

# 磷石膏空腔模无梁楼盖施工技术研究

包灵燕

同济大学土木工程学院 上海 200092

**【摘要】**：当下，无梁楼盖技术被广泛地用于建筑设计中，这种技术功能优良、适用范围广、综合造价低，多用于多、高层建筑的停车场、办公楼、教学楼等大柱网、大开间的建造中。磷石膏空腔模无梁楼盖是以制作石膏空腔模作为内模来浇灌无梁楼盖中的，其运用具有一定的社会经济价值，能够达到环保的目的。但是由于对技术要求较高，所以在施工技术上也有一定要求。本文针对磷石膏空腔模无梁楼盖的制作与施工进行了研究，进一步地明确了其技术要求。

**【关键词】**：磷石膏空腔模；无梁楼盖；施工技术

## 引言

磷石膏是生产磷酸时产生的副产物，由于体量大，占用了较多的土地资源面积，并且其渗透与挥发会造成生态环境破坏，因此，如何处理与消化磷石膏成为了一个关注点。磷石膏用于生产建筑材料的技术工艺已经比较成熟，在国内外有很好的发展前景，国内外利用磷石膏制备石膏板、粉刷石膏等建筑材料，成为了磷石膏综合利用的途径之一。在相关研究中发现，磷石膏可以成为制作无梁楼盖空腔的材料，不仅有效地利用了生产的副产物，同时也使得建筑设计更加多样化、实用化，带来了社会经济价值。

## 1 磷石膏空腔模

利用磷石膏进行无梁楼盖的施工首先需要设计制作相应的磷石膏空腔模。采用磷石膏制成模盒，在楼盖施工过程中作为填充在板内的模具，与楼盖一起形成现浇的混凝土石膏空腔模无梁楼盖。此类设计施工方便，楼面平整，也更符合受力分布。石膏空腔模的设计需要一个平整的底部，这样才能使施工的时候将空腔模盒排列整齐。对扣的空腔模盒是由将两个预置的磷石膏模壳上下对扣形成的，这种工艺便于安装和拆卸。另外，磷石膏空腔楼盖模壳需要混凝土浇灌而成，需要将钢筋铺设在模壳上表面和模盒之间，在此工艺下，膜壳不容易漂动和浮沉，有利于施工作业进行。

### 1.1 磷石膏膜壳的制作

楼盖内部的空腔需要将膜壳嵌入。石膏膜的表面平整，根据施工的不同要求可以进行不同的尺寸调整。依照实际需要确定膜壳的形状，将其制作成矩形或其他曲面型、弧面型封闭式的石膏空腔膜壳。石膏膜壳按照不同的次序放置于楼盖内部，再浇筑混凝土形成无梁楼盖。这一膜壳不仅是楼盖空腔内部的构成部件之一，又可以作为内部的剪力键、肋梁的模板，大量抽空内部的混凝土，节省砼的用量，减轻楼盖自重。

磷石膏既环保节能，具有良好的可塑性和强度，所以可以用于各种结构构件永久模板的制作。往配制好辅材的磷石膏粉中加入玻璃纤维、缓凝剂后，因石膏硬化速度较快，所以需要启动机器进行均匀搅拌，加入适量水，使其成为膏状，在终凝时间内浇筑成模，最后把配制好的磷石膏造模材料浇筑在模中。胎模需刷脱模剂，使成型好的磷石膏模板脱模顺利。但制作过程中加入了水，导致石膏硬度不足，所以，需要进行烘干，可以采用自然通风的原理，也可以将其加热。

### 1.2 磷石膏空腔模无梁楼盖的特点

利用磷石膏制作的无梁楼盖能够利用工业产生的废料进行作业，化废为宝。其底板平整美观，不需要吊顶，因此能够减少耗材以及模板的损耗，减少了人工成本。

采用这类材料进行设计，是利用磷石膏空腔模盒作为永久性的施工内部，使其在内部形成一个整体。其特点主要有：

(1) 结构轻便。磷石膏的密度较低，并且模板存在空腔，因此，其自重较低，能够起到抗震减灾的作用，可适用于多层的、大跨度的高层建筑。

(2) 隔音。由于无梁楼盖存在空腔，需要大量的石膏膜壳进行填充，因此楼板会起到较好的隔音、吸收噪音的作用，满足住户生产生活的需求。

(3) 保温隔热。楼盖自身的内部封闭性，并且石膏内部存在孔隙，因此具有较好的隔热性能。如果需要加强楼盖的保温隔热效果，则可以采用断桥的方式贯通模盒的表面。

(4) 防火。石膏是不燃烧体，在高温下产生化学反应，脱去水分，吸收大量的热量，与其他材料相比能起到更好的在防火效果。

(5) 净高增加。无梁楼盖由于采用了无梁设计，底板无梁后，建筑的结构高度仅需计算板的厚度，所以使得建筑的净高增大，节约了建筑空间，节省了竖向维护构件的费用。

(6) 环保经济。无梁楼盖使用的钢筋和混凝土用量较普通楼盖更少，因此工程综合成本也比普通建筑更低。而磷石膏属于绿色建材，无梁楼盖的设计中使用的是工业废弃物中产生的磷石膏或脱硫石膏，将其制作为石膏模盒再用于建筑中，变废为宝，有利于生态环境的保护。

## 2 无梁楼盖的设计

无梁楼盖，即是指楼盖中不设肋梁，而将板直接支承在柱上的一种设计方式，无其底板平整，结构高度小，抗震效果也较强。这种结构构造简单，便于施工，而且楼层净高增加，也使建筑的实用性和美观程度得到加强。但楼盖缺少主梁和次梁，钢筋混凝土板只能直接支承在柱上，往往需要具有一定厚度的楼板以维持建筑的稳定，起到承重的目的。以往建筑的梁板在设计结构时，其梁和板共同承担荷载。但是无梁楼盖楼板不设置梁，因此其荷载直接由柱承担，在实际的建筑设计中，可根据建筑的设计要求、内部的受力需要等情况进行考虑，看是否设置柱帽以辅助承重。当前，无梁楼盖的样式设计，主要有平板式、双向密肋式和带柱帽式。

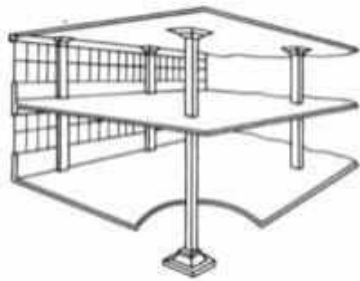


图1 无梁楼盖内部结构图

### 2.1 平板无梁楼盖

平板无梁楼盖的组成包括柱和平板。因平板的强度会受到柱四周截面上抗冲强度的制约，所以常用于住宅、办公楼等建筑中。这类楼盖的设计需要注意节点处的承载力，根据实际情况可设置受剪钢筋进行加强。

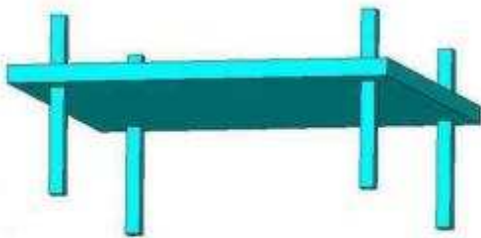


图2 平板无梁楼盖

### 2.2 密肋式无梁楼盖

无梁空腔楼盖采用的磷石膏模盒因低碳环保，是建筑的理想材料。目前，由于技术限制，仅有石膏空腔模密肋式无梁楼盖被广泛应用在实际工程中。

双向密肋楼盖的施工需要囊括空腔构件的生产环节及整个建筑楼盖体系的施工过程。基于空腔构件的新型现浇混凝土密肋楼盖结构技术，是由预制的空腔构件、现浇的钢筋混凝土密肋梁和框架梁共同组成的水平楼盖体系。该技术包括空腔构件、双向密肋空腔楼盖及其施工工艺三大部分。其中，空腔构件是一种由上下两块钢筋混凝土板、四周侧壁为硬质材料组成的空心腔体，能够起到受力、支模、增加楼板刚度和减轻楼板自重的作用。双向密肋楼盖则由空腔构件、密肋梁、框架梁三者之间通过构成网状正交的密肋空腔楼盖体系，肋间距在0.9-1.2m左右。其特点在于无需绑扎楼板钢筋和现浇楼板混凝土，如果需要抵抗冲切，那么在柱顶的范围可以不采用挖空的模式，保留实体。

这类楼盖的荷载由板传递到柱，或者传递到剪力墙，通过减少了传递路径，使在钢材和混凝土的用量减少，具备一定的经济优势。同时，在施工时，相对于传统无梁楼盖，在模板搭设与拆除的实践耗费和人力耗费上也相对减少，模板甚至能重复使用。

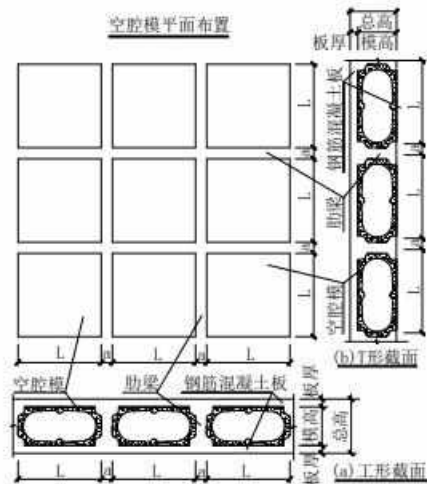


图3 石膏空腔模密肋式无梁楼盖

### 2.3 带柱帽

此类横梁的设计包括柱、柱帽、柱上托板与平板，常被用于荷载较大的建筑中，如图书馆、仓库、厂房、停车场等。因此，需要注意到结构的强度、刚度以及缓冲作用。

无梁楼盖可以分无柱帽和有柱帽两种类别。楼面荷载较大时，为避免楼板过厚，必须采用有柱帽的无梁楼盖，以提高楼板承载能力和刚度。在石膏空腔模密肋式无梁楼盖的基

基础上,运用 ANSYS 有限元分析软件对石膏空腔模无梁楼盖进行拓扑结构设计,以空心无梁楼盖的网格形式为开发与研究的重点,按采用带暗柱帽的板柱无梁楼盖结构,柱帽各边分别出挑小肋梁,以进一步增大楼盖的空心率为思路对已有无梁楼盖进行空心化处理,在此基础上,设计出一种新型石膏空腔模无梁楼盖结构——暗柱帽-悬挑肋板柱无梁楼盖<sup>[1]</sup>。但暗柱帽-悬挑肋板柱无梁楼盖目前仅是一种理论上的结构,在实际工程中并无应用。

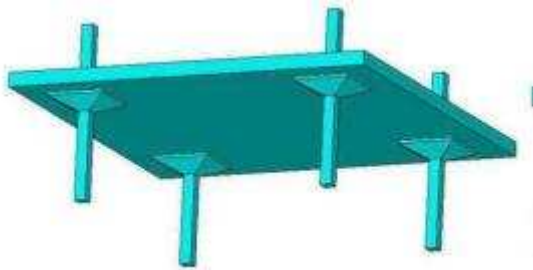


图4 带柱帽的无梁楼盖

### 3 无梁楼盖设计与施工

无梁楼盖结构体系不设置肋梁,石膏模盒对结构受力不起作用,导致楼盖的抗弯刚度减小、挠度增大。因此,柱子周边的剪应力高度集中,容易引起局部板的冲切破坏,受力计算必须精确。在设置柱网轴线时,柱网轴线通常按正方形或矩形布置,正方形是最经济的。

#### 3.1 节点应力

由于磷石膏空腔模板柱节点受力的复杂性,导致它的应用受到很多限制,在做磷石膏空腔模无梁楼盖设计时,需要考虑到整体受力达到均匀。磷石膏空腔模无梁楼盖板柱节点周边的板应力比较大,但没有明显的突变,从柱边向跨中,力逐渐减小<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 施工作业

针对空心楼盖的特点,施工作业时需要掌握结构的受力特点,进行加固施工,可在石膏空腔楼盖上搭支模架,于混凝土浇筑结束后的 24h 左右进行搭建,根据间距计算出断面,确保安全性。结合层高采用标准立杆,间距为 1000mm\*1000mm,板底受力横杆与立杆之间也需要采用双扣件连接,楼板支撑加固保险扣件并与扫地杆连接,扫地杆距离楼面不大于 200mm,横杆步距 1500mm 左右。顶板的木方间距控制在 200-300mm,为保证板的地面平整度,在模板安装时需要做起拱处理,高度为跨度的 1-3%。

通常情况下两类无梁楼盖的整体高度在 350-450mm,对于空腹板架式无梁楼盖内部肋梁宽度为 100 毫米左右,肋梁间

距为 650mm 左右,剪力键宽度 100mm 左右,混凝土板厚度为 50 毫米和 60mm;对于 9 区格式无梁楼盖其内部梁宽度为 350mm 左右,混凝土板厚度为 100, 80mm 和 50mm。对于空腹板架式结构,上层板和下层板的分布钢筋通常配置直径为 8 的双向筋,而上下肋的配筋是根据楼盖分析后,由需要的钢筋总面积减去分布筋的面积后得出的,肋梁箍筋配置直径为 8 间距为 200 的箍筋。对于 9 区格式结构,由于区格较大使得上层板在区格内受力接近单独的楼板,故上层板需双层配筋,底层板只需配置单层钢筋,板内配筋多少根据受力分析决定,连接上下层板的梁内配置 6 根直径 12 的纵向筋,箍筋配置直径为 8 间距为 200<sup>[3]</sup>。

在无梁楼盖施工过程需要做好支模、绑扎钢筋、预埋管线、空腔构件运输、起吊、安装与调正等步骤。由于密肋空腔构件体积较小(一般为 1000mm×1000mm×H, H 为厚度),单个重量一般在 250kg~300kg 之间,因此用现场的塔吊就可满足要求。施工时可一次性吊装数个构件至施工作业区,然后再通过塔吊或其它更小型的起重吊装设备将构件摆放到位即可,无需繁琐的钢筋对孔,构件对接等工作。对现场的施工工人无特殊的施工技术要求。密肋空腔构件大多为 1m×1m 见方,构件周围均为现浇密肋梁,因此对 100mm 直径以内的小型洞口可直接进行开洞处理,对于大型洞口可将涉及的构件取出,与周边的密肋梁作现浇处理。对 100mm 直径以内的小型洞口而言,管道的安装可直接进行开洞处理,对于大型洞口可将涉及的构件取出,与周边的密肋梁作现浇处理。

#### 3.3 注意事项

采用无梁楼盖,主要有两个优势:①、有效节省空间,视觉上更加美观;②施工速度快,显著缩短开发周期。但由于其专业要求较高,在经验欠缺的情况下,很容易导致严重事故。若设计不合理则会造成冲切承载力不足,进而导致建筑坍塌。

因此在施工中还需要注意到多方细节:①明确荷载限值,避免局部大量超载;②加强对无梁楼盖承载力的复核,尤其注意冲切承载力验算,并预留适当的富裕度;复核不平衡弯矩对节点的影响。施工过程中,实际荷载远超设计荷载的局部区域,应在楼盖下方增设临时支撑,或与设计单位复核。③施工中,混凝土强度未达到规定值时,不可提前拆模。

无梁楼盖的施工需要注意到多方细节,结合科学计算进行合理的规划,并且在施工过程中注意检查与复核,保证周围环境的安全。

#### 4 结束语

总之,采用无梁楼盖技术施工后的楼层,全层楼盖因无梁障目而一望到边,将来分隔楼层空间相当灵活,且可省去吊天花板装修费用,使建筑更加美观。而使用磷石膏进行空

腔模的制作是资源利用的新方向之一。为进一步促进该技术的使用需要建立磷石膏空腔模盒在原料来源、生产及产品质量等方面的标准化体系,拓展磷石膏综合利用可实施的新方向。

#### 参考文献:

- [1] 白杰文.暗柱帽一悬挑肋板柱无梁楼盖的分析与设计[D].贵州大学.2015.
- [2] 王成芬.磷石膏空腔模无梁楼盖中柱节点应力分析[J].黑龙江科学,2014,5(9):2.
- [3] 毛宇文.两类新型石膏空腔模无梁楼盖的探讨[J].科学技术创新,2016(25):259-259.
- [4] 胡松,黄勇,周理,等.磷石膏空腔模无梁屋盖等效热阻理论分析[J].贵州科学,2021,39(5):5.