

# 地铁车站暖通系统节能综述

车轮飞

中铁第四勘察设计院集团有限公司





## 地铁车站暖通系统 节能综述

### 内容大纲

1、城市轨道交通发展

2、政策法规要求

3、暖通系统问题

4、暖通系统节能理念

5、暖通自控系统

6、既有系统节能改造



## 一、城市轨道交通发展

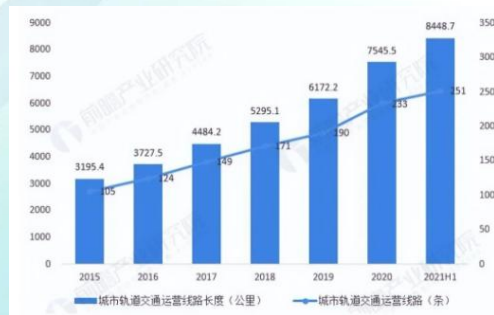
城市轨道交通具有安全、清洁、高效、便捷、准点、运量大等诸多优点，已被我国越来越多的城市规划和实施。

交通运输部发布：截至**2024年12月31日**，全国大陆地区共有**54个**城市开通运营城市轨道交通线路**325条**，运营里程**10945.6公里**（2024年新增运营里程748公里）；其中**地铁线路占比86.6%**。

运营**车站总数6324座**，但其中真正优质、高效、节能、自控的车站不超过500座；后续三年每年还将新建车站400座，虽然大多数上了暖通自控系统（变风量、变水量等），但实际运行效果仍然良莠不齐，大多数新建系统调不顺。

★ 全国79个城市规划城市轨道交通，远景年2050年规划总里程**3.2~4.0万公里**

城轨暖通系统节能任重而道远



## 二、政策法规要求

### 《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》

(2021年9月22日发布)，明确指出：

# 中共中央文件

中发〔2021〕36号



中共中央 国务院  
关于完整准确全面贯彻新发展理念  
做好碳达峰碳中和工作的意见  
(2021年9月22日)

要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。

把**节约能源资源**放在首位，实行全面节约战略，持续降低单位产出能源资源消耗和碳排放，提高投入产出效率，倡导简约适度、绿色低碳生活方式。

**加快城市轨道交通**、公交专用道、快速公交系统等大容量公共交通基础设施建设。

### 《十四五规划》明确要求：

➤ 十四五期间，**单位GDP能耗下降13.5%，碳排放下降18%。**



## 二、政策法规要求

### 交通强国建设纲要

中华人民共和国中央人民政府  
www.gov.cn

国务院 总理 新闻 政策 互动 服务 数据 国情 国家政务服务平台

首页 > 政策 > 中央有关文件

#### 中共中央 国务院印发《交通强国建设纲要》

2019-09-19 18:52 来源：新华社

【字体：大 中 小】 打印 分享

新华社北京9月19日电 近日，中共中央、国务院印发了《交通强国建设纲要》，并发出通知，要求各地区各部门结合实际认真贯彻落实。

《交通强国建设纲要》全文如下。

建设交通强国是以习近平同志为核心的党中央立足国情、着眼全局、面向未来作出的重大战略决策，是建设现代化经济体系的先行领域，是全面建成社会主义现代化强国的重要支撑，是新时代做好交通工作的总抓手。为统筹推进交通强国建设，制定本纲要。

#### 一、总体要求

（一）指导思想。以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大精神，紧紧围绕统筹推进“五位一体”总体布局和协调推进“四个全面”战略布局，坚持稳中求进工作总基调，坚持新发展理念，坚持推动高质量发展，坚持以供给侧结构性改革为主线，坚持以人民为中心的发展思想，牢牢把握交通“先行官”定位，适度超前，进一步解放思想，开拓进取，推动交通发展由追求速度规模向更加注重质量效益转变，由各种交通方式相对独立发展向更加注重一体化融合发展转变，由依靠传统要素驱动向更加注重创新驱动转变，构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通体系，打造一流设

### 绿色高效制冷行动方案

中华人民共和国国家发展和改革委员会  
National Development and Reform Commission

热门搜索：油价 供

请输入关键字

首页 机构设置 新闻动态 政务公开 政务服务

首页 > 政务公开 > 政策 > 通知

#### 关于印发《绿色高效制冷行动方案》的通知

发改环资〔2019〕1054号

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团发展改革委、工业和信息化部主管部门、财政厅（局）、生态环境厅（局）、住房和城乡建设厅（局）、市场监管局（厅、委）、机关事务管理部门，各有关单位：

为贯彻落实今年《政府工作报告》、国务院《“十三五”节能减排综合工作方案》和中法《关于共同维护多边主义、完善全球治理的联合声明》等文件要求，加快生态文明建设，促进绿色消费，推动高质量发展，积极参与全球环境治理，我们研究制定了《绿色高效制冷行动方案》，现印送你们，请结合实际认真贯彻落实。

国家发展改革委  
工业和信息化部  
财政部  
生态环境部  
住房和城乡建设部

到2030年，大型公共建筑制冷能效提升30%，制冷总体能效水平提升25%以上，绿色高效制冷产品市场占有率提高40%以上。

大力推进干线铁路、城际铁路、市域（郊）铁路、城市轨道交通发展。

## 二、政策法规要求

### 中国城市轨道交通协会

中城轨〔2022〕56号

#### 关于印发《中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案》的通知

各会员单位：

为全面贯彻落实党中央、国务院碳达峰碳中和的战略部署，中国城市轨道交通协会在充分调研的基础上，结合城轨行业特点和发展态势，统筹碳达峰碳中和行动和绿色城轨发展，组织编制了《中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案》（以下简称《行动方案》），以指导城轨交通行业绿色转型工作。

《行动方案》提出了绿色城轨建设的指导思想，阐述了绿色城轨的内涵标志，描绘了绿色城轨的发展蓝图，明确了“三步走”的发展战略，提出了重点实施“绿色规划先行行动、节能降碳增效行动、出行占比提升行动、绿色能源替代行动、绿色装备制造行动、全面绿色转型行动”六大绿色城轨行动，制定了六项保障

#### 《中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案》

绿色规划、绿色设计、绿色建造

绿色运营、绿色维保、绿色示范

**聚焦：牵引能耗、车站能耗、综合能耗、碳排放量**

**目标：2025年降耗10%，新建绿建率70%；**

**2030年降耗15%，新建绿建率100%**

**措施：六大绿色行动，六项保障措施，打造一批绿色城轨示范工程，如期实现双碳目标。**

附件：

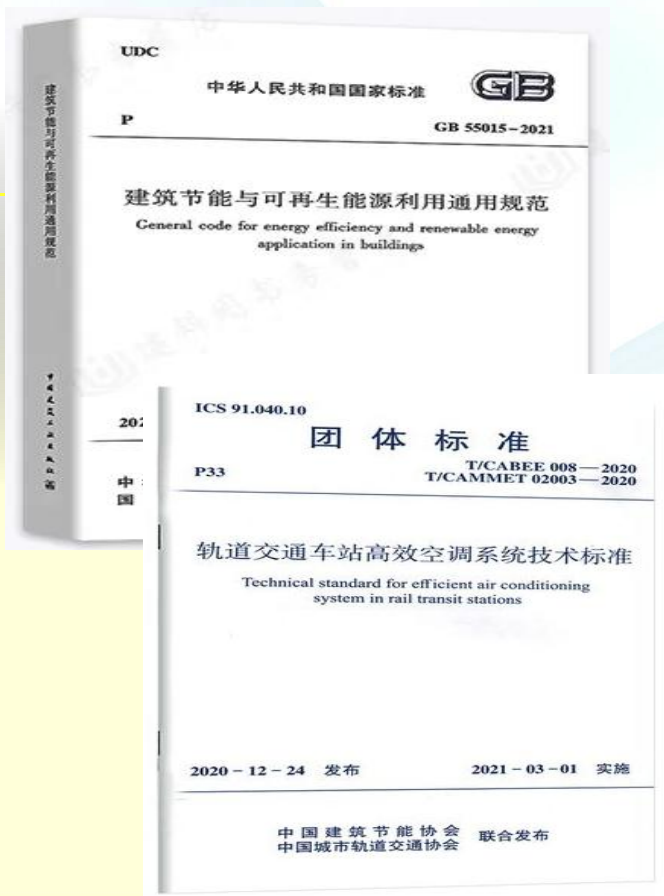
- 1.《中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案》
- 2.《中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案》解读



## 二、政策法规要求

### 规范与标准

- 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189-2015
- 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015-2021 (全文强条)
- 《高效空调制冷机房评价标准》 T/CECS 1100-2022
- 《空调冷源系统能效检测标准》 T/CECS 549-2018
- 美国制冷空调供暖工程师协会高效制冷分级标准
- 《轨道交通车站高效空调系统技术标准》 T/CABEE 008-2020
- 《绿色低碳轨道交通评价标准》 T/CECS 1236-2023
- 《绿色低碳轨道交通设计标准》 T/CECS 1204-2022



## 二、政策法规要求

- 《高效空调制冷机房评价标准》T/CECS 1100-2022

冷源系统季节能效比（AEER）评价指标，且对冷水机组能耗比例提出明确要求。

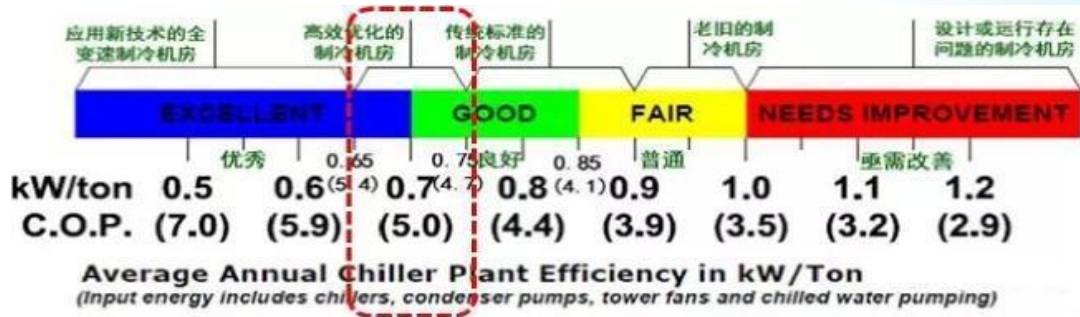
气候区	三级能效	二级能效	一级能效
严寒地区	$\geq 4.2$	$\geq 4.6$	$\geq 5.3$
寒冷地区	$\geq 4.2$	$\geq 4.6$	$\geq 5.3$
夏热冬冷地区	$\geq 4.6$	$\geq 5.1$	$\geq 5.5$
夏热冬暖地区	$\geq 4.7$	$\geq 5.2$	$\geq 5.5$
温和地区	$\geq 4.2$	$\geq 4.7$	$\geq 5.3$
冷水机组能耗比例	$\geq 70\%$	$\geq 75\%$	$\geq 78\%$
空调系统能效比 (夏热冬暖地区)	$\geq 3.29$	$\geq 3.90$	$\geq 4.29$



## 二、政策法规要求

### ● 美国制冷空调供暖工程师协会 高效制冷分级标准

定义能效EER>5 (0.7kW/RT ) 为高效制冷机房



### ● 新加坡BCA《空调系统设计运行规范》SS553:2016 **立法强制**

总装机容量<500RT		高效制冷 机房 COP	总装机容量≥500RT	
铂金级	5.17		铂金级	5.41
金+级	5.02		金+级	5.17
金级	4.40		金级	5.02

## 二、政策法规要求

### ● 我国城市轨道交通现状

现阶段全国已开通6200余座车站，据中城轨协会2021年调查报告：

制冷机房全年平均能效EER 3.0~3.5，暖通系统全年能效比COPs 2.0~2.5。

理想很丰满，现实很骨感！

制冷机房EER =  $Q$ （总冷量）/ $W$ （机组电耗）+ $W$ （水泵电耗）+ $W$ （冷却塔电耗）  
+ $W$ （水处理电耗）

暖通系统COPs =  $Q$ （总冷量）/ $W$ （机组电耗）+ $W$ （水泵电耗）+ $W$ （冷却塔电耗）  
+ $W$ （水处理电耗）+ $W$ （空调器电耗）+ $W$ （风机电耗）

### 三、暖通系统问题

#### 1、新建公共建筑的暖通系统为何做不好？（难以做到高品质、高效节能、长寿长效）

##### 1) 相关方多，目标不一致

——建设方、设计方、设备商、施工方、监理方、运营方……

##### 2) 相关专业多

——暖通、电力、自控、通讯、IT

##### 3) 工程链条长

——设计、采购、安装、调试、运维、更新改造……

##### 4) 建设理念问题

——重进度、轻质量；重土建、轻机电；重价格、轻品质；重建设、轻运维；重面子、轻里子

核心是缺乏建设“高品质智慧暖通系统”的理念

##### 5) 技术力量摊薄

——随着工程建设总量的增加，设计、建设、施工、监理、运营技术力量被摊薄

## 三、暖通系统问题

### 2、节能的三个层次

#### 1) 设备节能：

优质、高效、稳定、长效的设备；设备节能是底层，也是基础，但也难以提高太多。  
设备节能是厂商的责任。

#### 2) 系统节能：

合理高效系统型式：型式合理、分区合理、功能完备、动作协同，匹配、低阻、平衡。  
系统节能是设计责任。

#### 3) 行为节能：

参数设定、运行控制，自动控制，甚至采用计算机大数据迭代运算寻优，代替人为操作控制。  
行为节能是共同的责任。

#### 4) 优秀的暖通系统需要同时达到三个节能——设备节能、系统节能、行为节能。

“用着省”，而不是“省着用”

### 三、暖通系统问题

#### 3、中央空调能耗本质“一 三 五”

一种流体机械

★水泵、风机、压缩机

三种传热介质

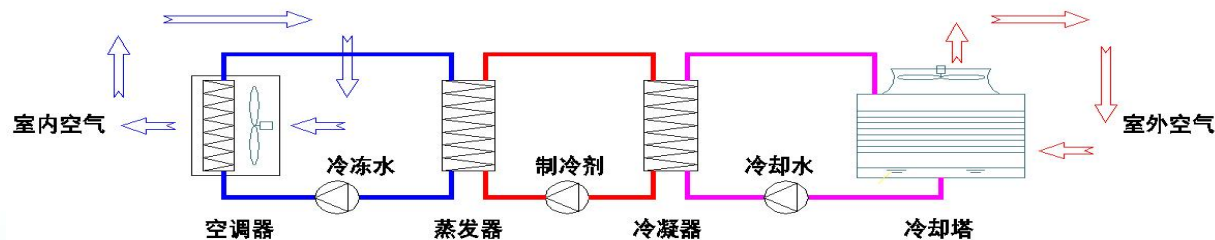
★制冷剂、水、空气

传热效率：相变 > 水传热 > 空气传热

五个循环

★室内空气循环 → 冷冻水循环 → 制冷剂循环 → 冷却水循环 → 室外空气循环

五个循环“热流量”需要匹配。





## 四、暖通系统节能理念

### 1、健康的暖通系统是节能的前提

本身不健康的暖通系统，上节能控制是治标不治本，节能效果也是短期的。

健康暖通系统要素——五个良好

- 1) **设备性能良好**：高效型、长效型、长寿命，部分负荷运行能效高，可适应变频变流量运行
- 2) **匹配性良好**：冷却塔——冷却水泵——冷水机组——冷冻水泵——空调器——管路系统
- 3) **平衡性良好**：主机间平衡、冷却塔间平衡、水泵间平衡、水系统平衡、风系统平衡
- 4) **动作性良好**：开关、调节，设备、阀门（电动二通阀、压差旁通阀、止回阀、联锁启闭）
- 5) **控制性良好**：自控系统完善科学、信息准确、控制合理
- 6) **其他良好**：水质良好、管材良好、保温良好、配件良好

## 四、暖通系统节能理念

### 2、数据是节能的基础

- 1) **横向数据——“跟别人比”**：不同线路、不同车站、不同设备，同时段的能耗**对比数据**
- 2) **纵向数据——“跟自己比”**：某项能耗的历史能耗数据（一段时长（天/周/月/年）能耗数据）、具体分项、分设备能耗**历史数据**

没有数据就是“大锅饭”、“一锅粥”，只能“摸着石头过河”，无法精准节能

**数据的意义：没有比较就没有鉴别**



## 四、暖通系统节能理念

### 3、服务品质是空调系统的目标——节能不能降低服务品质

- 1) 室内环境要达标，空气温度、湿度、新风量、PM浓度等必须达到舒适健康的环境标准。
- 2) 暖通全系统高效才是真的高效。局部能效再高都没有意义，无异于“捏着鼻子哄眼睛”。
- 3) 不以简单提高冷机出水温度谋取制冷能效的提高。

通常提高了冷冻水温度，末端空调器换热温差减小，风机能耗将更大；湿也是一种热（潜热），不控制湿度就是“偷冷负荷”。在过渡季节，室内湿度达标，可适当优化提高冷机出水温度。

- 4) 节能不是简单的关停不用。
- 5) 不以关掉机械新风的办法谋求节能。
- 6) 节电不是唯一目标，综合效益：节省人工、节约用电、延长设备系统寿命。

## 五、暖通自控系统

### 1、节能自控系统基本架构

#### ● “控制单元+中心”的单元集散式架构

##### 1) 控制单元——固定参数的逻辑控制：

冷水机组群控单元、冷冻水控制单元、冷却水控制单元、冷却塔控制单元、变风量控制单元、小系统VAV控制单元等。

##### 2) 中心（智能控制）：

现场工控机作为站级中心服务器，协同各控制单元，通过迭代运算不断优化各参数设置、实时寻优。

##### 3) 特点1：集成度高

控制单元采用边缘计算单元，将配电、变频、传感、传输、控制、软件集成于一体，由厂商完成成套装备的集成。打通多专业壁垒，减少专业接口。

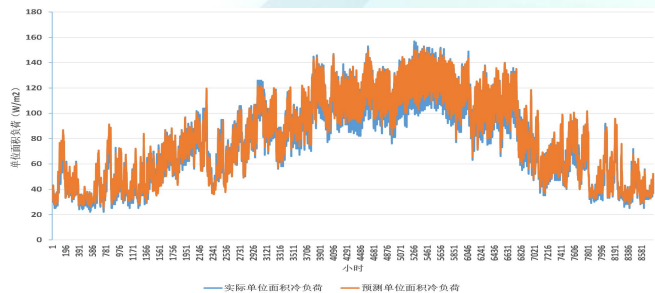
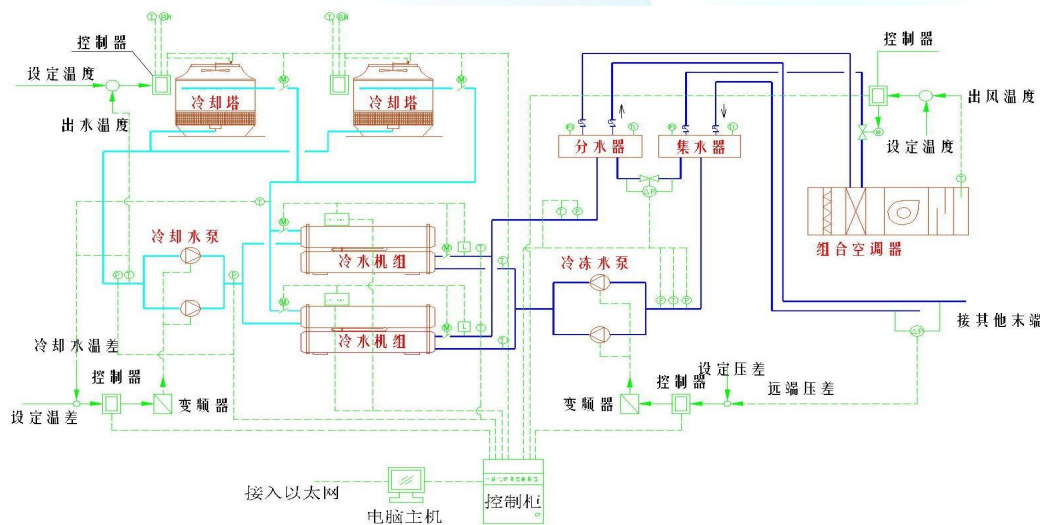
##### 4) 特点2：灵活组配，丰俭由人

各单元既可独立运行，又可通过中心进行协同，中心可深度管理、迭代寻优、挖掘数据价值；可繁可简，自由选配。

## 五、暖通自控系统

### 5) 控制原理简述

- **冷水机组单元**：以需求负荷为目标的机组群控，按照车站负荷率给出最高效的机组运行组合策略；单台冷水机组以冷冻水出水温度为目标的机组出力调节。
- **冷冻水泵单元**：以冷冻水供应为目标的冷冻水泵变流量控制（定压差、变压差、定温差）。
- **冷却水泵单元**：以供回水温差（ $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ ）为目标的冷却水泵变流量控制。
- **冷却塔单元**：以冷却水有效散热为目标的塔风机变频控制（逼近度 $3^{\circ}\text{C}$ ）





## 五、暖通自控系统

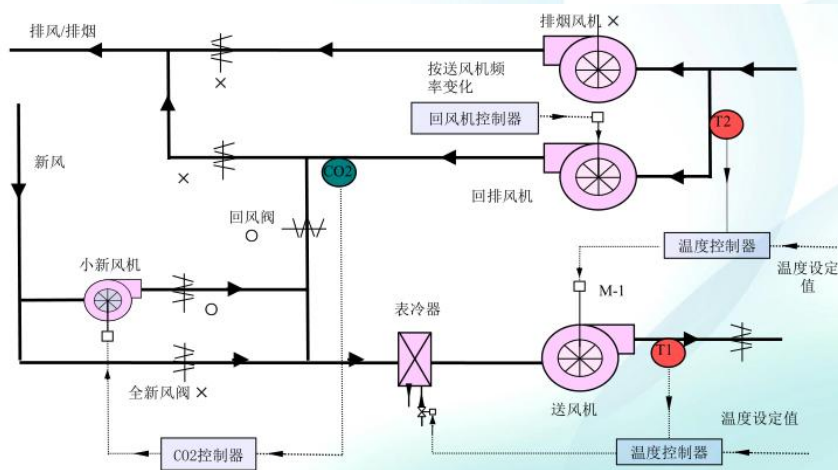
### 5) 控制原理简述

#### · 大系统——变风量控制单元：

以公共区室内参数（温度、湿度）为目标的双风机变风量控制；送风机、回风机同步变频控制（双风机风量应匹配）。

· **电动二通阀**：以空调器表冷器的出风参数（可变）为目标的二通阀开度调节，且与空调器联锁关闭。

## 4、通风空调节能运行控制系统



## 五、暖通自控系统

### 5) 控制原理简述

#### · 小系统——分室变风量（VAV）控制：

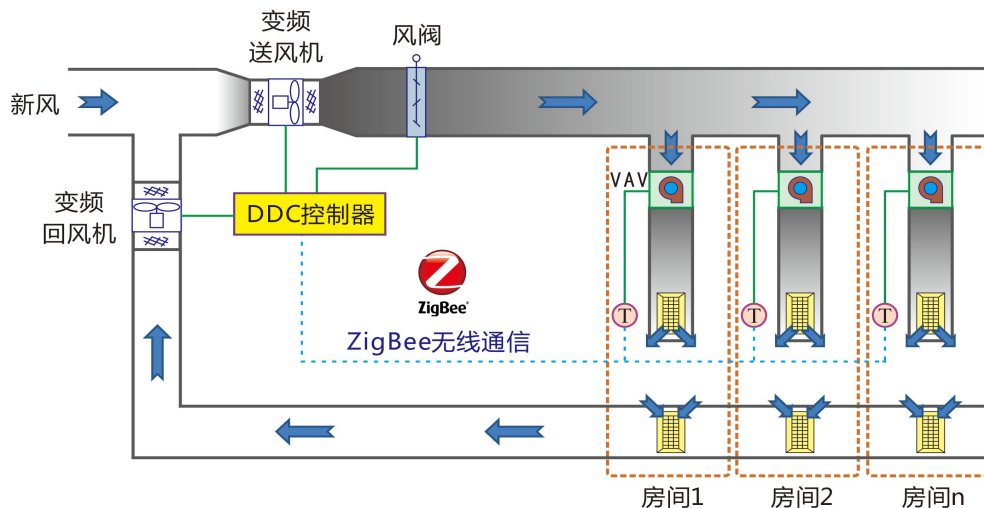
基于房间参数独立控制的双风机分室变风量VAV控制。

送风管上设风量调节阀，回风需低阻均衡，送风机、回风机同步变频控制。

总风机的控制方法有：定静压、变静压、总风量法。

· 通风排热——场所**温度控制机械通风**间歇运行或变频运行。

## 4、通风空调节能运行控制系统



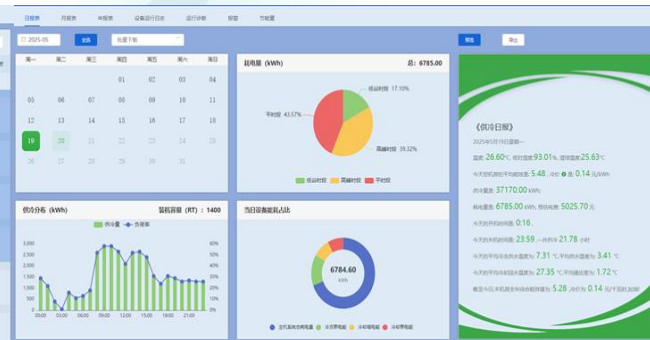
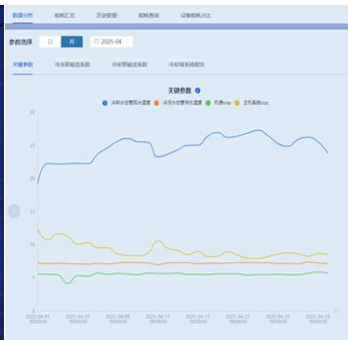
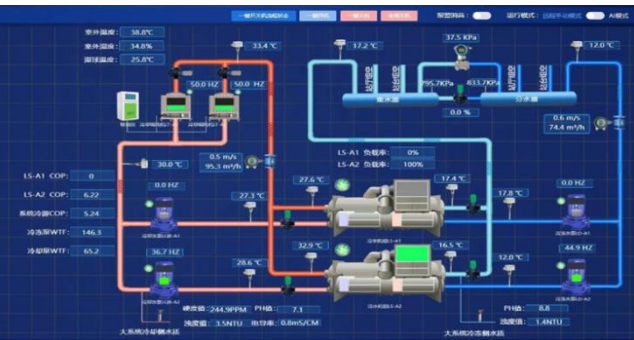
## 6) 系统基本功能

★**节能控制**——**逻辑控制（反馈控制）、智能控制（前馈控制）、迭代优化（反馈校验）**

★**能源管理**——暖通系统、设备的三级能耗管理，横向数据、纵向数据的曲线、图表。

★**智能运维**——基于设备、系统运行参数诊断：设备状态、系统状态、能效评估、健康诊断、故障预判

★**一键报表**——可按日/周/月/季/年指定时段，一键生成报表，概况、能效、能耗、故障、建议等



## 六、既有系统节能改造

### 1、现状与问题

#### ★ 室内环境参数偏离

公共区温度偏低（ $24^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ ），湿度偏高（70%~90%）；设备用房区温度极度不均衡，严重偏离。

#### ★ 设备性能衰减

冷水机组、冷却塔、多联机空调等主要设备性能衰减；尤其是蒸发冷机组，三年后性能衰减明显，机组出力不足，能耗上升显著。

#### ★ 冷机大、水泵大、风机大

水系统、风系统普遍存在**大流量、小温差**运行，冷冻水温差 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，风温差 $5^{\circ}\text{C}\sim 7^{\circ}\text{C}$ 。

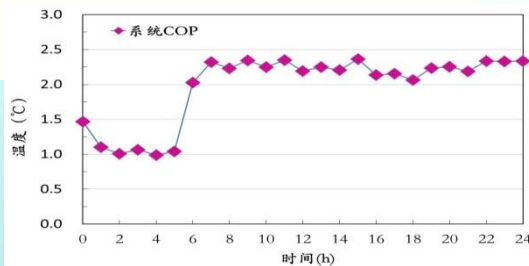
#### ★ 系统不平衡

冷却塔水量分配不平衡，并联设备不平衡，冷冻水支环路间不平衡，送风系统不平衡，小系统不平衡。

#### ★ 其他问题

电动二通阀不能正常动作，不能与空调器联锁关闭；冷却水水质恶化，冷却能力不足；传感器布点不够，数据异常；保温质量差，表面结露。

系统调不顺，能耗下不去！



## 六、既有系统节能改造

### 2、调试与方案确定

#### 1、调试——目标是健康的暖通系统

- 1) 设备性能调试：全面检查、调试、测试系统、设备性能。
- 2) 系统畅通、匹配：冷却水、冷冻水、风系统、小系统，调节五个循环相匹配。
- 3) 调节系统平衡：冷却塔平衡、并联水泵平衡、水系统平衡、风系统平衡、小系统平衡。
- 4) 调试动作正常：电动蝶阀、电动二通阀、止回阀、压差旁通阀、风阀。

#### 2、确定自控范围与深度，制定适宜自控策略

- 1) 确定自控范围：车站空调水系统、车站大系统、车站小系统、车站机械通风系统、多联机系统。
- 2) 制定自控策略：具体控制单元配置，站级中心服务器；配备必要的软硬件设备。
- 3) 更换必要的设备、配件：风机、水泵、冷却塔、阀门……
- 4) 传感器布设：温度、湿度、压差、流量、电量、水质……

参数数字化：设备参数、系统参数、环境参数。

- 5) 安装配电、控制强弱电一体柜，安装站级中心服务器，及其布线；安装数据库和软件平台。
- 6) 检测：自检测与第三方检测，连续年度检测。



## 六、既有系统节能改造

### 3、设计牵头优势

#### 1) 最懂暖通系统

能够全面、客观评估既有系统，找出问题、解决问题，整治出一个**健康的暖通系统**。

#### 2) 融合专业优势

设计单位拥有暖通、电力、自控、通信、IT多专业技术力量，可以随时解决跨专业性问题。

#### 3) 整合资源优势

设计院可整合技术、科研、设备、装置、材料、软硬件等上游产业链资源；选择先进的技术、适宜的策略、恰当的软硬件架构，提供合理优质长效的设备、材料、配件。

#### 4) 综合效益优势

除了经济效益、社会效益，还有**技术效益**。产出技术专利、技术标准、科技论文、示范工程，培养人才，打造专家，提高社会影响力，推动行业技术进步。

#### 5) 责任信誉担当

国企设计院不会垮，背负行业技术发展的责任与声誉；优质工程成就业主，成就设计，做到共赢；不追求短期效应，不搞惟利是图。

**科技驱动，融合共赢**

期待同行砥砺前行  
感谢聆听

