

标题：跨座式单轨列车与悬挂式单轨列车

单位：中车青岛四方机车车辆股份有限公司

姓名：刘玉文





第一部分

悬挂式单轨交通系统发展沿革及国外案例

第二部分

悬挂式单轨交通系统特点

第三部分

中车四方悬挂式单轨交通系统

第四部分

中车四方新一代跨座式单轨介绍



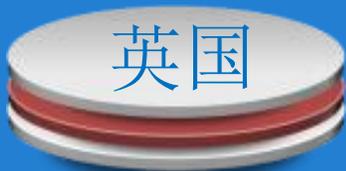


一、悬挂式单轨交通系统发展沿革及国外案例





一、悬挂式单轨交通系统发展沿革及国外案例



英国

英国人Henry Palmer
开始研究单轨系统，
并取得英国第461号的
发明专利权。

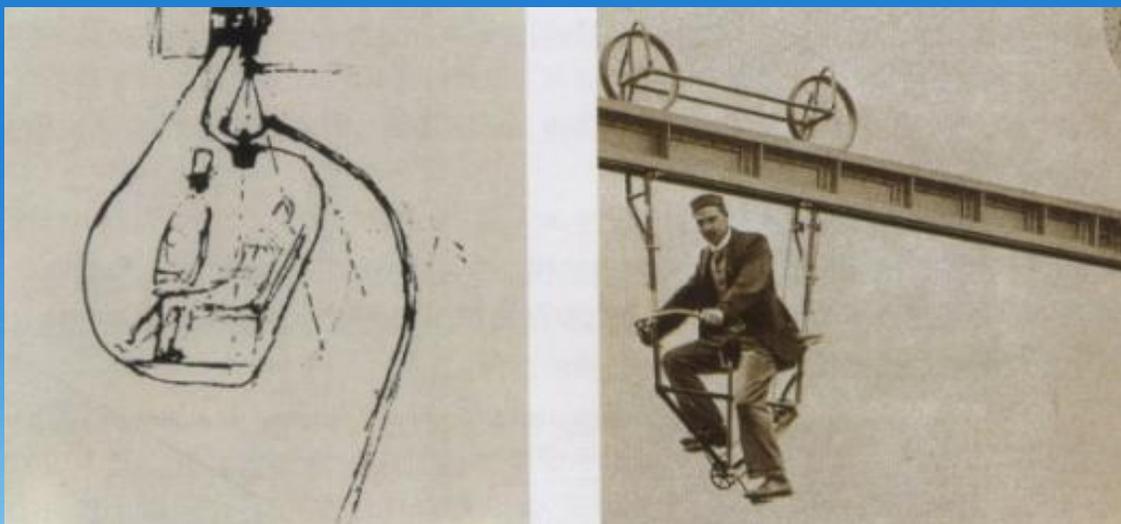
1821



德国

德国人Eugen Langen 开始研究悬挂式
单轨系统，“Schwebbahn”（应用于
后来的乌帕塔尔市）

1893



19世纪末期构思Schwebbahn时绘制草图，
LANGEN亲自试验。



一、悬挂式单轨交通系统发展沿革及国外案例



1900年10月24日，世界第一个悬挂式单轨系统在乌帕河谷完工(第一阶段路线)



日本上野动物园线全线3km，1958年12月17日正式运营，设有2座车站。



日本湘南线全长6.6公里，设有8座车站，1971年全线通车。



一、悬挂式单轨交通系统发展沿革及国外案例



1972年 德国联邦政府委托西门子公司和多特蒙德大学对悬挂式单轨进行技术改造，并把这种现代悬挂式列车系统的名称定为“H-Bahn”，“H”即“Hang”（悬挂）的缩写。



日本千叶都市线建于1988年，共有两条线路，1号线自千叶港站至县厅前站；2号线自千叶站至千城台站。总营业长度15.2 km。



2002年，德国建成开通了杜塞尔多夫空中列车线，连接机场2个航站楼，停车场与火车站。采用无人驾驶。全线双向行驶。



第一部分

悬挂式单轨交通系统发展沿革及国外案例

第二部分

悬挂式单轨交通系统特点

第三部分

中车四方悬挂式单轨交通系统

第四部分

中车四方新一代跨座式单轨介绍





二、悬挂式单轨交通系统特点

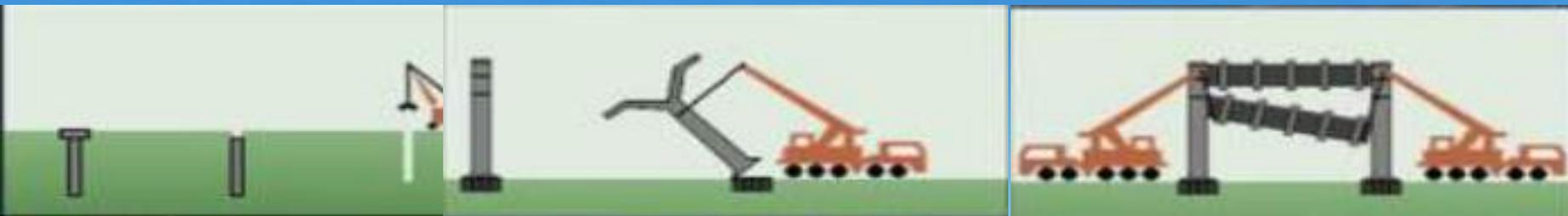




Metro Trans

二、悬挂式单轨交通系统特点

悬挂式单轨交通独特的结构设计，使其具有十大特点和优势：





二、悬挂式单轨交通系统特点

适用范围

大城市轨道交通的补充

机场航站楼间的接驳线

旅游区、主题乐园等往返线或景点间环线

地铁、轻轨、汽车站至城市中心区联络线

高铁, 城际铁路, 长途汽车站, 机场, 码头联络线

大型商务区、开发区、功能场馆内部交通线

特殊地质条件、特殊周边环境的交通线





二、悬挂式单轨交通系统特点

项目	参数	悬挂式单轨	有轨电车
爬坡能力	≥5%	✓	✓
运能水平	0.5~1.5万人/时	✓	✓
造价水平	1.5亿/公里	✓	✓
产业基础	较好	✓	✓
信号系统	可简	✓	✓
路权	非独占	✓	✓
适用范围	干线接驳等	✓	✓
地形适应性	地形适应性好	✓	✓
轨道路基	简单	✓	✓
车站	简单，间距小	✓	✓
建设周期	1~1.5年	✓	✓



第一部分

悬挂式单轨交通系统发展沿革及国外案例

第二部分

悬挂式单轨交通系统特点

第三部分

中车四方悬挂式单轨交通系统

第四部分

中车四方新一代跨座式单轨介绍





三、中车四方悬挂式单轨交通系统





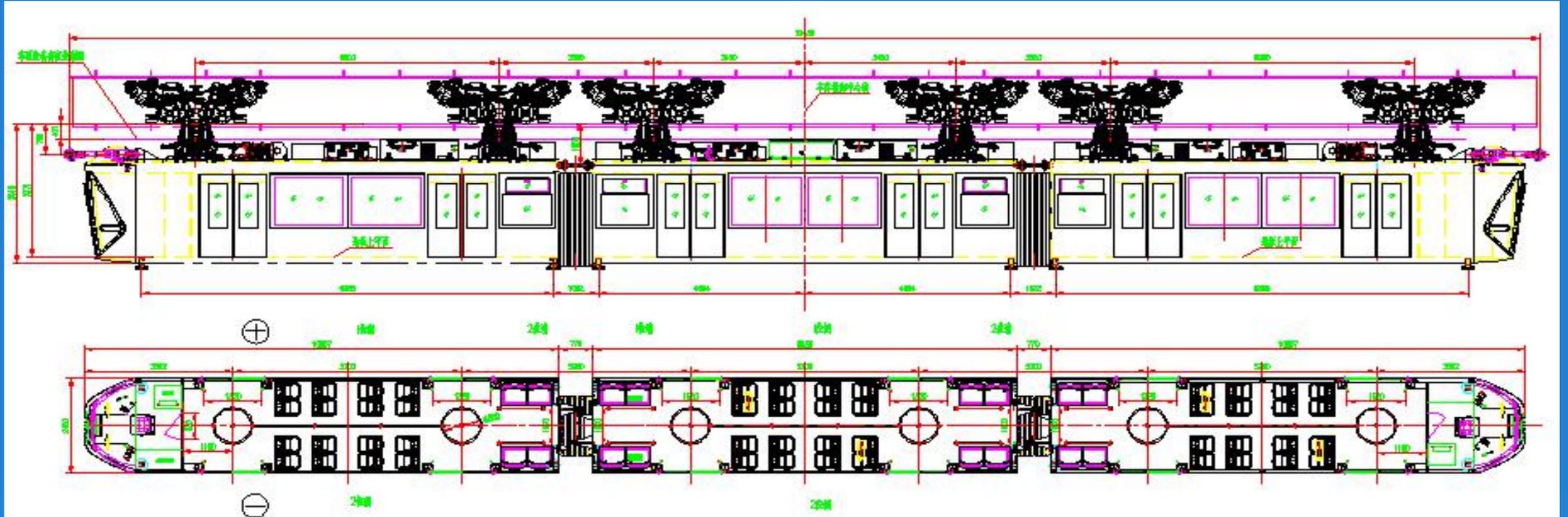
三、中车四方悬挂式单轨交通系统

- 2015年，中车四方研制了新型悬挂式车辆，并于2017年7月下线。在大量试验的基础上对车辆优化，研制了韩城项目商用车辆。
- 车辆造型新颖，技术先进，具有高可靠性和安全性。
- 车辆最高运营速度达到70km/h，最大爬坡能力达到8%。





三、中车四方悬挂式单轨交通系统



列车基本编组型式为一辆全动车编组：+Mc1- M0 - Mc2+

十：半自动密接式车钩；

—：半永久性牵引杆；

MC：带司机室的动车；

M：不带司机室的动车；



三、中车四方悬挂式单轨交通系统

	双编组	一编组	备注
车长 (m)	21	33.45	
坐席数量 (人)	40	64	
最大载客数量 (人)	180	268	
空车重 (t)	29	41.1	
最大车重 (t)	40	60	
车辆高度 (mm)		3686	导向轮距走行面
客室地板面高度 (mm)		3366	距走行面



三、中车四方悬挂式单轨交通系统

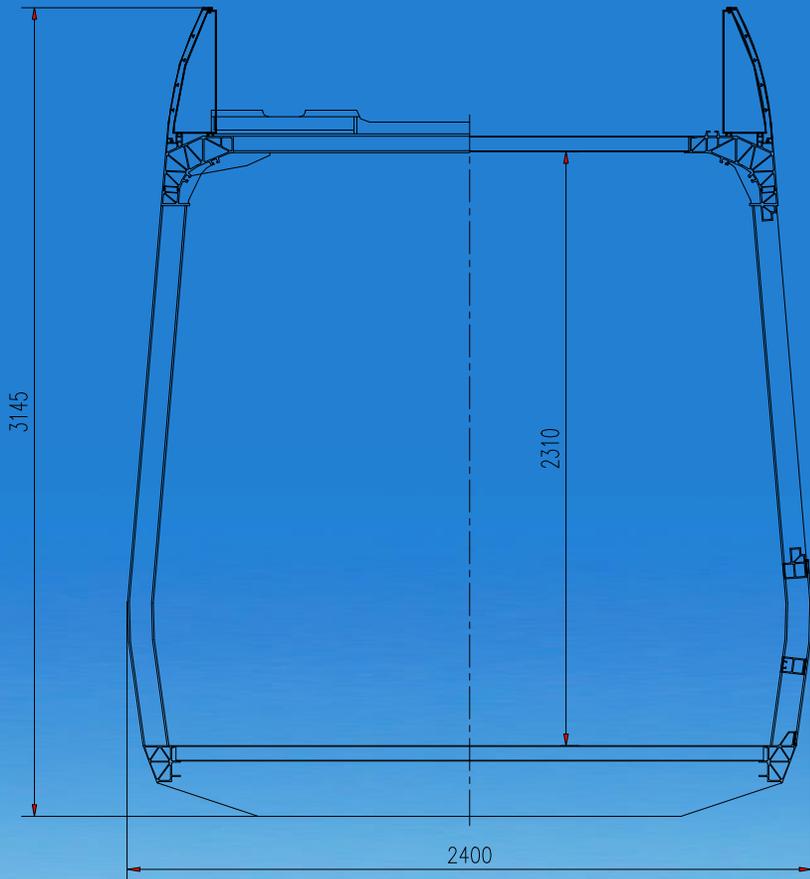
主要性能

- 最高运行速度：70km/h；构造速度：80km/h
- 列车从0加速到30km/h： $\geq 1.0\text{m/s}^2$
- 列车从0加速到70km/h： $\geq 0.5\text{m/s}^2$
- 最大常用制动减速度： $\geq 1.0\text{m/s}^2$
- 紧急制动减速度： $\geq 2.3\text{m/s}^2$ ；安全制动减速度： $\geq 1.2\text{m/s}^2$
- 停车制动能力：3辆编组列车在超员状态（AW3）下，在80‰的坡道上不溜车



三、中车四方悬挂式单轨交通系统

1.车体

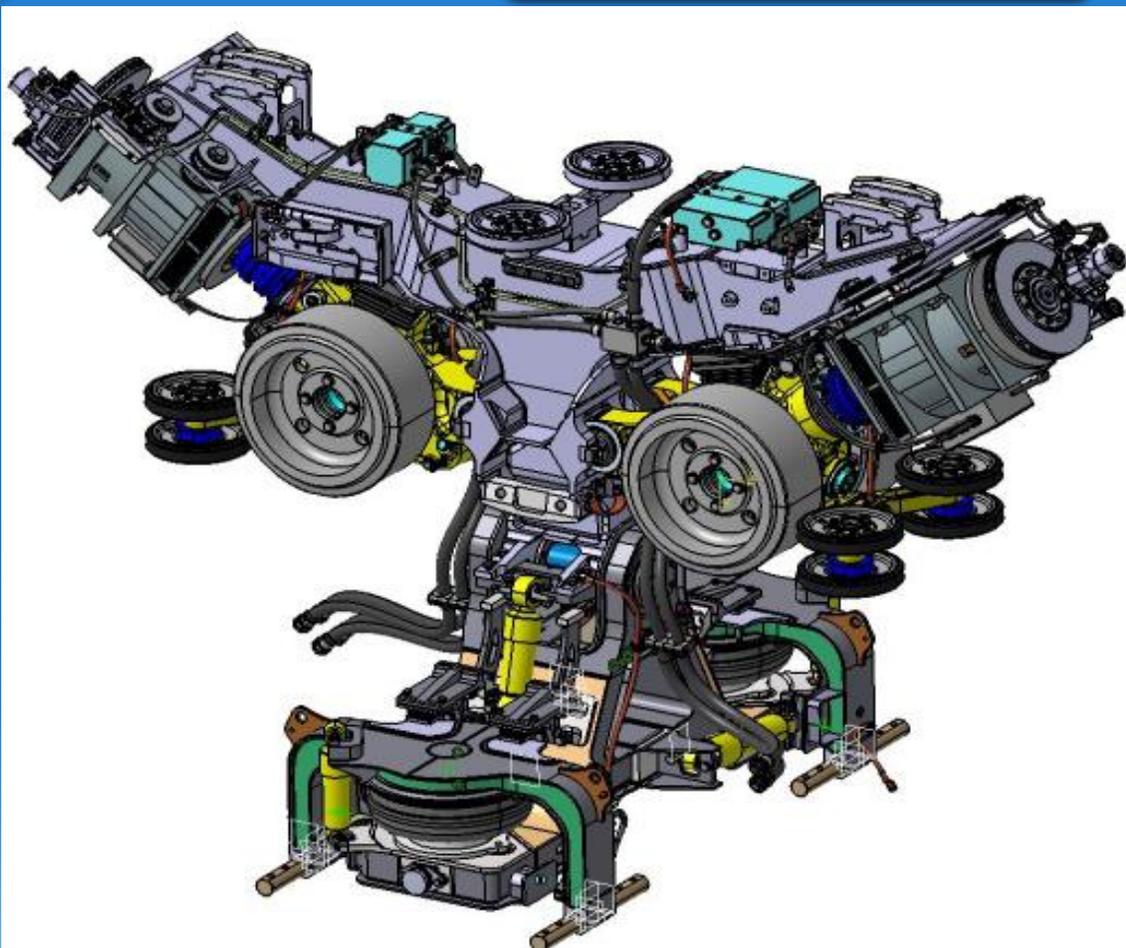


- 车体采用铝合金型材和板材制成；
- 型材化学成分满足EN573-3标准，机械性能满足EN755-2标准
- 热处理满足EN515标准；
- 焊接符合EN 15085标准要求
- 强度满足BS EN 12663-2010 标准：P-V指标要求，车钩中心线处纵向压缩载荷：200kN；纵向拉伸载荷：150kN



三、中车四方悬挂式单轨交通系统

2.转向架



- Y型构架
- 空簧承载
- 走行轮及导向轮
- 摇摆机构
- 悬挂及牵引装置
- 牵引及驱动装置
- 基础制动装置
- 受流器及附件安装等



三、中车四方悬挂式单轨交通系统

良好舒适性

轨道梁升级伸缩缝结构

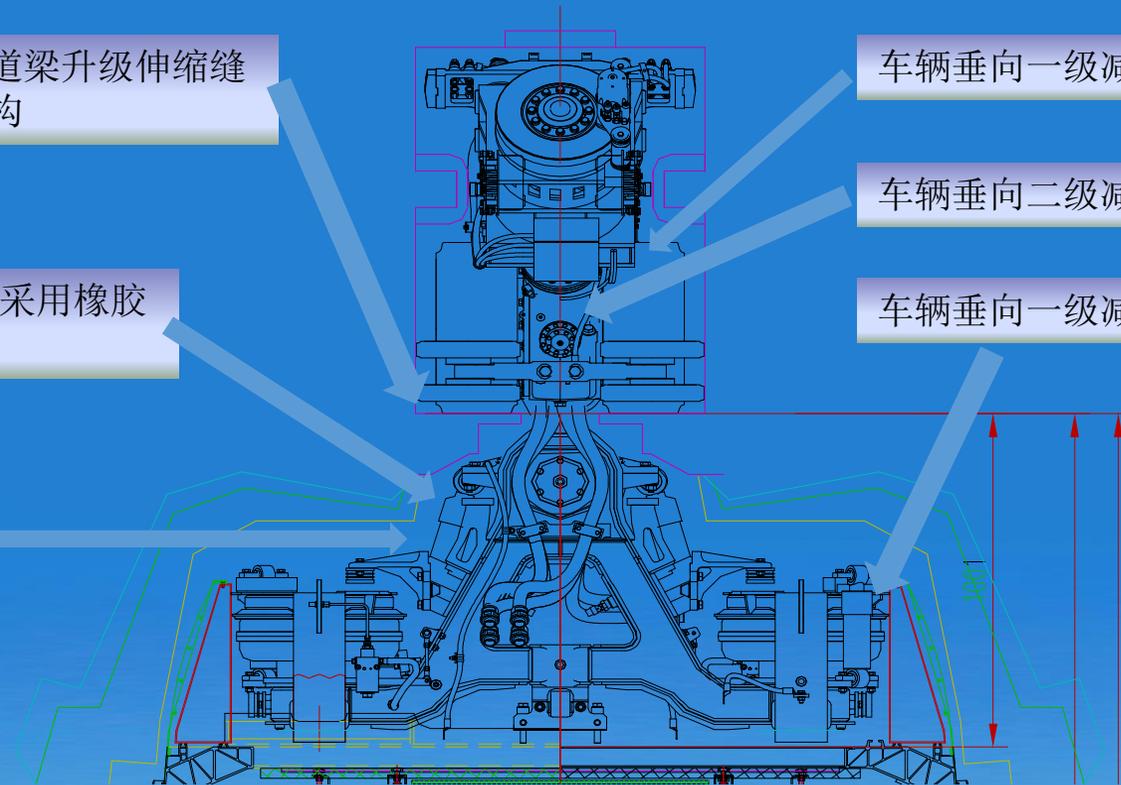
左右摆动采用橡胶阻尼

车辆采用横摆减震器

车辆垂向一级减震-实心橡胶车轮

车辆垂向二级减震-一系悬挂橡胶堆

车辆垂向一级减震-二系悬挂空气弹簧

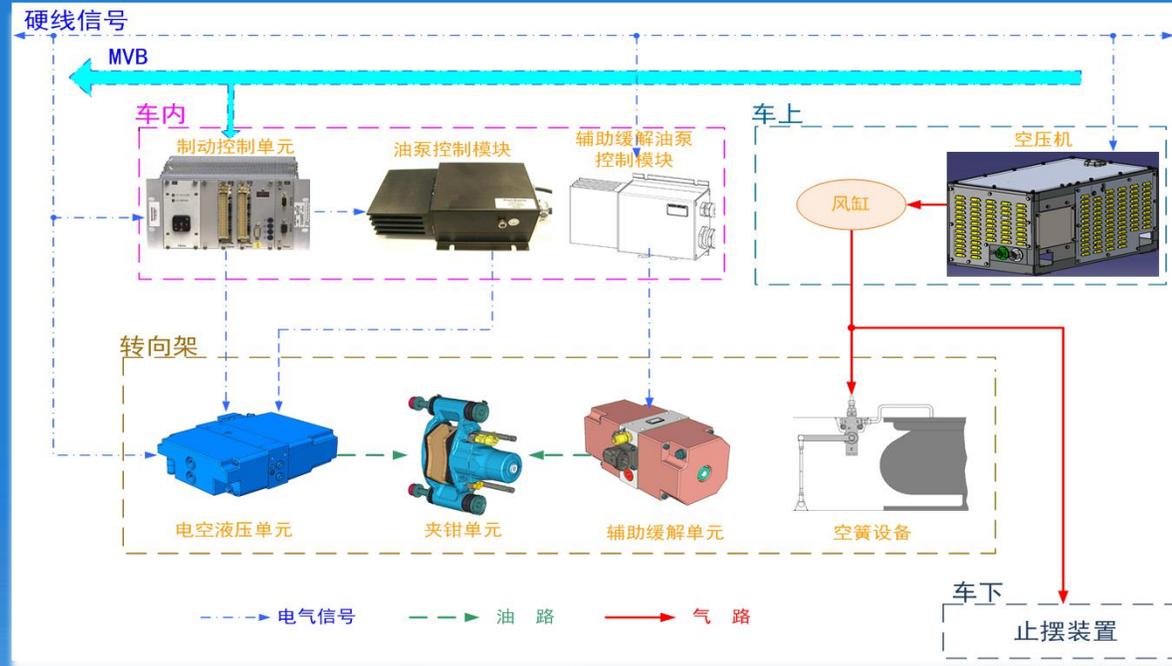
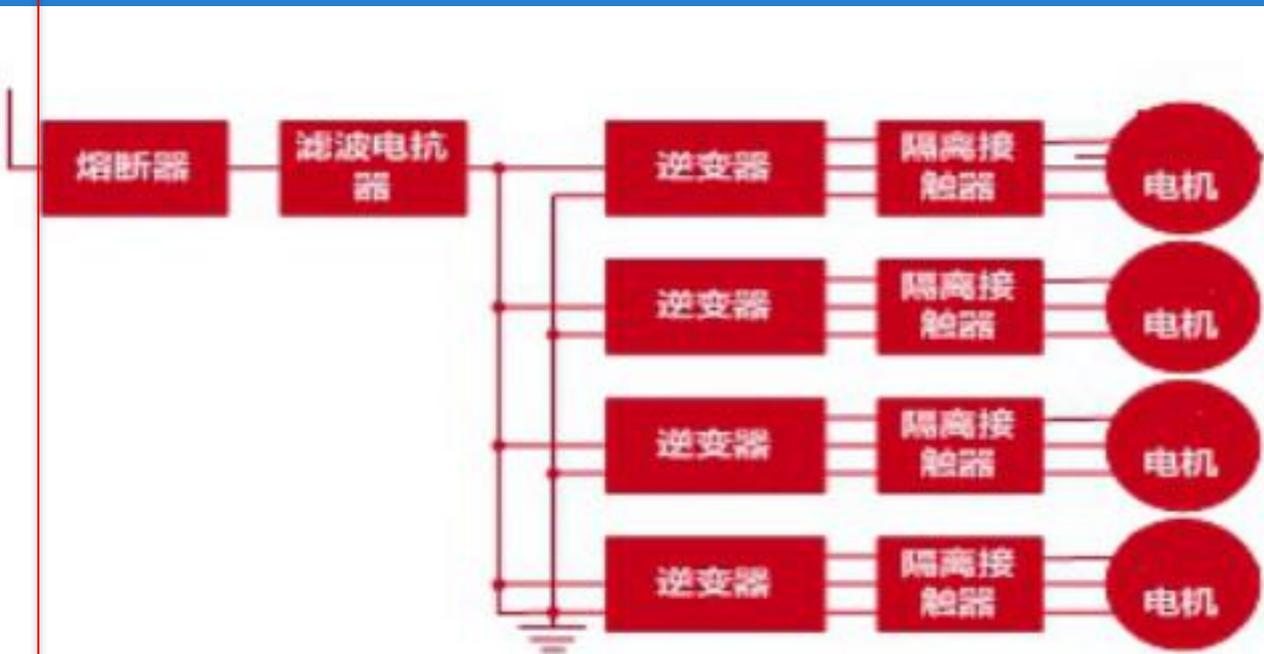


舒适性的提升：
1、车间设置车间横向减震装置，有效提升车辆横向运行稳定性与舒适性。
2、采用实心橡胶轮胎，一系悬挂橡胶堆，二系空气弹簧悬挂，一级减震提升车辆的垂向稳定性。
3、采用220mm宽度车轮，有效提升车辆承载能力及在轨道梁内运行的稳定性。



三、中车四方悬挂式单轨交通系统

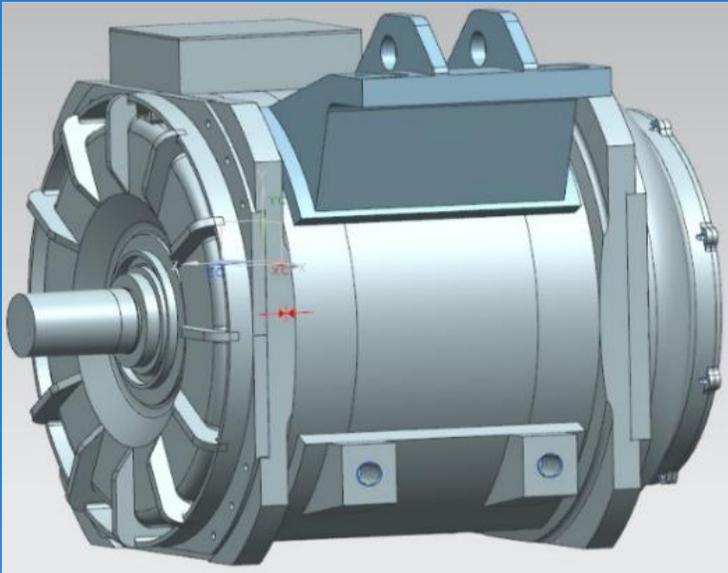
3.牵引制动





三、中车四方悬挂式单轨交通系统

永磁电机牵引系统



- (1) 永磁电机本身的功率效率高以及功率因数高;
- (2) 永磁电机发热小, 因此电机冷却系统结构简单、体积小、噪声小;
- (3) 永磁电机允许的过载电流大, 可靠性显著提高;
中车四方悬挂式列车整车功率达到648kw, 可以适应80%的坡度, 能耗与传统异步电机相比节省10%~20%。



三、中车四方悬挂式单轨交通系统

乘客界面



- 客室侧门：采用结构成熟、可靠双扇电控电动塞拉门，具有短机构“过死点”锁闭门系统，保障锁闭安全可靠，并可有效减低车内噪音和灰尘。
- 车窗：头车每侧设置2套固定式双层玻璃窗+1套活动式双层玻璃窗+4套车门窗；中间车每侧设置2套固定式双层玻璃窗+2套活动式双层玻璃窗+4套车门窗；最大限度保证乘客观景视野
- 贯通道：采用长寿命、无内饰板的整体式折棚风挡和防滑渡板结构；具有良好的密封、防火、防水、隔热、隔音性能
- 空调系统：微机控制的变频空调，节能环保。

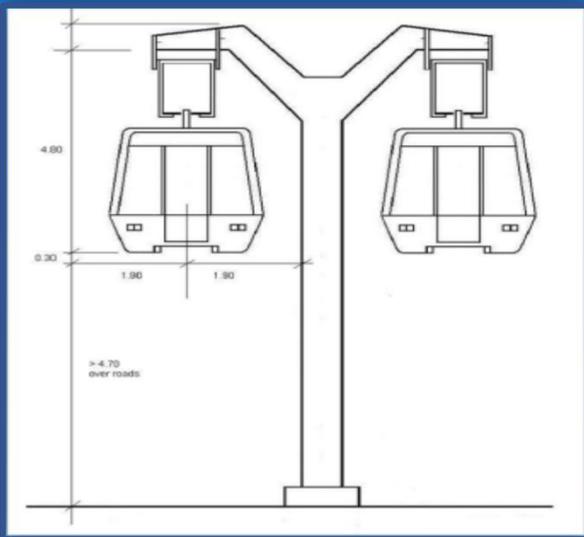
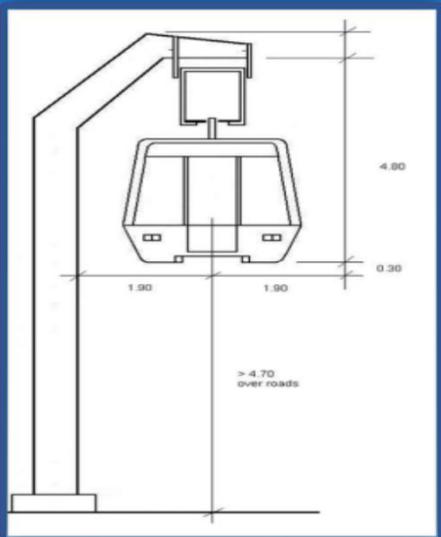


三、中车四方悬挂式单轨交通系统

Metro Trans

悬挂式单轨交通系统轨道梁

- 轨道型式：箱型轨道梁
- 正线半径：一般地段不小于150m
- 车场线：50m（通过限速15m/h）
- 最大纵坡：80‰
- 墩柱：单线采用倒L形墩柱，双线采用Y形墩柱。

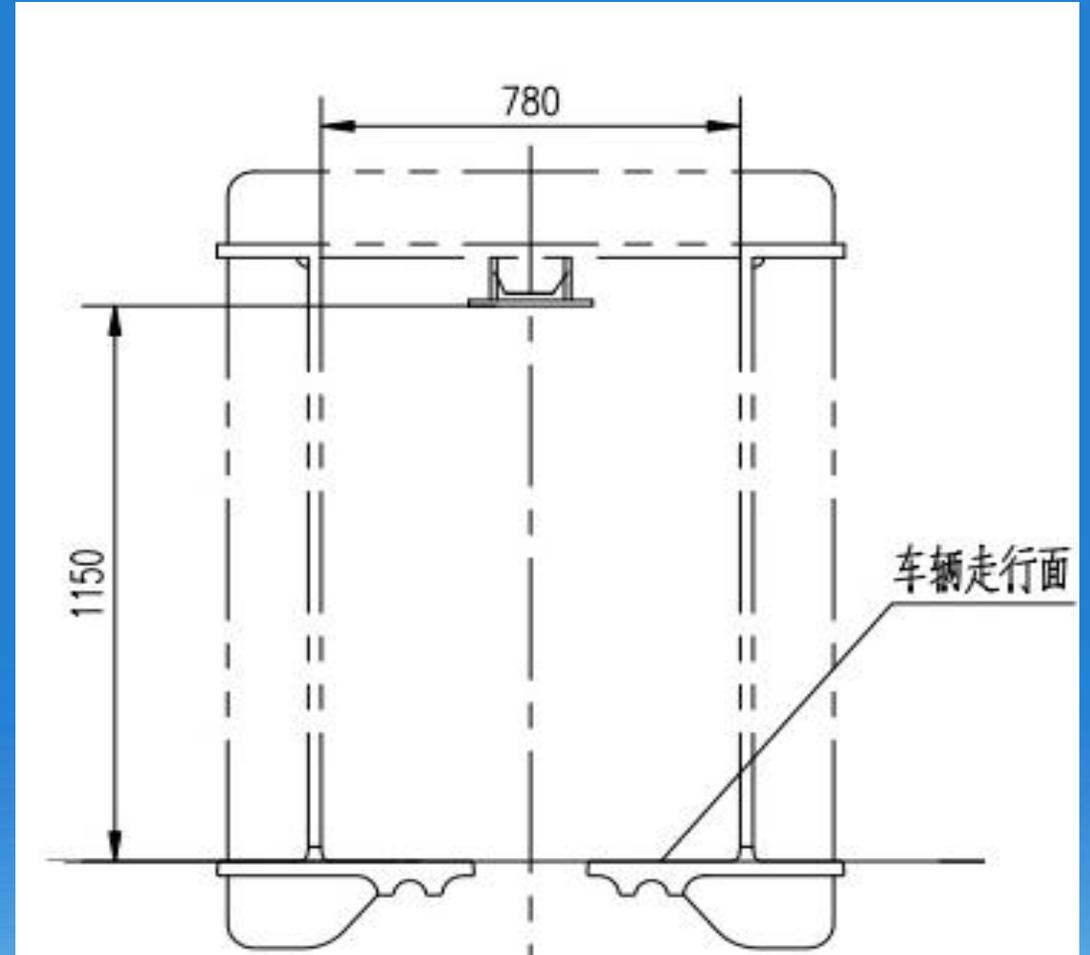




三、中车四方悬挂式单轨交通系统

悬挂式单轨交通系统轨道梁主要参数：

- 轨道梁内部净尺寸：1150mmX780mm
- 轨道梁内设置接触网，高度为682.5mm
- 轨道最小曲线半径50m，最小竖曲线半径650m。
- 轨道在曲线处不设置超高。
- 轨道梁连接处可采用楔形和齿形连接板，轨道内部不宜有超过1mm的台阶。
- 轨道梁下部开口宽度210mm，在曲线处应相应加宽。
- 电力、通信系统安装在钢箱内部

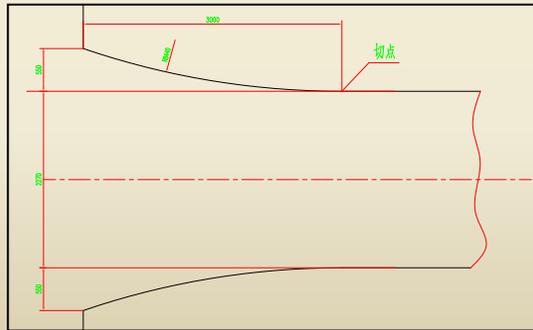
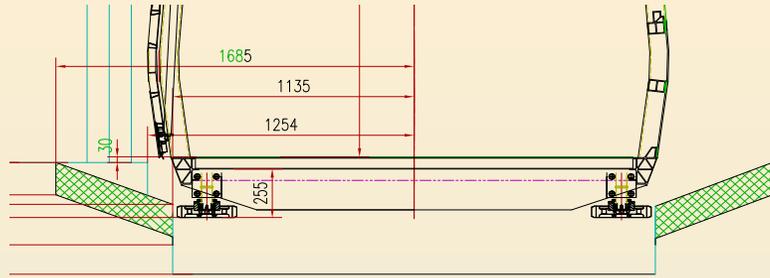




三、中车四方悬挂式单轨交通系统

悬挂式单轨交通系统车辆与轨道站台接口

一、站台导向轨设置



导向轨及导向轮设置考虑到所有大风及极端情况，保证车辆顺利导入车站。

二、止摆装置设置



为解决车辆停站旅客上下车过程中的车辆稳定性，车体下部增加止摆装置，与站台上预设的齿板啮合，防止车辆晃动。



第一部分

悬挂式单轨交通系统发展沿革及国外案例

第二部分

悬挂式单轨交通系统特点

第三部分

中车四方悬挂式单轨交通系统

第四部分

中车四方新一代跨座式单轨介绍





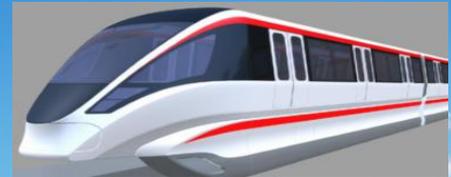
四、中车四方新一代跨座式单轨介绍





四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

四方通过对国内各城市需求进行调研，总结了国标双轴跨座和单轴跨座的优缺点，开发了适合中国国情的新一代跨座式单轨列车。新一代跨座式单轨车采用整体承载铝合金车体、新型双轴转向架、永磁电机牵引传动系统、MVB列车网络系统、等磨耗的架控空气制动系统，其他系统均采用B型地铁车辆的成熟产品。车辆结构设计寿命不低于30年。





四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

列车能力更强，提升了牵引制动性能

列车速度更高，提高最高速度至100km/h

列车智能化更好，具备实现了无人驾驶功能

列车运维成本更低，实现不拆卸转向架更换轮胎

列车造型现代时尚，外形流线化设计，内饰人性化设计

四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

1. 美工设计

外观效果图



保留双轴车辆一对门快速乘降特点以及流线型车头设计，产品的工业设计还完全可以按照业主的需求量身打造，根据当地的城市文化特点做出多套推荐方案，供业主选择。





四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

1. 美工设计

内饰效果图



采用横排座椅设计，提高旅客舒适度，还可根据需求设计为纵排座椅，增加列车载客量。

司机室效果图



预留无人驾驶功能，可根据需求进行操纵台设计。

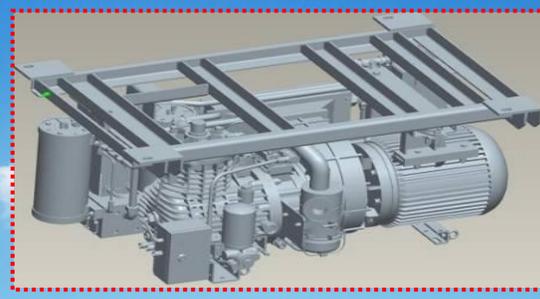
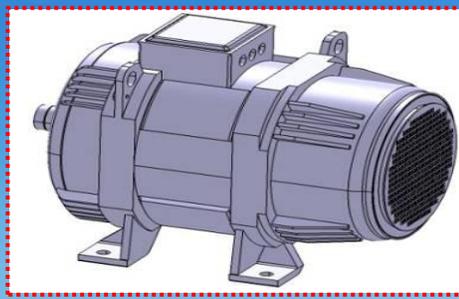
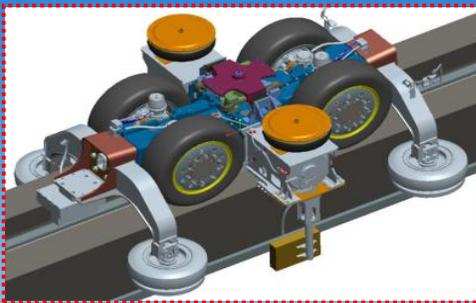
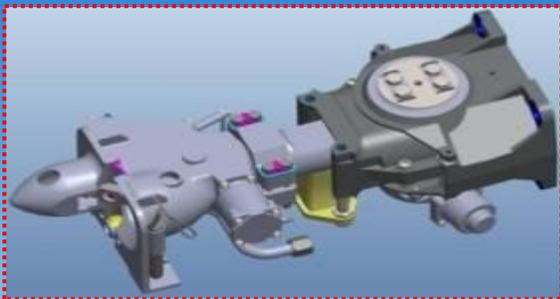
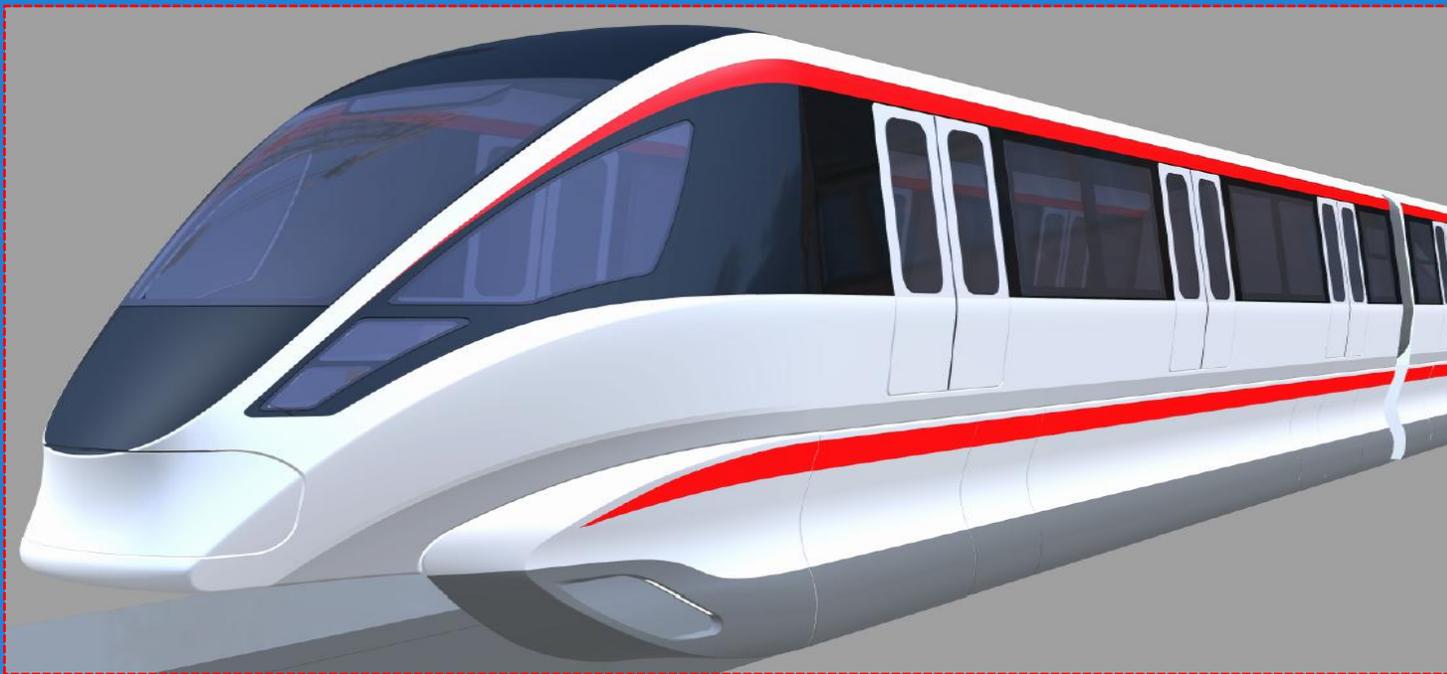
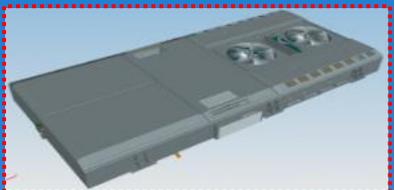




Metro Trans

四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

2. 车辆主要部件





四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

3. 主要性能参数（6编组）

Mc车长度	M车长度	列车长度（6编）	车辆宽度	车辆高度	客室净高
16680mm	14600mm	91760mm	3098mm	≤4300	2100mm
地板高度	车钩中心线高度	车辆自重	额定轴重	最高时速	制动形式
1130mm	760mm	27t/28t	11吨	100km/h	空气制动
加速度	常用制动	紧急制动	最小曲线	最大坡度	最大载客
1.0m/s ²	1.25m/s ²	1.5m/s ²	50m	60‰	1332人
供电电压	牵引系统	轨道梁宽	转向架	车体	防火性能
DC1500V	永磁同步电机	1250mm	双轴	铝合金型材	EN45545



四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

4. 载客量

载客工况	定义	每车乘客数		列车载客量		
		Mc	M	2辆	4辆	6辆
AW ₀	空载	-	-	-	-	-
AW ₁	座客人数	30	36	60	132	204
AW ₂	定员人数 (6人/m ²)	162	182	324	688	972
AW ₃	超员人数 (8人/m ²)	206	230	412	872	1332



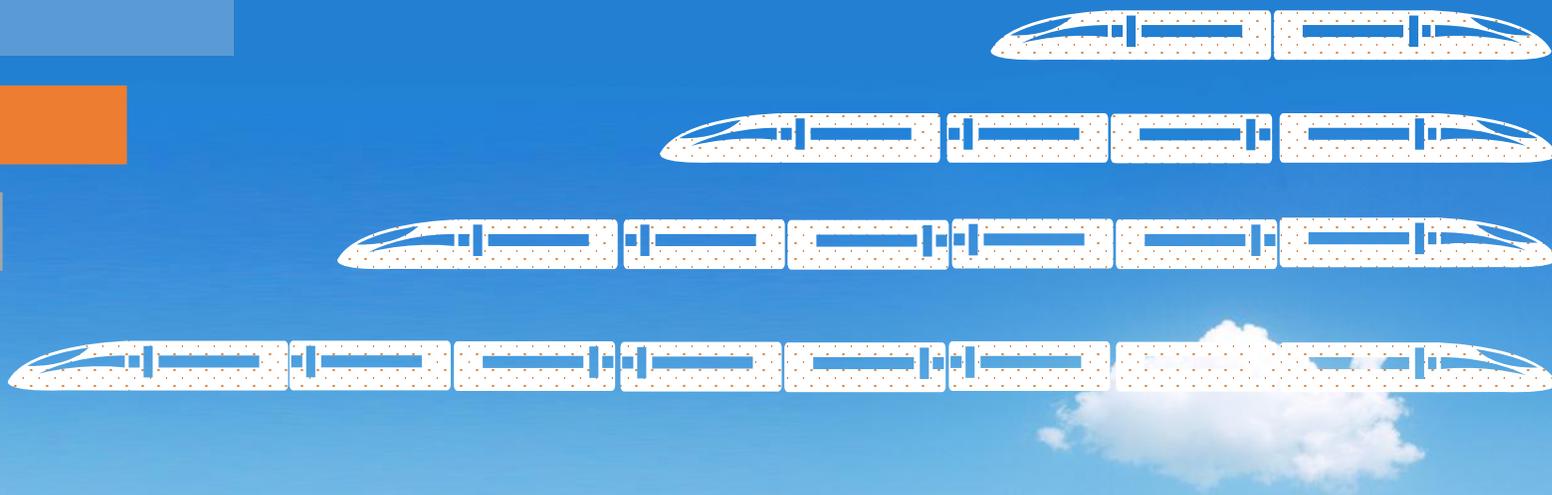


四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

5. 车辆编组模式

采用2辆、4辆、6辆、8辆灵活编组方式，两个车组成一个动力单元，全部为动车，适用不同客流需求。

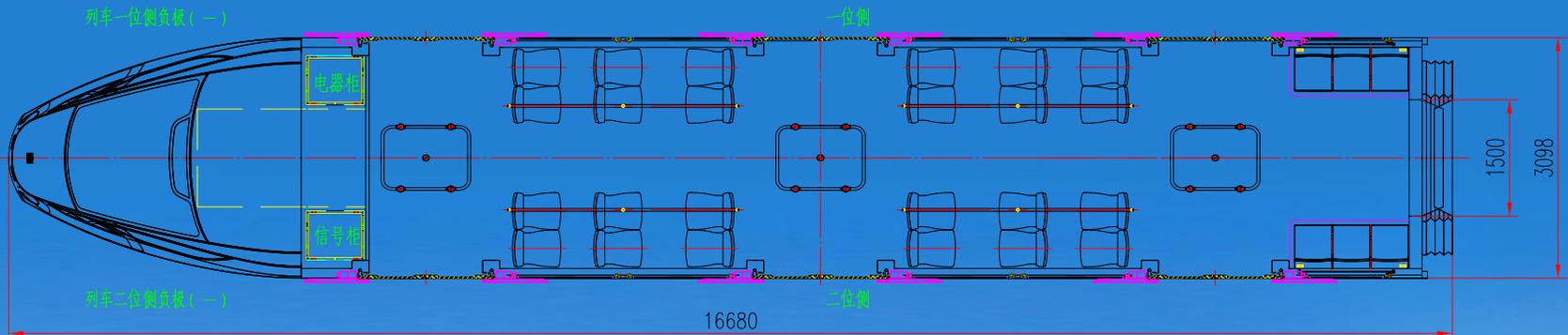
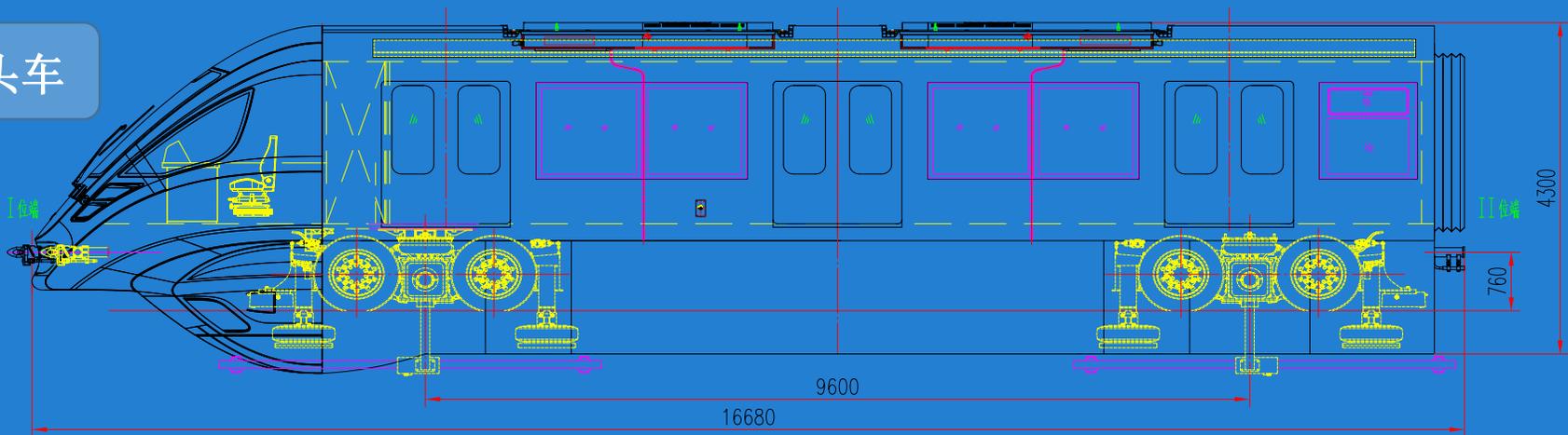
每小时单向最大运量 (PPHPD)





四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

6. 头车



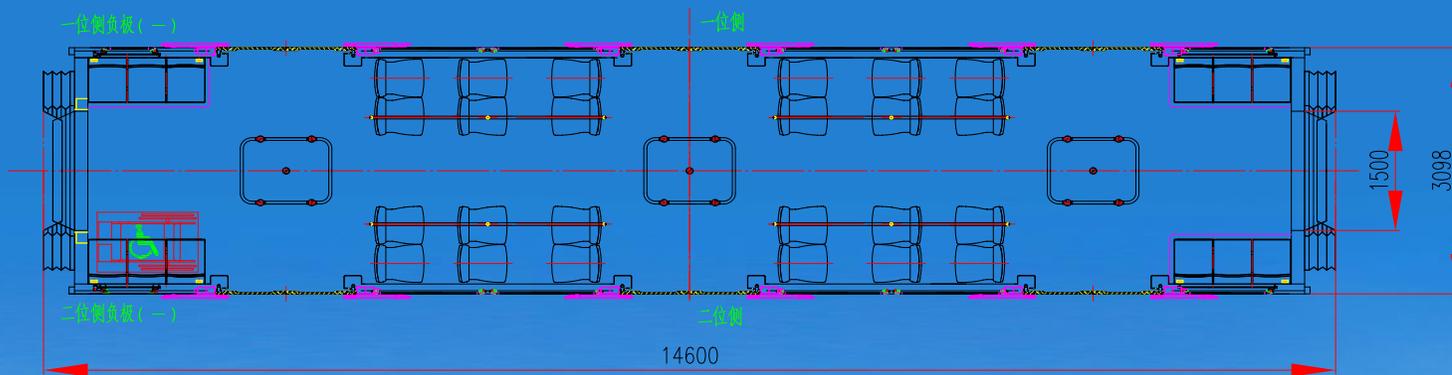
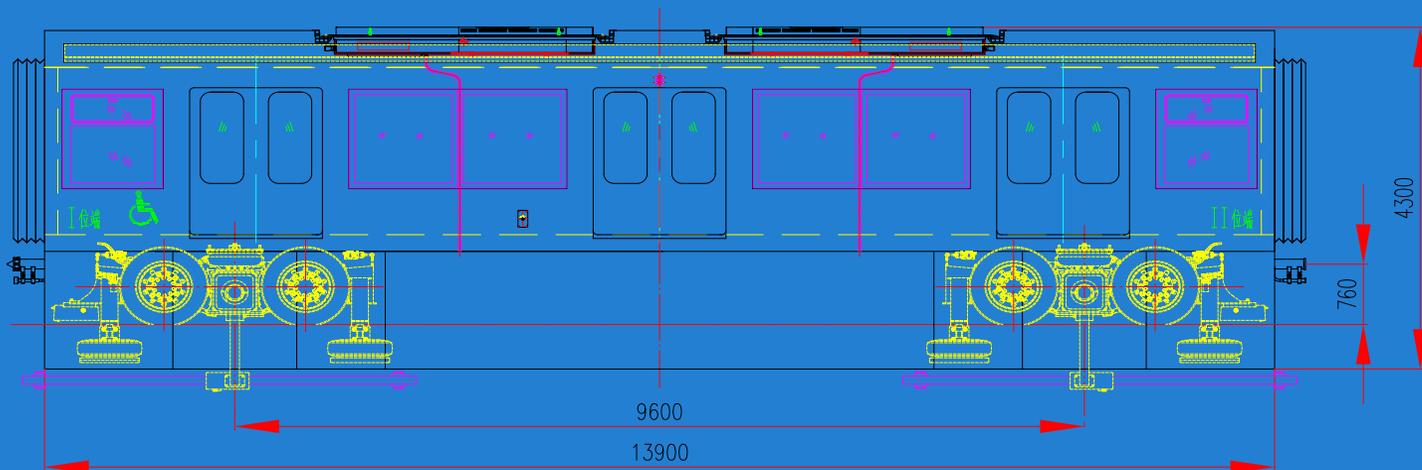
车辆长度 (含车钩)	车辆宽度	车辆高度	地板高度	车门宽度 (3对门)	车门高度
16680mm	3098mm	≤4300mm	1130mm	1300mm	1820mm



Metro Trans

四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

7. 中间车

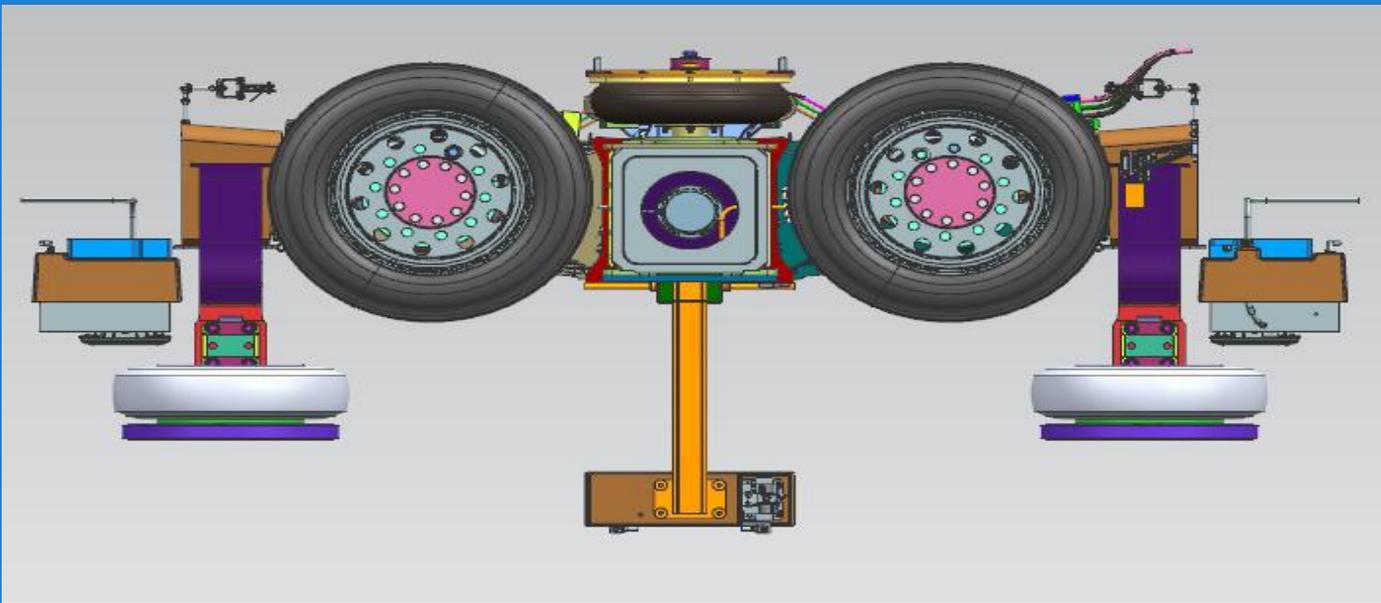
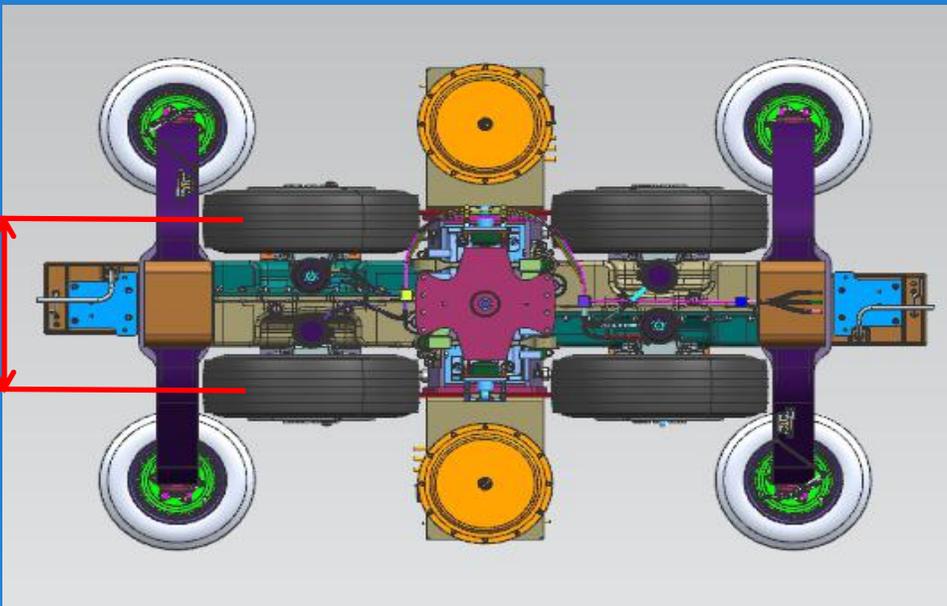


车辆长度 (含车钩)	车辆宽度	车辆高度	地板高度	车门宽度 (3对门)	车门高度
14600mm	3098mm	≤4300mm	1130mm	1300mm	1820mm



四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

8. 转向架技术



- 设计宽轮距走行轮，列车运行更平稳；
- 将稳定轮和导向轮功能合并，设计更简洁，降低转向架整体高度；

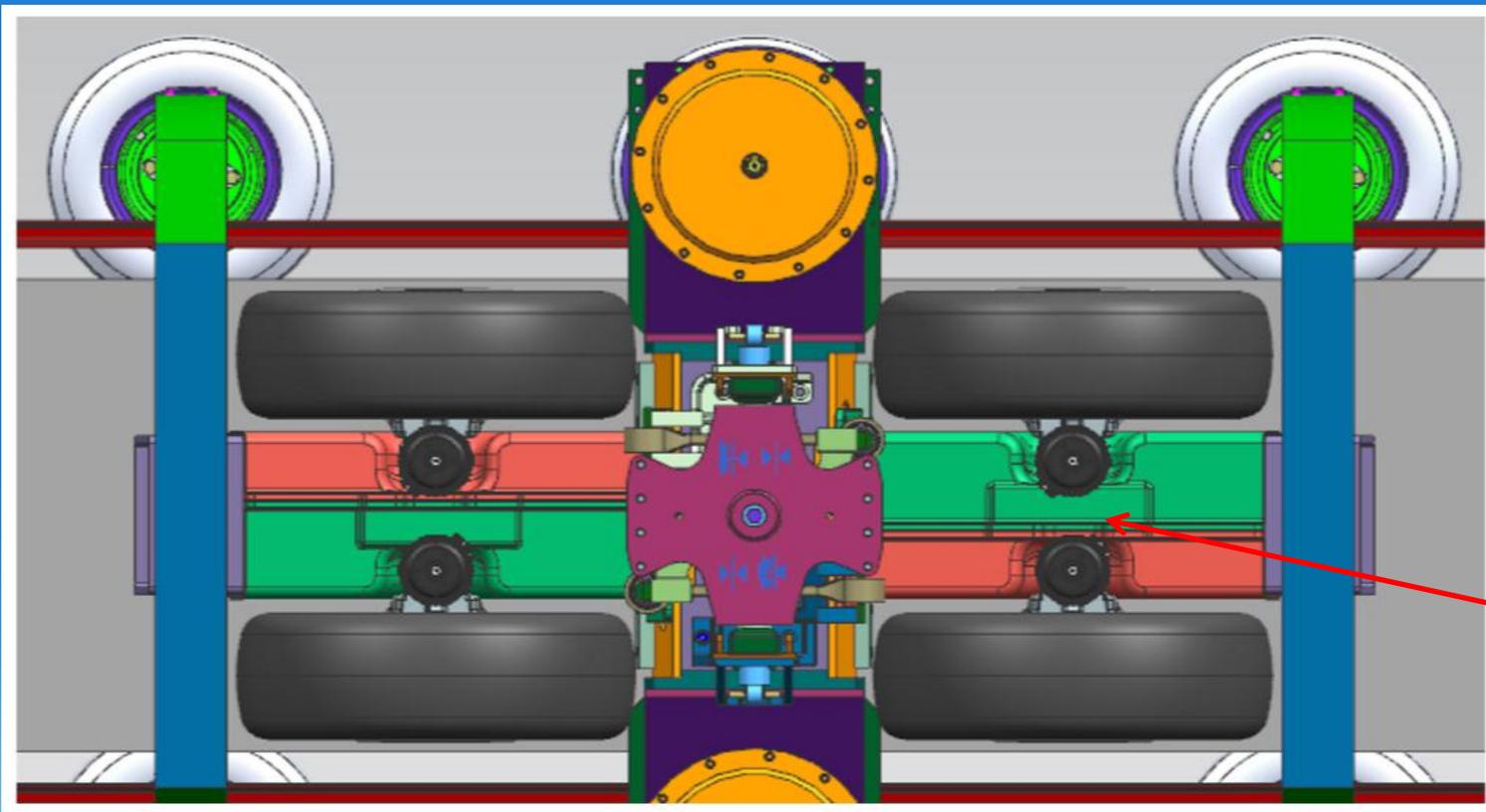




四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

8. 转向架技术

新一代跨座车转向架



➤ 受流器置于转向架中部（可选项），大大降低置于侧部的集电靴磨耗，减少集电靴更换频率，节省配件和人工成本。

受流器



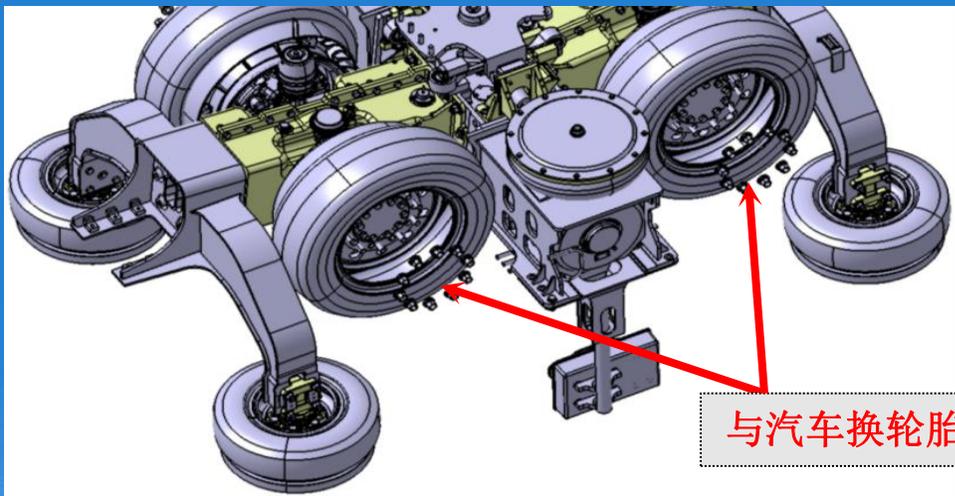
四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

8. 转向架技术——设计走行轮侧安装方式，维护效率高

走行轮采用类似汽车车轮安装方式，换轮时转向架与车体无需解体，省时省力。



某跨座车换轮过程



新一代跨座车换轮方式

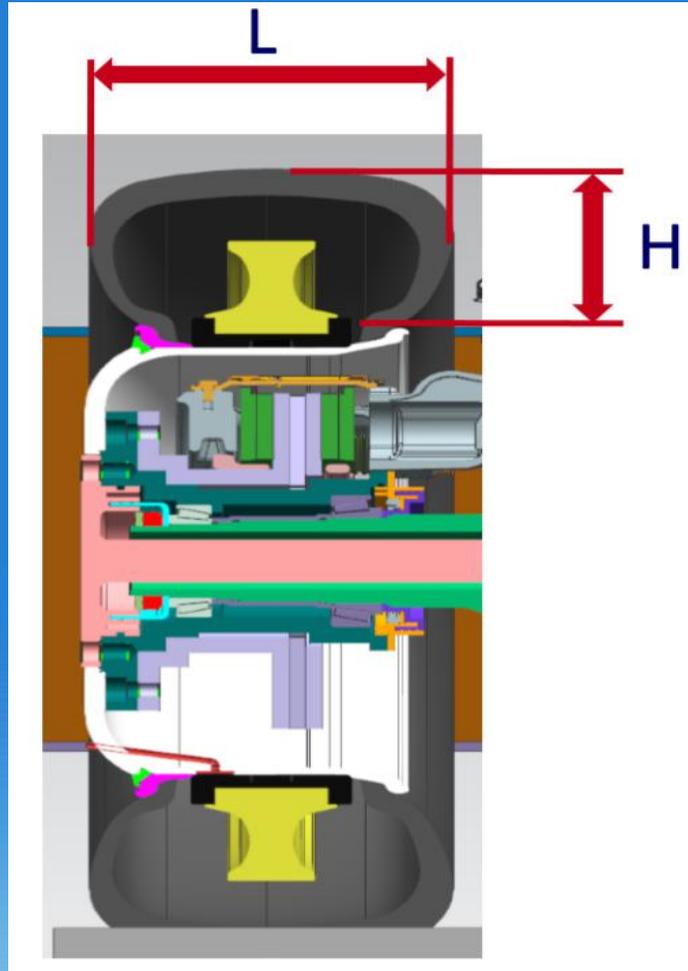




四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

8. 转向架技术——设计扁平橡胶轮胎, 减小轮胎磨耗

提高橡胶轮胎扁平率 (L/H) ,
减小车辆过 弯道时轮胎横向角位移,
减小行驶阻力, 降 低轮胎偏磨及磨耗,
降低运营成本 。



新一代跨座式单轨扁平轮胎



四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

8. 转向架技术——采用TPMS胎压监测技术，实时监测

TPMS检测胎压优点：

- 可主动数据采集和常态系统故障检测；
- 具有快速的报警功能，包括轮胎欠压、过压、漏气、温度过高等。





四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

8. 转向架技术——设计空气轮盘制动，成熟可靠

新一代跨座式单轨车 采用空气驱动盘式制动结构，结构紧凑，技术成熟。



新一代跨座式单轨车基础制动





四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

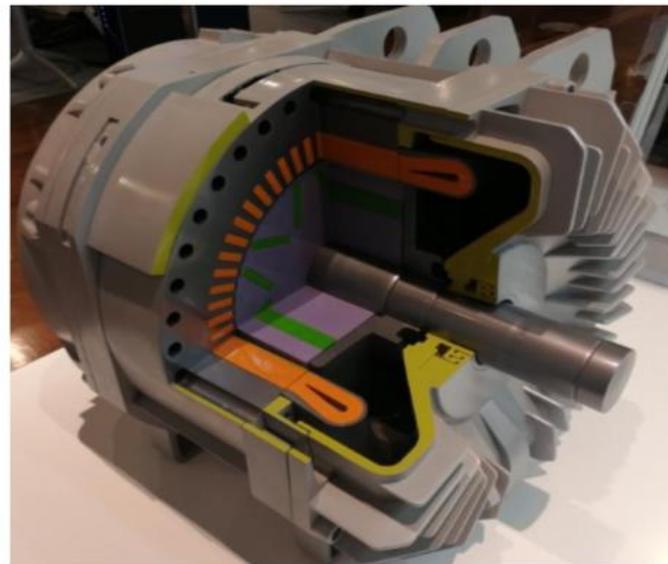
8. 转向架技术——采用永磁牵引电机，节能且效率高

永磁电机转子采用永磁体励磁，无转子铜耗；定子电流较小，降低定子铜耗；永磁电机总损耗较异步电机减少40%~50%。

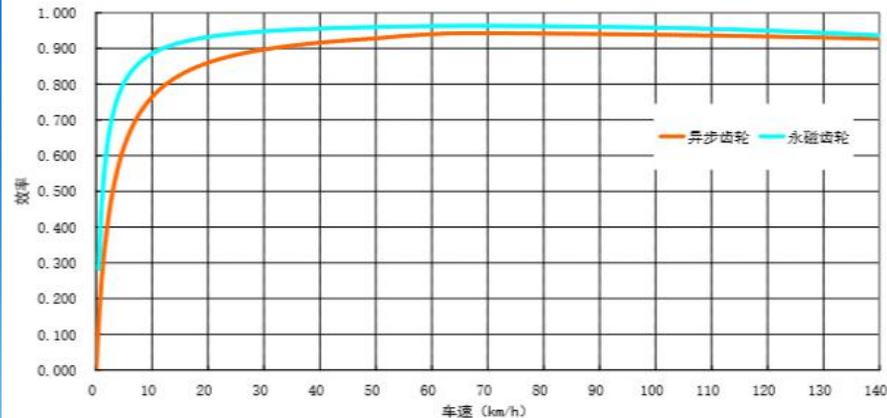
永磁同步电机优点：

- 转速平稳、过载能力强；
- 高功率因数、效率达96%；
- 体积小、重量轻20%；
- 噪声降低5dB。

永磁电机内部结构



不同电机方案效率曲线对比

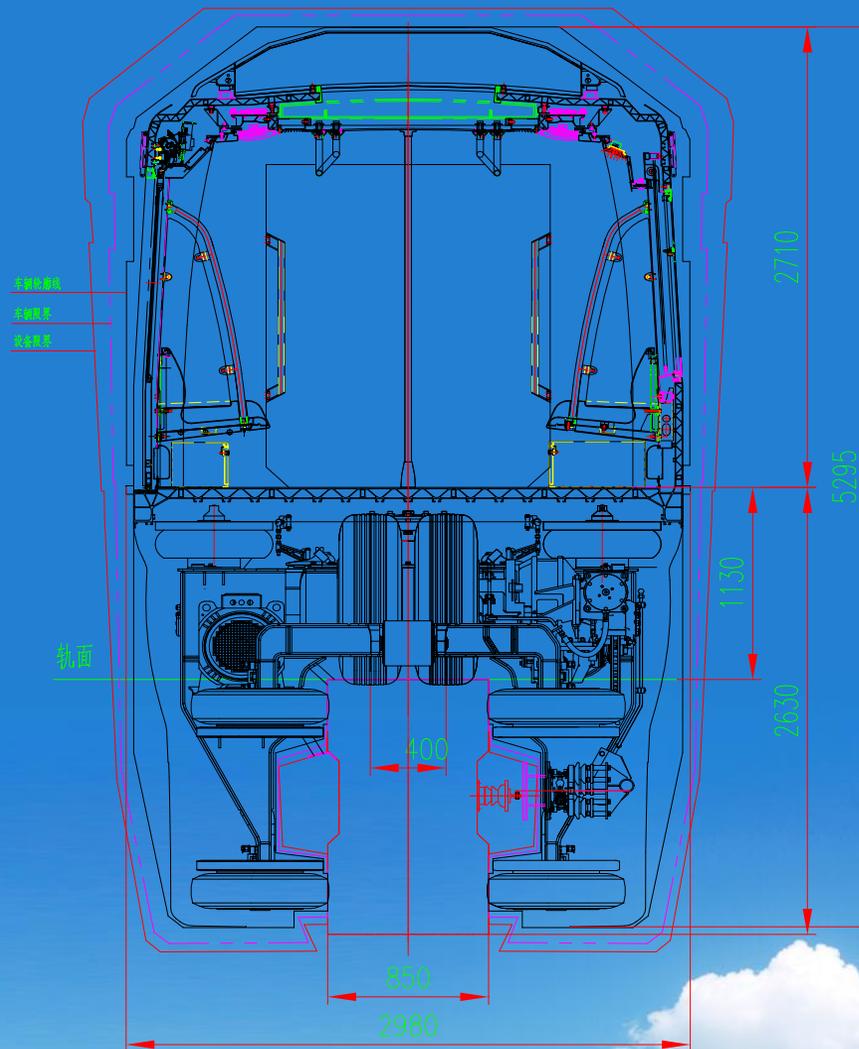
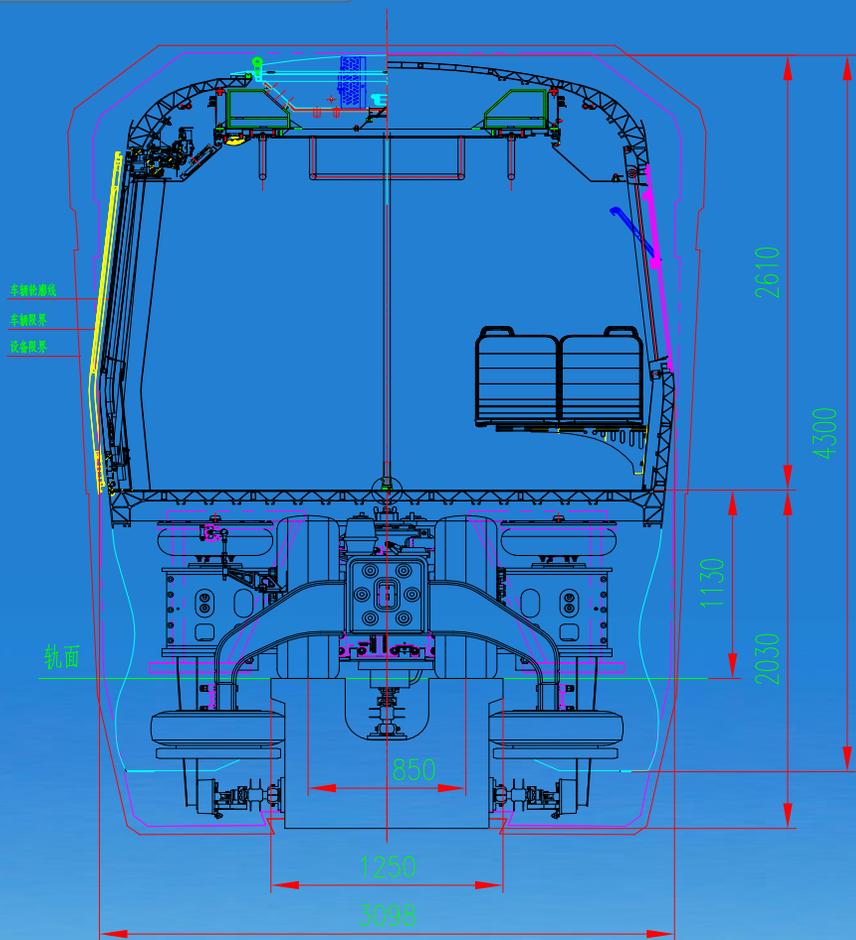




一、四方新一代跨座式单轨介绍

9. 车辆断面图

新一代双轴车断面图



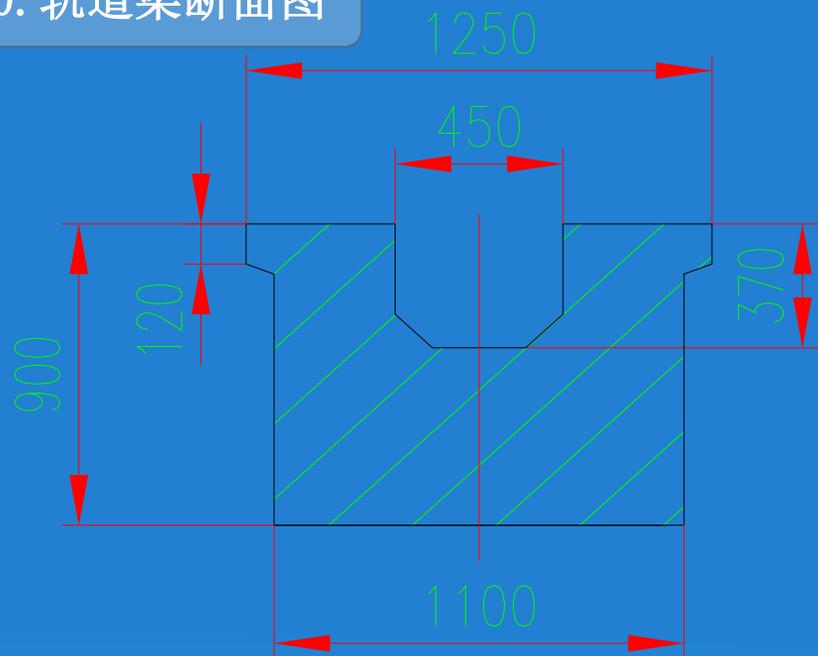
国标双轴车断面图

新一代跨座车相较于国标跨座车整体高度降低700-1000mm.

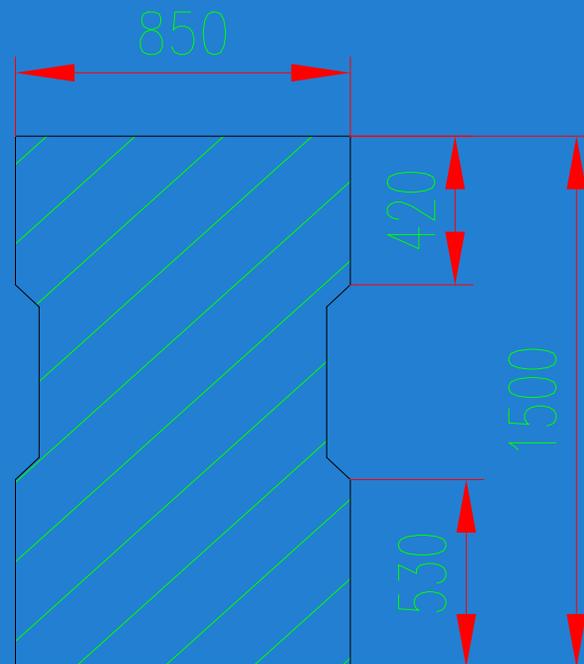


四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

10. 轨道梁断面图



新一代跨座车
(轨道梁截面积 0.84m^2)



国标跨座车
(轨道梁截面积 1.27m^2)

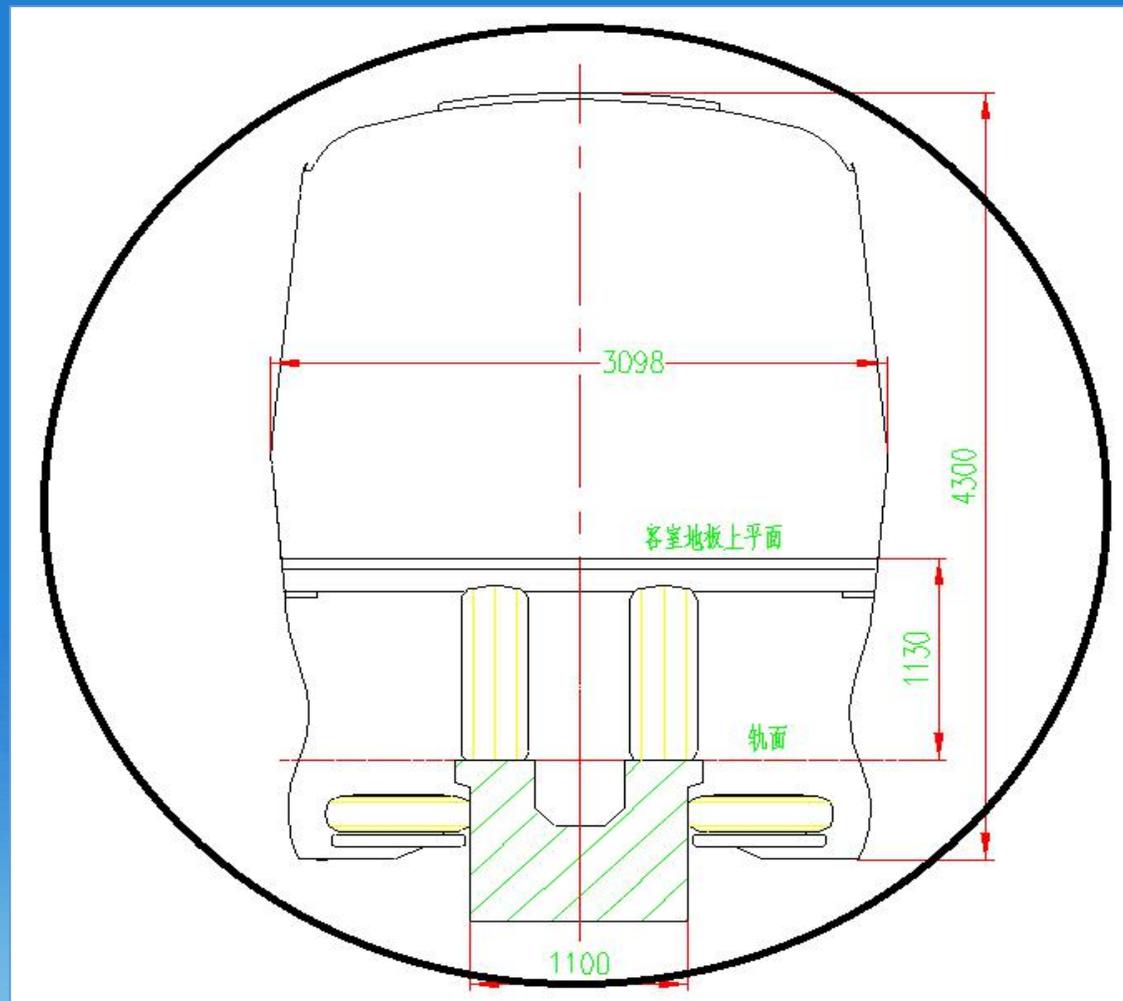
新一代跨座式单轨车辆的轨道梁截面积约为国标双轴车截面积的 $\frac{2}{3}$ ，可大大降低工程造价。



四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

11. 关键技术——设计小断面车辆，适应常规地铁盾构机挖掘的隧道

新一代跨座式单轨车高度小于4.3米，建筑限界适应地铁车辆隧道尺寸，无论是采用明挖法还是采用盾构机暗挖法，均可与普通地铁隧道通用，大幅减低线路建设成本。





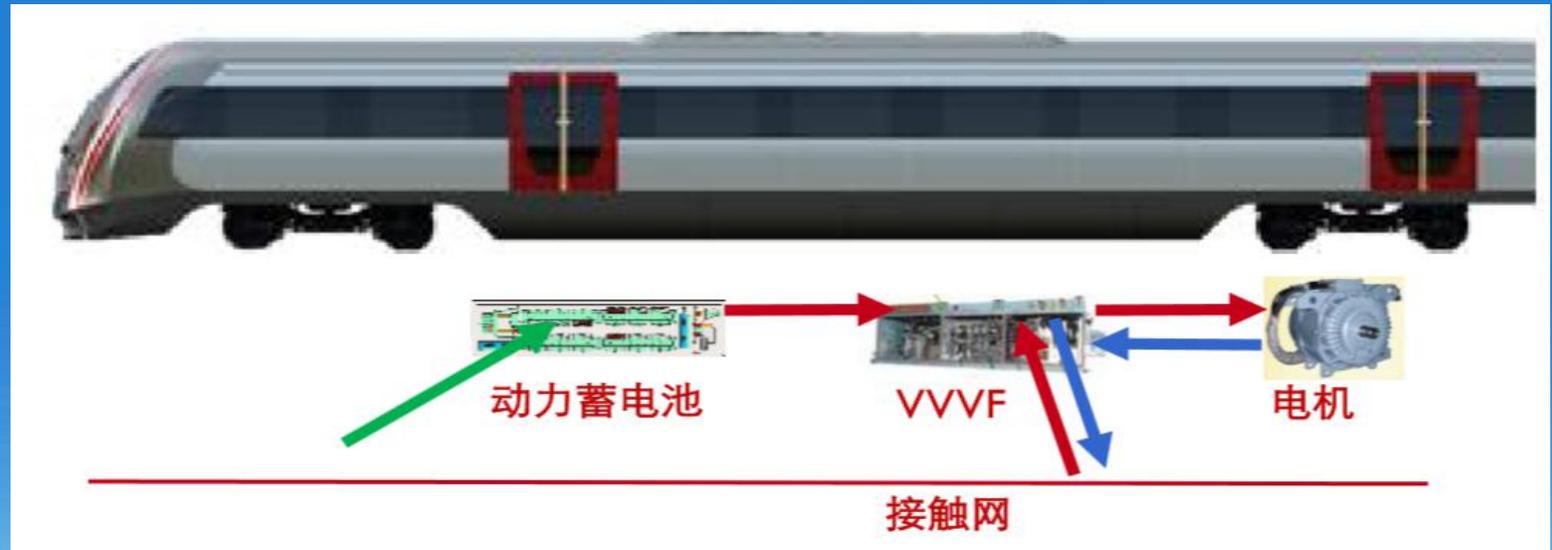
四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

11. 关键技术——配置动力蓄电池（可选项），应急救援能力好

列车配置动力蓄电池，由双向DC/DC装置和钛酸锂电池组成，满足无网电时列车运行的供电需求。

动力蓄电池的功能：

- 与接触网构成双源制供电，实现列车无网运行；
- 实现列车正线应急牵引。





四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

11. 关键技术——可实现无人驾驶功能（可选项）

四方股份公司自主研发的全自动无人驾驶车辆采用自动化等级最高的GOA4级标准，已在新加坡T251项目上应用、北京燕房线上运营。列车具有自动唤醒、自动休眠、初始状态自检、自动出入车场、正线自动运营、故障情况下自动恢复、自动洗车等功能。车辆能够实时上传运行数据及故障信息，OCC（运营控制中心）对车辆进行远程监控，必要时采取紧急制动操作。



技术成熟，业绩丰富

可选项，而非捆绑项



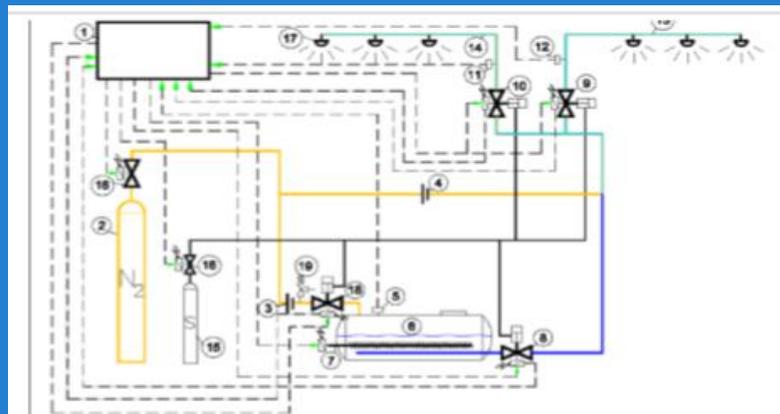
与有人驾驶相比，全自动无人驾驶加强了网络、通信、信号等系统的可靠性、冗余性，增加了故障的远程诊断和处置。在对网络、通信、信号等系统采用相同的GOA4级标准设计后，四方股份跨座式单轨车辆可根据业主需求实现全自动无人驾驶。



四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

11. 关键技术——安装细水雾系统（可选项），防火安全性高

- 工作原理：喷射直径很小的雾滴，其表面积剧增，从而加强了热交换的效能，实现降温效果。汽化后体积急剧膨胀1700多倍，从而降低了空气中的氧气浓度，起到灭火的作用；
- 优点：快速降低火场能量，对火源产生隔氧作用，从而提升列车的防火能力。不受通风等环境影响，水渍对内饰表面影响轻微。



工作原理图

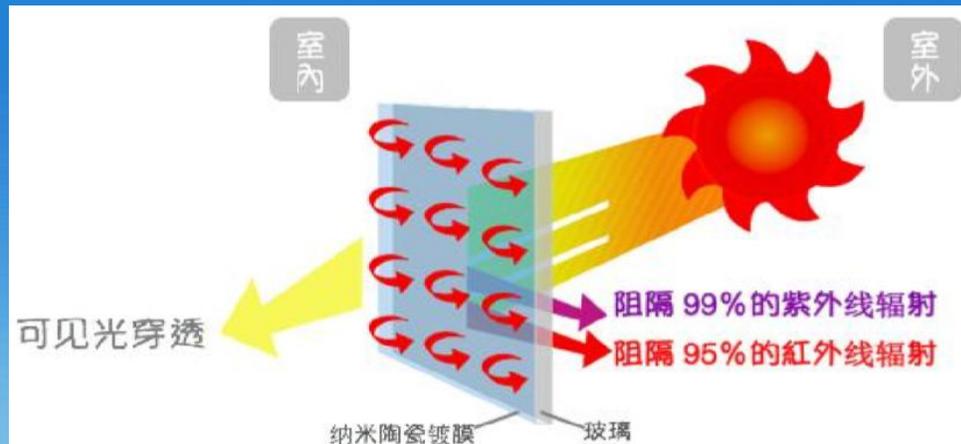
工作状态



四、中车四方新一代跨座式单轨介绍

11. 关键技术——采用节能环保技术（可选项）

- 车体和内饰表面涂装水性油漆，绿色环保；
- 客室安装LED平面照明灯，无汞和铅污染，耗电小，节能环保；
- 客室采用TPU地板布，TPU是介于橡胶和塑料的高分子材料，耐磨、绿色环保；
- 车窗采用纳米陶瓷膜玻璃，能提高30%隔音量，隔绝99%以上的紫外线和95%以上的红外线辐射，节能效果佳，特别适合跨座车高露天运行的环境。





Metro Trans

谢谢！
THANKS !

