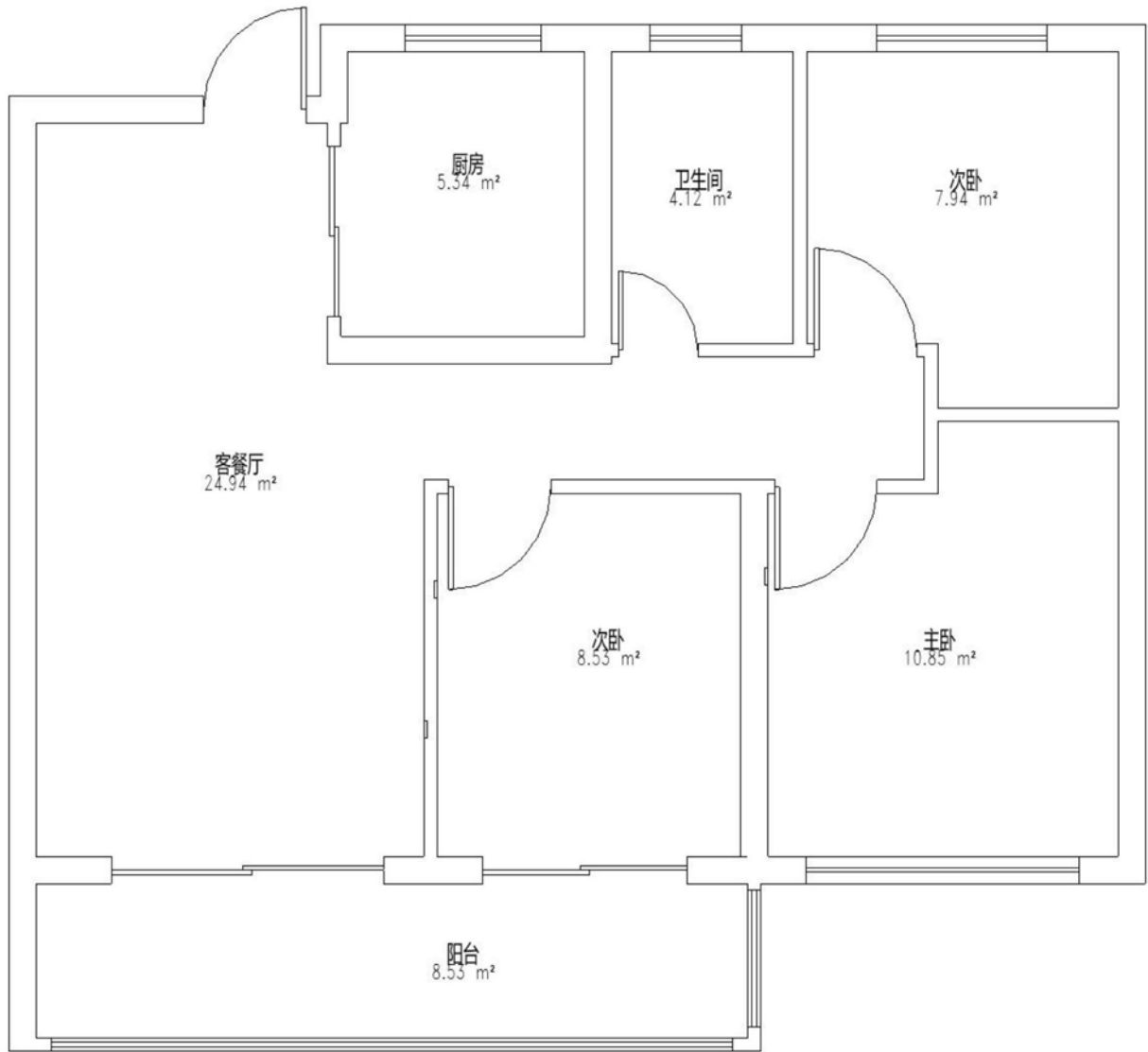


图2a

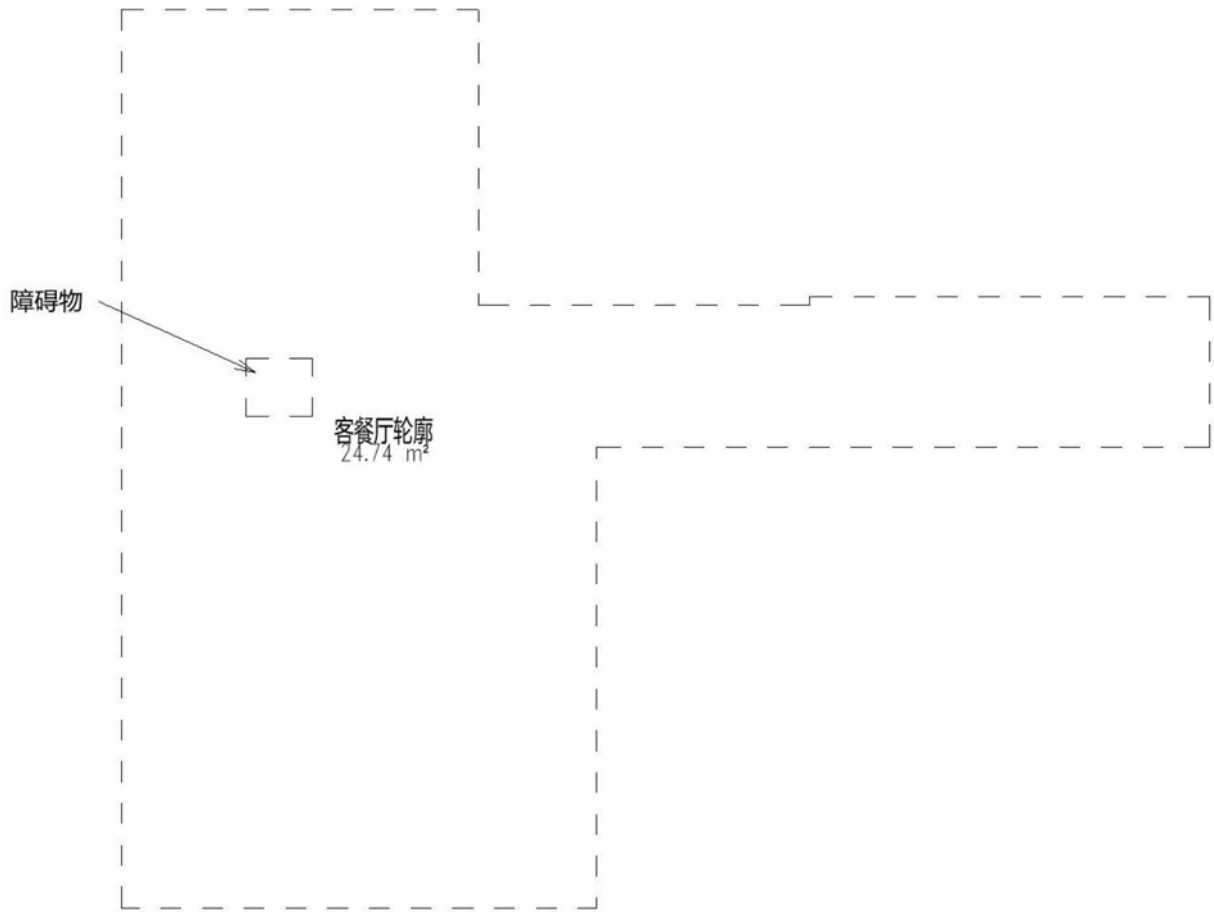


图2b

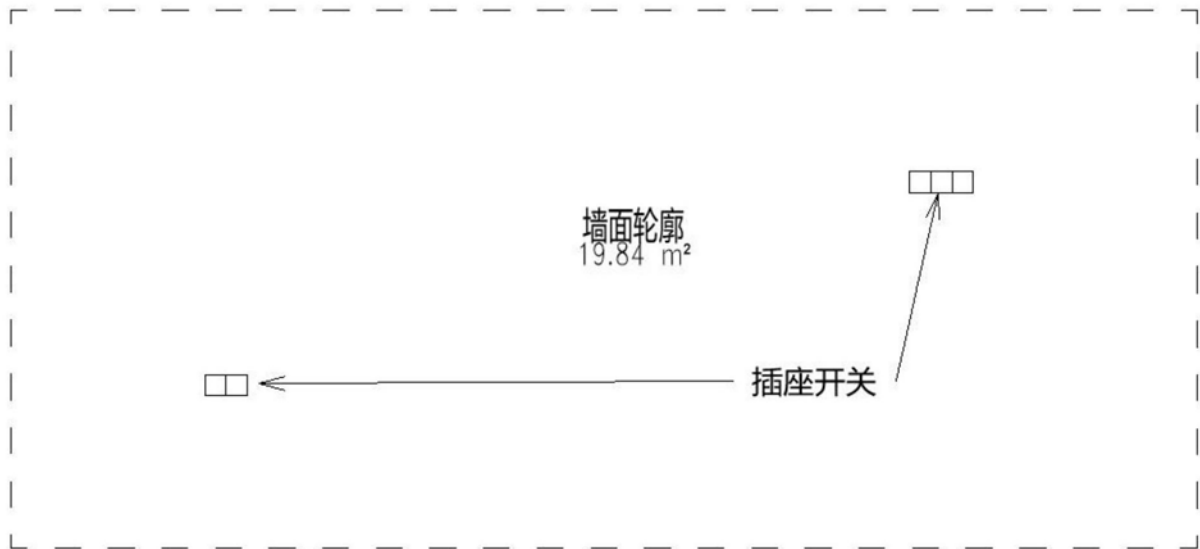


图2c

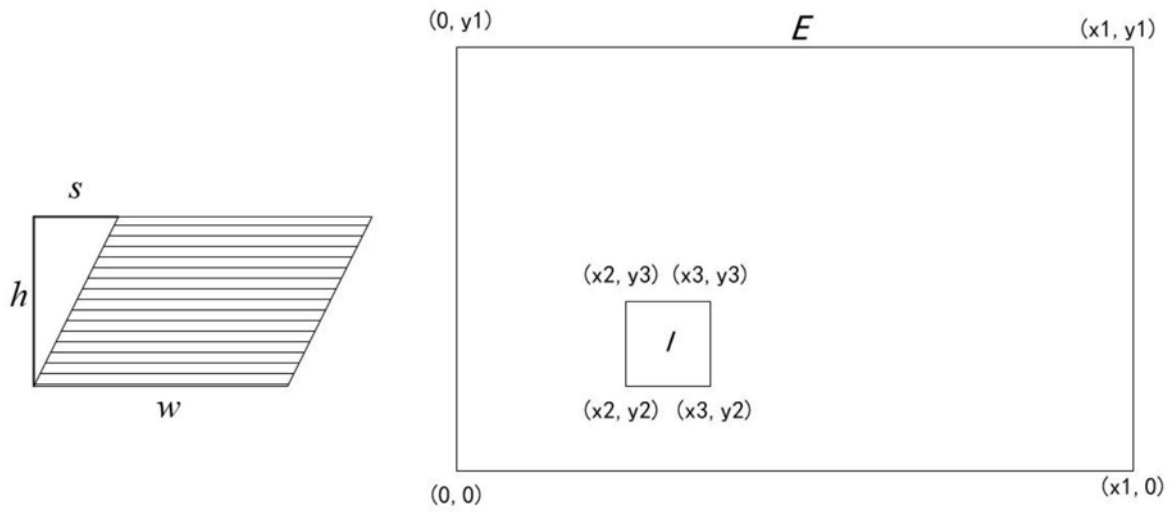


图3

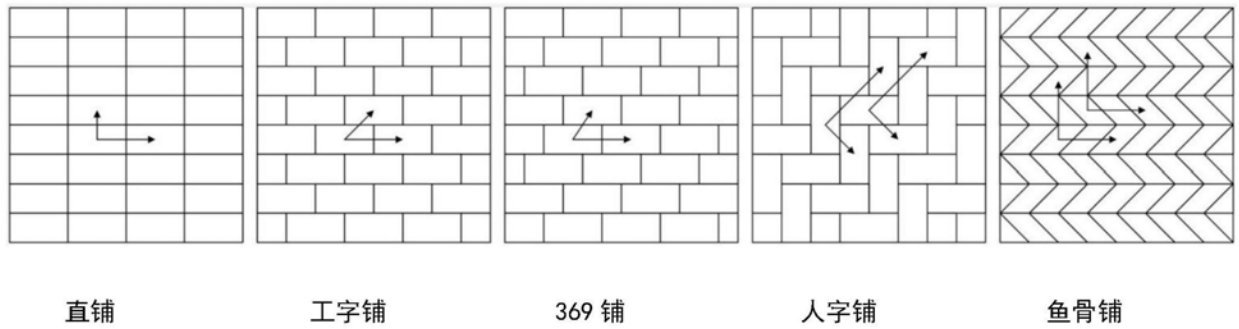


图4

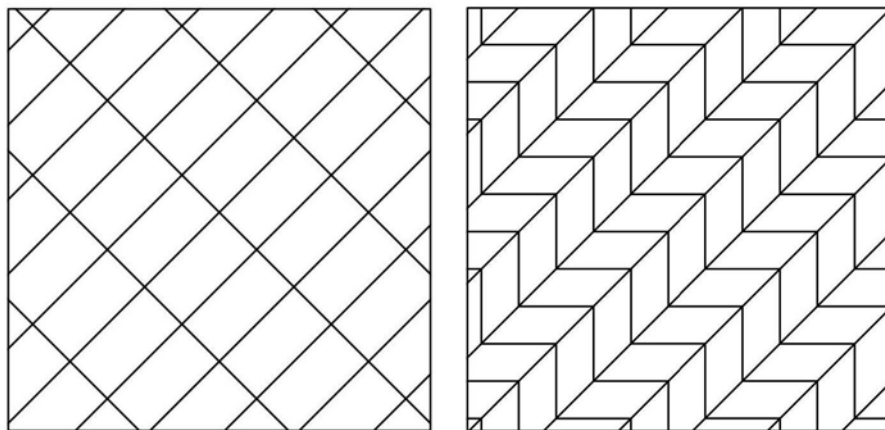


图5

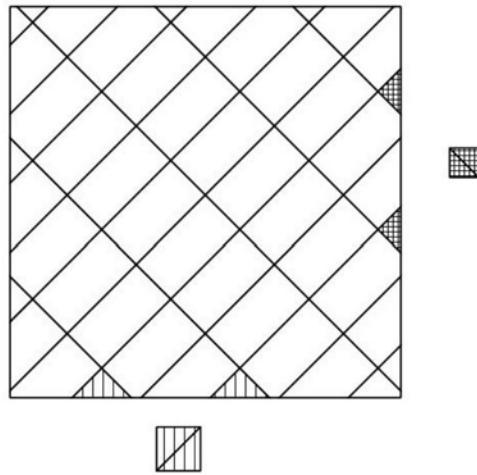


图6

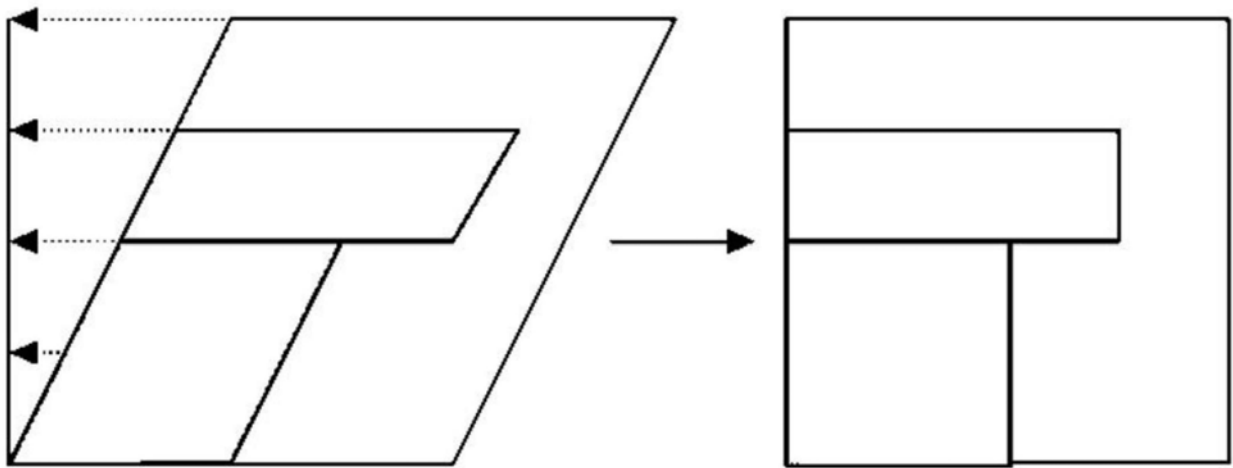


图7

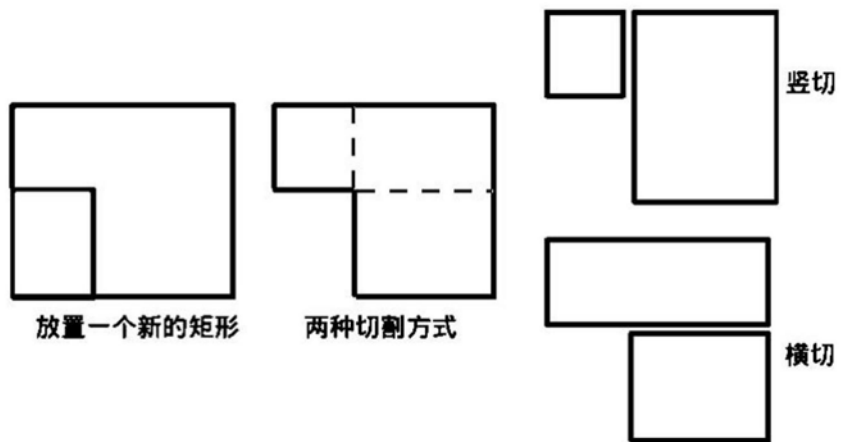


图8

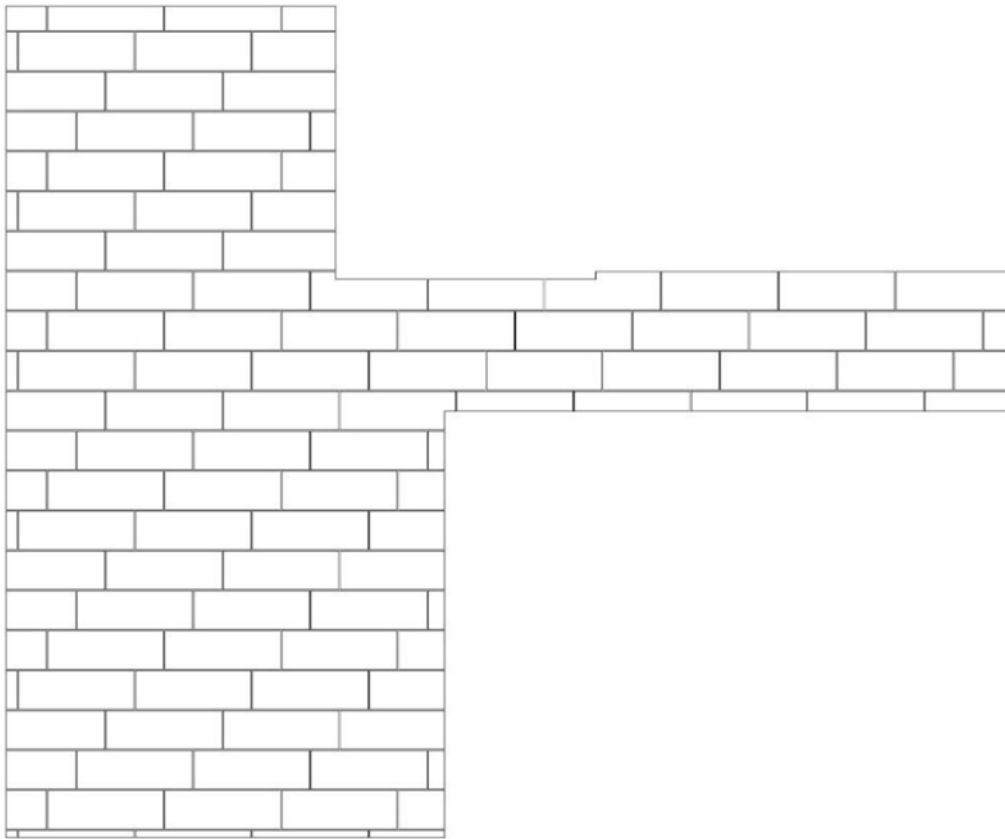


图9a



图9b