

宁马市域（郊）铁路系统制式方案研究

罗金泉

中铁第四勘察设计院集团有限公司线路站场设计研究院

摘要：系统制式方案研究在市域（郊）铁路项目前期研究起到举足轻重的关键作用，它直接影响到工程的投资、进度和质量，本文基于宁马一体化发展背景以及南京至马鞍山市域（郊）铁路（以下简称“宁马市域（郊）铁路”）项目特点基础上，充分考虑时间目标、资源共享、工程投资等因素，对宁马市域（郊）铁路提出了合理的系统制式方案。

关键词：南京；马鞍山；宁马市域（郊）铁路工程；系统制式

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.06.057

一、前言

市域（郊）铁路项目系统制式方案研究是指从技术层面上出发，将工程建设、技术装备及运营管理视作一项完整的系统工程运作，全面加以研究协调。它直接影响到工程的投资、进度和质量，在项目前期研究起到举足轻重的关键作用。

本文基于宁马一体化发展的项目背景以及宁马市域（郊）铁路项目工程特点基础上，充分考虑时间目标、与南京线网的良好衔接及资源共享、工程投资等因素对本项目系统制式方案进行研究。

二、时间目标值的选择

（一）相关规划要求

《江苏省沿江城市群城际轨道交通网规划》《长三角地区多层次轨道交通体系规划》提出“完善南京都市圈辐射通道，构建都市圈“0.5-1小时城市通勤圈”的发展目标要求，建议本线全程旅行时间控制在45分钟左右，中心城区之间的旅行时间控制在30分钟左右。”

（二）本线时间目标值的确定

本线沿线客流出行方式以沪宁城际和高速公路为主，现状不同交通方式出行旅行时间如下表所示。

表1 现状不同交通方式出行时间表

起讫点	项目	现状高速大巴出行	现状宁安高铁+地铁
马鞍山-南京中心城区	出行距离(km)	50	49
	出行时间(min)	90	60
当涂-南京中心城区	出行距离(km)	67	64
	出行时间(min)	110	70

由上表可见，为增强宁马城际竞争力，乘坐宁马城际时间应小于公路大巴及宁安高铁+地铁时间，故推荐本线时间目标值要求如下：

马鞍山中心城区-南京中心城区（湖北路站-中华门站）时间目标值30分钟左右；

当涂县-南京中心城区（当涂南站-中华门站）时间目标值45分钟左右。

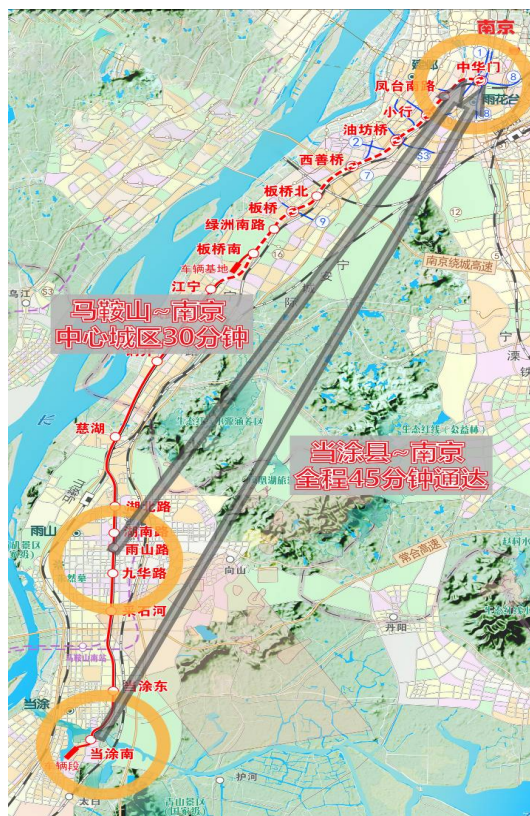


图1 宁马市域（郊）铁路时间目标值示意图

三、速度目标值的选择

本项目中华门站至当涂南站运营距离约为64km，全线设20座车站，平均站间距约为3.4km。根据本线特点和目标要求，本次研究主要比选了100km/h、120km/h、140km/h三个速度目标值方案。

（一）时间目标适应性

根据全线平纵断面资料，通过模拟列车牵引计算，不同速度目标值方案不同区段的旅行时间如下。

表2 不同速度目标值旅行时间比较表

项目	速度目标值方案 (km/h)					
	100km/h	120km/h	140km/h	100km/h	120km/h	140km/h
运行区段	当涂南站-中华门站 (全程)			湖北路站-中华门站 (中心城区间)		
旅行距离(km)	64.3			44.2		
站站停旅行时间(min)	58.9	56.1	54.0	40.8	39.1	37.6
大站快车旅行时间(min)	47.6	44.4	41.6	33.3	31.3	29.3
站站停车速(km/h)	65.5	68.7	71.4	65.4	68.4	71.0
大站快车速(km/h)	81.0	86.8	92.8	80.2	85.4	91.1
时间目标值(min)	45分钟左右			30分钟左右		

由上表可见，大站快车120及140km/h方案能更好地满足马鞍山中心城区-南京中心城区30分钟左右、全程45分钟左右的时间目标要求。

(二) 不同列车运行速度的效能分析

1. 站站停列车效能分析

100km/h、120km/h、140km/h三种速度等级列车在本线平均站间距离3.4km内的站站停运行速度曲线比较见下图。

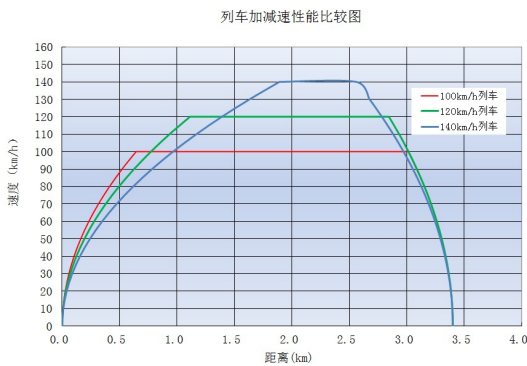


图2 列车运行速度曲线比较图

由上图可以看出，100km/h、120km/h、140km/h列车以目标速度运行距离分别约占区间总长的70%、51%、20%。因此，在本线的车站分布下，就列车运行效率而言，100km/h、120km/h速度目标值方案的效率相对较高。

2. 列车达速分析

根据全线线路平纵断面资料，全线区间不同速度目标值列车达速运行距离、列车达速运行区间如下表所示。

表3 不同速度目标值列车达速运行距离表（站站停）

区段	全长 (km)	达速运行距离 (km)			达速运行距离比例		
		100km/h	120km/h	140km/h	100km/h	120km/h	140km/h
全线 (中华门~当涂南)	64.3	40.2	27.5	20.7	63%	43%	32%

表4 不同速度目标值列车达速运行区间表（站站停）

区段	区间数 (个)	达速区间个数 (个)			达速区间比例		
		100km/h	120km/h	140km/h	100km/h	120km/h	140km/h
全线 (中华门~当涂南)	19	15	14	11	79%	74%	58%

表5 不同速度目标值列车达速运行距离表（大站快车）

区段	全长 (km)	达速运行距离 (km)			达速运行距离比例		
		100km/h	120km/h	140km/h	100km/h	120km/h	140km/h
全线 (中华门~当涂南)	64.3	45.4	32.9	27.4	71%	51%	43%

表6 不同速度目标值列车达速运行区间表（大站快车）

区段	区间数量 (个)	达速区间个数 (个)			达速区间比例		
		100km/h	120km/h	140km/h	100km/h	120km/h	140km/h
全线 (中华门~当涂南)	19	18	11	8	95%	58%	42%

从以上诸表可以看出，100km/h、120km/h、140km/h三方案站站停列车达速运行距离占比分别为63%、43%、32%；

100km/h、120km/h、140km/h三方案站站停列车达速区间个数占比分别为79%、74%、58%；

100km/h、120km/h、140km/h三方案大站快车达速运行距离占比分别为71%、51%、43%；

100km/h、120km/h、140km/h三方案大站快车达速区间个数占比分别为95%、58%、42%。

(三) 不同速度目标值技术经济比较

不同速度目标值方案技术经济主要体现在土建工程（隧道、桥梁、车站）、牵引供电系统、车辆基地及车辆购置费、换算运营费等方面。

经计算，不同速度目标值方案技术经济比较如下表。

表7 综合技术经济比较表

项目		速度目标值方案 (km/h)			
		100	120	140	140
		直流 B型车	直流市域 B型车	直流市域 B型车	交流市域 D型车
土建工程投资	隧道	-2.46	-	6.69	27.94
	桥梁	-3.1	-	0.7	0.7
	车站建筑		-		2.9
	供电系统		-		-6.8
	车辆基地	0.1	-	-0.1	1.3
	小计	-5.46	-	7.29	26.04
车辆购置费 (远期)		-0.17	-	4.15	6.34
运营维护费用折现值 (25年)		-1.81	-	1.83	-1.45
合计		-7.44	-	13.27	30.94

从上表可以看出，综合经济费用指标随速度目标值的提高而提高，120km/h方案相对于100km/h方案仅增加7.44亿元，增幅不大；140km/h直流方案相对于120km/h直流方案增加13.27亿元；140km/h交流方案相对于120km/h直流方案增加30.94亿元。

(四) 速度目标值推荐方案

综上所述，120km/h速度目标值方案能够满足本线时间目标值要求，投资较省，能充分发挥车辆的高速性能，运行效率高。因此，本线速度目标值宜采用120km/h。

四、车辆选型

(一) 车辆选型模式

1. 直流市域模式

我国城市轨道交通车辆主要采用A型车和B型车，城市轨道交通车辆一般适用于最高运行速度在80~120km/h范围的城轨线路，一般采用直流供电制式。

2. 交流市域模式

适应本线客流特征需求的交流市域模式车辆可采用交流市域D型车、城际CRH6型动车组。

表 11 市域、城际快轨车辆主要技术规格

名称		市域 A 型		市域 B 型		市域 D 型	CRH6F
供电制式		AC25kV	DC1500V	AC25kV	DC1500V	AC25kV	AC25kV
车体基本长度 (mm)	无司机室车辆	22000		19000		22000	24500
	无司机室车辆 (含车钩)	22800		19520		22800	25000
	单司机室车辆	23600		19000+Δ		23600	25450
	单司机室车辆 (含车钩)	24400		20900		24400	25700
供电制式		AC25kV	DC1500V	AC25kV	DC1500V	AC25kV	AC25kV
车体基本宽度 (mm)		3000		2800		3300	3300
车辆落弓高度 (mm)		≤ 4400	3810 ~ 3850	≤ 4400	3810 ~ 3850	4640	3860
车内净高 (mm)		≥ 2100					
地板面高 (mm)		1130		1100		1260 ~ 1280	1250
固定轴距 (mm)		2500		2200/2300		2500	2500
车辆定距 (mm)		15700		12600		15700	17500
每侧车门数 (对)		2 ~ 5		2 ~ 4		2 ~ 4	2 ~ 3
车门宽度 (mm)		≥ 1300					
车轮直径 (mm)		840 或 860		840		860 或 840	860
轴重 (t)		≤ 17		≤ 15		≤ 17	≤ 17
最高运行速度 (km/h)		120 ~ 160	120 ~ 140	120 ~ 140		120 ~ 160	160
造价 (万/辆)		900 ~ 1200		800 ~ 950		950 ~ 1250	1500

(二) 影响车辆选型的主要因素

影响车辆选型的主要因素有线网衔接方式、速度目标值、车辆能耗等。下面分别予以分析：

1. 线网衔接方式

线网衔接方式往往会成为确定市域（郊）铁路系统制式的决定因素。若市域（郊）铁路需与相邻轨道交通的列车相互跨线直通运行时，则需采用同一制式。若在衔接站通过旅客换乘衔接，则两种制式均可采用，要结合其他重要因素分析后确定。

本项目拟在终点中华门站与规划南京地铁8号线贯通运营，南京地铁8号线拟采用直流制式。因此，为本项目与南京地铁线网有效实现车辆检修资源共享，本项目宜考虑与南京地铁线网采用统一平台车辆，两线主要技术参数应一致，故采用直流供电制式车辆更有利于实现网络资源共享。

2. 速度目标值

从车辆最佳功率配置、弓网受流质量和实际工程应用情况分析，速度目标值低于120km/h时，线路长度较短（50km以下），交、直流供电制式均可选用；速度目标值介于120~140km/h时，线路长度在50~100km左右，交、直流供电制式均可选用，若采用直流供电制式，车辆功率配备及性价比、研制成本开始受控，牵引供电系统配套非受控，但相比交流供电，技术经济已无优势；速度目标值介于140km/h~160km/h时，线路长度在50~100km左右，直流制式车辆已不经济，研制成本增加，国内外已无运营业绩，同时为之配套的直流牵引供电系统也很不经济，一般采用交流牵引供电制式。

为了与本线功能定位相吻合，适应城际客流特点的需求，满足时间目标值要求，本线推荐速度目标值为120km/h，交、直流供电制式均可选用。

3. 车辆能耗分析

从车辆运行能耗方面分析，对于同等运行性能的车辆，由于交流供电车辆相比直流供电车辆需增加车载变压器和四象限变流器，交流供电车辆轴重较大，在牵引和制动过程中能耗比直流车辆略高。

(三) 车辆选型结论

从技术层面考虑，对于本线120km/h的速度目标值，从资源共享角度分析，本线采用直流市域B型车，更利于与南京地铁线网更有效实现资源共享，故推荐直流市域B型车。

五、结语

综上分析，120km/h直流市域B型车方案相比于140km/h交流市域D型车方案投资节省30.94亿元，且更利于与南京地铁线网实现资源共享，故本线系统制式推荐采用120km/h直流市域B型车方案。本文基于宁马一体化发展背景以及项目特点基础上，充分考虑时间目标、资源共享、工程投资等因素，对宁马市域（郊）铁路提出了合理的系统制式方案，为同类项目系统制式方案研究具有一定参考价值。

参考文献

[1] 刘传朋；方文珊；黄一听.《市域（郊）铁路设计规范》主要技术标准研究[J]. 铁路工程技术与经济, 2021, 36(05): 4.
 [2] 孙海富.《市域铁路设计规范》主要技术标准[J]. 铁道工程学报, 2018, 35(10): 6.
 [3] 刘智平；王松林. 市域（郊）铁路功能定位与系统制式选择分析[J]. 铁道通信信号, 2020, 56(09): 6.
 [4] TB 10624-2020 市域（郊）铁路设计规范[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2020.
 [5] CJJ/T314-2022 市域快速轨道交通设计标准[S]. 北京: 中国建筑出版传媒有限公司, 2022.