

多层厂房结构方案探讨

周超余宽

中国轻工业长沙工程有限公司 长沙 410114

【摘要】对于多层厂房来说，结构方案对施工工期、建造成本起到至关重要的作用，选择一种合理的结构方案，成为项目成功的关键一步。本文将常用的现浇钢筋砼结构、钢结构与预应力预制装配整浇结构作对比分析，阐述了预制装配整浇结构的优缺点，是一种值得采用的结构方案。

【关键词】结构方案、现浇钢筋砼结构、钢结构、预应力预制装配整浇结构

随着工业的快速发展，土地价格的升高，为集约用地，政府、企业都想提高土地的利用率，提高容积率，工业园区建设多层厂房成为主流。为控制建造成本，缩短建设工期，多层厂房结构方案成为了建设单位关心的关键问题。

多层厂房一般有以下几个特点。

- 1.层高高：因需工艺生产设备（高压冲床、注塑机）布置，标准层高在8~12m左右，是层高特别高的建筑类型。
- 2.荷载大：标准堆载荷载达到10kn/m²，小跨板等效均布荷载达到30 kn/m²。
- 3.跨度大：标准开间为9m，有时达到12m，跨度通常在12~15m。
- 4.面积大对工期要求紧：每个项目的建筑面积通常在10万平方米左右，大型项目在20万平方米以上，工期要求一般在一年以内，对建造技术与组织管理要求提出了更高要求。

针对多层厂房的特点，结合我国建造技术的发展水平并考虑产业配套等因素，目前常用现浇钢筋砼结构、钢结构两种结构方案，随着国家大力推行、鼓励发展装配式建筑，预应力预制装配整浇结构也应运而生。

一、三种结构形式的技术特点与存在问题

1. 现浇钢筋砼结构技术特点与存在问题

现浇钢筋砼结构或后张法预应力钢筋砼结构其技术成熟，产业链配套齐全，造价相对较低，但最大痛点是超过8m高度的高支模架工艺需专家论证，施工安全风险大，单项成本特别高，施工速度快，劳动力多，施工组织与管理难度大，总工期可控性差，另外，梁高较大，自重荷载大，钢筋配筋量大，存在很大的优化空间，采用后张法预应力技术虽能减少梁高，但模架占用时间加长，工艺复杂，成本无法降低。

2. 钢结构技术特点与存在问题

钢结构建造技术技术成熟，可多层同时吊装，立体交叉作用，施工速度快，且施工现场文明整洁，但最大的问题是成本高，即使在钢材价值最低时期，其总体造价也高于钢筋砼结构20%以上，另外其防火性能差，耐久性差，楼面裂缝多，用于卸货平台时，钢结构外露易锈，且梁高大于后张法预应力钢筋砼梁，其性价比更差。

3. 预应力预制装配整浇结构技术特点与存在问题

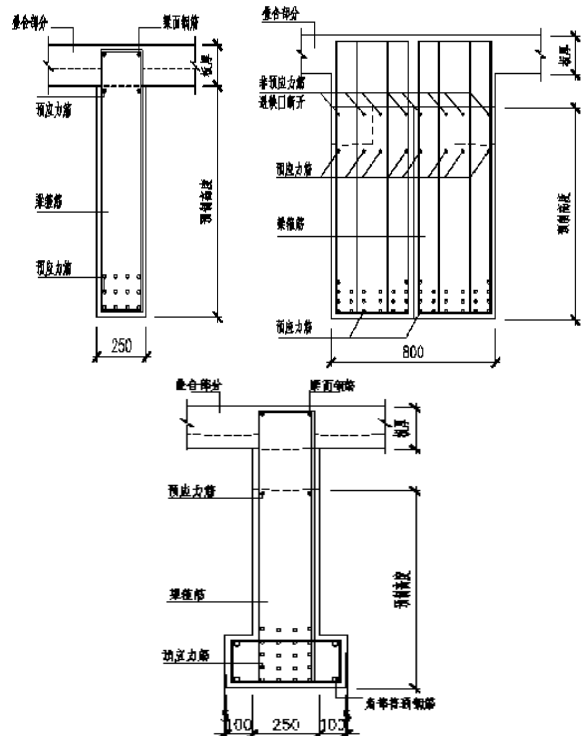
预应力预制整浇建造技术是一种装配整体式先张法预应力结构，它将预制装配与精致现浇优化组合以达到建造成本低、施工速度快、质量优的目的。

楼盖采用单向承重现浇梁结构。

- 1) 柱：采用大钢模现浇清水砼柱，采用无脚手架整体吊装施工工艺，梁柱节点处设柱帽，既解决梁施工阶段搁置问题，又增大梁柱节点的抗剪强度，真正形成强节点弱构件，提高抗震性能。



- 2) 梁：采用先张法预应力叠合梁，板以下部分为预制，梁上部与板一次性整浇，次梁为简支叠合梁，框架梁为先简支后扎箍筋的叠合连续梁，考虑到主梁的制作工艺、吊装设备的限制，主梁可采用双拼矩形梁。



- 3) 板：楼板采用钢结构建筑常用的现浇钢承板组合楼板，钢承

板采用闭口楼承板或钢筋桁架楼承板，因国内设计规范的限制，钢承板仅作模板使用并作为板的安全储备，不考虑它的组合作用，因此楼板超载能力超大。

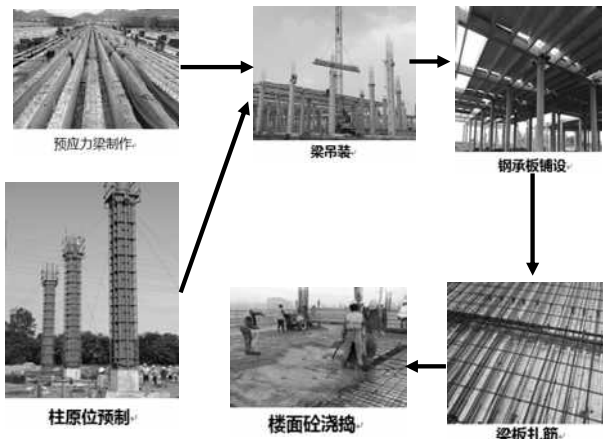
4) 联结节点:

主梁与次梁的联结采用缺口梁搁置整浇，次梁为简支梁，搁置挑头中埋置专用抗剪钢板。

框架梁与柱的联结节点采用扩大截面的柱帽，吊装完成后与板一起整浇，形成整体框架梁为连续梁，节点为非预应力，经过大量试验证明，即使在高烈度地震区其抗震性能也与传统现浇结构等同。

5) 施工工艺

预应力预制整浇建造技术，钢筋砼楼面结构采用类似于钢结构的装配式施工工艺，但钢筋砼柱采用大钢模现浇（原位预制），预应力预制梁在工厂或现场预制，现场预制的张拉台座利用道路的钢筋砼路面，以减少成本，具体工艺如下：



与钢结构建造方式相比，预应力预制装配整浇结构无外露的钢构件，用钢量特别少，与传统现浇钢筋砼结构相比有以下几个特点：

- 1) 施工过程无需传统支模及脚手架，既避免了高支模施工的较大安全风险，人工数量大幅减少，同时又大幅降低了施工成本，彻底解决了钢筋砼结构的”痛点“问题，使现场文明、整洁。
- 2) 采用高强材料与清水砼，预制梁砼采用 C50 以上高强砼，梁主筋采用强度是普通钢筋四倍的高强钢绞线，并采用预应力技术减少梁高，用大钢模制造清水砼构件，结构质量好，材料用量大幅节约。
- 3) 采用机械化作业：基本用机械代替人工，现场工人能减少 60% 以上，管理难度大大减轻，质量与工期更可控。

二、三种建造方式的工期比较分析

预应力预制整浇建造方式除现场预制的预制梁外，其它施工工序与钢结构建造方式基本相同，施工工期也基本相同，但与现浇钢筋砼结构相比，其工期可缩短 40 天以上，这是因为预制梁制造与基础施工同步甚至提前，吊装速度快，可节省传统方式的高支模施工时间 20~30 天，底层地面与管线安装可与上部钢结构安装同步，节约交叉施工时间 20~30 天，但多个厂房的施工总工期与施工人数有很大关系，不具有可比性，当现浇钢筋砼结构采用人海战术多个厂房同时施工时可缩短工期，但成本增加，而预制整浇建造方式如现场预制时的施工速度受预制台座的产能限制，只能按一定节拍的流水施工，如要缩短工期，必须在场地容许的条件下增加台座的数量

和面积。

三、三种方案的造价比较分析

多层厂房的楼面造价与钢材价格有密切关系，也与不同设计人员的设计水平及标准有很大关系，预应力预制装配整浇结构采用低造价的钢筋砼结构但又省去了高支模架，钢筋用量又大幅降低，因此造价与其它两种建造方式相比有明显优势。

类型	全现浇结构	预制整浇	钢结构	单价	
柱 (mm)	700x900	800x800	600x600		
主梁高度 (mm)	1500/900	1200/800	1200/800		
板厚 (mm)	150	150	150		
砼折算厚度 (mm)	360	350	150		
钢筋用量 (kg/m ²)	60	45	18		
钢材用量 (kg/m ²)	-	-	130		
结构构件单价	砼	216	210	90	600 元/m ³
	钢筋	330	250	99	钢筋 5.5 元/kg
	钢结构	-	-	715	5.5 元/kg
	模板工程	300	90	-	
	钢楼承板	-	85	85	
	预制梁吊装	-	50	-	
	防火涂料	-	-	40	
合计	846	685	1029		

预应力预制装配整浇结构楼面造价比另二种方案造价降低 160 元/m² 以上，且钢材价格越高，降低越多。

四、结论

综上所述，预应力预制装配整浇结构有以下几点优势：

- 1) 造价省：与传统钢筋砼结构相比，楼面造价能节约 160 元/m² 以上，与钢结构相比，楼面造价能降低 40% 以上。
- 2) 施工速度快：与传统现浇钢筋砼结构相比，施工工期能缩短 40 天以上，与钢结构工期基本相同。
- 3) 梁高小：梁高减少 30% 左右，能降低层高 250mm 左右。
- 4) 满足装配率：传统现浇钢筋砼结构不满足装配率的要求。

预应力预制装配整浇结构具有技术成熟、造价降低、施工速度快、质量好、用工少但组织管理难度降低等优点且产业配套正逐步完善，特别对于有装配率要求的多层厂房项目，建议采用此结构形式。

【参考文献】

[1]GB50010-2010 混凝土结构设计规范 (2015 年版) [S]北京：中国建筑工业出版社

[2]JGJ1-2014 装配式混凝土结构技术规程 [S]北京：中国建筑工业出版社

[3]GB50017-2017 钢结构设计标准 [S]北京：中国建筑工业出版社

[4]GB50011-2010 建筑抗震设计规范 (2016 年版) [S]北京：中国建筑工业出版社