

# 预应力叠合楼板设计探讨

李会琴

长沙市远大住宅工业集团股份有限公司

**摘要：**为从根本上解决叠合楼盖存在预制板自重较大、叠合面多采用平板、生产效率较低，经济优势不明显、支撑方式不统一、不科学，浪费大、未考虑双向受力等缺陷和不足。本文主要介绍无桁架预应力叠合楼板的优势及其分类、大概简述无桁架预应力叠合楼板的相关构造及构件生产、安装的相关要求并联系相关项目应用，为赋能我国建筑工业化转型升级提供科学支持。

**关键词：**预应力叠合楼板；优势；分类；项目应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.099

## 一、引言

近年来，随着建筑工业化的不断发展，在如今绿色低碳转型、“碳达峰碳中和”实现可持续发展的当下，国家连续发布了多项政策支持装配式建筑发展。推进生产生活低碳化，大力发展绿色建筑，推广装配式建筑，全面推行绿色施工。在国家产业政策的支持以及人们不断提高的对高品质居住环境的需求下，装配式建筑作为建筑行业发展的产物将迎来高质量发展关键期，而装配整体式混凝土结构作为住宅建筑市场的顶流，也将有着巨大的发展前景。众所周知在装配整体式结构中叠合楼盖体系在整个结构中所占的比重及对装配率的贡献最大，又兼具现浇及装配式建筑的优点，因此得到了广泛的应用和发展。但现阶段我国钢筋桁架叠合板的生产效率较低，经济优势不明显，因此，如何提高楼板的生产效率和经济性将是直接影响装配式建筑行业健康发展设计的一个难点。同时也为从根本上解决叠合楼盖存在预制板自重较大、叠合面多采用平板、生产效率较低，经济优势不明显、支撑方式不统一、不科学，浪费大、未考虑双向受力等缺陷和不足。基于此，研究经济性能及受力性能更优、抗裂性能及施工更便捷的叠合楼板才能更好的来推动建筑工业化迈向新的阶段。本文对预应力叠合楼板的技术优势、分类、应用方向等展开讨论。

## 二、预应力叠合楼板的技术优势及分类

众所周知，叠合楼板由两部分叠合而成，一部分为预制钢筋混凝土底板，一部分为现浇钢筋混凝土层，钢筋桁架叠合楼板跨度一般为4~6m。叠合板的预制板厚度不宜小于60mm，作为叠合楼板的上部组成部分的后浇混凝土层，其厚度因楼板的跨度大小而异，但不应小于预制底板的厚度。随着楼板跨度的增大，叠合板的厚度会增加，当叠合楼板厚度较大时往往会

在后浇混凝土层内铺设挤塑聚苯板（XPS）；挤塑聚苯板铺在预制薄板的上部，形成一个箱形断面，在减轻叠合楼板重量的同时还可以作为叠合楼板的保温隔音层。后浇层内另按接缝构造、防火等要求，再铺设附加钢筋及设备管线。

因叠合楼板受压区高度远远小于混凝土保护层厚度，且现场浇筑后浇混凝土层前在楼板上铺设了支座负筋，叠合楼板在受力性能上等完全同于现浇钢筋混凝土楼板。

### （一）预应力叠合楼板的优势

（1）结构整体分析与现浇楼板、桁架钢筋叠合板没有区别，先张法预应力构件更能发挥预制结构、预应力结构二者的优势，不仅提高了效率（免模板），而且提高了性能（抗裂）。

（2）叠合楼板具有等同于现浇楼板的整体性、连续性及抗震性能。

（3）在高层建筑中竖向承重构件的边缘构件一般现浇，叠合楼板和竖向承重构件间实现装配整体式连接，遵守抗震设计中最基本的原则“强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件”。

（4）节约模板，预制底板作为楼板底模，免去传统建筑施工中的支拆模板工作，不仅提高了装配效率，也保护了环境。

（5）预制底板在钢台车上制作而成，底面光滑、平整、美观，预制底板作为建筑物天花板可直接免腻处理，减少水泥砂浆操作等室内湿作业，加速施工进度。

（6）薄板采用钢模台车制作，操作简单，基本上张拉、生产均可在预应力长线台座上完成，便于实施。

（7）单个构件不仅重量更轻，而且刚度更好，便于利用现有的施工机械和设备吊装、运输、安装。

### （二）预应力叠合楼板的分类

#### （1）倒“T”型带肋预应力混凝土叠合楼板

倒“T”型带肋预应力混凝土叠合楼板由预制带肋底板及现浇混凝土面层两部分组成，通过先张法技术张拉高强度预应力钢丝使得预制底板更薄，预制底板的带肋设计不仅增加了底板的刚度同时也有效约束了预应力反拱值，现场通过在肋上预留孔洞内铺设横向钢筋后形成双向板，肋内孔洞混凝土可形成“销栓”效应增加了楼板的抗剪能力，如图2.2-1所示。



图2.2-1 倒“T”型带肋预应力混凝土叠合楼板

(2) 无桁架预应力混凝土叠合楼板

无桁架预应力混凝土叠合楼板的预制底板在钢膜台车上制作完成，底板中设置有高强预应力钢丝，现场浇筑叠合面，根据楼板的跨度及长宽比、在支座及拼缝处布置现浇层钢筋的不同分别按单向板及双向板进行设计。

(3) 钢管桁架预应力混凝土叠合板

钢管桁架预应力混凝土叠合板主要由两部分组成，一部分为预应力混凝土底板，一部分为灌浆钢管桁架，如图2.2-3.1所示。钢管桁架叠合板下部受拉区采用高强预应力钢筋抗拉、上部受压区采用灌浆钢管抗压、中部则采用三角形空间桁架形成最高效率的传力机制，从而达到了完美的受力性能。



图2.2-3.1 钢管桁架预应力混凝土叠合板

(4) 预应力双T板

预应力混凝土双T板是由梁、板联合受力的预制钢筋混凝土受力构件，其主要由两部分组成，一部分为宽大的面板，一部分为两根窄而高的肋（梁）组成。面板不仅是预应力双T板的横向承重结构，又是纵向承重肋的受压区。其组成的楼盖（屋盖）适用的跨度更大，承载能力更高，因此在技术和经济效果方面更具有优势。

如图2.2-4.1所示。



图2.2-4.1 预应力混凝土双T板

(5) 预应力混凝土空心板

预应力空心板纵轴上带有空心槽，与实心构件相比，空心槽大大降低了楼板构件自身的重量。预应力空心板需要较高强度的钢筋和混凝土，因此通过较少的材料即可获得与现浇楼板相同的荷载能力。预应力空心板不仅可做预应力混凝土楼板使用，而且还可以做墙体使用。构件内的钢筋可用静力钢筋或预应力钢筋，从而减少钢筋用量。同时与现浇混凝土结构的楼板相比，可以节省大量混凝土。构件的空心槽样式都可根据客户需求定制。如图2.2-5.1所示。



图2.2-5.1 预应力混凝土空心板

与钢筋桁架叠合板相比，预应力混凝土楼板能够提高混凝土结构的跨径，在无支撑情况下实现大跨度应用。而且结构的截面尺寸变小、钢筋使用数量明显减少，不仅提高了生产效率，还提高了抗弯刚度与承载力；同时结构的抗裂性得到提高，延长了结构的使用寿命。

三、无桁架预应力混凝土叠合楼板的相关规定

(一) 材料规定

无桁架预应力混凝土叠合楼板主要由混凝土、消除应力螺旋肋预应力钢丝、钢筋、抗剪构造钢筋（马凳筋）组成。

(1) 钢材规格及性能

底板预应力筋采用9mm消除应力螺旋肋钢丝，极限强度标准值为1570MPa，抗拉强度设计值为1110 MPa，钢筋弹性模量为 $2.05 \times 10^5$ MPa；底板受力钢筋直径由计算确定，钢筋采用三级钢抗拉强度设计值为360MPa，极限强度标准值为540MPa，钢筋弹性模量为 $2.00 \times 10^5$ MPa。

### (2) 混凝土

预应力混凝土叠合板的预制底板混凝土强度等级不低于C40，叠合层后浇混凝土强度等级由结构设计确定且不低于C30。

### (3) 马镫筋

现行行业标准《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014<sup>[1]</sup>规定，因无桁架预应力混凝土叠合楼板未设置桁架钢筋，下列情况下，叠合板的预制板与后浇混凝土叠合层之间应设置抗剪构造钢筋：

- a. 当单向叠合板跨度大于4.0m时，距支座L/4跨范围内；
- b. 双向叠合板短向跨度大于4.0m时，距四边支座L/4短跨范围内；
- c. 悬挑叠合板；
- d. 悬挑板上部纵向受力钢筋在相邻叠合板的后浇混凝土锚固范围内；

抗剪构造钢筋，间距不宜大于400mm，钢筋直径d不应小于6mm，且马镫钢筋宜伸到叠合板上、下部纵向钢筋处，预埋在预制板内的总长度不应小于15d，水平段长度不应小于50mm。

## (二) 生产及安装

### (1) 预制底板生产

无桁架预应力混凝土叠合楼板预制底板在钢台车上制作完成，张拉台座及钢模应具有足够的强度、刚度及稳定性，以满足加工制作过程中预应力筋的张拉等作业要求。混凝土强度达到设计强度的75%时放张预应力筋，采用应力控制法张拉时，应将预应力筋的伸长值作为校核。放张应由每组钢筋的中间向两侧对称交错放张。

### (2) 叠合板安装

预制底板安装前应布置好由竖向支撑和横梁组成的临时支撑，与传统钢管满堂支撑相同，临时支撑拆模原则应保证现浇层混凝土强度达到规范要求及拆模强度。

## 四、工程应用

无桁架预应力叠合板已在湘皖地区有大量应用，与此同时也积累了丰富的构件加工制作、现场安装施工经验。

湖南省采用该系列预应力叠合板的样板工程为长沙高新区麓谷小镇小区，该小区设置有一层地下室，地上为11栋层数为31~33层的高层住宅，该项目地上建筑面积为26万平方米，其中高层住宅塔楼楼板全部采用预

应力混凝土叠合板，板厚130mm，其中预制底板厚度为50mm，现浇层厚度80mm，混凝土强度等级为C40。无桁架预应力混凝土叠合板采用密拼板缝施工，同时因其更轻的自重，更便捷快速的现场吊装速度，更少的支撑数量，在施工效率、节能环保、经济性能上取得了令人惊艳的成果。



## 五、发展目标

伴随着我国经济的高速发展及建筑产业的迭代升级、产业结构调整，大规模的公共项目如商业综合体、写字楼、学校、医院等建筑项目对大跨度叠合楼板需求逐年递增。而现阶段关于大跨度预应力叠合楼板的理论研究机相关方向还相对匮乏。因此，研究大跨度免支撑预应力叠合板的性能并结合工程应用将会是建筑产业化赋能的新方向。

## 六、结论

(1) 与钢筋桁架叠合板相比，无桁架预应力混凝土叠合板具有更优越的抗裂性能和抗弯刚度。

(2) 经济性是决定装配式建筑、建筑工业化发展的关键因素，该产品底板厚度可做到50 mm，生产效率高，具有更轻的自重和更优越的经济性能。

(3) 现阶段我国产业结构及经济发展都将进入关键转型期，结合人们对高品质生活的持续追求及装配式建筑的发展趋势，未来EPC工程会越来越多，大跨度免支撑预应力混凝土楼盖具有广阔的发展空间，值得深入研究并加大工程推广力度。

## 参考文献

- [1] 装配式混凝土结构技术规程 (JGJ1-2014)
- [2] GB50010-2010混凝土结构设计规范 (2015年版)
- [3] GB/T 51231-2016装配式混凝土建筑技术标准
- [4] GB50009-2012建筑结构荷载规范

作者简介：李会琴（1984-），女，河南平顶山人，一级注册建造师，中级工程师。