

文章编号: 1674—8247(2021)03—0047—06
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2021.03.009

动车组高级修检修能力分析研究

高静涛¹ 宫 涛² 欧阳鹏³ 秦传鑫²

(1. 中国铁路北京局集团有限公司, 北京 100860; 2. 中国国家铁路集团有限公司, 北京 100844;
3. 中国铁路设计集团有限公司, 天津 300142)

摘 要: 动车组高级修能力建设是铁路公司的重点工作, 动车段作为动车组高级修检修的基地, 是保证动车组安全、正点、高效运营的重要设施。论文以北京动车段为研究对象, 通过分析动车组高级修工作内容和检修规范, 得到高级修检修需求; 通过对北京动车段高级修固定设施、检修能力和检修工艺进行研究, 提出了开展动车组高级修存在的能力瓶颈, 最后结合北京动车段现状, 提出了适应高级修检修能力需求的优化建议。

关键词: 动车组; 高级修; 检修能力

中图分类号: U279.1 文献标志码: A

Analysis and Study on the Maintenance Capacity for EMU's Senior Maintenance

GAO Jingtao¹ GONG Tao¹ OUYANG Peng² QIN Chuanxin³

(1. China Railway Beijing Group Co., Ltd., Beijing 100860, China;
2. China Railway, Beijing 100844, China; 3. China Railway Design Corporation, Tianjin 300142, China)

Abstract: Developing the maintenance capacity for EMU's senior maintenance is a key work of railway companies. As the base of senior maintenance of EMUs, the EMU depot is an important facility to ensure the safe, punctual, and efficient operation of EMUs. Taking Beijing EMU Depot as a subject, this paper analyzes the scope and specifications of EMU's senior maintenance to obtain the demand of senior maintenance. And later by studying the fixed facilities, work capacity, and procedure of senior maintenance in Beijing EMU Depot, this paper reveals the capacity bottleneck in carrying out senior maintenance of EMU. Finally, combined with the current situation of Beijing EMU Depot, it puts forward some optimization suggestions to meet the demand of senior maintenance capacity.

Key words: EMU; senior maintenance; maintenance capacity

截止到 2019 年底, 我国高速铁路营业里程达到 3.5 万 km, 超过世界高速铁路总里程的 2/3; 我国成为世界上高速铁路里程最长、运输密度最高、运营网络最复杂的国家。为保证我国高铁动车组正常运营, 采用现行的计划修和故障修相结合的模式, 依照《铁路动车组运行维护规程》: 高速动车组依照其运行时间或

行驶里程, 将计划检修划分为五个等级, 其中一、二级检修属于运用检修, 三、四、五级修为高级检修^[1]。各级检修修程的划分与其运行里程数或行驶时间相对应。

动车段作为动车组高级修检修的基地, 是动车组安全、正点、高效运营的重要保证, 是高速铁路运输设

收稿日期: 2020-02-01

作者简介: 高静涛(1981-), 男, 高级工程师。

引文格式: 高静涛, 宫涛, 欧阳鹏, 等. 动车组高级修检修能力分析研究[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(3): 47-52.

GAO Jingtao, GONG Tao, OUYANG Peng, et al. Analysis and Study on the Maintenance Capacity for EMU's Senior Maintenance[J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(3): 47-52.

施布局的重要组成部分,其布局对于运输生产有着重要的影响。“十一五”期间全路先期建设了北京、武汉、上海、广州 4 个动车段,“十二五”期间根据规划调整,增建了成都、西安、沈阳动车段。原规划七个动车段承担配属 1 950 标准组(简称组,下同)动车组高级修检修任务,截止到 2019 年底,全路动车组已达到 3 556.5 组。随着铁路客运专线的快速发展,全路动车组配属数量将快速增加,预计至 2030 年全路动车组将分别达到 5 541 组,既有 7 个动车段检修能力远远不能满足日益增长的动车组检修需求。

北京铁路枢纽是华北地区最大的交通枢纽,京沪、京广、京津城际、在建京沈等铁路干线在此汇集;其优越的铁路路网位置,决定了北京铁路枢纽在华北和全国铁路网中举足轻重的地位。北京动车段区位优势明显,能承担华北、东北及环渤海地区动车组高级修检修任务,满足“辐射周边,服务全路”的原则。本文以最早建成的北京动车段为研究对象,对北京动车段的检修能力不足进行了分析,并提出了扩能改造的建议。

1 北京动车段既有高级修检修能力

首先通过分析北京动车段既有生产布局和检修工艺,预计未来高修级动车组数量,分析得到高级修检修固定设施和工艺存在问题,为提高和优化能力提供依据。

1.1 现有高级修检修固定设施

北京动车段现有高级修检修固定设施为:4 线 8 列位三、四级检修库 1 座,3 线 6 列位五级检修库 1 座,库

内均采用固定式和移动式两种架车方式,在 4 线三、四级检修库与 3 线五级检修库之间预留高级修库 1 座;三、四级检修库南侧设有 1 线 2 列位动车组静调库 2 座,可完成动车组高级修后的静态调试作业;五级检修库北侧设有转向架检修库 1 座,转向架检修库内由 4 个区域组成:转向架、构架检修区、轮对检修区、转向架附件检修区、转向架存储及附件表面处理区等;三、四级、五级检修库西侧设置有动车组车体油漆库 1 处,油漆库内设预处理台位(打磨室)4 个,喷烘漆台位(喷烘漆房)6 个。具体检修规模为:高级修架车列位(8 辆编组)14 个,静调列位 4 个。原设计规模三级修架车列位 4 个,四、五级修架车列位 10 个;北京动车段实际生产中,利用三、四级修库中设计的 2 条四级修线进行动车组的三级修作业,故实际生产规模为三级修架车列位 8 个,四、五级修架车列位 6 个。

北京动车段现具有 CRH5A 型动车组三、四级修和 CRH2A、CRH2E、CRH380A、CRH380AL、CRH380B、CRH380BL 型动车组三级修自主检修资质,2010 ~ 2017 年间北京动车段共完成各型动车组不同修程高级修共 320 余列(折合标准组 460 余组,含合作修)。按原铁道部对北京动车段的总体要求,北京动车段按主修 CRH3、CRH5 型,兼容 CRH2 型动车组,年检修能力按局配属 300 标准组(8 辆编组)设计,而截止到 2019 年底,北京局配属各型动车组 261 列,折合 359 组标准组,检修设施规模及检修能力对照表如表 1 所示。

表 1 北京动车段既有检修能力表(按主修车型测算)

	项目		按设计各级修规模/组	按实际各级修规模/组	附注
既有高级修设施规模	高级修库情况 (列位)	三级修	4	8	
		四、五级修	10	6	
		静调	4	4	
	油漆库情况		预处理及油漆台位共 10 个		
	转向架间情况		转向架检修间 1 处,长 276 m、宽 99 m;另 CRH2 型动车组转向架三级修检修间 1 处。两处检修间合计面积约 3.5 万 m ²		
检修能力 (组/a)	高级修架车能力	三级修	56	112	原定位修形式能力不畅,能力按衰减 50% 测算
		四五级修能力仅承担四级修	60	36	
		四五级修能力仅承担五级修	52	31	
	静调能力	承担三、四级级修	75(含四级修 19 组)	83(仅为三级修)	静调能力首先按满足三级修能力
		承担三、五级级修	73(含五级修 17 组)	83(仅为三级修)	
	油漆能力		四、五级修 52 组/a(采用两班制 104 组/a)		
	转向架检修能力		具备 8 个 CRH2 型及 6 个 CRH3、CRH5 型动车组转向架能力(轮对检修能力仅为 24 条/d),年检修能力约 186 组/a(其中 CRH3、CRH5 型动车组 93 组/a)		
	综合能力		三级修 56 组,四级修 19 组或五级修 17 组	三级修 83 组	静调库能力制约

1.2 现有高级修检修能力分析原则

北京动车段原设计采用的动车组检修周期和检修时间是参考原铁道部铁运〔2007〕3 号《铁路动车组运用维修规程(暂行)》中有关规定,如表 2 所示。本文对高级修检修能力的分析是根据以下 4 项影响生产的实际情况进行:

表 2 原设计动车组检修周期和检修时间表^[2]

车型	一级检修	二级检修	三级检修	四级检修	五级检修
CRH2	运行 4 000 km 或 48 h	运行 3 万 km 或 30 d	运行 45 万 km 或 1 a	运行 90 万 km 或 3 a	运行 180 万 km 或 6 a
CRH3		暂定运行 2 万 km	运行 120 万 km	运行 240 万 km	运行 480 万 km
CRH5		运行 6 万 km	运行 120 万 km	运行 240 万 km	运行 480 万 km

(1)检修周期和检修时间确定原则。为确保铁路实际运营需求,考虑动车组高级修实行春运期间不修车、暑运期间少修车原则,以及设备设施检修停时,扣除约 65 d,检修作业时间按全年 300 d 计算;各检修单元能力测算考虑不平衡系数(一年中的月最大能力与全年月平均能力的比值)取值为 1.2。

(2)检验能力测算原则。鉴于原设计四、五级修工艺为采用定位修形式,部分工艺存在相互干扰,既有已完成的四级修工艺流水线为利用五级检修库南线(Ⅲ-6)进行解编作业、后单车转线至五级检修库中间线(Ⅲ-7)进行分解作业,在进行油漆作业后转线至五级检修库北线(Ⅲ-8)进行组装落成作业,四、五级修能力测算时考虑折减 50%。

(3)检修优先原则。测算能力各车型检修修时是根据铁总〔2014〕348 号《关于加强动车组高级修工作的指导意见》确定,静调能力测算按首先保证三级修能力,后富裕能力满足四、五级修能力考虑。

(4)综合检修能力选取原则。综合检修能力为动车段根据架车、静调、转向架检修能力综合确定的高级修检修能力,取三者中的最小值。

1.3 现有高级修检修能力分析

依据以上原则,从最初设计年限到 2018 年,各级修列位规模,北京动车段既有架车能力:三级修 56 组/a,四级修 60 组/a(或五级修 52 组/a);静调能力:三级修 56 组/a,四级修 19 组/a(或五级修 17 组/a);油漆能力:四、五级修均为 52 组/a;转向架检修间能力:186 组/a(其中 CRH3、CRH5 型动车组 93 组/a)。如按设计各级修列位规模,受制于静调能力,年检修能力为:三级修 56 组/a,四级修 19 组/a(或五级修 17 组/a)。

按 2018 年实际生产情况,各级修列位规模,北京动车段既有架车能力:三级修 112 组/a,四级修 36 组/a(或五级修 31 组/a);静调能力:三级修 83 组/a(仅能满足三级修);油漆能力:四、五级修均为 52 组/a;转向架检修间能力:186 组/a(其中 CRH3、CRH5 型动车组 93 组/a)。如按实际生产各级修列位规模,受制于静调能力,年检修能力为三级修 83 组/a。

论文还调研了北京动车段近几年的实际检修动车组数据。结果显示,北京动车段近几年完成动车组三级修任务在 90 组左右,略超过理论分析能力,主要有如下两个原因:一是大部分三级修为 CRH2 型动车组,按现有规定修时较 CRH3、CRH5 型动车组短;二是动车段实际生产组织时,静调个别工序时间采用局部两班制。

截止 2019 年底,北京局配属动车组 359 标准组,与原规划北京动车段承担配属 300 组动车组高级修相比增多近 60 组,按既有动车组高级修检修周期(年走行公里约 60 万 km),预计每年产生的高级修任务量三、四、五级修分别为 114 组、57 组、57 组,共 228 组,其中 CRH2 型动车组三、四、五级修分别为 62 组、31 组、31 组,共 124 组,CRH3、5 型动车组三、四、五级修分别为 52 组、26 组、26 组,共 104 组。

如统一各型动车组三、四、五级修定检公里为 120 万 km、240 万 km、480 万 km,则既有配属车每年产生的高级修任务量三、四、五级修分别为 84 组、42 组、42 组,共 168 组。

按统一各车型定检公里,考虑实际生产检修规模,对比北京动车段既有架车能力三级修 112 组/a,四级修 57 组/a(或五级修 50 组/a),静调能力 83 组/a(仅三级修);既有架车能力满足现状配属动车组车三级修、四级修(或五级修)需求,但静调能力欠缺严重。

按北京动车段承担北京局及承担辐射范围内(北京局、太原局、呼和局)配属动车组高级修任务测算;预计 2030 年前后,北京动车段承担的高级修检修工作量如表 3 所示,可见对北京动车段动车组高级修检修能力进行扩能势在必行。

1.4 现有高级修检修设备设施存在问题

除上述固定设施的缺口外,对检修设备数据和工序、工艺进行分析,找到目前产能扩大存在的问题:

(1)静调库线与高级修库线不匹配

根据当前北京动车段的生产能力,结合管理手段的调节,北京动车段既有架车能力为:三级修 112 组/a,四级修 57 组/a(或五级修 50 组/a),而动车

表 3 北京动车段承担配属动车组预计检修工作量表(按规划配属)

项目		按承担 北京局配属		按承担辐射范围内 配属(北京局、 太原局、呼和局)	
		2020 年	2030 年	2020 年	2030 年
动车组配属(组)		542	591	653	798
年走行公里(万 km)		32 520	35 460	39 180	47 880
年检修车数/ (组/a)	三级修	136	148	164	200
	四级修	68	74	82	100
	五级修	68	74	82	100
	小计	272	296	328	400
架车列位(不含油漆) 需求/(列位,8 编)	三级修	9.8	5.3	11.8	7.2
	四级修	5.7	3.3	6.9	4.4
	五级修	6.5	4.1	7.9	5.6
	小计	22.0	12.7	26.6	17.2
静调列位(含单车调试) 需求/(列位,8 编)	三级修	6.5	3.5	7.9	4.8
	四级修	4.9	3.0	5.9	4.0
	五级修	5.4	3.5	6.6	4.8
	小计	16.9	10.0	20.3	13.6
油漆台位需求/个	四级修	13.1	9.5	15.7	12.8
	五级修	13.1	9.5	15.7	12.8
	小计	26.1	18.9	31.5	25.6
转向架日产需求/ (个/d)	三级修	8.7	9.5	10.5	12.8
	四级修	4.4	4.7	5.2	6.4
	五级修	4.4	4.7	5.2	6.4
	小计	17.4	18.9	21.0	25.6

组静调能力为 83 组/a,仅能满足三级修检修工作。既有静调能力与其他检修单元能力对比严重欠缺,亟待加强,在不扩充其它检修设备设施的情况下,尚缺少 1 条静调线及相应配套设备设施。

(2)既有转向架检修库内各工序不畅,转向架检修能力不足

既有转向架检修库内由于工序不畅等原因,折算后每年仅能完成 CRH3、CRH5 型动车组 93 组。既有转向架检修库内工序不畅体现如下:

①转向架清洗工位设置不合理。目前 2 条构架检修流水线各配置有 1 个转向架清洗间、1 个构架补洗间。此设计是按照转向架预分解、转向架清洗、转向架二次分解、构架/轮对补洗的流程设计^[3],但随着动车组高级修工作检修经验的积累,为避免转向架清洗时轴端轴承、转向架管路及各类传感器进水发生故障,原中国铁路总公司在修订动车组高级检修规程时取消了转向架清洗工序,导致目前转向架清洗间闲置。同时由于构架补洗间面积太小,作业人员在进进行构架/轮对清洗过程中,产生的水汽、尘土、污水等影响了整个检修库内作业环境,导致作业区域内湿度、落尘量的相关指标要求无法得到保证,严重制约转向架整体检修质量提升。

②构架检修流水线北线部分车型转向架分解工序

倒流。CRH380BL、CRH5A 型动车组转向架设计复杂,转向架一系组成须在加压条件下才能分解,但由于安装在构架检修流水线北线配备的一系加压分解设备处于构架流转检修设备东端下方,设计预留作业高度不足;转向架在加压拆除一系垂向止档后,无法实现轮对、构架分离,须返回转向架分解工序进行分离,造成分解工序倒流,影响检修进度。

③构架流转检修设备无法满足生产需要。现有 2 条构架检修流水线中,南线为 2013 年新建成投产,目前可基本满足 CRH5A、CRH380BL 动车组检修需要;北线为 2009 年投产使用,其中构架流水检修设备,经过数次的改造,仍不能满足检修需要。主要存在以下问题:悬吊及移动方式单一,无法兼顾各种车型;预留作业空间不足,无法满足检修需要;设备应变能力差,严重影响检修效率。

④构架检修流水线北线部分车型转向架一系组装修序倒流。由于北线一系加压组设备设置在构架流转检修设备西端下方,受前述预留作业高度不足、吊运小车无法横移、双梁桥式起重机无法配合作业等问题影响,在检修 CRH380BL、CRH5A 型动车组转向架时,无法满足转向架一系加压组修的工艺要求。目前实际作业中改在转向架二系组装位置进行一系组修,组修后倒回至一系加压调整工序进行加压调整,调整完毕后再次返回二系组装台位进行二系组修作业,造成工序倒流,严重影响检修效率。

⑤构架检修缓存区域不足的问题。实际作业中,构架检修时较轮对及其它返厂部件检修时短,构架检修完后需等待其它配件检修返回后再进行组修,同时生产中偶换配件供应迟缓影响转向架组修问题时有发生,故构架检修完后必须安排缓存位置存放,但原转向架库设计中构架缓存位置不足,目前只能采用临时占用 2 条构架流水检修设备中间通道用于构架缓存。

(3)既有设备设施配置不能满足检修工艺需求

既有地坑式架车机受到架车点与现车尺寸的差异,无法满足 CRH380B 筒统型动车组及标准动车组 CR400AF、CR400BF 的架车要求,既有移动式架车机虽能进行上述动车组架车,但是干扰节拍化生产作业,对检修效率影响较大。另外,高级修检修车间未配置单车调试、称重及尺寸测量等固定台位,四、五级修检修过程中须将动车组编组后进行整车在静调库进行,不利于生产组织,同时降低静调库使用效率。

(4)既有配件仓储能力严重不足

由于动车段检修采用高价互换配件的管理模式,动车组各级修程配备的高价互换配件种类、数量繁多,同时检修过程中也产生大量的周转大配件(如变压器、变流器、空调主机、空压机、受电弓等),部件(配件)仓储需求较大。现动车段转向架检修间东侧设材料库1座,建筑面积约5 000 m²;既有转向架间北侧设有配件库1座,建筑面积约4 000 m²,段内仓储存放总面积约为9 000 m²;除了利用段内既有仓储设施外,还在物资供应段及二七机车厂租用厂房存放高价件,租用面积约1 200 m²;此外动车段待入库高价件129项(517件),由于无存储场地目前全部存储在主机厂,此部分面积需求约4 000 m²。

(5)雨天影响作业

移车台至高级修库及油漆库间股道均为露天,雨天影响作业;同时移车台基础坑内雨季积水严重,影响设备使用。

(6)高级修班组及办公面积不足

北京动车段现有三四五级修车间班组及办公用房集中于五级检修库边跨(约2 500 m²)和CRH2型转向架检修间端跨(约1 000 m²),目前已全部占用,非常拥挤。随着高级修任务的不断加大,北京动车段、一体化检修单位等职工增多,现有班组及办公用房将无法生产需要。

2 北京动车段高级修检修能力优化及管理现状的建议

综合以上分析,北京动车段动车组高级检修能力已经处于瓶颈,其主要原因是:部分既有设备设施无法满足生产需求、既有检修线布局与检修工艺不匹配、配件仓储能力严重不足等。针对这些原因,本文从利用预留场地规划增建厂房和设施、增建动车组配件仓储设施等方面提出优化建议,以弥补配套基础设施条件能力不足的短板。同时,对既有设备、设施的管理、维修和生产计划制定等方面也提出了改进建议,以最大化发挥既有设备设施能力。

2.1 对于高级修检修能力优化的建议

北京动车段既有高级修能力难以满足既有及后续检修需求,因此对北京动车段进行合理的扩建,补强北京动车段高级修能力显得尤为必要。针对以上分析,并结合目前北京动车段占地规划,给出如下建议:

(1)充分利用预留场地进行合理规划,新建高级修库、静调库,全面提升检修能力;综合考虑既有三、四级检修库和五级检修库架落车能力,以及既有2条静

调库静调能力,在三、四级检修库和五级检修库之间预留的60 m宽场地新建1线1列位三级修及1线1列位解编库、4线8列位静调库、2线14台位单车车体分解库,并配备相应配套的设备设施;利用油漆库南侧既有单车缓存线位置新建5线10台位单车调试、车下部件检修库;既有油漆库向西延长,增设油漆10个油漆台位(包含打磨台位4个和喷烘漆台位6个);既有五级修检修库改造为车体组装落成库(含1线2列位车体编组线,部件组装、车体落成及单车调试4线56台位)。按照此方案实施,预计三级修架车能力可以扩大至150组、四级修120组或五级修60组,三级修静调能力预计为270组,基本可以与架车能力相匹配。

(2)针对转向架检修检修间存在工位设置不合理、检修工序倒流等问题,对既有转向架检修库的布局进行调整及合理的改造,能有效提升既有检修能力。

(3)利用段内空闲场地建设大型部件及互换件仓储设施,以提升整体部件及互换件存放能力^[4]:利用段内静调库南侧场地和段内东门位置新建仓储存放设施及互换件仓库,预计可增加约21 000 m²的部件仓储能力。

(4)针对移车台与库间线路为露天,班组及办公面积不足,以及因检修任务增加,人员增加较多,配套宿舍、食堂用房不足等问题,完善配套相关设施,提升整体检修能力。

2.2 对于当前基础设施管理及检修素质的建议

除对预留厂房、场地的扩建、增建,以及对既有配套设备设施功能改造等硬实力的建议外,还应在生产实际中注重以下软实力的逐步提升。

(1)积极推进动车组部件的属地化检修^[5],通过学习,逐步提升职工自身素质,逐步形成自主化检修能力,从而进一步缩短部件检修周转时间,提高检修效率。在扩能改造方案设计阶段,对既有三、四级、五级检修库边跨区域布局进行充分考虑和合理分割调整,对各小区域进行风、水、电、暖等配套设施的配备,待扩能改造完成后,积极引入配件检修厂家,为配件检修厂家的技术人员提供场地和配套设施,请其在段内完成动车组配件检修。如此还可以让段内职工现场学习,提高职工自身素质。

(2)制定科学合理的检修计划,提高计划执行能力。各检修车间的日计划要进一步详细具体,精准到每个班次、每一工时,各班组作业的衔接要分工明确,利用好每一个检修工时。通过动车组检修全过程写实,可以先行明确各工序先后顺序及用时,然后制定计

划,对待修动车组进入架车库后的每个工作节点均有明确规划,同时对所有台位、工位配备的人员和工具也加以明确;利用统筹方法,合理安排工序、调整工时,以达到衔接流畅,责任明确的目的。

(3)物流部门参与动车组月、周、日检修计划的制定^[6,7],按照检修计划足额、及时配料,根据动车组车体、转向架检修周期,以及各个部件的检修周期不同特点,在动车组检修前,按照必换件、偶换件明细预领列份的配件存放、保管在班组。在检修作业中使用后,应及时按照使用明细补齐。

(4)在北京动车段高级修检修作业中,相关工序的配套设备设施故障,会直接影响该工序作业的顺利进行,进而影响整组动车组高级修检修停时。所以,动车段还应在已经配备的设备、设施、工具、工装的管理、维修、保养上下功夫,对已投入使用的和将要配备的设备、设施、工装、工具精心使用、保养,并建立完善的管理、维修体系^[8],保持其性能稳定,尤其是对关键工序的关键设备精心维护保养,确保状态良好。

3 结束语

结合近几年动车组高级修发展及动车组隶属情况变化,按北京动车段主修车型为CRH3C型、CRH380A(L)/B(L)/CL型、“复兴号”标准动车组为目标,本文对北京动车段当前动车组高级修配套厂房、设备、设施等方面的能力进行了深入分析,找出了动车组高级修能力无法释放的制约因素。

按照本文提出的建议方案:新建2线2列位三级修解编库、4线8列位静调库、2线14台位车体分解库、14台位车体清洗检修库、接建10台位油漆库,既有转向架检修间及高级修库适应性改造和相关配套设施的配备,预计北京动车段2021年前后可完成动车组三级修67组,四级修120组。随着动车组高级修检修技术和职工素质的提高,以及动车组修程修制的不断优化,到2030年预计可完成动车组三级修84组,

四级修170组。

参考文献:

- [1] 铁总运[2017]238号,铁路动车组运用维修规程[S].
TIE Zong Yun [2017] No. 238, Specification for Operation and Maintenance of Railway Multiple Units[S].
- [2] 姜飞鹏. 构建中国高铁动车组检修体系的思考[J]. 交通科技, 2014(3): 163-166.
Jiang Feipeng. Thinking on the Overhaul System of Chinese High-speed EMU[J]. Transportation Science & Technology, 2014(3): 163-166.
- [3] 杨辉. 高速动车组转向架检修工艺设计原则探讨[J]. 交通科技, 2012(3): 71-74.
YANG Hui. Exploring the Principles of Overhaul Process Design on High-speed EMU Bogie[J]. Transportation Science & Technology, 2012(3): 71-74.
- [4] 王华胜,张庆华,王靖,等. 动车组检修备件管理优化研究[J]. 铁道机车车辆, 2019, 39(2): 63-66.
WANG Huasheng, ZHANG Qinghua, WANG Jing, et al. Research on Optimization of the Spare Parts Management for the Maintenance of EMU[J]. Railway Locomotive & Car, 2019, 39(2): 63-66.
- [5] 陈锦宗,何最新,王莹,等. 高速铁路动车组检修资源布局优化研究[J]. 铁道运输与经济, 2020, 42(1): 66-71.
CHEN Jinzong, HE Zuixin, WANG Ying, et al. A Study on Layout Optimization of High-speed EMU Maintenance Resources [J]. Railway Transport and Economy, 2020, 42(1): 66-71.
- [6] 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 Jian. EMU Inspection and Repair Cost Management System[J]. Railway Computer Application, 2019, 28(9): 36-39.
- [7] 叶丹. 动车组检修作业计划图优化及计划分析评价的探索[J]. 铁道机车车辆, 2018, 38(5): 77-84.
YE Dan. Scheme Chart Optimization of EMU Inspection Performance and Exploration of Scheme Analysis Evaluation [J]. Railway Locomotive & Car, 2018, 38(5): 77-84.
- [8] 路剑. 动车组检修项目管理模式探析[J]. 工程建设与设计, 2019(2): 225-226.
LU Jian. Analysis on the Management Mode of CRH Train Overhaul Project[J]. Construction & Design for Engineering, 2019(2): 225-226.