

空心楼盖计算和设计浅析

张月月

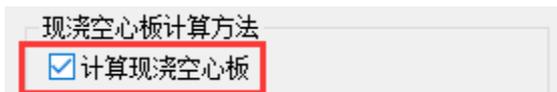
现浇钢筋混凝土空心楼盖是一种新兴的楼盖体系，由于其空间间隔灵活、跨度大、净空高、自重轻、隔音性能佳、隔热保温效果好、综合造价低、施工简便工期短等优点，在办公楼、地下车库、仓库厂房、桥梁、大型商场、教学楼、图书馆、宾馆、医院、住宅等建筑有着广泛的运用前景，并取得了良好的社会效益。



图一

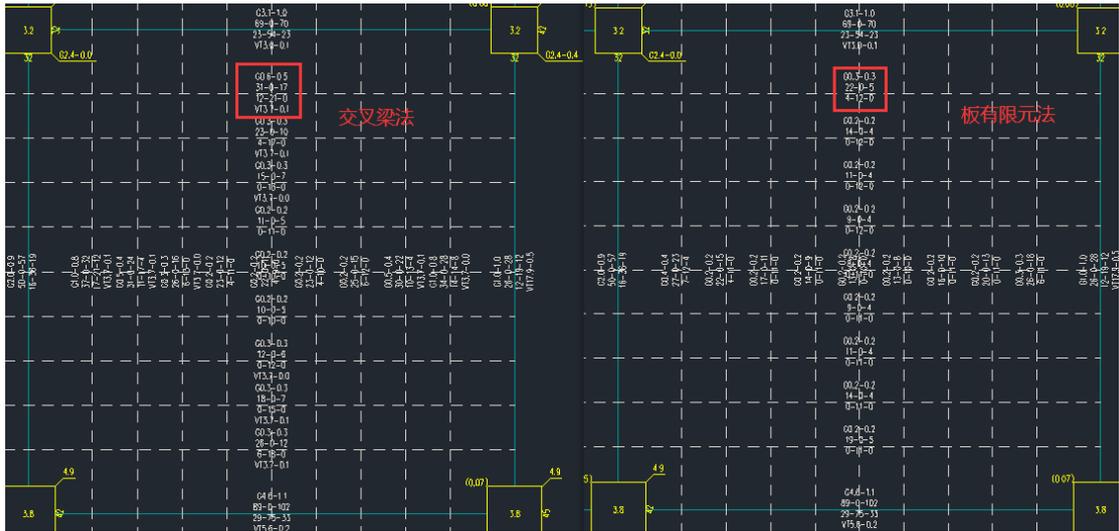
近年来，大量建筑结构工程师对现浇混凝土空心楼盖的受力特点、结构以及构造进行了深入研究，使得现浇混凝土空心楼盖结构体系得到推广。空心楼盖计算以前常采用的方法有拟梁法、直接设计法、经验系数法、等代框架法、有限元法等方法。随着计算机技术的发展和结构计算软件的迭代更新，目前更多的是采用有限元法计算空心楼盖。

YJK 软件是在上部结构计算中嵌入了现浇空心板的计算，即没有在上部结构计算时直接求解现浇空心板部分，而是计算参数中设置了“是否计算现浇空心板”的选项。如果布置了现浇空心板，并且在计算参数中勾选了“计算现浇空心板”（图二），则对它按照单层模型计算，有几层布置了现浇空心板就计算几次。这两部分是连续进行的，且现浇空心板的结果和上部结构在一起输出；这种不同于常规结构的计算和输出方式，初学者往往对计算选项、设计结果产生疑问。今天我们通过部分用户经常咨询的问题为大家梳理一下现浇空心板的设计要点、计算方法及输出特点。



图二

问题 1：空心楼盖肋梁选择“交叉梁法”与“板有限元法”结果差异比较大，请教一下原因？



图三

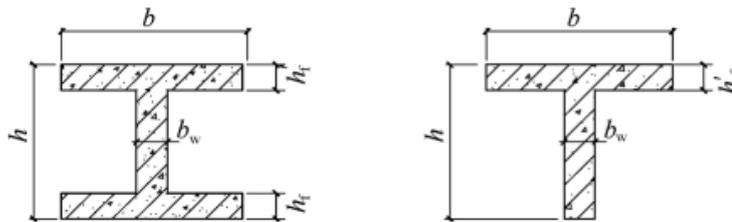
工程分析：在上部结构计算参数中勾选“计算现浇空心板”时，程序对空心板提供了两个计算方法选项：“交叉梁系”和“板有限元法”，默认是“板有限元法”。



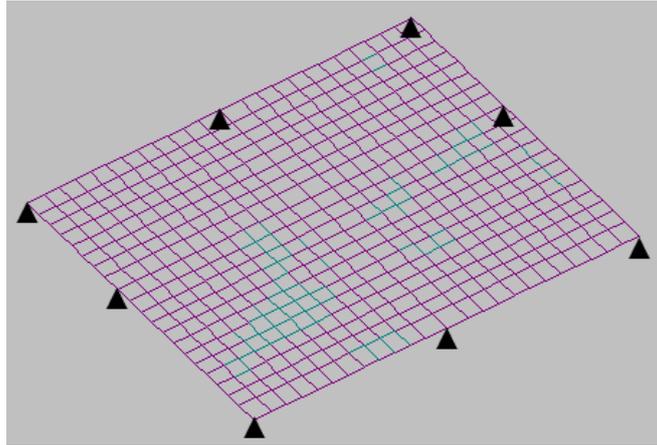
图四

这两种计算方法代表了两种计算模型，两者本身有差异：

- 1) 交叉梁法按照密肋梁计算，即：程序将箱体之间的肋转化成工形截面（箱体下有板时）或者 T 形截面（箱体下无板时）的肋梁，肋梁翼缘的宽度取肋梁间距的一半，每个房间形成小的交叉梁系，房间周围的梁是肋梁的弹性支座（如果是柱、墙则为竖向不动支座），各个相邻房间的交叉梁系互相连接，再加上楼层的楼面梁共同形成全层的交叉梁体系。



图五

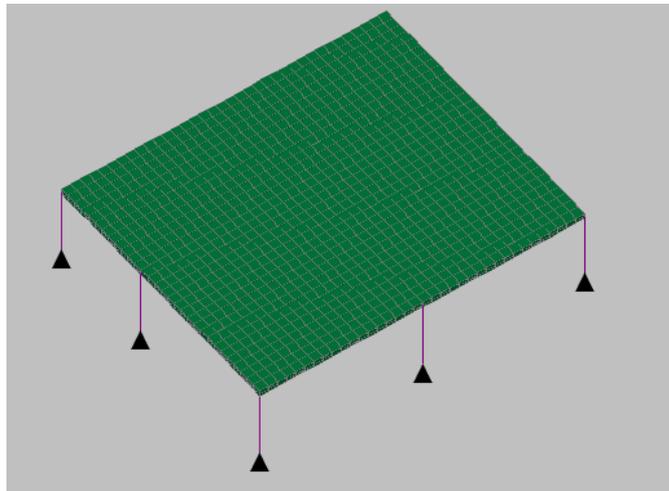


图六 交叉梁法计算模型示意

软件按照上述单层模型计算楼板上的恒载和活载，没有考虑风荷载和地震作用以及自定义荷载等其他荷载。计算结果给出肋梁的内力和配筋。在构件信息中输出肋梁的工形或者 T 形截面的详细尺寸。

配筋简图中对各房间周围的楼面梁仍是按照上部结构全楼整体模型计算的结果输出。它们虽然参与了肋梁的整体计算，但这样计算的结果只给肋梁用，楼面梁本身不用。

- 2) 板有限元法按照楼板的有限元计算，即：程序使用细分的弹性板有限元(壳元)模型计算现浇空心板。对板元按考虑了空心部分的折算刚度计算，计算折算刚度的公式参考《现浇混凝土空心楼盖技术规程》；而在暗梁处、柱周围的实心区处按照实心板计算；对于柱帽处，按照变厚度的不同板单元计算。在空心板计算模型中，板计算时把暗梁当做板的一部分，为了避免刚度重复计算，忽略了暗梁作为梁杆件单元的刚度（这里在整体计算时没有忽略，只是空心板计算模型中忽略了）。



图七 板有限元法计算模型示意

上述单层模型可考虑板上作用的恒、活、人防及自定义荷载，不能考虑其他荷载工况。软件对楼板的有限元计算结果积分为肋梁的弯矩和剪力，再对肋梁进行配筋设计，以肋梁为单位输出弯矩和配筋。最终的计算结果输出内力和配筋的形式和第一种按照密肋梁计算模式相同。

密肋梁模型不能考虑薄板部分的贡献。一般来说使用密肋梁模型计算的配筋结果配筋偏

大。

问题 2：分别按三种方式计算空心板模型，采用“板有限元法”，暗梁结果差异很大，而肋梁无变化，哪个结果更真实？1) 刚性板+平面导荷；2) 弹性板 6+平面导荷；3) 弹性板 6+有限元计算。

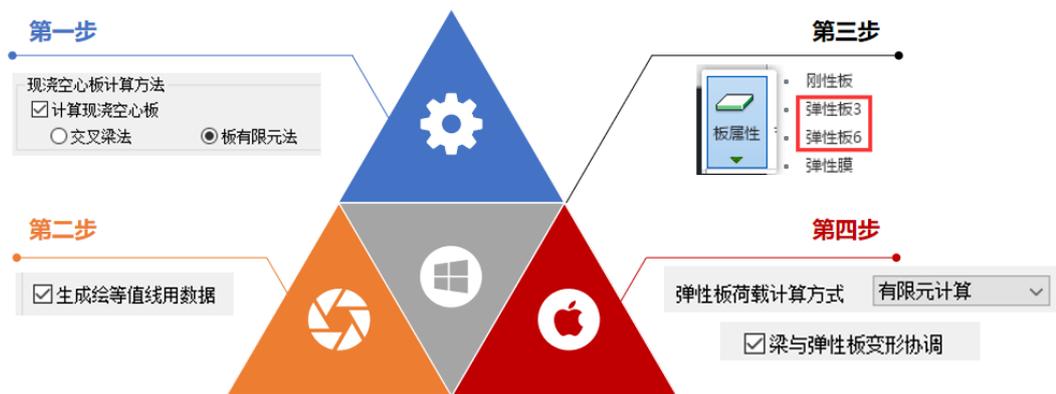


图八

工程分析：该问题是指当板属性和弹性板荷载计算方式改变后，房间周边梁的配筋结果变化。这里需要先了解的是空心板计算和设计的基本流程及参数设置。

空心楼盖设计包含空心板设计和楼面梁（通常是暗梁）设计，前面也提到过，空心板计算是嵌入在上部结构计算的，它是一个单层模型，这个单层模型按交叉梁或楼板有限元计算和设计了肋梁。房间周围的楼面梁虽然参与了这个单层模型的计算，但它的计算结果并不作为楼面梁本身的设计结果。楼面梁设计是放在上部结构全楼整体模型中完成的，整体模型可以实现所有工况及组合的计算和设计。

当然，合理完成空心楼盖计算和设计离不开参数设置：



图九

- 1) 勾选“计算现浇空心板”，并选择计算方法，默认是“板有限元法”。注意：如果不勾选则不对空心板进行设计。
- 2) 勾选“生成绘等值线用数据”。该步是为了方便后续对空心板有限元计算等值线结果的查看，如果不需要看该项结果可以不勾选。
- 3) 到“板属性”菜单定义“弹性板 6 或弹性板 3”。考虑到暗梁截面高度一般较小，按弹性板 6 或弹性板 3 计算，是弹性楼板和暗梁共同作用承担各种荷载的力学模型，这样可使暗梁本身的配筋更加经济合理。该项对整体模型起作用。
- 4) 选择“弹性板荷载计算方式”为“有限元计算”，并勾选“梁与弹性板变形协调”。按照有限元计算方式更符合楼板实际的工作状况，一般计算弹性板比平面导荷方式将增大柱的受力并减少暗梁的受力。梁与弹性板变形协调才发挥出板和梁共同工作的能力。同样，这两项对整体模型起作用。

综上，可以看出，三种不同的参数组合方式下，楼面梁结果有差异而肋梁无变化本身是正常的，“弹性板+有限元计算”是最为经济合理的方式。

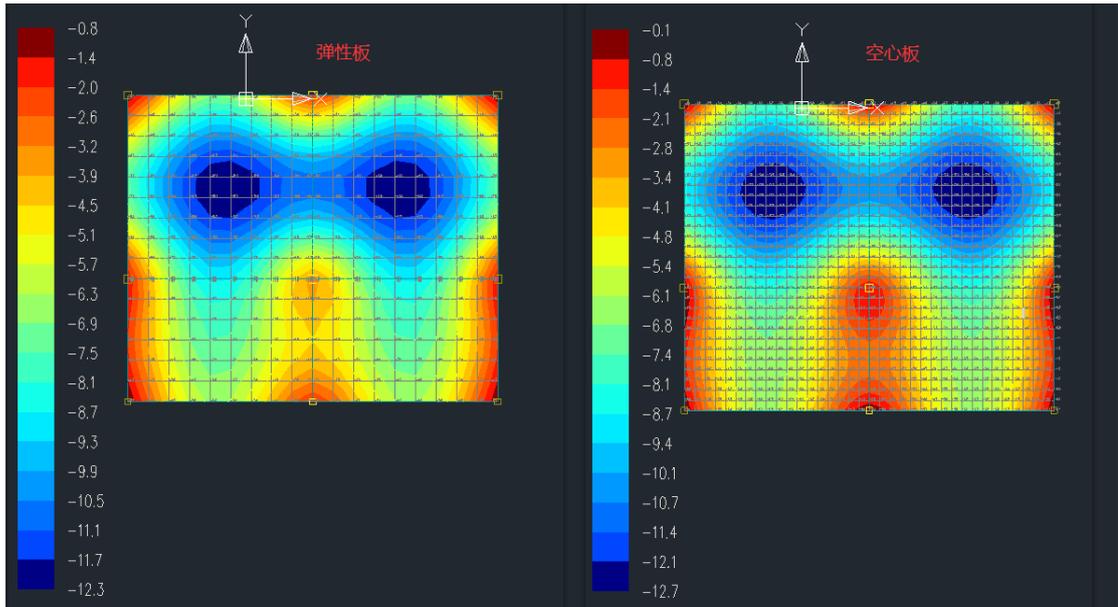
问题 3：空心板计算完后，在哪里可以看它的计算结果？是看等值线空心板的结果，还是看板施工图（采用有限元计算）的结果。

工程分析：空心板虽然称之为板，但它实际是类似双向正交密肋楼盖体系。通过前面的问题解答，我们已经了解到，程序对空心楼盖设计无论是“交叉梁法”还是“板有限元法”都是按肋梁计算、设计并输出的，肋梁按工形或者 T 形截面。所以，在上部结构计算完成后，设计结果的各项输出中将自动包含现浇空心板肋梁的内容，空心楼盖的计算结果直接看设计结果——配筋简图就可以了。

另外，当选择“板有限元法”并勾选“生成绘等值线用数据”时，可根据需要在设计结果——等值线菜单下查看空心板有限元计算结果。点取“空心板”项，该项是专门为以单层模型计算的现浇空心板准备的。这里可查看各单元的单工况内力、组合内力和配筋，这里的内力是肋梁设计的基础数据，可供复核参考。

同样，在施工图模块，也不需要看板施工图，空心楼盖体系的施工图是在梁施工图模块完成的，梁的平法施工图一般由四部分组成：

- 1) 暗梁配筋，按照普通框架梁的标注方式标注；
- 2) 肋梁配筋，按照次梁的标注方式标注，并用名称“BL”标识；
- 3) 柱帽或者实心区的局部补强配筋，标注直径和间距，画出钢筋线表示分布范围。柱



图十三

工程分析：这个问题涉及到的是等值线菜单下查看结果时选择类别“空心板”和“弹性板”的区别。



图十四

①、计算模型不同：

软件对空心板采用的是按单层模型计算，只考虑了板上的恒载、活载、人防及自定义荷载，没有考虑其他荷载；而弹性板是按整体结构模型计算的，可以考虑模型中定义的所有荷载工况，荷载全面。

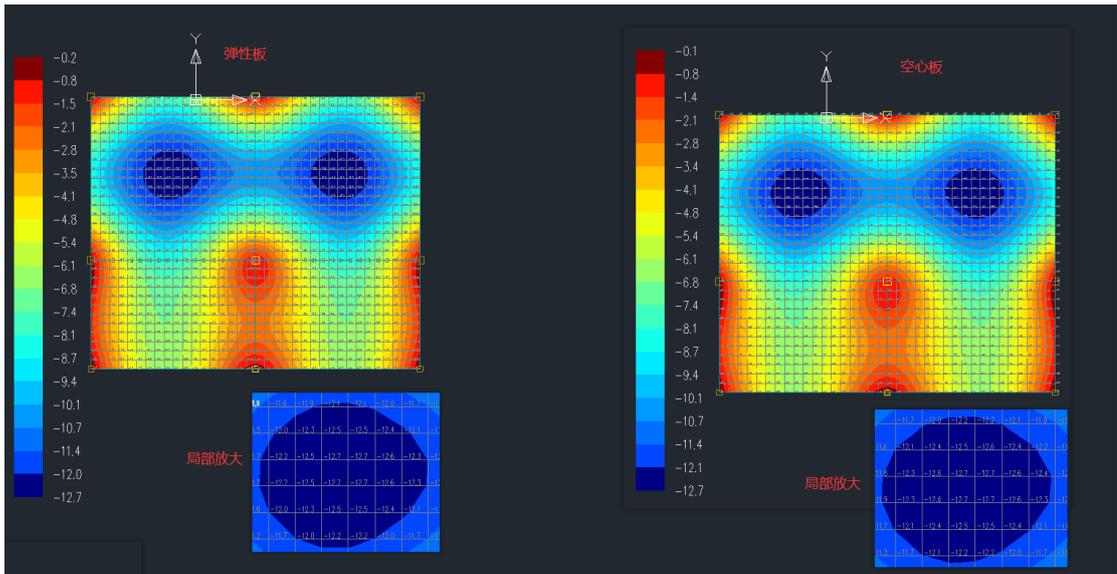
②、单元划分不同：

空心板的网格划分尺寸默认为 0.5m，控制参数在高级选项中，一般不需要修改；弹性板网格划分尺寸默认为 1m，即计算控制信息中的板元细分最大控制长度，可以按照计算需要修改。

③、暗梁刚度不同

在空心板计算模型中，板计算时把暗梁当做板的一部分，为了避免刚度重复计算，忽略了暗梁作为梁杆件单元的刚度，而在整体计算时没有忽略。

对该工程，工程师仅是想对比恒载单工况下的位移，可以将模型简化为单层模型，板元细分最大控制长度修改为 0.5m，适当折减整体模型的暗梁刚度（这里按 0.5 倍折减）后，位移差异就很小了。



图十五

相信通过本文，您能够对软件参数设置、技术条件及处理规则有更进一步的认识，对以后的空心楼盖工程设计有所帮助。