

能耗知多少 | 城市轨道交通的用能与节能

当下，地铁是解决城市交通拥堵问题的“良方”，但作为大运量的交通工具，在建设和运营过程中能耗不断攀升。资料显示，轨道交通系统总能耗主要包括电、燃气、燃油、水等能源，其中主要为电力消耗，而电耗的构成以列车牵引用电和通风空调用电占比最大。

1 能源消耗分类



电能是最重要的能源，也是主要能源。
电能包括两大部分：列车牵引所消耗的电能和弱电设备、动力设备及照明等动力照明设备等所消耗的电能。



轨道交通车站、车辆基地和控制中心水系统、消防、和生活设施用水。



维修机车用燃油，部分生活设施、车辆基地的生产办公等部分需要使用燃气、燃油或者煤炭能源等。

轨道交通网

2 轨道交通总能耗组成

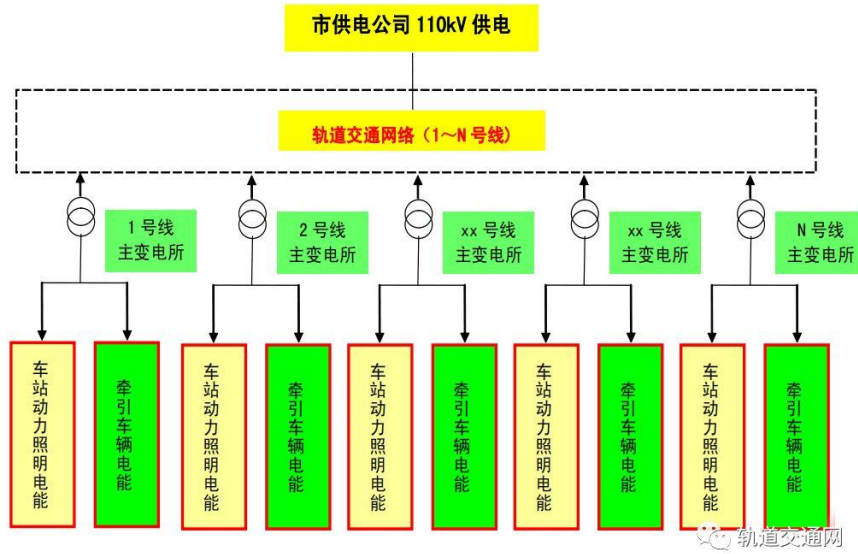
城市轨道交通用能总耗相当大，是名副其实的能耗大户。按照同等运力，城市轨道交通能耗相当于小汽车的 1/9，公交车的 1/2，且占地小，成本低，对节能减排具有重要意义。整个城市轨道交通系统里，列车牵引供电系统和通风空调系统是城市轨道交通中最主要的用电大户，分别占到轨道交通系统总能耗的 1/2 和 1/4。

牵引系统		动力照明系统					
50 ~ 60%		40 ~ 50%					
纯牵引	辅助系统	照明	环控			电扶梯	弱电等其他
30 ~ 36%	20 ~ 24%	10 ~ 12.5%	24 ~ 30%			4 ~ 5%	2 ~ 2.5%
			通风与空调	轨道通风	隧道通风		
			17 ~ 21%	6 ~ 7.5%	1 ~ 1.5%		

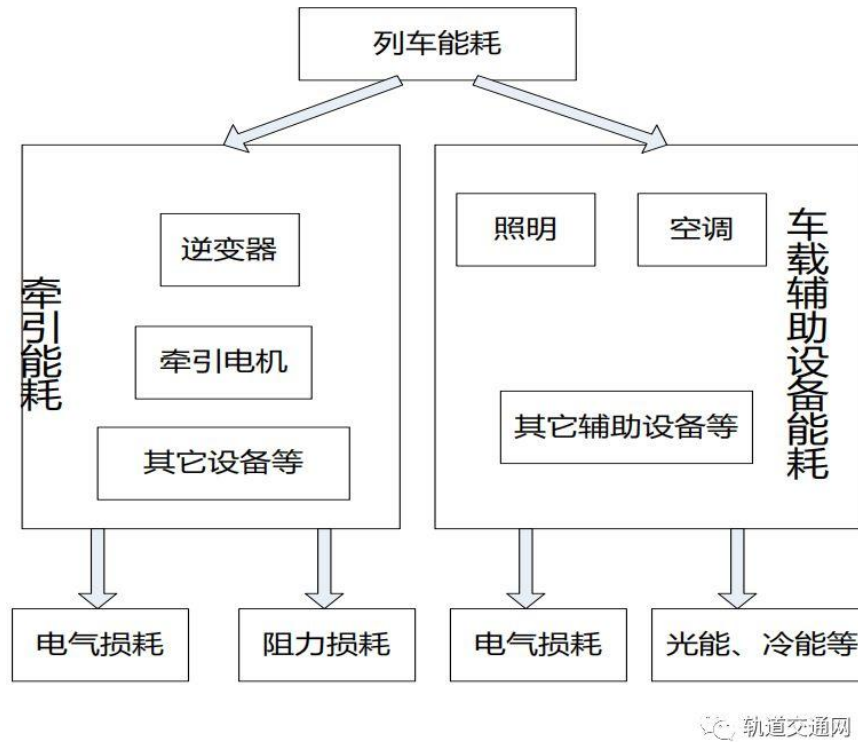
轨道交通网

注：图中数据仅做参考，非确定数据。

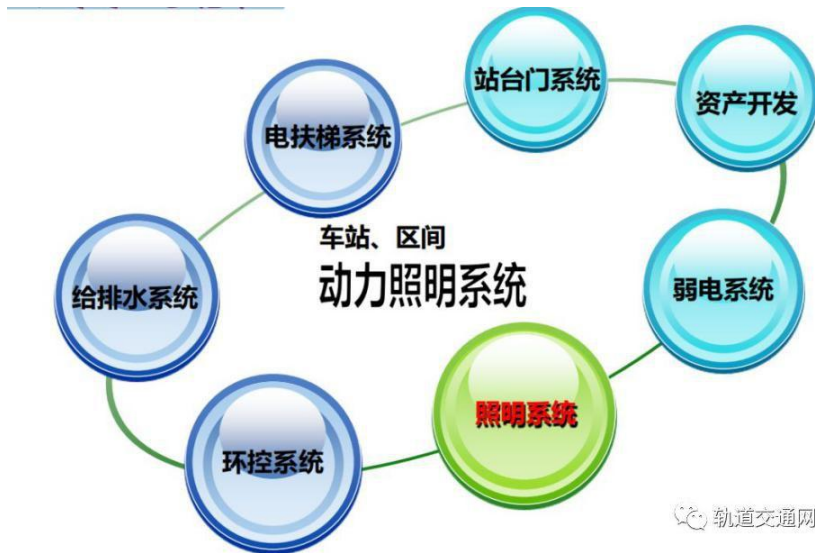
能源消耗设备、设施——供电系统设备能耗



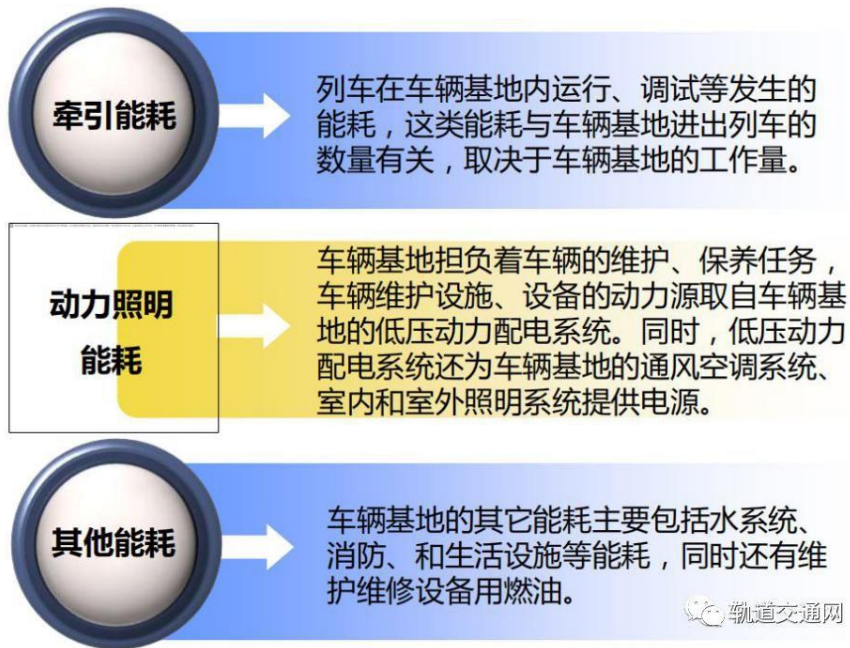
能源消耗设备、设施——列车能耗



能源消耗设备、设施——车站和区间动力照明系统能耗



能源消耗设备、设施——车辆基地能耗



能源消耗设备、设施——控制中心能耗

控制中心

控制中心能耗主要包括通风空调系统、照明系统、电调、行调、环调等调度指挥系统等能耗。

控制中心是轨道交通系统的指挥中心，在整个系统中起着十分重要的作用，但相对轨道交通系统的其它子系统而言，其能耗只占很小的比例。



需重点关注的问题和对象

第一，城市轨道交通用能评价标准缺失，急需建立轨道交通节能技术标准及评估、评价体系。由于技术适应性差，如果轨道交通节能技术标准及评估、评价体系从其他行业引入，实际节能效果有限，无法达到预期效果，因此，城市轨道交通急需建立科学合理的评价标准以及科学合理的评价、评估机制。不同地域、城市之间，同一指标的数值差别较大。需通过标准制定，明确节能应用标准和评价、评估标准。

第二，城市轨道交通能耗巨大，主要用能系统相对占比很高。轨道交通耗能专业多，节能优化技术应用前景广阔，通过节能创新技术应用，可大幅度地降低轨道交通能耗。

第三，单一节能技术多，缺乏针对城市轨道交通综合和一体化的考虑，未形成系统性、综合性的节能解决方案。对某一个系统或专业的节能研究只占到一小部分，没有考虑到各个相关专业之间的联系，以及各个专业之间可能会有的互补或者相关的转嫁作用。将来综合节能、简单节能、技术简化节能可能会成为轨道交通节能研究的必然趋势，下阶段在这一方面应该有所探讨。通风空调可调通风型站台门系统、智能照明系统、直接蒸发式制冷机组都有综合性节能方案的体现。

第四，目前，能耗基础数据零散，急需建立能耗大数据库和能源管控平台，以提升能源管控水平，降低运营成本。城市轨道交通数据基本上都掌握在各个地铁公司手中，如果各地铁公司能把数据汇总起来，能够共同研究摸索其中的规律，对轨道交通的节能工作应该是非常有利的。

第五，缺乏按照城市轨道交通规律，研发节能设备和产品的动力和应用平台。很多设备供应商对城市轨道交通积极性很大，但是对产品的研发，基本上凭着自己的理解开发新产品。结合地铁的规律开发出具有地铁特点的专用产品，将会对城市轨道交通业具有很大的推动作用，对国家制造业升级换代具有重要意义。

节能工作思路

（一）建立用能、节能标准体系

对于能源管理体系，用能和节能两者是并行不悖的，两者都要涵盖才是完整的节能标准体系。节能标准体系是节能工作的保证，只有通过建立和完善标准体系，才能规范节能的各项工作。

（二）探索技术创新 实现节能的途径

技术创新是节能工作的基础，节能工作必须依托于技术的创新进行。现有创新技术基础包括：基于 PWM 整流器的牵引供电装置及控制方法、混合式牵引供电装置及控制方法模块化的能量回馈式牵引供电装置及控制方法等等。如果能够在这些创新技术基础上，包括以后的创新技术，进行综合性研究，融会贯通，一定会对轨道交通节能工作有很大的促进作用。

（三）有针对性的研发节能设备 实现节能

所谓有针对性，是指节能设备研发过程中结合地铁规律。随着现代城市轨道交通规模不断扩大，要实现其节能和技术进步，必须结合城市轨道交通特点，要求产品进行轨道交通行业的研发，才能真正实现产品节能和技术节能。

以轨道交通通风空调节能关键技术为例，开启式屏蔽门技术从型式上采用上下固定方式的全高安全门，在门体的适当位置（上部或下部）设置开口，开口采用活动式，根据通风空调系统的需求必要时将开口开启或关闭，则实现屏蔽门的功能。

（四）技术创新实现节能

蒸发冷凝与直接蒸发结合空调系统是轨道交通通风空调节能关键技术之一，系统将水冷冷凝器和冷却塔合二为一，布置灵活。其主要特点：第一，充分利用水的蒸发潜热冷却工艺流体，用水量为水冷式冷凝器的 50%，节水效果显著；第二，制冷机组效率提高（蒸发温度提高 3℃，制冷系数理论上可提高 17%以上，从而可实现节能运行）；第三，节省了冷冻水的输送能耗（从整个冷冻站的运行耗电来看，可实现节能 15~20%左右），节能效果较好。

此外，再生制动能量回收系统也实现了节能技术创新，轨道交通列车制动能量吸收措施，主要有电阻吸收、电阻加逆变吸收、能馈式吸收、电容吸收、飞轮吸收等方式。

（五）构建能源管理体系 实现节能管理和保障

轨道交通能源管理系统由线路中心级能耗系统、接入层设备、平台设备、平台软件等组成。系统能够实现全网能耗的统计与监测、综合分析，从而为企业节能提供支持，为各级主管部门能耗数据提供了有力保障。

此外，倡导节能评估和评价，推进节能机制建立；研究节能综合解决方案和技术等也是城市轨道交通实现节能减排的重点工作之一。

轨交节能路在何方？

中国轨道交通行业近年来发展势头迅猛。据中国轨道交通网统计，截止 2017 年 12 月 31 日，中国大陆包括北京、上海、广州等 35 座城市开通运营轨道交通线路，共 171 条线路，总里程高达 5083.45 公里，车站 3269 座。同时全国在建线路超过 200 条（段）。可以预见的是，未来十年中国城市轨道交通仍将处于快速发展时期。

城市轨道交通的运营主要靠消耗电能，其电能的消耗量是相当巨大的。无论从绿色低碳的发展要求，还是从减轻运营成本的角度考量，地铁节能利国利民毋庸置疑。城市轨道交通耗能专业多，节能优化技术应用前景广阔。我国政府对节能工作也越来越重视，不仅制订颁布了有关的法律法规，而且明确提出了“十三五”期间节能的工作方案和工作目标。