



出口塞拉利昂窄轨大功率交流传动内燃机车

朱兵¹, 刘军¹, 赵昌杰¹, 陈晓旭¹, ALPHA Kamara²

(1. 中车资阳机车有限公司 产品研发中心, 四川 资阳 641301;

2. Leone Rock Metal Group, Freetown, Sierra Leone)

摘要: 随着塞拉利昂新唐克里里铁矿年开采量的不断增长, 既有机车已无法满足运输要求。为帮用户解决该问题, 文章提出开发出口塞拉利昂的窄轨大功率交流传动内燃机车。文章针对新唐克里里铁矿既有直流电传动机车存在的问题, 首先明确了机车的设计原则; 然后开展了机车牵引传动系统、转向架系统、总体集成等技术研究, 完成了机车设计。仿真验证、试验验证及机车运用情况表明, 机车各项性能指标满足运用要求, 有效提升了新唐克里里铁矿运输能力, 实现了铁矿石运量的历史性突破。

关键词: 窄轨; 大功率; 交流传动; 内燃机车

中图分类号: U262

文献标志码: A

文章编号: 1000-128X(2026)01-0118-10

0 引言

塞拉利昂地处西非, 铁矿资源丰富, 其中新唐克里里铁矿已探明储量约128亿吨, 是目前世界上最大的单体磁铁矿^[1]。据了解, 新唐克里里铁矿2023年产量达到700万吨, 2024年产量达到1200万吨, 但目前主要承担矿石运输的机车由于功率小、牵引力不足等问题难以满足与日俱增的矿石运量需求。为此, 研发一款适用于非洲铁矿运输需求的牵引性能更优的内燃机车是非常必要的。

本文首先提出出口塞拉利昂电传动内燃机车的设计原则, 然后开展机车牵引传动系统、转向架系统、总体集成等研究, 最终完成机车的设计与验证。

1 机车设计原则

目前承担新唐克里里铁矿运输的GT26CU-3型内燃机车为直流电传动机车, 牵引功率2237 kW, 启动牵引力350 kN, 持续牵引力305 kN, 与交流传动内燃机车相较, 其存在牵引性能欠佳、整车效率不高和技术落后等问题。为解决上述问题, 同时结合客户需求、

内燃机车交流化的发展趋势^[2]和中车资阳机车有限公司既有技术平台, 确定机车设计原则如下:

①为满足用户提出的要求, 机车应能在双机重联牵引10000 t的情况下, 通过6.3‰坡道并能实现坡起。

②为提升整车效率, 机车主传动系统和辅助传动系统应采用交-直-交电传动方式。

③机车总体布局应符合中车资阳机车有限公司既有交流传动内燃机车产品技术平台的要求。

2 牵引传动系统设计

2.1 牵引性能分析

新唐克里里铁矿运输铁路线是一条铁矿运输专用线, 轨距1067 mm, 线路总长约191.2 km, 线路最小曲线半径300 m, 最高海拔600 m, 线路限速40~60 km/h。空车方向最大坡道20.29‰, 坡道长度142 m; 重载方向最大坡道6.3‰, 坡道长度1674 m。

用户要求机车轴重不大于25 t, 机车重量不大于150 t, 最高运行速度100 km/h; 双机重联牵引10000 t, 且在6.3‰坡道上实现坡起; 机车中间直流环节功率约3000 kW。

根据TB/T 1407.1—2018《列车牵引计算 第1部分:

通信作者: 朱兵, 男, 硕士, 正高级工程师, 主要从事轨道交通产品整车集成技术研究; E-mail: zhubing_2001_0@163.com

引用格式: 朱兵, 刘军, 赵昌杰, 等. 出口塞拉利昂窄轨大功率交流传动内燃机车[J]. 机车电传动, 2026(1): 118-127.DOI:10.13890/j.issn.1000-128X.2026.01.016.

Citation: ZHU Bing, LIU Jun, ZHAO Changjie, et al. Narrow-gauge and high-power AC transmission diesel locomotives exported to Sierra Leone[J]. Electric drive for locomotives, 2026(1): 118-127.DOI:10.13890/j.issn.1000-128X.2026.01.016.

机车牵引式列车》的计算方法^[3], 计算得出单台机车柴油机装车功率需不低于3 478 kW, 起动牵引力需不小于498 kN, 考虑到机车持续牵引力需取0.9^[4]牵引力使用系数, 单台机车持续牵引力需不小于420 kN。

2.2 关键部件设计

2.2.1 柴油机发电机组

根据牵引性能分析的结果, 机车选用成熟可靠的16V280ZJA型柴油机, 同时根据经验考虑约5%的功率裕量, 确定柴油机装车功率为3 680 kW。

鉴于机车柴油机及最高运行速度与DF8B机车一致, 故主发电机采用卧式单支撑结构的三相无刷励磁凸极同步发电机, 采用强迫通风冷却。

主发电机励磁电流由微机系统提供, 通过调节励磁电流来控制主发电机输出电压, 从而控制中间直流环节电压。中间直流环节电压随柴油机转速的升高按线性变化关系上升^[5], 柴油机转速1 000 r/min时对应中间直流环节电压为1 600 V。

2.2.2 交流异步牵引电机

为达到机车起动牵引力不小于498 kN、持续牵引力不小于420 kN的要求, 结合转向架设计参数(机车轮径和传动比), 计算得出牵引电机起动转矩需不小于8 978 N·m, 持续转矩需不小于7 572 N·m。

根据上述转矩要求, 牵引电机设计以既有的YDZ71M03型窄轨铁路机车用三相鼠笼式异步牵引电机为基础, 对起动转矩、持续转矩、功率等进行了提升设计, 牵引电机主要技术参数见表1。

表1 牵引电机主要技术参数
Table 1 Main technical parameters of traction motor

项目参数	参数值
额定功率/kW	480
额定电压/V	755
额定电流/A	465
绝缘等级	200级
起动转矩/(N·m)	9 300
持续转矩/(N·m)	7 820

2.2.3 电阻制动装置

鉴于柴油机装车功率3 680 kW, 为实现机车全功率自负荷, 同时考虑到自负荷工况时机车辅助功率消耗及传动效率损失, 电阻制动装置输入总功率约3 200 kW。整车装备2台电阻制动装置, 每台电阻制动装置分为3组, 每组电阻单元的输入功率约533 kW, 基于冗余考虑, 每组电阻单元的额定功率取550 kW。

考虑到减少斩波IGBT的开关损耗、电阻制动装置的空间限制等, 制动电阻阻值 R 取4.65 Ω 。电阻制动工况下, 中间直流环节电压稳定在DC 1 600 V, 则电阻的额定工作电压为DC 1 600 V, 额定工作电流 $I=\sqrt{P/R}$

$=\sqrt{550000/4.65}\approx344\text{ A}$ 。
电阻制动装置主要技术参数见表2。

表2 电阻制动装置主要技术参数
Table 2 Main technical parameters of rheostatic brake device

参数项目	参数值
额定功率/kW	2×1 650
额定中间直流电压/V	1 600
额定电流/A	344

2.3 主传动系统原理

根据机车设计原则, 机车主传动系统采用交-直-交电传动, 柴油机驱动三相交流同步主发电机发出三相交流电输入牵引变流器, 变流器中的主变流装置先将三相交流电转换成中间直流电, 然后将中间直流电压转换成可调频调压的三相交流电分别供给两台转向架的6台异步牵引电动机, 6台异步牵引电动机拖动车轮对驱动机车运行, 系统框图见图1。

为提升机车黏着利用, 牵引电机控制采用轴控模式。牵引变流器平移复兴系列内燃货运机车的牵引变流模块和传动控制单元, 根据机车运行实时所需的功率、牵引力或制动力, 按照直接转矩控制策略驱动牵引电机, 并根据机车动轮运行状态以及路轨状态自动调节和恢复牵引力或制动力, 在实现牵引电机在机车运行速度范围内的牵引、制动要求的同时, 实现较高的黏着利用。

IGBT器件作为变流模块的核心, 其可靠性直接决定了牵引变流器的可靠性。综合机车直流母线标称电压(1 600 V)、关断尖峰电压(400 V)、过压系数(1.15)及安全系数(1.1)等多重因素, 计算得出模块电压峰值需求为2 240 V; 根据牵引电机功率(480 kW)、电压(755 V)等, 计算得出持续电流需求为630 A, 峰值电流需求为1 680 A。基于“裕量充足、冗余可靠”的设计思路, 选用了株洲中车时代电气股份有限公司研发的规格为3 300 V/1 500 A的IGBT器件, 其可承受的峰值电流为3 000 A。据此, 该型器件的电压裕量达32%, 持续电流裕量达58%, 峰值电流裕量达44%。经散热仿真验证, 在环境温度55℃及强迫水冷方式下, IGBT器件持续工作温度不高于90℃, 低于其可承受的长期结温125℃, 完全满足用户提出的40℃环温运用要求, 安全裕量充足。

2.4 辅助传动系统原理

按照机车设计原则, 为减少系统辅助功率消耗, 辅助传动系统亦采用交-直-交电传动, 同时为兼顾系统可靠性及成本, 辅助用电设备采用变频控制和直挂相结合的控制方式, 系统框图见图2。正常情况下, 2台

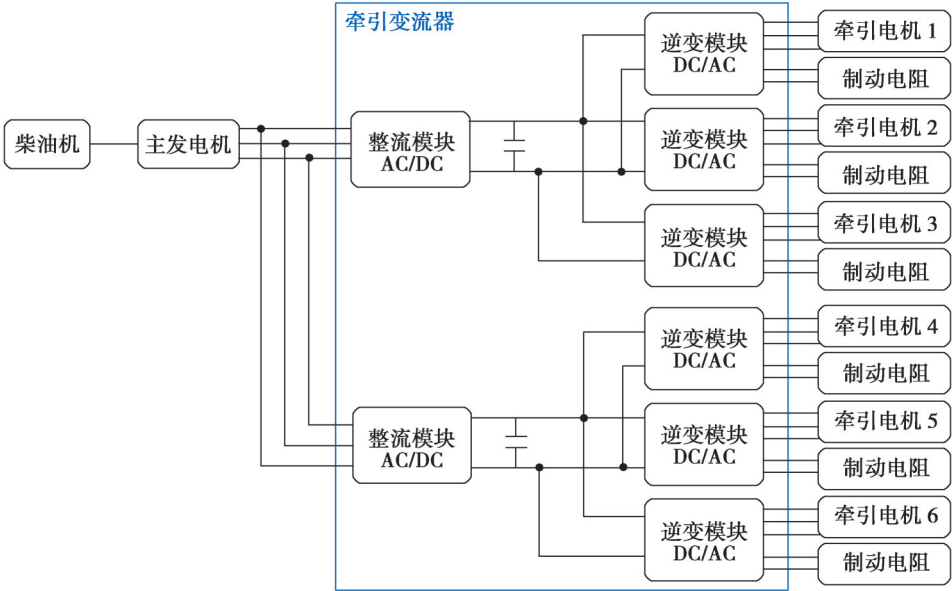


图 1 牵引传统系统原理图

Fig. 1 Schematic diagram of traction drive system

冷风风扇电机分别由模块 INV1 和 INV2 变频控制，风扇转速随柴油机水温变化自动调整，以有效降低能耗。当模块 INV1 和 INV2 故障时，冷风风扇电机变频控制转直投，风扇转速随柴油机转速变化而变化；当模块 INV3 故障时，冷却风扇电机 2 转成直投，模块 INV2 接管原来由 INV3 供电的负载，以保证系统的正常运行。

辅助变流模块是辅助变流系统稳定运行的基石。

基于单个变流模块所需驱动的辅助用电设备的最大容量为 104 kVA，结合辅助系统的拓扑结构（图 2），选用了株洲中车时代电气股份有限公司研发的经多项目运用验证的成熟辅助变流模块，容量为 120 kVA，容量裕量达 15%。经散热仿真验证，在环境温度 50 ℃ 及强迫风冷方式下，IGBT 器件持续工作温度不高于 100 ℃，低于其可承受的长期结温 125 ℃，完全满足用户提出的 40 ℃ 环温运用要求，安全裕量充足。

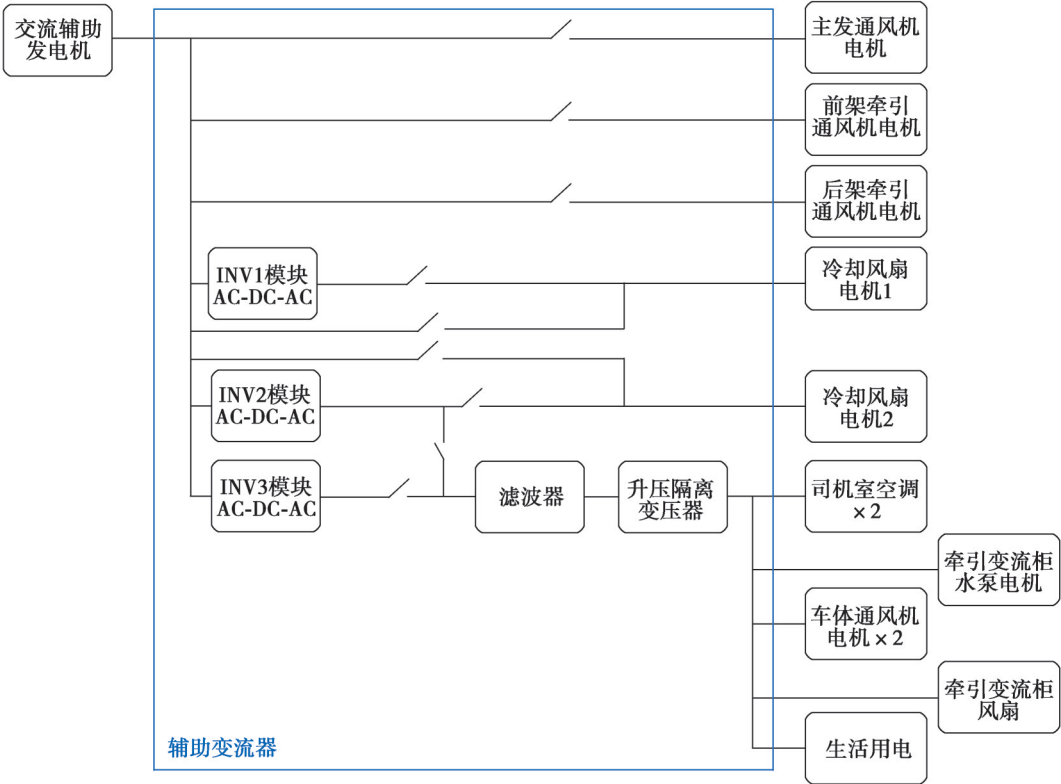


图 2 辅助传统系统框图

Fig. 2 Block diagram of auxiliary transmission system

3 转向架设计

机车起动牵引力不小于498 kN的需求和轴重不大于25 t（通常窄轨内燃机车轴重不大于22 t）的要求增加了构架强度设计、主动齿轮结构设计以及动力学性能匹配等设计难度。

为确保万吨牵引工况下转向架整体强度，构架采用由Q355C高强度钢板焊接的目字形箱型结构（见图3），同时为提升转向架运行稳定性，轴箱采用弹性双拉杆独立悬挂定位，与单拉杆定位结构相比，横向刚度更高。

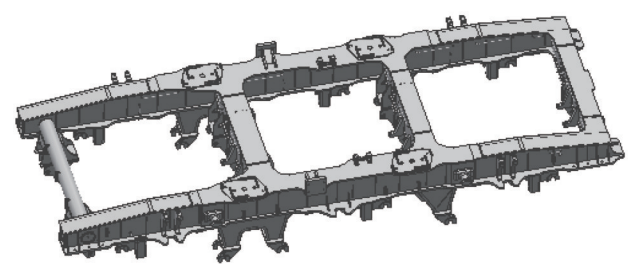


图3 构架
Fig. 3 Bogie frame

为满足机车牵引力和机车最高运行速度的要求，同时兼顾机车下部限界和牵引电机径向所需空间尺寸的要求，机车采用传动比为86/17的齿轮副和轮径为1 067 mm的整体车轮。

为确保牵引电机输出转矩传递的可靠性，主动齿轮采用齿轮轴结构形式，与电机轴内插连接，在保证主动齿轮强度的同时还保证了与牵引电机连接的可靠性。

为更好地发挥机车牵引性能和兼顾曲线通过能力，结合转向架设备布置空间的合理性，采用了八字形弹性拉杆加中心销的牵引方式，同时采用一系软（螺旋钢圆弹簧+减振橡胶垫+垂向液压减振器）二系硬（橡胶与金属硫化的叠层弹簧+横向液压减振器）的悬挂配置方式。

转向架主体结构见图4，主要技术参数见表3。

表3 转向架主要技术参数
Table 3 Main technical parameters of bogie

参数项目	参数值或说明
轨距/mm	1 067
轴式	C ₀ -C ₀
轴重/t	25
轴距/mm	1 800×1 800
最大运用速度/(km·h ⁻¹)	100
通过最小曲线半径/m	145
牵引齿轮传动比	86:17
轮径/mm	1 067（新轮）
电机悬挂方式	滚动抱轴悬挂
基础制动装置型式	单元制动器

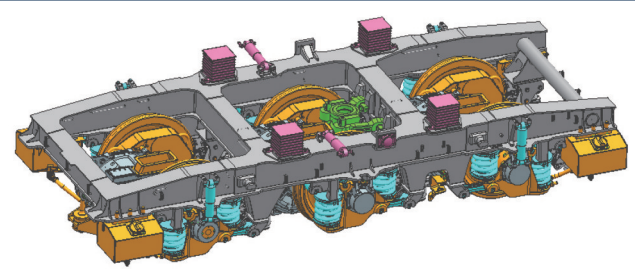


图4 转向架
Fig. 4 Bogie

4 总体集成设计

4.1 设备布局

鉴于机车用于货运牵引，且需双向行驶，故机车采用双司机室内走廊结构形式。但传统的双司机室内走廊内燃机车因采用双侧走廊的设备布局形式，空间利用率和维护便捷性欠佳。为改善这一问题，机车采用中间走廊设备布局形式，并综合考虑柴油发电机组的安装需求，除动力室外，电气室、冷却室、辅助室均是两侧布置设备、中间布置走廊。机车各机器间设备布局见图5。

电气室主要布置有电器柜、前转向架牵引电机通风机组、牵引变流柜及其冷却装置等。为给该室电器元件提供更为清洁的工作环境，达到提升元件使用寿命及可靠性的目的，牵引电机通风机组采用独立通风设计，使得工作时电气室始终处于微负压状态，同时结合在侧墙设置高效的瓦楞过滤装置，有效提升了电气室抵御风沙及粉尘的能力。

动力室主要布置有柴油发电机组、柴油机进气系统、卧式电阻制动装置、辅助交流发电机、启动发电机、变速箱以及主发电机通风机组等。为提升走廊通过性，机车中部采用外凸式设计结构，充分利用了机车限界的横向宽度，在满足限界要求的同时，实现了走廊宽度的最大化。

冷却室主要布置有机车冷却装置、机油系统、后转向架牵引电机通风机组、空压机、干燥器等。为避免室内用风设备间相互影响，冷却装置、牵引电机通风机组以及空压机的通风系统均采用独立通风机设计，有效提升了各系统的冷却效率。

为增强冷却装置对高温环境的适应能力，确保系统的可靠性，此次设计打破原有散热器顶置安装方式，采用侧立式安装，将大板式散热器直立安装在机车侧墙，该系统的散热面积较顶置式散热器的散热面积提升约30%。

4.2 主要性能参数

综合机车总体及各部类设计结果，机车主要技术参数见表4。

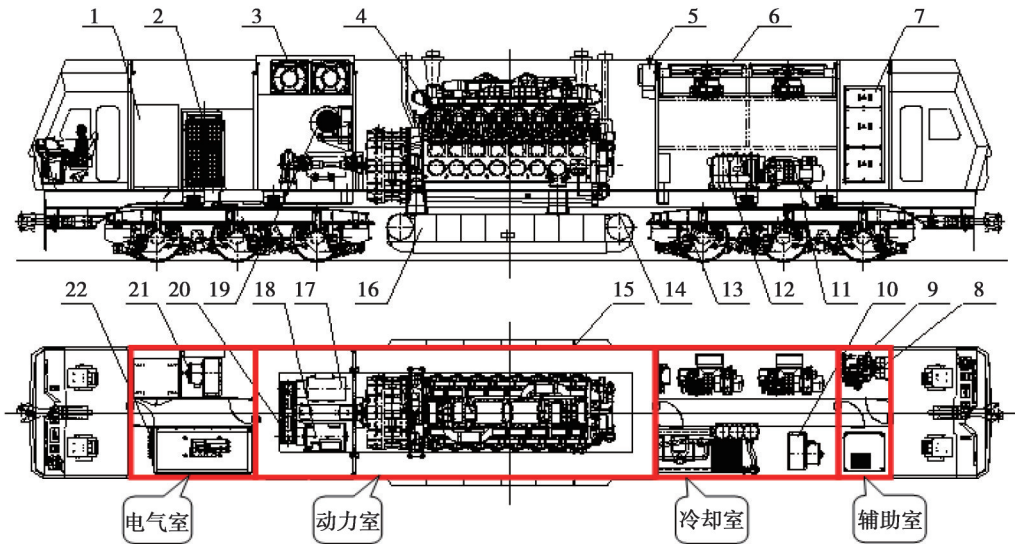


图 5 机车总体布局

Fig. 5 General layout of locomotive

1—电器柜;2—主变流柜冷却装置;3—电阻制动装置;4—柴油发电机组;5—膨胀水箱;6—冷却装置;7—辅助变流柜;8—干燥器;9—阀架;10—后牵引电机通风机组;11—空压机;12—机油系统;13—转向架;14—总风缸;15—进气系统;16—燃油箱;17—起动发电机;18—辅助交流发电机;19—主发电机通风机组;20—变速箱;21—前牵引电机通风机组;22—主变流柜。

表 4 主要技术参数

Table 4 Main technical parameters

参数项目	参数值或说明
用途	干线货运
适应环境温度/℃	10~40
适应最高海拔高度/m	600
适应环境空气最大相对湿度	100%
主传动方式	AC-DC-AC
辅助传动系统	AC-DC-AC
中间直流环节电压/V	1 600
直流控制电压/V	110
柴油机型号	16V280ZJA
柴油机装车功率/kW	3 680
轨距/mm	1 067
轴式	C ₀ -C ₀
轮径/mm	1 067
轴重/t	≤25
通过最小曲线半径/m	145 (<5 km/h 通过)
最高运行速度/(km·h ⁻¹)	100
持续速度/(km·h ⁻¹)	21
起动牵引力(新轮)/kN	515
持续牵引力(新轮)/kN	434
电阻制动轮周功率/kW	2 625
燃油箱容积/L	9 000
砂箱装载砂粒最大质量/kg	800
机车外形尺寸(长×宽×高)/mm	22 000×3 286×4 750
重联功能	具备 3 机重联功能

5 仿真及试验验证

5.1 车体静强度及疲劳强度评估

鉴于双机重联牵引 10 000 t 的要求，参考 TB/T

2541—2010《机车车体静强度试验规范》规定，车体纵向压缩载荷取 3 000 kN，纵向拉伸载荷取 2 500 kN^[6]。

5.1.1 静强度评估

根据 EN 12663-1: 2010《铁路应用—铁路车辆车体的结构要求》规定，车体强度评估工况包括垂向静载及动载、纵向拉伸及压缩、起动牵引工况、纵向冲击工况、横向冲击工况、垂向冲击工况、扭转工况等 17 种载荷工况。

经计算，在上述各种工况下，车体最大应力值为 333 MPa，小于 Q355C 材料的许用应力，满足标准要求。最大应力出现在侧墙斜撑和横梁的结合处，见图 6。

5.1.2 疲劳强度评估

根据 EN 12663-1: 2010 规定，车体疲劳载荷工况以加速度方向变化组合成 8 种计算工况。

经计算，在上述工况下，车体疲劳应力均在 Goodman 曲线^[7]确定的许用应力范围内，见图 7、图 8，车体疲劳强度满足采用 Goodman 曲线对疲劳强度进行评定的要求。

5.2 构架静强度及疲劳强度评估

根据 TB/T 3549.1—2019《机车车辆强度设计及试验鉴定规范 转向架 第 1 部分：转向架构架》规定，应在超常载荷作用下评估构架静强度，在主要运营载荷和特殊运营载荷作用下评估构架疲劳强度。

5.2.1 静强度评估

静强度评估采用的超常载荷包括构架每侧最大垂向载荷、构架每侧最大横向载荷、电机起动转矩、电机短路转矩、紧急制动载荷、一个车轮 100% 减载、

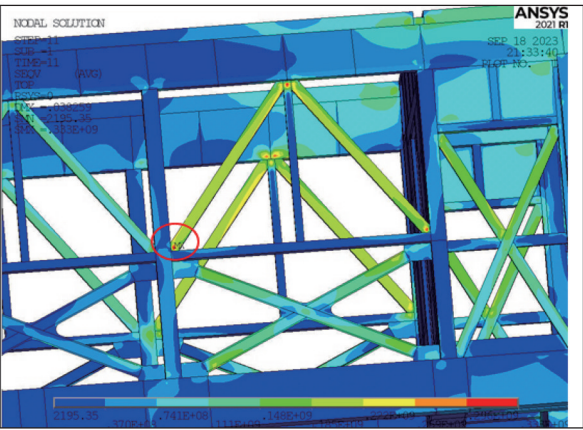
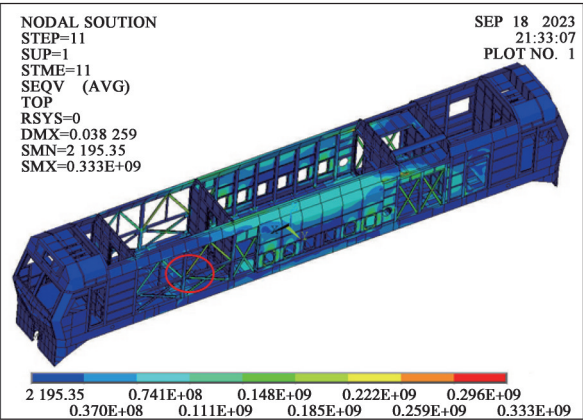


图6 垂向冲击(正)工况Top面最大等效应力云图

Fig. 6 Maximum equivalent stress cloud map on top face under vertical impact (forward) conditions

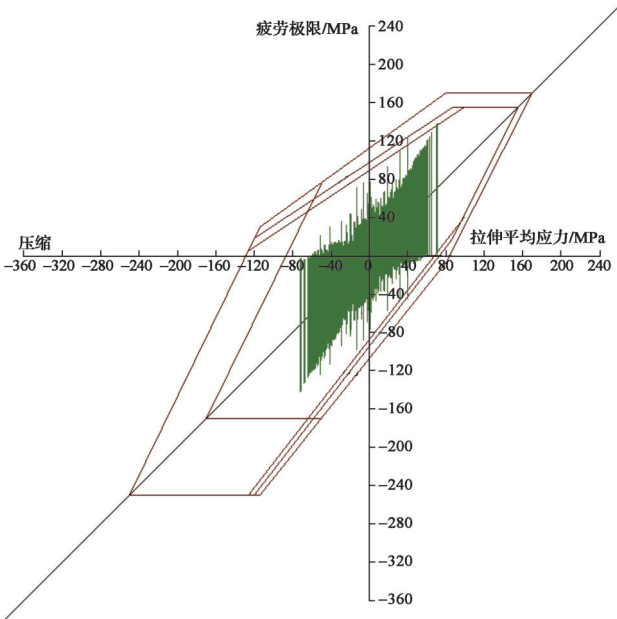


图7 车体 Goodman疲劳极限图(top)

Fig. 7 Goodman fatigue limit diagram of carbody (top)

10%轨道扭曲载荷等共计19类, 不同的超常载荷组合形成垂向、垂向+横向、轨道扭曲、纵向菱形、电机正向起动、电机反向起动、紧急制动、常规制动、3g纵向冲击、转向架抬升等25种计算工况。

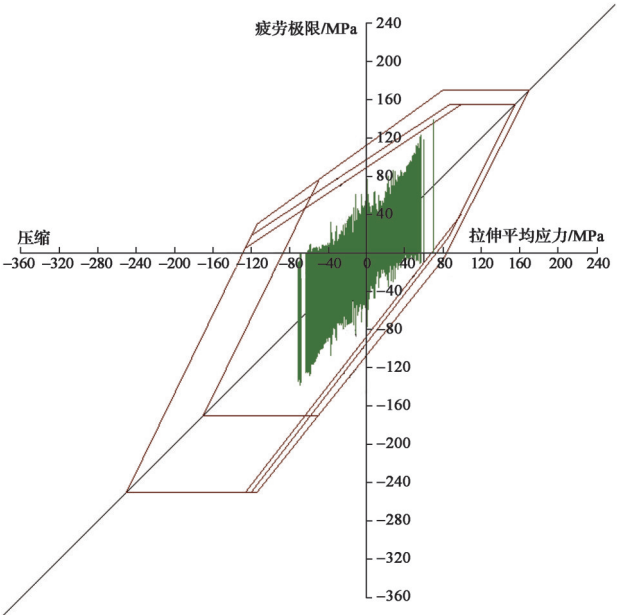


图8 车体 Goodman疲劳极限图(bottom)

Fig. 8 Goodman fatigue limit diagram of carbody (bottom)

经计算, 所有计算工况下的最大应力约为218 MPa, 低于Q355C材料的屈服强度, 安全系数1.63, 最大应力出现在侧梁上盖板圆弧过渡处、二系横向往止挡座与侧梁立板处, 见图9、图10。依据第四强度理论, 构架静强度符合TB/T 3549.1—2019标准要求。

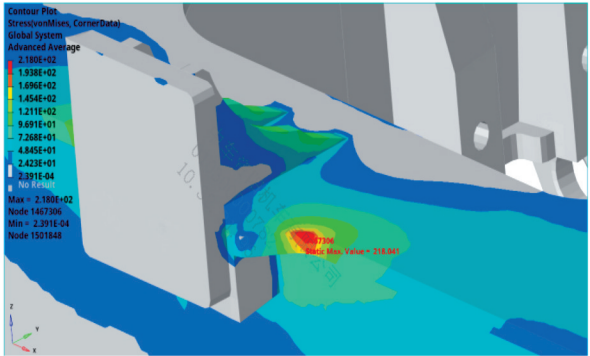


图9 10%轨道扭曲工况局部应力云图

Fig. 9 Local stress cloud map under 10% track twist conditions

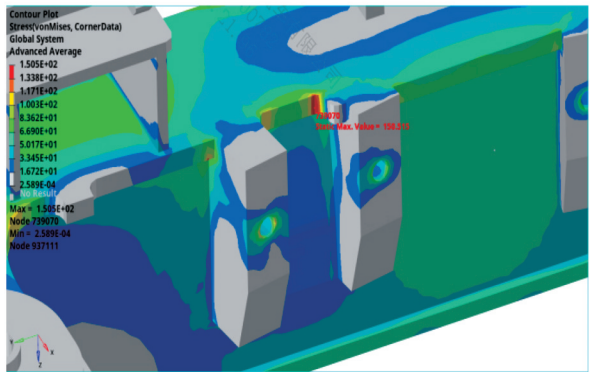


图10 3g冲击工况局部应力云图

Fig. 10 Local stress cloud map under 3g impact conditions

5.2.2 疲劳强度评估

构架的疲劳问题主要体现在焊缝上。因为焊接的原因,会在焊缝区域产生应力集中和缺陷,材料组织发生变化,导致焊缝部位的疲劳强度急剧下降。故本次评估重点考虑构架的主要焊缝和受力较大部位的焊缝,包括侧梁上下盖板与其立板的连接焊缝、筋板连接焊缝、主要受力零件与构架的连接焊缝(电机安装座、一系簧座、二系簧座、起吊座、制动座、减振器座等处的焊缝)。与此同时,利用非焊接材料的无缺口效应区 Goodman 曲线对构架重点非焊接区域的疲劳强度进行评估。

疲劳评估所采用的主要运营载荷包括构架每侧垂向载荷、构架横向载荷、5‰轨道扭曲位移等 5 类,特

殊运营载荷包括由于振动引起驱动系统质心的各向振动附加载荷、由于电机的扭转引起的附加扭矩载荷、制动载荷等 11 类,不同的主要运营载荷组合形成垂向、垂向+横向、轨道扭曲、纵向等 19 种计算工况,不同的特殊运营载荷组合形成垂向、电机正向牵引、电机反向牵引、正向制动、反向制动等 10 种计算工况。

经计算,构架木材、构架的主焊缝、筋板焊缝、电机安装座、制动座、牵引座、一系簧座、一系减振器座、二系簧座、横向减振器座等部位焊缝的应力最大值、最小值均在 Goodman 曲线确定的许用应力范围内,计算结果示例见图 11、图 12。计算结果表明,构架疲劳强度满足采用 Goodman 曲线对疲劳强度进行评定的要求。

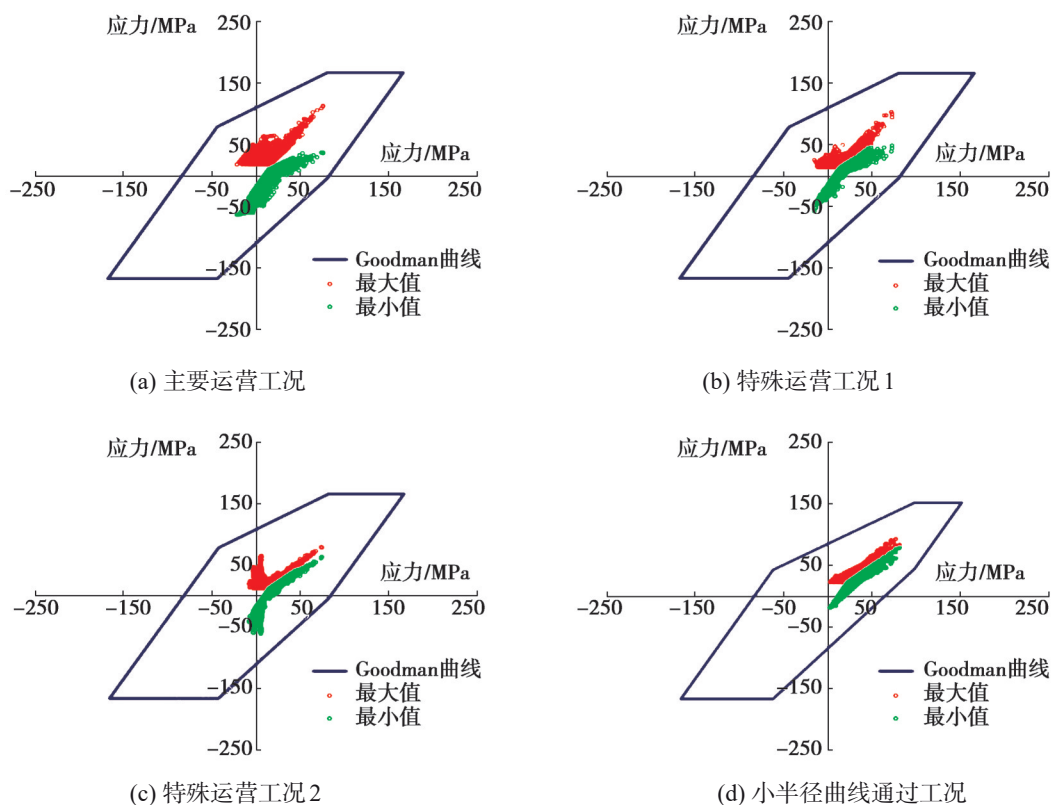


图 11 构架母材疲劳强度评定 Goodman 图

Fig. 11 Fatigue strength assessment Goodman diagram of bogie frame base metal

5.3 动力学性能评估

根据 GB/T 5599—2019 《机车车辆动力学性能评定及试验鉴定规范》规定,应对机车运行平稳性、运行品质、运行稳定性进行评定。为此,采用仿真分析评估方式,对机车非线性临界速度以及在 AAR5 级轨道谱运行时的运行平稳性、运行品质和曲线通过时的运行稳定性进行评估。

5.3.1 非线性临界速度

经计算,考虑轴箱自由间隙时,机车的非线性临

界速度达到 112 km/h,忽略轴箱自由间隙时,机车的非线性临界速度达到 152 km/h,见图 13。

5.3.2 运行平稳性及运行品质

经计算,采用 AAR5 级轨道谱,机车运行速度不高于 110 km/h 时,运行平稳性合格,见图 14。

采用 AAR5 级轨道谱,机车运行速度不高于 100 km/h 时,运行品质满足 GB/T 5599—2019 标准要求,见图 15。

5.3.3 运行稳定性

经计算,采用 AAR5 级轨道谱时,车辆能以不超

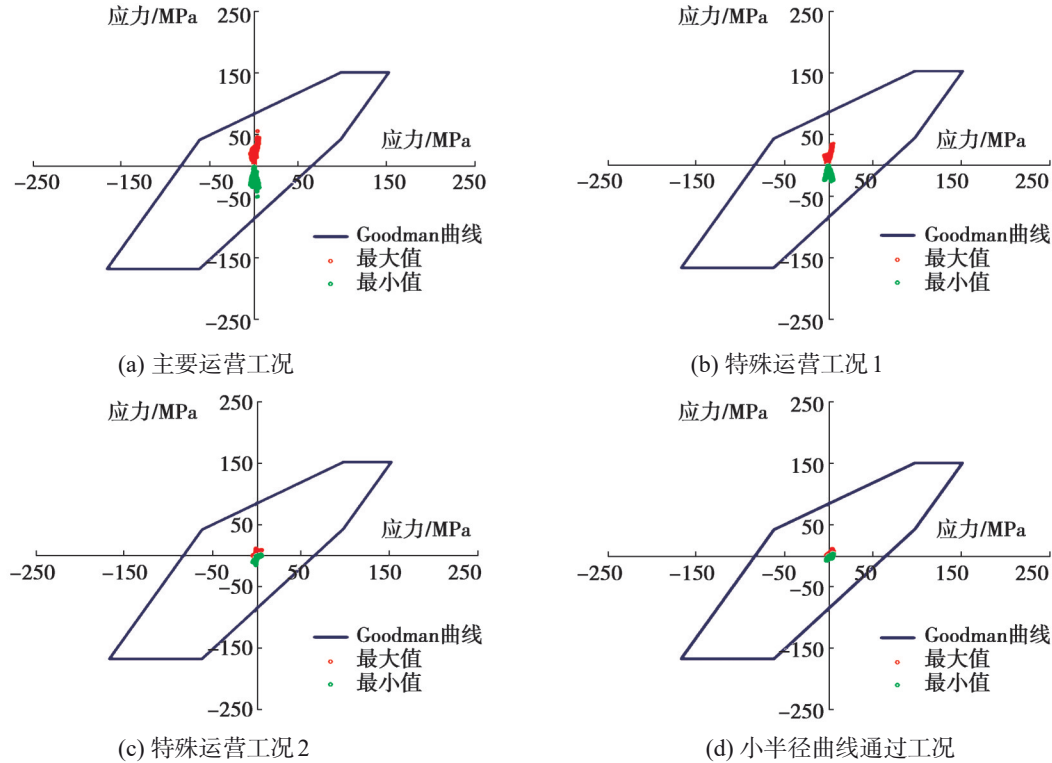


图 12 牵引座焊缝疲劳强度评定 Goodman 图

Fig. 12 Fatigue strength assessment Goodman diagram of weld seams on traction seats

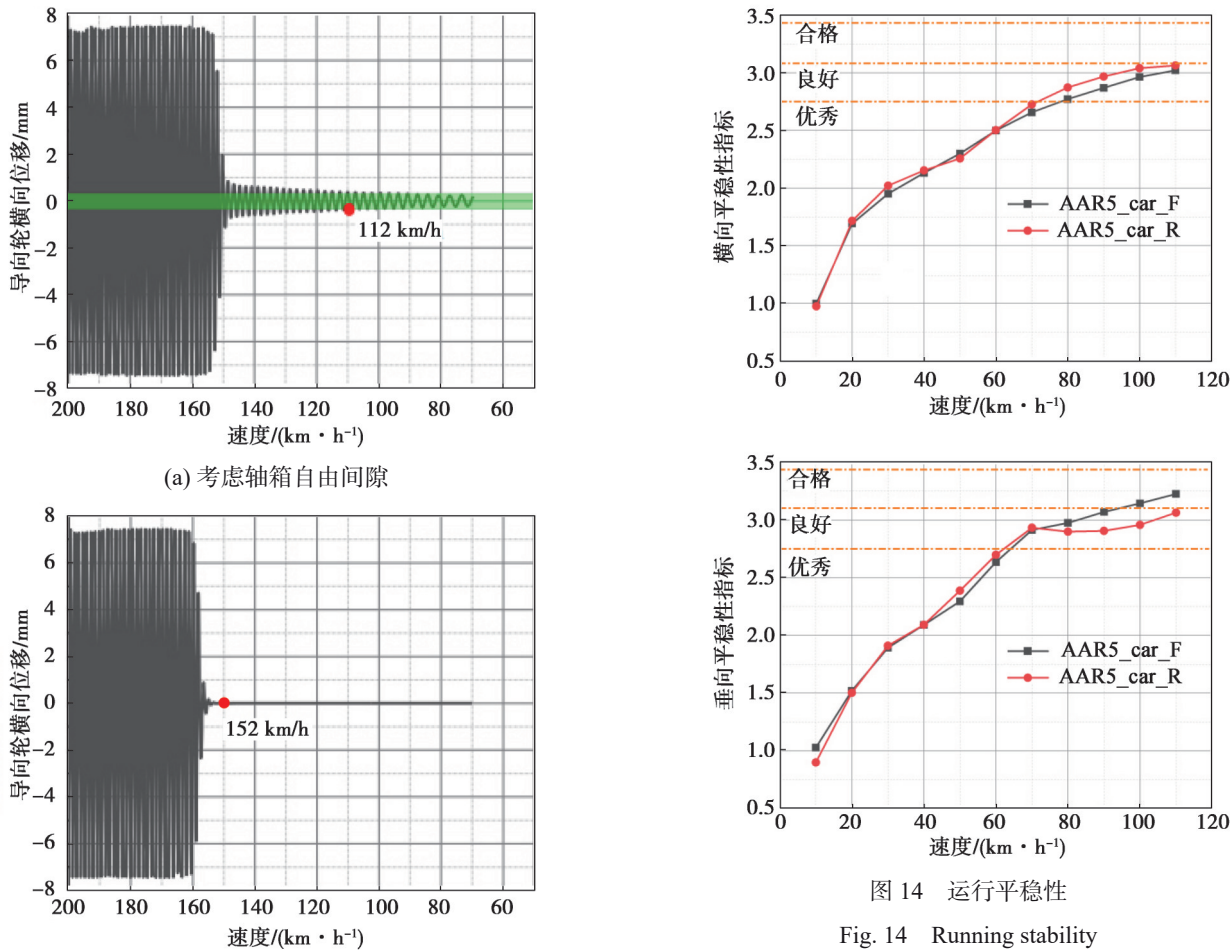


图 13 非线性临界速度

Fig. 13 Nonlinear critical speed

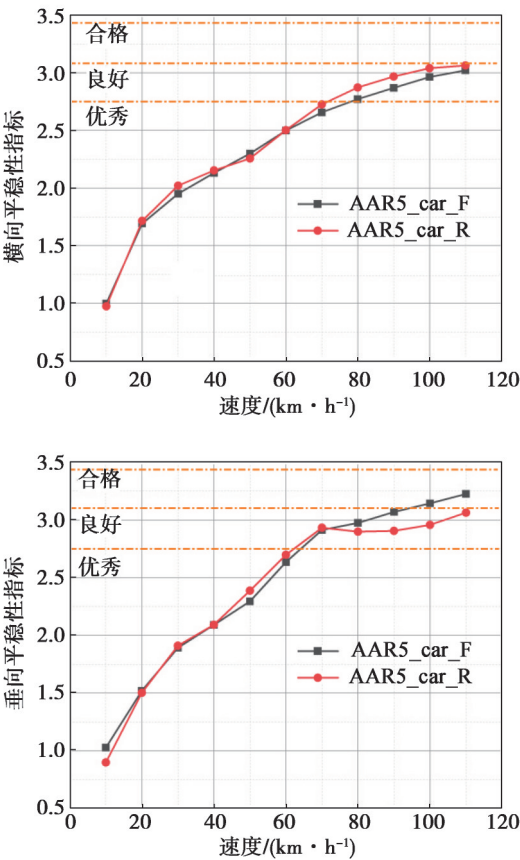


图 14 运行平稳性

Fig. 14 Running stability

过 35 km/h 速度通过 R145 m 曲线, 能以不超过 75 km/h 速度通过 R300 m 曲线, 计算结果见表 5。

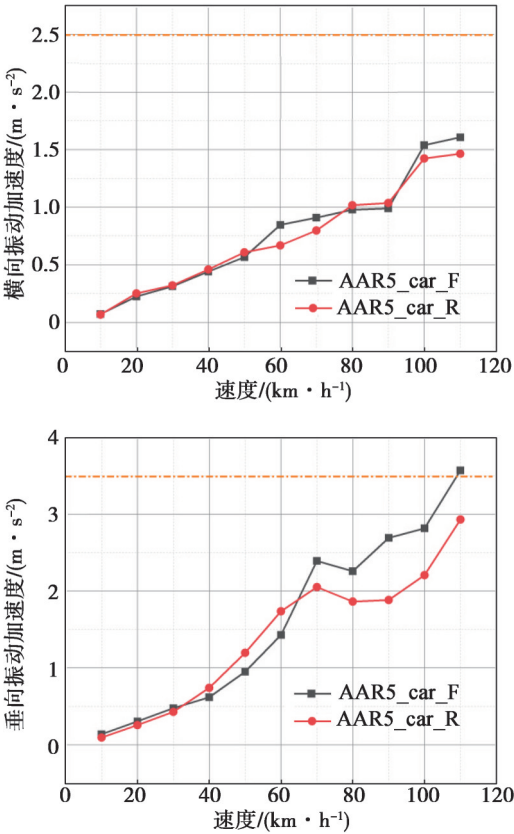


图 15 运行品质
Fig. 15 Running quality

表 5 运行稳定性指标
Table 5 Running stability indicators

稳定性指标	脱轨系数	轮重减载率	轮轴横向力/kN
评价标准 ^[8]	< 0.90	≤0.65	91.74
计算值 (AAR5, R145 m, ≤35 km/h)	≤0.74	≤0.58	≤72.52
(AAR5, R300 m, ≤75 km/h)	≤0.69	≤0.61	≤62.11

5.4 牵引性能验证

在机车运抵塞拉利昂运用现场后，在机车实际运营线路条件下，进行了牵引性能试验验证，以下将进行分析。

5.4.1 坡起试验

双机重联牵引 8 500 t 在 8‰ 的坡道线路（相当于双机牵引 10 000 t 在 6.3‰ 的坡道条件下坡起）进行了坡起试验。试验结果表明，机车牵引货列成功实现坡起，在 0 ~ 5 km/h 速度范围内，单台机车稳定输出 515 kN 的牵引力，对应启动黏着系数 0.35，满足用户运用要求。

5.4.2 牵引功率试验

双机重联牵引 8 500 t 进行了牵引功率验证试验，验证单台机车在最高手柄位时机车的牵引特性。试验结果表明，机车牵引功率满足设计要求，各速度条件下的具体数据如表 6。

表 6 牵引功率试验数据

Table 6 Traction power test data

	参数项目	10 km/h	20 km/h	30 km/h	40 km/h	50 km/h	60 km/h
设计数据	牵引力/kN	488×(1±5%)	434×(1±5%)	315×(1±5%)	236×(1±5%)	189×(1±5%)	157×(1±5%)
	轮周功率/kW	2 355×(1±5%)	2 400×(1±5%)	2 623×(1±5%)	2 623×(1±5%)	2 623×(1±5%)	2623×(1±5%)
试验数据	牵引力/kN	485	435	317	238	188	158
	轮周功率/kW	2 350	2 416	2 641	2 644	2 611	2 633

6 机车运用情况

2024 年 5 月，10 台机车正式投入塞拉利昂的新唐克里里铁矿石运输，新唐克里里铁矿石 2024 年 6 月单月运量成功突破百万吨大关，达到 100.74 万吨，1 月之内 3 次刷新了当地铁矿石运量记录，原本 2.1 万吨的日运量提升至 3.2 万吨。截至 2025 年 3 月，平均每台机车累计运行里程达 9 万公里，机车可利用率达 98.5%，受到用户好评。

7 结束语

出口塞拉利昂交流传动内燃机车是中车资阳机车有限公司自主研发的世界最大功率窄轨交流传动内燃机车，从合同签订，到机车研制，再到履约交付，全过程仅用了短短 3 个多月时间，创造了世界内燃机车研

制历时最短记录，彰显了“中国速度”。该型机车的成功运营，实现了新唐克里里铁矿石运量的历史性突破。未来，随着混合能源化、电能高效化、智能化等在轨道交通领域的深度融合，可通过储能器件（动力电池）、碳化硅变流元件、永磁同步牵引系统以及万吨级多机重联智能控制技术等的应用，实现该型机车的性能升级与节能减排，为客户创造更丰厚的商业运营价值。

参考文献：

[1] 姜军胜, 胡鹏, 张海坤, 等. 西非铁矿资源特征及成矿规律[J]. 地质通报, 2023, 42(8): 1276-1290.
JIANG Junsheng, HU Peng, ZHANG Haikun, et al. The iron ore resource feature and metallogenic regularity in western Africa[J]. Geological bulletin of China, 2023, 42 (8): 1276-1290.
[2] 朱兵, 郭力, 韩笑, 等. 出口澳大利亚 3 150 kW 交流传动内

燃机车[J]. 机车电传动, 2024(1): 39-45.

ZHU Bing, GUO Li, HAN Xiao, et al. 3 150 kW AC drive diesel locomotive designed for export to Australia[J]. Electric drive for locomotives, 2024(1): 39-45.

[3] 国家铁路局. 列车牵引计算 第1部分: 机车牵引式列车: TB/T 1407.1—2018[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2018.

National Railway Administration of the People's Republic of China. Railway train traction calculation Part 1: trains with locomotives: TB/T 1407.1—2018[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2018.

[4] 鲍维千. 机车总体及转向架[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2010.

BAO Weiqian. Locomotive general structure and bogies[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2010.

[5] 中国铁路总公司运输局机务部. 铁路机车概要: 交流传动内燃、电力机车[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2017.

Locomotive Department of the Transport Bureau, China Railway Corporation. Overview of railway locomotives: AC transmission diesel and electric locomotives[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2017.

[6] 中华人民共和国铁道部. 机车车体静强度试验规范: TB/T 2541—2010[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2011.

Ministry of Railways of the People's Republic of China. Diesel and electric locomotive car body structure strength test specification: TB/T 2541—2010[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2011.

[7] 国家铁路局. 机车车辆强度设计及试验鉴定规范 总则: TB/T 3548—2019[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2019.

National Railway Administration of the People's Republic of China. Strength design and test accreditation specification for rolling stock-bogie Part 1: bogie frame: TB/T 3548—2019[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2019.

[8] 国家铁路局. 机车车辆动力学性能评定及试验鉴定规范: GB/T 5599—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.

National Railway Administration of the People's Republic of China. Specifications for dynamic performance assessment and testing verification of rolling stock: GB/T 5599—2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.

Narrow-gauge and high-power AC transmission diesel locomotives
exported to Sierra Leone

ZHU Bing¹, LIU Jun¹, ZHAO Changjie¹, CHEN Xiaoxu¹, ALPHA Kamara²

(1. Product R&D Center, CRRC Ziyang Co., Ltd., Ziyang, Sichuan 641301, China;
2. Leone Rock Metal Group, Freetown, Sierra Leone)

Abstract: With the continuous increase in annual mining output at the New Tonkolili Iron Ore Mine in Sierra Leone, the existing locomotives can no longer meet operational requirements. To address this issue, this paper proposes to develop and export narrow-gauge high-power AC transmission diesel locomotives to Sierra Leone. To address the problems of existing DC transmission locomotives at the New Tonkolili Iron Ore Mine, the locomotive design principles were defined, the technical research was performed on traction and transmission system, bogie system, and overall integration, culminating in the completion of the locomotive design. Simulation verification, testing verification and operational conditions demonstrate that all performance metrics of the locomotives meet operational requirements, so the locomotives can effectively enhance the transportation capacity of the New Tonkolili Iron Ore Mine and achieve a historic breakthrough in iron ore transport volume.

Keywords: narrow-gauge; high-power; AC transmission; diesel locomotive