

团 体 标 准

有轨电车 工程装配式结构 设计要求

（征求意见稿）

编制说明

2024-06

《有轨电车 工程装配式结构 设计要求》 (征求意见稿) 编制说明

1 任务来源、协作单位

1.1 任务来源

根据 2023 年 3 月 11 日中国城市轨道交通协会发布的《中国城市轨道交通协会 2023 年第二批团体标准制修订计划》(中城轨[2023] 11 号) 制定, 由中国城市轨道交通协会低运能系统分会(原现代有轨电车分会) 提出, 由上海市城市建设设计研究总院(集团) 有限公司牵头组织有关单位编写《有轨电车工程装配式结构设计规范》, 由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。项目编号: 2023052-T-07, 计划完成周期为 1 年。

1.2 协作单位

主编单位: 上海市城市建设设计研究总院(集团) 有限公司、同济大学, 协作单位有华东建筑设计研究院有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、上海城建市政工程(集团) 有限公司、上海交通大学、中铁五局集团路桥工程有限责任公司、陕西长美科技有限责任公司、浙江兆弟控股有限公司、江苏瑞文戴尔交通科技有限公司、成都市新筑路桥机械股份有限公司、国家建筑工程技术研究中心。

2 编制工作组简况

2.1 编制工作组及其成员情况

主编单位: 上海市城市建设设计研究总院(集团) 有限公司、同济大学

参编单位: 华东建筑设计研究院有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、上海城建市政工程(集团) 有限公司、上海交通大学、中铁五局集团路桥工程有限责任公司、陕西长美科技有限责任公司、浙江兆弟控股有限公司、江苏瑞文戴尔交通科技有限公司、成都市新筑路桥机械股份有限公司、国家建筑工程技术研究中心等单位编制。

本标准编制单位共涵盖国内 3 家设计单位、3 家科研院所、6 家生产单位, 构成丰富, 以保障标准水平, 代表行业先进。

2.2 标准主要起草人及其所做的工作

表 1 标准主要起草人及任务分工

序号	单位	主要起草人工作内容	主要起草人
1	上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司	前言、范围、总体要求、材料与作用组合、装配式一体化轨道路基结构设计、检测及相关附录信息； 标准化审查	张中杰、王春凯、程樱
2	同济大学	范围、规范性引用文件、术语和定义	肖军华、王长丹、刘孟波
3	华东建筑设计研究院有限公司	范围、总体要求、车辆基地	李进军
4	北京城建设计发展集团股份有限公司	装配式轨道结构设计、附录 A	陈鹏、李现博
5	上海城建市政工程（集团）有限公司	装配式轨道路基施工要点、检测、附录 B	张宇峰、姚青
6	上海交通大学	前言、总体要求、材料与作用组合	陈锦剑、潘越
7	中铁五局集团路桥工程有限责任公司	装配式轨道路基施工要点、检测、附录 B	郭伟华
8	国家建筑工程技术研究中心	总体要求、试验认证及相关附录信息	王浩然
9	浙江兆弟控股有限公司	装配式轨道路基施工要点、检测、附录 B	齐金良、岳增国
10	陕西长美科技有限责任公司	装配式轨道结构设计、附录 A	张法明、陈刚
11	江苏瑞文戴尔交通科技有限公司	装配式轨道结构设计、附录 A	屠文杰
12	成都市新筑交通科技有限公司	装配式轨道结构设计、附录 A	刘光胜、张延会

3 起草阶段的主要工作内容

3.1 主要编制过程

第一阶段：编制准备及立项阶段（2022.03～2023.03）

编制准备阶段主要工作为确定参编单位，组建标准编制组，协商确定分工，制定编制工作计划，学习标准编制相关要求；主编单位提出标准初稿草案。

2022年3月，上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司将《中国城市轨道交通协会团体标准制修订项目申报书》及《有轨电车工程装配式结构技术规范》前期研究报告上报中国城市轨道交通协会现代有轨电车分会。

2022年8月，中国城市轨道交通协会现代有轨电车分会召开团体标准立项审查会，《有轨电车工程装配式结构技术规范》通过标准申请立项审查。

2022年12月，中国城市轨道交通协会标准化技术委员会组织本标准的提案评估审查，根据中城轨标委会[2022]50号《中国城市轨道交通协会2022年度团体标准项目立项评估会会议纪要》，立项评估函审结果为：通过审查。

2023年3月，根据中城轨[2023]11号《关于下达中国城市轨道交通协会2023年第二批团体标准制修订计划项目的通知》，《有轨电车工程装配式结构技术规范》正式立项并列入制修订计划。

第二阶段：初稿编制阶段（2023.04~2024.06）

本标准立项后，在初稿的研究编写工作过程中，广泛吸纳了相关从业单位共同参与。华东建筑设计研究院有限公司、国家建筑工程技术研究中心在装配式结构的标准、设计上具有深厚的技术储备，在行业内处于领先水平。成都市新筑路桥机械股份有限公司在装配式轨道上具有先进的技术水平和丰富的项目经验。故在初稿编制过程中，邀请了华东建筑设计研究院有限公司、国家建筑工程技术研究中心、成都市新筑路桥机械股份有限公司加入编制工作，以扩大本标准普适性、提升编制水平。

2023年04月，以线上线下结合的会议方式在上海召开了标准编制工作启动会。会议上，中城协标准部宣贯标准化工作相关要求，编制组明确了《有轨电车工程装配式结构设计规范》编制计划和编制机制，通过了扩充标准编制工作组的提案，讨论并完善初稿目录、条文内容等。

2023年05月~10月，标准编制工作组向参编单位征求编制意见，各参编单位积极参与标准条文的制定与编写工作中。

2023年11月~2024年1月，根据参编单位编制意见，主编单位修订完成形成征求意见稿。

2024年1月~6月，上报中国城市轨道交通协会低运能系统分会标准化秘书处并

根据形式审查意见修改完善征求意见材料。

4 标准编制原则及与国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

4.1 本标准编制原则

- a) 遵守国家有关法律、法规；
- b) 符合国家强制性标准的要求；
- c) 与现行国家标准、行业标准相协调；
- d) 编制格式统一、规范，符合 GB/T 1.1—2020 要求；
- e) 符合《中国城市轨道交通协会团体标准管理办法》要求；
- f) 结合有轨电车工程建设的特点。

4.2 与国家法律法规和强制性标准及有关标准的关系

本项目符合国家相关法律法规的有关规定。2011 年国家发改委出台了《关于发展现代有轨电车的指导意见》，这是国家首次对国内发展现代有轨电车做出政策性指导；2012 年国务院颁布《关于城市优先发展公共交通的指导意见》（国发〔2012〕64 号）进一步要求“科学研究确定城市公共交通模式，根据城市实际需要合理规划建设以公共汽（电）车为主体的地面公共交通系统，包括快速公共汽车、现代有轨电车等大容量地面公共交通系统”；2015 年国家发展改革委先后颁布《关于加强城市轨道交通规划建设管理的通知》（发改基础〔2015〕49 号）、《关于当前更好发挥交通运输支撑引领经济社会发展作用的意见》（发改基础〔2015〕969 号），进一步推进现代有轨电车建设发展。2018 年，国务院办公厅关于进一步加强城市轨道交通规划建设管理的意见（国办发〔2018〕52 号）规定：城市轨道交通系统，除有轨电车外均应纳入城市轨道交通建设规划并履行报批程序；有轨电车项目由省级发展改革部门负责审批（核准），并做好与相关规划的统筹衔接。

本项目符合相关国家强制性标准、推荐标准、行业标准、地方标准，如国家标准《工程结构通用规范》（GB 55001）、《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB 55002）、《建筑与市政地基基础通用规范》（GB 55003）、《钢结构通用规范》（GB 55006）、《混凝土结构通用规范》（GB 55008）、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007）、《装配式钢结构建筑技术标准》（GB/T 51232）；行业标准《城市有轨电车工程设计标准》（CJJ/T 295）、《装配式混凝土结构技术规程》（JGJ 1）、《建筑桩基技术规范》（JGJ 94）等。

本标准的制定是有轨电车行业标准的进一步细化和有效补充。首部行业标准《城

市有轨电车工程设计标准》刚由中华人民共和国住房和城乡建设部发布，于 2020 年 06 月 01 日正式实施，该标准更侧重于整体宏观概念与设计的包容性，因此条文制订相对宽泛，对全国有轨电车工程设计的指导性不够细致，且未涉及有轨电车预制装配技术相关内容，不便于设计开展更深入的工作，故申请了本团体标准的编制，用以对行业标准的深入解读与进一步细化补充。

本标准参考了国内轨道交通相关国标和行标，以及有轨电车相关行标及地标，在基本要求、技术方法和量化指标等方面与其相协调，同时结合我国现代有轨电车工程实际对相关条款进行规范与检验。

5 标准主要技术内容的论据或依据

5.1 标准主要技术内容的论据或依据

本标准共九章，包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、材料与作用组合、轨道与路基、车辆基地、检测及相关附录。

(1) 4.3 中设计工作年限的确定

本标准所针对的是有轨电车装配式结构，其中装配式轨道路基一般指装配式轨道结构、装配式一体化轨道路基结构，直接承担运营车辆荷载，保证有轨电车结构体的稳定，在试用期间无法更换或者更换会影响运营。参考上海地标《有轨电车工程设计规范》（DG/TJ 06-2213-2016）的 3.0.16：主体结构工程及因结构损坏或大修对有轨电车运营安全有严重影响的其他结构工程，设计使用年限不应低于 100 年。因此在本标准中，装配式轨道结构、装配式一体化轨道路基结构均按照设计工作年限不低于 100 年。

而车辆基地的装配式结构指运用库、检修库、洗车库、物资库等建筑物的梁、板、柱等，更换时不影响其功能使用，参考地铁车辆基地的相关规范要求，设计使用年限不低于 50 年。

(2) 5.1.2 中混凝土强度等级的确定

有轨电车工程装配式结构主要材料采用钢筋混凝土，混凝土的最低强度等级大多是从满足工程耐久性要求考虑的。根据《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T50476-2019），当一般环境条件结构处于干湿交替环境时，设计使用年限为 100 年的结构混凝土最低强度等级要求为 C40，设计使用年限为 50 年的结构混凝土最低强度等级要求为 C35。故车辆基地的装配式结构混凝土最低强度等级按照 C35 执行。

对于装配式轨道结构、装配式一体化轨道路基结构，由于预制构件采用工业化生产方式，构件质量便于控制，因此对其混凝土强度的最低等级适当提高，同时还可以缩短预制构件养护时间、提高模具的周转效率，并防止预制件在脱模起吊时开裂。参照地方标准《城市轨道交通设计规范》DGTJ08-109-2017，整体道床轨枕的混凝土强度等级为 C50，故本规范装配式轨道梁、装配式轨道板的混凝土最低强度等级按照 C50 执行。

对于预制桩结构，参照行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》(JGJ/T406-2017) 3.0.9，管桩混凝土最低强度等级为 C60，本标准参照执行该要求。

(3) 第 6 章中装配式轨道路基的确定

装配式轨道路基适用于有轨电车工程装配式轨道结构、装配式一体化轨道路基结构，应根据工程地质与水文地质条件、环境条件、施工条件，以及线路条件、变形标准等因素，通过技术、经济和工期比较，确定合适的装配式结构。其中装配式轨道结构包含钢轨下扣件点支承方式和钢轨下弹性阻尼材料连续支承两种型式。当地下管线密集或地基软弱土层较厚时，宜优先采用装配式一体化轨道路基结构，如上海松江、浙江嘉兴，采用装配式一体化轨道路基结构，以降低轨道路基整体结构高度，减少管线迁改，节省工程投资。

(4) 6.3.4 中装配式一体化轨道路基结构预制梁长度的确定

装配式一体化轨道路基结构为新型装配式有轨电车结构，其构件采用工厂预制，包括预制桩、预制轨道梁、钢轨、扣件等，运输至现场以机械化、焊接等方式进行有效连接。该结构型式暂无规范可依，在有轨电车工程中结构型式较接近的是桩板结构，在上海地标《有轨电车工程设计规范》(DG/TJ 06-2213-2016) 的 12.3.2 中“桩板结构应设置变形缝，变形缝间距宜为 25m~30m”，考虑到装配式一体化轨道路基结构整体高度较小，根据其受力特点、吊装及运输要求、安装要求以及标准化要求等，结合嘉兴有轨电车工程实践经验，按照轨枕标准间距的整数倍采用 5m~8m 的构件长度较合理。

(5) 6.3.8 中装配式一体化轨道路基结构工后沉降的确定

装配式一体化轨道路基结构工后沉降与时间有关，指铺轨完成后直至最终的结构剩余沉降。为使有轨电车行车安全、舒适运行，并尽可能减少有轨电车运营期间的维修工作量，必须采取有效措施使得工后沉降量控制在允许范围内。有轨电车装配式结构采用的是无砟轨道，在行业标准《城市有轨电车工程设计标准》(CJJ/T 295-2019)

11.2.5 中要求“无砟轨道路基的工后沉降应符合线路平顺性、结构稳定性和扣件调整能力的要求，还应控制路基与不同结构物交界处的工后差异沉降。”结合上海、淮安、成都等地有轨电车运营经验，以及软土地区装配式一体化轨道路基结构的沉降特性，明确有轨电车装配式一体化轨道路基结构工后沉降不应超过 50 mm，且有轨电车在轨道铺设完成后，其不均匀沉降的调节只能由扣件提供，因此其工后不均匀沉降量不应超过扣件允许的可调节量。

5.2 修订标准时，应增加新、旧标准水平的对比

本标准为新编标准。

6 主要试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

6.1 主要试验（验证）的分析

本编制团队对有轨电车工程装配式结构设计进行了相应的总结和研究，本标准相关规定已在国内三亚、嘉兴、成都、黄石等多地有轨电车运营线上得到实践与运用。结合有轨电车工程的特点，吸收有轨电车工程建设成功经验，以此为基础制定本标准。

如装配式轨道采用钢轨下弹性阻尼材料连续支承时，将钢轨嵌入到道床凹槽中，采用弹性垫板连续支撑、高分子浇注料锁固钢轨的一种无扣件轨道结构，该系统由于取消了扣件系统，从而使钢轨受力和变形更加均匀；同时钢轨采用高弹材料包裹钢轨，轨道整体绝缘性高，具有一定的减振降噪性能。系统主要通过规定竖向、横向、纵向和抗拔刚度来实现整体结构的刚度约束和协调变形，其刚度的制定尤为关键。目前国内广州、贵阳、苏州等地铁、成都新津线、云南红河、三亚、成都蓉 2 号线等地有轨电车进行了应用。

此外，四川省在工程实践的基础上，编制了省工程建设地方标准《四川省嵌入式连续支承无砟轨道工程技术规程》（DBJ51/T 072—2017），基于此，本标准又根据装配式结构的特点，在相关项目的经验基础上完成了标准制定。

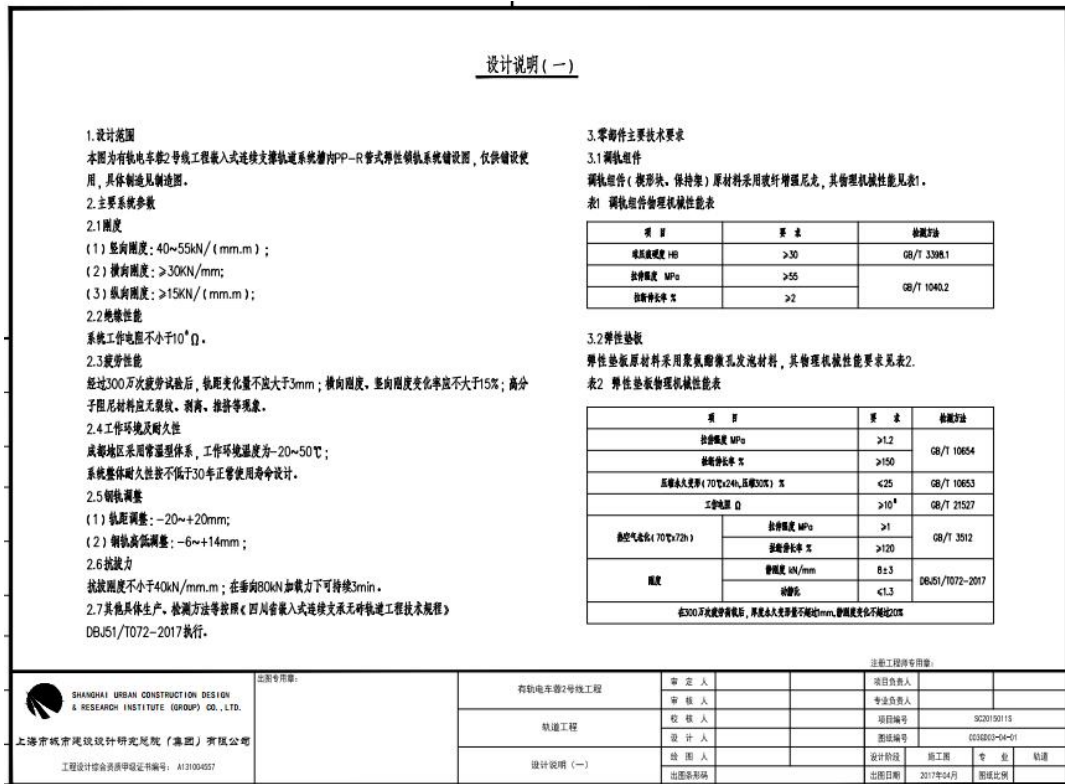


图 1 某运营项目设计图纸

3.2.1 嵌入式轨道系统刚度应结合车辆轴重、线路下部基础类型、减振降噪等要求进行设计, 嵌入式轨道系统刚度应符合表 3.2.1 的规定, 测试方法应分别符合本规程附录 A、附录 B、附录 C 的规定。

表 3.2.1 嵌入式轨道系统刚度

项 目	单 位	要 求		
竖向刚度 ^①	kN/mm	有轨电车	一般	60 ~ 100
			特殊	30 ~ 60
		地铁	一般	70 ~ 110
			特殊	40 ~ 70
横向刚度 ^①	kN/mm	有轨电车		≥ 30
		地铁		≥ 35
纵向刚度 ^② (除桥梁段外)	(kN/mm)/m	≥ 15		
抗拔力 ^③	kN	≥ 40		

注: ① 竖向刚度和横向刚度是指钢轨加载点处力和位移之比;

② 桥梁段嵌入式轨道的纵向刚度应根据无缝线路和桥梁结构进行梁轨纵向作用力检算后确定;

③ 抗拔力为钢轨相对竖向位移为 1 mm 时的力。

图 2 地标相关规定

如装配式一体化轨道路基结构的长度、厚度、构件等的规定, 通过理论仿真模型在完成相应理论研究及检算的基础上, 已运用于嘉兴有轨电车 T1 线示范段。

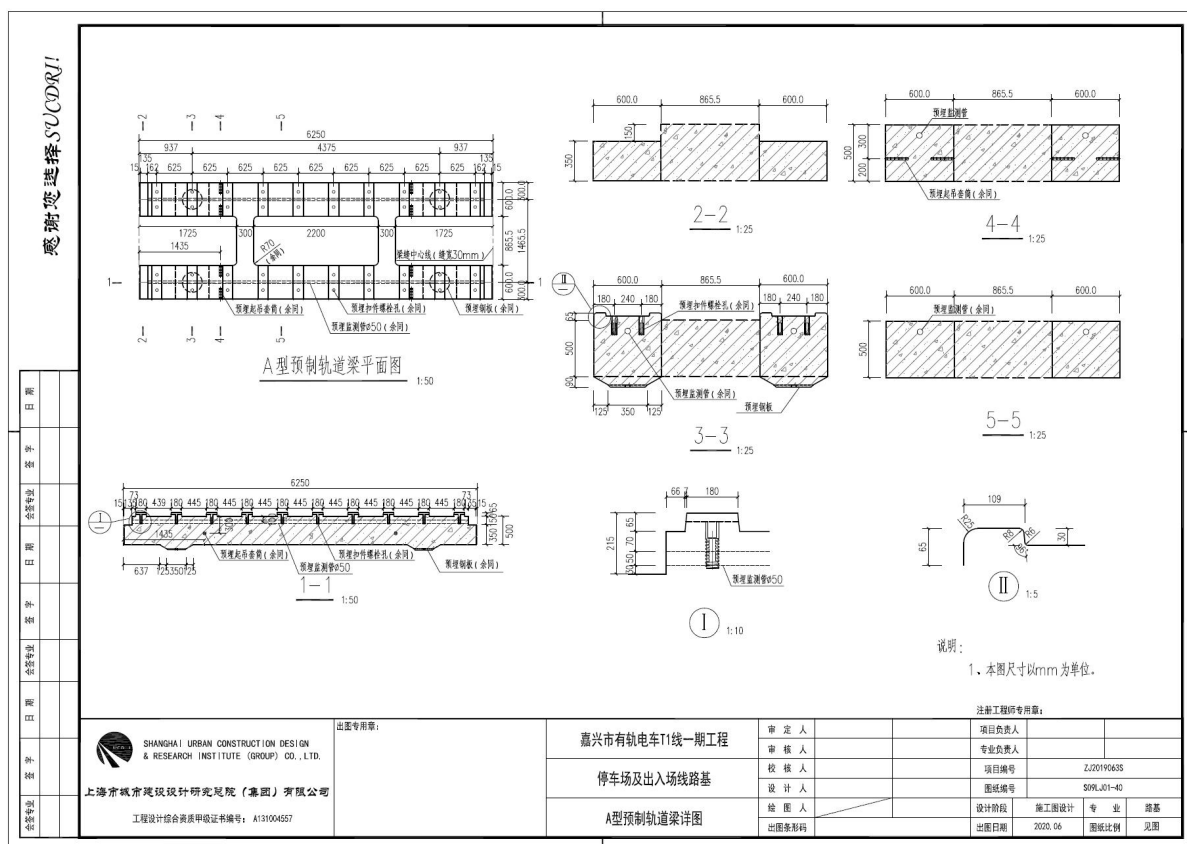
有轨电车轨道与路基结构全装配式 技术研究及应用

上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司
上海城建市政工程(集团)有限公司
上海交通大学
浙江兆弟控股有限公司

2021年9月

第1章 引言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究现状	2
1.2.1 预制装配轨道结构研究现状	3
1.2.2 预制装配式轨道结构力学性能研究现状	6
1.2.3 预制装配式连接节点研究现状	7
1.3 研究目的与内容	10
1.3.1 研究目的	10
1.3.2 研究内容	10
第2章 轨道与路基结构全装配式结构整体设计与构件研究	12
2.1 整体技术要求	12
2.2 整体设计方案	15
2.2.1 上部结构	15
2.2.2 基础结构	16
2.2.3 精度控制	18
2.2.4 连接方式	19
2.3 全装配式构件组成	21
2.3.1 预制轨道(梁)板	21
2.3.2 预制桥	37
第3章 轨道与路基结构全装配式新型连接节点试验研究	49
3.1 全装配式干法连接装置简介	49
3.1.1 螺锁式机械连接件	49
3.1.2 螺锁式机械连接件抗拉性能	51
3.1.3 拼接后节点力学性能研究	55
3.2 全装配式连接节点试验研究	79
3.2.1 试验目的	79
3.2.2 试验思路	80
3.2.3 试验方案	80
3.2.4 试验结果	85
3.2.5 试验总结分析	101
3.3 小结	102
第4章 轨道与路基结构全装配式连接节点数值研究	103
4.1 轨道与路基结构连接节点计算分析	103
4.1.1 荷载条件	103

图3 研究报告封面



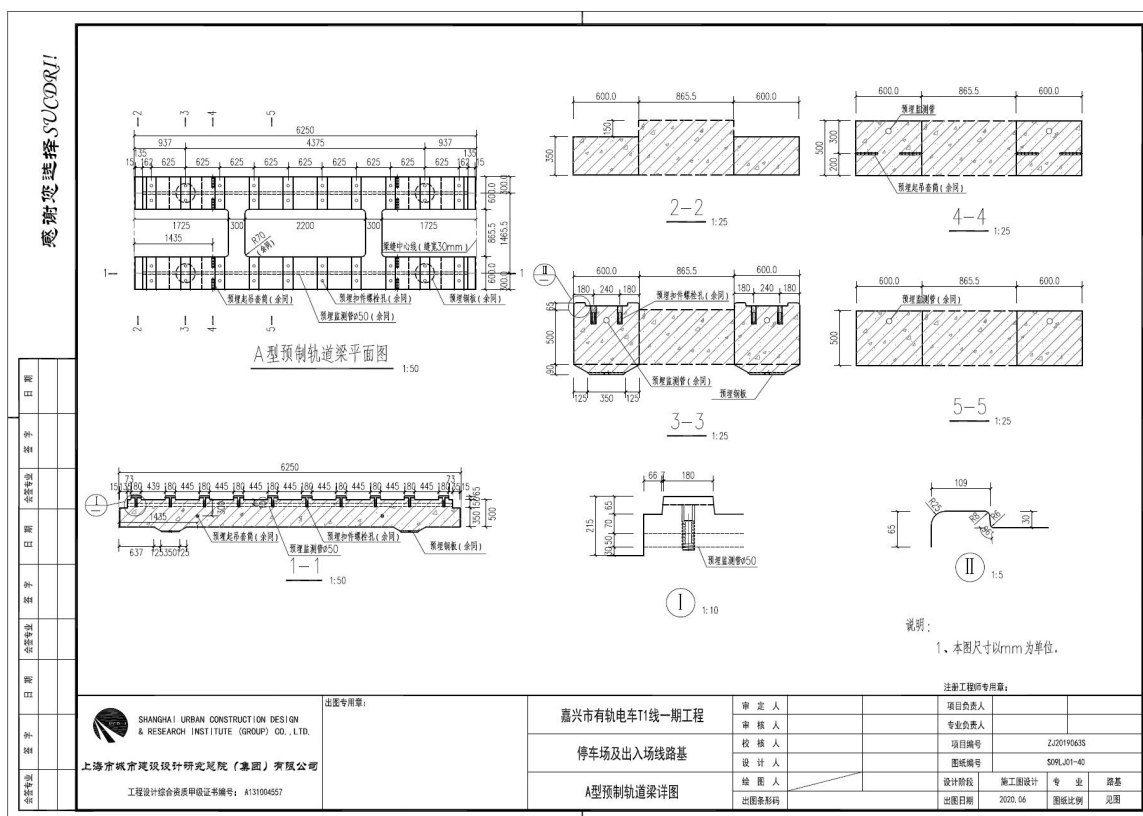


图 4 某运营项目设计图纸

6.2 综述报告

结合我国有轨电车工程装配式结构的建设实践经验，系统梳理有轨电车工程装配式结构的主要技术特征、施工要点、检测等技术指标，科学编制有轨电车工程装配式结构的设计要求，规范有轨电车的设计与施工，制定本标准。

本标准适用于抗震设防烈度不大于 8 度地区、钢轮钢轨制式、最高运行速度不超过 70km/h 的新建有轨电车工程装配式结构的设计。改建、扩建的有轨电车工程可参照执行。

6.3 技术经济论证

本标准规定了有轨电车工程装配式结构的术语和定义、总体要求、材料与作用组合、轨道与路基、车辆基地、检测等设计重点内容，使得有轨电车工程的设计、施工都有据可依。

轨道与基结构是承载列车，保障列车安全、舒适运行的核心基础设施。车辆基地是有轨电车存放、检修的重要场所。这些土建结构的建造技术受结构型式、施工工艺、施工装备、建设工期等方面的制约，鉴于此，将装配式建造理念融入有轨电车结构设

计、制造及施工中，形成了新一代的结构技术体系，提升了施工自动化、智能化程度，具有施工工序简单、施工速度快、施工精度高、轨道平顺性好、劳动强度低、用工数量少等诸多优点。

6.4 预期的经济效果

装配式结构在设计、施工、装备、养护等方面均比传统型结构有优势，随着有轨电车预制装配化的快速发展，对推动我国产业升级有着重要的国家战略意义，本标准的制定，使有轨电车装配式结构在实施过程中更加有序规范化，力求实现有轨电车的建设有序、协调、经济适中。

7 采用国际标准的程度及水平的简要说明

无。

8 重大分歧意见的处理经过和依据

无

9 贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布后可由中国城市轨道交通协会组织各地有轨电车公司、设计院及相关建设单位对标准进行培训、宣贯和答疑，使相关方充分掌握标准的各项内容。

10 其他应予说明的事项，如涉及专利的处理等

华东建筑设计研究院有限公司、国家建筑工程技术研究中心在装配式结构的标准、设计上具有深厚的技术储备，在行业内处于领先水平。成都市新筑路桥机械股份有限公司在装配式轨道上具有先进的技术水平和丰富的项目经验。故在初稿编制过程中，邀请了华东建筑设计研究院有限公司、国家建筑工程技术研究中心、成都市新筑路桥机械股份有限公司加入编制工作，以扩大本标准普适性、提升编制水平，在第一次工作会议上通过了增加参编单位的提议。

本标准立项名称为《有轨电车工程装配式结构设计规范》，由于标准内容不涉及证实方法，根据 GB/T 1.1—2020 关于标准名称的要求，经起草组讨论一致同意将标准名称改为《有轨电车 工程装配式结构 设计要求》，英文名称相应调整为：Tramway—Engineering prefabricated structure—Design requirements。