

1 总则

1.0.1 为规范双向密肋整体式接缝空心叠合楼盖的合理应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

【条文说明】1.0.1 与传统的实心大板楼盖相比，现浇混凝土空心楼盖结构在减轻楼盖自重、降低地震作用、隔声、有效降低建筑层高等方面有较明显的优势；在不增加、甚至节省造价的情况下，获得良好的建筑使用空间；适用于大跨、大开间的商业建筑、学校建筑、办公建筑、医院建筑、厂房建筑、停车楼建筑、地下车库和大开间民用住宅等建筑。

另外，随着装配式建筑的发展，楼板采用叠合板也得到了越来越广泛的应用，与现浇混凝土空心楼盖结构对应的就是空心叠合楼盖。而本规程的双向密肋整体式接缝空心叠合楼盖就是空心叠合楼盖的一种典型实现方式。

制定本规程是为了规范使用箱型填充体的双向密肋整体式接缝空心叠合楼盖的技术参数，规范设计计算方法，提出抗震设计要求，明确预制底板和接缝要求，确保工程设计安全和施工质量，使该项技术得到更好的应用和发展。

1.0.2 本规程适用于抗震设防烈度为 8 度及 8 度以下的工业与民用建筑中普通钢筋混凝土双向密肋整体式接缝空心叠合楼盖的设计、生产、施工与验收。

【条文说明】1.0.2 本规程仅适用于采用双向密肋整体式接缝的普通钢筋混凝土空心叠合楼盖，预应力空心叠合楼盖不适用。

1.0.3 双向密肋整体式接缝空心叠合楼盖的设计、生产、施工与验收除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 双向密肋整体式接缝空心叠合板 two-way ribbed integral jointed hollow composite slab

标准化的双向带肋预制底板在工厂制作完成运输到施工现场安装就位后,将双向叠合肋梁的底部纵筋采用套筒挤压接头进行机械连接、配置叠合肋梁的上皮纵筋及双向后浇肋梁的所有钢筋、固定箱型填充体、配置顶板钢筋网,并浇筑后浇混凝土后形成的正交双向整体受力,共同承受外部荷载或作用的普通钢筋混凝土空心叠合板。其一般由双向带肋预制底板、叠合肋梁、后浇肋梁、箱型填充体及后浇上翼缘板组成,并在后浇肋梁部位进行双向整体式接缝连接成一体。简称空心叠合板。

【条文说明】2.1.1 采用箱型填充体的双向密肋现浇钢筋混凝土空心楼板在实际工程中得到了广泛的应用,最终成型的空心楼板一般由上翼缘板、下翼缘板和双向密肋的肋梁组成。本规程规定的双向密肋整体式接缝空心叠合板,如图 1 所示,先将采用箱型填充体的双向密肋空心楼板在平面上进行合理拆分,拆分成标准化的双向带肋预制底板,并将整体式双向密肋空心楼板的双向密肋梁分为叠合肋梁和后浇肋梁。预制底板包括空心叠合板的部分下翼缘板以及作为叠合肋梁预制部分的双向上凸的肋部。预制底板在工厂制作完成运输到施工现场安装就位后,叠合肋梁的下皮纵筋在后浇肋梁处采用套筒挤压接头进行机械连接,然后配置叠合肋梁的上皮纵筋及双向后浇肋梁的所有钢筋、固定箱型填充体、配置顶板钢筋网,然后再浇筑所有后浇混凝土,双向带肋预制底板在双向后浇肋梁处进行整体式接缝连接,最终形成整体受力的空心楼板。空心叠合板的叠合面位于叠合肋梁预制部分的上表面,拼接部位位于后浇肋梁处。东南大学进行的《装配整体式双向密肋叠合楼盖试验及有限元分析》表明,这种在后浇肋梁处采用双向整体式接缝进行连接的空心叠合板受力性能良好,可以采用与现浇空心楼板相同的方法进行设计。

当前阶段,叠合肋梁的下皮纵筋在后浇肋梁处采用套筒挤压接头进行机械连接比较可行,随着预制底板工厂加工精度的提高以及钢筋连接技术的进步,叠合

肋梁下皮纵筋的连接也可以采用其他形式的机械连接方式。其他形式钢筋机械接头的检验、验收与套筒挤压接头相同。

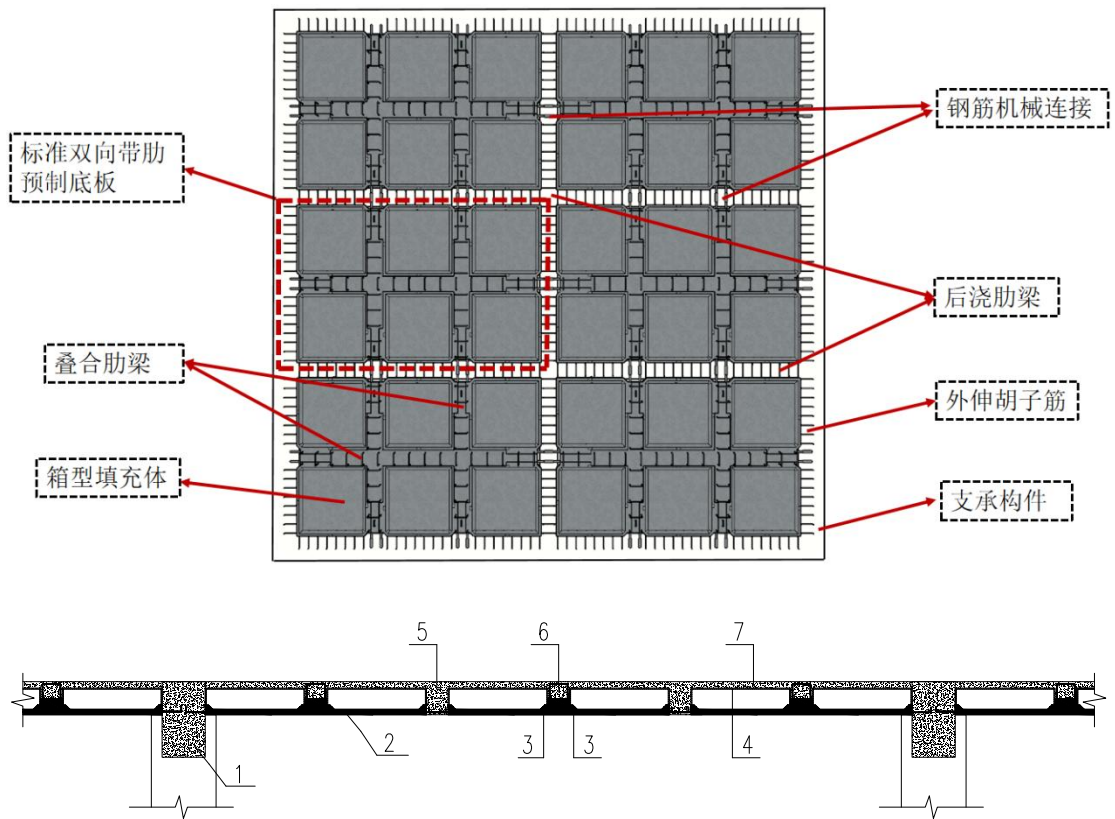


图 1 双向密肋空心叠合楼盖平面、剖面示意图

1—支承构件；2—标准化双向带肋预制底板；3—边肋；4—箱型填充体；5—后浇肋梁；6—叠合肋梁；7—后浇上翼缘；

2.1.2 双向密肋整体式接缝空心叠合楼盖 two-way ribbed integral jointed hollow composite floor

由双向密肋整体式接缝空心叠合板与支承构件组成的楼盖结构。简称空心叠合楼盖。

【条文说明】2.1.2 由双向密肋整体式接缝空心叠合板与其支承构件共同组成的楼盖结构称为双向密肋整体式接缝空心叠合楼盖。支承构件可以为刚性支承梁（剪力墙）、柔性支承梁（或扁梁）以及框架柱，分别对应的是刚性支承楼盖、柔性支承楼盖以及柱支承楼盖。

2.1.3 双向带肋预制底板 two-way ribbed precast plate

由工厂预先制作完成用于双向密肋整体式接缝空心叠合板的预制底板，包括

空心叠合板的部分下翼缘板以及作为叠合肋梁预制部分的双向上凸的肋部。简称预制底板。

【条文说明】2.1.3 双向带肋预制底板是空心叠合板的基础和基本组成部分。由空心叠合板的部分下翼缘板以及双向上凸的肋部组成。其中，双向上凸的肋部也是叠合肋梁的预制部分，也能起到提高预制底板刚度的作用，从而保证预制底板在脱模、翻转、吊运、堆放、运输、安装及混凝土浇筑时的受力和变形满足要求。

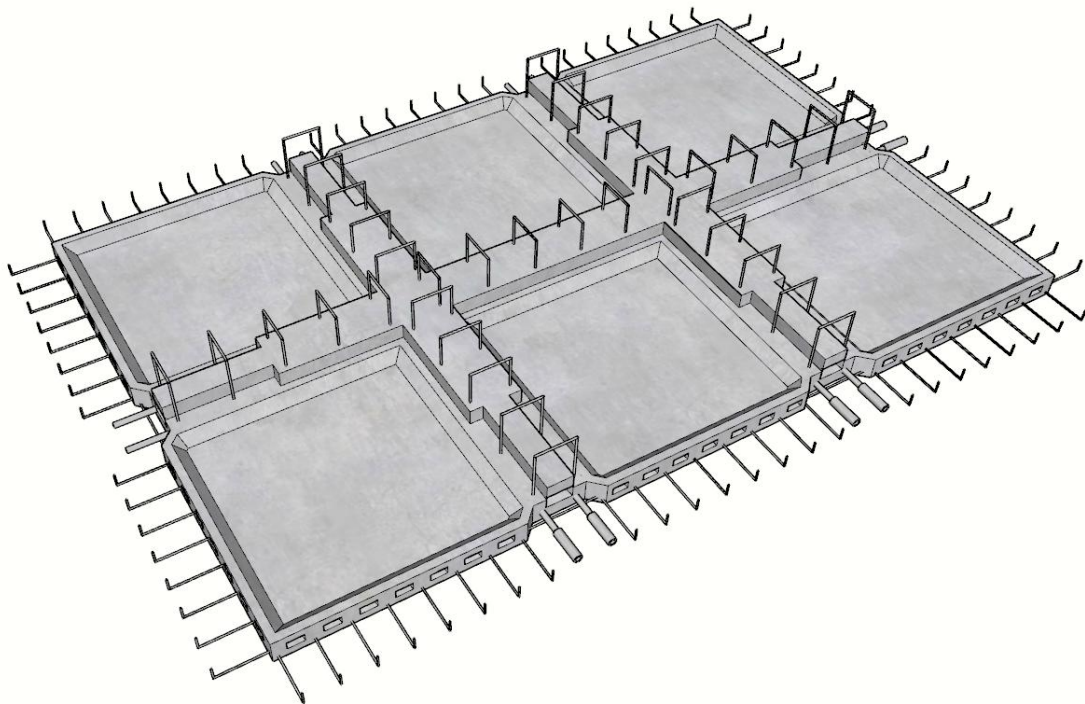
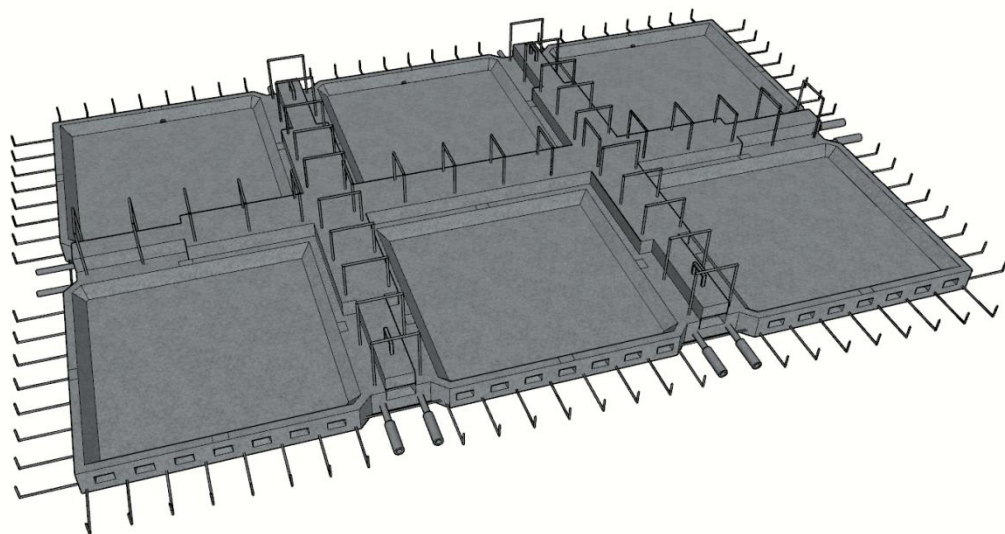


图 2 典型双向带肋预制底板示意图



2.1.4 上翼缘板 upper flange

位于箱型填充体上表面至空心叠合板顶面的后浇混凝土板。

2.1.5 下翼缘板 bottom flange

位于箱型填充体下部空心叠合板底面的混凝土板，一般随预制底板在工厂预制。

2.1.6 肋梁 rib

属于空心叠合板的一部分，同一柱网内相邻箱型填充体之间形成的梁式配筋的混凝土小梁。空心叠合板的肋梁包括叠合肋梁和后浇肋梁。

【条文说明】2.1.6 最终成型的空心叠合板一般由上翼缘板、下翼缘板和双向密肋的肋梁组成。肋梁属于空心叠合板的一部分，同一柱网内相邻箱型填充体之间形成的混凝土小梁，一般情况下按梁进行配筋。空心叠合板的肋梁包括叠合肋梁和后浇肋梁。

2.1.7 叠合肋梁 composite rib

下半部分为预制底板的肋部，底部纵筋采用套筒挤压接头进行机械连接、配置上皮纵筋、浇筑上部后浇混凝土后形成的整体受力的肋梁。

【条文说明】2.1.7 叠合肋梁的下半部分为双向带肋预制底板上凸的肋部，上半部分通过浇筑后浇混凝土后形成的整体受力的肋梁。其底部纵筋需要现场采用套筒挤压接头进行机械连接，上皮纵筋需要现场配置。

2.1.8 后浇肋梁 post-cast rib

用于采用双向整体式接缝方式连接预制底板的肋梁，其钢筋均需要现场绑扎、混凝土现场浇筑。

【条文说明】2.1.8 后浇肋梁在空心叠合板中起到了非常重要的作用，预制底板需要在双向后浇肋梁处进行双向整体式接缝连接成为一个整体。其钢筋均需要现场绑扎、混凝土现场浇筑。

2.1.9 箱型填充体 filler of box shape

永久埋置于空心叠合板内部，正投影宜为正方形，形状为箱型下部无底，用以置换部分混凝土以达到减轻楼板自重，同时也作为后浇混凝土侧模和底模用的填充体。

【条文说明】2.1.9 为了提高空心叠合板的体积空心率，减轻预制底板的重量，

宜采用箱型填充体。箱型填充体的正投影要求宜为正方形，再加上双向肋梁同宽度，目的是为了保证空心叠合板的双向同性，当然在空心叠合板的一些边角部位局部也可以搭配使用正投影为长方形的箱型填充体。箱型填充体的下部无底板，是因为箱型填充体的下部为预制底板的下翼缘板，已经预制成型。除了减轻楼板的重量之外，箱型填充体的侧面和顶面同时也可以起到后浇混凝土的模板作用。

2.1.10 体积空心率 volumetric void ratio

空心叠合楼盖区格内所有内置填充箱形成的空间体的体积之和与楼板体积的比值。

【条文说明】2.1.10 体积空心率只是表明了填充体占的体积，由于填充体有一定的重量，因此不能完全表达减轻自重的比率。

2.1.11 表观密度 apparent density

本规程特指自然状态下箱型填充体的质量与体积的比值。

【条文说明】2.1.11 表观密度是衡量填充体自重和占有空心板内体积的一个宏观量度，体积空心率相同时，填充体表观密度越小越能减轻自重。

2.1.12 双向整体式接缝 two-way integrated joint

相邻预制底板之间在双向后浇肋梁处采用后浇混凝土进行连接，能可靠双向连续传递内力的一种接缝形式。

【条文说明】2.1.12 预制底板在后浇肋梁处通过后浇混凝土进行双向整体式接缝连接，类似普通钢筋桁架叠合板采用后浇带式整体接缝的效果，空心叠合板的整体性受力、传力与同跨度的现浇空心楼板接近。

2.1.13 边肋 edge rib

预制底板下翼缘板以及沿下翼缘板周边侧面的向上加腋部分共同构成，用以增强预制底板刚度、固定箱型填充体。

【条文说明】2.1.13 空心叠合板的下翼缘板一般厚度较薄，最薄可以达到 50mm；预制底板的双向上凸的肋部又在预制底板的中部，在脱模、翻转、吊运、堆放、运输、安装时四个角部受力、变形较大，为保证安全，下翼缘板采用向上加腋增加预制底板刚度的办法进行处理。下翼缘板及下翼缘板的向上加腋共同称为边肋。边肋的另一个目的是为了方便的固定箱型填充体。

2.1.14 肋梁键槽 keyway of rib

在预制底板叠合肋梁的端部侧面提前留设的,用以增强叠合肋梁与相邻后浇混凝土之间咬合力的凹槽。

2.1.15 边肋键槽 keyway of edge rib

在预制底板周边下翼缘板的侧面提前留设的,用以增强预制底板与相邻后浇混凝土之间咬合力的凹槽。

2.1.16 肋顶凹槽 groove on the top of rib

在预制底板肋顶端部提前留设的用于叠合肋梁支座处下部纵筋搭接连接用的凹槽。

2.1.17 叠合面 composite surface

空心叠合板中预制底板与上部后浇混凝土之间的结合面,一般位于预制底板上凸肋部的上表面。

2.1.18 刚性支承楼盖 rigid edge supported floor

由墙或竖向刚度较大的梁作为空心叠合板竖向支承的楼盖。

【条文说明】2.1.18 竖向刚度较大的梁指梁的刚度足够大,可以作为楼板的竖向刚性支承,一般认为梁的相对抗弯刚度因子 $\alpha_1 l_2 / l_1$ 大于 4 就可以。 α 为计算方向支承梁与空心叠合板的截面抗弯刚度之比,详公式一。对应楼板的 l_1 与 l_2 方向, α 可分为 α_1 与 α_2 , $\alpha=0$ 时相当于板下无梁,作为楼板的竖向刚性支承梁,其 α 不应小于 0.8。

$$\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \quad (\text{公式一})$$

式中: E_{cb} 、 E_{cs} ——分别为梁、板的混凝土弹性模量;

I_b ——梁的截面惯性矩,需考虑翼缘的影响,每侧翼缘计算宽度宜取梁高与板厚之差,且不应超过板厚的4倍;

I_s ——板的截面惯性矩

2.1.19 柔性支承楼盖 flexible edge supported floor

由竖向刚度较小的梁作为空心叠合板竖向支承的楼盖。

【条文说明】2.1.19 “柔性支承梁”相对于“刚性支承梁”而言,指相对抗弯刚度因子小于 4 的梁。

2.1.20 柱支承楼盖 column supported floor

由柱作为空心叠合板的竖向支承,且支承间没有刚性梁和柔性梁的楼盖。

【条文说明】2.1.20 柱支承楼盖也就是无梁楼盖。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

f_{ck} ——混凝土轴心抗压强度标准值。

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值。

f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_{tk} 、 f_{ck} ——与各环节的混凝土立方体抗压强度相应的抗拉强度标准值、抗压强度标准值；

f_y ——钢筋抗拉强度设计值。

2.2.2 作用和作用效应

V_S ——叠合肋梁端部剪力设计值；

V_R ——叠合肋梁端部受剪承载力设计值；

M_k ——荷载标准组合作用下弯矩标准值；

σ_{cc} ——荷载标准组合作用下预制底板正截面边缘混凝土法向压应力；

σ_{ct} ——荷载标准组合作用下预制底板正截面边缘混凝土法向拉应力。

2.2.3 几何参数

B ——预制底板宽度；

L ——预制底板长度；

h ——空心叠合板厚度；

h_1 ——预制底板最大厚度，一般指叠合肋梁下部预制部分的厚度；

h_2 ——后浇叠合层最大厚度，一般指叠合肋梁上部后浇混凝土的厚度；

h_3 ——预制底板边肋的高度；

b ——I 形截面计算宽度（取相邻箱型填充体之间的中心距）；

b_w ——肋梁宽度；

h_f ——上翼缘板的厚度；

hf ——下翼缘板的厚度，非边肋处的下翼缘板厚度；

h_0 ——空心叠合板有效高度；

l_o ——楼盖的计算跨度；

A_{c1} ——叠合肋梁叠合层后浇混凝土截面面积；

A_k ——叠合肋梁键槽根部截面面积之和；

A_{sd} ——垂直穿过叠合肋梁端部竖向结合面的所有钢筋面积；

W_{cc} ——截面混凝土受压边缘弹性抵抗矩；

W_{ct} ——截面混凝土受拉边缘弹性抵抗矩；

I ——空心叠合板截面惯性矩；

I_0 ——相同厚度实心楼板的截面惯性矩；

A_s ——空心叠合板底部纵筋面积之和或者顶部纵筋面积之和；

A_0 ——相同厚度实心楼板的截面面积；

l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度；

l_{ab} ——纵向受拉钢筋的基本锚固长度。

2.2.4 计算系数及其他

ρ_{min} ——空心叠合板最小配筋率。

3 基本规定

3.1 空心叠合楼盖

3.1.1 空心叠合楼盖的结构布置应受力明确、传力合理。

【条文说明】3.1.1 采用正交两个方向布置箱型填充体的空心叠合楼盖，双向正交同性，结合必要的整体性接缝和支座构造措施，再加上可行的结构体系，应做到受力明确、传力合理。

3.1.2 直接承受较大集中静力荷载的楼板区域，不宜布置箱型填充体；直接承受较大集中动力荷载的楼板区格，不应采用空心叠合楼板。

【条文说明】3.1.2 楼板的空心截面不利于承受较大的集中荷载。承受较大的集中静力荷载的部位，宜取消箱型填充体而局部采用实心楼板或采取有效的局部加强措施。对于承受较大的集中动力荷载的部位(如较大机械设备等)的区格板，应采用实心楼板。

3.1.3 空心叠合楼盖的箱型填充体宜按正交两个方向布置，相邻区格的箱型填充体布置宜对齐。

【条文说明】3.1.3 箱型填充体按正交两个方向布置，可以做到楼板双向正交同性，受力合理；相邻区格的箱型填充体对齐布置，形成的肋梁也自然对齐，便于在支座处传递、平衡负弯矩。

3.1.4 结构转换层、竖向体型收进部位、平面凹凸不规则、楼板局部不连续、斜柱上下端周围局部楼盖等薄弱部位，以及作为上部结构嵌固部位的楼板采用空心叠合板时，应适当增加上、下翼缘板厚度、配筋并加强空心叠合板与支承构件的连接。

【条文说明】3.1.4 结构转换层、竖向体型收进部位、平面凹凸不规则、楼板局部不连续、斜柱上下端周围局部楼盖、作为上部结构嵌固部位的楼板等，受力复杂，宜采用现浇楼板。当这些部位的楼板采用空心叠合板时，必须采取一定的加强措施，比如上翼缘板厚度采用80mm并提高上、下翼缘板及肋梁配筋，同时加强空心叠合板与支承构件的连接，确保楼板面内刚度及面内承载能力。

3.1.5 空心叠合楼盖当满足本规程规定的各种要求时，可按照等同于现浇空心楼盖的方法进行结构分析和计算。

【条文说明】3.1.5 满足本规程的有关构造要求，并且在后浇肋梁处采用双向整体式接缝进行连接的空心叠合楼盖，其受力性能接近于现浇空心楼盖，其分析方法可按照现浇空心楼盖的有关方法进行。

3.1.6 采用空心叠合楼盖的多、高层建筑，结构设计工作年限、安全等级和结构重要性系数等应按现行有关规范的规定采用。

3.2 空心叠合板

3.2.1 预制底板应根据建筑结构平面及其制作、运输、吊装能力进行优化布置，并宜满足模数化、标准化的要求。

【条文说明】3.2.1 预制底板做到模数化、标准化，可以减少模具费用，也可以做到连接节点的标准化。

3.2.2 空心叠合板与主体结构应有可靠连接，保证楼盖的整体牢固性。

3.2.3 空心叠合板应进行承载力极限状态计算和正常使用状态验算。

3.2.4 预制底板应进行短暂设计状况下的承载力、挠度及裂缝控制验算，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

【条文说明】3.2.4 预制底板在脱模、翻转、吊运、堆放、运输、安装及混凝土浇筑时，应分别进行承载力、挠度及裂缝控制验算。

3.2.5 施工阶段预制底板应采取可靠的临时支撑措施，临时支撑的位置及间距应满足预制底板承载力、挠度及抗裂要求，以及临时支撑的承载力和稳定性要求。相邻支撑之间预制底板的挠度不宜大于临时支撑间距的 $1/400$ 。

【条文说明】3.2.5 由于空心叠合板被拆分成了标准化的多块预制底板，并且预制底板需要在双向后浇肋梁处进行整体式接缝连接成为一个整体。施工安装时，每块预制底板必须均应进行可靠支撑，以确保施工阶段的安全。

3.2.6 空心叠合板的燃烧性能和耐火极限应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

3.2.7 空心叠合板的隔声性能应符合现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的有关规定。

3.2.8 空心叠合板两正交方向的截面特性应按下列规定计算：选取两相邻箱型填充体中心线之间的范围作为一个计算单元（图 3.2.8-1），并可将该计算单元简化

为I形截面（图 3.2.8-2）。

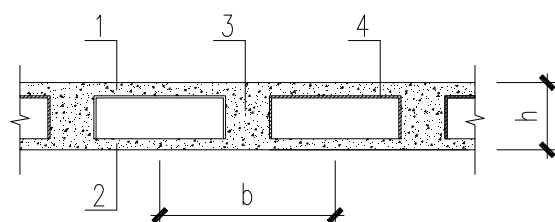


图 3.2.8-1 计算单元示意

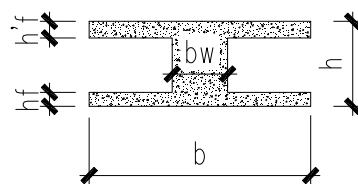


图 3.2.8-2 I 形截面示意

b ，I形截面计算宽度（取相邻箱型填充体之间的中心距）；

b_w ，肋梁宽度； h'_f 、 h_f ，上、下翼缘板厚度； h ，空心叠合板厚度

1—上翼缘板；2—下翼缘板；3—肋梁；4—箱型填充体

3.3 房屋适用高度和抗震等级

3.3.1 采用空心叠合板的多、高层建筑，当竖向结构构件全部为现浇时，其最大适用高度、抗震等级以及主体结构的抗震措施等应按现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 等关于现浇钢筋混凝土结构的规定执行。

【条文说明】3.3.1 现行行业标准《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268没有采用空心楼盖的房屋结构适用高度和抗震等级方面的规定。本规程结合其他现行规范在本节提出了相应结构形式的一些规定。采用空心叠合板的多、高层建筑，无论框架梁是现浇还是采用叠合梁，只要框架柱、剪力墙等竖向结构构件全部为现浇，对整体结构的抗震性能影响较小，主体结构的最大适用高度、抗震等级以及主体结构的抗震措施等与现浇混凝土结构相同。

3.3.2 采用空心叠合楼盖的多、高层建筑，当竖向结构构件全部或部分采用预制装配式构件时，其最大适用高度、抗震等级以及主体结构的抗震措施等应按现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 等关于装配式混凝土结构的规定执行。

【条文说明】3.3.2 采用空心叠合楼盖的多、高层建筑，当竖向结构构件框架柱、剪力墙等全部或部分采用预制装配式构件时，其最大适用高度、抗震等级以及主体结构的抗震措施等与装配式混凝土结构相同。

4 材 料

4.1 混凝土

4.1.1 预制底板的混凝土强度等级不宜低于 C30；后浇混凝土强度等级不宜低于 C30，且不应低于 C25。

【条文说明】4.1.1 空心叠合板在后浇肋梁部位采用双向整体式接缝连接成一体，接缝处的混凝土强度等级一般不低于预制底板的混凝土强度等级。因此，实际工程中，为了后浇混凝土的整体浇筑方便，整个后浇混凝土强度等级宜与预制底板的混凝土强度相同。

4.1.2 预制底板及后浇混凝土所用混凝土材料的力学性能指标和耐久性要求等应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

4.1.3 预制底板混凝土的粗骨料宜采用连续级配，且粗骨料的最大公称粒径不宜大于下翼缘板厚度的 1/4。

【条文说明】4.1.3 现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《混凝土质量控制标准》GB 50164 规定：混凝土粗骨料宜采用连续级配；粗骨料的公称粒径不得大于构件截面最小尺寸的 1/4，且不得大于钢筋最小净间距的 3/4；对混凝土实心板，骨料的公称粒径不宜大于板厚的 1/3，且不得大于 40mm。本规程偏严考虑采用：粗骨料的公称粒径不宜大于下翼缘板厚度的 1/4。

4.2 钢筋

4.2.1 钢筋的力学性能和工艺性能应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程》JGJ 95、《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 等的有关规定。

4.2.2 肋梁纵筋宜采用 HRB400、HRB500 钢筋；肋梁箍筋宜采用 HRB400 钢筋；上翼缘板、下翼缘板宜采用 HRB400、HRB500、CRB550、CRB600H 钢筋，直径不宜小于 6mm。

4.2.3 叠合肋梁底部纵筋宜采用符合现行国家标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ

107 规定的钢筋挤压套筒及不低于Ⅱ级接头标准的套筒挤压接头进行机械连接。

【条文说明】4.2.3 首先，叠合肋梁虽然名字上习惯叫肋梁，但是其实它是空心叠合板的一部分，钢筋的延性要求不高；其次，同方向叠合肋梁底部纵筋同部位的接头率为 100%，但加上同方向后浇肋梁的底部纵筋没有任何接头，空心叠合板同方向肋梁底部纵筋的接头率大概在 50%~80%之间；再者，为了做到预制底板的标准化，叠合肋梁不管其具体位置如何其配筋均按照跨中叠合肋梁的最大配筋进行配置，只有跨中肋梁的底部纵筋可以充分发挥其抗拉能力，大部分叠合肋梁底部纵筋是不可能充分发挥其抗拉能力的。另外，按照现行国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、现行协会标准《钢筋机械连接装配式混凝土结构技术规程》CECS 444 的有关规定，处于箍筋加密区的纵筋，在接头率 100%的情况下，也可以采用机械连接接头进行钢筋机械连接；现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010（2015 年版）8.4.7 条规定，预制构件的拼接处，钢筋机械接头的面积百分率，可根据实际情况放宽。因此，综合以上各个方面，本规程规定钢筋机械接头的性能可采用Ⅱ级。

另外，由于操作空间有限，以及考虑到预制底板加工精度的影响，叠合肋梁底部纵筋宜采用套筒挤压接头，并使用专用机械挤压设备进行机械连接。

4.2.4 连接用焊接材料应符合国家现行标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18、《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构设计标准》GB 50017 等的有关规定。

4.2.5 当吊环直径不大于 14mm 时，应采用 HPB300 钢筋制作，当吊环直径大于 14mm 时，应采用 Q235B 圆钢制作；严禁使用冷加工钢筋。

【条文说明】4.2.5 本条根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定提出。

4.3 箱型填充体

4.3.1 箱型填充体宜采用塑料材质，也可采用其他材质。氯离子含量和碱含量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中对混凝土材料的要求；放射性核素的限量应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的要求；正常使用环境下应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 的要求。

【条文说明】4.3.1 本条对箱型填充体有害物质含量作了规定，考虑填充体可能含有对混凝土结构有害成分，尤其是氯离子含量、碱含量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的要求。

4.3.2 箱型填充体的产烟毒性应满足《材料产烟毒性危险分级》GB/T 20285 准安全级的要求。填充体不应采用聚苯乙烯泡沫制品及聚氨酯泡沫制品。

【条文说明】4.3.2 本条对箱型填充体面对火灾时的产烟毒性提出了要求。填充体不应采用聚苯乙烯泡沫制品及聚氨酯泡沫制品，也是从这个角度出发提出的。由于填充体本身在施工阶段仅用于减少楼板重量、作为混凝土浇筑时的模板使用，到后期空心叠合板的使用阶段，填充体则没有实质性作用，故对填充体自身的燃烧性能没有提出要求。

4.3.3 箱型填充体的规格尺寸应根据具体工程需要确定，边长宜取 800~1000mm，高度宜取 100~500mm，尺寸允许偏差及检验方法应符合表 4.3.3 的规定。填充体的外观质量应符合下列规定：

- 1 表面应平整，无明显破损、贯通性裂纹、孔洞；
- 2 应具有可靠的密封性。

表 4.3.3 箱型填充体的尺寸允许偏差及检验方法

项目	允许偏差(mm)	检验方法
边长	+5, -8	沿试样边长各尺量一次，取最大偏差值
高度	+5, -8	沿试样 4 个侧面各尺量一次，取最大偏差值
表面平整度	5	用靠尺和塞尺在试样各表面分别量测一次 取最大偏差值
两对角线长度差	10	沿试样顶面和底面的对角线分别尺量， 取较大差值

【条文说明】4.3.3 本条提出了箱型填充体的常用尺寸，包括边长和高度。尺寸允许偏差及检验方法均参考现行行业标准《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268 提出。

4.3.4 箱型填充体的物理、化学及力学性能应符合表 4.3.4 的规定，检验方法应按本规程附录 A 的规定执行。

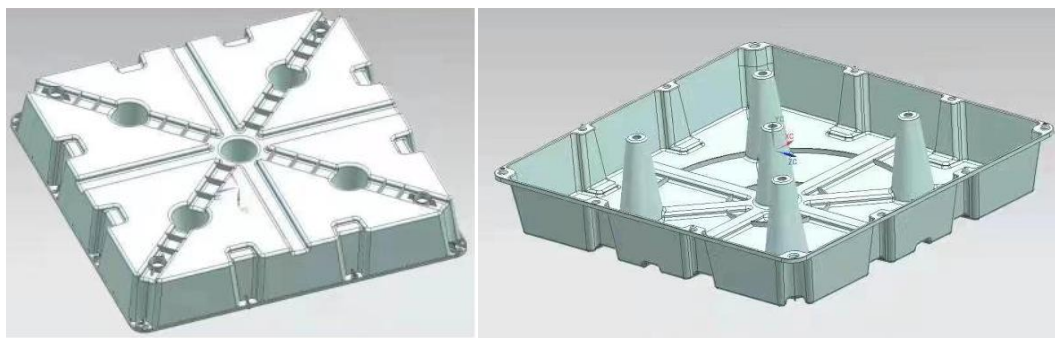
表 4.3.4 箱型填充体的物理、化学及力学性能要求

项目	技术指标
表观密度(kg/m ³)	15.0~500.0
自然吸水率(%)	≤5
氯化物含量	≤0.2%
碱含量	≤3kg/m ³
放射性核素的限量	IRa≤1.0, Ir≤1.0
48h 浸泡后顶面、侧面局部抗压 荷载(kN)	≥1.0
抗振动冲击	φ 50 振动棒紧贴内置表面振动 1min, 不出现贯通性裂纹及破损

【条文说明】4.3.4 目前工地常用的振捣棒为 φ 50 型。φ 50 指的是振捣棒棒头的直径，并以毫米计量。本规程以 φ 50 振捣棒为依据来确定箱型填充体的抗振动冲击性能。

4.3.5 箱型填充体应具备足够的承载力、刚度和稳定性。必要时，填充体的顶面、侧面宜设置一定规则的凹型槽、内部宜设置竖向贯通体等加强措施。

【条文说明】4.3.5 施工期间，人在箱型填充体顶面上踩踏，侧面承担后浇混凝土的侧压力，还有振捣棒的冲击等荷载。所以要求其具有足够的承载力、刚度和稳定性。为了提高箱型填充体的承载力、刚度和稳定性，可以采取在填充体的顶面、侧面设置一定规则的凹型槽、内部设置竖向贯通体等加强措施。



4.4 其他材料

4.4.1 箱型填充体与预制底板边肋顶部固定用的射钉或自攻钉应满足《射钉》GB T 18981 及《紧固件机械性能自攻螺钉》GB T 3098.5 的有关要求。

4.4.2 预制底板边肋顶部与箱型填充体固定位置宜提前埋设塑料连接件。

5 结构分析与设计

5.1 一般规定

5.1.1 空心叠合楼盖结构分析和计算时应采用满足力学平衡条件和变形协调条件的计算方法。结构分析宜采用弹性分析方法；在有可靠依据时可考虑塑性内力重分布，当考虑塑性内力重分布时应考虑正常使用要求。

5.1.2 当楼盖平面布置不规则、作用有局部集中荷载、局部开洞等特殊情况下，宜进行专门的计算分析。结构分析所采用的计算机软件应经考核验证，其技术条件应符合本规程和国家现行标准的有关规定。对计算结果，应经判断和校核；在确认其合理有效后，方可用于工程设计。

5.1.3 空心叠合板的自重应考虑空心的影响、箱型填充体的自重、箱型填充体设置的加强体而导致增加的混凝土重量、与周边支承构件间局部实心混凝土重量的影响。整体分析时，也可通过折算厚度考虑楼板自重，可按本规程附录 B 计算。

【条文说明】5.1.3 箱型填充体为了保证刚度、承载力和稳定而设置的各种加强措施，包括顶面、侧面设置的凹型槽、内部设置的竖向贯通体等，在后浇混凝土浇筑时都会增加混凝土的用量；箱型填充体与周边支承构件之间也会设置局部的实心混凝土区；这些因素都会导致楼板自重的增加。结构计算时，这些增加的自重以及箱型填充体本身的自重都需要考虑。具体方法可以按照附录 B 采用折算厚度的方法进行考虑。

5.1.4 采用空心叠合楼盖的多、高层建筑，其结构分析宜采用有限元法。采用有限元法计算分析时，宜建立符合实际情况的空间模型，并宜考虑托板或柱帽等的影响。

【条文说明】5.1.4 现行行业标准《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268 相关条文关于空心楼盖计算方法的相关规定：

1、周边刚性支承的空心叠合板，可采用拟板法进行计算，也可采用拟梁法进行计算。规程规定的采用拟板法的条件：空心楼板的肋间距宜小于 2 倍板厚；而我们空心叠合板采用最多的是平面尺寸 900*900 左右的箱型填充体，肋梁之间的间距一般情况下肯定大于 2 倍板厚。规程规定的采用拟梁法的条件：所取拟梁宜在相邻区格边间连续，每个区格板内拟梁的数量在各方向上均不宜少于 5 根；

在实际工程中某各方向的肋梁数量少于 5 根比较常见。另外，周边刚性支承的条件，对常用的 8400 柱网 300 厚空心叠合板，经测算，框架梁需要至少做到 400*800 才能到达刚性支承，一般项目会受到较大限制。所以综合而言，周边刚性支承的拟板法、拟梁法，针对我们的具体技术要求，基本无法使用。

2、柱支承、柔性支承及混合支承空心叠合楼盖在竖向均布荷载下的内力分析宜采用经验系数法进行计算；当不符合经验系数法的规定时，可采用等代框架法进行计算。同时，柱支承、柔性支承及混合支承空心叠合楼盖在地震及风荷载作用的内力分析，宜采用等代框架法进行计算。

3、规程规定的采用经验系数法的条件：楼盖为矩形区格，任一区格的长边与短边之比不应大于 2；楼盖结构的每个方向至少应有三个连续跨；同一方向相邻跨的跨度差不应超过较长跨的 1/3；任一方向柱离相邻柱中心线的偏移距离不应超过该方向跨度的 1/10；可变荷载标准值与永久荷载标准值之比不应大于 2；楼盖应按纵、横两个方向分别计算，且均应考虑全部竖向荷载的作用。这些条件可以说比较苛刻，实际工程项目复杂多变，基本上不可能满足这些条件，即便能满足这些条件，但水平荷载下的计算分析又需要采用等代框架法，两种方法计算出的内力又存在内力如何组合的问题；因此，经验系数法基本上无法使用。

4、规程关于等代框架法的要求：柱支承或柔性支承空心楼盖采用等代框架法计算内力时，应按楼盖的纵、横两个方向分别进行，每个方向的计算均应取全部竖向作用荷载。可以说，这种计算方法只是一种粗略的计算方法，相对比较保守，设计成果经济性也比较差。

综合考虑以上情况，在当前计算手段非常先进的情况下，宜采用更为精确的计算分析方法，这就是有限元法。有限元法基本没有限制条件，可以按照实际情况考虑空心叠合板的各种约束情况，无论是刚性支承、柔性支承、柱支承还是混合支承的空心叠合楼盖，有限元法都可以快速地进行计算分析，并进行各种荷载或作用下的内力组合，从而进行构件的配筋设计。因此，我们主要推荐采用有限元法进行空心叠合楼盖的计算分析。

对于刚性支承及未设柱帽及实心区域的柔性支承空心叠合楼盖的周边支承框架梁，为保证其与常规情况下框架梁相同的设计安全度，框架梁设计时可不考虑楼板平面外刚度作用。

5.1.5 空心叠合板应在后浇肋梁处进行双向整体式接缝连接。

【条文说明】5.1.5 标准化拆分的预制底板只有在双向后浇肋梁处进行整体性接缝连接，才能保证空心叠合板的受力性能与现浇空心楼板接近，也是本规程技术体系的核心。

5.2 结构布置要求

5.2.1 采用刚性支承、柔性支承空心叠合楼盖结构的具体要求，应按现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 等的规定进行。当柔性支承空心叠合楼盖结构采用框架扁梁时，扁梁的具体要求应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 等的规定进行。

【条文说明】5.2.1 采用刚性支承、柔性支承空心叠合楼盖的结构，只是楼板采用了空心叠合板，其主体结构与实心楼板结构的要求一致。按照现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3等的规定执行即可。

当柔性支承空心叠合楼盖结构采用框架扁梁时，扁梁的具体要求在现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 等均有具体的规定，应按照执行。但抗震等级为一级的框架结构，不宜采用框架扁梁。

5.2.2 柔性支承空心叠合楼盖，当支承框架梁竖向刚度较弱不足以承担相应柱周围全部竖向荷载时，应在柱周围设置实心区域楼板，并宜由支承框架梁抗剪承载力和实心区域楼板受冲切承载力共同承受全部竖向荷载。框架梁抗剪承载力和实心区域楼板受冲切承载力应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算。支承框架梁的箍筋设置应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中框架梁的要求，且箍筋加密区范围不应小于 1000mm。

【条文说明】5.2.2 本条根据现行国家标准《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268-2012 第 6.3.7 条、7.2.2 条的有关规定，进行整合后提出相应要求。

当支承框架梁能够独立承担柱周围全部竖向荷载时，柱周围可以不必设置实心区域楼板；当支承框架梁竖向刚度较弱不足以承担柱周围全部竖向荷载时，柱

周围应设置实心区域楼板，相应柱周围全部竖向荷载宜由支承框架梁抗剪承载力和实心区域楼板受冲切承载力共同来承受全部竖向荷载。

实心区域楼板受冲切承载力计算时，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定考虑不平衡弯矩对等效集中反力设计值的影响。

5.2.3 采用柱支承空心叠合楼盖的结构应满足板柱-抗震墙的有关要求，其结构布置尚应符合下列要求：

- 1 抗震墙厚度不应小于 180mm，且不宜小于层高或无支长度的 1/20；房屋高度大于 12m 时，墙厚不应小于 200mm；
- 2 房屋的周边应采用有梁框架，楼电梯及洞口周边宜设置边框梁；
- 3 应在框架柱间设置框架实心暗梁，暗梁高度宜比空心叠合板高出不大于 50mm。

【条文说明】5.2.3 本条根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016 年版）第 6.6.2 条板柱-抗震墙的有关规定提出，并增加了柱间设置框架实心暗梁的有关要求。暗梁高度高出空心叠合板一定尺寸，是为了预制底板下翼缘板的钢筋以及叠合肋梁的下皮纵筋方便地伸入支座内进行锚固。即便是采用了高出空心叠合板 50mm 的框架梁，由于梁的刚度比较弱，结构的整体要求仍应满足板柱-抗震墙结构的有关规定，保证结构安全。

在柱支承空心叠合楼盖的外周边布置高出楼盖厚度的框架梁有两个目的：一是提高边梁的抗扭刚度；二是加强对楼盖边缘的约束作用。在楼电梯及洞口处，由于开洞易削弱楼盖的整体性和连续性，宜在洞口周边设置边梁以提高该处的承载力。

5.2.4 柱支承空心叠合楼盖，应在柱周围设置实心区域楼板，并可根据需要设置托板或柱帽；8 度时宜设置托板或柱帽；其尺寸和配筋应根据受冲切承载力计算确定。受冲切承载力按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算。托板或柱帽根部的厚度(包括板厚)不宜小于柱纵筋直径的 16 倍，托板或柱帽的边长不宜小于 4 倍板厚和柱截面对应边长之和。

【条文说明】5.2.4 本条结合了现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016 年版）第 6.6.2 条板柱-抗震墙的有关规定，以及现行国家标准《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268-2012 第 6.3.6 条的有关规定，提出相应要求。

实心区域楼板、托板或柱帽可提高空心叠合板支承构件的刚度和受剪（受冲切）承载力，确保竖向荷载可靠地传递到支承构件上。

实心区域楼板、托板或柱帽受冲切承载力计算时，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定考虑不平衡弯矩对等效集中反力设计值的影响。

5.3 空心叠合楼盖计算与验算

5.3.1 空心叠合板进行承载力极限状态计算和正常使用状态验算时，应按照 3.2.8 节规定的 I 型截面进行。正截面承载力计算时，受压区翼缘计算宽度应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关规定，受压区高度不宜大于上翼缘厚度；肋梁的斜截面受剪承载力计算不应考虑翼缘的作用，全部剪力由肋梁的腹板及箍筋共同承担；裂缝宽度验算时，应考虑受拉区翼缘的影响。具体计算应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关规定进行。

【条文说明】5.3.1 空心叠合板的承载力极限状态计算和正常使用状态验算，可以按照简化的 I 型截面进行。正截面承载力计算时，受压区翼缘计算宽度有限制，其宽度应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关规定进行，并且受压区高度限制在上翼缘厚度范围内；受拉翼缘不考虑，由钢筋承担全部拉应力。肋梁的斜截面承载力计算不应考虑翼缘的作用，全部剪力由肋梁的腹板及箍筋共同承担。裂缝宽度验算时，应考虑受拉区翼缘的影响。

5.3.2 当预制底板与后浇混凝土的强度等级不同时，应按受压区位置处混凝土的强度等级计算正截面承载力，按较低的混凝土强度等级计算斜截面承载力、挠度验算、竖向自振频率验算，按所在部位的混凝土强度等级进行裂缝宽度验算。

【条文说明】5.3.2 预制底板与后浇混凝土的强度等级相同时，无论是正截面承载力计算、斜截面承载力计算、挠度验算、竖向自振频率验算、裂缝宽度验算等都没有问题。当预制底板与后浇混凝土的强度等级不相同，需要分别进行考虑：正截面承载力计算时，应按受压区位置处混凝土的强度等级进行；斜截面承载力计算、挠度验算、竖向自振频率验算时，可以偏保守的按照较低的混凝土强度等级进行；裂缝宽度验算时，应按照裂缝宽度验算所在部位的混凝土强度等级进行。

5.3.3 空心叠合楼盖可按区格板进行挠度验算。在楼面竖向荷载作用下区格板的

最大挠度应按荷载准永久组合效应并考虑荷载长期作用影响的刚度计算，所求得的最大挠度计算值不应超过表 5.3.3 规定的挠度限值。当构件制作或支模时预先起拱，且使用上允许，最大挠度计算值可减去起拱值。

表5.3.3 楼盖挠度限值

跨度 (m)	挠度限值
$l_0 < 7$	$L_0/200$ ($L_0/250$)
$7 \leq l_0 \leq 9$	$L_0/250$ ($L_0/300$)
$l_0 > 9$	$L_0/300$ ($L_0/400$)

注： 1 表中 l_0 为楼盖的计算跨度；

2 表中括号内数值用于使用上对挠度有较高要求的楼盖。

5.3.4 空心叠合楼盖挠度计算所采用的楼板刚度可按下列规定确定：

- 1 空心叠合板的刚度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算；
- 2 刚性支承空心叠合楼盖的刚度可取短跨方向跨中最大弯矩处的刚度；
- 3 柱支承及柔性支承空心叠合楼盖的刚度可取两个方向中间板带跨中最大弯矩处的刚度平均值。

5.3.5 空心叠合板的裂缝控制应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.3.6 空心叠合楼盖应满足楼盖竖向振动舒适度要求；楼盖的竖向自振频率和竖向振动峰值加速度限值应满足现行国家标准《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441 的有关规定。

【条文说明】5.3.6 空心叠合楼盖跨度大，可能存在竖向振动舒适度问题，应进行验算。现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008规定，房屋建筑的混凝土楼盖应满足楼盖竖向振动舒适度要求；现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3以及《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441都有相关的规定。综合来看，现行行业标准《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441关于楼盖竖向自振频率和竖向振动峰值加速度限值的规定更加实用，可操作性强，因此，本规程直接规定楼盖竖向自振频率和竖向振动峰值加速度限值应满足现行国家标准《建筑楼盖结构振动舒适度技术标准》JGJ/T 441的有关规定。

5.3.7 空心叠合板板端的受剪承载力由叠合肋梁起控制作用。叠合肋梁端部的受

剪承载力应符合下列规定：

$$V_S \leq V_R \quad (5.3.7-1)$$

$$V_R = 0.07f_c A_{c1} + 0.10f_c A_k + 1.65A_{sd}\sqrt{f_c f_y} \quad (5.3.7-2)$$

式中： V_S ——叠合肋梁端部剪力设计值（N）；

V_R ——叠合肋梁端部受剪承载力设计值（N）；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值（N/mm²），可取预制底板混凝土和后浇混凝土的较低值；

A_{c1} ——叠合肋梁叠合层后浇混凝土截面面积（mm²）；

A_k ——叠合肋梁键槽根部截面面积之和（mm²），按后浇键槽根部截面和预制键槽根部截面分别计算并取二者的较小值；

f_y ——垂直穿过叠合肋梁端部竖向结合面的钢筋抗拉强度设计值（N/mm²）；

A_{sd} ——垂直穿过叠合肋梁端部竖向结合面的所有钢筋面积（mm²），包括后浇混凝土内的纵向钢筋、支座处的搭接钢筋。

【条文说明】5.3.7 为了加强预制底板与后浇混凝土的连接，方便传递竖向剪力，预制底板的周边均设置了键槽，并有粗糙面方面的要求，键槽包括叠合肋梁的端部键槽和边肋键槽。空心叠合板的后浇肋梁整体采用后浇混凝土，其对空心叠合板支座处的受剪承载力没有影响；空心叠合板支座处的受剪承载力主要由叠合肋梁端部竖向接缝处的受剪承载力起控制作用。叠合肋梁端部竖向接缝处的受剪承载力满足要求了，空心叠合板支座处的受剪承载力也就没有问题了。键槽的设置对叠合肋梁端部竖向接缝处抗剪强度的提高影响较大，本条参考现行国家标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1-2014 第 7.2.2 条关于设置了键槽的叠合梁端部抗剪强度的规定从而提出要求。

5.4 预制底板短暂设计状况计算和验算

5.4.1 预制底板短暂设计状况包括脱模、翻转、吊运、堆放、运输、安装及混凝土浇筑。

【条文说明】5.4.1 由于预制底板带有双向上凸的肋部，加工时一般需要采用反打工艺。采用反打工艺，就存在构件脱模后翻转的问题。预制底板从脱模到最后

的混凝土浇筑的每一个阶段都需要进行计算和验算。

5.4.2 预制底板的短暂设计状况验算应采用荷载标准组合，其中施工阶段尚应计入荷载效应的最不利组合。

【条文说明】5.4.2 现行国家标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1关于预制构件设计规定：对制作运输、安设下的预制件验算，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。而现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666相关相关规定均是预制构件各个环节在荷载标准组合下的有关要求。

5.4.3 预制底板的短暂设计状况验算采用的等效荷载标准值，应符合下列规定：

1 脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的 1.5 倍；其中，动力系数不宜小于 1.2；脱模吸附力应根据实际状况取用，且不宜小于 1.5kN/m^2 ；

2 吊运和运输验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数，动力系数宜取 1.5；

3 翻转、堆放和安装验算时，翻转、安装过程中就位、临时固定验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数，动力系数可取 1.2。

5.4.4 混凝土浇筑验算时，作用在预制底板上的施工活荷载标准值可按实际情况计算，且取值不宜小于 1.5kN/m^2 。

【条文说明】5.4.4 现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666-2011 第 9.2.4 条明确规定，进行叠合板后浇叠合层施工阶段验算时，叠合板的施工活荷载可取 1.5kN/m^2 。

5.4.5 短暂设计状况下，预制底板可采用弹性方法计算内力和变形。宜采用整体有限元的方法进行计算，并应符合下列规定：

1 可简化为以吊点或者临时支撑作为简支支座的倒置楼盖；

2 倒置楼盖应考虑双向凸肋以及下翼缘板边肋的影响；

3 脱膜、翻转、吊运、堆放、运输、安装及混凝土浇筑阶段应分别进行计算。

【条文说明】5.4.5 预制底板带有双向向上的凸肋，下翼缘板周边为了加强其刚度进行了向上的加腋处理，这些都对预制底板的刚度有影响。但由于整个预制底板形状不规则，无法进行简化计算，故要求宜采用整体有限元的方法进行计算。

计算时可将吊点作为支座，按倒置楼盖进行计算，并且预制底板脱膜、翻转、吊运、堆放、运输、安装及混凝土浇筑等各个阶段均应分别进行计算。若预制底板的翻转采用专用翻转机时，可以不进行预制底板翻转验算。

5.4.6 短暂设计状况下，预制底板承载能力极限状态计算时，应按该处实际截面形状和尺寸进行。

5.4.7 各种短暂设计状况下，预制底板正截面边缘的混凝土法向压应力应符合下列规定：

$$\sigma_{cc} = \frac{M_k}{W_{cc}} \leq 0.8f'_{ck} \quad (5.4.7)$$

式中： σ_{cc} ——各种短暂设计状况下，在荷载标准组合作用下产生的预制底板正截面边缘混凝土法向压应力（N/mm²）；

W_{cc} ——截面混凝土受压边缘弹性抵抗矩（mm³）；

M_k ——各种短暂设计状况下，在荷载标准组合作用下截面弯矩标准值（N·mm）；

f'_{ck} ——与各种短暂设计状况下的混凝土立方体抗压强度相应的轴心抗压强度标准值（N/mm²），按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 表 4.1.3 以线性内插法确定。

5.4.8 各种短暂设计状况下，预制底板表面不应出现裂缝，其正截面边缘混凝土法向拉应力应符合下列规定：

$$\sigma_{ct} = \frac{M_k}{W_{ct}} \leq 1.0f_{tk} \quad (5.4.8)$$

式中： σ_{ct} ——各种短暂设计状况下，在荷载标准组合作用下产生的预制底板正截面边缘混凝土法向拉应力（N/mm²）；

W_{ct} ——截面混凝土受拉边缘弹性抵抗矩（mm³）；

f_{tk} ——与各种短暂设计状况下的混凝土立方体抗压强度相应的轴心抗拉强度标准值（N/mm²），按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 表 4.1.3 以线性内插法确定。

【条文说明】 5.4.1~5.4.4、5.4.6~5.4.8 本节的规定均按照现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的要求提出。预制底板由下翼缘板以及作为叠合肋梁预制部分的双向上凸的肋部组成，并且下翼缘板的周边还设有向上翻起的边

肋,这些构造均能起到提高预制底板整体刚度的作用,从而保证预制底板在脱模、翻转、吊运、堆放、运输、安装及混凝土浇筑时的受力和变形满足要求。但由于整体截面比较复杂,难以直接采用公式将截面混凝土受压边缘弹性抵抗矩 W_{cc} 、截面混凝土受拉边缘弹性抵抗矩 W_{ct} 表达出来,宜采用整体有限元方法进行计算。

5.5 空心叠合板构造要求

5.5.1 空心叠合板的体积空心率宜为 30%~70%。

【条文说明】5.5.1 体积空心率参考现行国家标准《装配箱混凝土空心楼盖结构技术规程》JGJ/T 207、《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268 的要求提出。

5.5.2 空心叠合板的厚度 h 不宜小于 250 mm; 双向正交肋梁的宽度宜为 180~220mm; 上、下翼缘板厚宜为空心叠合板板厚的 1/10~1/4, 且上翼缘板厚不宜小于 60mm, 下翼缘板厚不宜小于 50mm。

【条文说明】5.5.2 肋梁宽度的取值综合考虑体积空心率、混凝土浇筑质量、工厂加工运输吊装以及现场施工等因素的影响综合确定。

5.5.3 空心叠合楼盖适用的跨度、跨高比宜符合表 5.5.3 的规定。

表 5.5.3 楼盖的适用跨度、跨高比

结构类别		适用跨度 (m)	跨高比	备注
刚性支承楼盖	单向板	6~20	30~40	取短向跨度
	双向板	6~25	35~45	取短向跨度
柔性支承楼盖	区格板	6~20	30~40	取长向跨度
柱支承楼盖	有托板或柱帽	6~15	35~45	取长向跨度
	无托板或柱帽	6~10	30~40	取长向跨度

- 注: 1 无开洞、竖向荷载中永久荷载占比大于 70%时跨高比宜取上限;
2 存在集中荷载(单点大于 5kN)或开洞尺寸大于 1.5 倍板厚时,跨高比宜取下限;
3 如有可靠经验且满足设计要求时,可适当放宽跨度限值。

【条文说明】5.5.3 空心叠合楼盖的适用跨度和跨高比是根据工程经验得到,并参考现行国家标准《装配箱混凝土空心楼盖结构技术规程》JGJ/T 207、《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268 的要求提出。实际工程应用时,会受到荷载大小、叠合板厚度、周边梁的约束条件等等的的影响。另外,实际工程应用时,

局部小跨度楼板也可统一采用空心叠合板技术。

5.5.4 空心叠合板支座处，箱型填充体与水平支承构件框架梁、暗梁、剪力墙间宜设置实心区域，实心区域的宽度应满足板的受剪承载力要求，并且从支承边起不宜小于 0.20 倍板厚，且不应小于 50mm（图 5.5.4）。

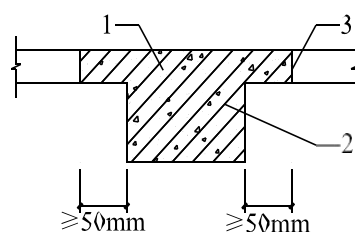


图 5.5.4 实心区范围示意图

1—混凝土实心区；2—支承构件；3—填充体起始处

【条文说明】5.5.4 箱型填充体与框架梁、暗梁间设置实心区域，既可以保证空心叠合板的抗剪能力，也可以通过设置附加箍筋与预制底板下翼缘板的外伸胡子筋进行间接搭接连接，保证外伸长度不足的胡子筋伸入支座内的长度满足要求。

《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268，规定的是竖向构件周边设置一定的实心区域，本规程改为水平支承构件。非刚性支承空心叠合楼盖的竖向构件周边实心区域的规定已经在 5.2.2 和 5.2.4 条提出了具体要求。

5.5.5 空心叠合板受力钢筋的最小配筋率应满足如下规定：

$$A_s/A_0 \geq \rho_{\min} I/I_0 \quad (5.5.5-1)$$

式中： $\rho_{\min}$ ——最小配筋率，按现行家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的有关规定取值。

A_s ——空心叠合板底部纵筋面积之和或者顶部纵筋面积之和 (mm^2)；

A_0 ——相同厚度实心楼板的截面面积 (mm^2)；

I ——空心叠合板截面惯性矩 (mm^4)；

I_0 ——相同厚度实心楼板的截面惯性矩 (mm^4)。

【条文说明】5.5.5 本条的规定基本参考现行国家标准《装配箱混凝土空心楼盖结构技术规程》JGJ/T 207、《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268 的要求提出。试验表明，在翼缘板内钢筋满足一定构造要求的前提下，空心叠合板承受竖向荷载时，上下翼缘板内的配筋也会参与受力。因此，计算最小配筋率时，除

了肋梁的纵筋之外，上、下翼缘板内的钢筋也可相应计入，当然，前提是翼缘板内的钢筋满足本规程的有关构造要求。

5.5.6 空心叠合板的受力钢筋应符合下列规定：

- 1 空心叠合板的受力钢筋宜集中配置在肋梁内，上、下翼缘板内配置构造钢筋；也可采用大部分受力钢筋集中配置在肋梁内，其他部分配置在上、下翼缘板内的方式；上翼缘板需满足局部承受竖向荷载要求；
- 2 肋梁的上、下皮钢筋均宜采用单排布置；
- 3 空心叠合板的板底主受力钢筋应布置在次受力钢筋的下侧，板顶主受力钢筋应布置在次受力钢筋的上侧；
- 4 肋梁内应配置箍筋，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定；
- 5 受力钢筋与箱型填充体的净距不得小于 10mm。

【条文说明】5.5.6 为了做到下翼缘板的配筋标准化，下翼缘板可以采用确定的配筋，空心叠合板的主要受力钢筋宜配置在肋梁内。空心叠合板的厚度有限，再加上双向交叉的肋梁，所以，本规程规定肋梁的纵筋宜采用单排布置；如果肋梁的配筋太大而单排布置放不开时，也可以适当增加上下翼缘板的配筋从而减少肋梁的配筋。

空心叠合板内部为封闭的空腔，钢筋与箱型填充体之间的混凝土保护层厚度可以适当减小，但不允许小于10mm。

5.5.7 上、下翼缘板的配筋应按各自厚度满足最小配筋率要求。当上翼缘板厚度小于 80mm 时，上翼缘板宜配置单层双向钢筋网，并宜布置在板的上皮；当上翼缘板厚度不小于 80mm 时宜配置双层双向钢筋网。下翼缘板宜配置单层双向钢筋网并宜布置在板的下皮。钢筋直径不宜小于 $\Phi 6$ ，上翼缘板钢筋间距不宜大于 200mm，下翼缘板钢筋间距不宜大于 125mm。

【条文说明】5.5.7 下翼缘板钢筋间距不宜大于100mm，参考本规程5.6.6条的规定提出。边肋键槽与外伸钢筋的间距均不宜大于125mm，与本规程5.6.6条中边肋键槽的间距相吻合。下翼缘板钢筋网布置在板的下皮，更利于空心叠合板的受力，提高空心叠合板的抗弯性能。

5.5.8 空心叠合板需要开洞时，洞口宜布置在肋梁之间的范围内，当必须跨越肋

梁时，宜保证肋梁完整。洞口的尺寸、加强应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定，其配筋应按开孔板的内力计算确定并应满足下列规定：

- 1 当洞口尺寸不大于 300mm 或不大于板厚时，钢筋绕过洞口即可；
- 2 当洞口尺寸大于 300mm 并大于板厚时，洞口周边应布置补偿钢筋，每个方向的补偿钢筋面积不应小于该方向被切断钢筋的面积。

5.5.9 当空心叠合板下需要吊挂时，吊点宜布置在肋梁内，当布置在下翼缘板时应验算吊挂的承载力。

【条文说明】5.5.9 下翼缘板厚度较薄，吊挂承载能力有限，吊挂的吊点宜布置在肋梁内，吊挂在下翼缘板上应验算吊挂的承载力。

5.5.10 由于结构超长或其他原因需要留设施工后浇带时，可采用相邻两道同向后浇肋梁间（肋梁间距不小于 1000mm）的后浇混凝土浇筑时间满足施工后浇带要求的方式。

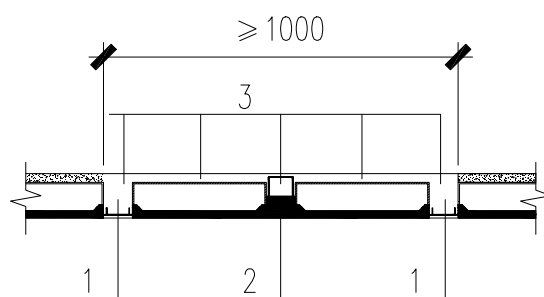


图5.5.10 空心叠合板施工后浇带构造

1—后浇肋梁；2—叠合肋梁；3—后浇带后浇混凝土

【条文说明】5.5.10 相邻两道同向后浇肋梁之间的距离一般不小于 1000mm，预制底板的混凝土前期收缩大部已经完成，空心叠合板上部后浇混凝土的浇筑时间满足施工后浇带的浇筑时间要求的话，一般可以作为解决施工后浇带的一种方式。

5.6 预制底板构造要求

5.6.1 预制底板的下翼缘板宜沿每个区格周边向上加腋形成边肋，边肋的高度不宜小于 90mm，边肋的顶部宽度不宜小于 30mm。

【条文说明】5.6.1 下翼缘板周边向上加腋，可以增加预制底板的刚度，防止预制底板的下翼缘板部分在脱模、翻转、吊运、堆放、运输、安装及混凝土浇筑阶

段出现受力或变形问题。

5.6.2 预制底板叠合肋梁的预制部分高度不宜小于 150mm。

5.6.3 预制底板钢筋的混凝土保护层厚度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于板的有关规定。

5.6.4 预制底板下翼缘板的纵向钢筋宜采用钢筋焊接网。当采用钢筋焊接网时，应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的规定。

5.6.5 预制底板下翼缘板外伸钢筋端部宜设接近 90° 弯钩，弯钩平直段长度不小于 12d，水平投影长度不宜小于 1a；叠合肋梁下部纵筋伸出长度宜伸至后浇肋梁中心线-3mm。

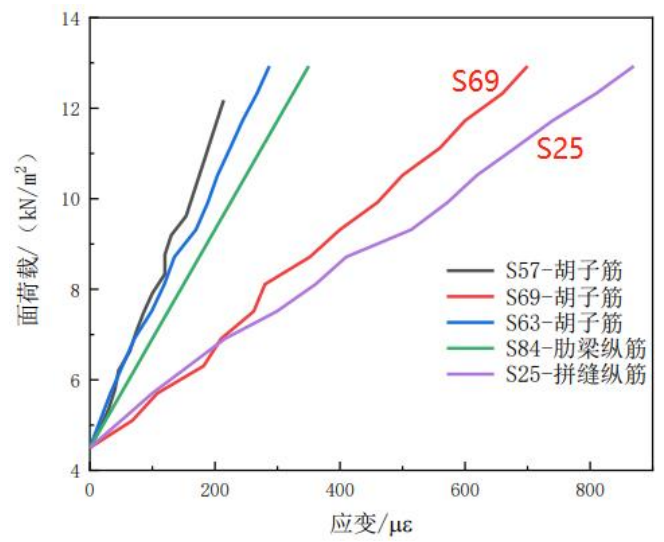
【条文说明】5.6.5 现行行业标准《装配箱混凝土空心楼盖结构技术规程》JGJT 207-2010 第 6.2.3 条规定，“底板必须配有外伸钢筋，应伸入现浇肋梁内，其水平投影长度不应小于 0.4la，并宜将钢筋端部弯折勾住肋梁纵向钢筋，端部弯起部分的竖直投影长度不宜小于 5d”。6.2.3 条条文说明：“为加强现浇肋梁与箱体的整体连接、共同受力，锚入肋梁内的钢筋端部宜弯折并勾住肋梁纵筋，以使钢筋弯折部分更好地起到销栓作用。从试验结果来看，外伸钢筋的锚固长度满足本条规定时，可充分发挥其受拉强度，未发生钢筋拔出或粘结破坏，保证楼盖的整体性”。

东南大学进行的足尺空心叠合楼盖加载试验，预制底板下翼缘板外伸钢筋在后浇肋梁内的连接完全按照现行行业标准《装配箱混凝土空心楼盖结构技术规程》JGJT 207-2010第6.2.3条规定的做法，即：钢筋端部弯折勾住肋梁远端纵向钢筋，端部弯起部分的竖直投影长度5d；具体试验条件：混凝土强度等级C30，钢筋采用HRB400级，下翼缘板钢筋直径6mm，后浇肋梁宽度200mm，下翼缘板钢筋在后浇肋梁内的长度（至弯钩处）大致为180mm、30d。部分试验结果如下：图一表示的钢筋应变片布置图，图二表示的是底部构造钢筋与纵向受力钢筋应变对比图。图中表明，靠近跨中处预制底板下翼缘板的胡子筋S69的钢筋应变与距离较近的跨中接缝纵筋S25的钢筋应变比较接近。表明预制底板下翼缘板的胡子筋与肋梁内的纵向钢筋同步受力，并且即使加载到了空心叠合板的极限荷载，胡子筋的钢筋应变一直平稳发展，没有突变现象，表明胡子筋没有从混凝土内脱出，还在正常受力。由此也表明参考采取的胡子筋伸到肋梁远端勾住肋梁远端纵筋并向

上弯折90°的做法有效，保证了空心叠合板的整体受力性能。



图一 东南大学足尺试验钢筋应变片布置图



图二 底部构造钢筋与纵向受力钢筋应变对比图

预制底板下翼缘板的外伸钢筋在后浇肋梁内的连接是确保预制底板与后浇肋梁有效连接、共同工作的重要措施之一。本规程参考现行行业标准《装配箱混凝土空心楼盖结构技术规程》JGJT 207-2010第6.2.3条的规定并进行了一定程度的加强。一方面，外伸钢筋弯钩的平直段长度参考90°弯钩机械锚固的要求不小于12d，远大于《装配箱混凝土空心楼盖结构技术规程》JGJT 207-2010第6.2.3条规定的5d；另一方面，外伸钢筋的水平投影长度参考普通钢筋桁架叠合板后浇带式整体接缝的有关要求不宜小于 l_a ，远大于《装配箱混凝土空心楼盖结构技术规

程》JGJT 207-2010第6.2.3条规定的0.4la；同样要求外伸钢筋的弯钩勾住后浇肋梁远端的纵向钢筋，该纵向钢筋可以更好地起到钢筋销栓作用，对钢筋的锚固起到有利作用。设置接近90°弯钩，而不是90°弯钩的目的是为了尽量避免外伸钢筋与后浇肋梁纵筋打架。

本条规定的预制底板下翼缘板外伸钢筋在后浇肋梁内的连接构造要求，是钢筋机械锚固加弯钩端部纵筋钢筋销栓作用的联合效果，可以保证预制底板与后浇肋梁有效连接、共同工作，预制底板下翼缘板的钢筋也可以参与空心叠合板的整体受力。

根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定，基本锚固长度是按照 $1d$ 保护层厚度（ d 为受力钢筋直径）确定的，对于厚保护层的情况，可以减小受力钢筋的锚固长度：当保护层厚度为 $3d$ 时，修正系数可取为0.8；保护层厚度为 $5d$ 时，修正系数可取为0.7；中间的情况可以按内插取值。实际工程中具体应用时，下翼缘板的钢筋一般采用 $\phi 6@100$ ，保护层厚度一般采用15mm为 $2.5d$ ；如此，钢筋锚固长度的修正系数就可以采用0.85；同时钢筋锚固长度范围内后浇肋梁的箍筋起到了锚固钢筋横向钢筋的作用。因此，在下翼缘板钢筋直径采用6mm、保护层厚度采用15mm的条件下，钢筋锚固长度 l_a 实际采用 $0.85l_{ab}$ 就可以满足“水平投影长度不宜小于 l_a ”的要求。

叠合肋梁下皮纵筋需要在后浇肋梁中心线处采用套筒挤压接头进行机械连接，故要求钢筋伸至后浇肋梁中心线-3mm，以方便钢筋进行机械连接。-3mm 的目的是为了避免出现正公差导致钢筋打架无法连接。

5.6.6 预制底板与后浇混凝土之间的结合面应符合下列规定：

- 1 结合面包括叠合肋梁的顶部、端部以及预制底板的边肋外围周边；
- 2 叠合肋梁的顶部应设置粗糙面；叠合肋梁的端部、预制底板的周边边肋应设置键槽；边肋键槽的间距宜与下翼缘板的外伸钢筋间距相同，且不宜大于 125mm；键槽尺寸应按照 5.3.7 条计算确定；
- 3 粗糙面面积不宜小于结合面的 80%，凹凸深度不应小于 4mm；键槽的深度 t 不宜小于 30mm，宽度 w 不宜小于深度的 3 倍且不宜大于深度的 10 倍；键槽间距宜等于键槽宽度；键槽端部斜面倾角不宜大于 30° 。

【条文说明】5.6.6 在预制底板与后浇混凝土之间的结合面上设置键槽或者粗糙

面，对新老混凝土的结合，新老混凝土之间传递剪力，新老混凝土的共同工作，有着重要作用。本规程的预制底板有两种结合面，一是叠合肋梁的顶部，属于水平结合面，只设置粗糙面即可；二是叠合肋梁端部的结合面和预制底板的周边边肋处的结合面，需要设置键槽。键槽和粗糙面的设置参考了东南大学的《装配整体式双向密肋叠合楼盖试验及有限元分析》报告，并做了一定的改进和加强。

边肋键槽的间距在现行行业标准《装配箱混凝土空心楼盖结构技术规程》JGJT 207装配箱剪力齿的规定不宜大于100mm的基础上放宽到125mm，也是基于东南大学的《装配整体式双向密肋叠合楼盖试验及有限元分析》报告。报告表明：边肋留设键槽的作用比要比剪力齿要好，即便是键槽间距放宽到125mm，叠合板在弹性阶段的承载力都有一定的提升。边肋键槽的间距与下翼缘板外伸钢筋间距相同，都是不宜大于125mm，实际上就是一根外伸钢筋然后对应一个键槽。

5.6.7 预制底板之间的套筒挤压区域需预留足够的操作空间，必要时可对预制底板叠合肋梁端头做切角处理。

【条文说明】5.6.7 钢筋套筒挤压是本技术体系的关键环节，空心叠合板的套筒挤压操作空间有限，需采用特殊挤压设备进行。即便如此，为了保证钢筋套筒挤压时的操作空间，预制底板的叠合肋梁端头处可采用切角处理。

5.6.8 当预制底板开洞时，洞口应避开肋梁，洞口大小、位置及洞口周边加强措施应符合国家现行有关标准的规定。

5.6.9 预制底板边肋与叠合肋梁形成的每个区格均宜设置排水孔。

【条文说明】5.6.9 预制底板每个区格设置排水孔的目的是，如果现场施工期间有水进入到预制底板上，可以把水及时排出。

5.6.10 预制底板的吊点数量及布置应根据底板尺寸、重量及起吊方式通过计算确定，吊点宜对称布置且不应少于4个。

5.6.11 吊点宜对称布置在叠合肋梁上，且宜采用吊环方式。吊环钢筋应与叠合肋梁钢筋进行绑扎，并应符合下列规定：

- 1 起吊时，吊索与预制底板水平夹角不宜小于 60° ，且不应小于 45° ；
- 2 吊环钢筋在混凝土内水平段的长度分别不宜小于 $10d$ ， d 为吊环钢筋直径；
- 3 起吊时同条件养护的混凝土立方体试块抗压强度不应低于 20MPa ；
- 4 施工安全系数 K_c 不应小于4.0。

【条文说明】5.6.10、5.6.11 吊点的设置参考了现行协会标准《钢筋桁架混凝土叠合板应用技术规程》T/CECS 715的有关规定提出的要求。预制底板的凸肋即叠合肋梁处相对较厚，刚度较大，吊点设在此处也可以有较大的买入深度。

5.7 接缝及支座构造

5.7.1 预制底板应在双向后浇肋梁处进行双向接缝连接；叠合肋梁下皮纵筋宜采用套筒挤压接头进行机械连接；下翼缘板外伸钢筋应伸进后浇肋梁内的水平投影长度不宜小于 l_a ，并宜将外伸钢筋端部弯钩勾住肋梁远端的纵向钢筋，如图 5.7.1 所示。

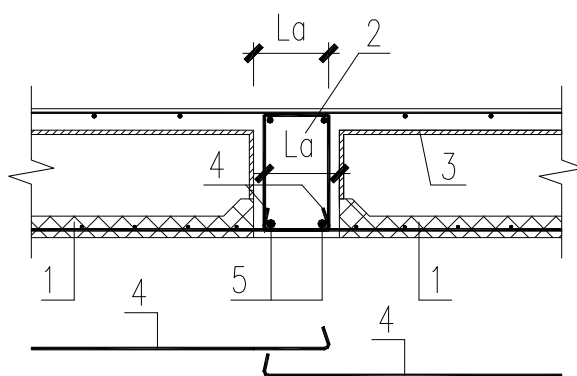


图5.7.1 下翼缘板外伸钢筋在后浇肋梁内连接示意

- 1—预制底板；2—后浇肋梁；3—箱型填充体；4—下翼缘板外伸钢筋；
5—后浇肋梁纵筋；

【条文说明】5.7.1 标准化的预制底板应在双向后浇肋梁处进行双向整体式接缝连接，保证空心叠合板的受力性能尽可能接近现浇混凝土空心板；叠合肋梁下皮钢筋在后浇肋梁中心线处需要进行连接，考虑到预制底板加工精度、施工效率、操作空间以及经济性等等各方面，目前最理想的方式就是采用套筒挤压接头的机械连接方式，当然也可以采用其他机械连接方式或者套筒灌浆连接方式。

预制底板下翼缘板的外伸钢筋伸进后浇肋梁的构造要求，结合本规程的5.6.5条“预制底板下翼缘板外伸钢筋端部宜设接近90°弯钩，弯钩平直段长度不小于 $12d$ ，水平投影长度不宜小于 l_a ”提出。

5.7.2 叠合肋梁下皮纵筋套筒挤压接头应满足混凝土保护层厚度要求，该处肋梁箍筋宜避开套筒挤压接头设置；套筒挤压接头之间的横向净距不宜小于 25mm。

【条文说明】5.7.2 叠合肋梁下皮纵筋的套筒挤压接头，需注意套筒挤压接头处

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/557010056044006041>