

# 安科瑞轨道交通建筑能耗-分析及节能措施

产品名称	安科瑞轨道交通建筑能耗-分析及节能措施
公司名称	安科瑞电气股份有限公司
价格	.00/件
规格参数	品牌:安科瑞 型号:轨道交通建筑能耗 产地:江苏江阴
公司地址	上海市嘉定区育绿路253号
联系电话	19821750213 19821750213

## 产品详情

摘要：面对城市轨道交通的能耗增长，优化地铁车站建筑、降低运营能耗是促进公共交通可持续发展化的必经之路。通风空调系统的能耗占比较大，节能潜力也是大的。本文以上海首条绿色地铁的项目实践经验为例，在分析地铁能耗表现、影响因素和应用效果的基础上，提出相对有效的节能措施，为后续地铁能效提升方案工作明确方向。

关键词:地铁车站；能耗；通风空调系统；节能

### 0引言

二十一世纪以来，随着我国经济实力的快速提升以及城市化建设发展的腾飞，当前中国城市发展规模的扩大和城市人口数量的剧增，对城市基础设施的要求亦不断攀升。面对国家加快推进节能降碳的发展目标，公共交通系统的节能减排的意义更为深远。

我国城市轨道交通发展的速度之快、规模之大，在世界范围内都是罕见的。尤其是近五年，我国城轨交通发展迅猛，并且运营线路长度逐年直线增长。据统计截至2020年底，中国内地累计已有40个城市开通城轨交通运营，累计247条的运营线路总长达到7978.19公里。其中，地铁的运营线路长度占比79%，占明显重要地位。从地铁交通占有率以及其呈逐年上升趋势中不难总结，我国的城市交通发展是以地铁为方向，协同多种线路发展的模式。从整体的能耗表现来看，当前轨道交通总能耗94亿kWh，约占全国总耗电1.7‰，未来预计年耗电量将达400亿度，占未来全国总耗电5‰以上，其温室气体的总排放量达14%，仅次于建筑行业。无论从绿色低碳的发展要求，还是从减轻城市运营成本的角度考量，地铁节能的必要性毋庸置疑。轨交系统总体能耗指标不断持续增长，在轨道交通运营过程中消耗能源的主要形式是电能。资料显示，2020年我国城轨交通总电能耗172.4亿千瓦时，同比增长12.9%。

根据对地铁的用电负荷统计分析，能耗和用电量均主要分布在列车牵引用电和车站内各种动力设备用电，包括通风设备、自动扶梯、照明、控制设备等方面。在车站所有机电设备中，通风空调系统的能耗又占总能耗的70%左右，因此牵引供电、通风空调系统设备的节能潜力很大，更是节能工作的方向。

站在全生命周期的角度来分析城市轨交用能特点和系统能耗情况是节能优化的前提，也是落实节能效益的基础。建筑设施以及系统设备的节能措施应依据线路的实际运营情况、系统设计、设备采用和控制等因素，综合分析并采取有效的实施管理，才能获得实际效益。

以上海地铁为例，为实现绿色地铁贡献节能减排的“乘方效应”的目标，方案筹划之前通过实际能耗状况调研，分析不同线路和车站之间的用电差异总结不同车站类型、建筑面积、系统运行管理与整体能耗表现的关联性。此外，更从数据分析出发开展针对性的地铁节能工作，并对分析节能技术运用的现实效益，以此在节能减排工作体系中寻求有效突破了大量能源的消耗。总体而言，地铁能耗主要表现为各系统能耗占比差距明显，并且时间及区域分布不均衡。

## 1 轨道交通的能耗特点

从对已经投入运营的地铁线路能耗数据分析，可以看出地铁系统运营的基本能耗特点。在考虑当地地区客观气候特点和公共交通需求响应的基础上，轨道交通能耗的时间分布与大众出行的时间基本一致。轨交环控系统的设计均考虑了当地天气、站点客流、运行负荷等因素在内，并在设计时留有余量。由于站内外的温差较大导致冷冻水泵、冷却水泵、冷水机组、风机、空调等环控系统设备长期满负荷运行，往往造成了大量能源的消耗。总体而言，地铁能耗主要表现为各系统能耗占比差距明显，并且时间及区域分布不均衡。

上海地铁自始至终都以构建由“管理保障、专项规划、规程规范、专项技术”四大体系组成的节能减排工作体系为基础，率先提出“打造绿色地铁”目标。上海地铁标准站的机电系统包括给排水、环控通风、及动力照明设备等，其中作为主要用能的环控系统构成包括：车站公共区空调、通风（兼排烟）系统（简称大系统）；车站区间排热（兼排烟）系统（简称排热系统）；区间隧道活塞通风、机械通风（兼排烟）系统（简称隧道通风系统）；车站设备及管理用房空调、通风（兼排烟）系统（简称小系统）；空调冷冻水系统（简称水系统）。通风空调系统制式统一采用全封闭站台门系统，且按站台门一步到位设计。大小系统合用车站设置的集中冷源，均采用水冷螺杆式冷水机组。冷冻水系统采用变频变水量闭式循环系统，并由分水器分别供给公共区域组合式空调机组和管理用房空气处理机组。系统末端设备设有具备动态压力平衡能力的电动两通调节阀，可根据负荷变化调节冷冻水量及冷冻水供回干管或集水器 and 分水器间设置的电动压差式旁通阀。

为实现新型标准车站建筑对比其他同类型车站综合节能率为 15% 以上的目标，在对先行示范车站的实践分析的基础上，规范系统设计节能措施主要针对于系统设备选型以及自动控制应用方面。站台设定采用的风水联调联动空调系统，有效地降低车站空调运行能耗。同时全线配以 LED 照明和智能灯光控制系统，减少光污染之余更在降低能耗方面取得明显成效。

比较城市其他交通运行方式而言，地铁车站有低能耗方面的表；但其建筑和系统规模都十分庞大，从而导致地铁车站的能耗在整体城市能耗中比重较大。地铁车站的运营用电可达到可变成本的 30% 以上之多，因此需要实施针对性的有效控制措施降低能耗以提升运营效益。

对于夏热冬冷地区屏蔽门车站，公共区域与设备房负荷差异性较大，因而多采用两套系统单独设计的方案。根据设备房区域大小及机组热量计算即可确定机组的冷量，而且相比较大系统运行负荷，小系统较为稳定。地铁车站公共区域的冷负荷的考虑则主要包括：设备和照明的产热、人员散热、渗透能耗和围护结构传热等。

本文应用 eQuest 能耗模拟软件，模拟分析上海 18 号线一期标准车站的全年能耗表现，见图 3。通过分设系统，综合分析确定影响车站通风空调能耗的主要因素。此外，采用逐项类比的方法来确定单项节能措施的应用成效。

不同车站能耗模拟结果中都显示在夏季制冷阶段，系统冷机运行能耗与水泵能耗均呈现先升后降的规律，在 7、8 月达到峰值。虽然屏蔽门系统有效降低了空气处理机组的运行能耗，但由于与隧道区间的空气分隔，明显增加了排风机组的能耗。与传统系统相比在冬季和过度季节的新风能耗比重也有所增加。

由于e-Quest模拟软件并不支持建筑双系统的模拟，故而采用在不同时间段分别建模进而相加的近似法对一期各车站建筑进行模拟分析的方法。软件模拟结果相互验证了在车站能耗中，照明与风机的能耗权重占比较高，接近平均30%；其次为设备用能和制冷能耗，分别约占20%左右。

从数据分析上来看，模拟计算峰值负荷数值与设计计算值接近，软件模拟值与实测数值的误差通常在10%以内。因此，完全可以将模拟计算分析结果应用于实际节能优化措施的决策。

## 2 地铁车站节能措施

鉴于车站环控系统的组成及能耗因素的影响，总结其他建筑节能优化及措施应用效益的经验基础上，针对性地对不同系统采取相应有效的节能措施，其节能效益还是十分显著的。

首先在照明系统方面，减少不必要的照明（例如在保证安全的前提下，亚光材料的反光涂料可以减少长条灯带的设置），选用LED节能性灯具。同时配合自动感应控制，单独照明系统的节能表现对比基本节能要求可达到50%以上，平均节能率超过30%。所以根据实际使用情况，制定合理的相关照明指标要求，大力采用节能灯具结合布局改善既是对地铁照明系统节能有效的策略。

由于站台建筑的特殊性，在考虑设计规范要求的平衡上，空调系统送风温差的设定应相对略微提高，这样既避免系统结露情况的出现，在实际使用期间满意调研上也得到较为满意的结果。合理适度地提高送风温差，尽可能地降低送风量，降低系统能耗的上限值是从根本上提高能效的手段。站台通风空调系统的设计是考虑满足运行期间客流量条件下的需求，但实际运营过程中客流量往往不会达到设计值状态，所以对大系统采用变频装置及时按需调节风量是有效的节能手段。数据分析显示通过变频控制，可以使风机风量平均减少30%，其功率耗能减少45%。

在采用有效空调设备的同时，实行风水联调的控制手段也是降低空调能耗重要策略。车站通风空调系统形式复杂，一者是设备较多，再者设备之间相互关联交叉，系统独立控制难以实现设计预期。

基于系统效率原则、考虑负荷对冷量的需求变化，全局化动态协调模式的风水系统联动控制很好地保证不同情况下通风系统稳定的运行表现。先行试验车站的实际研究表明，风水变频控制的引用使空调季节车站通风系统的节能率提升30%以上，大幅降低了车站运营的整体能耗及运营成本。

此外，节能电梯和高性能电气设备的高比例应用在车站长时间运营的过程中也有相当的节能贡献。

## 3 Acrel-EIOT能源物联网云平台

### （1）概述

Acrel-EIoT能源物联网开放平台是一套基于物联网数据中台，建立统一的上下行数据标准，为互联网用户提供能源物联网数据服务的平台。用户仅需购买安科瑞物联网传感器，选配网关，自行安装后扫码即可使用手机和电脑得到所需的行业数据服务。

该平台提供数据驾驶舱、电气安全监测、电能质量分析、用电管理、预付费管理、充电桩管理、智能照明管理、异常事件报警和记录、运维管理等功能，并支持多平台、多语言、多终端数据访问。

### （2）应用场所

本平台适用于公寓出租户、连锁小超市、小型工厂、楼管系统集成商、小型物业、智慧城市、变配电站、建筑楼宇、通信基站、工业能耗、智能灯塔、电力运维等领域。

### （3）平台结构

## (4) 平台功能

### 电力集抄

电力集抄模块可以实现对各种监测数据的查询、分析、预警及综合展示，以保证配电室的环境友好。在智能化方面实现供配电监控系统的遥测、遥信、遥控控制，对系统进行综合检测和统一管理；在数据资源管理方面，可以显示或查询供配电室内各设备运行（包括历史和实时参数，并根据实际情况进行日报、月报和年报查询或打印，提高工作效率，节约人力资源。

### 变压器监控

### 配电图

### 能耗分析

能耗分析模块采用自动化、信息化技术，实现从能源数据采集、过程监控、能源介质消耗分析、能耗管理等全过程的自动化、科学化管理，使能源管理、能源生产以及使用的全过程有机结合起来，运用先进的数据处理与分析技术，进行离线生产分析与管理，实现全厂能源系统的统一调度，优化能源介质平衡、有效利用能源，提高能源质量、降低能源消耗，达到节能降耗和提高整体能源管理水平的目的。

### 能耗概况

### 预付费管理

- 1) 登陆管理：管理操作员账户及权限分配，查看系统日志等功能；
- 2) 系统配置：对建筑、通讯管理机、仪表及默认参数进行配置；
- 3) 用户管理：对商铺用户执行开户、销户、远程分合闸、批量操作及记录查询等操作；
- 4) 售电管理：对已开户的表进行远程售电、退电、冲正及记录查询等操作；
- 5) 售水管理：对已开户的表进行远程售水、退水、记录查询等操作；
- 6) 报表中心：提供售电、售水财务报表、用能报表、报警报表等查询，本系统所有的报表及记录查询，都支持excel格式导出。

### 预付费看板

### 充电桩管理

通过物联网技术，对接入系统的充电桩站点和各个充电桩进行不间断地数据采集和监控，同时对各类故障如充电机过温保护、充电机输入输出过压、欠压、绝缘检测故障等一系列故障进行预警。云平台包含了充电收费和充电桩运营的所有功能，包括城市级大屏、交易管理、财务管理、变压器监控、运营分析、基础数据管理等功能。

### 充电桩看板

### 智能照明

智能照明通过物联网技术对安装在城市各区域的室内照明、城市路灯等照明回路的用电状态进行不间断地数据监测，也可以实现定时开关策略配置及后台远程管理和移动管理等，降低路灯设施的维护难度和成本，提升管理水平，并达到一定节能减耗的效果。

## 监控页面

### 安全用电

安全用电采用自主研发的剩余电流互感器、温度传感器、电气火灾探测器，对引发电气火灾的主要因素（导线温度、电流和剩余电流）进行不间断的数据跟踪与统计分析，并将发现的各种隐患信息及时推送给企业管理人员，指导企业实现及时的排查和治理，达到消除潜在电气火灾安全隐患，实现“防患于未然”的目的。

### 智慧消防

通过云平台进行数据分析、挖掘和趋势分析，帮助实现科学预警火灾、网格化管理、落实多元责任监管等目标。填补了原先针对“九小场所”和危化品生产企业无法有效监控的空白，适应于所有公建和民建，实现了无人值守智慧消防，实现智慧消防“自动化”、“智能化”、“系统化”、用电管理“精细化”的实际需求。

## （5）系统硬件配置

### 分类

### 产品型号

### 外观

### 产品功能

### 无线测温

### ARTM-Pn

可监测电压、电流、频率、有功功率、无功功率、电能，可接收60个无线温度传感器温度

### ATC600

ATC600有2种工作模式：终端(-C)、中继(-Z)，可根据项目布局选择配置。可接收240个无线温度传感器温度

### 光伏监控

### AGF

光伏电池串开路报警，可以配合组串电压进行综合判断；带3路开关量状态监测，用于采集直流断路器、防雷器等输出空接点状态；一次电流采用穿孔方式接入，安装方便；测量元件采用霍尔传感器，隔离测量电流20A；电压测量功能可测量母线电压DC 1500V

## 电力监控

### AEM96

三相电力参数测量、电压和电流的相角、四象限电能计量、复费率、需量、历史电能统计、开关量事件记录、历史值记录、31次分次谐波及总谐波含量分析、分相谐波及基波电参量（电压、电流、功率）、开关量、报警输出

### APM系列

全电量测量，四象限电能，复费率电能，仪表内部温度测量，总有功、总无功、总视在电能脉冲输出、秒脉冲等可选。三相电流、有功功率、无功功率、视在功率实时需量及需量(包含时间戳)。电流、线电压、相电压、有功功率、无功功率、视在功率、功率因数、频率、电流总谐波、电压总谐波的本月值和上月值(包含时间戳)。中文显示，有功电能0.2s级。

### 预付费

### DDSY

单相电参量U、I、P、Q、S、PF、F测量。有功电能计量（正、反向），A、B、C分相正向有功电能，支持4个时区、2个时段表、14个日时段、4个费率需量及发生时间，实时需量，历史冻结数据购电记录；8位段式LCD显示、背光显示；有功电能脉冲输出；有功电能精度1级，无功电能0.5s级。

### DTSY

三相电参量U、I、P、Q、S、PF、F测量。有功电能计量（正、反向），A、B、C分相正向有功电能，支持4个时区、2个时段表、14个日时段、4个费率需量及发生时间，实时需量，历史冻结数据购电记录；8位段式LCD显示、背光显示；有功电能脉冲输出；有功电能精度1级，无功电能0.5s级。

### 智能抄表

### ADL200

单相电参量U、I、P、Q、S、PF、F测量。总电能计量（反向计入正向），3个月历史电能数据冻结存储；8位段式LCD显示；有功电能脉冲输出；有功电能精度1级，无功电能2级。

### ADL400

三相电参量U、I、P、Q、S、PF、F测量。（正、反向）有功、无功电能计量；A、B、C分相正向有功电能计量；2-31次谐波电压电流；12位段式LCD显示、背光显示，电能精度0.5s级。

### ADW210

4路三相电压、电流、功率、功率因数、频率测量；电压电流相角、电压电流不平衡度测量；电压电流2-

31次分次谐波及总畸变测量；当月及上三月的电压、电流、功率值记录；需量及上十二月历史需量记录；事件记录、复费率、四象限电能及历史电能记录；支持12路开关量输入4路开关量输出；支持12路测温4路剩余电流测量；有功电能精度1级。

## ADW300

三相电压、电流、功率、功率因数、频率测量；电压电流相角、电压电流不平衡度测量；电压电流2-31次分次谐波及总畸变测量；当月及上三月的电压、电流、功率值记录；需量及上十二月历史需量记录；事件记录、复费率、四象限电能及历史电能记录；支持4路开关量输入、2路开关量输出；支持4路测温；支持1路剩余电流测量；支持本地显示及按键设置；有功电能精度1级。

通讯方式：支持RS485通讯、Lora无线通讯、4G通讯；WIFI通讯

## 直流电能表

### DJSF1352

1.精度：1级或0.5级，带 $\pm 12V$ 电压输出用于霍尔传感器供电

2.测量：电压、电流、功率、正反向电能，支持双路计量。

## 电气

### ARCM300-Z

三相（I、U、Kw、Kvar、Kwh、Kvarh、Hz、cos），视在电能、四象限电能计量，单回路剩余电流监测，4路温度监测，2路继电器输出，2

路开关量输入，支持断电报警上传

### AAFD-DU

监测故障电弧、漏电、温度

两路无源干接点（开关量）输入

两路无源常开触点（开关量）输出

## 充电桩

### ACX系列

充满自停、断电记忆、短路保护、过载保护、空载保护、故障回路识别、远程升级、功率识别、独立计量、告警上报。

支持投币、刷卡，扫码、免费充电，

额定功率7kW,单相三线制,防护等级IP65,具备防雷保护、过载保护、短路保护、漏电保护、智能监测、智能计量、远程升级,支持刷卡、扫码、即插即用。

通讯方式:4G、蓝牙、Wifi

智慧照明

ASL200

遥控输出

两路无源干接点(开关量)输入

两路无源常开触点(开关量)输出

4结语

关注地铁总体能耗比例较大的通风空调的节能,是地铁节能实施的要点。实际了解车站具体的环境因素,确定合理的室内设计参数值,是提升能效的重要前提。在采用节能设备的同时,各系统根据情况变化相应地调节其运行状况,是优化系统能耗的关键所在。

本文通过分析上海地铁18号线一期车站建筑能耗表现与节能措施的效果,总结了地铁主要节能措施的应用,为今后地铁节能优化工作给予参考。面对不同的车站类型、站台规模、运行模式和客流特征等因素,仍然需要通过分析研究及实际调研的方法,结合包括建筑设计、土建技术、结构创新及室内环境质量等因素,实现地铁更优的能效表现。

参考文献

[1] 姚尧. 轨道交通建筑能耗分析及节能措施

[2] 穆广友、李晓龙、尹黎明, 黄海界, 地铁车站照明系统能耗分析及节能对策, U231.91.

[3] 曾逸婷、赵蕾, 地铁车站环境热与通风空调系统节能策略研究进展.

[4] 王晓保、杨欣、袁立新, 地铁车站空调实施风水联动控制技术节能效果分析.

[5] 企业微电网设计与应用手册2022.05版.