



International Metro Transit
Exhibition & Forum
Beijing

北京国际城市轨道交通展览会
暨高峰论坛(2019)

与城共融的有轨电车

中国城市轨道交通协会现代有轨电车分会

北京城建设计发展集团股份有限公司

冯爱军



➤ 前言—概念

关于名词：钢轮钢轨、电力牵引、以地面为主、多种路权

名词：传统有轨电车—TRAM；
现代有轨电车—ILRT；



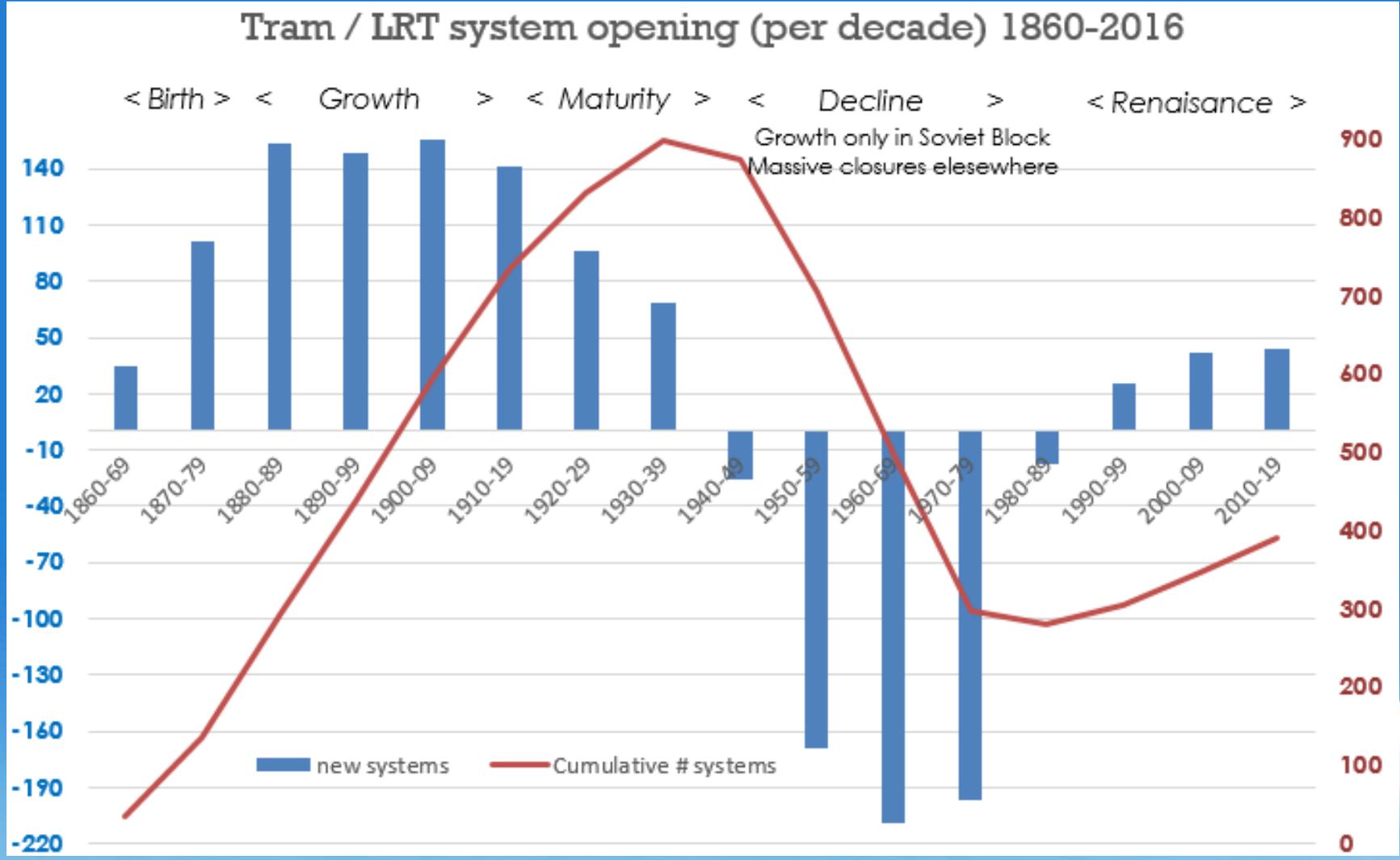
名词：有轨电车—TRAM & ILRT

	分隔度 (%)	列车长度(m)	载客量/ (pax)	线路运能(pphpd)	旅行速度(km/h)	站间距
TRAM	0	15-30	170-260	>3,000	<15	300-400m
LRT	1 - 99	20-50	200-530	3 000-11 000	15-30	300-800m
METRO	100	40-150	480-2 300	10-80 000	25-40	800-1500m
Commuter railways	100 possibly with protected level crossings	50-200	640-2 500	10-80 000	40-60	1-5 km

➤ 前言—沈院长关于现代有轨电车分级的思考

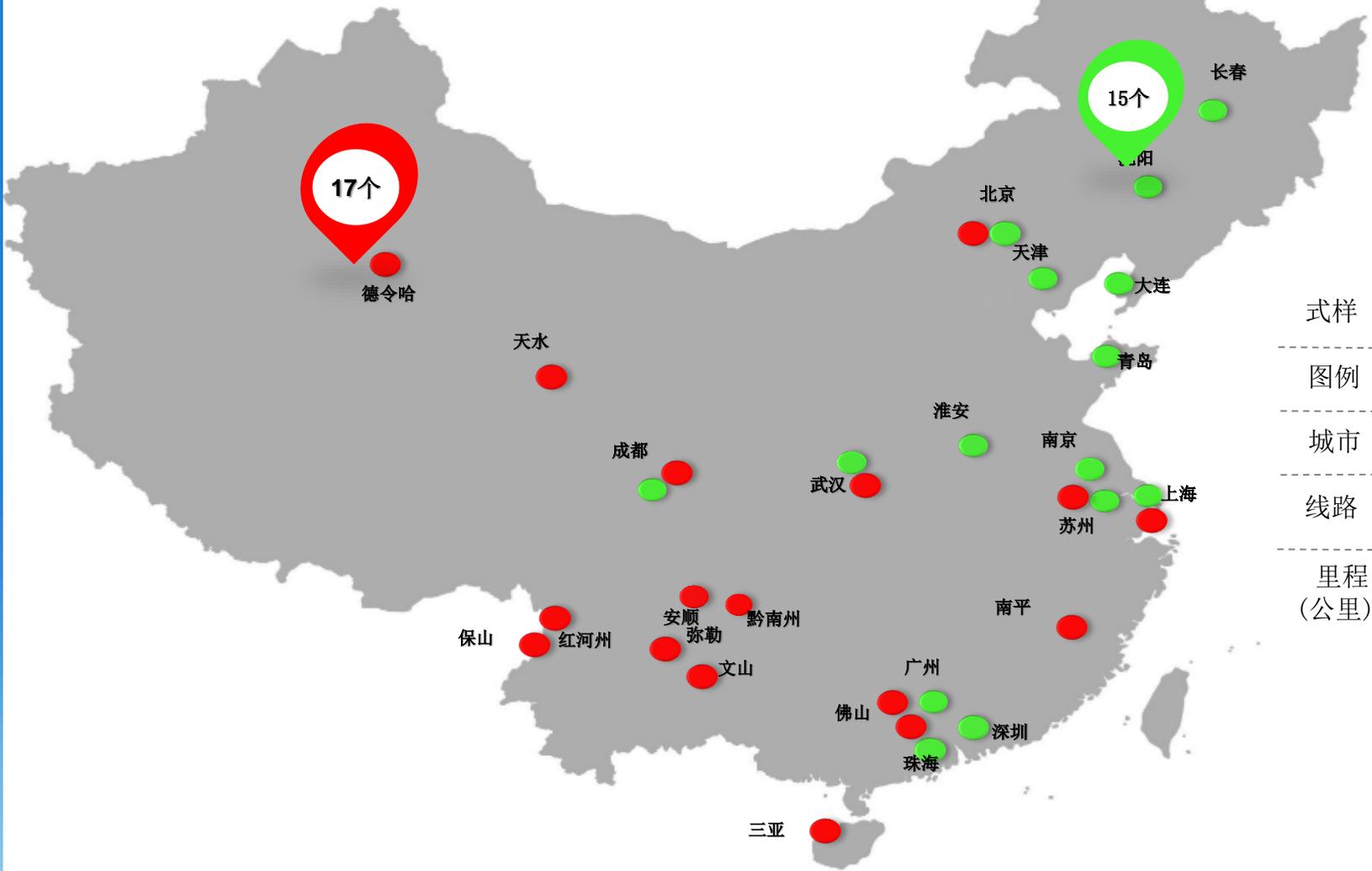
		基本特征	区间-- 路段和交叉口	车站-- 交叉路口	旅速目标	站台与车辆
传统模式		全街面敷设	路段：混合道为主， 路口：平交，道路信号	地面车站，所有路口平交	随地面公交规则运行	中高站台，单节车辆
现代有轨电车	I -初级	全街面敷设 + 区间部分专用道 + 轨道绿化	路段：专用道（约50%） 路口：平交，设道路信号	地面车站，路口平交，按道路信号运行	15km/h	低站台、铰接式、模块化、低地板车辆
	II -中级	全街面敷设 + 专用道比例提高 + 路口信号优先	路段：专用道（≥75%） 路口：平交+信号优先，减少区间平交口。	地面车站，路口平交，设置优先信号。	20km/h	
	III -中高级	街面敷设，绿化， + 路口信号优先， + 重要路口立交， + 列车运行保护	路段：专用道（100%）， 路口：封闭区间路口或主要路口 局部立交 ， 设行车防护信号	地面车站。路口：保留平交，+ 信号优先。	25km/h	
	IV -高级 (ILRT)	市区 ：全封闭 外围 ：街面敷设， + 路口信号优先， + 列车运行保护 <small>注：为增加的条件</small>	市区 ：线路和车站经过所有路口，按 全封闭 敷设， 设高密度运行小交路，设行车防护信号， 外围 ： 区间 线路-为地面全封闭专用道（100%）， 或主要路口局部立交。 车站 路口：保留平交--信号优先通过。	市区 段可达30km/h； 外围 地段为20-25km/h		

➤ 前言—世界有轨电车发展趋势



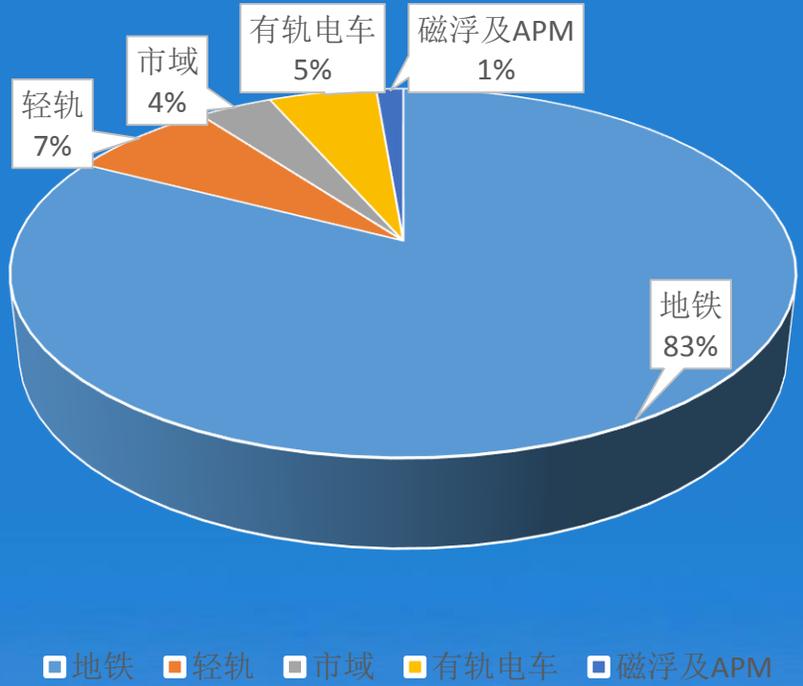
前言—内地有轨电车发展

截至2018年12月31日，中国内地共有15个城市的有轨电车已经投入运营，运营线路共计25条，运营总里程为328.69（运营里程363）公里，开通车站数达到412个。

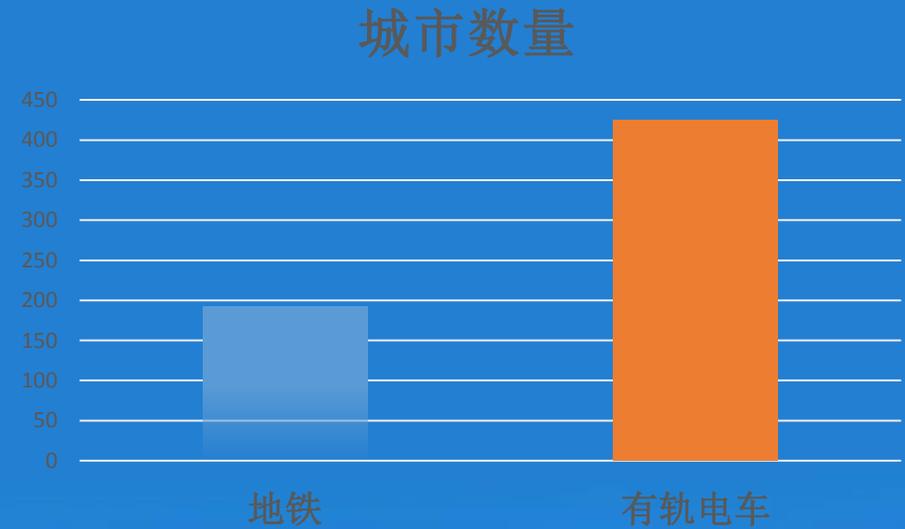


式样		
图例	运营	建设
城市	15个	17个
线路	25条	23条
里程 (公里)	328.69	400.93

前言—有轨电车发展的国内外对比



2018年底中国大陆运营线路系统制式分布



类别	地铁	有轨电车
城市数量	192	425
线路长度	19638	18377

世界城市地铁与有轨电车的城市对比



Metro Trans

1

为什么建？

2

怎么建？

3

怎么管？





为什么建？--我们的初心

- 交通属性--公共交通水平提升的需求；
- 城市重构--融入城市的景观与文化内涵；
- 技术创新--技术与产业创新的载体；
- 未雨绸缪--老龄化社会的趋势。





➤ 为什么建? --需要

□ 交通属性--有限的道路资源，路权还能“争”吗？

□ 政府财力（地铁&有轨6:1)? 建设周期(地铁&有轨3:1)？





➤ 为什么建？--需要

□ 交通属性--满足不同交通层次的需求，提升交通品质

Demand of different transport levels and aging society



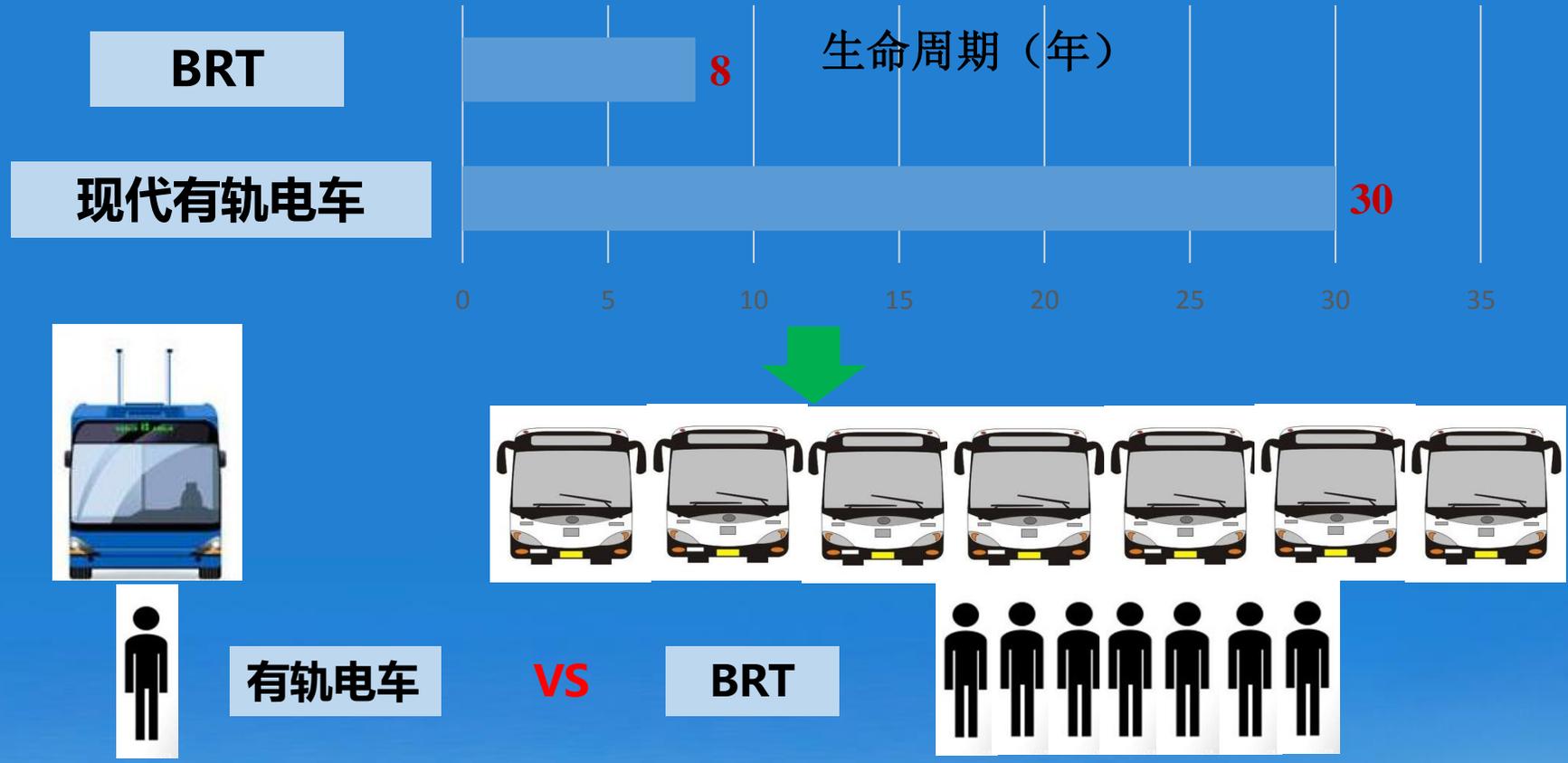
拥挤不堪的现状公交服务

The crowded public transport

高品质的公交服务

High-quality public transport services

➤ 为什么建？--需要



综上所述，以30年为计算年限的话，现代有轨电车和BRT的数量比约为1:7。BRT的车辆单价为200万，则换算的现代有轨电车单价为1500万，随着现代有轨电车车辆**国产化进程**的深入和**批量生产**，二者在造价间的差异将会越来越小。



有轨电车

技术对比——运能

2.65m 宽车长 度/m	载客 量/人	1h单向运送能力/人			备注
		2min	3min	4min	
36	300	9000	6000	4500	座位+ 立席6 人/m ²

2.5m 宽车长 度/m	载客 量/人	1h单向运送能力/人			备注
		2min	3min	4min	
15.5	135	4050	2700	2025	座位+ 立席8 人/m ²
17.0	165	4950	3300	2475	
18.0	180	5400	3600	2700	

为什么建? --需要

BRT

每小时单向320辆车

市中心高峰时段的车辆数/小时/单向

广州	320	师大暨大站, 多次调查数据 (九月-14)
波哥大	312	2013年6月25日, Calle 76, 早高峰, 北-南 (七月-13)
布里斯班	232	Buranda, 北-南, 晚高峰, 2015.3.8 (八月-15)
卡利	164	2013.6.24, San Pascual station, 早高峰, 东-西 (七月-13)
伊斯坦布尔	137	Cevizlibağ station, 西-东, 早高峰, 2012年7月6日 (七月-12)
郑州	129	Zhongzhou Ave, Hongzhuanlu, N-S, AM peak, 22 Aug 2014 (四月-15)
厦门	107	卧龙晓城站的, 西到东, 晚高峰, 2015.12.16 (十二月-15)
成都	101	Hongpailou Dong, AM peak N-S, 25-Nov-15 (十一月-15)
利马	101	2011.6.24 北-南 早高峰, south of Uni Station, 晚高峰 84 南-北 (七月-11)
宜昌	94	Gezhouba Stn, AM peak, N-S, 4-Aug-2015 (八月-15)
乌鲁木齐	93	Hongshan station, AM peak, N-S, 2015.11.27 (十一月-15)
兰州	90	幸福巷站西侧, 东-西, 晚高峰, 2015年10月19日 (十月-15)
大连	86	春柳站, 进城方向, 早高峰, 2014.2.24 (三月-14)
合肥	80	Sipailou, AM peak, W-E, 2015.11.24 (十一月-15)
杭州	65	AM peak east-west, Wulin Guangchang Bei, 1-Jul-15 (七月-15)
约翰内斯堡	64	Mavumbi Station 2012.7.4 早高峰 (七月-12)
基多	60	走廊3; 走廊1和2大约30 (十月-08)
墨西哥城	56	2013年1月18日, south of Insurgentes Stn, 早高峰, 北-南 (七月-13)
巴黎	52	Choisy Le Roi station, AM peak, 28-Jan-2016 (二月-16)
济南	49	Lishan Lu station, 3-Mar-2014 & 16-Jul-2014, east-west, PM peak (七月-14)
舟山	47	海运学院站东侧, 东-西, 早高峰, 2014年3月6日 (三月-14)
银川	44	Shangchengs stn, PM peak, E-W, 2015.11.25 (十一月-15)
常州	43	怀德路延陵路BRT站台, 晚高峰 南-北, 2015.11.27 (十一月-15)
雅加达	40	2011年5月4-5日, 1号走廊, 北-南 (三月-13)
盐城	39	大庆路南侧, 晚高峰, 南-北, 2015.7.3 (七月-15)
北京	30	天坛, 北-南, 晚高峰, 2015.9.11 (六月-15)
常德	27	皇木关站台, 南-北, 晚高峰, 2013.3.21 (三月-13)
中山	26	Nongshangyinhang Dongquzhihang stn, E-W, PM peak, 16-Jul-2015 (七月-15)
连云港	25	2013年1月22日调查 (一月-13)
枣庄	23	龟山公园东侧, 西-东, 早高峰, 2014年3月4日 (三月-14)
伊斯兰堡	21	AM peak eastbound, Stock Exchange Station, 2015.12.2 (十二月-15)
莱昂	20	Industrial Station, 晚高峰, 东-西, 2013.6.14 (六月-13)



Metro Trans

1.95
1.0
4.5



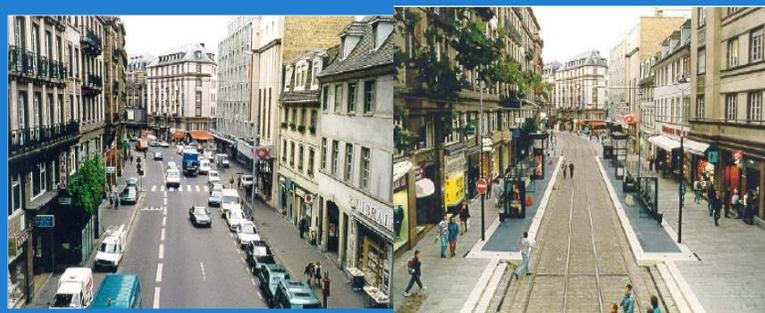
深圳国家高技术产业创新中心
ShenZhen State High-tech Industrial Innovation Centre



➤ 为什么建？--需要

□ **斯特拉斯堡**，法国有轨电车复兴的代表。有轨电车流线型的车体、宽大明亮的车窗、宽敞舒适的内部空间，深受市民欢迎，车站的建筑设计也别具一格，造型优美，有轨电车的建设同时再造了街区，提升了城市形象。

45m长的轻轨车是目前Citadis系列中最长的车辆。可借鉴的观点是**可结合城市更新建设有轨电车**。



建设前

建设后



建设前

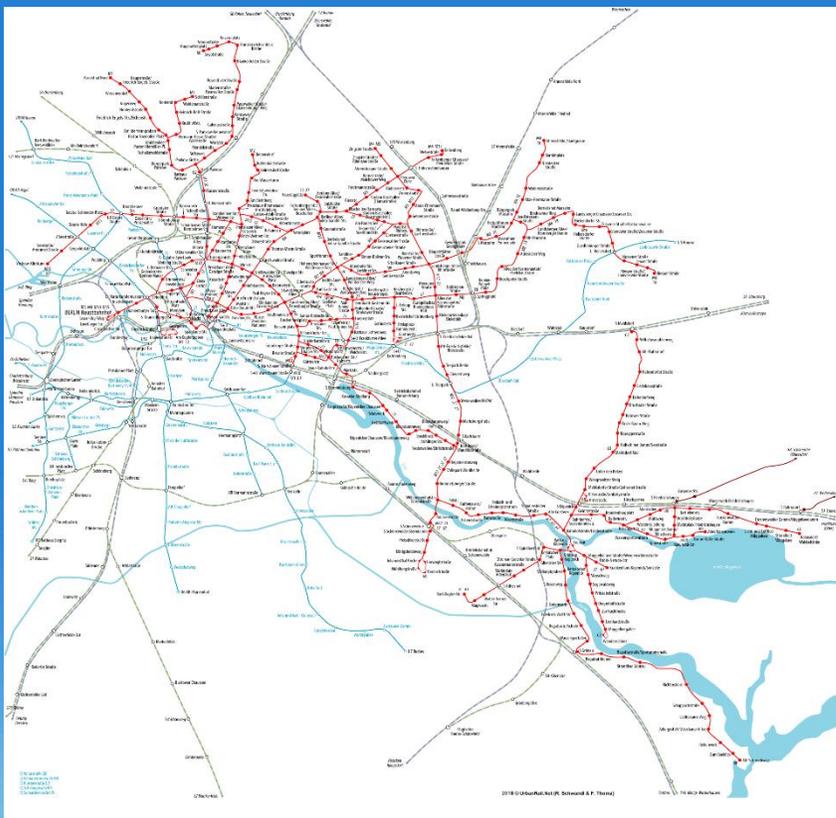
建设后

有轨电车实现城市功能升级



➤ 为什么建？--需要

□ **柏林**，1881年首个开通有轨电车的城市，目前柏林的公共交通网络包括城市快捷铁路、地铁、有轨电车（190公里，801个站点）、公交车和五条轮渡路线。有轨电车作为柏林第二大轨道交通（仅次于城市-城郊快捷铁路），在整个柏林交通系统中发挥着重要作用的功能，**多层次交通体系可为特大城市提供借鉴。**



人口数量	3,500,000(2016)
总面积	891.85平方公里
人口密度	3.924人/平方公里
有轨电车车站数量	794（白天）/409（夜晚）
有轨电车线路数量	22（白天）/（夜晚）
网络总长	190km
站间平均距离	500m
平均时速	19.2km/h
列车数量	361
年客流量	17440万人次



➤ 为什么建？--需要

- ❑ **卡尔斯鲁厄**，其城铁系统是高效的市内轨道系统与短途铁路系统的结合体，突破了市内轨道与铁路之间的界限。卡尔斯鲁厄于1980-90年代首次提出将两者结合起来以提供更具吸引力的市内轨道交通与近途铁路交通这一概念并付诸实施，因而火车-有轨电车并轨系统又成为卡尔斯鲁厄系统（Karlsruhe Model），业内称为**TRAM-TRAIN模式**，这一模式对我国旧铁路利用有借鉴意义。





Metro Trans

Impact on mobility

Eskisehir (EsTram)



Since the start of LRT operation in 2012, we have seen a steady decrease in the use of private vehicles and an increase in PT ridership, making Jerusalem a success story

Nir Barkat, Mayor of Jerusalem



LRT seminar
Singapore



► 为什么建？

□ **墨尔本**，拥有世界最大的有轨电车运营网络，**电车是墨尔本城市最主要的交通工具**，新式的、老式的有轨电车穿行在各个街道，叮当作响的复古有轨电车已在这里运行了150多年。更有世界上唯一的一个运行的电车餐厅。墨尔本有轨电车网络拥有24条线路，长度250公里，493辆有轨电车，1763个车站，2015到2016年的载客量达到2.038亿。





➤ 为什么建？ -- 美！

□ 城市重构—城市环境、道路更新、地域文化的载体--城市公共管理管理条例





➤ 为什么建? -- 美!

波特兰，美国生态城市规划典范--波特兰的有轨电车，对生态城市进行了有益的探索，将城市公共交通政策以小汽车导向改为以公共交通为导向，通过修建自行车道和行人步道，对私人汽车的通行进行限制，鼓励和引导居民乘坐公共交通（有轨电车）。尤其是在中心城的线路起到了TOD的作用。



不允许小汽车通过的提里库姆大桥



Metro Trans

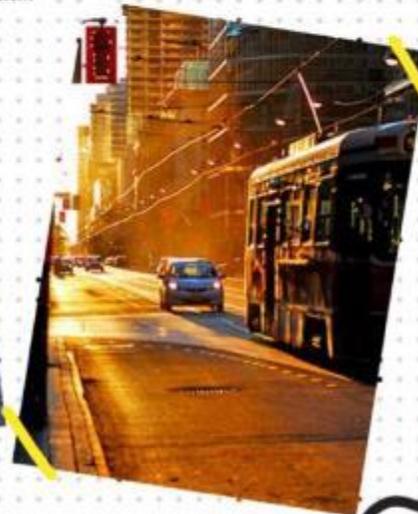
□ 文化内涵—呼吸的空气



春分：“在可爱的电车沿线，除了春天入内。”

飞郎《春天》

「林文康摄影」



↳ GOOD TIME



Metro Trans

➤ 为什么建? -- 美!



巴黎



勒芒



尼斯



柏林



里昂



Metro Trans

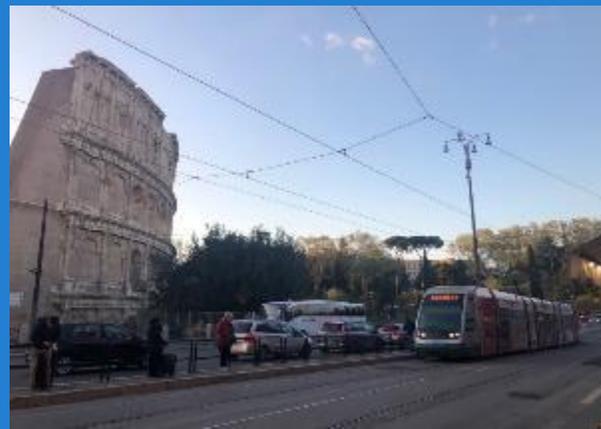
➤ 为什么建? -- 美!



贝桑松



斯图加特



罗马



斯特拉斯堡

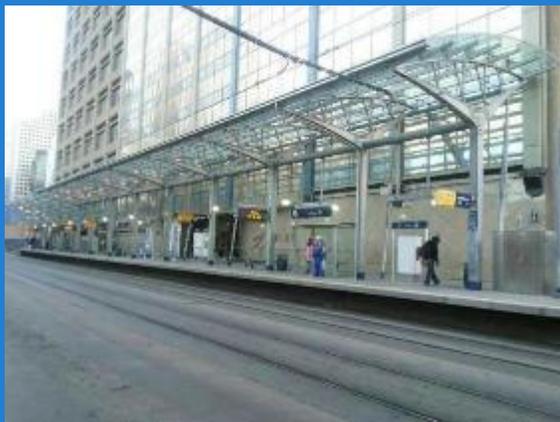


佛罗伦萨



Metro Trans

➤ 为什么建? -- 美!



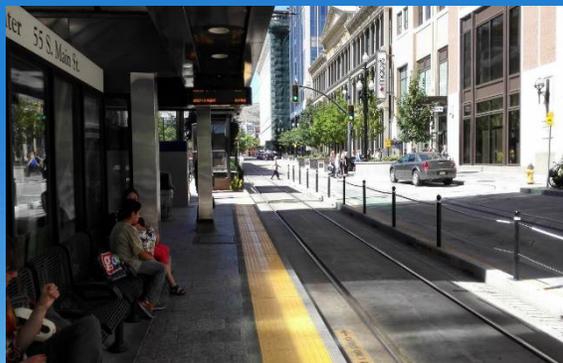
卡尔加里



新奥尔良



波特兰



盐湖城



水牛城



Metro Trans

□ 文化内涵—呼吸的空气





Metro Trans

□ 文化内涵—呼吸的空气

东西南北；
年年月月；
不同文化；
不同风情！



为什么建？-- 美！



- 境内具有城市轨道交通车辆生产资质的七家整车企业均通过技术引进或自主研发形成有轨电车设计生产能力，并在国内与国际市场均有业绩收获。
- 引进技术的100%低地板有轨电车与世界主流市场保持同步。
- 中车在包含北京、上海、武汉在内的31个城市设置城市轨道交通基地。

有轨电车主要技术平台 Main technical platform of tram

线路 Line	上海松江、成都 Shanghai Songjiang、 Chengdu	广州、淮安 Guangzhou、 Huaian	南京、苏州 Nanjing、 Suzhou	北京西郊、珠海 Beijing xijiao、 Zhuhai	青岛 Qingdao	沈阳、长春 Shenyang、Changchun
制造商 Manufacturer	上海阿尔斯通/长客 Alstom Shanghai/CRRC CHANGCHUN RAILWAY VEHICLES CO., LTD	株机 CRRC ZHUZHOU LOCOMOTIVE CO., LTD	浦镇 CRRC NANJING PUZHEN CO., LTD	大连机车 CRRC DALIAN CO., LTD	四方 CRRC SIFANG CO., LTD	长客 CRRC CHANGCHUN RAILWAY VEHICLES CO., LTD
技术平台 Technical platform	阿尔斯通 CITADIS	西门子 Combino Plus	庞巴迪 Flexcity2	安萨尔多 Sirio	斯柯达 Skoda	自主研发 Independent Research And Development



Metro Trans

□ 技术创新—产业发展的载体之供电方式

- 全线储能供电和部分储能供电已经成为目前中国开通及在建项目的主流供电制式，合计占比已经达到70%，国际领先。
- All energy storage and power supply and some energy storage power supply have become the mainstream power supply system for domestic open and under construction projects at present, accounting for a total proportion of 70%. This trend deserves close attention.



➤ 为什么建？ -- 产业



FORTUNE GLOBAL FORUM
2017 GUANGZHOU

《财富》全球论坛·2017广州

开放与创新：构建经济新格局
OPENNESS AND INNOVATION: SHAPING THE GLOBAL ECONOMY



GUANGZHOU



□ 技术创新—产业发展的载体之弱电集成、车路协同

新增功能 New function

- 速度诱导 Velocity induction
- 碰撞危险报警 Collision risk alarm

方案特色 Characteristic

- 提高有轨电车运行效率
Improve the efficiency of trams
- 提高交叉口整体运行效率
Improve the overall operation efficiency of intersections
- 提升有轨电车运行安全
Improve the operational safety of trams



Optimized signal timing/Speed booting system



➤ 为什么建？

- ✓ 中低运量轨道交通和大运量地面公交系统；
- ✓ 作为大城市轨道交通的延伸或加密；
- ✓ 中等城市骨干公交、旅游线路特色公交；
- ✓ 城市公共交通体系中的重要层次；
- ✓ 环境景观、车辆性能、智能控制、舒适性大幅提升；

有轨电车以其安全快捷、造价低、建设周期短、技术成熟、适应广的特点成为公共交通选择制式之一！



怎么建？--我们的使命

- 规划理念—交通功能第一；
- 标准统一—利于运营；
- 成本控制—可持续发展的基础。
- 技术创新—引领产业发展，走出国门。





➤ 理念及关键技术指标—怎么建？

□ 交通属性—客流为王！

部分城市有轨电车客流强度对照表

城市	国内		城市	国外	
	运营里程 (公里)	日客运强度 (万人次/公里)		运营里程 (公里)	日客运强度 (万人次/公里)
长春54路	7.46	0.43	斯特拉斯堡	63.7	0.52
大连	23.4	0.26	波尔多	66.1	0.33
深圳	11.724	0.21	柏林	190	0.25
淮安	20.07	0.13	德累斯顿	134	0.2
广州	7.7	0.13	布拉格	518	0.19
沈阳5号线	21	0.09	波特兰	11.6	0.11
南京	16.71	0.07			

注：深圳、淮安、广州、沈阳5号线、南京为2018年数据；长春54路、大连、布拉格为2017年数据，波尔多为2016年数据，波特兰为2015年数据；其它城市数据年份不详。



➤ 理念及关键技术指标—怎么建？

□ 交通属性—生存的土壤

- 网络化运营，互联互通；
- 远期高峰小时断面0.5-1.5万人次/h；
- 客流强度不宜低于0.2万人次/(km·日)；
- 旅行速度范围宜为15km/h~30km/h；
- 车站最小间隔宜为500~800m；
- 初期高峰小时列车行车对数不宜小于8对/h；
- 远期高峰发车间隔>3min。





Metro Times

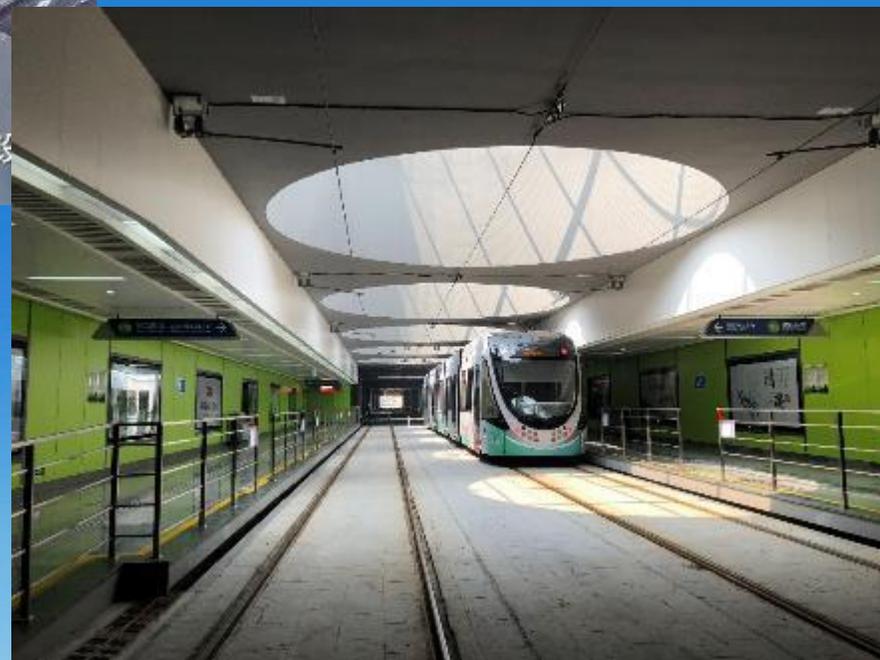
➤ 理念及关键技术指标—怎么建？

成本控制—发展的阳光：灵活的敷设方式--地面线超过70%



← 可以高架吗？
Viaduct?

可以入地吗？
Or underground? →





□ 成本控制—发展的阳光

- 直接工程费宜控制在**1.0亿元/km**以内；
- 单条运营线路长度不大于**20km**；
- 高架或地下区段长度小于**30%**；
- 复线系数：**1.4-3.0**；
- 车辆**100%**，**70%**，制造标准；
- 路基工后沉降不大于**50mm**？扣件调高量？
- 牵引用电负荷应不低于**二级**负荷；
- 运营管理定员在**20人/km** 以下。



BEAUTIFUL LIFE



理念及关键技术指标—怎么建？



➤ 理念及关键技术指标—怎么建？

□ 成本控制—发展的阳光：机械化、模块化、简洁化的道床





Metro Trans

- 技术选择—设计师的职责
- 景观效果—设计师的责任

➤ 理念及关键技术指标—怎么建？





Metro Trans

➤ 理念及关键技术指标—怎么建？

□ 产业创新—成长的雨露



应用轨道减震技术
Vibration reduction

改善车辆悬挂系统
Improvement of vehicle suspension system

100%低地板设计
100% low-floor design

敷设无缝钢轨
Seamless rail

上下车便捷、
乘坐舒适度高
Convenient & comfortable

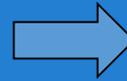
无人驾驶技术的应用



➤ 理念及关键技术指标—怎么建？

□ 自动驾驶

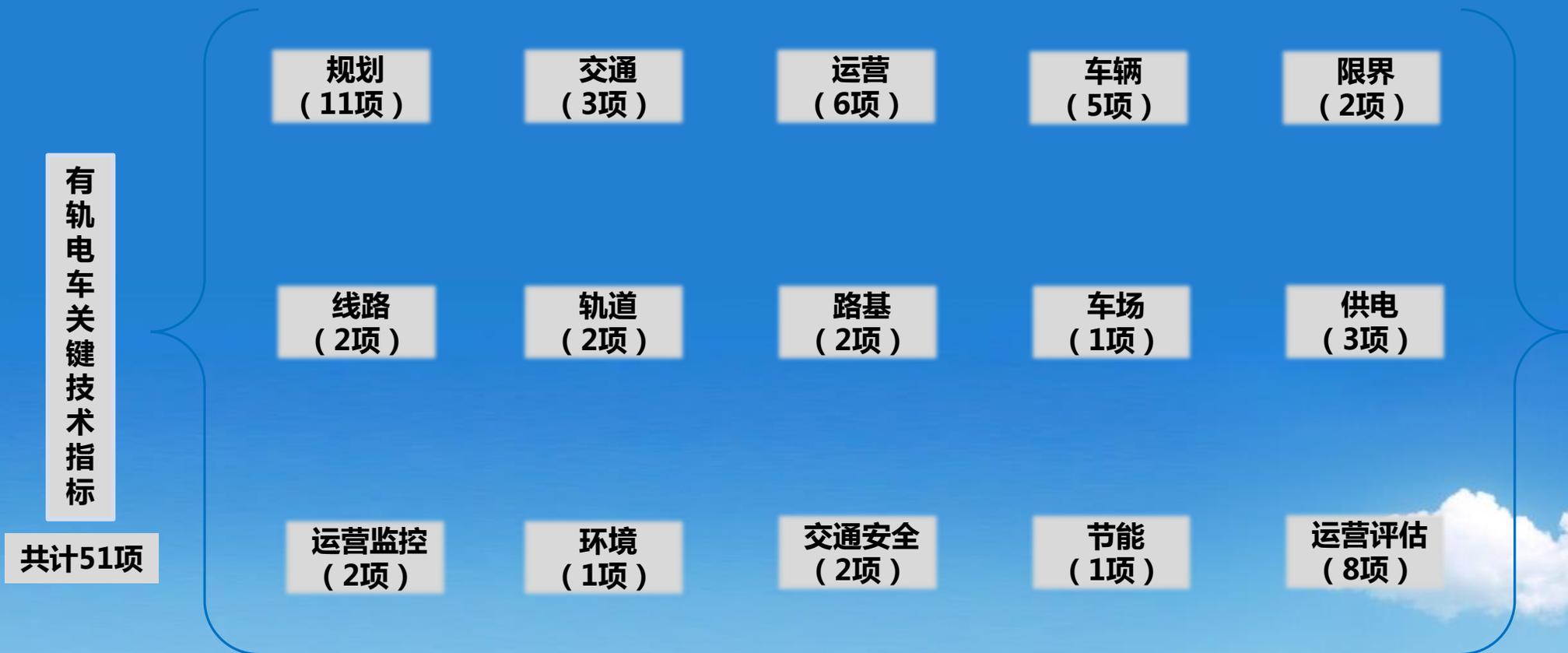
- 2018年9月21日，世界首辆无人驾驶有轨电车在德国柏林西部的波茨坦市上路。是有轨电车无人驾驶的里程碑。
- 线路长6公里，由西门子开发，重达10吨，长19米，载客250人。后续线路计划延长到30公里。
- 配备了多重雷达、激光雷达和摄像机传感器，这组成了车辆的数字化“眼睛”，在每次旅程中都会对有轨电车及其周围环境进行拍摄，有轨电车对路轨信号的反应速度比人类快。





➤ 理念及关键技术指标—怎么建？

- 根据专业，将有轨电车技术指标分为**15大类，共计51项技术指标**，其中规划部分11项、交通部分3项、运营部分6项、车辆部分5项、限界部分2项、线路部分2项，轨道部分2项，路基部分2项，车场部分1项，供电部分3项，运营监控部分2项，环境部分1项，交通安全部分2项，节能部分1项，运营评估部分8项，具体情况如下图。





怎么管？--我们的责任

- 运营效率；
- 运营成本；
- 运营安全。





□ 法规及标准体系

立法

- 城市公共管理条例（征求意见稿）；有轨电车道路安全通行技术规范（征求意见稿）

项目规划&审批立项

- 城市公共交通规划。

运营

- 有轨电车缺乏“合法身份”，导致交通事故处理缺乏法律依据。

道路交通

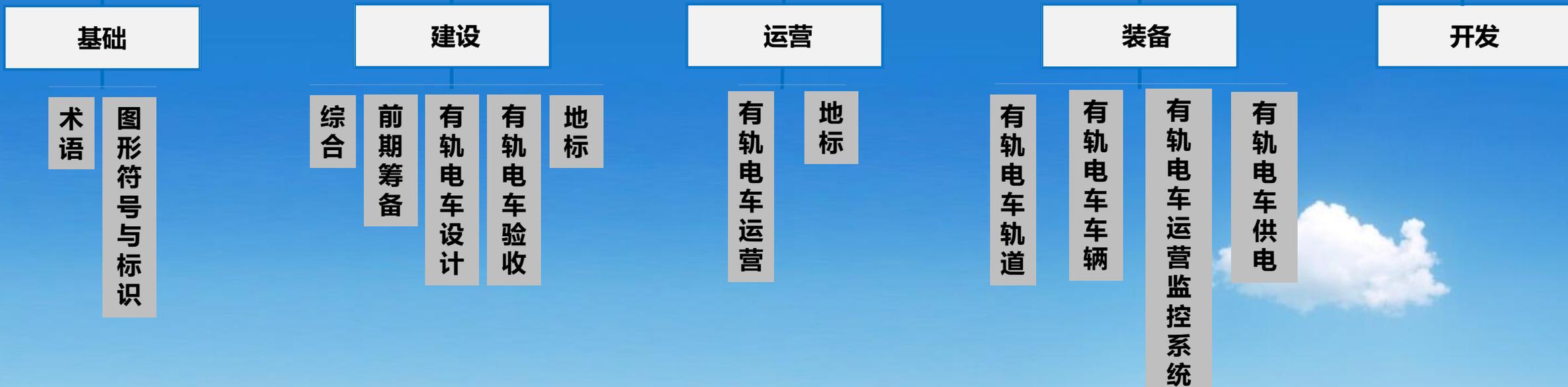
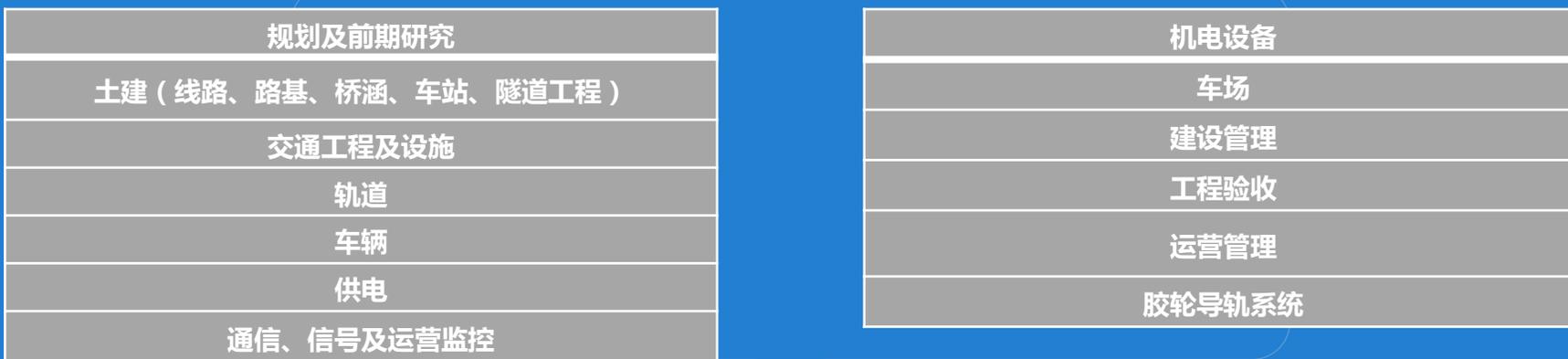
- 没有真正纳入城市智能交通体系。

标准体系

- 有轨电车系统的标准在系统性、全面性和时效性上存在较大欠缺，标准数量严重不足；
- 中轨协的团体标准体系框架中，增加了有轨电车的可拓展性；
- 工程技术标准不统一，未在整体层面达成统一共识。



有轨电车标准体系





□ 政府专营模式

政府作为唯一投资建设主体，成立相关建设公司负责有轨电车的投融资和建设；建设完成后，成立专门的运营管理机构，负责有轨电车的运营管理、维保、物业开发等。（苏州、沈阳等）





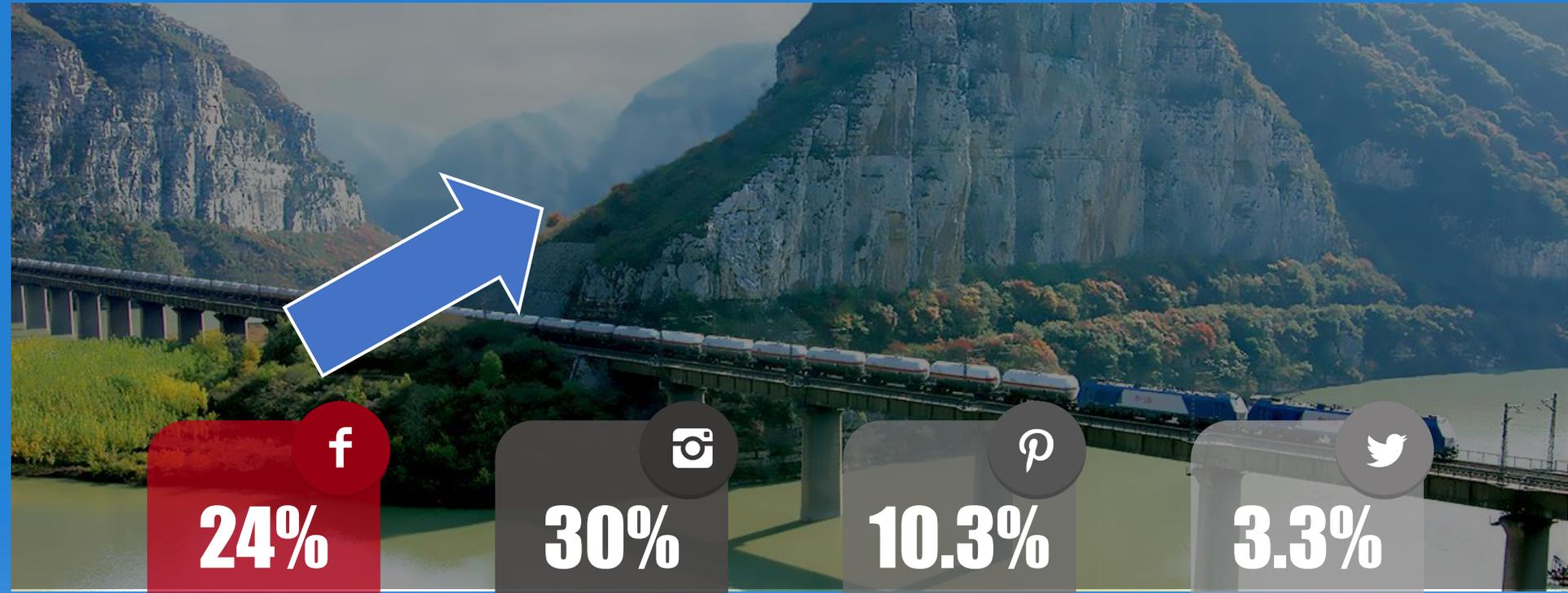
□ 公交运营模式

政府作为投资建设主体负责有轨电车的投融资和建设；建设完成后，交付给当地的公交公司负责有轨电车的运营管理、维保、物业开发等。（青岛、长春、西郊线等）

优点：由公交公司管理，便于**有轨电车与公交高效衔接**，**合理安排公交调度**，**提高应急处置响应速度。**



□ 运营成本与票款收入



沈阳浑南
票款收入约占运营成本的
24%

淮安有轨
票款收入约占运营成本的
30% (计入免票数额)

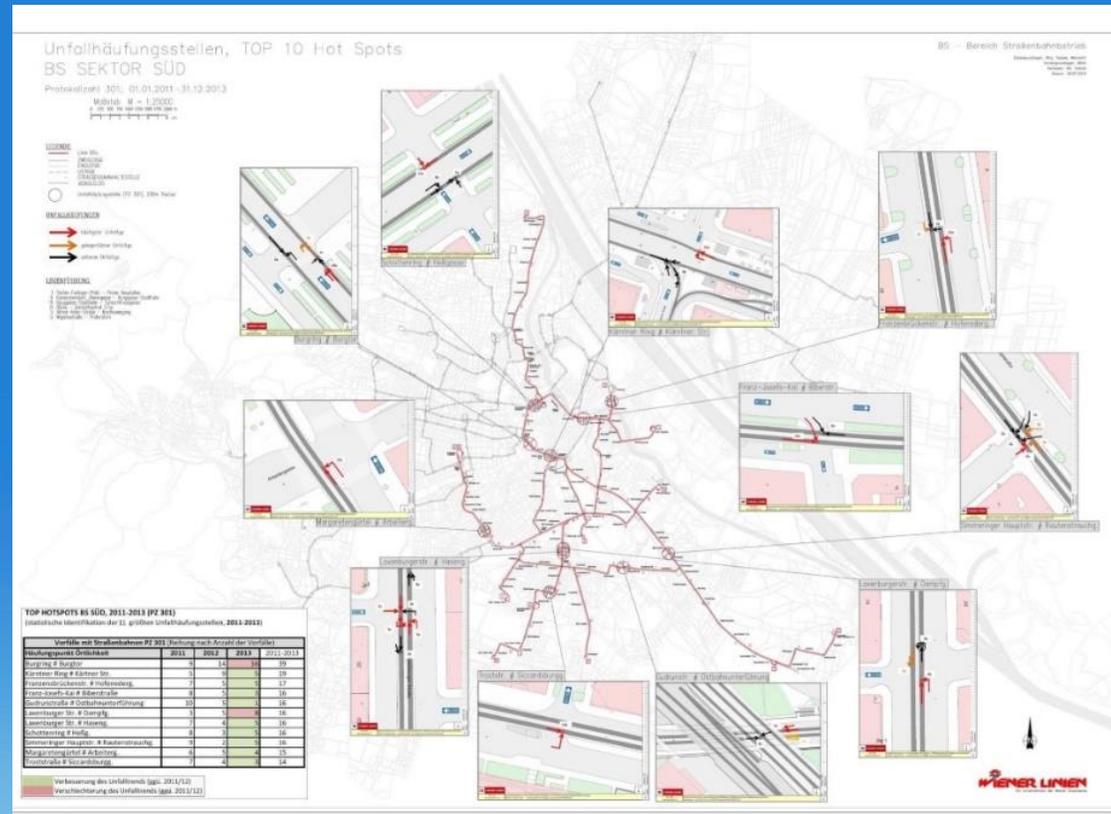
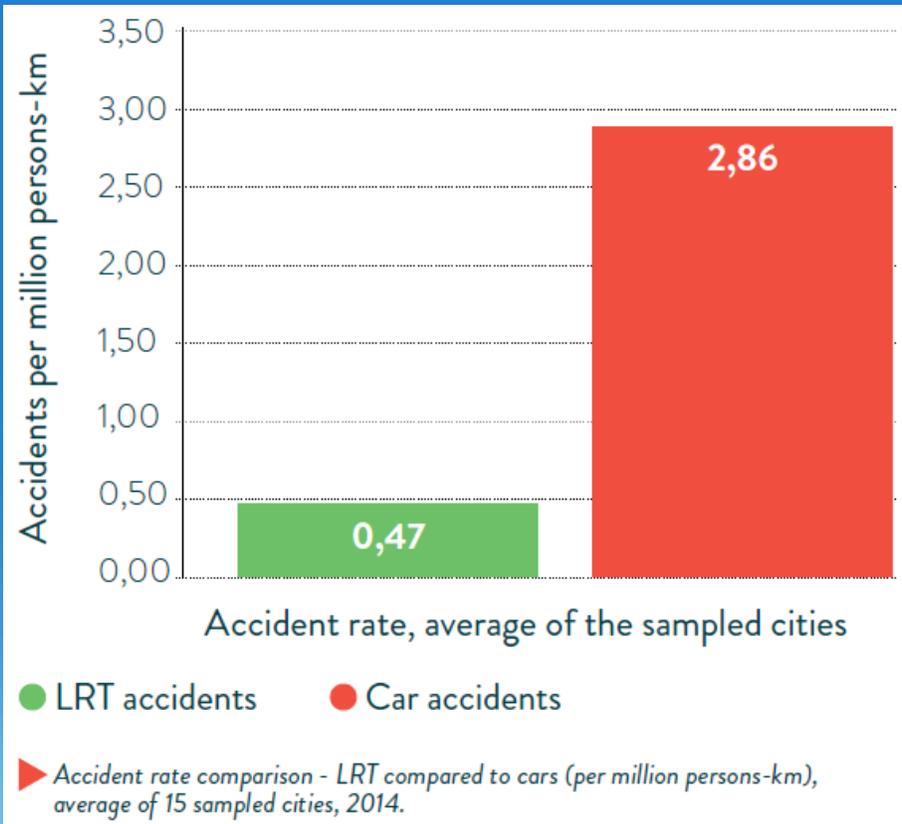
苏州有轨
票款收入约占运营成本的
10.3%

北京西郊
票款收入约占运营成本的
3.33%



□ 安全手段

□ 安全：事故率是小汽车的六分之一，维也纳有轨电车事故2017年比2010年下降了40%。





- 有轨电车是城市公共交通体系的一个重要层次，规划要以交通为本。
- 城市更新、功能提升的载体，体现地域文化特色。
- 有轨电车标准体系即可融入协会团体标准体系，也可独立存在。
- 有轨电车的可持续发展需要不断创新，包括技术创新，同时也包括管理创新、文化创新。
- 管理和评价体现公交化运营的优势，降低建设和运营的成本。



Metro Trans

谢谢！
THANKS !

