

# 市域轨道交通车站装配式混凝土出入口研究

陈刚

中铁第四勘察设计院集团有限公司

**摘要:**传统地铁车站出入口以钢结构居多,随着国家大力推广装配式建筑,各地陆续开展装配式混凝土出入口方案研究,但可供参考的实际案例不多,文章以金义东市域轨道交通车站装配式混凝土出入口结构设计为例,通过构件拆分对比,研究出在构件制作、运输、安装方面更高效的装配方案;通过和传统钢结构出入口方案对比,发现装配式混凝土出入口方案在工期、成本方面更占优势,本文的设计思路和经验可为后续车站出入口设计提供参考。

**关键词:**市域轨道交通;地铁;装配式;出入口

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.056

## 引言

目前国内市域轨道交通车站出入口应用整体装配技术的实际案例不多,具体可供参考的资料较少,国家正大力推广装配式建筑,且装配式技术对车站出入口这种形状规则、建筑轮廓尺寸统一、构件拆分类别少的小单体建筑也非常适用,本文以金义东市域轨道交通车站出入口实际结构设计方案为例,介绍装配式混凝土出入口的设计思路和注意事项,文章通过构件拆分对比、计算分析、成本工期对比,研究一种实用的装配式混凝土出入口设计方案,能方便构件制作、运输、安装,在工期和成本上均优于传统钢结构出入口方案。

## 一、金义东市域轨道交通车站出入口概况

金华-义乌-东阳市域轨道交通工程(以下简称“金义东市域轨道交通工程”)由金华-义乌和义乌-东阳两段线路组成,两线在秦塘站呈双岛四线同站台换乘,具备金华-义乌-东阳方向的贯通运营条件。

金义东市域轨道交通工程线路总长107.17km,其中地下线28.311km,过渡段总长约4.638km,高架线长约71.704km,山岭隧道线长约2.517km。全线共设站31座(其中秦塘站计2座),其中地下站14座(其中秦塘站计2座),高架站17座。

除义乌站和横店高铁站外,其余11座地下车站出入口、安全疏散口(单层)、垂直电梯均采用装配式混凝土结构,按尺寸分类,其中乘客出入口有11种,疏散口有8种,垂梯有1种;有设备用房的二层疏散口主体采用混凝土现浇,外墙采用预制混凝土构件,和其他疏散口保持外观风格统一。

本文以万达广场A出入口作为介绍对象,A出入口洞口预留尺寸为13.8m×7m,出地面墙体厚度为500mm,出地面高度为室外地坪以上1000mm,出入口为单坡屋面,最高处4.90m,最低处2.90m。

本工程设计工作年限为50年,安全等级为二级,重要性系数为1.0,抗震设防类别为丙类,抗震设防烈度6度,抗震等级四级,设计基本地震加速度值0.05g,水平地震影响系数最大值0.04,场地类别II类,设计地震分组为第一组,特征周期值0.35s。

## 二、方案比选

### (一)方案一:大构件拆分方案

①框架柱:将框架柱拆分成两部分,下部为预制短柱,上部和横梁连为一体形成门形梁,短柱与地下结构出地面部分采用套筒灌浆连接;

②门形梁:门形梁由横梁与框架柱的上部整体预制而成,下部预制短柱安装完后,门形梁与下部短柱采用套筒灌浆连接;

③预制屋面大板:屋面板采用整体预制,拆分为9块,沿纵向每两跨一块板,按连续板的受力形式直接搁置在门形梁上,板与梁之间采用预埋螺栓进行连接,尺寸最大的板为入口侧局部悬挑板,悬挑长度2.1m,倾覆弯矩靠非悬挑部分和螺栓拉力平衡;

④外墙:外墙整体预制,和框架柱、梁间预留20mm接缝,接缝采用硅酮耐候密封胶填充;外墙作为非受力构件,上、下端分别和框架梁、出地面墙体采用卡口连接。

大构件拆分类型和重量详表1:

表1 大构件方案构件表

	尺寸	类型数量	重量(t)	材料
柱	300mm*300mm	10	0.21~0.53	混凝土
门形梁	门形	3	4.05	混凝土
纵梁	300mm*300mm	5	0.47~0.66	混凝土
板	最大6640*2690mm	9	4.31~7.42	混凝土
墙	大小不一	7	0.32~0.69	混凝土

施工顺序:

1) 框架柱下部短柱和地下结构出地面墙体采用套筒灌浆连接;

2) 门形梁与下部短柱采用套筒灌浆连接;

3) 纵向框架梁和门型梁在节点处均预留钢筋,纵向框架梁安装到位后,节点现浇连接;

4) 安装预制外墙;

5) 预制屋面板安装,梁上预留螺栓,板上预留螺丝孔,梁板之间采用螺栓进行连接;

6) 屋面防水保温做法;

7) 安装门窗、灯具、监控等构件。

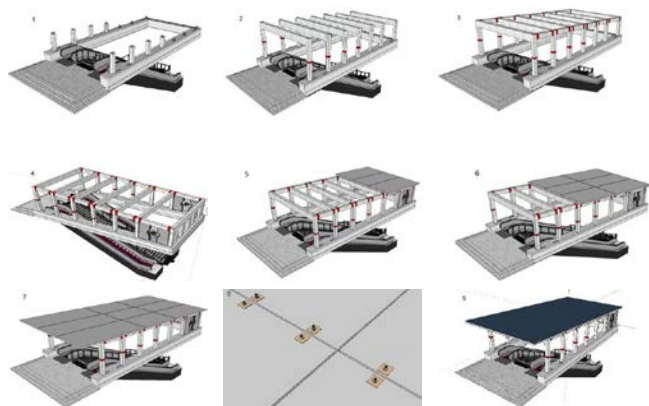


图1 大构件方案施工顺序

(二) 方案二：小构件拆分方案

①框架柱：框架柱预制范围为柱底至梁底，尺寸为300x300mm，柱底和地下结构出地面墙体采用套筒灌浆连接，框架柱顶预留钢筋；

②框架梁：预制横梁共有3种类型，截面尺寸均为300\*600mm，预制纵梁共有5种类型，截面尺寸均为300\*300mm，框架梁端部均预留键槽和钢筋，待梁柱安装到位后，梁柱节点采用比预制构件高一标号混凝土现浇；

③外墙：外墙整体预制，和框架柱、梁间预留20mm接缝，接缝采用硅酮耐候密封胶填充；外墙作为非受力构件，上、下端分别和框架梁、出地面墙体采用卡扣连接。

④预制屋面大板：屋面板采用整体预制，拆分为9块，沿纵向每两跨一块板，按连续板的受力形式直接搁置在门形梁上，板与梁之间采用预埋螺栓进行连接，尺寸最大的板为入口侧局部悬挑板，悬挑长度2.1m，倾覆弯矩靠非悬挑部分和螺栓拉力平衡；

小构件拆分类型和重量详表2：

表2 小构件方案构件表

	尺寸	类型数量	重量 (t)	材料
柱	300mm*300mm	10	0.31~0.68	混凝土
横梁	300mm*600mm	3	3.28	混凝土
纵梁	300mm*300mm	5	0.47~0.66	混凝土
板	最大6640*2690mm	9	4.31~7.42	混凝土
墙	大小不一	7	0.32~0.69	混凝土

施工顺序：

- 1) 框架柱和地下结构出地面墙体采用套筒灌浆连接；
- 2) 安装预制外墙，外墙底部和下部墙体采用卡扣连接，接缝采用硅酮耐候密封胶填充；
- 3) 框架纵、横梁安装到位，梁柱节点现浇，梁下部和外墙上部采用卡扣连接，接缝采用硅酮耐候密封胶填充；
- 4) 预制屋面板安装，梁上预留螺栓，板上预留螺丝孔，梁板之间采用螺栓进行连接；
- 5) 屋面防水保温做法；
- 6) 安装门窗、灯具、监控等构件。

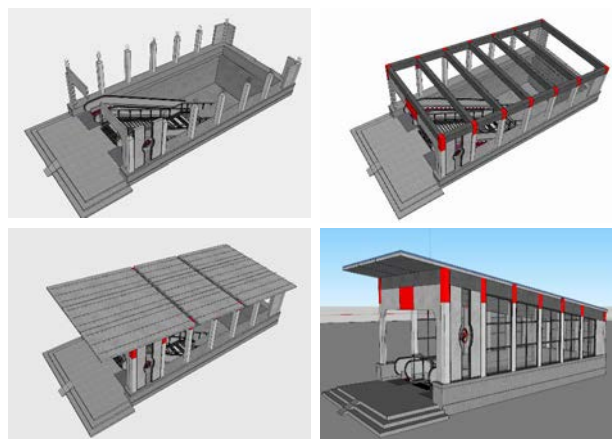


图2 小构件方案施工顺序

(三) 出入口两种设计方案优缺点对比详表3

表3 方案优缺点对比

	优点	缺点
方案一	梁柱节点工厂预制，整体性好	门形梁尺寸大、异形，不方便运输和安装 现场连接节点多，施工相对不便
方案二	现场连接节点少，施工方便 构件形状简单，尺寸小，方便运输	梁柱节点现浇，节点质量和施工水平相关

经过对比可知，方案二优势在于现场施工节点少，方便制作、运输和施工，虽然节点整体性比不上方案一，但出入口为单层建筑，安全等级二级，抗震设防类别丙类，现浇节点完全能满足各工况受力需求，最终本工程选择方案二进行设计施工。

三、计算分析

本工程采用整体装配式结构，根据规范规定，可采用现浇结构计算，不考虑屋面板刚度，屋面板作为线荷

载作用在屋面梁上，外墙作为围护结构不考虑其作用，计算指标和配筋、挠度裂缝等均满足规范要求。

考虑到预制装配式结构的抗震性能<sup>[3]</sup>，对连接节点抗剪承载力进行验算，且满足连接节点抗剪承载力不低于所连构件抗剪承载力。根据《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014（以下简称《装配式技术规程》）采用最不利组合对节点抗剪承载力验算<sup>[1]</sup>。

- 1) 柱-基础连接节点验算：

预制柱底水平接缝受剪承载力设计值, 根据《装配式技术规程》7.2.3条<sup>[1]</sup>:

$$V_{uE} = 0.8N + 1.65A_{sd} \sqrt{f_c f_y}$$

$$= 0.8 \times 79.300 \times 10^3 + 1.65 \times 2281.00 \times \sqrt{14.3 \times 360} = 333.480 \text{ kN}$$

承载力验算:

预制柱底水平接缝的受剪承载力验算, 根据《装配式技术规程》6.5.1条<sup>[1]</sup>:

$$V = 46.600 \text{ kN} \leq V_{uE} / \gamma_{RE} = 333.480 / 0.85 = 392.330 \text{ kN}^{[4]}$$

$$\eta_j V_{mu} = 1.10 \times 144.660 = 159.126 \text{ kN} \leq V_{uE} = 333.480 \text{ kN}$$

### 2) 梁-柱连接节点验算

根据《装配式技术规程》7.2.2条, 梁端竖向接缝的受剪承载力设计值<sup>[1]</sup>:

$$V_{uE} = 0.04f_{cI} A_{cI} + 0.06f_{cK} A_{cK} + 1.65A_{sd} \sqrt{f_c f_y}$$

$$= 0.04 \times 14.3 \times 300 + 0.06 \times 14.3 \times 75000 + 1.65 \times 2660.00 \times \sqrt{14.3 \times 360} = 379.430 \text{ kN}$$

承载力验算

根据《装配式技术规程》6.5.1条<sup>[1]</sup>:

$$V_j dE = 88.600 \text{ kN} \leq V_{uE} / \gamma_{RE} = 379.430 / 0.85 = 446.389 \text{ kN}$$

$$\eta_j V_{mu} = 1.10 \times 271.910 = 299.101 \text{ kN} \leq V_{uE} = 379.430 \text{ kN}$$

### 3) 对梁-板螺栓连接节点验算

单个M22螺栓, 按4.6级普通C级螺栓计算,  $f_v = 140 \text{ MPa}$ , 取实际直径为:  $22 - 1.5 \times 2 = 19 \text{ mm}$ 计算,  $F_{vmax} = f_v \times \pi d^2 / 4 = 140 \times 19^2 \times 3.14 / 4 = 39.7 \text{ kN}^{[5]}$

单个螺栓对混凝土局部挤压破坏极限承载力:

$$F_1 = f_t \cdot h d = 1.43 \times 150 \times 22 = 4.71 \text{ kN}^{[2]}$$

单个螺栓对混凝土局部剪切破坏极限承载力:

$$F_2 = f_t \cdot b h = 1.43 \times 59 \times 2 \times 150 = 25.31 \text{ kN}^{[2]}$$

$$\text{抵抗力: } R = \min \{ 5F_v; 5F_1; 5F_2 \} = 5 \times 4.71 = 23.55 \text{ kN}$$

地震作用:  $S = FEK = 6.9 \text{ kN}$

故  $S < R$ , 满足设计要求。

通过计算, 本工程设计方案在计算指标、配筋、挠度、裂缝、节点验算方面均满足规范要求。

## 四、节点设计

### 1) 框架柱底节点

柱底采用套筒灌浆连接, 考虑到预留插筋允许误差仅为  $2 \text{ mm}^{[6]}$ , 本工程地上地下又划分为不同的施工单位, 如果不在设计上考虑措施保证预留精度, 那么施工中很可能发生构件安装不上的问题, 针对此问题, 设计采用了两个措施保证预留精度。

#### ① 预留后浇槽口

出地面墙体在出入口框架柱的位置预留  $800 \text{ mm}$  高槽口, 待地上施工单位进场后, 根据现场情况调节钢筋定位, 然后浇筑混凝土。

#### ② 采用定位钢板, 保证柱纵筋相对关系

混凝土浇筑时容易扰动预留钢筋, 采用定位钢板可保证浇筑中, 柱纵筋相对位置关系不容易错位。

### 2) 梁柱节点

梁柱节点采用预留钢筋, 现浇混凝土连接, 为保证构件安装时钢筋不冲突, 设计时采用Bim进行碰撞检查。

### 3) 梁板节点

梁板节点采用螺栓连接, 完全干法施工, 梁面预留螺栓, 每块板预留三个螺栓孔, 螺栓对准孔位安装就位后, 拧紧螺帽。

## 五、地下结构预留

为保证地下结构预留钢筋精度, 必须对所有地下结构图纸进行梳理, 尽量保证尺寸统一、预留到位。

装配式结构的优点就是可以在工厂批量生产, 如果构件尺寸过多, 会导致模具成本增加, 将失去其优势, 所以在地下结构设计时, 应提前考虑出地面部分的尺寸, 尽量统一为5种以下尺寸类型。

地上地下结构施工界面和预留大样应在地下结构图纸中表示, 并在施工交底时提醒, 保证施工预留到位。

## 六、成本工期对比

1) 装配式混凝土出入口工期约7~14天, 传统钢结构出入口工期约1~2月, 能大大缩短工期。

2) 预制混凝土构件造价约  $4000 \text{ 元/m}^3$ , 一个标准尺寸出入口造价约50万, 比钢结构方案节省约10万, 并且耐久性好, 维护成本低。

## 总结

本工程以金义东市域轨道交通万达广场A出入口装配式结构设计为例, 通过构件拆分方案对比, 从构件制作、运输、安装方面对比最终选择了小构件拆分方案, 此方案通过计算, 整体指标、配筋、挠度裂缝、节点设计均满足规范要求。通过和传统钢结构出入口方案对比, 装配式混凝土出入口在成本和工期方面均占优势, 并且在耐久性方面更好, 后期维护成本低。轨道交通车站出入口的特点就是形式统一、便于识别、构件尺寸种类少, 特别适合装配式混凝土结构, 所以此设计方法可供其他轨道交通出入口设计参考借鉴。

## 参考文献

- [1] 装配式混凝土结构技术规程: JGJ 1-2014 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [2] 混凝土结构设计规范 (2015年版): GB 50010-2010 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015
- [3] 建筑抗震设计规范 (2016年版): GB 50011-2010 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016
- [4] 建筑结构荷载规范: GB 50009-2012 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [5] 钢结构设计标准: GB 50017-2017 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [6] 钢筋套筒灌浆连接应用技术规程: JGJ 355-2015 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.

作者简介: 陈刚 (1985年8月), 男, 汉族, 大学本科, 湖北荆州人, 中级工程师, 从事轨道交通工程设计工作。