



一种机车变轨距转向架结构方案设计

蒲全卫, 廖从建, 钟晓波, 彭 波
(中车株洲电力机车有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘 要: 为解决不同轨距铁路区间直通运行问题, 文章设计了一种适应1 000 mm到1 435 mm轨距变化的机车变轨距转向架及其轮对, 通过对不同锁紧解锁方式的分析, 选定了车轮锁紧式方案, 并在此基础上确立了转向架总体方案和主要技术参数。文章重点分析了轮对及轨距变换过程, 包括锁紧解锁机构内部结构、锁紧与解锁原理, 以及销轴弹簧和轴向定位弹簧的设计。通过运动仿真分析, 确立了销轴和楔形滑动块的摩擦因数。按照进入、解锁、变轨、锁紧和退出5个阶段描述了变轨过程, 同时阐述了与变轨距轮对配合的地面变轨设施原理。文章提出的新型变轨距机车转向架方案及轮对的锁紧解锁原理和变轨过程, 可作为后续开展变轨距机车转向架深入研究和工程化应用的参考。

关键词: 变轨距; 机车; 转向架; 轮对; 地面变轨设施

中图分类号: U260.331

文献标志码: A

文章编号: 1000-128X(2025)01-0091-06

0 引言

随着“一带一路”倡议和“走出去”战略的实施, 要求加快轨道交通技术与产业的国际化进程, 因不同国家、不同地区的轨距多样化, 为有效地解决轨距不同区间的直通运行, 做到既省时又便利, 因此很有必要研制适应不同轨距的轨道交通车辆。

变轨距转向架是变轨距轨道交通车辆的关键部件, 在机车、客车、动车、货车领域, 国外都有成熟的技术和运营经验^[1], 国内已经在变轨距动车组转向架方面开展了大量研究工作, 如1 435/1 520 mm变轨距动车组^[2]和600/1 067 mm变轨距动车组^[3]。在变轨距机车转向架方面, 国外西班牙Talga公司开发了适用于内燃机车和电力机车的变轨距机车转向架, 变轨原理基于Talga RD变轨距系统, 适用轨距1 435/1 668 mm^[4-5], 国内中车大同电力机车有限公司开展了25 t轴重1 435/1 520 mm变轨距机车转向架的技术研究^[6]。本文将介绍一种1 000/1 435 mm变轨距机车转向架及其轮对。

1 锁紧解锁方式分析

变轨距转向架与传统转向架的最大不同是变轨距

转向架要设置专门的车轮锁紧解锁机构, 实现车轮在车轴上的预定行程移动和预定位置固定。按照锁紧解锁机构所处的部位, 大致可以将锁紧解锁机构分为三大类, 以下将对其进行详细介绍。

1.1 构架锁紧式

构架锁紧式变轨距转向架锁紧装置位于构架上。该方案将构架一分为二, 半构架带着车轮移动到不同位置, 实现不同轨距的变换, 可以实现大位移的移动。该方案可用于转向架质量较小的客车或动车转向架, 瑞士的Prose EV09变轨距转向架采用了该方案, 国内中车唐山公司研制的一款客用动力变轨距转向架也采用了该方案。考虑到机车转向架质量远大于客车或动车转向架, 驱动装置占用转向架内部空间大, 锁紧解锁方式未采用构架锁紧式方案。

1.2 轴箱锁紧式

轴箱锁紧式变轨距转向架锁紧装置位于轴箱上。由于不占用两车轮之间的空间, 主要用于动力转向架上, 如日本的E30系列、西班牙的CAF BRAVA、国内的更高速度等级的可变轨距动车组转向架都采用了该

通信作者: 蒲全卫, 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事机车车辆转向架及轮对的研究; E-mail: puquanwei@163.com

引用格式: 蒲全卫, 廖从建, 钟晓波, 等. 一种机车变轨距转向架结构方案设计[J]. 机车电传动, 2025(1): 91-96.DOI:10.13890/j.issn.1000-128X.2025.01.111.

Citation: PU Quanwei, LIAO Congjian, ZHONG Xiaobo, et al. Conceptual design of a gauge-changeable locomotive bogie structure[J]. Electric drive for locomotives, 2025(1): 91-96.DOI:10.13890/j.issn.1000-128X.2025.01.111.

种锁紧解锁方式。采用轴箱锁紧式方案，轴箱的结构和轴箱轴承的承载分析是研究的重点内容，尤其是本项目要实现 1 000/1 435 mm 的轨距变换，且机车转向架簧上质量显著大于动车组转向架簧上质量，轴箱轴承承受的偏载情况会更严重。

1.3 车轮锁紧式

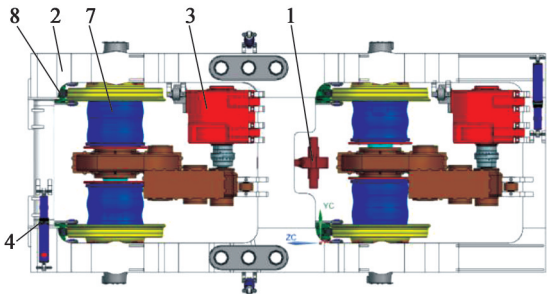
车轮锁紧式变轨距转向架锁紧装置位于车轮内侧，主要用于非动力变轨距转向架，如德国的 DB AG/Rafil V、西班牙的 OGI、波兰的 SUW2000 以及韩国的 KGCW 变轨距轮对。

轴箱锁紧式和车轮锁紧式都是主流锁紧方式，都有成熟可靠的应用业绩。为规避专利，同时考虑到轴箱锁紧对轴箱轴承的影响，本文研发的变轨距机车转向架采用车轮锁紧式方案。

2 转向架总体方案

图 1(a)是变轨距机车转向架的整体结构，图 1(b)和图 1(c)分别对应轨距 1 000 mm 和轨距 1 435 mm 情况下的转向架。转向架主要技术参数见表 1。

转向架为二轴动力转向架，适应 1 435 mm 轨距和 1 000 mm 轨距。基础制动采用踏面制动，基础制动具有随动功能，能够适应 1 435 mm 轨距和 1 000 mm 轨距。驱动装置由牵引电机、联轴节、齿轮箱组成。由于车轴上布置有锁紧解锁机构，无法再设置抱轴箱，因此牵引电机只能全悬挂在构架上，另外，机车牵引电机质量较大，还需要设置吊杆用于承受电机惯性载荷，同样是由于布置有锁紧解锁机构，只能将吊杆悬



(c) 转向架整体结构(轨距 1 435 mm)

1—牵引装置;2—构架;3—牵引电机;4—横向减振器;5—联轴节;6—齿轮箱;7—变轨距轮对;8—基础制动装置;9—二系弹簧;10—二系垂向减振器;11—轴箱。

图 1 变轨距机车转向架

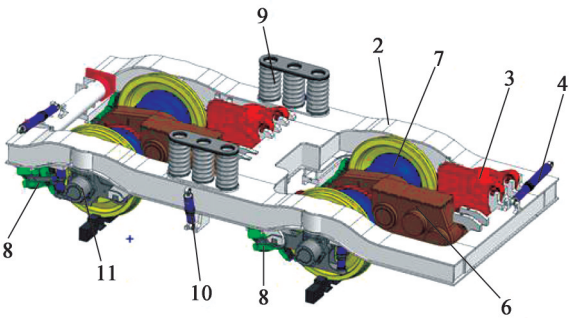
Fig. 1 Gauge-changeable locomotive bogie

挂点设置在构架侧梁上。电机和齿轮箱通过齿式联轴节连接，齿轮箱一端抱轴悬挂在车轴上，一端通过吊杆悬挂在构架上。考虑齿轮箱下部限界和电机距车轴之间的距离，采用两级齿轮传动方案。齿轮箱采用上、下分箱结构，由于电机和联轴节已经占用了轴向空间，上箱体采用偏置结构；一系悬挂采用圆柱螺旋钢弹簧，轮对轴箱采用转臂式定位；二系悬挂采用圆柱螺旋钢弹簧，配以垂向、横向液压减振器。牵引装置采用中部单拉杆牵引。构架形式为“日”字形构架。轴箱采用传统机车轴箱结构，轴箱轴承采用免维护双列圆柱滚子轴承单元。

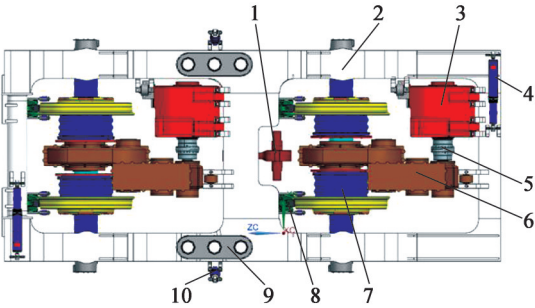
表 1 转向架主要技术参数

Table1 Main technical parameters of bogie

参数项目	参数值或说明
轴式	B ₀ -B ₀
最高运行速度/(km·h ⁻¹)	120
轴重/t	≤21
轨距/mm	1 435/1 000
轴距/mm	2 900
转向架中心距/mm	10 800
轮径(新/全磨耗)/mm	1 050/970
电机功率/kW	510
通过最小曲线半径/m	125
踏面外形	JM ₃
限界	GB 146.1 和米轨机车限界



(a) 转向架整体外形结构



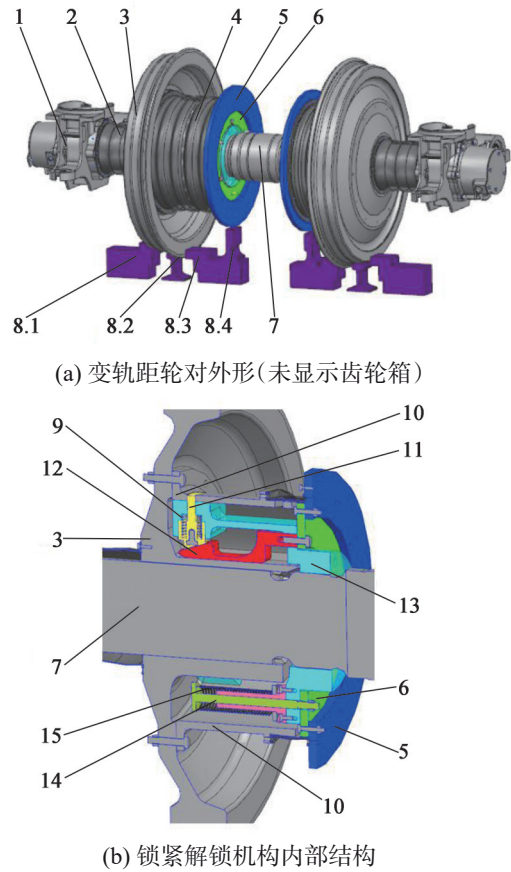
(b) 转向架整体结构(轨距 1 000 mm)

3 变轨距轮对及变轨过程

图 2 展示了变轨距轮对的外形和内部结构，轮对上预留了驱动装置安装位置，车轮内外侧采用橡胶波纹密封管进行密封。

西班牙 OGI 变轨距轮对、波兰 SUW2000 变轨距轮对都采用了弹性锁爪锁紧轮毂上凹槽的锁紧方式，德国 DB AG/Rafil V 变轨距轮对采用了锁紧杠杆锁紧轮毂上凹槽的锁紧方式，韩国 KGCW 变轨距轮对采用了锁

紧套筒锁紧车轮的方式。本文研发的变轨距轮对采用了销轴锁紧安装在车轮辐板上的套筒的锁紧方式。本文研发的变轨距轮对解锁原理与上述变轨距轮对解锁原理相同, 都需要解锁轨移动摩擦盘克服内部弹簧的弹簧力实现解锁, 而轮对离开解锁轨后, 内部弹簧的弹簧力又能实现锁紧机构锁紧。



1—轴箱;2—外侧波纹管;3—车轮;4—内侧波纹管;5—摩擦盘;6—过渡盘;7—车轴;8.1—地面变轨设施导向轨外轨;8.2—地面变轨设施承载轨;8.3—地面变轨设施导向轨内轨;8.4—地面变轨设施解锁轨;9—锁紧弹簧;10—套筒;11—销轴;12—楔形滑动块;13—爪盘;14—轴向定位杆;15—轴向定位弹簧。

图2 变轨距轮对

Fig. 2 Gauge-changeable wheelset

3.1 锁紧与解锁原理

3.1.1 锁紧原理

车轮车轴之间采用花键配合。楔形滑动块固定在过渡盘上, 过渡盘和轴向定位杆固定, 轴向定位杆在轴向定位弹簧的作用下处于固定状态, 从而使楔形滑动块也处于固定状态, 楔形滑动块限制销轴沿车轮径向移动, 楔形滑动块锁紧销轴。销轴将车轮锁紧, 限制车轮沿车轴方向位移。

3.1.2 解锁原理

在地面变轨设施解锁轨(见图3)的作用下, 摩擦盘克服轴向定位弹簧的内部弹簧力, 实现过渡盘和楔

形滑动块的轴向内侧移动, 销轴在销轴弹簧的作用下沿车轮径向移动, 销轴与套筒分离, 实现车轮解锁。

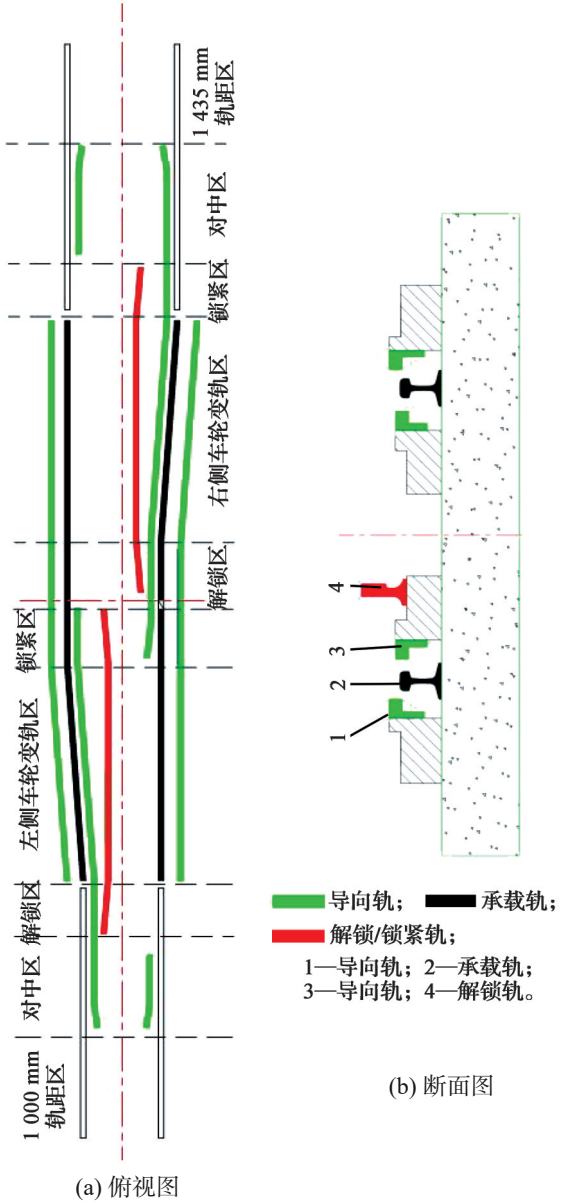


图3 地面变轨设施原理

Fig. 3 Principle diagram of ground transformation facility

3.2 销轴弹簧设计

销轴弹簧应具备足够的预压力, 以克服销轴摩擦力和自身重力, 达到解锁目的。但锁块预压力不应过大, 否则将产生较大阻力, 导致楔形滑动块无法移动。根据结构空间初步确定销轴弹簧参数如表2。

3.3 轴向定位弹簧设计

轴向定位弹簧需要具备一定的刚度以克服振动载荷。同时还需要具备一定的预压缩力, 能够复原楔形滑动块。

3.3.1 弹簧刚度要求

摩擦盘和过渡盘的惯性质量 $m=65\text{ kg}$, 横向振动加速度参考 EN 13749, 按 $10g$ 进行分析, 则惯性力 F 计

表2 销轴弹簧主要参数

Table 2 Main parameters of pin spring

参数项目	参数值
弹簧直径/mm	6
中径/mm	40
总圈数	6.8
有效圈数	5
自由高度/mm	75
旋绕比	6.67
刚度/(N·mm ⁻¹)	39.74
工作高/mm	45.00
压并高度/mm	28.20
压缩位移/mm	30.00
弹簧应力/MPa	562.50
预紧力/N	1 192.22

算如下：

$$F=65 \times 10 \times 9.8/3 \approx 2\,123\text{ N} \tag{1}$$

销轴插入套筒深度为 15 mm，为保证锁紧，在惯性振动载荷下，销轴下降高度 h 应小于 10 mm，则楔形滑动块横向运动量 y 应满足式(2)。

$$y < \frac{h}{\tan \alpha} = 30\text{ mm} \tag{2}$$

式(2)中 α 为楔形滑动块楔面角度， $\alpha = 18^\circ$ ，则轴向定位弹簧刚度 K 应满足式(3)。

$$k > \frac{F}{y} = 70\text{ N/mm} \tag{3}$$

3.3.2 弹簧预压力要求

弹簧应具有一定的预压力，能够复原锁舌，复原力 F_x 应满足式(4)。

$$F_x > F_s \tan \alpha + \frac{\mu F_s}{\cos \alpha} = 624\text{ N} \tag{4}$$

式中： F_s 为销轴弹簧的预紧力； μ 为销轴与楔形滑动块之间的摩擦因数。

根据刚度要求、预压力要求以及结构空间，初步确定弹簧参数如表 3。

根据上述弹簧设计，校核了弹簧应力，销轴弹簧应力为 562 MPa，轴向定位弹簧应力为 660 MPa，满足强度要求。

3.4 运动仿真分析

在 Simpack 中建立销轴、楔形滑动块仿真模型如图 4 所示，两者之间定义 197 号力元 (Geom.Prim.Contact)，即几何接触模型，销轴弹簧和轴向定位弹簧的参数如表 2 和表 3。

仿真时首先给定一个外力，模拟解锁轨的强迫力让两者分离，然后取消该力，观察两者是否能够复原。销轴和楔形滑动块之间的磨擦因数 μ 如果小于 0.3，则可以顺利复原；如果 μ 大于等于 0.3，则不能复原。因

表3 轴向定位弹簧主要参数

Table 3 Main parameters of axial positioning spring

参数项目	参数值
弹簧直径/mm	11
中径/mm	50
总圈数	13.8
有效圈数	12
自由高度/mm	220
细长比	4.40
旋绕比	4.55
刚度/(N·mm ⁻¹)	95.78
工作高/mm	200.00
预压力/N	1 915.53
压并高度/mm	128.70
解锁位移/mm	55.00
弹簧应力/MPa	687.50

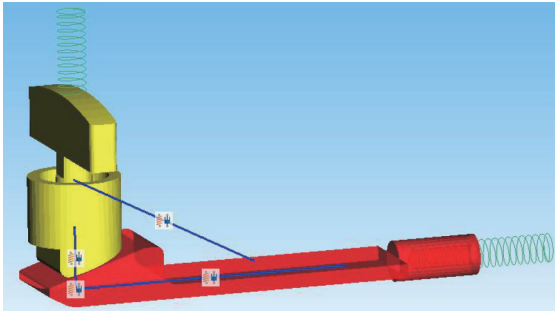


图4 仿真模型

Fig. 4 Simulation model

此，磨擦因数 μ 应尽可能小，除对接触表面有粗糙度要求外，还需要在接触表面涂抹润滑脂。

3.5 变轨过程

变轨过程中采用车轮承载的方式，因为没有其他结构约束轮对的横向晃动，在两车轮同时解锁时车轴的横向自由度将被释放，所以采用了一侧车轮锁紧走行，另一侧解锁变轨的方式。下面对具体的变轨过程的描述中，仅仅展示了一侧车轮的变轨过程，在一侧车轮完成变轨后，另一侧车轮的变轨过程与其完全相同。

3.5.1 进入阶段

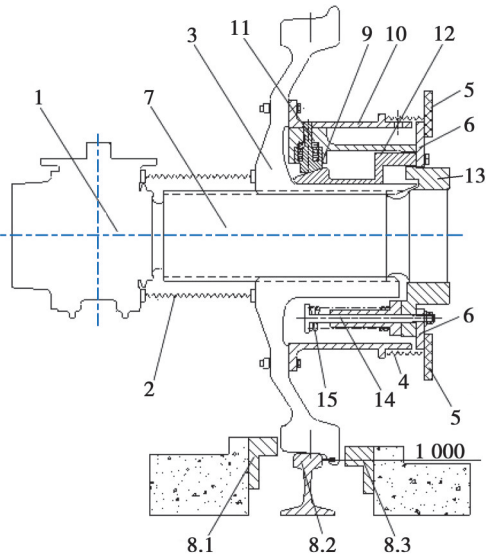
轮对进入地面变轨设施，在对中区通过导向轨实现轮对对中，如图 5 所示。

3.5.2 解锁阶段

解锁阶段有以下几个动作：① 摩擦盘在地面变轨设施解锁轨的作用下向右侧移动；② 轴向定位杆克服轴向定位弹簧预压力向右侧移动；③ 楔形滑动块向右侧移动；④ 销轴向下移动（如图 6 中箭头指示方向），直至和套筒分离。

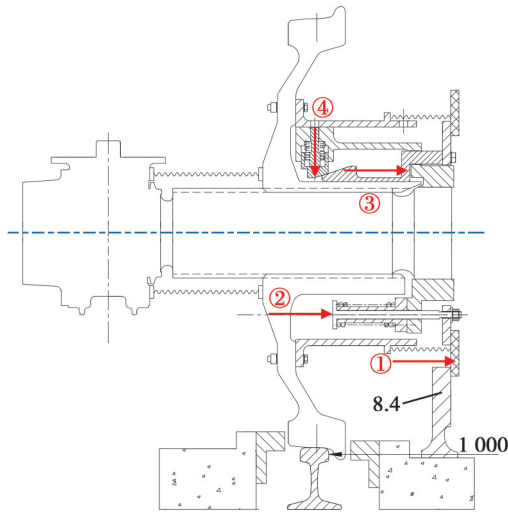
3.5.3 变轨阶段

车轮在地面变轨设施导向轨的作用下，向左侧移



1—轴箱;2—外侧波纹管;3—车轮;4—内侧波纹管;5—摩擦盘;6—过渡盘;7—车轴;8.1—地面变轨设施导向轨外轨;8.2—地面变轨设施承载轨;8.3—地面变轨设施导向轨内轨;9—锁块弹簧;10—套筒;11—销轴;12—楔形滑动块;13—爪盘;14—轴向定位杆;15—轴向定位弹簧。

图5 进入阶段
Fig. 5 Stage of entry



8.4—地面变轨设施解锁轨。
图6 解锁阶段
Fig. 6 Stage of unlocking

动, 如图7所示。

3.5.4 锁紧阶段

车轮移动到预定位置, 即销轴和套筒上的定位槽对齐, 地面变轨设施解锁轨脱离摩擦盘, 然后执行以下动作: ①轴向定位杆在轴向定位弹簧预压力作用下向左移动; ②楔形滑动块向左移动; ③楔形滑动块推动销轴向上移动, 销轴插入套筒上的定位槽。过程如图8所示。

3.5.5 退出阶段

车轮锁紧后, 退出该侧变轨区, 另一侧车轮按照进入阶段动作开始变轨。过程如图9所示。

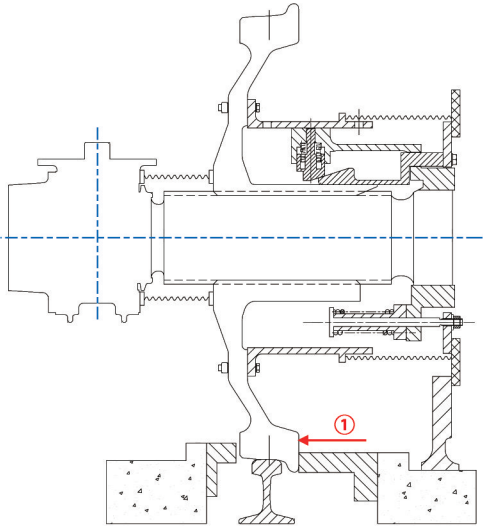


图7 变轨阶段
Fig. 7 Stage of gauge changing

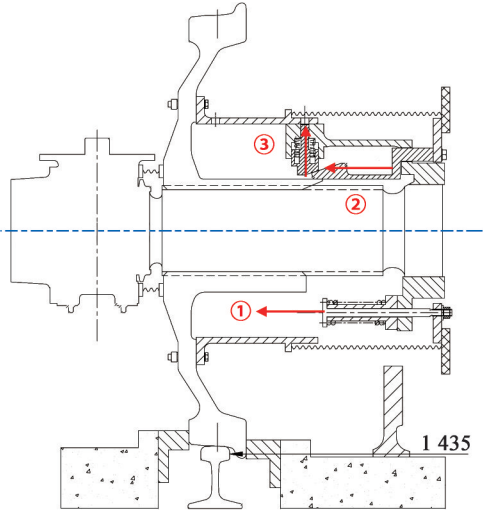


图8 锁紧阶段
Fig. 8 Stage of locking

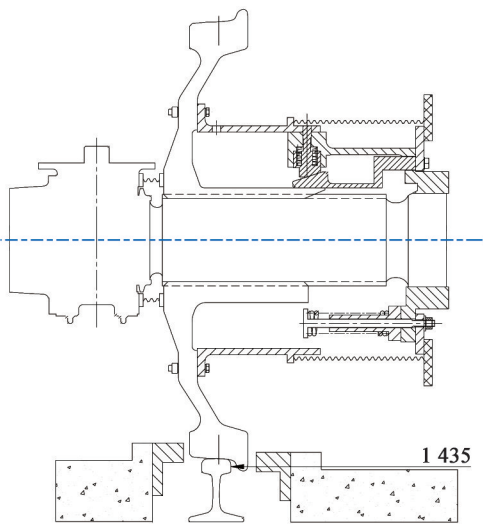


图9 退出阶段
Fig. 9 Stage of exit

4 地面变轨设施原理

地面变轨设施与变轨距轮对配合, 实现车轮在预

定位置的解锁和锁紧,不同的变轨原理对应着不同的地面变轨设施^[7](见图3)。不同于轴箱锁紧式锁紧解锁机构,该机车转向架变轨时采用车轮承载方式,承载轨被简化,因此地面变轨设施较为简单,分为对中区、解锁区、左侧车轮变轨区、锁紧区和右侧车轮变轨区,由于车轮承载方式采用了一侧锁紧走行,另一侧解锁变轨的方式,导致变轨装置的长度增加。

5 结束语

本文提出了一种新型结构的适应轨距 1 000 mm 到 1 435 mm 的变轨距机车转向架方案,并对变轨距轮对其变轨过程进行了重点研究,可以为后续开展变轨距机车转向架深入研究和工程化应用提供参考。

参考文献:

- [1] 李芾,邵亚堂,黄运华,等. 国外变轨距列车及其转向架的发展与研究[J]. 机车电传动, 2018(3): 1-13.
LI Fu, SHAO Yatang, HUANG Yunhua, et al. Development and research of foreign gauge-changeable train and bogie [J]. Electric drive for locomotives, 2018(3): 1-13.
- [2] 周殿买,徐彬,黄志辉,等. 400 km/h 高速动车组变轨距走行系统关键技术研究[J]. 机车电传动, 2020(2): 23-25.
ZHOU Dianmai, XU Bin, HUANG Zhihui, et al. Key technology design of variable gauge running system for 400 km/h high-speed EMU[J]. Electric drive for locomotives, 2020(2): 23-25.
- [3] 刘晓妍,黄运华,张隶新,等. 600/1 067 mm 变轨距动车组转向架方案选型分析[J]. 机车电传动, 2018(6): 33-37.
LIU Xiaoyan, HUANG Yunhua, ZHANG Lixin, et al. Model selection analysis of 600/1 067 mm gauge changeable bogie[J]. Electric drive for locomotives, 2018(6): 33-37.
- [4] ZANDER C P,王秀丽,韩才元. TALGO BT 型可变轨距内燃动车[J]. 国外内燃机车, 2001(2): 1-10.
ZANDER C P, WANG Xiuli, HAN Caiyuan. TALGO BT type variable gauge diesel locomotive[J]. Foreign railway locomotive and motor car, 2001(2): 1-10.
- [5] 刘志荣. 双轨距机车开始试运行[J]. 变流技术与电力牵引, 2005(5): 47.
LIU Zhirong. Dual-gauge locomotive to start trials[J]. Converter technology & electric traction, 2005(5): 47.
- [6] 刘志强,徐艳晖,李华. 可变轨距机车转向架关键技术分析[J]. 铁道机车与动车, 2023(6): 6-9.
LIU Zhiqiang, XU Yanhui, LI Hua. Analysis on key technologies of variable gauge locomotive bogies[J]. Railway locomotive and motor car, 2023(6): 6-9.
- [7] 邵亚堂,黄运华,张隶新,等. 变轨距列车用地面变轨设施方案设计[J]. 机车电传动, 2018(4): 10-14.
SHAO Yatang, HUANG Yunhua, ZHANG Lixin, et al. Scheme design of ground transformation facility for gauge-changeable trains[J]. Electric drive for locomotives, 2018(4): 10-14.

Conceptual design of a gauge-changeable locomotive bogie structure

PU Quanwei, LIAO Congjian, ZHONG Xiaobo, PENG Bo

(CRRC Zhuzhou Locomotive Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: To facilitate through operation on railway lines with different gauges, this paper presents the design of a gauge-changeable locomotive bogie along with wheelsets that are adaptable to gauge changes between 1 000 mm and 1 435 mm. Based on a wheel-locking mode that was selected after analyzing various locking and unlocking methods, the overall bogie solution and main technical parameters were established. The design focused on the wheelsets and the gauge-changing process, including the internal structure of the locking and unlocking device, the principles of locking and unlocking, and the design of the pin spring and axial positioning spring. Subsequent motion simulation analysis identified the friction coefficient between the pin and the wedge sliding block. The gauge-changing process was described in five stages: entry, unlocking, gauge changing, locking, and exit. Meanwhile, the principle of a ground transformation facility working in conjunction with the gauge-changeable wheelsets was explained. The new gauge-changeable locomotive bogie solution, alongside the locking-unlocking principle of the wheelsets and gauge-changing process proposed in this paper serve as a reference for further research and engineering application of gauge-changeable locomotive bogies.

Keywords: gauge-changeable; locomotive; bogie; wheelset; ground transformation facility