

行业研究 / 深度研究

2016年10月24日

行业评级:

| | |
|--------|--------|
| 机械设备 | 增持(维持) |
| 运输设备II | 增持(维持) |

章诚 执业证书编号: S0570515020001
研究员 021-28972071
zhangcheng@htsc.com

肖群稀 执业证书编号: S0570512070051
研究员 0755-82492802
xiaoqunxi@htsc.com

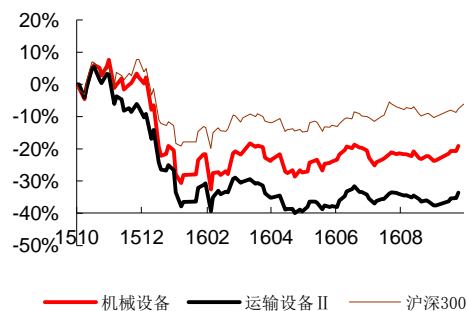
王宗超 010-63211166
联系人 wangzongchao@htsc.com

金榜 021-28972092
联系人 jinbang@htsc.com

相关研究

- 1《永创智能(603901):智能包装龙头,领跑产业升级》2016.10
- 2《神州高铁(000008):全产业链布局,打造高铁后市场平台企业》2016.10
- 3《中金环境(300145):携手中国一冶,环保全产业链获飞速发展》2016.10

行业走势图



资料来源:Wind,华泰证券研究所

“云轨”，城市轨道交通新畅想

未来机器系列报告之十三

比亚迪“云轨”：解决最后一公里难题

10月13日，比亚迪研制的“云轨”在深圳坪山总部举行通车仪式。所谓的“云轨”实际是一种跨座单轨，是依托单条路轨运行的交通工具。这是比亚迪依托电池、电机、电控等核心技术的又一次战略扩张。至此，比亚迪集团横跨IT、汽车、新能源和轨道交通四大产业。如此战略布局，让人们意识到新制式轨道交通时代正悄然来临。对于未来，我们的思考是“云轨”如此酷炫的交通工具到底是什么？是石破天惊的新发明？还是在轨道交通史上有迹可循？中国企业是否做好准备？产业的受益环节有哪些？“未来机器”系列报告希望用前瞻性研究视角为您提供以上问题的启发。第十三篇，我们聚焦新制式轨道交通——跨座式单轨。

跨座式单轨128年前诞生于欧洲，2004年中国建成首条跨座式单轨铁路

ALWEG型跨座式单轨系统设计理念沿用至今：采用跨座式、混凝土轨道和橡胶充气轮胎能使单轨列车达到最佳效果。自1960被日立集团收购后，日本成为世界上建成跨座式单轨线路数量最多、运营总里程最长的国家。2004年，通过技术转让于长客，中国成为继日本之后世界上第二个拥有大型单轨车辆制造技术的国家，同年建成首条跨座式单轨铁路重庆轨道交通2号线较场口——新山村区段，全长14.35公里。

三大核心优势打造跨座式单轨适应性广的突出特点

核心优势一：多以高架兴建，地面上只需很小的空间建造承托路轨的桥墩，对线路经过区域的地面交通不会产生明显影响，具有空间优势。核心优势二：爬坡能力和曲线通过能力更强，最小转弯半径仅为地铁列车的15%，最大爬坡能力超过地铁列车3倍，能更好适用于大中城市加密线、商务区、游览区等线路设计要求较为复杂的区域。同时，普遍采用电力驱动和空气弹簧转向架，橡胶轮胎在混凝土路轨上行走始终被包覆于车身内部，使噪声不易扩散，获得了理想的减振降噪效果。核心优势三：为模块结构，标准轨道梁便于工厂预制，现场拼接，工程造价通常仅为地铁造价的1/3~1/2，建设周期约为地铁的1/3。

新一轮轨交产业链牛市将从高速铁路切换至城轨市场，有轨电车领域蕴含较大机遇

我们认为，高铁经历十二五期间的大牛市之后，细分增速开始见顶回落，新一轮轨交产业链牛市将从高速铁路切换至城轨市场。其中，有轨电车这一细分市场同属城轨领域，却未受到广泛关注，在经过仔细梳理相关产业的数据后，这个领域同样蕴含了较大的机遇。1) 预计到2020年，有轨电车新建线路约2300公里，配套车站超1400座，投资额超3000亿元。2) 有轨电车建设周期仅为地铁的1/3，工期约1-1.5年。据统计有轨电车开工高峰为15-16年，通车高峰将在17-18年。3) 跨座单轨或将在占据越来越重要的地位，目前共有10座城市修建或规划单轨列车，线路长度超过600公里，预计投资额超900亿元，安徽芜湖将是我国第一个全网采用跨座式单轨的城市。

PPP模式有望释放投资需求为新制式轨道交通项目输血

有轨电车属于中小运力的轨道交通，综合优势非常突出，造价仅为地铁的1/5；建设周期仅为地铁的1/3，解决大众出行的“最后一公里”难题。受益于政策支持、融资及经营模式的创新，未来几年有轨新项目的招标或再上一个新台阶。从目前已经开工或者通车的项目分析，全国有轨电车项目将主要以PPP模式作为主要推广和融资运营模式，有望释放投资需求为城轨项目输血。

从产业链来看，我们看好相关公司在整车和核心系统方面发展空间

建议关注：1) 中国中车：车辆制造技术绝对龙头；2) 新筑股份：国内第二家具备低地板有轨电车生产能力的企业，目前已有订单业绩业绩，PPP模式助力发展；3) 运达科技：切入牵引控制系统，受益行业发展。

风险提示：宏观经济下行，轨道交通投资进度低于预期。

正文目录

| | |
|---|----|
| 比亚迪“云轨”：解决最后一公里难题 | 4 |
| 跨座式单轨 128 年前已诞生 | 5 |
| 跨座式单轨交通突出特点：适应性广 | 7 |
| 核心优势一：城市占用空间大幅缩小 | 7 |
| 核心优势二：行驶过程安全、高效、低噪 | 7 |
| 核心优势三：建设周期更短，建设成本更低。 | 8 |
| 主要瓶颈：列车运能尚无法与地铁相比 | 8 |
| 他山之石：跨座式单轨交通成功应用案例 | 9 |
| 日本东京单轨电车羽田线 | 9 |
| 日本大阪单轨电车线 | 9 |
| 美国拉斯维加斯单轨列车线 | 10 |
| 重庆轨道交通 2 号线 | 10 |
| 单轨列车技术路径和要点解析 | 11 |
| 跨座式单轨 | 11 |
| PC 轨道梁是关键性技术装备之首 | 12 |
| 转辙电控系统实现道岔梁横移及监控 | 12 |
| 转向架结构性能好坏直接影响车辆的运行安全 | 13 |
| 悬挂式单轨 | 13 |
| 预计至 2020 年规划里程 3600 公里，总投资额 3900 亿元 | 15 |
| 行业投资机会研判 | 19 |

图表目录

| | |
|--|----|
| 图 1: 比亚迪“云轨” | 4 |
| 图 2: 1888 年建成的第一条由蒸汽机牵引的单轨线路 | 6 |
| 图 3: 20 世纪初的单轨交通实验 | 6 |
| 图 4: 二战后瑞典工业家格林的单轨交通实验 | 6 |
| 图 5: 1964 年建成的日本东京跨座式单轨交通路线 | 6 |
| 图 6: 跨座式单轨交通城市空间占用示意图 | 7 |
| 图 7: 主要轨道交通运输方式运能对比 | 8 |
| 图 8: 东京单轨电车羽田线 | 9 |
| 图 9: 东京单轨电车羽田线线路示意图 | 9 |
| 图 10: 大阪单轨电车线 | 9 |
| 图 11: 大阪单轨电车线路示意图 | 9 |
| 图 12: 美国拉斯维加斯单轨列车线 | 10 |
| 图 13: 重庆轨道交通 2 号线 | 11 |
| 图 14: ALWEG 型跨座式单轨列车 | 11 |
| 图 15: 重庆轨交 3 号线轨道梁铺设过程 | 12 |
| 图 16: 单轨道岔转辙全过程（图例为日本大阪 Monorail） | 12 |
| 图 17: 跨座式单轨列车的转向架 | 13 |
| 图 18: 伍珀塔尔——世界上最古老的悬挂式单轨铁路 | 13 |
| 图 19: 悬挂式单轨的轨道梁与道岔梁 | 14 |
| 图 20: 悬挂式单轨系统车辆 | 15 |
| 图 21: 我国有轨电车新增通车里程 | 16 |
| 图 22: 我国有轨电车累计通车里程 | 16 |
| 图 23: 我国跨座单轨列车新增通车里程 | 17 |
| 图 24: 我国跨座单轨列车累计通车里程 | 17 |
| 图 25: 我国有轨电车+跨座单轨新增通车里程 | 19 |
| 图 26: 我国有轨电车+跨座单轨累计通车里程 | 19 |
| | |
| 表格 1: 跨座式单轨技术发展历程概要 | 5 |
| 表格 2: 悬挂式单轨车分类 | 14 |
| 表格 3: 不同层次客运轨道交通的主要参数 | 15 |
| 表格 4: 全国城市有轨电车在建和规划项目一览（不含胶轮导轨电车） | 16 |
| 表格 5: 全国城市单轨列车（含云轨、跨座式、悬挂式）在建和规划项目一览 | 18 |

比亚迪“云轨”：解决最后一公里难题

10月13日，比亚迪研制的“云轨”在深圳坪山总部举行通车仪式。首个投资项目，已经确定落户广东汕头，预计总投资560亿元，首期投资120亿元。

图1：比亚迪“云轨”



资料来源：比亚迪官网，华泰证券研究所

根据比亚迪官方资料介绍：“云轨”属于中小运力的轨道交通，综合优势非常突出，造价仅为地铁的1/5；建设周期仅为地铁的1/3；爬坡能力强，转弯半径小，具有极强的地形适应能力；噪音低，可从城市建筑群中穿过；桥梁通透，独立路权，景观性好，能很好适应城市生态环境；编组灵活，运能为1-3万人/小时（单向）；最高时速可达80km/h。可广泛用于中、小城市的骨干线和大中城市的加密线、商务区、游览区等线路，解决大众出行的“最后一公里”难题。

预计正式下线版本，每列将会有8节车厢，可以搭载1600名乘客，最高运行速度达到120公里。同时，搭载比亚迪自主研发锂电池储能系统、永磁轮边直驱电机、轻量化车体、单轴转向架、能量回馈及通讯系统和辅助的无人驾驶等领先科技。

可是，“云轨”如此酷炫的交通工具到底是什么？是石破天惊的新发明？还是在轨道交通史上有迹可循？通过下文，让我们来一探究竟。

跨座式单轨 128 年前已诞生

所谓的“云轨”实际是一种跨座单轨，是依托单条路轨运行的交通工具。和普通钢制双轨不同，单轨轨道一般以超高硬度材料（混凝土等）制成，宽度远大于普通钢轨。单轨列车主要应用于城市市内客运，也应用于旅游景区内的游客载运。目前世界上大多数单轨列车采用空中行驶（也有少数区段在地面和地下行驶），除了日本已有大、中、小型的业界车辆轨道标准外，其他国家对路轨的宽度、高度尚无统一标准。

跨座式单轨是单轨交通的主流技术路线。单轨铁路主要分成跨座式和悬挂式两类，跨座式单轨列车轨道位于车辆下方，悬挂式单轨列车轨道位于车辆上方。两者在技术和运行方式上存在共同点和相似之处，主要区别在于轨道结构和车辆转向架结构的不同，目前世界各国采用跨座式的单轨交通系统更加普遍。

跨座式单轨交通技术源于欧洲，兴于日本。世界第一条单轨运输线出现于 1824 年，但真正意义上的由蒸汽机牵引的单轨线路建成于 1888 年。早期的单轨交通设计尚处于摸索阶段，设计多样但应用价值普遍较低。现代意义的跨座式单轨交通设计直到 1958 年才于欧洲成型，但随着该项技术被日本日立收购，跨座式单轨交通技术研发转移至日本，日本也成为了最先将单轨交通用作城市轨道交通并进行规模化修建的国家。目前，日本是世界上采用自主技术建成跨座式单轨线路数量最多、运营总里程最长的国家。

表格1：跨座式单轨技术发展历程概要

| 年份 | 标志事件 |
|------|--|
| 1821 | P.H.Palmer 因单轨设计获得英国专利 |
| 1824 | 英国伦敦船坞为运送货物建设了世界上第一条单轨运输线，但车辆使用畜力牵引 |
| 1888 | 法国人 Charle Larligue 设计了世界上第一条由蒸汽机车牵引的真正意义上的跨座式单轨铁路，该线路在爱尔兰成功铺设，长约 15km，运行至 1924 年 10 月 |
| 1930 | 英国发明家乔治-本尼（George Bennie）创造了一种时速可达 120 英里的单轨列车，该列车高出地面大于 20 米，车身后还设有一个螺旋桨装置，以汽油与电力为能源，经过近 20 年研究，车辆轨道仍存在大量问题，实验后因二战而被迫中止 |
| 1952 | 二战后跨座式单轨铁路再次受到重视，瑞典工业家格林（Axel Leonard Wenner Gren）在德国科隆附近的菲林根创立 ALWEG 公司并建造了一条 1.9 公里长的单轨线路，以此进行 1:2.5 比例的模型试验，实验最高速度达到 130km/h；5 年后公司又建造了一条 1.8 公里长 1:1 实体轨道，测实结果与模型试验相近 |
| 1958 | 格林（Axel Leonard Wenner Gren）经过反复研究得出结论：采用跨座式、混凝土轨道和橡胶充气轮胎能使单轨列车达到最佳效果，以此形成的 ALWEG 型跨座式单轨系统设计理念沿用至今 |
| 1960 | 日本日立收购 ALWEG 跨座式单轨专利，从此致力于在日本乃至全球推广 ALWEG 技术，研制出多款日本式单轨车，日本逐步在跨座式单轨技术上获得世界领先地位 |
| 1962 | 美国为西雅图世博会交通问题，修建了 2.4 公里一站到达的跨座式单轨列车，由 ALWEG 公司负责投资修建并运行三年，项目于 8 个月内就收回了全部成本。三年后项目转由西雅图地方继续营运至今 |
| 1964 | 日本为配合举办东京奥运会建设了羽田机场到浜松町间的单轨线路，从此单轨成为日本城市公共客运交通的一种新的交通方式；同时跨座式单轨列车应用也在旅游景区得到了快速推广，先后在名古屋犬山市猴子乐园（1962 年，1.2 公里）、东京读卖乐园（1963 年，3.1 公里）、向丘游乐园（1966 年，1.1 公里）、姬路市（1966 年 1.6 公里）、横滨梦幻公园（1966 年，5.2 公里）建设了多条单线的 ALWEG 系统的单轨列车，积累了大量实践经验。 |
| 1972 | 日本制定了《城市单轨铁路法》 |
| 1985 | 第一条依照《城市单轨铁路法》建成的北九州小仓线开通运行，线路位于九州岛福冈县北九州市，全长 8.4km |
| 1990 | 大阪单轨电车线路通车，共包括两条跨座式单轨铁路路线，分别是大阪单轨铁路（本线，机场线 21.2km）和国际文化公园都市线（支线 6.8km），合计 28km |
| 2003 | 冲绳都市单轨建成，连接那霸机场与首里，全长 13.1km，计划延伸线将于 2019 年建成 |
| 2004 | 位于美国内华达州的单轨大众捷运系统拉斯维加斯单轨电车（Las Vegas Monorail）建成，总长 3.9 英里 |
| 2004 | 莫斯科单轨交通系统于当年 11 月开始使用 |

| 年份 | 标志事件 |
|------|--|
| 2004 | 通过技术转让协议，长春轨道客车获得了日立大型单轨车辆的制造技术，中国首列国产跨座式单轨车在长春轨道客车股份有限公司下线，中国成为继日本之后世界上第二个拥有大型单轨车辆制造技术的国家 |
| 2004 | 中国首条跨座式单轨铁路重庆轨道交通 2 号线较场口——新山村区段开始载客运行，全长 14.35 公里 |
| 2012 | 重庆轨道交通 3 号线南延伸段通车运营，全长达到 55.5km，至此该线路超越日本大阪单轨，成为世界上最长的跨座式单轨交通线路 |
| 2015 | 韩国大邱单轨列车开通运行，全长 20 公里 |
| 2016 | 比亚迪“云轨”举行首发仪式，坪山基地制造的 4.4 公里电驱动跨座式单轨系统开始测试运行 |

资料来源：华泰证券研究所

图2： 1888 年建成的第一条由蒸汽机牵引的单轨线路



资料来源：上海轨道交通，华泰证券研究所

图3： 20 世纪初的单轨交通实验



资料来源：上海轨道交通，华泰证券研究所

图4： 二战后瑞典工业家格林的单轨交通实验



资料来源：地铁族，华泰证券研究所

图5： 1964 年建成的日本东京跨座式单轨交通路线



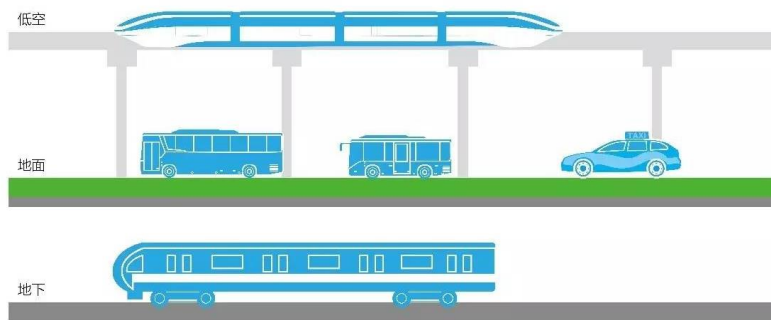
资料来源：地铁族，华泰证券研究所

跨座式单轨交通突出特点：适应性广

核心优势一：城市占用空间大幅缩小

跨座式单轨交通所需的宽度主要由车辆的宽度决定，与轨距无关，该种方式不仅占用的地面面积小于其他轨道交通工具，其垂直空间也大幅减小。目前单轨铁路多数以高架兴建，地面上只需很小的空间建造承托路轨的桥墩，对线路经过区域的地面交通不会产生明显影响，在城市室内客运领域具有明显的空间优势。

图6：跨座式单轨交通城市空间占用示意图



资料来源：虎嗅，华泰证券研究所

核心优势二：行驶过程安全、高效、低噪

跨座式单轨交通安全性更高。

- 行驶区域方面：跨座式单轨始终在相对独立的低空轨道上运行，与城市中其他任何交通工具和行人分隔，因此独立路权使其比其他在路面上铺设的轨道交通更具安全性；
- 运行模式方面：在轨道梁上行驶的城市单轨车辆转向架上装有三种轮胎：走行轮、导向轮和稳定轮。它的走行机理与钢轮钢轨系统完全不同，在列车运行过程中，走行轮始终与轨道梁顶面接触，轮胎的弹性主要缓冲车辆竖向振动，导向轮和稳定轮则缓冲车辆横向作用力，因此充分保证了系统的运营安全。

跨座式单轨交通爬坡能力和曲线通过能力更强，具有极强的地形适应能力。以中国比亚迪最新推出的中小运量轨道交通系统“云轨”为例，该系统车辆最高时速可达80km/h，最小转弯半径仅45米，仅为地铁列车的15%，最大爬坡能力达10%，超过地铁列车3倍。良好的行驶特性使跨座式单轨交通技能更好地适应更加复杂的区域地形，也更加适用于大中城市加密线、商务区、游览区等线路设计要求较为复杂的区域，在城市中选线比较灵活、容易，从而大大降低工程造价，更好地解决大众出行的“最后一公里”难题。

跨座式单轨交通噪音更低。跨座式单轨列车普遍采用电力驱动和空气弹簧转向架，使用橡胶轮胎在混凝土路轨上行走，行驶中产生的噪音与电动汽车行驶相近，但由于该种设计车轮与轨道的接触点始终被包覆于车身内部，使噪音不易于向扩散，获得了理想的减振降噪效果，据在日本小仓线实测，当列车时速60km时，距轨道中心线10m、离地面高1.2m处的噪声值为74分贝，因此跨座式单轨交通对外界的噪声污染远低于巴士、轻轨等地上公共交通工具。

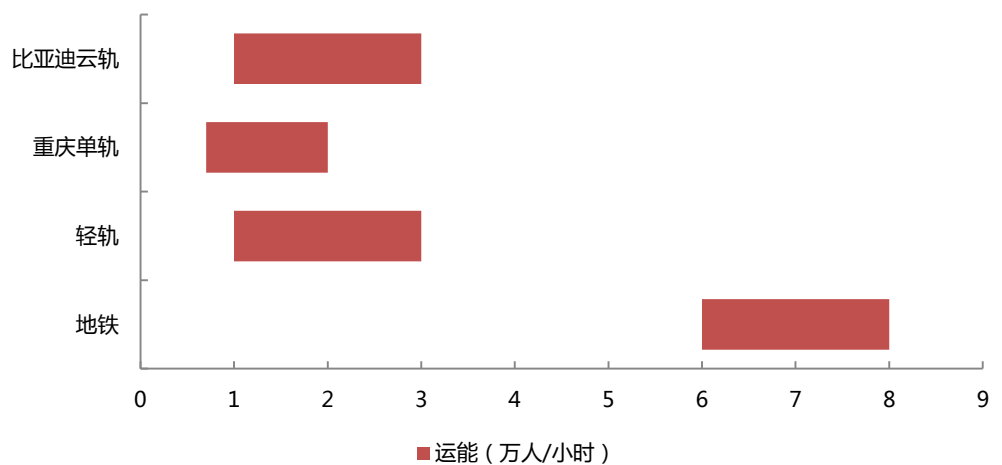
核心优势三：建设周期更短，建设成本更低。

跨座式单轨交通轨道为模块结构，标准轨道梁便于工厂预制，现场拼接，既保证了精度又便于施工，从而可以缩短工期。跨座式单轨交通的工程造价也比较低，跨座式单轨交通的工程造价通常仅为地铁造价的 1/3~1/2。另据比亚迪估计，最新推出的中小运量轨道交通系统“云轨”的造价约为城市地铁造价的 1/5，建设周期约为地铁的 1/3。对于多数城市而言，地铁修建的高成本和长期施工所带来的多种不良影响是城市轨道交通网络建设的主要难题，相比而言，低成本建成快的跨座式轻轨将成为交通网络亟待扩张的城市的最佳选择。

主要瓶颈：列车运能尚无法与地铁相比

跨座式单轨交通的速度和载容量通常不及地铁、轻轨等运载方式，通常情况下地铁的通行能力在 6 万-8 万人/小时，轻轨的通行能力在 1 万-3 万人/小时，而以已经开通的重庆跨座单轨的实际数据来看，重庆单轨的运能大约在 0.7—2 万人/小时之间，比亚迪预计其新产品“云轨”运能也仅为 1-3 万人/小时，尚无法与地铁相比。对此，虽然大型跨座式单轨交通可通过增加编组、缩短间隔等方式增加运能，但真正实现运能飞跃还有待于进一步的技术发展。

图7：主要轨道交通运输方式运能对比



资料来源：高铁见闻，华泰证券研究所

他山之石：跨座式单轨交通成功应用案例

日本东京单轨电车羽田线

东京单轨电车羽田线是为迎接1964年的东京奥运会开幕建成的日本首条跨座式单轨交通线，该项目由名古屋铁道及日立出资，大和观光负责建设，总长17.8公里，于当年10月10日奥运会开幕前的9月17日正式启用。在使用期间，该线路接送大批从日本国内外使用东京国际机场（羽田机场）的旅客，成为跨座式轨道交通应用于大型城市运输的经典案例。

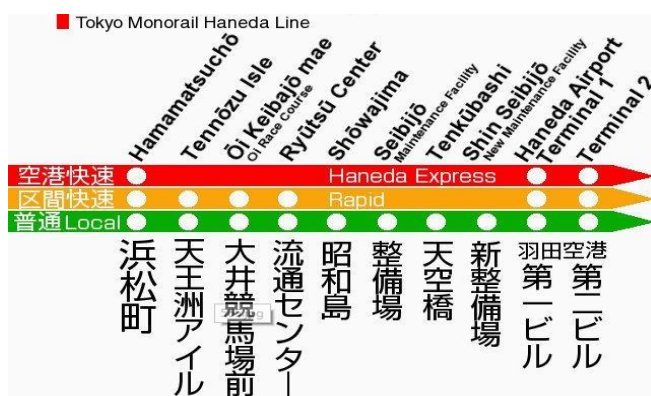
在羽田线开业初期，由于搭乘飞机及海外旅行乘客有限，而且路线又未在滨松町站至羽田机场站之间设置中途站，因此只有少量机场旅客使用，列车经常于平均只有20%客满情况下开出。随后，铁路公司在调低车票售价同时又相继增设大井竞马场前站并为在机场上班的人新建维修场站，随着国际、国内航线逐渐发展，使用机场人数亦随即增加。由于使用该铁路比经常在首都高速公路上塞车的巴士及的计程车还要快，在这个良好的形象之下，乘客量徐徐增长，公司逐渐盈利，线路运营至今。

图8：东京单轨电车羽田线



资料来源：地铁族，华泰证券研究所

图9：东京单轨电车羽田线线路示意图



资料来源：Tokyo Monorail Haneda Line，华泰证券研究所

日本大阪单轨电车线

大阪单轨电车由大阪高速铁道公司经营的大型交通线，共包括两条跨座式单轨铁路路线，分别是大阪单轨铁路（本线，机场线21.2km）和国际文化公园都市线（支线6.8km），合计28km。伴随着日本20世纪后半期的经济增长，大量的人口从地方小城市和农村涌入大都市圈，在国土规划和大都市圈的地区规划指引下，日本加快了新城建设步伐。通过大阪单轨电车线等轨道交通项目的建设，日本单一集中型的城市结构得到改变，实现了多中心型结构的规划。

图10：大阪单轨电车线



资料来源：地铁族，华泰证券研究所

图11：大阪单轨电车线路示意图



资料来源：大阪单轨电车，华泰证券研究所

美国拉斯维加斯单轨列车线

拉斯维加斯单轨电车（Las Vegas Monorail）是一条位于美国内华达州克拉克郡内的单轨大众捷运系统，该单轨电车连结了天堂市和温彻斯特的非建制地区，总长 3.9 英里（6.3 公里），于 2004 年建成，轨道按照最经典的“ALWEG”标准建造。拉斯维加斯单轨列车系统共有九辆庞巴迪的“MVI”型号电车，每辆列车共有四节车厢，载容量约等于两辆有 40 个座位及 160 个站位的双节公车，并为全自动操控。电车最高的时速为每小时 50 英里（80 公里），单程票价为 5 美元，可供单次进出车站搭乘使用，一日票价格为 12 美元，可供一人在 24 小时内无限次搭乘电车。

图12： 美国拉斯维加斯单轨列车线



资料来源：地铁族，华泰证券研究所

重庆轨道交通 2 号线

重庆轨道交通 2 号线是日本日立跨座式单轨的首次海外输出，也是我国第一条建成通车的单轨铁路。该线路的修建源自于长春轨道客车通过技术转让协议获得了日立大型单轨车辆的制造技术，逐步实现了跨座式单轨交通的国产化和属地化生产。2004 年 11 月国产首列跨座式单轨车在长春轨道客车股份有限公司下线，同月中国首条单轨铁路——重庆轨道交通 2 号线较场口——新山村 14.35 公里区段开始载客运行。

目前重庆轨道交通 2 号线全长 30.05 公里，设 25 座车站，由于采用跨座式单轨系统，轨道正线最小曲线半径 150m，最大限坡 60%，较好地适应了重庆市地形起伏、道路狭窄的特点。该线路是中国在运营城市轨道交通中落差最大的一条，总高程落差达 115 米，创下世界城市轨道交通之最。噪音方面由于采用橡胶轮（内充高压氮气）和 PC 轨道梁，运行噪声及震动远远低于采用钢轮钢轨的传统地铁，因此 2 号线通过的居民区均不再另外安装声屏障。经过 5 年的运行，被誉为中国最安静的轨道交通线。

图13： 重庆轨道交通 2 号线

资料来源：重庆市轨道交通，华泰证券研究所

单轨列车技术路径和要点解析

单轨列车是铁路的一种，特点是使用一条轨道，而非传统的两条平衡路轨。其路轨一般以超高硬度混凝土制造，宽于普通钢轨，单轨车辆又宽于路轨。单轨铁路由于不能透过行车轨道把电流回流，故只能采用轨道供电（通常是第四轨，一条供电，一条回流）。单轨分为跨座式单轨和悬挂式单轨两种。

跨座式单轨

跨座式单轨，又称跨座式胶轮轻轨，ALWEG 型跨座式单轨铁路应用最为广泛。它通过单根轨道梁来支承、稳定和导向，车体骑跨在轨道梁上运行，时速可达 80 公里。它能有效利用城市道路空间，爬坡和曲线通过能力强，噪声和景观影响小，是一种独特的中等运量城市轨道交通系统，但会受天候如积雪等影响运行，重心偏高，回旋半径大，转辙器也较复杂。

图14： ALWEG 型跨座式单轨列车

资料来源：PTA Transit，华泰证券研究所

三维空间受力的 PC 轨道梁制造及架设安装、轨梁一体的道岔和转辙电控系统、车辆对转向架轻量化结构的要求，是单轨的三大技术关键和攻坚难题：

PC 轨道梁是关键性技术装备之首

跨座式单轨线路多采用高架，主体结构为混凝土支柱和支柱支撑的带形轨道梁。轨道梁采用预应力混凝土（PC），全部由专用模板制成。它是承受列车荷载的承重结构和车辆走行的轨道，又是供电、信号、通信等缆线的载体。构造复杂，集成各种预埋件、结构件和供电、信号设施。

图15： 重庆轨交 3 号线轨道梁铺设过程



资料来源：重庆时报，华泰证券研究所

转辙电控系统实现道岔梁横移及监控

单轨道岔由道岔梁、指形接手组、十字形铰、尾轴装置等部件组成。道岔梁之间用可互相转动的指形接手组和可上下及横向转动的 T 形轴连接。指形接手组消除相邻道岔梁的间隙，十字形铰和尾轴可保证道岔回转时该部位产生转角变化，并牵动相关梁进行转位。

转辙驱动系统通过减速器带动摆臂绕减速器中心轴回转而实现道岔梁的横移。控制系统保证道岔按信号要求在规定时间内完成解锁、转辙和锁闭工作，并将道岔位置信号反馈至信号显示系统，同时还检测系统中的其他信息并反馈。高峰期，自动转辙间隔时间约为 1~2 分钟。

图16： 单轨道岔转辙全过程（图例为日本大阪 Monorail）



资料来源：中国百科网，华泰证券研究所

转向架结构性能好坏直接影响车辆的运行安全

跟常规的轨道车辆相比，跨座式单轨列车最大的不同，在于它的走行系统。单轨列车采用特殊结构的跨座式转向架，每根车轴上装有 2 个走行轮，两侧上方各有 2 个导向轮，中心下侧面各有 1 个稳定轮，均为充气橡胶轮胎，且均配有安全轮保证行驶车辆安全。

图17：跨座式单轨列车的转向架



资料来源：轨道世界，华泰证券研究所

悬挂式单轨

第二种悬挂式单轨铁路（国内也称空中轨道列车）的列车悬挂在轨道之下。1893 年德国人 Eugen Langen 发明了悬挂式单轨交通，并于 1898~1901 年在著名悬车之城——德国鲁尔区伍珀塔尔修建了 13.3km 的悬挂式单轨铁路。这是世界上最早、历史最悠久的悬挂式单轨交通，迄今仍在正常使用。

图18：伍珀塔尔——世界上最古老的悬挂式单轨铁路



资料来源：Frankfurter Allgemeine Zeitung，华泰证券研究所

悬挂式单轨优缺点明显。其优点在于其重心位于轨道下方，转弯的稳定性较佳，回旋半径小，转辙器的结构设计简单，适合用于曲折且空间受限的路线。部分采用内嵌设计的轨道不易受积雪或结冰影响。其缺点是易对地面的车辆与行人产生压迫感，一旦发生事故，逃生难度大。因此悬挂式单轨技术应用较少，造价相对偏高。

悬挂式单轨车按走行部结构型式分为以下 4 种：

表格2： 悬挂式单轨车分类

| | 主要特点 | 日客运量(人) | 最高时速(km/h) | 典型应用场景 |
|-------------|---|--------------|------------|--|
| 非对称悬挂钢轮、钢轨型 | 钢轨铺设在钢制桁架梁上，钢制车轮的转向架运行于钢轨 | 82 000 | 56 | 德国伍珀塔尔单轨 |
| “工”字轨道梁悬挂型 | “工”字形截面轨道梁，车轮由特殊材料制成，嵌在梁上运行 | | | 巴西 Aldeia do Papai Noel 公园 |
| 非对称悬挂胶轮型 | 悬挂构件安装于轨道梁一侧，橡胶轮胎取代转向架上的钢轮 | 5000~7000 | | 日本东京上野动物园 |
| SAFEGE 型 | 对称式悬挂，轨道梁为底部开口的钢制箱型梁，橡胶轮胎的两轴转向架运行于轨道梁内部，转向架上设走行轮和导向轮，沿着箱型梁内部的轨道运行 | 5 000~40 000 | 65 | 日本千叶单轨线 日本江之岛单轨线 德国多特蒙德大学单轨线 德国杜塞尔多夫机场线 |

资料来源：《悬挂式单轨车的发展及其现状》，华泰证券研究所

悬挂式单轨的轨道梁通常采用下开口的钢箱结构。车辆悬挂于桥梁下面，车轮支撑于开口的钢箱内，电力、通信系统安装在钢箱内部；墩柱采用钢管结构，单线地段为倒 L 形，双线地段为 Y 形。

悬挂式单轨采用站前折返，在站前设有单渡线，单开道岔相连。道岔转换时间约 3 秒，道岔一年维修 1 次。道岔梁的形式比较单一，但构造复杂；道岔梁截面全部采用底部开口的箱形截面，箱梁的下翼缘兼做轨道，通过内部活动体的转动，实现转辙的功能。

图19： 悬挂式单轨的轨道梁与道岔梁

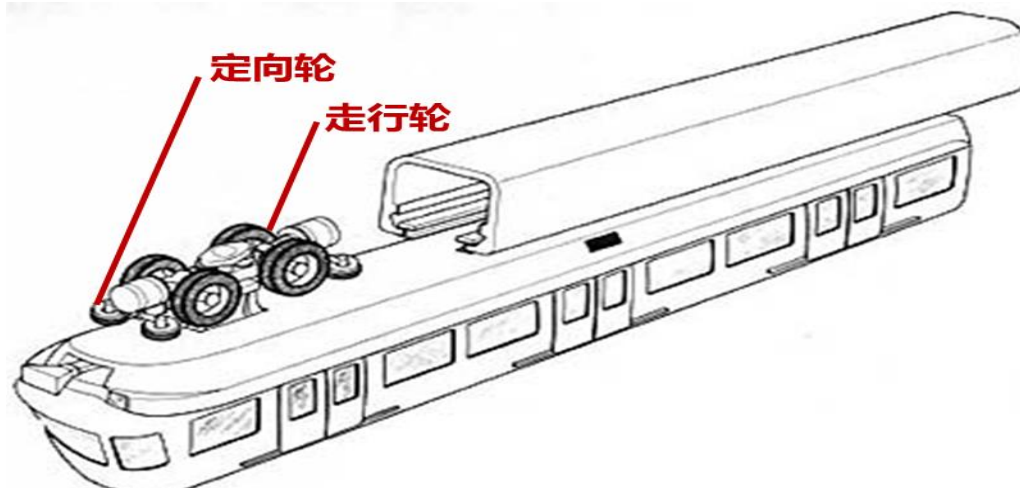


资料来源：日本千叶单轨线，华泰证券研究所

车站采用高架形式，设有车辆锁定装置。由于悬挂式单轨列车运行中，横向摆动幅度为 6.5° ，为保证列车进站安全，站台边缘需与车辆之间留有一定的空隙。同时，在站台板下设置锁定装置，列车停稳后，将车辆固定住，保持车辆稳定和与站台的距离。

车辆悬挂在轨道梁下，借助于走行轮和导向轮运行。每辆车有 2 个转向架，每个转向架有 4 个走行轮和 8 个导向轮。车辆靠走行轮支撑并在轨道梁上行走，车辆的导向轮沿在轨道梁内侧面行走，保证了车辆的转向和稳定。车辆的走行轮和导向轮均采用实心橡胶轮。

图20： 悬挂式单轨系统车辆



资料来源：Monorails Org, 华泰证券研究所

预计至 2020 年规划里程 3600 公里，总投资额 3900 亿元

新制式城市轨道交通包含跨座式单轨和有轨电车，主要用于城市市区、近郊和远郊客运。我国现有城市交通系统存在三个突出问题：高峰时段堵塞和拥挤严重，交通结构单一，对环境的影响较大。发展新型城市轨交，调整既有的交通结构，是解决问题的根本之道。其占地少、污染小、适用狭窄街区和复杂地形等优势，符合我国城市从市区到远郊的交通需求。

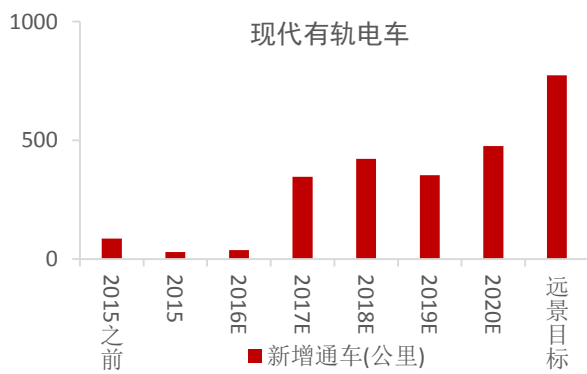
表格3： 不同层次客运轨道交通的主要参数

| 类别 | | 平均站间距 (公里) | 最高运营速度 (公里/小时) | 供电电压 | 适用车辆制式 |
|------|---------|---------------|-------------------|----------|--|
| 高速铁路 | | 50 | 250~300 | AC 25KV | 高速动车 |
| 城际轨交 | | 7~10 | 160~200 | AC 25KV | 中低速动车集中式铁路客车、中低速磁浮(电力牵引、动力、内燃牵引) |
| 城市轨交 | 城市郊区铁路 | 5~6 | 140~160 | AC 25KV | 中低速动车集中式铁路客车、地铁(电力牵引轻轨、动力、内燃牵引)、中低速磁浮 |
| | 城市远郊铁路 | 3~4 | 120 | DC 1.5KV | 地铁、轻轨(包括跨座式轨道交通系统、线性电机系统)、中低速磁浮 |
| | 市区和近郊地铁 | 1~2 | 80~100 | DC 750v | 地铁、轻轨(包括跨座式轨道交通系统、线性电机系统)、新交通系统、有轨电车、中低速磁浮 |

资料来源：《轨道交通可持续发展的研究与思考》，华泰证券研究所

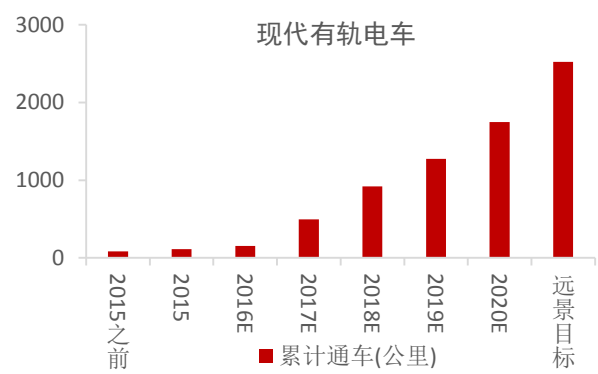
根据我们对全国城市有轨电车项目的整理，预计到 2020 年，有轨电车新建线路约 2000 公里，配套车站超 1400 座，投资额超 3000 亿元。

图21: 我国有轨电车新增通车里程



资料来源: 中国轨道交通网, 华泰证券研究所

图22: 我国有轨电车累计通车里程



资料来源: 中国轨道交通网, 华泰证券研究所

具体项目列示如下:

表格4: 全国城市有轨电车在建和规划项目一览 (不含胶轮导轨电车)

| 城市 | 线路详情 | 线路长度 (公里) | 车站 (座) | 投资额 (亿元) | 开工时间 | 开通运营时间 |
|-----|-----------|--------------|-----------|-------------|-----------|----------|
| 北京 | 西郊线 | 10 | 6 | 35 | 2014年2月 | 预计2017年 |
| 上海 | 松江T1 | 15.6 | 22 | | | 预计2017年 |
| 上海 | 松江T2 | 15.3 | 20 | | | 预计2017年 |
| 上海 | 其余规划4条 | 59.1 | 76 | | | 预计2019年 |
| 沈阳 | 规划线路4条 | 60 | 73 | 48.6 | | |
| 青岛 | 城阳有轨电车 | 8.77 | 12 | | | 2015年12月 |
| 苏州 | 高新区共6条规划 | 80 | | | | |
| 徐州 | 五环新城区共4条 | | 25 | | 2014年 | 预计2016年 |
| 常州 | T1、T2、T3线 | 38.5 | | | 预计2016年 | 预计2018年 |
| 株洲 | 共规划22条 | 161.8 | 268 | 141.8 | | 预计2018年 |
| 天水 | 示范线 | 20 | 17 | 31 | 2015年10月 | 2017年8月 |
| 重庆 | 巴南有轨电车 | 26.73 | 22 | | 预计2016年 | 预计2019年 |
| 哈尔滨 | 哈南工业新城 | 14 | 15 | 10 | 2016年4月 | 预计2017年 |
| 长春 | 西环线 | | 11 | | 预计2017年 | 预计2020年 |
| 长春 | 高新南区线 | 12 | 8 | 2.6 | 预计2017年 | 预计2019年 |
| 秦皇岛 | 规划线路4条 | 76 | | | 预计2017年 | 预计2019年 |
| 济南 | 规划线路3条 | 225 | | | | |
| 杭州 | 1号线、2号线 | 26.3 | 43 | | 2016年 | 预计2017年 |
| 宁波 | 实验线 | 8.16 | 12 | 10.96 | 2014年11月份 | 2017年2月 |
| 泉州 | 首期1号线 | 40.5 | 31 | 68.7 | 预计2016年 | 预计2018年 |
| 深圳 | 龙华新区共3条 | 51 | 68 | | 2015年 | 2017年3月 |
| 深圳 | 坪山新区1号线 | 18.2 | | 23.28 | 2015年 | 预计2017年 |
| 深圳 | 光明新区1条 | 13.5 | 18 | | | |
| 深圳 | 其余4条 | 67.8 | | | | 预计2020年 |
| 南沙 | 规划线路6条 | 137.6 | 115 | >100 | 预计2017年 | 预计2020年 |
| 珠海 | 有轨一号线 | 8.9 | 12 | | | 预计2016年 |
| 郑州 | 中原西路线 | 36.7 | 38 | 46 | 2015年 | 预计2018年 |
| 郑州 | 郑新快速路线 | 21.9 | 21 | 31 | 2015年 | 预计2018年 |

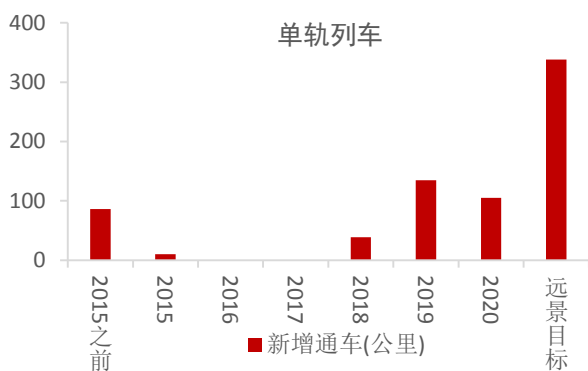
| 城市 | 线路详情 | 线路长度 (公里) | 车站 (座) | 投资额 (亿元) | 开工时间 | 开通运营时间 |
|-----|-------------|--------------|-----------|-------------|-------------|----------------|
| 郑州 | 航海东路线 | 32.9 | 29 | 46 | 2015 年 | 预计 2018 年 |
| 开封 | 有轨电车 1、2 号线 | 25 | 35 | 20 | 2015 年底 | 预计 2017 年 |
| 成都 | 有轨电车蓉 1 号线 | 9.62 | 16 | | 暂缓开工* | 预计 2018 年 |
| 成都 | 有轨电车蓉 2 号线 | 39 | 47 | | 2015 年 12 月 | 预计 2018 年 |
| 成都 | 有轨电车 R1 线 | 24.56 | 20 | | 2014 年 | 预计 2017 年 |
| 成都 | 都江堰 M-TR 线 | 20.1 | 27 | | 2016 年 8 月 | 预计 2018 年 |
| 长沙 | 规划线路 9 条 | 170 | | | | |
| 武汉 | 有轨电车 T1 线 | 15.824 | 23 | 合计 68 | 2014 年 12 月 | 预计 2017 年 |
| 武汉 | 有轨电车 T2 线 | 19.592 | 25 | | 2014 年 12 月 | 预计 2017 年 |
| 合肥 | 共 2 条 | 33.26 | | 62.6 | | |
| 南昌 | 湾里线 | | | | 规划中 | |
| 鹰潭 | | 30 | 19 | 39.6 | | |
| 兰州 | 规划线路 6 条 | 146 | 145 | | 已规划 | 预计 2019 年 |
| 天水 | 示范线 | 20 | 17 | 31 | 2015 年 10 月 | 预计 2017 年 |
| 库尔勒 | 规划线路 5 条 | 174.9 | | 200 | 预计 2017 年 | 预计 2020 年 |
| 拉萨 | 1 号示范线 | 33.22 | 36 | | 预计 2017 年 | 预计 2019 年 |
| 蒙自 | 规划线路 4 条 | 62 | | 66.19 | 2015 年 8 月 | 预计 2017 年 |
| 弥勒 | 规划线路 4 条 | 69.7 | | 96 | 预计 2017 年 | 预计 2020 年 |
| 个旧 | 规划线路 1 条 | 20.93 | | 42.513 | 2016 年 8 月 | 预计 2018 年 |
| 昭通 | 规划线路 1 条 | 7.55 | 9 | | 公开征求意见 | |
| 楚雄 | 示范线 | 25.53 | 29 | 36 | 预计 2017 年 | 预计 2020 年 |
| 瑞丽 | 规划线路 4 条 | 75.5 | 73 | | | 预计 2020~2030 年 |

资料来源：各政府规划文件，华泰证券研究所

根据我们对国内单轨列车规划项目的初步整理，共有 10 座城市修建或规划单轨列车，线路长度超过 600 公里，预计投资额超 900 亿元。

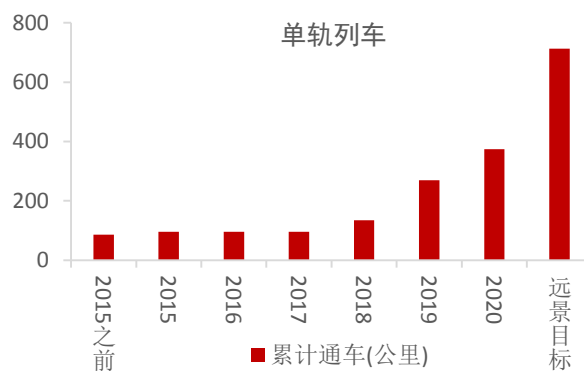
安徽省芜湖市作为我国第一个轨道交通全网采用跨座式单轨新制式的城市，其 2 号线一期工程即将开工建设，计划于 2019 年建成通车。

图23：我国跨座单轨列车新增通车里程



资料来源：中国轨道交通网，华泰证券研究所

图24：我国跨座单轨列车累计通车里程



资料来源：中国轨道交通网，华泰证券研究所

具体项目列示如下：

表格5：全国城市单轨列车（含云轨、跨座式、悬挂式）在建和规划项目一览

| 城市 | 建设制式 | 线路长度 (公里) | 车站 (座) | 投资额 (亿元) | 开工时间 | 开通运营时间 |
|----|-------|--------------|-----------|-------------|-------------|------------|
| 深圳 | 云轨 | 60 | - | 100 | - | - |
| 汕头 | 云轨 | 250 | - | 400 | - | - |
| 沈阳 | 跨座式单轨 | 21.95 | - | - | 计划中 | - |
| 苏州 | 跨座式单轨 | 6.44 | 10 | 13 | 2013 年初 | - |
| 吉林 | 跨座式单轨 | 38.8 | 35 | - | - | 预计 2018 年 |
| 芜湖 | 跨座式单轨 | 47 | - | - | - | 预计 2020 年 |
| 郑州 | 跨座式单轨 | - | - | - | 计划中 | - |
| 安阳 | 跨座式单轨 | 97.6 | - | 103 | - | - |
| 温岭 | 悬挂式单轨 | 37 | 36 | - | 2016 年 10 月 | 2019 年 9 月 |
| 成都 | 悬挂式单轨 | 6 | - | 9 | 预计 2017 年 | 预计 2020 年 |

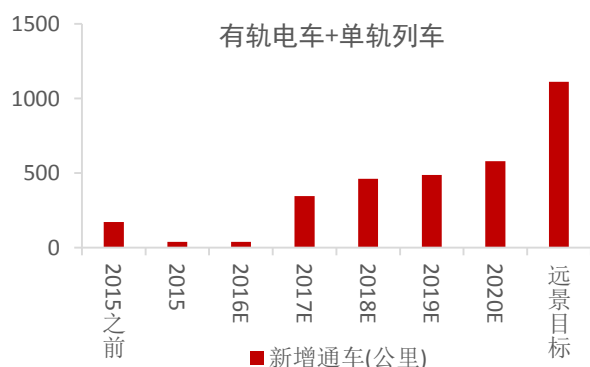
资料来源：各政府规划文件，华泰证券研究所

行业投资机会研判

我们认为，高铁经历十二五期间的大牛市之后，细分增速开始见顶回落，新一轮轨交产业链牛市将从高速铁路切换至城轨市场。其中，有轨电车这一细分市场同属城轨领域，却未受到广泛关注，在经过仔细梳理相关产业的数据后，这个领域同样蕴含了较大的机遇。特别是跨座单轨因其较强的适应性或将在新制式轨道交通中占据越来越重要的地位。具体如下：

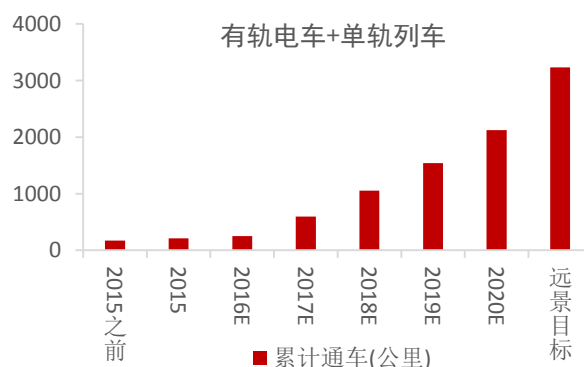
- 有轨电车属于中小运力的轨道交通，综合优势非常突出，造价仅为地铁的 1/5；建设周期仅为地铁的 1/3，可广泛用于中、小城市的骨干线和大中城市的加密线、商务区、游览区等线路，解决大众出行的“最后一公里”难题。
- 根据我们对全国城市有轨电车项目的整理，预计到 2020 年，有轨电车新建线路约 2300 公里，配套车站超 1400 座，投资额超 3000 亿元。
- 特别是跨座单轨因其较强的适应性或将在新制式轨道交通中占据越来越重要的地位。根据我们对国内单轨列车规划项目的初步整理，共有 10 座城市修建或规划单轨列车，线路长度超过 600 公里，预计投资额超 900 亿元。安徽省芜湖市作为我国第一个轨道交通全网采用跨座式单轨新制式的城市，其 2 号线一期工程即将开工建设，计划于 2019 年建成通车。
- 有轨电车建设周期仅为地铁的 1/3，工期约 1-1.5 年。据统计有轨电车开工高峰为 15-16 年，通车高峰将在 17-18 年。

图25：我国有轨电车+跨座单轨新增通车里程



资料来源：中国轨道交通网，华泰证券研究所

图26：我国有轨电车+跨座单轨累计通车里程



资料来源：中国轨道交通网，华泰证券研究所

- 受益于政策支持、融资及经营模式的创新，未来几年有轨新项目的招标或再上一个新台阶。从目前已经开工或者通车的项目分析，全国有轨电车项目将主要以 PPP 模式作为主要推广和融资运营模式，有望释放投资需求为城轨项目输血。

从产业链来看，我们看好相关公司在整车和核心系统方面发展空间。建议关注：1) 中国中车：车辆制造技术绝对龙头；2) 新筑股份：国内第二家具备低地板有轨电车生产能力的企业，目前已有订单业绩业绩，PPP 模式助力发展；3) 运达科技：切入牵引控制系统，受益行业发展。

免责声明

本报告仅供华泰证券股份有限公司（以下简称“本公司”）客户使用。本公司不因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的意见、评估及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。在不同时期，本公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。同时，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供参考，不构成所述证券的买卖出价或征价。该等观点、建议并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对客户私人投资建议。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本公司及作者在自身所知情的范围内，与本报告所指的证券或投资标的不存在法律禁止的利害关系。在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为之提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华泰证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权力。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

本公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格，经营许可证编号为：Z23032000。

©版权所有 2016 年华泰证券股份有限公司

评级说明

行业评级体系

—报告发布日后的 6 个月内的行业涨跌幅相对同期的沪深 300 指数的涨跌幅为基准；

—投资建议的评级标准

增持行业股票指数超越基准

中性行业股票指数基本与基准持平

减持行业股票指数明显弱于基准

公司评级体系

—报告发布日后的 6 个月内的公司涨跌幅相对同期的沪深 300 指数的涨跌幅为基准；

—投资建议的评级标准

买入股价超越基准 20%以上

增持股价超越基准 5%-20%

中性股价相对基准波动在-5%~5%之间

减持股价弱于基准 5%-20%

卖出股价弱于基准 20%以上

华泰证券研究

南京

南京市建邺区江东中路 228 号华泰证券广场 1 号楼/邮政编码：210019

电话：86 25 83389999 / 传真：86 25 83387521

电子邮件：ht-rd@htsc.com

深圳

深圳市福田区深南大道 4011 号香港中旅大厦 24 层/邮政编码：518048

电话：86 755 82493932 / 传真：86 755 82492062

电子邮件：ht-rd@htsc.com

北京

北京市西城区太平桥大街丰盛胡同 28 号太平洋保险大厦 A 座 18 层
 邮政编码：100032

电话：86 10 63211166 / 传真：86 10 63211275

电子邮件：ht-rd@htsc.com

上海

上海市浦东新区东方路 18 号保利广场 E 栋 23 楼/邮政编码：200120

电话：86 21 28972098 / 传真：86 21 28972068

电子邮件：ht-rd@htsc.com