

目 录

- 一、输入输出数据 1
 - 1.1、输入数据 1
 - 1.2、输出数据 2
 - 1.3、结构布置图释义 4
- 二、主次梁布置算法 5
 - 2.1 算法思路 5
 - 2.2 主梁连线 5
 - 2.3 次梁连线 10
 - 2.4 生成梁布置图 13

结构主次梁布置产品文档

一、输入输出数据

1.1、输入数据

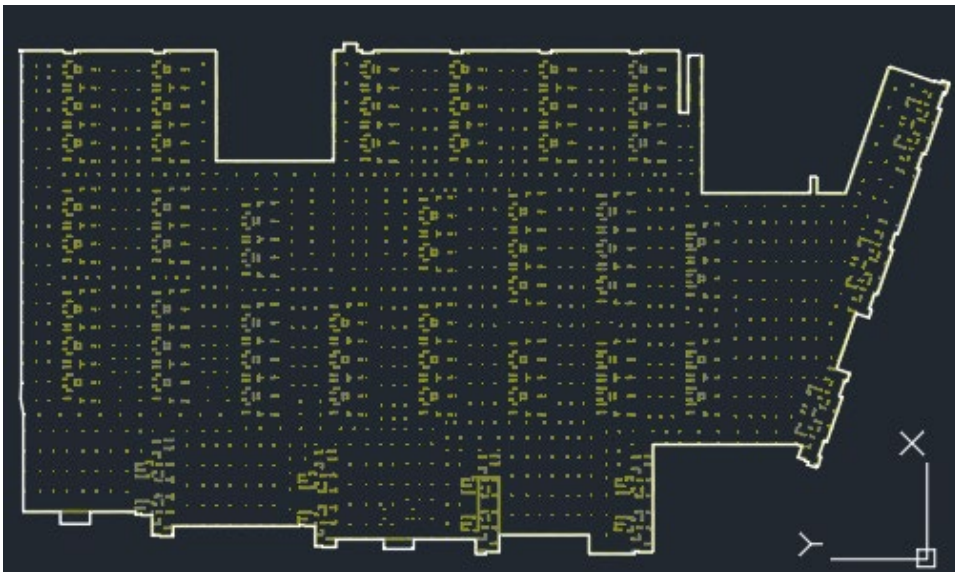
1) 柱：来自建筑图中的结构外部参照，同THEXTRACTCOLUMN

柱的数据特征：特定图层的矩形/圆Polyline

2) 墙体：来自建筑图中结构外部参照，同THEXTRACTSHAERWALL

墙体的数据特征：特定图层的具有一定宽度（一般250~400mm）的条形Polyline（可能带有弧）

3) 外轮廓：来自建筑图的车库边界轮廓，如下图。（注：程序难处理，可暂不提取该边界，通过地上单体轮廓区分出地上单体的剪力墙和地下室其它墙即可。）



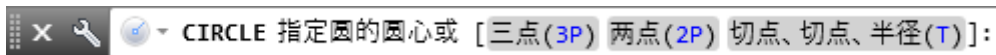
4) 内部障碍物轮廓：包括地上单体区域、下沉广场、坡道等。其中，地上单体轮廓为Polyline单线围区，来自结构图；坡道围区按结构图；下沉广场轮廓来自建筑图。

注：障碍物轮廓要区分地上单体轮廓和其它轮廓，因为主梁连线时，对应的墙点处理方法不同。

5) 楼层（本阶段可用方法I）：

I. **（人工交互）** 次梁布置时，需要区分地下室顶板和地下室中板。

例如：输入命令THCLBZ，由用户选择“地下室顶板”，“地下室中板”。



II. **（自动识别）** 可来自图块“AI-楼层框定E”

楼层的数据特征：特定图层的矩形（矩形内均为楼层范围）；楼层编号【数字，数字-数字（表示楼层范围），“B”数字（B视为负号）】；定位基点【一个XYZ坐标系的点坐标（一般Z=0）】

1.2、输出数据

1) 主梁布置

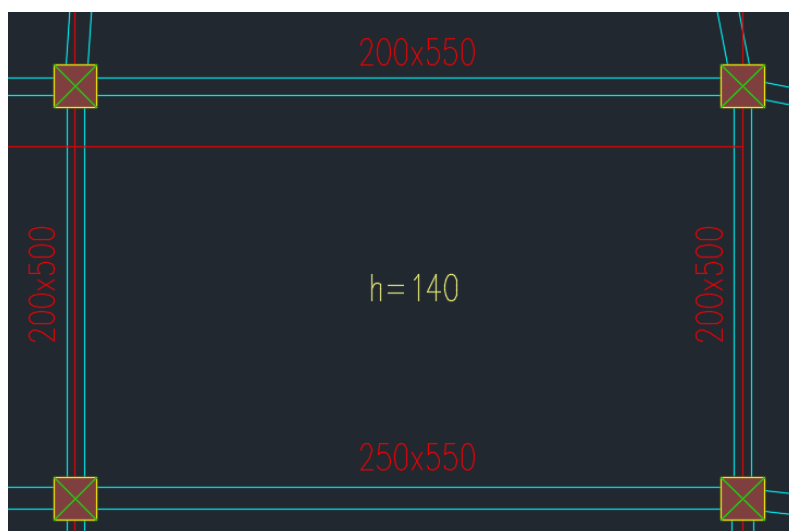
两种表达形式：单线两端为柱中心——柱中心，位于隐藏图层。 双线两端为柱边——柱边（不伸入柱线内），双虚线表示。双线宽度为梁宽B。

2) 次梁布置

两种表达形式：单线两端为主梁线中点——主梁线中点，位于隐藏图层。 双线两端为主梁线边——主梁线边（不伸入主梁线内），双虚线表示。 双线宽度为梁宽B。

3) 主次梁截面

主次梁截面以文字 $B \times H$ (梁宽 \times 梁高) 的形式分别标注在对应梁线中部, 如下图所示:



主梁初始截面尺寸取值 (注: 需要区分楼层——地下室顶板和地下室中板, 有待下版细化) :

对于有次梁搁置的主梁高 $H = 1/10 L$, (L 为梁跨度); 对于无次梁搁置的主梁高 $H = 1/15 L$; 次梁高 $H = 1/15 L$ 。

对于有次梁搁置的主梁宽 $B = 1/2 H$; 对于无次梁搁置的主梁宽 $B = 1/3 H$; 次梁宽 $B = 1/3 H$ 。同时, 主梁、次梁最小宽度 B_{\min} 不小于 200mm。

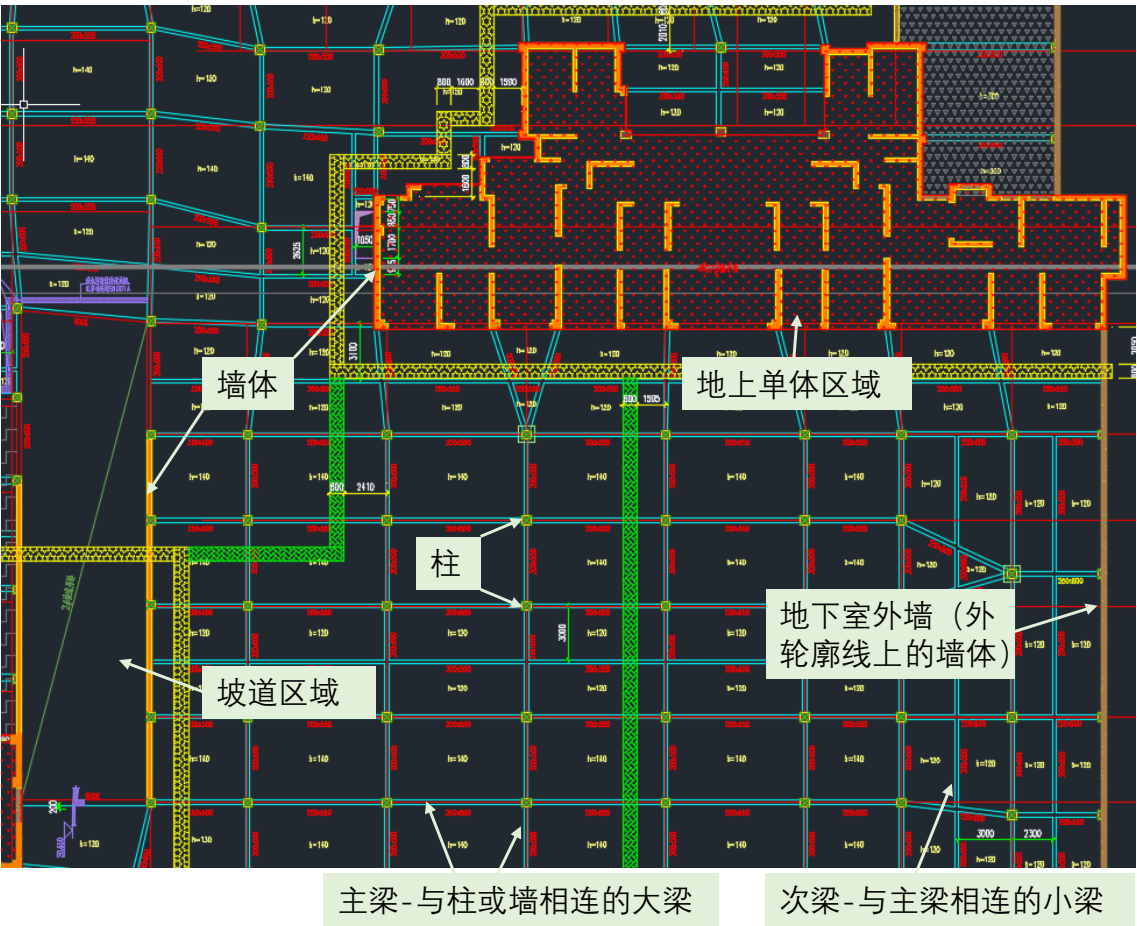
注1: 上述梁高 H 和梁宽 B 必须以 50mm 为模数。 a) 上述公式计算得到的梁高 H 不能被 50 整除部分需要退位。例如, 梁跨 $L = 6300\text{mm}$ 时, 计算梁高 $H = 1/10 L = 630\text{mm}$, 按 50 模数退位, 最终取 $H = 600\text{mm}$ 。 b) 梁宽 $B = 1/2 H$ 时, 不能被 50 整除部分需要退位, 如 $H = 650$, 计算 $B = 650/2 = 325$, 按 50 模数退位, 取 $B = 300\text{mm}$; 检查 $300 \geq B_{\min} = 200\text{mm}$, 最终取 $B = 300\text{mm}$ 。 c) 梁宽 $B = 1/3 H$ 时, 不能被 50 整除部分需要进位, 如 $H = 650$, 计算 $B = 650/3 = 216$, 按 50 模数

进位，取 $B = 250\text{mm}$ ；检查 $250 \geq B_{\min} = 200\text{mm}$ ，最终取 $B = 250\text{mm}$ 。

注2：当主梁连线最终确定后，局部（如单体边界处的墙——柱之间的主梁连线）若出现梁跨度 L 大于一定长度 L_{\max} （ L_{\max} 暂取 9000mm ，程序中 L_{\max} 可用全局变量定义，方便以后按不同的输入条件进行细化修改），此时梁线以宽200的白色单线Polyline表示，并标注提醒文字：“梁跨过长大于9m，检查柱位布置”

1.3、结构布置图释义

常见的结构布置图上信息释义如下图：



二、主次梁布置算法

2.1 算法思路

核心思想：

先对建筑图进行预处理，获取外轮廓和内部障碍物轮廓（其中地上单体轮廓与其它轮廓区分开），获取柱点和地上单体区域墙体的潜在连接点一端柱点（拐角点、垂直轮廓线墙端点）。区分柱点为内部点和近点，连接近点和端柱点及墙体，连接内部点（voronoi划分+贪心算法），形成主梁柱网连线。

遍历所有主梁区格，按区格大小、楼层（地下室顶板/中板）等不同区域划分次梁，并校核次梁方向，形成最终次梁连线。

2.2 主梁连线

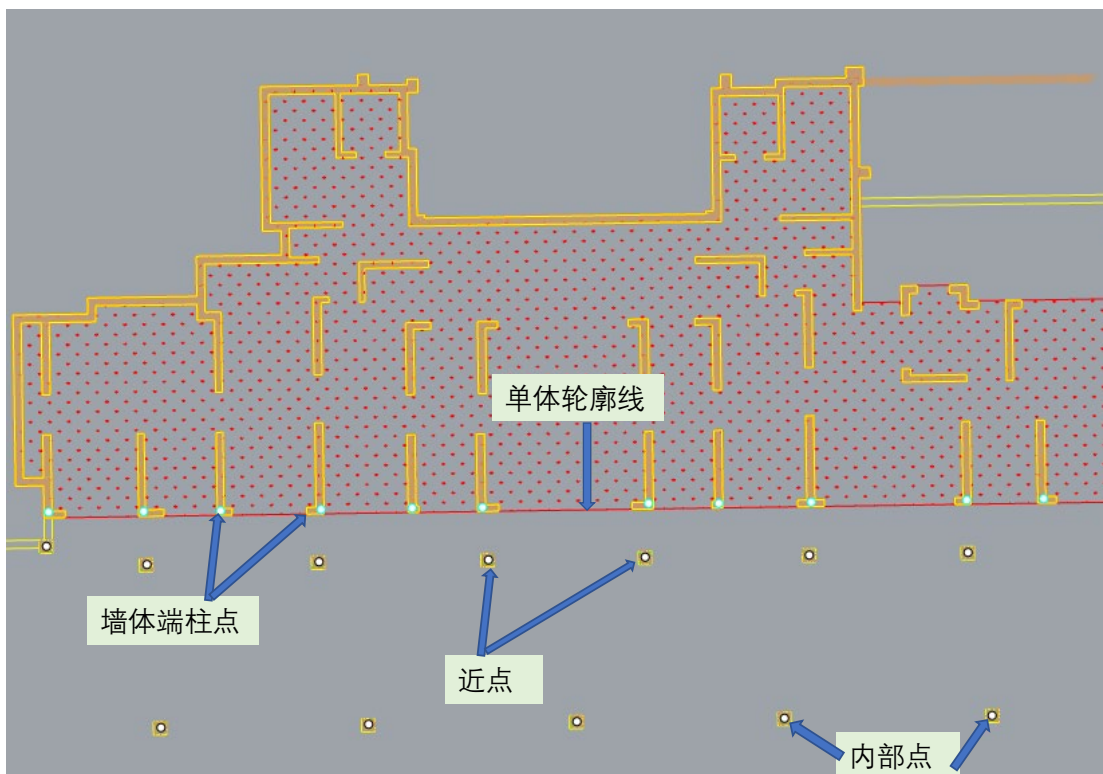
主要步骤如下：

- 1) 取柱的几何中心作为柱点坐标；取地上单体轮廓线处的剪力墙拐角点、垂直轮廓线墙端点作为端柱点坐标（可利用墙的中轴线）；并取轮廓线处（地上单体轮廓线除外），如地下室外墙轮廓处的柱点，归入端柱点坐标集。
- 2) 以最大外轮廓的bounding box和所有柱点（不包括端柱点），划分Voronoi图。区分柱点为内部点和近点（近点即与墙体有梁连接的柱点，程序中可定义所有Voronoi多边形与轮廓线有相交的柱点为近点）。
- 3) 连接近点和墙体：a. 搜索近点与轮廓线垂直方向 $\pm 45^\circ$ 范围内是否有端柱点，若有，连接近点与相邻的端柱点。b. 若搜索范围内无端柱点，则垂直于单体轮廓线方向，连接近点与墙体（若有）。c. 若垂直方向无墙

体，则搜索近点与单体轮廓线垂直方向 $\pm 45^\circ$ 范围内的平行轮廓线墙的端点连接。d. 若上述连接均失败，则以近点为起点，垂直于单体轮廓线方向作垂线，相交点为新增柱点，近点与新增柱点的连线即为主梁线。新增柱点以宽度200的白色Polyline框线表示，并标注提醒文字：“检查新增柱位”。

另外，对轮廓线处（地上单体轮廓线除外）的端柱点，检查与相邻的2个端柱点的连接，若无墙体连接，则通过主梁连线封闭。

4) 连接近点与其相邻的2个近点。



图：近点、内部点、端柱点获取和区分

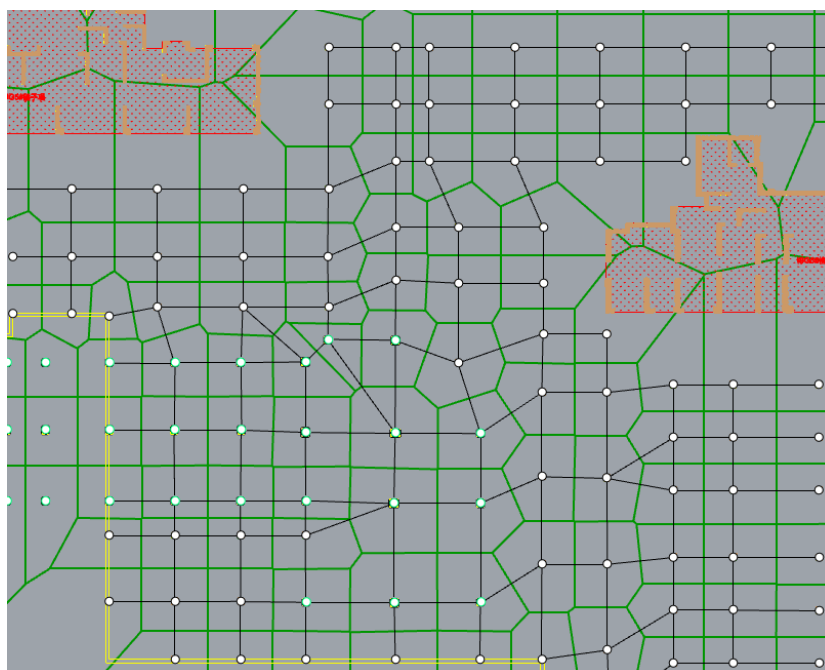


图：近点与近点、端柱点、内部点连接示例

5) 连接内部点（含内部点——近点连接）

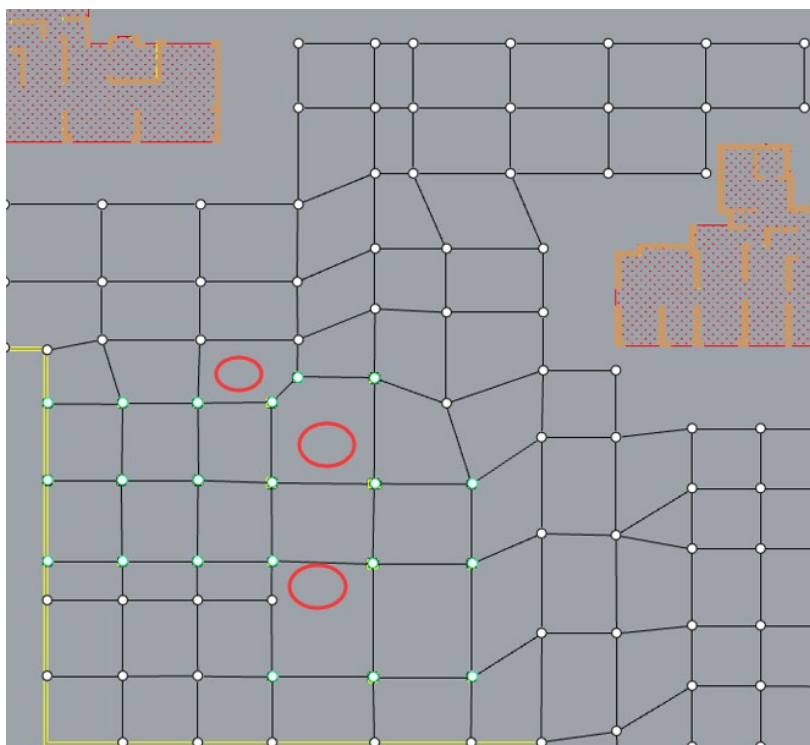
利用贪心算法，取每个内部柱点，依次与周边Voronoi多边形最长的4条边对应的4个柱点相连。

当Voronoi多边形有第5、6条边与前4长边有并列等长时，对于并列等长边，规定按与世界坐标系X轴正向逆时针最小角方向连第一条线，然后**隔一取一**连线，直至满足改内部柱点连接度为4。

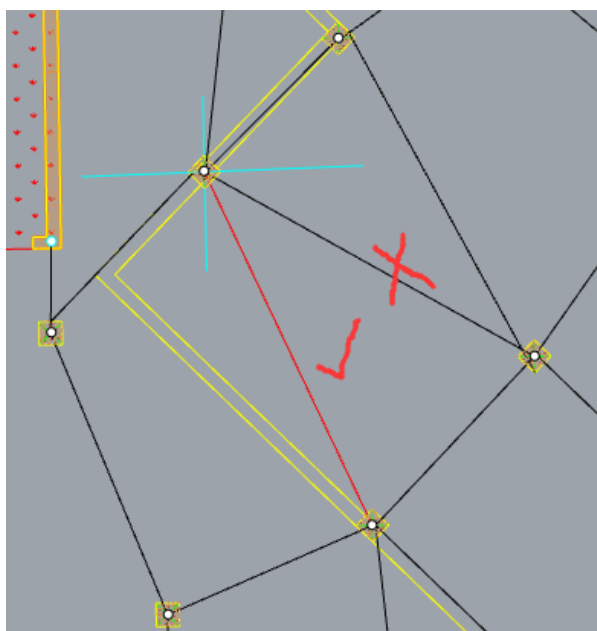


- 6) 去除重线后（参考cad命令overkill），对连接好的柱点遍历检查，复核连接度。对内部柱点和近点，连接度不宜超过4，不应小于2（xy方向分别不小于1）

例如，步骤5)的连线图中，检查到部分内部柱点的连接度为5，超过4，判断Voronoi多边形第5长边对应的邻点的连接度，若对应邻点的连接度在删除该连线的情况下仍满足不小于3（此为程序简化逻辑），则删除该连线。删除后如下图：



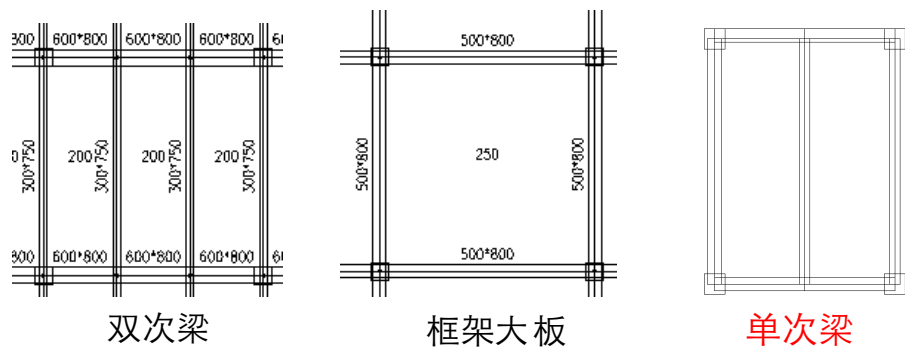
- 7) 遍历所有主梁围成的区格，对五边形区格，各条边邻近区格是否有三角形，若有，删除邻近共边后重新划分成两个四边形（如下图）。



对六边形区格（若有），找三对角连线中最短线相连，划分成两个四边形。

2.3 次梁连线

一个区格内，次梁连线主要有五种方式，不考虑十字梁，暂不考虑无梁楼盖，只考虑框架大板（无次梁）、单次梁、双次梁三种形式。



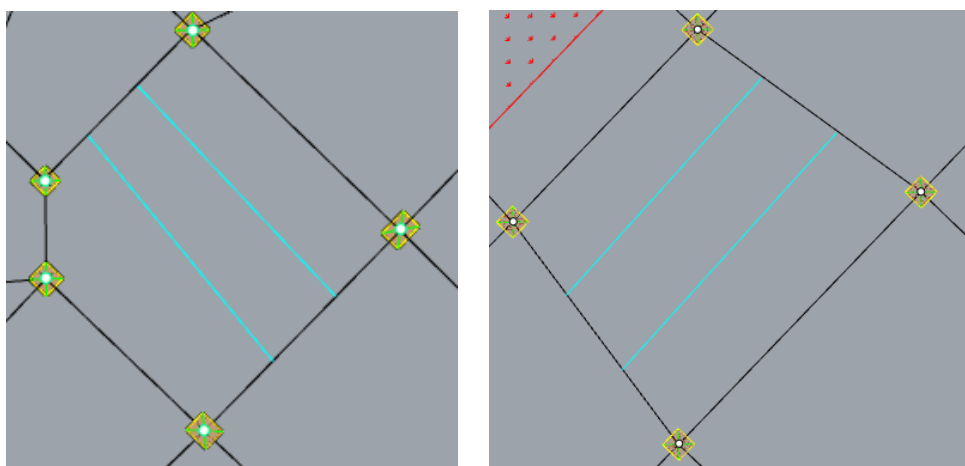
主要步骤如下：

- 1) 若选地下室顶板，不划分次梁，弹出提示框“建议采用框架大板、加腋大板方式”。若选地下室中板，进入步骤2。
- 2) 遍历所有内部点和近点围成的主梁区格，记为QGList，对五边形区格在次梁划分时，暂定按只取提取前4长边考虑，以下与四边形区格相同判断处理。
- 3) 对四边形区格，取两对对边中点测距（下图中青线距离），计为d1、d2。
 - a) if $\min(d1, d2) \leq Da$ 且 $\max(d1, d2) \leq Db$, (对应小柱网，暂定 $Da = 5500\text{mm}$, $Db = 6300\text{mm}$ (程序中Da、Db可用全局变量定义，方便以后期细化修改)，将该区格从QGList中移除。(对应框架大板无次梁的情况)
 - b) if $Da < \min(d1, d2) < Db$, or $\min(d1, d2) \leq Da$ 且 $\max(d1, d2) > Db$, 对地下室顶板（输入条件-楼层），将该区

格从QGList中移除(对应框架大板无次梁的情况)。对地下室中板（输入条件-楼层），划分单次梁连线，即 $\max(d1、d2)$ 对应的对边中点连线。将次梁成功连线后的区格从QGList中移除。

冗余度设置：对本子步骤中，所有划分了单次梁的区格，检查 $d1、d2$ 之比，若满足 $\min(d1、d2) \leq Er * \max(d1、d2)$ ，暂定 $Er = 1.2$ ，则放入KTQGList（次梁方向可调整的区格）。

c) else, 对QGList中的区格进行**双次梁**划分，双次梁初始连线方向与单次梁方式类似，即取区格的一对较短对边的三等分点进行连线（下图）。双次梁类似进行冗余度区格选择，放入KTQGList。



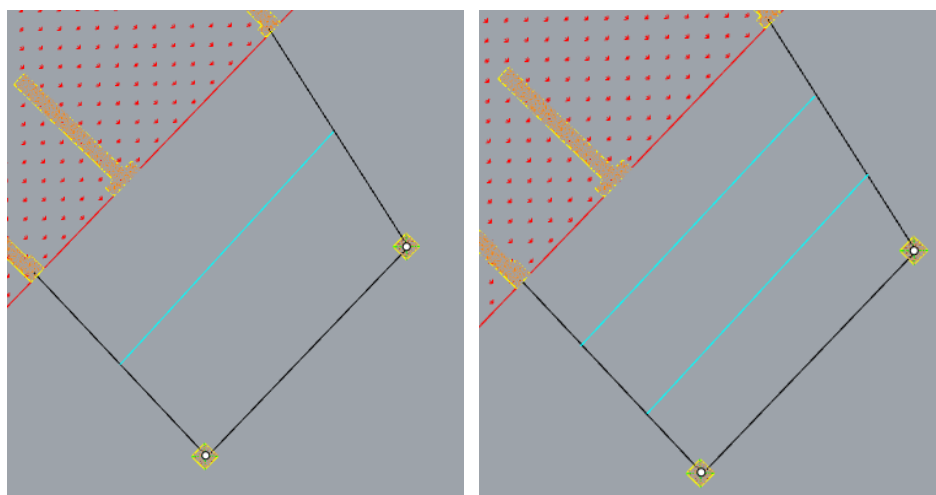
图：五边形区格、四边形区格双次梁连线示意

- 4) 对三角形区格，检查三条边的邻近主梁区格的次梁连接情况，
 - a) if 至少2条主梁边没有相邻次梁连接，则本区格不划分次梁；
 - b) if 只有1条主梁边没有相邻次梁连接，则连接两条有相邻次梁连接的边的中点（或三等分点），作为本区格次梁；
 - c) else 3条边全部有相邻次梁连接，则选取最长中点（或三等分点）连线作为本区格次梁。

所有三角形区格加入KTQGList（次梁方向可调整的区域）。

- 5) 遍历所有近点与轮廓线/墙体所围成的主梁区格，其中，近点与地下室轮廓线围成的主梁区格记为JDQGList1，近点与其它轮廓线处墙体或主梁围成的主梁区格记为JDQGList2。
- 6) 对于JDQGList1是否划分次梁，采取的判断方法同步骤2)，对于无主梁线的边可通过辅助线封闭得到该边中点，然后得到d1、d2，进行判断。不同之处在于，对于要划分次梁的区格，步骤2)-b中的地下室中板，次梁连线方向必定为两对边主梁中点连线，即单次梁沿着轮廓线周边方向布置。步骤2)-c中的十字次梁划分改为对JDQGList1区格进行双次梁布置，次梁连线方向同样沿着轮廓线周边方向布置，连接点为两对边主梁的三等分点，如下图。对于三角形网格，如果有2条主梁边有相邻次梁连接，则对应连接2条主梁边上的次梁连接点即可。

（注：JDQGList1区格的次梁方向均为确定方向，**不加入**次梁方向可调区格！）



图：JDQGList1的两种次梁布置方式（次梁方向固定，不可调）

- 7) 对于JDQGList2区格的次梁划分方法，与QGList区格的次梁划分方法

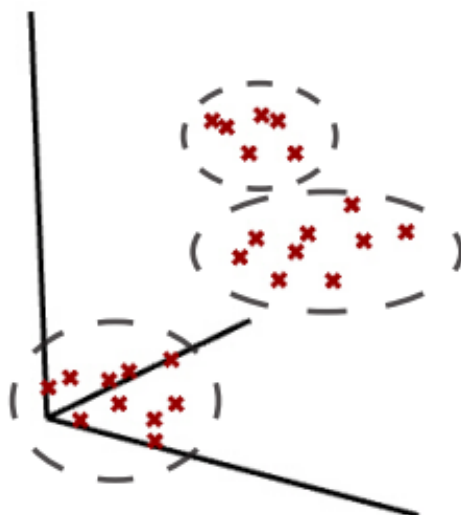
完全一致。若满足 $\min(d1, d2) \leq Er * \max(d1, d2)$ ，暂定

$Er = 1.2$ ，则加入KTQGList（次梁方向可调整的区域）。

- 8) 复核修改KTQGList中的次梁方向（注：以下分组方式程序较难实现的情况想，可通过KTQGList中的各区格与相邻四个区格的划分方式是否一致来判断区格是否重划分次梁）。

a) 求取所有单次梁的主要方向，向量方向为自左向右、自下向上。

b) 以单次梁中点x, y坐标，结合向量角度作为z坐标，得到特征数据点。按相对距离分组。



- c) 取每个分组内朝向最多的为主要方向。对组内的KTQGList区格进行检查，比较KTQGList区格内的其它次梁连线方向与组内主方向的夹角，取最小夹角的次梁连线作为最终次梁连线。

2.4 生成梁布置图

按1.2节赋予主次梁连线以初始截面尺寸，主梁按截面宽度以单线为中轴形成

双虚线，双线宽度为主梁宽 B ，两端为柱边——柱边（不伸入柱线内）。然后同样方法以次梁单线为中轴形成双虚线，双线宽度为次梁宽 B ，两端为主梁边——主梁边（不伸入主梁线内）。完成主次梁布置图。