

钢筋混凝土框架结构工业厂房钢筋笼预制安装联合木梁大模板体系技术工效提升分析

马福建 于登合 严 陈 詹 桢 张馨月 常 虹

中国建筑第四工程局有限公司 广东广州 510000

【摘要】当前工业厂房建造,在选择采用钢筋混凝土框架结构时,整体施工周期都比较长。为追求较高的施工工效,一般采用平行施工,减少周转材周转次数,加大模板、支架等投入数量,此做法会大大增加投入,经济性不高。如何寻求高效、经济的做法,已经成为当前施工方十分紧迫的需求。经研究对比桥梁墩柱,类似放大的工业厂房柱梁,桥梁钢筋笼预制技术、定型大模板技术,比较适合工业厂房如此大尺寸构造、大跨度、高层高的结构。

【关键词】工业厂房;钢筋笼预制;木梁大模板;技术;提效

引言:

钢筋混凝土框架工业厂房,多数仍在采用传统施工工艺。随着加工制造工艺、工程设备的不断研发,模板技术研究的不断提升,工业化制造技术也具备了应用到现场的条件,实现现场构件的工厂化制造、快速加工的可能性。通过高效技术联合使用,能够有效的利用间歇期制造,减少周转工序间的耗时,达到提升工效的效果,进而达到整体工期提升的目的。

1 技术研究应用目的

工业厂房项目特点是高支模框架结构,施工层作业面积大,层高均在7m以上,施工周期短、体量大,如何更高效的提升施工效率成为头等大事。

工业厂房项目具备工程结构形式较统一,研究应用成功后,适合模式复制利用。本联合技术的研究,结合结构框架间距大、作业面宽、构件长度中等、尺寸较统一的特点,分析应对。利用公司目前具备的技术能力,以及已经被应用验证的技术,基于阿里项目,主要围绕提升施工效率,实现高效率、高质量建造,而专项研究的技术方案。

2 施工技术介绍

2.1 钢筋预制安装联合大模板技术介绍

联合施工技术方案,从桥梁施工技术中得到启发。桥梁墩柱的建造,桩、柱采用滚笼机、数控钢筋弯箍机等,在场地内建设钢筋笼生产线,提升效率。钢筋笼成品运到现场吊装,采用套筒、套丝、焊接等连接方式,实现快速安装钢筋笼。桥梁墩柱等模板,均利用定型钢模等大模板拼装浇筑,加固便捷、安装拆卸高效、成型质量好,实现高速支模。

此联合技术方案采用钢筋笼预制安装技术与大模板技术相结合,利用了钢筋笼预制标准化、模块化、工厂化的作业模式,以及大模板高周转、定型化、高工效的特点,有机组合利用,实现施工提效目的。

2.2 钢筋笼预制安装技术

2.2.1 胎架制作

工厂加工好的胎架以杆件的形式运至现场,在硬化好的场地,将杆件通过销接拼装成胎架,精确定位后形成生产线。胎架生产线可结合现场工程量情况,设置匹配进度需求的胎架生产线数量。

2.2.2 钢筋笼预制

整体预制主筋连接采用滚轧直螺纹套筒,钢筋下料后,由人工逐根搬运至组装胎架上,先安装主筋,后将箍筋套入,人工焊接固定。

箍筋与主筋采用梅花跳焊,钩筋均须与主筋焊接,顶口长筋在一个平面、短筋在一个平面,确保刚度及整体性。为便于钢筋笼对接顺利、整体安装,每节选用1根同槽主筋标上记号定位,接头上下各50 cm范围内在预制时暂时不安装箍筋及钩筋,待钢筋笼安装后人工现场安装。

2.2.3 预制钢筋笼的脱架及运输

整条钢筋笼同槽制作完毕后,即可脱架。脱架与安装时顺序相反,分别将上横梁与立柱的销接螺栓及立柱、斜撑与底座的销接螺栓拧下,临时拆除上横梁和两侧立柱即可完成钢筋笼脱架。运输炮车,拉至现场。

2.2.4 预制钢筋笼安装

预制钢筋笼运抵现场,利用汽车吊、多点吊具吊装。安装前准备5~6把管钳,以定位筋为基准,先将四角任意一根主筋对接上,套筒拧紧到位。钢筋笼对接完毕,人工安装接头处上下各50 cm箍筋和钩筋,尽快安装保护层垫块、模板。

底节钢筋笼安装至关重要,直接影响后续钢筋笼对接与垂直度。底节钢安装时,用水准抄平辅以吊垂球进行精安装。

2.3 木梁大模板技术

木梁大模板利用木材加工制作出具有大面积、定型化、可拼装梁、板,再结合槽钢、拉杆、螺栓等钢构件,形成

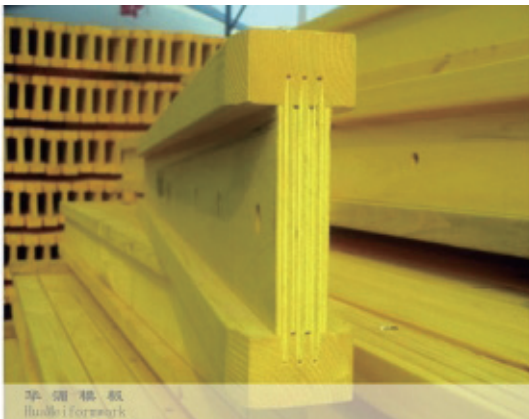
钢木结合的模板体系。

2.3.1 模板组成

模板面板为胶合板，竖肋为H20木工字梁，横肋为双[12号槽钢。在单块模板中，胶合板与竖肋(木工字梁)采用自攻螺丝连接，竖肋与横肋(双槽钢背楞)采用钩头螺栓连接，竖肋上两侧对称设置两个吊钩。

2.3.2 加工拼装

根据现场框架柱的具体尺寸，由厂家设计出模板方案，在加工制作出多层板面板、木工字梁、槽钢杆件、芯带、钢销等配件，运输至现场进行组装。现场工人结合设计图纸，进行单块模板、木工字梁、槽钢等构件组合拼装，螺栓、扣件连接固定，形成整体可吊装模板。

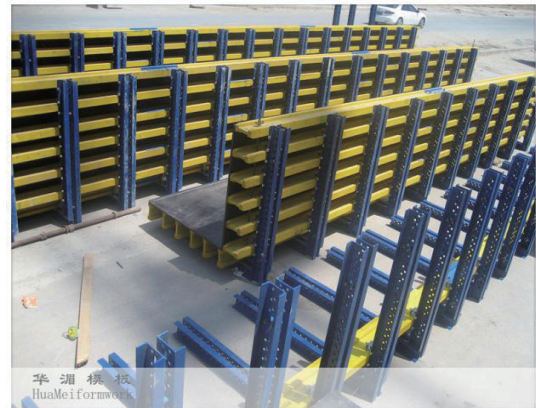


木工字梁组装

散件组装出框架柱的四个侧面，形成大模板支撑体系，



塔吊或吊车组装框架柱外模。两块模板之间采用芯带连接，芯带销固定，因基面小于1.2*1.2m无需拉杆，保证了构件成型更光洁平整。



大模板板面成型



大模板吊装加固成型

2.3.3 模板拆除

混凝土浇筑后，松掉芯带及钢销，整体吊装拆除模板。

3 工效节约分析

3.1 钢筋笼预制安装技术工效提升分析

3.1.1 对比分析

钢筋笼预制场地可在前期临建时期建设，胎架也可以在临建期设计、制作、安装好，对比分析时，不再考虑场地、胎架搭设时间。

常规钢筋笼与预制钢筋笼下料时间类似含在制作工效内，因均涉及到运输材料至现场，运输时间相同不做考虑。

常规钢筋笼制安分为：现场安装时间，支架含在满堂架内不考虑。

预制钢筋笼制安分为：厂内预制预制、现场安装时间两部分。

可对比的时间集中在：常规钢筋笼与预制钢筋笼的制安方面。

框架柱钢筋笼为普通常见的钢筋构件，工效按照常规工效计算。预制钢筋笼在厂内生产预制，机械化程度高，且为平面作业，效率按提升1倍计算。

3.1.2 工效提升估算：

项目	正常工耗（工日）	预制工耗（工日）	提升工效
每个钢筋笼制作	现场制作	0.9（厂内1.2t/人/天）	
每个钢筋笼运输、吊装	相同	相同	
每个高柱钢筋安装	1.8（0.6t/人/天）	0.25（安装）	
高柱钢筋笼钢筋制作安装	1.8	1.15	约36%

胎架场地建设可与钢筋场同步，综合计算节约36%工日计。

注：8m柱1087kg

3.1.3 一个工区段工效对比

结合工业厂房图纸，根据提升的工效，每个施工段进行两种钢筋安装施工工艺估算工期对比如下表。

1个工段（33根）	正常工耗（工日）	预制工耗（工日）	备注
33根柱钢筋安装	7	4.5≈5	
用工情况	8人	预制场4人安装6人	人工节约多生产线可提效

经比对，完成一个施工段，传统钢筋施工工艺估算需7天，预制钢筋笼施工工艺估算需约5天，工期预计提升28.5%。

3.2 木梁大模板工效提升分析

3.2.1 对比分析

木梁大模板可在施工前，做好厂家的模板体系设计，以及构件的加工，可以在临建期设计、制作完成，施工前提前进场组装。

常规模板制安分为：模板下料与现场安装加固时间两部分。

木梁大模板制安分为：木梁大模板拼装与现场安装时间两部分。

常规模板拆除分为：模板对拉、加固拆除，模板多次分拆堆放，模板多吊装，等多部分时间。

木梁大模板拆除分为：加固体系拆除及模板吊装两部分时间。

可对比的时间集中在：常规模板与木梁大模板的制作、安装、拆除三方面。

框架柱模板为普通常见的结构构件，工效按照常规工效

计算。木梁大模板在现场构件拼装，整体度高，实际制作效率提升25%，安装效率提升50%，拆除效率提升81%。

3.2.2 工效提升估算：

项目	木梁模板（工日）	散拼大模（工日）	木梁模板（工种）	木梁大模（工种）	提升工效
每10个柱模板制作	1.5	2	普工	1半大工	约25%
每10个柱模板安装	18（9人）	32（16人）	普工	1半大工	约50%
每10个柱模板拆除	3（3人）	16（16人）	普工	1半大工	约81%
综合平均提效评价					约53%

10根柱安装、拆模，综合计算节约53%工日计（每柱模25.6m²）。

3.2.3 一个工区段工效对比

结合工业厂房图纸，根据提升的工效，每个施工段进行两种模板安装施工工艺估算工期对比如下表。

1个工段（33根）	正常工耗（工日）	木梁模板工耗（工日）	比对
33根模板安装	7	3.7≈4	
用工情况	8人	预制场2人安拆2人	人工节约可多作业面提效

经比对，完成一个施工段，传统模板施工工艺估算需7天，木梁大模板施工工艺需约4天，工期提升42.8%。

3.3 联合施工技术工期对比分析

3.3.1 施工工艺

①、单层框架结构柱、梁、板传统施工工艺：

传统施工工艺：满堂脚手架搭设→梁板模板安装→柱钢筋安装→柱模板安装→柱混凝土浇筑→梁板钢筋绑扎→混凝土浇筑。

②、单层框架结构柱、梁、板联合施工工艺：

联合施工工艺，考虑钢筋预制、木梁大模板，均可以提前组织预制施工，工期提前的条件更充分，因此将工序前置。

联合施工技术工艺：柱钢筋安装→柱模板安装→柱混凝土浇筑→满堂脚手架搭设→梁板模板安装→梁板钢筋绑扎→混凝土浇筑

③、工艺变化及工期对比

一个工区段工序调整及估算工期对比

传统工艺工序	工期（工日）	联合施工技术工艺工序	工期（工日）
满堂脚手架搭设	6	柱钢筋模板安装	5（工效提升）
梁板模板安装	6	柱混凝土浇筑	5（工效提升）
柱钢筋模板安装	7	满堂脚手架搭设	6
柱混凝土浇筑	7	梁板模板安装	6
梁板钢筋绑扎	6	梁板钢筋绑扎	6
梁板混凝土浇筑	2	梁板混凝土浇筑	2
总工期	13	总工期	11

变化重点：柱钢筋安装、柱模板安装工序前置。

3.3.2 施工工艺对比：

差异：前置了柱钢筋安装、柱模板安装、柱混凝土浇筑工序。

3.3.3 调整原因：

①、客观原因：主要考虑大模板安装后，周边布满支架安拆作业困难，需要提前施工。②、采用钢筋预制施工技术及木工字梁大模板后，可以提前进行柱钢筋、模板加工作业，工序启动具有较大的提前量，有前置的能力。③、改变柱混凝土与梁板钢筋工序间施工搭接影响，梁板钢筋前置工序数量变为1个，减少工序影响。

3.3.4 工期节约分析

满堂脚手架搭设、梁板模板安装、梁板钢筋绑扎、混凝土浇筑工期时间按一样考虑，仅对节约工期的柱钢筋安装、柱模板安装调整。

传统工序中梁板钢筋安装是柱混凝土浇筑的紧后工序，工序搭接只能为结束到结束。

柱混凝土浇筑施工工效高，只要有足够的工作面，即能完成施工，因此具备一定的可变能力，在其紧前工作完成后完成即可。

传统工艺工序	工期（工日）	工期搭接	联合施工技术工艺工序	工期（工日）	工期搭接
满堂脚手架搭设	6	5d可平行关键	柱钢筋模板安装	5	4d可平行关键
梁板模板安装	6	5d可平行关键 上工序开始时间影响 间歇1d	柱混凝土浇筑	5	4d可平行关键 上工序开始时间影响 间歇1d
柱钢筋安装	7	4d可穿插 上工序开始时间影响 间歇1d	满堂脚手架搭设	6	5d可平行 上工序开始时间影响 间歇1d
柱混凝土浇筑	7	4d可穿插 上工序影响开始时间 间歇2d	梁板模板安装	6	5d可平行 上工序开始时间影响 间歇1d
梁板钢筋绑扎	6	5d可平行 上工序结束时间影响 间歇2d	梁板钢筋绑扎	6	5d可平行 上工序开始时间影响 间歇1d
梁板混凝土浇筑	2	1d可平行 上工序结束时间影响 间歇5d	梁板混凝土浇筑	2	1d可平行 上工序结束时间影响 间歇5d

一个工区段传统工艺施工工期表

一个区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
满堂支架													
梁板模板													
柱钢筋													
柱模板													
柱混凝土													
梁板钢筋													
梁板混凝土													

一个工区段联合工艺施工工期表

一个区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
柱钢筋													
柱模板													
柱混凝土													
满堂支架													
梁板模板													
梁板钢筋													
梁板混凝土													

工期节约：每个工区段工期提速2天，每层两个施工区平行施工，每个施工区分两个施工段进行流水施工，每层节约工期4天。

节约主因：

①、工效提升突出：钢筋预制及工字梁模板节约工期明显；②、工序前置无影响：钢筋预制及工字梁模板节约工期突出，前置后能明显起效，影响整体工期；③、工序时间重叠：直接吊装预制钢筋笼、木工字梁模板，可在当日完成两个工序施工；④、FTF转变为STS：梁板钢筋受柱混凝土影响，仅能在其完成后完成。

3.4 经济性

钢筋加工场地硬化与原加工厂比，为提升效率可增加50%。钢筋笼吊整体吨位较小，仅1.089t，采用常规25t吊车安装即可，租赁费用较低。另外吨位较小，可以利用塔吊吊装，提升工效，安装成本减小。

木工字梁大模板体系，安全稳定性高，模板面积大、拼缝少、刚度大、重量轻、承载能力强，减少了支撑，施工空间大。拆装方便、使用灵活，易在现场组装及解体，施工速度大大提高。周转率高，能超过6次以上周转，通用性强，质量好，类似项目重复使用次数高。现场组装成大板，组装后无需散拆，配件连接效率高，安装及拆除便捷，节约人工及时间。

整体工期上的节约，对项目成本整体都会带来降低。

4 工程应用实例

4.1 钢筋预制技术应用

桥梁工程、装配式建筑目前均在应用钢筋预制技术，特别是桥梁的桩基、墩柱，乃至预制梁板也在采用此技术。工程机械研发方面，也逐步出现了数控弯箍机、钢筋笼滚焊机、数控调整机等设备，更有利于实现钢筋的工厂化、标准化加工的实现。目前在装配式厂房建造方面PC构件预制厂，在钢筋笼预制方面应用更为广泛。不仅仅是立柱钢筋笼在预制，并且梁的钢筋笼也在预制。预制钢筋技术的应用，利于实现工厂化、快速建造，也是目前施工建筑技术的趋势。

4.1.1 平赞高速公路项目，桩基钢筋笼、柱子钢筋笼、预制梁板钢筋笼等，均采用预制技术。



桩、柱钢筋笼预制成型

4.1.2 山西煤机厂项目桩芯钢筋笼采用预制技术、承台钢筋笼采用预制技术，预制后直接吊装施工，有效的提升了雨季施工的效果。



承台钢筋笼预制成型

4.1.3 上海新能源汽车（电车）供应链资源管理中心项目立柱、梁板钢筋笼采用预制技术，有效的提升了施工进度。

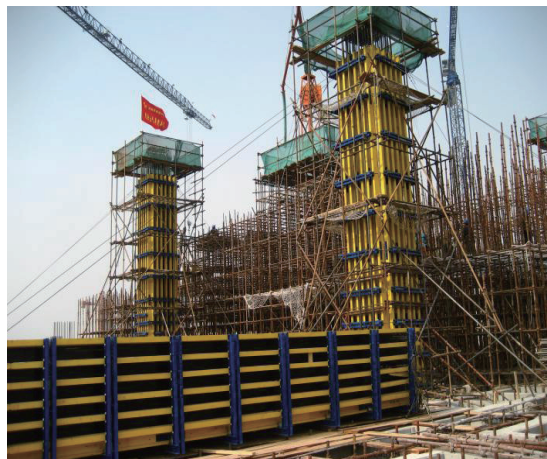


立柱钢筋笼预制成型

4.2 木梁大模板体系技术应用

目前不少大跨度、大高度的工业厂房、剧院等项目，在应用木梁大模板体系技术。项目有某军用机库项

目柱模配置高度9m，四片型，直径1200-2000mm；新华联物流项目柱模配置高度10mL型直径900-1200mm；北京京东方柱模配置柱子的高度为26.75m、23.9m，柱模尺寸800*1600*9350mm、800*1600*8400mm；北京歌剧院柱模配模高度11mL型直径1000-1200mm。



木梁大模板体系应用

参考文献：

- [1] 吴建飞. 双曲面墩身钢筋笼骨架整体预制、定位安装施工技术[J]. 建筑学研究前言, 2019年第12期.
- [2] 孙业发, 王伟, 宋书东, 等. 大型预制桥墩钢筋笼整体吊装对接施工技术[J]. 中国港湾建设, 2014 (9): 55-58.
- [3] JGJ107-2010, 钢筋机械连接技术规程[S]. JGJ 107-2010.