

装配式技术在地铁车辆基地中的应用场景探讨

梁守科

中铁二院工程集团有限责任公司

摘要：地铁车辆基地是地铁车辆及各系统设备设施的运营管理、维护、检修及救援基地，以及仓储物流基地和员工教育培训基地，是地铁运营的核心功能，对保障地铁安全高效运营具有重要作用，主要包含运用库、检修库、运转综合楼以及综合楼、食堂公寓等十余个建筑单体，其中既有对使用空间要求较大的运用库、检修库等厂库房建筑单体，又有满足运营人员办公、生活功能的综合楼、食堂、公寓等民用建筑单体。本文将主要针对地铁车辆基地不同类型的建筑单体进行分析研究，探讨装配式技术在地铁车辆基地中的应用范围及方案选择。

关键词：地铁车辆基地；房屋结构；装配式技术；应用范围

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.048

一、装配式技术应用的意义

装配式建筑是预制式装配式建筑的简称，它表示部分或者全部的建筑构件的完成是在预制工厂生产，然后运输到施工现场，以机械吊装或其他的可信任的手段连接，用零散的预制构件组装成整体，以此形成具有使用功能的房屋。采用装配式建筑相比现浇建筑具有能源资源利用率高，生产效率高，对周围环境影响小，且对劳动力的需求较小等优势，增强对建筑质量的可控性具有重要意义，尤其对于在当前低碳经济背景下降低建筑施工过程中的碳排放重要意义。

2020年根据数据显示我国碳排放量已达到102.51亿吨，占全球碳排放总量约30%，中国人均碳排放量与德国相当，已超过法国、英国等发达国家。根据相关统计数据，从行业划分看，中国碳排放的大户首先是能源行业，约占总排放量的50%，其次为工业及建筑行业，约占总排放量的30%。据相关文献研究表明，采用装配式建筑跟现浇结构相比，总碳排放量可降低约15.6%。同时目前面临的高质量发展阶段以及人口老龄化日趋严重的状况，推广装配式建筑势在必行。

二、部分地区的装配式政策

住建部文件《“十三五”装配式建筑行动方案》中要求到2020年，全国装配式建筑占新建建筑的比例达到15%以上，其中重点推进地区达到20%以上，积极推进地区达到15%以上，鼓励推进地区达到10%以上。地方政府对本地区装配式建筑发展制定了相关政策以及中长期装配率的目标，以推动建筑行业产业化发展。

广州地区主体结构的装配率要求及评价方法与国标一致，即竖向构件35%~80%时，可得评价分20~30分，水平构件70%~80%时，可得10~20分，主体结构总得分达到20分即可满足装配式建筑要求，即仅楼板、楼梯、

阳台等水平构件采用装配式即可达到装配式建筑的主体结构装配率要求。另外根据广东省地方标准《装配式建筑评价标准》(DBJ/T15-16-163-2019)，尚提供了细化分项以及广东省的特色鼓励分项，对于竖向构件装配率超过5%，但未达到35%时，尚可装配比例得到一定的评价分，相比国标装配率评估分有所放松。根据《广州市人民政府办公厅关于大力发展装配式建筑加快推进建筑产业化的实施意见》，广州目前针对各区提出了装配式建筑占新建建筑面积的比例要求。

四川地区主体结构的装配率要求及计算方法与国标有所不同，根据《四川省装配式建筑装配率计算细则》(川建建发【2020】275号)规定，竖向构件装配式比例达到15%~80%可得评价分5~25分，水平承重构件装配式比例40%~80%时，可得评价分5~20分，预制梁比例超过40%时，可得5分，主体结构总得分达到25分方可满足装配式建筑要求，仅楼板、楼梯、阳台最多仅可得20分，尚不能满足最低得分要求，必须采用预制梁(不小于40%)或竖向构件(不小于15%)方可满足装配式建筑最低评分要求，而实际操作中由于预制梁种类较多、钢筋较多，安装难度较大，一般为考虑施工方便，多采用非重要部位的柱装配式来满足要求。根据《成都市住房和城乡建设局关于进一步我市建设工程装配式要求的通知》(成住建规【2021】5号)，全市房屋建筑工程均提出了装配式建筑要求，并对装配率提出了具体要求。

三、城轨车辆基地项目采用装配式技术案例

(一) 广州市轨道交通十八号线工程陇枕停车场

陇枕停车场红线范围内占地约19.87万 m^2 ，盖板总面积8.42万 m^2 ，2018年9月份开工，2021年11月30日竣工。装配式方案：库区装配式方案为梁构件采用叠合梁，盖板采用叠合板，竖向构件仍采用现浇；咽喉区楼板采用叠合板，梁采用钢结构装配式，柱采用钢管混凝土柱；出入场线采用全现浇方案。



图3-1 陇枕停车场施工现场

(二) 广州地铁十一号线赤沙车辆段

本项目为上盖车辆段，转换柱、转换梁以及塔楼影响范围内重要区域采用现浇结构，其他无上盖物业区域采用装配式，首、二层沿股道方向主梁采用预制钢筋混凝土梁，垂直轨道方向主梁及次梁采用预应力箱梁。

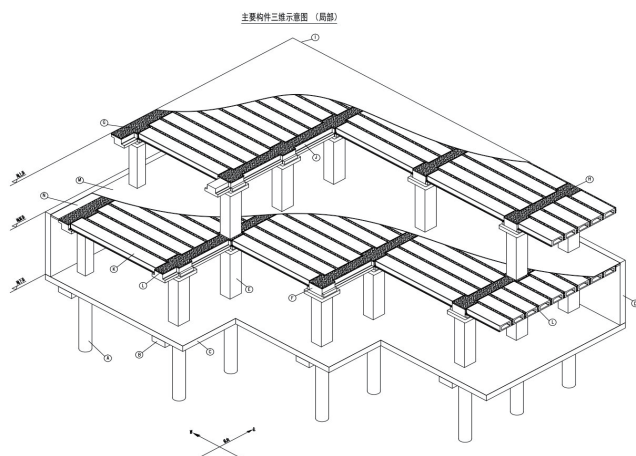


图3-2 赤沙车辆段结构布置示意

四、地铁车辆基地项目采用装配式技术的应用场景分析

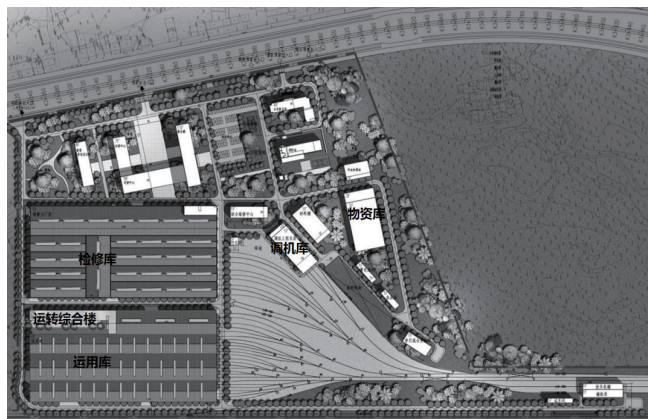


图4-1 车辆基地总图布置

地铁场段是地铁车辆及各系统设备设施的运营管理、维护、检修及救援基地，以及仓储物流基地和员工教育培训基地，是地铁运营的核心功能，对保障地铁安全高效运营具有重要作用。包含有运用库、检修库、综合楼等厂库房及常规混凝土结构单体约10~20余个。

(一) 厂库房类单体

检修库、运用库、材料棚等厂（库）单体，该类型建筑功能较复杂，设置行车较多，一般面积较大，对柱网跨度要求较大，层高较大，检修库一般不低于12.0m，运用库一般不低于7.2m，但对柱列方向柱距一般无特别要求。屋面构件采用钢结构（可为网架或实腹钢梁）装配式比较容易实现的，且由于钢材具有轻质、高强的特性，可用较低的含钢量实现较大的跨度，相比混凝土结构具有无法比拟的优势。柱构件如采用装配式，可采用钢筋混凝土PC构件或钢构件，也可实现装配

式的目的，但如采用混凝土PC构件经济成本会有上升。

采用钢结构方案适用于屋面荷载使用小的情况，屋面一般建议采用金属屋面板，刚架间距建议控制在7.5m左右，经济性较好，特殊情况下不要超过9.0m，刚架跨度建议控制在18.0~30.0m，以运用库为例，经分析一般四线跨和五线跨经济性最优。门式刚架结构延性较好，外墙板建议采用金属墙面板或三明治板等装配式墙板，不建议采用砌体墙。由于钢结构现场施焊对结构构件表面的涂装有破坏，焊缝应力对结构也有不利影响，因此如果采用全钢结构，后期运营过程中需尽量减少施焊工作，对后期运营过程中的改造较不利。钢结构涂装有效期一般为15~20年，需要定期维护，耐久性较混凝土差。

(二) 普通混凝土结构单体

综合楼等厂前区建筑以及部分生产用房，一般采用框架结构或框架剪力墙结构。根据规模的大小可设计为多、高层建筑，柱网间距均不大，单个构件尺寸不大，重量不大，因此吊装难度不大。厂前区建筑由于功能的需要，一般有一定规模，具有采用装配式技术的应用条件。

采用混凝土装配式时，装配式预制构件范围可优先选用楼板、楼梯、阳台、女儿墙以及外挂墙板、内隔墙，对装配式要求较高时可选用次梁构件和非关键位置处框架梁柱构件。柱网布置、次梁间距应符合模数尺寸，尽可能标准化，平面布置应规则，外立面造型一般应简洁平整，避免较多的凹凸造型，外墙洞口宜规整有序。结构整体性较现浇结构差，土建施工质量主要取决于连接处的施工质量；外墙板拼缝处填胶耐久性较主体结构差；设计周期较长；投资有一定增加。



图4-2 叠合板现场图片

采用钢结构方装配式案时，结构所有梁、柱、楼梯等结构构件均采用钢结构，楼屋面板可采用组合楼盖，底模采用钢筋桁架模板或压型钢板，通过控制次梁间距控制板跨，可免支撑。根据建筑物的高度，可采用钢框架-支撑结构、钢框架结构、钢框架-钢板剪力墙结构等结构型式。钢柱脚一般采用外包式柱脚或埋入式柱脚。外墙采用ALC条板或其他装配式外挂墙板，内部墙体一般采用轻质隔墙，可灵活布置，方便后期房间改造。投资增加约500元/平方米。本方案技术成熟，但投资较高；由于钢结构涂装需定期维护，因此维护成本较高。

(三) 室外构筑物装配式技术的应用

1. 检修平台

为满足双周三月检需求，库内根据作业要求需要设置中间作业平台和车顶作业平台。检修平台采用装配式钢结构作业平台时，地面以上钢结构安装部分均可以装配式。该方案安装方便，技术可靠，中间可设置单柱或双柱，柱脚采用刚接，柱侧挑梁，梁高可控制在200mm高度左右，钢梁截面轻盈，梁底净空容易满足，平台板采用花纹钢板。钢柱底混凝土短柱高出地面100mm。

2. 检查坑立柱

柱式检查坑小立柱数量众多，截面较小，现浇施工过程中模板作业量大且零碎，施工速度慢，采用现浇方案施工质量受工人素质影响较大。检查坑小立柱采用装配式方案则可以充分发挥装配式的优势，构件尺寸标准化，质量工厂预制有保障，现场施工速度快，柱头薄弱部位一体成型，质量容易控制，投资增加有限。从目前各地已采用预制小立柱的施工效果看质量上有明显优势，具有较好的适用性。小立柱也可根据需要采用钢结构型式，也有一些成功案例。



图4-3 装配式混凝土小立柱



图4-4 现浇混凝土立柱

3. 室内外电缆沟、管沟、排水沟等沟槽构件

室内外电缆沟、管沟、排水沟等沟槽构件，长度尺寸大，断面型号方便统一，对防水要求不高，采用现浇结构工期较长，采用装配式型式工期上有一定优势，如数量较大，有利于摊薄磨具成本，经济性有保证，因此可考虑采用装配式方案，在拼缝处需单独设置橡胶止水带。

五、结论

结合以上分析结果，对于地铁车辆基地项目，一般的单层厂房，如运用库、检修库等，高装配式率的结构方案建议优先考虑采用钢结构方案，可采用门式刚架房屋钢结构形式，维护构件采用轻型板材，装配式率要求不高时，也可考虑采用常规方案，即下部采用混凝土梁柱构件，屋面采用钢结构方案（轻型实腹钢梁或网架结构）。

对于混凝土框架结构或框架剪力墙，特别是厂前区（综合楼、公寓等）建筑，采用装配式方案，土建投资成本一般都增加，投资增加金额随装配式率的提高而加大，当装配率要求较低时，可考虑楼屋面板、隔墙、楼梯、阳台等次构件采用预制构件，当装配率要求较高时，除楼板、楼梯、阳台及隔墙外，非重要部位梁柱构件、外围护墙也可考虑采用预制构件，但关键区域关键受力构件，建议仍采用现浇构件。

对于室内外构筑物，容易实现标准化、安装较方便的构件采用装配式技术有一定优势，可在后期项目设计中逐步推广采用，比如柱式检查坑立柱、综合管沟、室内电缆沟、综合支吊架等。

参考文献

- [1] 齐宝库. 装配式建筑发展瓶颈与对策研究. 《沈阳建筑大学学报建（社会科学版）》2015年第17卷第2期.
- [2] 秦鸿波. 基于BIM技术的装配式建筑成本控制研究[D]. 河南：郑州大学，2018.
- [3] 郑振华，钟吉湘，谢斌. 装配式建筑体系节能技术发展综述[J]. 建筑节能. 2020，（4）.
- [4] 张宏，宗德新，黑赏罡，等. 装配式建筑设计与建造技术发展概述[J]. 新建筑. 2022，（4）.
- [5] 摘自《中国建材报》. 《装配式混凝土结构技术规程》发布[J]. 施工技术，2014（6）：17-17.
- [6] 罗佳宁，张宏，王涛. 面向真实建造的装配式建筑系统集成方法应用实践——以东南大学轻型结构房屋系列产品为例[J]. 新建筑，2022（4）：42-47.