

文章编号: 1005-0523(2021)05-0090-11



铁路枢纽内动车组运维检修规模测算分析研究

谢红太^{1,2}, 王伟², 武振锋¹

(1. 兰州交通大学机电工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 华设设计集团股份有限公司铁道规划设计研究院, 江苏 南京 210014)

摘要: 鉴于在新建高速铁路枢纽内动车组配属、承担动车段(所)动车组检修工作量及检修设施规模测算结果中表现出不统一、不协调及不匹配等问题, 提出以列车运行图、全周转时间及日车公里法为指标的3种枢纽内动车组配属规模测算方法, 重点研究以动车组日车公里及全周转时间为主要指标, 测算枢纽内动车组配属规模, 同时给出承担动车段(所)动车组检修工作量及检修设施规模测算方法。研究结果表明采用动车组日车公里指标测算结果裕量较大, 需结合枢纽内铁路主要技术标准、客流及行车方案等合理调整枢纽内动车组平均日走行公里指标, 但该测算方法分析计算较为方便, 适合应用于远期铁路枢纽规划投资及动车组车辆投产规模控制等方面。采用动车组全周转时间指标测算结果较为科学合理, 能有效提高动车组使用率及运转率, 同时在运维检修方面可有效降低检修资源的浪费, 减少工程建设投资。

关键词: 动车段(所); 列车运行图; 全周转时间; 日车公里; 动车组配属

中图分类号: U266.2

文献标志码: A

本文引用格式: 谢红太, 王伟, 武振锋. 铁路枢纽内动车组运维检修规模测算分析研究[J]. 华东交通大学学报, 2021, 38(5): 90-100.

DOI: 10.16749/j.cnki.jecjtu.20211026.003

Analysis and Research on the Scale of Operation Maintenance and Repair of EMUs in Railway Hub

Xie Hongtai^{1,2}, Wang Wei², Wu Zhenfeng¹

(1. School of Mechatronic Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

2. Railway Planning and Design Institute, China Design Group Co., Ltd., Nanjing 210014, China)

Abstract: In view of the inconsistency and incompatibility in the calculation results of the EMU assignment, the undertaking of the EMU maintenance workload of the EMU depot(station), and the scale of the maintenance facilities in the newly built high-speed railway hub, this article proposes, Three methods for measuring the size of the EMUs in the hub using the full turnaround time and daily train-kilometer method as indicators. Focusing on the daily EMU-kilometres and full turnaround time as the main indicators to calculate the size of the EMUs in the hub, it explores the overhaul workload of the EMU depot(station) and the method for calculating the scale of overhaul facilities. The research results show that the calculation results using the daily train-kilometer index of EMUs have a large margin, and it is necessary to rationally adjust the average daily shape-kilometer indicators of the EMUs in the hub based on the main technical standards of the railway in the hub, passenger flow, and driving plan. However, the calculation method is more convenient and suitable for long-term railway hub planning investment and EMU vehicle production scale control. The calculation results using the full turnaround time

收稿日期: 2021-04-12

基金项目: 甘肃省青年科学基金项目(20jr10ra260); 兰州交通大学青年科学基金项目(2017011, 2019015); 华设设计集团股份有限公司科技项目(KY2021075)

index of EMUs are more scientific and reasonable, which can effectively improve the utilization rate and operation rate of EMUs. At the same time, it can effectively reduce the waste of maintenance resources and the investment in engineering construction in terms of operation and maintenance.

Key words: EMU (station); train operation diagram; full turnaround time; daily train kilometers of EMU; EMU allocation amount

Citation format: XIE H T, WANG W, WU Z F. Analysis and research on the scale of operation maintenance and repair of EMUs in railway hub[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2021, 38(5): 90-100.

随着经济社会的进一步发展和铁路运输服务品质的快速提升,动车组已逐渐取代传统客列车成为国内铁路客运任务的新一代主力产品,但在运用维护方面从国铁集团及国内七大动车组检修基地的统计数据显示,国内动车组标准不统一、车型种类较多、运转效率较低、运用动车组检备率较高、动车组检修能力紧张、检修资源不足、失修及过修问题突出^[1-4]。结合实际运输需求提高全路动车组一体化运转整备任务是目前亟待解决的问题之一。

高速动车组是高新技术密集型产品,必须利用系统工程理论对其可靠性和维修性进行研究,强调设计、制造、运用和维修中的信息反馈,建立统一的高速动车组技术标准,以指导我国高速动车组的维修工作。相比日本、德国及法国等发达国家,我国高速铁路发展起步较晚,尤其在高速动车组高级别运用检修方面更是经验严重不足,可参照经验数据较少,目前还没有统一的检修标准和运用维护体系^[5-7]。

国内在高速铁路动车段(所)新线设计中一般采用吸收国外成套先进经验并参照国内已有动车组基地设计的方式。

1 我国动车组检修制度及方式

参照日本、德国及法国等先进国家高速列车运维方面的成熟技术经验,高速列车检修制度以可靠性、运行安全性及舒适性为中心,实行计划修与状态修相结合,集中修与换件修相结合的检修制度。鉴于此,我国以国铁集团为主导在先进维修技术理论引导下,提出了以预防修为主的动车组五级修程系统,其中一、二级修属于日常运用维修,以维护保养为主;三、四、五级修为高级别修,以全面恢复动车组基本性能为主,对于国内主流车型(如 CRH1/2/3/5、CRH380A/B/C/D 及 CR400AF/BF)制定了相关检修规程和标准,国产动车组检修等级和检修周期见表 1^[8-9]。CR400AF/BF 平台中国标准化动车组于

表 1 国内动车组检修周期
Tab.1 Maintenance cycle of domestic EMUs

Overhaul level	Overhaul period				
	CRH1/CRH380D	CRH2/CRH380A	CRH3/CRH380B	CRH5/CRH380C	CR400AF/BF
One-level mileage	≤(4 000+400) km	≤(4 000+400) km	≤(4 000+400) km	≤(5 000+500) km	≤(4 000+400) km
Overhaul duration	48 h	48 h	48 h	48 h	48 h
Two-level mileage	-	30 000 km	20 000 km	60 000 km	20 000 km
Overhaul duration	15 d	30 d	-	-	-
Three-level mileage	(120±10)×10 ⁴ km	60 ₋₃ ⁺² ×10 ⁴ km	(120±12)×10 ⁴ km	(120±12)×10 ⁴ km	The third-level repair is temporarily based on (120±10)×10 ⁴ km of operation or 3 years of operation, whichever comes first. According to the guidance of China Railway Group, the upper limit of the advanced repair and maintenance mileage cycle will be gradually extended to 1.65 million km in stages.
Overhaul duration	3 a	1.5 a	3 a	3 a	
Four-level mileage	(240±10)×10 ⁴ km	120 ₋₁₀ ⁺⁵ ×10 ⁴ km	(240±12)×10 ⁴ km	(240±12)×10 ⁴ km	The third-level repair is temporarily based on (120±10)×10 ⁴ km of operation or 3 years of operation, whichever comes first. According to the guidance of China Railway Group, the upper limit of the advanced repair and maintenance mileage cycle will be gradually extended to 1.65 million km in stages.
Overhaul duration	6 a	3 a	6 a	6 a	
Five-level mileage	(480±10)×10 ⁴ km	(240±10)×10 ⁴ km	(480±12)×10 ⁴ km	(480±12)×10 ⁴ km	The third-level repair is temporarily based on (120±10)×10 ⁴ km of operation or 3 years of operation, whichever comes first. According to the guidance of China Railway Group, the upper limit of the advanced repair and maintenance mileage cycle will be gradually extended to 1.65 million km in stages.
Overhaul duration	12 a	6 a	12 a	12 a	

2019年投入商业运营,截止目前还不足动车组高级修检修周期,根据国铁集团2020年2月发布的《CR400AF/BF平台动车组三级检修规程TG/CL156-2020》中规定了CR400AF/BF平台动车组三级修周期暂以运行(120±10)万km或运行3年以先到为准,同时根据指导意见,高级修检修里程周期

上限将分阶段逐步延长至165万km^[10-11]。

动车组各修程检修停时及检修内容见表2,其中动车组检修次数是以一个五级修定检公里为计算循环周期。动车组三、四级及五级修分别为重要部件分解检修、系统全面分解检修及整车全面分解检修^[12-13]。

表2 动车组各修程检修停时及检修内容

Tab.2 Maintenance stop time and maintenance content of each maintenance program of EMU

Overhaul level	Overhaul content
One-level overhaul	Routine inspection: replace, adjust and supplement consumable parts, check the status and performance of each part, especially the installation of suspension parts under the car.
Two-level overhaul	Key inspections: carry out EMU performance tests and safety inspections in accordance with regulations, focusing on inspections of wheelset treads and axles.
Three-level overhaul	Decomposition and maintenance of important components: decomposition and maintenance of the bogie and its main components.
Four-level overhaul	Comprehensive system decomposition and maintenance: decomposition and maintenance of each main system, and paint the car body if necessary.
Five-level overhaul	Comprehensive decomposition and maintenance of the entire vehicle: decomposition and maintenance of the entire vehicle, renewal of parts and components, and paint the vehicle body.

2 枢纽内动车组配属及检修规模测算

2.1 枢纽内动车组配属规模测算

动车组作为国内旅客运输的主要载运工具,枢纽内动车组配属数量直接关系到能否满足铁路运输需求及运维实施的配套规模。现阶段铁路开通运营后承担动车段(所)配属动车组数量主要根据实际列车运行图来准确计数确定,但在枢纽内铁路规划及铁路设计时期动车组配属规模测算时,往往面临列车运行图绘制复杂、困难及预测准确性差等种种问题;因此结合目前各铁路设计单位在动车组配属规模测算方面的设计经验及传统理论计算方法,总结提出了基于动车组日车公里数及全周转时间的两种承担动车段(所)动车组配属数量测算方法^[14-16]。

2.1.1 列车运行图测算法

根据枢纽内客流情况、列流组织及动车组运用计划编制原则,所有动车组在站K的最短接续停留时间为^[17]

$$\min Z^k = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^T (\sigma_{ij}^k \times X_{ij}) \quad (1)$$

最优周转时枢纽内所需动车组数量为

$$d_s = \frac{\left(\sum_{l=1}^N (t_{ld} - t_{ls}) + \sum_{K=1}^M Z^K \right)}{1\ 440} \quad (2)$$

式中: N 为区域枢纽内铁路总运行线路数; M 为区域枢纽内铁路总车站数; t_{ls} 为动车组始发时间; t_{ld} 为动车组终到时间;1 440为动车组日运转时间,min; Z^K 为动车组在站停留时间,min。

2.1.2 全周转时间测算法

根据动车组全周转时间分析计算,动车组枢纽内配属动车组数量包括运用动车组数量、检修动车组数量及备用动车组数量之和,表示为

$$N_{\text{配属}} = N_{\text{运用}} + N_{\text{检修}} + N_{\text{备用}} \quad (3)$$

式中: $N_{\text{配属}}$ 为动车组检修基地配属动车组数量,列; $N_{\text{运用}}$ 为运用动车组数量,列; $N_{\text{检修}}$ 为动车组二、三、四级及五级修在检动车组数量和,列; $N_{\text{备用}}$ 为备用动车组数量,列。

1) 运用动车组列数 $N_{\text{运用}}$ 。根据动车组运行全周转时间计算枢纽内运用动车组数量,动车组日运行时间按18h取值,则枢纽内运用动车组数量可表示为

$$N_{\text{运用}} = \frac{T_{\text{总}}}{18} \quad (4)$$

$$T_{总}=T_2+(T_1+T_3) \times (1+\alpha) \quad (5)$$

$$T_2 = \frac{\sum_{j=1}^n [(C_j / D_{-级} - C_j / D_{二级}) \times T_{-级} + C_j / D_{二级} \times T_{二级}]}{3} \quad (6)$$

式(4)~式(6)中: $T_{总}$ 为枢纽内运用动车组全周转时间和,h;18为动车组日运行时间,h; T_1 为枢纽内全部开行动车组日旅行时间之和,h; T_2 为动车组一、二级检修作业时间和,h; T_3 为动车组在站停留时间,h; α 为动车组运行图备用系数,取值0.1; $D_{-级}$, $D_{二级}$ 为动车组一、二级修定检公里数,km; $T_{-级}$, $T_{二级}$ 为动车组一、二级修检修停时,h; C_j 为对应交路内动车组日走形公里数,km; j 为动车组交路编号。

对于动车组在站停留时间 T_3 ,结合铁路客运专线及提速线路设计工作经验,根据动车组运用交路长度 L_j 的范围,给出如下参考取值^[18]

$$T_3(L_j) = \begin{cases} 0.5 \text{ h} & (L_j < 500 \text{ km}) \\ 1.0 \text{ h} & (500 \text{ km} \leq L_j \leq 1\,000 \text{ km}) \\ 1.5 \text{ h} & (L_j > 1\,000 \text{ km}) \end{cases} \quad (7)$$

2) 检修动车组列数 $N_{检修}$ 。考虑到现阶段铁路部门进行日常一、二级检修采用分时作业,其中一级修主要集中在夜间(21:00-8:00)时间段进行作业,二级修主要集中在白天进行作业,结合目前《铁路动车组设备设计规范 TB 10028-2016》及动车组检修规程,一、二级修检修停时较短,检修动车组列数主要包括三、四级及五级修在修动车组数量和,即

$$N_{检修} = N_{三级} + N_{四级} + N_{五级} = \sum_{j=1}^n \frac{\beta \times (R_{三级} + R_{四级} + R_{五级})}{250} \times \frac{S_j}{D_{五级}} \quad (8)$$

式中: β 为动车组检修不平衡系数(或称为波动系数); S_j 为枢纽内对应交路动车组年走形公里数,

km; $D_{五级}$ 为动车组五级修定检公里数,km;250为动车组大修(三、四、五级修)年检修工作天数,d; $R_{三级}$ 、 $R_{四级}$ 、 $R_{五级}$ 为动车组三、四级及五级修程检修停时系数。

式(8)中对于动车组检修不平衡系数 β 的取值一般根据不同修程检修波动情况,可参考取值范围为 $1.0 \leq \beta \leq 1.4$ ^[19],一、二级修时取 $\beta=1.2$,三、四级修时取 $\beta=1.1$,五级修时取 $\beta=1.0$ 。

动车组一级修检修列数 $N_{-级}$ 及二级修检修列数 $N_{二级}$ 可参照式(9)~式(10)进行计算:

$$N_{-级} = \sum_{j=1}^n \frac{\beta \times R_{-级}}{365} \times \frac{S_j}{D_{五级}} \quad (9)$$

$$N_{二级} = \sum_{j=1}^n \frac{\beta \times R_{二级}}{365} \times \frac{S_j}{D_{五级}} \quad (10)$$

式(8)~式(10)中,检修停时系数 R 为检修次数 k_i 与检修停时 t_i 的乘积,即

$$R = k_i t_i \quad (i=1, 2, \dots, 5) \quad (11)$$

检修次数 k_i 以一个五级修定检公里为计算循环周期,分别计算各检修等级检修次数 k_i 为

$$k_5 = 1 \quad (12)$$

$$k_4 = \frac{D_{五级}}{D_{四级}} - k_5 \quad (13)$$

$$k_3 = \frac{D_{五级}}{D_{三级}} - k_5 - k_4 \quad (14)$$

$$k_2 = \frac{D_{五级}}{D_{二级}} - k_5 - k_4 - k_3 \quad (15)$$

$$k_1 = \frac{D_{五级}}{D_{一级}} - k_5 - k_4 - k_3 - k_2 \quad (16)$$

结合表1国内动车组检修周期分别根据配属车型进行检修停时参数计算,本文计算参照CRH3及CR400AF/BF平台动车组定检公里指标进行测算,各检修等级检修停时参数见表3。

表 3 CRH3 及 CR400AF / BF 平台动车组各修程检修停时参数

Tab.3 CRH3 and CR400AF / BF platform EMU maintenance period corresponding to maintenance stop parameters

Overhaul level	Regular inspection kilometers/km	When maintenance stops	Overhaul times	Overhaul stop factor R
One-level overhaul	4 000	4.0 h	960	3 840 h
Two-level overhaul	2×10 ⁴	4.5 h	236	1 062 h
Three-level overhaul	120×10 ⁴	30 d	2	60 d
Four-level overhaul	240×10 ⁴	45 d	1	45 d
Five-level overhaul	480×10 ⁴	50 d	1	50 d

3) 备用动车组数量 $N_{\text{备用}}$ 。枢纽内备用动车组数量一般可按运用动车组数量乘备用率进行计算

$$N_{\text{备用}} = N_{\text{运用}} \times \zeta \quad (17)$$

式中: ζ 为动车组备用率(或称预留率), 新线设计中一般取 $\zeta = 0.06$ 。根据《铁路动车组设备设计规范 TB 10028—2016》结合目前国内铁路部门备用动车组配属情况及分布规模, 全路备用动车组数量很少, 备用率总体小于 0.06, 个别铁路局动车组备用率略高于 0.06。

2.1.3 日车公里测算法

一般在新建高速铁路设计中结合枢纽内客流及行车组织情况, 动车组平均日走行公里指标保守取值, 不考虑检修动车组数量。根据动车组日走行公里数计算新建铁路本线枢纽内新增配属动车组数量, 表示为运用动车组数量与备用动车组数量之和

$$N'_{\text{配属}} = N'_{\text{运用}} + N_{\text{备用}} \quad (18)$$

$$N'_{\text{运用}} = S_{\text{运用}} / C \quad (19)$$

式中: $N'_{\text{运用}}$ 为运用动车组数量; $S_{\text{运用}}$ 为本线枢纽内新增配属动车组日走行公里数, km; C 为本线枢纽内动车组平均日走行公里指标, km。

这种测算方法称为“日车公里法”, 其中最为重要的一个参数为新建线枢纽内动车组平均日走行公里指标 C 的确定, 直接关系到近远期动车组配属及检修运维设施的布局和规模, 需结合新建线枢纽内铁路技术标准、动车组乘务交路长度、配属动车组类型、设计及运维经验数据综合分析确定合适的平均日走行公里指标。

2.2 枢纽内动车段(所)检修规模测算

动车段(所)动车组检修工作量主要包括动车组存车任务、日常维修及高级修 3 部分, 其中配属动车组存车任务主要设施包括动车组存车股道及配套洗车检测监测设备等, 动车组日常维修及高级修任务分别由对应一级至五级修程动车组检修库及配套设备设施承担。动车段(所)检修规模测算需结合枢纽内动车组运输组织方案及动车组检修定检标准计算检修工作量, 从而科学合理地确定动车组存车场、日常维修和高级修检修厂房布置及配套设备设施。

根据国内动车组各修程定检公里及枢纽内对应交路动车组日走行公里数, 动车组一级至五级对应修程年检修工作量可表示为

$$H_{\text{五级}} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{D_{\text{五级}}} \quad (20)$$

$$H_{\text{四级}} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{D_{\text{四级}}} - H_{\text{五级}} \quad (21)$$

$$H_{\text{三级}} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{D_{\text{三级}}} - H_{\text{五级}} - H_{\text{四级}} \quad (22)$$

$$H_{\text{二级}} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{D_{\text{二级}}} - H_{\text{五级}} - H_{\text{四级}} - H_{\text{三级}} \quad (23)$$

$$H_{\text{一级}} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{D_{\text{一级}}} - H_{\text{五级}} - H_{\text{四级}} - H_{\text{三级}} - H_{\text{二级}} \quad (24)$$

式(20)~式(24)中: $H_{\text{一级}}, H_{\text{二级}}, H_{\text{三级}}, H_{\text{四级}}, H_{\text{五级}}$ 分别为动车组对应各修程年检修工作量; $D_{\text{一级}}, D_{\text{二级}}, D_{\text{三级}}, D_{\text{四级}}, D_{\text{五级}}$ 分别为动车组对应各修程定检公里数, km; C_j 为枢纽内对应交路动车组日走行公里数, km。

2.2.1 动车组检修库线数测算

枢纽内动车段(所)动车组检修库线数分别为一、二、三、四级及五级修对应检修库线数和

$$n_j = \sum_{i=1}^5 n_{ji} \quad (i=1, 2, \dots, 5) \quad (25)$$

式中: n_j 为枢纽内动车段(所)动车组检查库线数和; $n_{ji} (i=1, 2, \dots, 5)$ 分别为一、二、三、四级及五级修对应检查库线数。

其中

$$n_{j1} = \sum_{j=1}^n \frac{R_{\text{一级}}}{\alpha \times 365 \times 12} \times \frac{S_j}{D_{\text{五级}}} \quad (26)$$

$$n_{j2} = \sum_{j=1}^n \frac{R_{\text{二级}}}{\alpha \times 365 \times 12} \times \frac{S_j}{D_{\text{五级}}} \quad (27)$$

$$n_{j3} = \sum_{j=1}^n \frac{\beta \times R_{\text{三级}}}{\alpha \times 250} \times \frac{S_j}{D_{\text{五级}}} \quad (28)$$

$$n_{j4} = \sum_{j=1}^n \frac{\beta \times R_{\text{四级}}}{\alpha \times 250} \times \frac{S_j}{D_{\text{五级}}} \quad (29)$$

$$n_{j5} = \sum_{j=1}^n \frac{\beta \times R_{\text{五级}}}{\alpha \times 250} \times \frac{S_j}{D_{\text{五级}}} \quad (30)$$

式中: β 为动车组检修不平衡系数, 取值参考式(8); S_j 为枢纽内对应交路动车组年走行公里数, km; $D_{\text{五级}}$ 为动车组五级修定检公里数, km; 365 为动车组日常修(一、二级修)年检修工作天数, d; 250 为动车组大修(三、四、五级修)年检修工作天数, d; $R_{\text{三级}}, R_{\text{四级}}, R_{\text{五级}}$ 为动车组三、四级及五级修修程

检修停时系数,取值参照表 3; α 为动车组检修库线的设备利用率系数,经验取值 $\alpha=0.85$ 。

结合目前国内动车组日常检修现状,考虑到一、二级检修是采用分时作业,根据现行铁路部门检修修程结合式(23)及式(24)可知年检修工作量 $H_{\text{一级}} > H_{\text{二级}}$,取一级修检查库线数 n_{j1} 作为整个日常一、二级检修库列位数。

根据式(8)枢纽内检修动车组数量 $N_{\text{检修}}$ 在数值上为三、四级及五级检修库线数和

$$N_{\text{检修}} = N_{\text{三级}} + N_{\text{四级}} + N_{\text{五级}} = n_{j3} + n_{j4} + n_{j5} \quad (31)$$

另外,根据国铁集团《关于明确动车组运用检修设施及设备配置标准的通知》(铁总运 [2015])中对于动车段(所)动车组运用维护管理经验数据显示:10 列标准 8 辆短编组动车组,配置 1 条检查库线(满足 2 列标准 8 编组或 1 列 16 编组动车组停放)设施及配套检修设备,可用于动车段(所)一、二级修检查库线经验测算。

2.2.2 动车组存车线数测算

动车段(所)存车场一般有占地面积广、存车线族数量多及走形线长等特点,动车组存车线规模确定及布置形式直接关系着整个动车段(所)平面布局。存车线数 n_c 主要由枢纽内除去一级至五级修各修程检修动车组数之外的所有配属动车组数 $N_{\text{配属}}$ 决定,包括运用动车组数量 $N_{\text{运用}}$ 及备用动车组数量 $N_{\text{备用}}$ 。

$$n_c = N_{\text{运用}} + N_{\text{备用}} - n_{j1} - n_{j2} \quad (32)$$

取一级修检查库线数 n_{j1} 作为整个日常一、二级检修库列位数,同时考虑除去本枢纽内动车组是否存在外段(所)过夜的动车组数量 $N_{\text{外}}$ 及备用动车组 $N_{\text{备用}}$ 存车线数 $n_0 (n_0 = N_{\text{备用}})$,在设计中动车段(所)

存车线数 n_c 可修正为

$$n_c = N_{\text{运用}} + N_{\text{备用}} - n_{j1} - N_{\text{外}} + n_0 \quad (33)$$

3 南京枢纽新建南京北动车所动车组配属及检修规模测算

3.1 南京枢纽动车组检修现状及运输组织分析

新建南京至淮安城际铁路位于我国长三角区域江苏省和安徽省境内,线路自北向南由江苏省淮安市淮安东站引出,向南经安徽省天长市、南京市六合区及浦口区,引入新建的南京枢纽第三客站南京北站,线路全长约 220 km。宁淮城际铁路作为长三角城际铁路网的重要组成部分,北接连淮扬镇、徐宿淮盐铁路,南连宁杭、宁安、宁宣铁路^[20-21]。根据南京枢纽总图规划,南京枢纽基本形成南京、南京南、南京北“三大客站”格局,就目前来看南京铁路枢纽主要存在现客运系统布局不尽合理,既有客运站能力不能满足规划新线引入要求,枢纽过江通道能力不能适应研究年度线路引入及货运增长需求,同时随着近期动车组线路密度的逐渐增大,既有动车组运维设施不能满足近期南京枢纽动车组运用检修任务^[22-24]。随着近期宁淮城际铁路与沿江高铁设计实施,科学合理布局南京北站近、远期规划建设非常必要,同时南京北动车运用所作为附属工程建设对于铁路安全运输及动车组设施设备维修是不可避免的^[25]。

南京枢纽既有动车组设施包括南京动车运用所与南京南动车运用所,动车组配属情况、既有及规划动车组设备设施规模见表 4。结合南京枢纽运输组织模式、运营管理方式、枢纽内客货运输布局方

表 4 本线相邻线既有及规划动车组设备规模

Tab.4 Equipment scale of existing and planned EMUs on adjacent lines of this line

EMU(station)	Attached to EMU/group (of the end of 2020)	Existing and under construction scale		Long-term construction scale		Note
		Parking line (strip)	Check library line (strip)	Parking line (strip)	Check library line (strip)	
Nanjing EMU	53	14	4	14	4	Existing, it is mainly responsible for the inspection and storage of Shanghai-Nanjing intercity EMUs.Existing, it undertakes the inspection and storage tasks of Beijing-Shanghai high-speed railway, Shanghai-Chengdu passenger train, Nanjing-Hangzhou passenger train, and Ning'an intercity EMU
Nanjing(South) Railway Station	95	45	8	45	8	

式及存在的主要问题,分析宁淮城际铁路、沿江高速、近期动车组对数及径路见表5。
速铁路及相邻高速客运通道,规划布局南京枢纽内

表5 南京枢纽近、远期动车组对数及径路表
Tab.5 Long-term and short-term train pairs and route table of Nanjing railway hub

Serial number	Start	End	Main route	Number of train pairs		Mar-shalling
				Recent	Long-term	
1			He-Ning high speed rail		13	18
2	Nanjing	Wuhan	High-speed rail along the Yangtze River	2	3	D16
3	Nanjing	Hefei	High-speed rail along the Yangtze River	2	3	D16
4	Nanjing	Yichang	High-speed rail along the Yangtze River	2	3	D16
5	Nanjing	Changsha south	High-speed rail along the Yangtze River	2	2	D16
6	Nanjing	Chongqing	High-speed rail along the Yangtze River	2	3	D16
7	Nanjing	Chengdu	High-speed rail along the Yangtze River	2	3	D16
8	Nanjing	Xiangyang	High-speed rail along the Yangtze River	1	1	D16
9			He-Ning railway	21	24	
10	Nanjing	Hefei	He-Ning railway	13	14	D8
11	Nanjing	Wuhan	He-Ning railway, Hu-Rong rail	1	1	D16
12	Nanjing	Chongqing	He-Ning railway	1	1	D16
13	Nanjing	Chengdu	He-Ning railway	1	1	D16
14	Nanjing	Xi'an	He-Ning railway, Ningxi railway	2	2	D16
15			Ning'an intercity	38	46	
16	Nanjing	Wuhu	Ning'an Intercity	10	12	D8
17	Nanjing	Anqing	Ning'an Intercity	19	22	D8
18	Nanjing	Fuzhou	Ning'an Intercity, Hefu Railway	1	1	D16
19	Nanjing	Xiamen	Ning'an Intercity, Hefu Railway	1	1	D16
20	Nanjing	Dongguan	Ning'an Intercity, Hefu Railway	1	2	D16
21	Nanjing	Huangshan	Ning'an Intercity, Hefu Railway	4	5	D16
22	Nanjing	Nanchang	Ning'an Intercity, Chi-Jiu Railway	2	3	D16
23			Beijing-Shanghai High Speed Railway	12	16	
24	Nanjing	Beijing	Beijing-Shanghai High Speed Railway	6	9	D16
25	Nanjing	Jinan	Beijing-Shanghai High Speed Railway	2	3	D8
26	Nanjing	Xi'an	Beijing-Shanghai High Speed Railway, Xulan High Speed Rail	2	2	D16
27	Nanjing	Qingdao	Jiaoji Railway, Beijing-Shanghai High Speed Railway	2	2	D16
28			Ningchu Intercity	0	30	
29	Nanjing	Bengbu	Ningchu Intercity	0	20	D8
30	Nanjing	Suzhou	Ningchu Intercity	0	5	D8
31	Nanjing	HuaiBei	Ningchu Intercity	0	5	D8
32			Beijing-Shanghai High Speed Railway	15	16	
33	Nanjing	Shanghai	Beijing-Shanghai High Speed Railway	15	16	D16

续表 5

Serial number	Start	End	Main route	Number of train pairs		Mar-shalling
				Recent	Long-term	
34			Shanghai-Nanjing Intercity	81	84	
35	Nanjing	Shanghai	Shanghai-Nanjing Intercity	81	84	D8
36			Nanyanjiang Intercity	77	86	
37	Nanjing	Shanghai	Nanyanjiang Intercity	77	86	D8
38			Hangzhou direction	45	60	
39	Nanjing	Fuzhou	Nanjing-Hangzhou Intercity, Hangzhou-Ningbo Railway	3	4	D16
40	Nanjing	Xiamen	Nanjing-Hangzhou Intercity, Coastal railway passage	3	4	D16
41	Nanjing	Wenzhou	Nanjing-Hangzhou Intercity, Hangzhou-Ningbo Railway	4	6	D16
42	Nanjing	Hangzhou	Nanjing-Hangzhou Intercity	9	12	D16
43	Nanjing	Ningbo	Nanjing-Hangzhou Intercity, Hangzhou-Ningbo Railway	5	6	D16
44	Nanjing	Lishui	Nanjing-Hangzhou Intercity	3	4	D16
45	Nanjing	Quzhou	Nanjing-Hangzhou Intercity	4	5	D16
46	Nanjing	Changsha	Nanjing-Hangzhou Intercity	3	4	D16
47	Nanjing	Cangnan	Nanjing-Hangzhou Intercity	3	4	D16
48	Nanjing	Nanchang	Nanjing-Hangzhou Intercity	4	5	D16
49	Nanjing	Guiyang	Nanjing-Hangzhou Intercity	2	3	D16
50	Nanjing	Nanning	Nanjing-Hangzhou Intercity	2	3	D16
51			Yangzhou direction	35	42	
52	Nanjing	Shanghai	North Yanjiang High Speed Rail	15	17	D8
53	Nanjing	Nantong	North Yanjiang High Speed Rail	12	15	D8
54	Nanjing	Yangzhou	North Yanjiang High Speed Rail	8	10	D8
55			Huaian direction	37	48	
56	Nanjing	Huaian	Ninghuai Intercity Railway	8	10	D8
57	Nanjing	Lianyungang	Lianzhen Railway, Ninghuai Intercity Railway	6	7	D8
58	Nanjing	Suqian	Xuhuai Railway, Ninghuai Intercity Railway	6	7	D8
59	Nanjing	Yancheng	Xuhuai Railway, Ninghuai Intercity Railway	6	7	D8
60	Nanjing	Qingdao	Qinglian Railway, Lianzhen Railway, Ninghuai Intercity Railway	5	7	D16
61	Nanjing	sunshine	Qinglian Railway, Lianzhen Railway, Ninghuai Intercity Railway	2	3	D16
62	Nanjing	Yantai	Qinglian Railway, Lianzhen Railway, Ninghuai Intercity Railway	1	2	D16
63	Nanjing	Linyi	Linhuai Railway, Ninghuai Intercity Railway	1	1	D16
64	Nanjing	Zhengzhou	Zhengxu Railway, Xuyan Railway, Ninghuai Intercity Railway	1	2	D16
65	Nanjing	Xi'an	Zhengxi Railway, Zhengxu Railway, Xuyan Railway, Ninghuai Intercity Railway	1	2	D16
66			Xuancheng direction	30	35	
67	Nanjing	Xuancheng	Ninghuai Intercity Railway, Ningxuan Railway	8	10	D8
68	Nanjing	Huangshan	Ninghuai Intercity Railway, Ningxuan Railway	11	13	D8
69	Nanjing	Fuzhou	Ninghuai Intercity Railway, Ningxuan Railway	6	6	D16
70	Nanjing	Guangzhou	Ninghuai Intercity Railway, Ningxuan Railway	5	6	D16
71			To Maanshan (Ningma Intercity)	8	10	
72	Nanjing	Maanshan	Ninghuai Intercity Railway, Ningma Railway	5	6	D16
73	Nanjing	Chaohu	Ninghuai Intercity Railway, Ningma Railway	3	4	D16

3.2 南京北动车设计规模测算分析

根据南京枢纽近、远期动车组开行方案,分别采用全周转时间测算法、日车公里结合经验测算法

分析计算南京枢纽内近、远期运维检修需求,动车组检查列位、检修列位及存车列位等运维检修设施见表6。

表6 南京枢纽近、远期动车组检查、检修及存车列位数(以长编组计算)

Tab.6 The number of short-term and long-term EMU inspections, maintenance and storage of Nanjing Railway Hub (calculated by long-term trains)

Project	Number of EMUs at- tached	EMU inspection number of rows				Number of EMU storage lines		
		One and two- level overhaul number	Three-level overhaul number	Four-level overhaul number	Five-level overhaul number			
Full turna- round time measurement algorithm	Operation and maintenance re- quirements	Early	64.36	11.58	3.49	2.62	2.64	58.84
		Long-term	78.91	14.34	4.71	3.53	3.92	72.04
	Operation and maintenance gap	Early	-24.64	-0.42	3.49	2.62	2.64	-0.16
		Long-term	-10.09	2.34	4.71	3.53	3.92	13.04
Daily vehicle kilometers and empirical measurement algorithm	Operation and maintenance re- quirements	Early	78.25	15.65	-	-	-	78.25
		Long-term	96.87	19.37	-	-	-	96.87
	Operation and maintenance gap	Early	-10.75	3.65	-	-	-	19.25
		Long-term	7.87	7.37	-	-	-	37.87

结合动车组运维检修设施现状规模,既有南京枢纽内近、远期动车组检查及存车能力设施逐渐趋于饱和,远期动车组检查设施能力紧张,检修设施能力严重短缺,存车停车场地不足。同时考虑到南京枢纽既有现状存在的主要问题,在枢纽动车组配属及运维资源能力测算方面采用统筹考虑的方式,在实际“三大客站”配套运维检修设施布局中并不能实现理想资源共享,实际南京枢纽内局部检修资源缺口更大,新建动车组检查、检修设施的扩能需求更迫切。

根据全周转时间测算法及日车公里测算法两种方法计算分析可知,采用日车公里法测算时,当枢纽内动车组平均日走行公里指标取常见经验计算值 2 000 km,日车公里测算法在不考虑检修动车组数量前提下,计算的运用动车组数量及备用动车组数量比全周转时间测算法计算结果偏大约 41%,配属动车组数计算结果偏大约 20%,动车组存车线数及检查库线数计算结果偏大约 35%,计算枢纽内动车组配属、承担动车段(所)动车组检修工作量及

检修设施规模测算裕量较为充足。

4 结论

根据动车组日车公里及全周转时间测算法计算枢纽内动车组配属规模,基于此给出承担动车段(所)动车组检修工作量及检修设施规模测算方法,研究表明:

1) 采用日车公里测算法在新建高速铁路枢纽内动车组配属设计及承担动车段(所)动车组检修工作量及检修设施规模测算中,需结合枢纽内铁路主要技术标准、客流及行车方案等合理调整枢纽内动车组平均日走行公里指标。该测算方法分析计算较为方便,适合应用于远期铁路枢纽规划投资及动车组车辆投产规模控制等方面。

2) 采用全周转时间测算法在新建高速铁路枢纽内动车组配属设计及承担动车段(所)动车组检修工作量及检修设施规模测算结果较为科学,能有效提高动车组使用率及运转效率,同时在运维检修方面可有效降低检修资源的浪费,减少投资。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国铁道部. 关于动车基地(段)检修调整方案的通知[R]. 北京:中华人民共和国铁道部,2010.
MINISTRY OF RAILWAYS OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. Notice on the overhaul and adjustment plan for the train base(section)[R]. Beijing:Ministry of Railways of the People's Republic of China,2010.
- [2] 矫健. 动车组检修成本管理系统研究[J]. 铁路计算机应用,2019,28(9):36-39.
JIAO J. Research on EMU maintenance cost management system[J]. Railway Computer Application,2019,28(9):36-39.
- [3] 汤友富. 国内外铁路能源消耗现状比较与分析[J]. 铁道运输与经济,2018,40(1):93-99.
TANG Y F. Comparison and analysis of domestic and foreign railway energy consumption status[J]. Railway Transport and Economy,2018,40(1):93-99.
- [4] 谢红太. 强侧风对时速350 km 高速列车气动性能影响分析[J]. 华东交通大学学报,2019,36(3):7-15.
XIE H T. Analysis of the influence of strong crosswinds on the aerodynamic performance of 350 km/h high-speed trains[J]. Journal of East China Jiaotong University,2019,36(3):7-15.
- [5] 陈海. 日本新干线车辆的检修设备(续完)[J]. 国外铁道车辆,2009,46(3):40-45.
CHEN H. Maintenance equipment for Japanese shinkansen vehicles(continued)[J]. Foreign Railway Vehicles,2009,46(3):40-45.
- [6] 陈海. 日本新干线车辆的检修设备(待续)[J]. 国外铁道车辆,2009,46(2):36-45.
CHEN H. Maintenance equipment for Japanese shinkansen vehicles(to be continued)[J]. Foreign Railway Vehicles,2009,46(2):36-45.
- [7] 王利军,王利锋,张雄. 中国高速铁路动车段及运用所设计技术发展[J]. 高速铁路技术,2020,11(4):36-42.
WANG L J,WANG L F,ZHANG X. Development of design technology for China's high-speed railway depots and applications[J]. High-speed Railway Technology,2020,11(4):36-42.
- [8] 孙海富,孙树礼,李树德,等. TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S]. 北京:中国铁道出版社,2014.
SUN H F,SUN S L,LI S D,et al. TB 10621-2014 High-speed railway design code[S]. Beijing:China Railway Press,2014.
- [9] 傅八路,黄小钢,王俊,等. TB 10028-2016 铁路动车组设备设计规范[S]. 北京:中国铁道出版社,2016.
FU B L,HUANG X G,WANG J,et al. TB 10028-2016 Railway EMU equipment design specification[S]. Beijing:China Railway Press,2016.
- [10] 王利锋. 大规模动车组高级修工艺设计研究[J]. 高速铁路技术,2018,9(6):49-52.
WANG L F. Research on advanced repair technology design of large-scale EMUs[J]. High-Speed Railway Technology,2018,9(6):49-52.
- [11] 韩永军. 武汉动车段检查库设计思考[J]. 铁道标准设计,2011(5):110-112.
HAN Y J. Design considerations of Wuhan EMU inspection library[J]. Railway Standard Design,2011(5):110-112.
- [12] 欧阳鹏. 北京动车段 CRH2 型动车组转向架检修间工艺设计[J]. 铁道标准设计,2018,62(5):180-183.
OUYANG P. Process design of inspection room for CRH2 EMU bogies in Beijing EMU[J]. Railway Standard Design,2018,62(5):180-183.
- [13] 向航鹰. 成都动车段工程设计及技术创新[J]. 铁道标准设计,2017,62(11):151-154.
XIANG H Y. Engineering design and technological innovation of Chengdu EMU[J]. Railway Standard Design,2017,62(11):151-154.
- [14] 汤友富. 厂修、段修合一动车段的工艺设计研究[J]. 西南交通大学学报,2018,53(4):813-819.
TANG Y F. Research on the process design of the factory repair and depot repair combined into one EMU[J]. Journal of Southwest Jiaotong University,2018,53(4):813-819.
- [15] 傅八路,周智勇,黄小钢. 武广铁路客运专线动车组运用效率与检修基地规模研究[J]. 铁道标准设计,2010(1):32-37.
FU B L,ZHOU Z Y,HUANG X G. Research on the utilization efficiency and maintenance base scale of Wuhan-Guangzhou passenger dedicated railway EMUs[J]. Railway Standard Design,2010(1):32-37.
- [16] 李伟东. 铁路机辆设备工程规划研究[J]. 铁道标准设计,2019,63(5):160-163.
LI W D. Research on engineering planning of railway locomotive equipment[J]. Railway Standard Design,2019,63(5):160-163.
- [17] 耿敬春,肖荣国,谢敏,等. 客运专线动车组配置数量及客运站存车线数量的研究[J]. 铁道运输与经济,2008,30(7):11-13.
GENG J C, XIAO R G,XIE M,et al. Research on the number of EMUs configured on passenger dedicated lines and the number of storage lines in passenger stations[J]. Railway Transport and Economy,2008,30(7):11-13.

- [18] 向航鹰. 高速动车段规模的计算方法研究[J]. 中国铁路, 2005(6):45-46.
XIANG H Y. Research on the calculation method of high-speed train depot size[J]. China Railway, 2005(6):45-46.
- [19] 黄志彤,倪少权,陈翠利,等. 动车组运用检修设施规模研究[J]. 铁道运输与经济,2008,30(6):11-13.
HUANG Z T, NI S Q, CHEN C L, et al. Research on the scale of maintenance facilities used by EMUs[J]. Railway Transport and Economy, 2008, 30(6):11-13.
- [20] 中铁二院集团有限责任公司, 华设设计集团股份有限公司. 新建宁淮城际铁路工程可行性研究文件[R]. 成都(南京): 中铁二院集团有限责任公司(华设设计集团股份有限公司), 2019.
CHINA RAILWAY SECOND ACADEMY GROUP CO., LTD., CHINA DESIGN GROUP CO., LTD.. New Ninghuai Intercity Railway Project Feasibility Study Document [R]. Chengdu(Nanjing): China Railway Second Academy Group Co., Ltd. (China Design Group Co., Ltd.), 2019.
- [21] 中铁二院集团有限责任公司, 华设设计集团股份有限公司. 新建宁淮城际铁路工程初步设计文件[R]. 成都(南京): 中铁二院集团有限责任公司(华设设计集团股份有限公司), 2020.
CHINA RAILWAY SECOND ACADEMY GROUP CO., LTD., CHINA DESIGN GROUP CO., LTD. Preliminary design documents for the newly built Ninghuai Intercity Railway Project[R]. Chengdu (Nanjing): China Railway Second Academy Group Co., Ltd. (China Design Group Co., Ltd.), 2020.
- [22] 董入凯. 苏南沿江城际引入南京铁路枢纽方案研究[J]. 铁道运输与经济, 2017, 39(S2):65-68.
DONG R K. Research on the introduction of Nanjing railway hub into the southern Jiangsu intercity along the Yangtze River[J]. Railway Transport and Economy, 2017, 39(S2):65-68.
- [23] 中国铁路设计集团有限公司, 华设设计集团股份有限公司, 中铁第四勘察设计院集团有限公司. 新建铁路苏南沿江铁路施工图设计文件[R]. 天津(南京, 武汉): 中国铁路设计集团有限公司(华设设计集团股份有限公司, 中铁第四勘察设计院集团有限公司), 2018.
CHINA RAILWAY DESIGN GROUP CO., LTD., CHINA DESIGN GROUP CO., LTD., CHINA RAILWAY FOURTH SURVEY AND DESIGN INSTITUTE GROUP CO., LTD. Construction drawings and design documents of the new railway along the Yangtze River in Jiangsu[R]. Tianjin (Nanjing, Wuhan): China Railway Design Group Co., Ltd. (China Design Group Co., Ltd., China Railway Fourth Survey and Design Institute Group Co., Ltd.), 2018.
- [24] 中国铁路设计集团有限公司, 中铁大桥勘测设计院集团有限公司. 新建沿江高速铁路可行性研究文件[R]. 天津(武汉): 中国铁路设计集团有限公司(中铁大桥勘测设计院集团有限公司), 2020.
CHINA RAILWAY DESIGN GROUP CO., LTD., CHINA RAILWAY BRIDGE SURVEY AND DESIGN INSTITUTE GROUP CO., LTD.. Feasibility study document for the construction of a new high-speed railway along the Yangtze River[R]. Tianjin (Wuhan): China Railway Design Group Co., Ltd. (China Railway Bridge Survey and Design Institute Group Co., Ltd.), 2020.
- [25] 谢红太. 新建宁淮城际铁路南京北动车所整体布局方案研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2021.
XIE H T. Research on the overall layout and technological scheme of nanjing north EMU for the new ninghuai intercity railway[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2021.



第一作者: 谢红太(1993—), 男, 工程师, 硕士, 专利代理师, 中国发明协会会员, 华设设计集团股份有限公司铁道规划设计研究院铁路机务、车辆及动车组设备专业设计工程师。截止目前获得国家授权发明及实用新型专利近 50 项, 公开发表核心期刊研究论文 10 余篇, 计算机软件著作权多项, 主持及参与高速铁路、专用线铁路设计及咨询项目 20 余项。E-mail: 1144212853@qq.com。

(责任编辑: 刘棉玲)