

# 公共机构高效制冷解决方案

中国质量认证中心  
2020 年 3 月

# 目 录

第一部分 公共机构制冷系统分析.....	1
一、 公共机构空调系统存在的共性问题.....	1
二、 公共机构空调系统存在的个性问题.....	3
第二部分 制冷能效提升解析.....	5
一、 中央空调系统.....	6
二、 VRV 多联机空调系统.....	10
三、 分体空调系统.....	11
第三部分 提高制冷能效的技术方案.....	12
一、 高效设备及系统的应用.....	12
二、 储能技术的应用 .....	17
三、 智能化技术的应用.....	20
四、 制冷系统调适措施.....	29
五、 高效运行维护管理.....	33
第四部分 应用案例.....	39
A1 深圳市民中心节能项目.....	39
A2 总部办公楼（技术通用性案例） .....	40

A3 北京丰台区某办公综合体（技术通用性案例） .....	40
A4 北京某行政及商业办公中心（技术通用性案例） .....	41
A5 北京某办公大厦（技术通用性案例） .....	43
A6 核心能力大楼.....	45
A7 区政府办公大楼分体空调节能项目.....	47
A8 深圳某办公大楼.....	48
B1 北京某大学分体空调节能项目.....	49
B2 南京某中学分体空调节能项目.....	50
B3 广州某大学学生公寓风机盘管集中管控项目.....	50
C1 北京某眼科医院.....	52
C2 江苏某医院分体空调节能项目.....	53
D1 某政府招待所.....	53
D2 某政府宾馆.....	54

# 前　言

蒙特利尔议定书于 2016 年增加了《基加利修正案》，于 2019 年 1 月 1 日正式生效。目的是削减用于制冷剂的氢氟碳化合物。根据“议定书”第 5 条，中国被归类为第 1 组国家，承诺到 2024 年冻结和淘汰氢氟碳化物的使用。

2019 年 6 月 13 日，为贯彻落实 2019 年《政府工作报告》和国务院《“十三五”节能减排综合工作方案》等文件要求，践行国际减排承诺，推动《蒙特利尔议定书》基加利修正案的批准和落实，国家发展改革委、工信部、财政部、生态环境部、住房城乡建设部、市场监管总局、国管局共同印发了《绿色高效制冷行动方案》，主要任务之一就是推进节能改造，其中包括加强制冷领域节能改造，重点支持中央空调节能改造等重点示范工程，更新升级制冷技术、设备，优化负荷供需匹配，实现系统经济运行，大幅提升既有系统能效和绿色化水平等。

中国质量认证中心积极响应国家落实减排承诺，推动《蒙特利尔议定书》基加利修正案落地，早在 2018 年 11 月，中心就承担了美国能源基金会“公共机构及零售业制冷能效提升示范项目”课题任务。该项目旨在通过深入调查研究、宣传引领、示范引领，以及推动市场转型等活动，使终端消费者了解应用高效制冷空调和替换环保型制冷剂，提高市场采购力度。其中，公共机构作为集中的终端需求方，以及具有较为空调能耗占比特性等被列为本次课题的研究对象。

据悉，全国公共机构共 177.13 万家，包括：国家机关 44.81

万家，占比 25.3%；事业单位 101.32 万家，占比 57.2%；社会团体 31 万个，占比 17.5%。其中，国家机关、教育和卫生类事业单位合计占比达到 68.22%。仅 2017 年全国公共机构能耗总量 1.84 亿吨标准煤，中央空调能耗占公共建筑能耗的 40%以上。同时，公共机构暖通空调耗电量 26–30 (kWh/m<sup>2</sup> • a)，标准煤折算 9.36–10.8 (kgce/m<sup>2</sup> • a)，略高于普通公共建筑。

为了促进公共机构制冷能效，广泛宣传高效制冷技术和产品，2019 年 8 月–11 月期间我们组织业内专家对不同类型的公共机构进行了调研，并收集了大量的优秀案例和存在的共性问题，同时决定编制《公共机构高效制冷解决方案》（以下简称《解决方案》）。

经过多次理论和实践的交融，最终确定《解决方案》纵向从管理、设备、工艺、控制、运维等维度进行阐述，横向以机关、学校、医院、场馆等不同业态进行案例介绍。《解决方案》分为四部分：第一部分对不同政府办公楼、学校、医院、图书馆、体育馆、博物馆等六类公共机构制冷用能特点进行了详细分析；第二部分对如何提高制冷能效进行了总体论述，给出了整体解决方案；第三部分对提高能效的主流技术产品进行了说明，包括暖通工艺、高效设备、智能控制、科学运维大类，每类技术产品包括技术说明、适用范围、预期节能率、投资估算；第四部分是应用案例，每种业态、每种技术产品都列举了一个应用案例，便于各单位管理技术人员理解应用。

整个方案编写过程中力求描述简洁、实用，便于操作，注重实效，同时充分考虑了技术先进性和经济可行性。市场上还有些先进的技术，但鉴于在公共机构中使用不普遍，限于篇幅，未做详细介绍。同时在施工和运营过程中还有一些方法对制冷的能效提升有很

有帮助，需要因地制宜结合项目情况具体研究，本篇未予介绍。希望对公共机构制冷能效提升有所帮助。由于编者知识能力有限、时间紧凑，方案中难免有各种缺点和不足，敬请谅解。

# 第一部分 公共机构制冷系统分析

公共机构是指全部或者部分使用财政性资金的国家机关、事业单位和团体组织。如各级政府机关、事业单位、医院、学校、文化体育科技类场馆等。各类建筑因使用功能、运营时间的不同，制冷系统的设计因此也呈现不同的特点。

## 一、公共机构空调系统存在的共性问题

### （一）部分建筑建设年代久远，空调系统及设备老旧。

1. 许多空调系统存在保温层破损、控制阀门失效、管道连接处跑冒滴漏现象。
2. 随着建筑使用年限的不断增加，其空调设备都有不同程度的老化，许多空调系统缺少有效的维护和保养，大大增加了系统运行能耗。
3. 由于时代的局限性，大部分缺乏高效制冷机房的设计思路和理念。
4. 早期生产制造的冷水机组、水泵等主要耗能设备能效较低。
5. 对于集中供冷的公共机构建筑，由于历史设计缺陷，无法实现分时分区供冷，导致局部区域有制冷需要就开启整个供冷系统，造成制冷高能耗且效率低下。

### （二）缺乏现代信息技术和传统空调制冷技术的有机结合。

1. 许多公共机构建筑建造时重硬件轻软件、重建设轻维护，导致空调控制系统功能简单，甚至没有安装控制系统，部分虽有控制系统，但维护不到位，导致控制系统失效。
2. 虽然很多水泵配备了变频控制系统，但实际运行时仍为定频

运行，没达到根据负荷变化动态调节水泵转速从而节能降耗的目的。

3. 缺乏末端管控系统。政府办公建筑中由于各处室工作性质不同，办公室使用的时段也不一样，由于缺乏末端管控系统，部分办公室无人时仍然开启空调，或人员变动时新风机无法调节，使系统运行能效降低。

4. 新风系统无法动态调节，一方面过渡季节室外新风得不到合理利用，导致空调主机持续开启，在室外温度适宜的过渡季，应在不开启制冷机组时，尽量使用室外新风对室内进行通风，最大限度的节约能量。另一方面天气炎热时新风供应过量，增加了空调系统冷负荷，造成能源浪费。

5. 缺少能耗计量管理系统，缺少空调能量供应、消耗电量计量，无法判断运行状况的好坏。

### （三）管网水力失调、风量失调现象时有发生。

许多建筑空调系统建设完成后没有进行专业的调适及验收，就投入使用，另一方面，系统投入使用后，由于后期使用条件发生变化或环境参数发生变化，没有对空调系统进行再调适。管网水力失调造成的影响是供冷质量差，用户室内冷热不均使空调系统在运行过程中不同房间出现冷热不均的现象；由于部分用户室温较低，导致末端盲目增加循环水量，冷冻水泵持续大流量运行，造成运行能耗居高不下。

### （四）空调系统运维人员专业技能不足。

许多公共机构建筑空调系统缺乏专业的运维人员，甚至部分由水电工兼任，缺少专业操作知识培训，一方面缺乏对节能新技术的了解，另一方面，无法合理有效地操作相对复杂的运行控制系统。

## （五）分体式空调技术和管理有待提高。

目前在公共机构中，还有大量的分体空调在使用，这些分体空调品牌不统一、参数不一致、购买年限不同，而且都是由办公室人员通过遥控器自行控制，单位的管理者无法有效的监管各个房间的分体空调使用是否合理，从而存在大量的电能过度消耗、空调用电量无法统计、不能实现统一管理。

## 二、公共机构空调系统存在的个性问题

### （一）政府办公建筑空调系统存在的问题

1. 虽然政府办公建筑有固定的作息时间，但实际运行过程中部分房间经常存在加班现象，对于中小型办公建筑采用多联机或分体空调不会造成问题，但对于采用中央空调集中供冷的大型办公建筑，往往会由于个别房间加班而需要开启制冷系统供冷的现象，这会造成制冷效率低下。采用将经常加班的处室集中在某一区域，增设小型制冷系统或多联机，专供下班使用是一种较好的解决方案。

2. 大型政府办公建筑房间功能除办公室外，还有如会议室、接待室等，它们使用时间并不固定，而许多空调系统缺乏灵活的负荷适应机制。

### （二）学校空调系统存在的问题

1. 学校建筑数量多、业态繁杂，各建筑的空调形式多样，不同建筑形态的使用特征不一致，许多学校空调缺乏对应的自动控制系统，不能根据不同建筑的使用特征进行动态调节、按需供给。

2. 许多安装中央空调系统的学校缺乏针对暑期部分房间供冷的技术措施。

3. 安装分体空调的建筑缺乏对分散安装在各房间的空调设备

进行集中有效管理，使用较为粗放，室内冷热不均。

### （三）医院空调系统存在的问题

1. 医院建筑种类多，各建筑的空调形式多样，并且各建筑的建设年代差异很大，许多老旧空调系统运行能效低下。

2. 医院 ICU 病房、手术室等空调系统需要全年运行，需要独立安装空调机组，部分独立安装空调机组能效指标较低。

3. 许多医院空调系统缺乏末端管控，不能满足不同类型的病房个性化需求，如骨科温度低、老年人多的区域温度要高。由于病人对新风供应十分敏感，许多房间在开启空调的同时，开窗通风。

### （四）图书馆空调系统存在的问题

1. 典藏书库设置的恒温恒湿空调系统需要全年运行，其能耗较高，而部分建馆时间较长的恒温恒湿空调往往超期服役，能效等级低，需要更换高能效的设备。

2. 对于大型图书馆中的阅览室，其人流量变化很大，新风主要满足人员需求，需要对新风量进行有效调控，从而达到减少新风负荷的目的。

3. 对于图书馆中的一般书库，新风主要满足书箱保存的工艺要求，需要对新风量进行精确计算和调节，一方面减少新风负荷，另一方面有利于维持书库中空气的相对湿度。

### （五）体育馆空调系统存在的问题

1. 对于采用中央空调集中供冷的体育馆，由于比赛场地空调系统属间歇使用，有些场馆附属用房，特别是商用房需要在空调季节连续供冷，此时如开启集中冷源供冷，则导致系统运行效率低下，可以针对各类房间不同的运行特征，独立设置分体空调或多联机空

调。

2. 比赛场地为典型的高大空间建筑，许多场馆由于气流组织不合理，导致部分区域热舒适不佳，运行人员常通过增加冷水机组或冷冻水泵运行数量来解决问题，这也导致了系统能效下降。

3. 比赛场地的空调负荷中新风占有很大比例，而许多新风系统的新风量无法调节，导致在训练无观众时或少观众时也按大新风量运行。

#### （六）博物馆空调系统存在的问题

1. 博物馆的人流量在工作日和节假日相差较大，在每一天中各小时的人流量也不相同，因此，对新风的实际需求也不一样，而目前大部分空调系统均按固定的新风量运行，这不仅造成了空调系统负荷增加，也使得室内湿度控制变得困难。

2. 博物馆采用了大量的恒温恒湿专用空调，这些空调均是全年运行，能耗占比较大，而许多设备属早期生产，经过多年连续使用，能效等级低下，有必要通过技术经济比较后进行更新改造。

#### （七）数据机房空调系统存在的问题

1. 数据机房气流组织不合理，送风温度偏低，风量供应过量且不可动态调整。

2. 数据机房的空调系统需要全年运行，一般设置独立的专用精密空调保障设备安全运行，但也有许多数据机房采用传统家用空调机组，缺乏智能控制，且能效等级低。

## 第二部分 制冷能效提升解析

制冷系统即空调系统分为中央空调系统、VRF 多联机空调系统和分体式空调系统。三种系统由于系统结构不同，能效提升措施也

不同，下面分别予以介绍。

## 一、中央空调系统

这里提到的中央空调系统主要是水冷中央空调系统，系统包括冷水机组、冷冻泵、冷却泵、冷却塔、空调末端等几部分，是三类空调中系统最复杂、管理难度最高、能效提升潜力最大的一种。判断的主要依据是主机运行能效 COP 和系统运行能效 SCOP 距离国家 GB50189《公共建筑节能设计标准》设计标准有多少偏差，以及地方出台的一些运行能耗标准及指引有多少偏差。

### (一) COP&SCOP 能效概述

制冷主机能效 COP (COP=制冷量/主机能耗)、制冷站综合能效 SCOP (SCOP=制冷量/(主机能耗+冷却泵能耗+冷却塔能耗)) 是衡量机房制冷能效的主要指标，也是能效提升改造的主要依据。

《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015) 给出了各种冷水机组(热泵)在名义工况下，其额定制冷量的性能系数(COP)限值的最低值，如下表所示。

表 1：名义制冷工况和规定条件下冷水(热泵)机组的制冷性能系数

类别	名义制冷量 CC (kW)	性能系数 COP (W/W )						
		严寒 A、B 区	严寒 C 区	温和 地区	寒冷 地区	夏 热冬 冷地 区	夏 热冬暖 地区	
水冷	活塞式/涡 旋式	CC≤528	4.10	4.10	4.10	4.10	4.20	4.40

	螺杆式	CC≤528	4.60	4.70	4.70	4.70	4.80	4.90
		528<CC≤1163	5.00	5.00	5.00	5.10	5.20	5.30
		CC>1163	5.20	5.30	5.40	5.50	5.60	5.60
	离心式	CC≤1163	5.00	5.00	5.10	5.20	5.30	5.40
		1163< CC≤2110	5.30	5.40	5.40	5.50	5.60	5.70
		CC>2110	5.70	5.70	5.70	5.80	5.90	5.90
或蒸 发冷 却	活塞式/涡 旋式	CC≤50	2.60	2.60	2.60	2.60	2.70	2.80
		CC>50	2.80	2.80	2.80	2.80	2.90	2.90
	螺杆式	CC≤50	2.70	2.70	2.70	2.80	2.90	2.90
		CC>50	2.90	2.90	2.90	3.00	3.00	3.00

注：1、对于变频机组，规定：水冷变频离心式机组的 COP 不应低于表中数值的 0.93 倍；水冷变频螺杆式机组的 COP 不应低于表中数值的 0.95 倍。

2、各地如果有地方标准的，可参考当地地方标准。

COP 指标只能衡量主机能效水平，不能反映空调冷源的整体能效水平。综合制冷性能系数 SCOP，加入了对水泵、冷却塔能效的考核，体现了空调冷源部分的整体能效更优。

电冷源综合制冷性能系数（SCOP）为名义制冷量与冷源系统的总耗电量之比。冷源系统的总耗电量按主机耗电量、冷却水泵耗电量及冷却塔耗电量之和。下表是《公共建筑节能设计标准》中给定的中央空调系统电冷源综合制冷性能系数（SCOP）。

表 2：空调系统的电冷源综合制冷性能系数（SCOP）

类别	名义制冷量	综合制冷性能系数 SCOP (W/W )
----	-------	----------------------

		CC (kW)	严寒 A、 B 区	严寒 C 区	温 和 地区	寒冷 地区	夏 热 冬 冷 地区	夏热冬 暖地区
冷	活塞式/涡旋式	CC≤528	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.6
	螺杆式	CC≤528	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7
		528<CC<1163	4	4	4	4	4.1	4.1
		CC≥1163	4	4.1	4.2	4.4	4.4	4.4
	离心式	CC≤1163	4	4	4	4.1	4.1	4.2
		1163<CC<2110	4.1	4.2	4.2	4.4	4.4	4.5
		CC≥2110	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6	4.6

注：1、各地如果有地方标准的，可参考当地地方标准。

## （二）能效提升路线图

提高制冷能效是一个系统工程，需要从工艺、设备、管理、控制、维护等多个方面多措并举，才能最大程度实现能效提升的目标。能效提升与治病的流程类似，需要首先进行能效检测（检查化验），然后进行能效诊断（医生诊断）、空调调适与改造（治疗），然后进行能效验证（康复检查）。这也是编者结合多位行业专家、多个项目调研结果的经验总结，具体实施流程如下：

1. 能效诊断。在机房安装温度、压力、流量、电表等传感器，通过专业能效诊断软件测得一个周期内（至少一周）系统 COP、SCOP 等关键指标连续数据，并结合历史能耗数据的计算值，对标 GB50189—2015 中的相关指标，明确能效提升潜力。

通过专业能效诊断软件，还可分析制冷能效低的具体原因，以

便采取有针对性的措施，并可以用来检测改造后的能效提升效果的验证。影响机房制冷能效 SCOP 高低的主要因素如下：

表 3：影响机房制冷能效 SCOP 高低的主要因素

制冷机	冷冻水泵	冷却水泵	冷却塔	管道
冷冻水供水温度	流量	流量	散热效率	水力平衡
冷却水回水温度	扬程	扬程	湿球温度	阀门性能
趋近温度	供回水温差	供回水温差	能耗	管道阻力
负载率	能耗	能耗		
能耗				

2. 调适优化。一般项目都存在风力不平衡、水力不平衡、BA 控制工艺简单等现象。进行系统调适后，优化暖通工艺，分时分区 域运行，减少冷量供应，降低设备管道安全风险，提高管理效率， 解决部分建筑冷热不均现象，提高环境舒适度。一般经验表明，调 适优化后可提升 5%~8% 左右的能效，是投入产出比最高的能效提升 方案。

3. 水泵优化。根据能效诊断结果，判断水泵选型是否合理， 如果不合理或者水泵老化严重，则建议更换水泵。在此基础上，对 水泵进行变频调节，根据需求动态调节水泵频率，优化运行时间。 一般水泵可以降低 20%~50% 的能耗。

4. 冷却塔优化。冷却塔普遍存运行方式不合理，水力失调、布 水不均、风力失调、裕度（回水温度与湿球温度差）偏大等现象， 造成冷却换热效率下降、冷却塔回水温度偏高，直接影响冷机能效 （回水温度每降低 1℃，主机能效提高 3% 左右）。所以提高冷却塔能

效是提高制冷能效很重要的一环。运行维护良好的冷却塔可以提高 5~10% 的主机能效。

5. 主机优化。如果有条件，最好能实现与主机的通讯，这样可以更好的提高主机能效和运行安全性。根据能效诊断结果，判断主机能效是否达标并分析原因。结合运行工况和经济分析，决定是对主机进行优化还是进行更换。一般主机优化后可以提升 5%~15% 的能效。

6. 冷站智能群控。由于中央空调设备设计选型偏大、负荷需求动态变化、设备之间耦合性强、系统大惰性大滞后等特性，需要对制冷主机、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔、末端等设备进行全局最优控制，结合负荷预测结果动态调整其运行参数，实现按需供给，在满足制冷需求的前提下使整体能耗最低、综合能效 SCOP 最高。靠人工操作是无法实现能效最优的。增加真正的智能群控系统后，可以提升 SCOP 至少 15% 以上。

7. 能效跟踪。制冷能效改造提升后不是一劳永逸的。随着系统的运行，老化、管道结垢、跑冒滴漏等现象都会发生，定期进行能效检测诊断、调适优化、维护保养是必要的，使系统始终运行在最优状态。配备一套能效自动检测诊断系统是必要的。

## 二、VRF 多联机空调系统

VRF (Variable Refrigerant Flow) 空调系统即变制冷剂流量多联式空调系统（简称多联机），适合制冷面积较小的建筑，也可以作为大型建筑中需要 24 小时制冷的部分区域，作为中央空调的有益补充。VRF 系统的主要优点：操作简单。由于各室内机可以通过面板独立控制，随时使用，操作简单。安装方便、布置灵活。系统安

装无需专用机房，占用建筑空间小，系统运行可靠性高。

多联机在使用过程中，最大的问题有两个，分别是制冷温度设定值偏低和非工作时间运行。解决办法是增加集中控制系统，通过软件（web 和 APP 等）实现对多联机的统一监管、报警、控制。具体实现功能包括：

1. 设置每个室内机的温度。可以对每台多联机室内机远程设定最低温度、最高温度，避免使用人员设定过低。
2. 设置每个室内机的开关时间。可以对每台多联机室内机设定开关时间，定时自动开关机，也可以结合人员探测器等实现无人时自动关机。也可通过软件远程手动开关。
3. 自动统计每个房间空调的运行时间、风速等，便于独立计费考核。
4. 统一监管所有多联机的运行状态，手机报警提醒等功能。
5. 结合电表，可以对多联机能耗、功率进行多维统计、分析、对比、验证等。

### 三、分体空调系统

分体空调由于分布广泛，用能管理难度较大，空调不合理使用的浪费现象十分普遍。针对空调的使用存在管理不到位，导致能源浪费的现象，可以采用联网远程控制的方式对室内温度设定、运行时间进行有效控制。有必要对分体空调采用集中化、远程化、人性化的系统管理手段，对分体空调进行精细化的管理和节能控制，以达到资源节约型、环境友好型公共机构的管理目标。

## 第三部分 提高制冷能效的技术方案

针对不同类型的公共机构制冷系统的特点，以及制冷能效提升

的路线，可以从高效设备应用、智能控制、调适优化、科学运维、集中监管等多方面对公共机构现有的制冷系统进行能效提升。近年来，国内一些公共机构已经率先开展了制冷能效提升的工作，并创造了一些成功案例可供同类型的建筑做参考。本部分就各类改造技术做了阐述，并列举了一些典型案例供公共机构用户做参考。

每种技术所列节能率、投资回报等数据是根据同类项目经验数据，仅供参考。由于每个项目使用工况环境和配套设备各不相同，具体项目还有具体分析。

## 一、高效设备及系统的应用

### (一) 磁悬浮制冷机组

#### 1. 技术说明

磁悬浮冷机是近几年出现的高效制冷主机。由于其无油、无摩擦、主机变频、体积小、噪音低、能效高、维护成本低等特点，正在成为新建项目和改造项目的重要选择。而且在磁悬浮冷机领域中，格力、海尔、美的等国产品牌与国外品牌质量相差不大。

#### 2. 适用范围

有 3-18℃ 冷水需求的所有项目，尤其适合制冷负荷变化幅度较大的项目。包括但不限于数据中心（IDC）机房，工艺冷却水（工业），酒店，医院，商业综合体，学校，办公楼等大中型公共建筑。

#### 3. 预期节能率

一般来说，磁悬浮机组比溴化锂制冷机组节能 40% 左右，比普通螺杆机组节能 30% 左右，比定频离心机组节能 25% 左右，比变频离心机组节能 20% 左右。

## **4. 投资回收**

一般来说，磁悬浮冷机比普通制冷机成本大约增加 40%~60%，整个中央空调系统造价提高 15%~20%。后期运行费用大约降低 20%~30%，运行 3000 小时可回收多出投资。

## **5. 典型案例**

详见第三部分应用案例 A1。

### **(二) 热泵机组**

#### **1. 技术说明**

热泵是一种利用高位能使热量从低位热源流向高位热源的节能装置，可以把不能直接利用的低位热能（如空气、土壤、水中所含的热量）转换为可以利用的高位热能，从而达到节约部分高位能（如煤、燃气、油、电能等）的目的，是新一代清洁能源生产设备。热泵机组包括空气源热泵、地源热泵和水源热泵，具有良好的应用前景。各项目可根据当地地理条件、行业政策进行选择。

#### **：适用范围**

空气源热泵适用范围很广，长江流域、黄河流域等室外平均温度不低于 5℃ 的区域都可以应用，尤其适合供应生活热水和小型建筑取暖。地源热泵和水源热泵要看当地地质条件，需要专业公司进行地质勘察。

### **3. 预期节能率**

相比离心制冷机组，一般地源热泵和水源热泵的节能率 10%~40%，主要看当地土壤和水源的品质。相比常规制冷机组，运行期间地源或水源热泵节能率在 30%以上。

## **4. 投资回收**

一般来说，地源或水源热泵投资比普通制冷机建设成本大约增加 30%~50%。

## **5. 典型案例**

详见第三部分应用案例 A1。

### **(三) 高效水泵应用**

#### **1. 技术说明**

水泵具有不同的特性曲线，普通水泵在不同频率时其流量、扬程、能效都会随水泵特性曲线而变化，部分工况效率偏低，自身不能动态变频运行。

高效水泵由于结构特性不同，可以分别调整扬程、流量，使水泵在绝大部分工况下都运行在 0.85 以上的高效区间；其次，电机内置控制系统，可以根据负荷不同自动调节水泵频率；第三，水泵电机为永磁电机故功率因数可达到 0.95 以上（常规水泵一般为 0.85~0.9）；第四，变频器、水泵、电机、配电柜整合为一体，体积小、占地空间小，安装方便。如阿姆斯壮、格兰富、威乐等品牌。

#### **2. 适用范围**

制冷系统的冷冻泵、冷却泵等年运行时间较长、功率较大、运行负载率变动范围广的水泵。当多台同时运行时，仍需配置智能控制系统。

#### **3. 预期节能率**

比普通水泵节能率 30%以上。

## **4. 投资估算**

智能高效水泵比普通水泵+变频器一般设备价格高 30%~50%，

2~3年内收回更换水泵的投资金额。

## 5. 典型案例

详见第三部分应用案例 G2。

### (四) 高效冷却塔应用

#### 1. 技术说明

传统冷却塔的水力平衡失衡和风路短路回流侧面向吸问题对冷却塔冷却效果有很大影响。高效冷却塔通过全联通布水系统和自力风阀，消除变流量工况下水力失调、风力失调对冷却塔组热力性能的影响。高低组合涡旋动能引流扩散喷头技术，实现 15%~120% 变流量工况下布水盘布水均匀，所有填料的全膜化，解决了布水盘变型、堵塞等现象对散热效率的影响，保障塔组热力性能发挥无波动，低衰减。减少一半以上管路工程，免去所有电动联动阀配置；结合湿球温度逼近法的智能控制技术，可大幅提高冷却塔的换热效率，降低冷却水回水温度 3~5℃，间接提高冷机效率 10% 左右。

#### 2. 适用范围

原则上适用于所有中央空调系统，尤其是需要高效制冷和冷却塔散热不足主机喘振的项目，中央空调年运行 1500 小时以上项目具有良好的性价比。可以采用全部更换或者部分改造的方式。

#### 3. 预期节能率

空调冷却系统（冷却塔+冷却水泵）节能率 30% 左右，冷机平均间接节能 10% 左右。

#### 4. 投资估算

3000 小时左右收回初投资，特殊项目时间可能更短。

## **5. 典型案例**

详见第三部分应用案例 A2。

### **(五) 蒸发冷却技术**

#### **1. 技术说明**

蒸发冷却技术包括制冷剂蒸发冷却和冷却水蒸发冷却，分别对应冷凝器蒸发冷却和冷却塔蒸发冷却两种产品形态。冷却塔蒸发冷却在公共建筑领域应用较少，所以本方案主要讨论冷凝器的蒸发冷却技术。

#### **2. 适用范围**

蒸发冷对环境温湿度、安装高度、运行时间都有一定要求。适用于环境湿球温度低于 28℃ 的地区使用，尤其是西北部地区；蒸发冷设备安装位置高于制冷机组不超过 20 米(根据目前实际案例作为参考依据)；制冷时间相对较长的场所，如酒店、医院、商业综合体、数据中心、工业冷却行业等。

#### **3. 预期节能率**

比传统制冷机房整体节能 30%左右。

#### **4. 投资估算**

按蒸发冷磁悬浮系统估算：4200 元左右/冷吨

## **5. 典型案例**

详见第三部分应用案例 A3。

### **(六) 余热回收技术**

#### **1. 技术说明**

余热回收技术的核心是热回收器，其主要功能是实现空调压缩机在制冷运行中排放出的高温冷媒蒸汽与被加温冷水的热交换，将

压缩机排出的热量转换成可利用的 45° ~60° 的热水，达到废热利用目的。空调机组压缩机的一部分热量经过热回收器吸收以后，原冷凝器的热负荷减少，热交换效率提高，空调机组的效率提高，耗电量也将显著减少。

## 2. 适用范围

该项技术广泛应用于活塞式、离心式、螺杆式冷水机组。特别适用于有生活热水需求的政府办公楼、招待所等建筑。

## 3. 预期节能率

通过余热回收技术，冷水机组的效率通常会提高 5%~15%。

## 4. 投资估算

增加余热回收装置的投资回收期约为 2~3 年。

## 5. 典型案例

详见第三部分应用案例 D2。

## 二、储能技术的应用

储能技术都是利用峰谷电价差原理，夜间进行储能，白天使用，从而减少电费。供冷领域的储能技术主要包括水蓄冷和冰蓄冷，一般只节能电费不节省电能。

### （一）水蓄冷技术

#### 1. 技术说明

水蓄冷技术利用峰谷电价差，在低谷电价时段将冷量存储在水中，在白天用电高峰时段使用储存的低温冷冻水提供空调系统用冷。当空调使用时间与非空调使用时间和电网高峰和低谷同步时，就可以将电网高峰时间的空调用电量转移至电网低谷时使用，达到节约

电费的目的。

## 2. 适用范围

鉴于水蓄冷的运行特点，凡是具有峰谷电政策的区域，且峰电价高于低谷电价的 2.5~3.0 倍左右；同时，建筑物的空调系统使用时间主要集中在白天，如办公楼、商场、展览馆、机场等，且有相应的消防水池或者有适当空间建设蓄冷水池的项目，均可采用水蓄冷空调系统；一些银行、数据中心的应急冷源也可采用水蓄冷系统；水蓄冷系统不但适用于新建项目，更适合现有建筑的节能改造，且节能收益显著。

## 3. 预期节能率

鉴于水蓄冷空调系统的运行特性，即在夜间的低谷电时段制冷后将冷量储存在水池中，夜间环境气温相对白天明显降低，制冷效率随之提高 6~8%，系统满负荷运转时间大幅度增加，从而使空调系统的可以节省 10%~20% 的用电费用。

## 4. 投资估算

根据建筑规模的不同，蓄冷系统的造价在 40~60 元/m<sup>2</sup>（建筑面积）。

## 5. 典型案例

详见第三部分应用案例 C1。

### （二）冰蓄冷技术

#### 1. 技术说明

冰蓄冷空调是利用夜间低谷负荷电力制冰储存在蓄冰装置中，白天融冰将所储存冷量释放出来，以减少电网高峰时段空调用电负荷及空调系统装机容量。蓄冰空调系统的主要设备为制冰系统，制

冰系统主要分为冰盘管式系统、内融冰式冰蓄冷、动态制冰。其主要技术特点如下：

- a. 转移制冷机组用电时间，起到转移电力高峰期用电负荷的作用。
- b. 蓄冷空调系统的制冷设备容量和装设功率小于常规空调系统，一般可减少 30%~50%。
- c. 蓄冷空调系统制冷设备满负荷运行比例增大，状态稳定，提高设备利用率。

## 2. 适用范围

鉴于冰蓄冷的运行特点，凡是具有峰谷电政策的区域，且峰电价高于低谷电价的 2.5~3.0 左右；同时，建筑物的空调系统使用时间主要集中在白天，如办公楼、商场、展览馆、机场等，均可采用冰蓄冷空调系统；鉴于冰蓄冷系统需要单独建设相应的蓄冰槽，因而冰蓄冷系统更适合于新建项目。

## 3. 预期节能率

鉴于冰蓄冷空调系统的运行特性，即在夜间的低谷电时段制冷后将冷量储存在蓄冰水池中，夜间环境气温相对白天明显降低，制冷效率随之提高 6~8%，系统满负荷运转时间大幅度增加，从而使空调系统的总节费率达 15%~30% 左右。

## 4. 投资估算

蓄冷空调系统的一次投资比常规空调系统要高。如果计入供电增容费及用电集资费等，有可能投资相对或增加不多。蓄冷空调系统的运行费用由于电力部门实行峰谷电价政策，比常规空调系统要低，分时电价差值愈大，得益愈多。根据建筑规模不同，冰蓄冷相

关系系统的造价在 70~100 元/m<sup>2</sup>。

## 5. 典型案例

详见第三部分应用案例 A4。

### 三、智能化技术的应用

智能化技术是指通过传感器、仪表、自动控制系统、物联网、人工智能、大数据云计算等，实现对制冷系统运行的监测和优化运行控制，从而达到降低制冷能耗，提升能效的目的。让制冷系统的运行少依赖于人的经验，而由预置的软件来实现，软件能实现更复杂、实时、多变量的控制功能。楼宇自控是智能化技术的一部分应用，还有专门的节能智能化系统。

很多公共机构建筑，在建设初期都安装了楼宇自控化系统。但是，经过施工、调试、运营阶段后，由于缺乏维护费用、厂家服务不到位、调试后无法满足现场变化的使用需求等原因，大部分楼宇自控系统都处于瘫痪状态，无法正常使用，反而还要人工去控制，这样不仅满足不了使用舒适和节能的要求，同时也造成了投资浪费，和人力资源的浪费。我们这里指的智能化技术，其实比楼宇自控更进一步。楼宇自控系统更侧重于空调机组末端的设备的逻辑控制，而很对于冷站有些楼宇自控系统只完成了冷站设备的状态监测，我们这里要应用的智能化技术，不仅要实现控制功能，还要优化冷站所有设备的整体运行逻辑，降低冷站的冷耗。空调系统可通过智能控制技术节能的原因：

1. 空调设备余量过大一大马拉小车。包括空调负荷参数余量、空调设备设计选型时余量、空调设备采购时余量
2. 建筑所需负荷变化。包括季节变化（春、夏、秋、冬）、每天日照变化（早中晚）、人员变化（旅游淡旺季、餐厅吃饭、员工上

下班等)、用电设备变化

3. 管理优化。包括客房空调系统(人走关空调、舒眠模式)、公共地方空调统一管理(26℃)。

4. 设备运行效率低。

根据空调的不同形式，智能化技术主要应用在以下三个方面：

### (一) 冷站群控技术

#### 1. 技术说明

冷站群控首先建立在对系统的实时监测上，通过完成特定的操作顺序，如：设备自动操作，设备保护，数据转发和报警，来实现冷水机组的高效运行。为机组提供适当的节能控制。冷站群控技术的应用有很多不同的深度，完整的冷站群控至少要包含以下的内容：

a. 自适应启/停。群控系统要根据冷冻水温度和过去的冷负荷惯性/反映时间，来自动调节冷水机—泵—冷却塔的启/停时间来逐个控制冷冻水泵，冷却水泵，冷却塔和冷水机组。

b. 冷水机排序/选择。群控系统可以选定超前/滞后冷水机，并重新安排其顺序。自动预测冷负荷需求/趋势，并根据过去的能效，负荷需求，冷水机—泵—冷却塔的功率和待命冷水机的情况来自动选择设备的最优组合。

c. 最优冷水机负荷分配。系统根据能效和最优设备组合来自动为每台冷水机分配负荷。在保持冷冻水的供/回水设定值状态的同时，也将重新设定每台冷水机的冷冻水出口温度，以优化机组的负荷分配和制冷效率。

d. 水泵变频。冷冻水泵和冷却水泵，根据系统的工艺要求动态地调节水泵转速，实现水泵节电。

e. 冷却塔控制。冷却塔风机的运行台数和转速，根据环境温湿度和冷却水回水温度来自动调节，从而降低冷却系统的能耗。

## **2. 适用范围**

智能化技术，适用于大中型的制冷系统，绝大部分的制冷系统原有的管理都很粗放，只要设备状态完好，通过加装智能化控制系统，都能通过智能化系统的精细化管理实现节能。

如果原有的楼控系统尚能使用，则智能化系统会可以复用一部分楼宇自控系统的传感器数据，并需要冷机厂家开放数据通讯接口。

## **3. 预期节能率**

通过冷站群控技术，可以实现 15%~25%的整体冷站节能率。监测点越完善，上述提到的控制策略应用点越多，节能效果越明显。

## **4. 投资估算**

智能化系统的投资主要包含传感器、控制器件、布线和软件的投资，是所有改造技术中，投资最小见效最快的一种方式。而且，无线传感器技术的应用，使得智能化系统布线越来越简单，工程成本越来越低了。通常的智能化技术改造投资回收期在 2 年左右。

## **5. 典型案例**

详见第三部分应用案例 A5、A6。

### **(二) 分体式空调智慧管理应用**

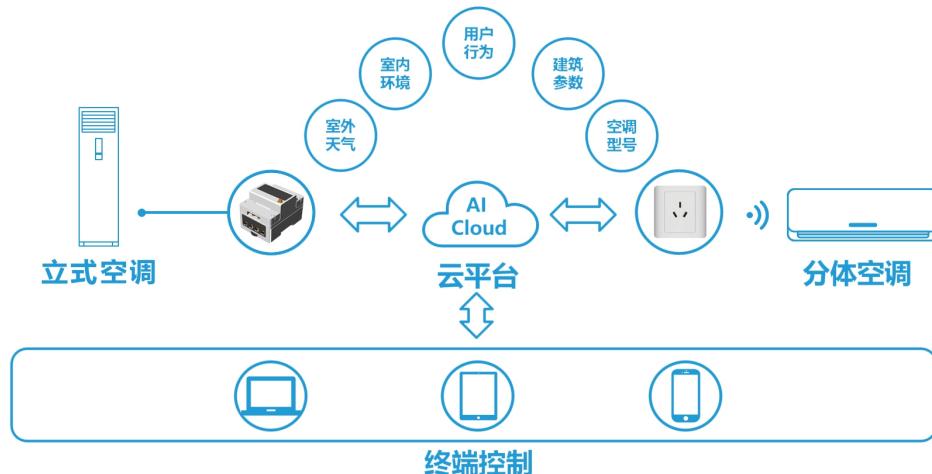
#### **1. 技术说明**

分体空调由于分布广泛，用能管理难度较大，分体空调不合理的浪费现象十分普遍。针对空调的使用存在所处空间非常分散、管理不到位、购买时间不统一、购置选型不合理、孤立设备运行、维护不及时、品牌众多等因素导致能源浪费的现象，有必要对单位

的分体空调采用集中化、智能化、物联网化、人工智能化的系统平台方案，对单位的分体空调进行精细化、场景化的管理和节能控制，以达到资源节约型、环境友好型单位的能耗使用目标。为此，分体空调 5G 物联网集中管理平台解决方案，为政府机关、学校、医院、图书馆、数据机房等单位里面大量采用分体空调的场景，提供集中管控、用能统计、智慧节能、故障预警等强有力的功能，通过轻量化的物联网升级改造，就可以实现分体空调的集中智慧管控，从而为采用分体空调的单位，实现大量的节能效益。

物联网集中管理平台主要由核心智能终端硬件和云平台“空调智慧节能和管理后台系统”组成，基于 5G 的物联网技术、大数据挖掘和人工智能云算法技术。

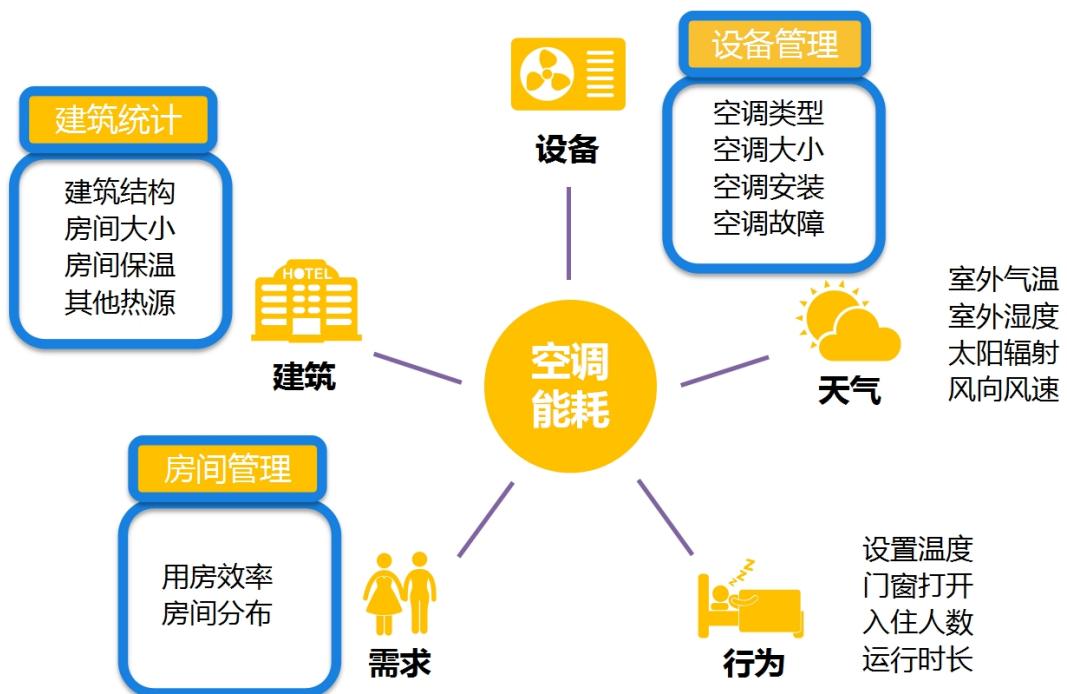
图 1 空调智慧节能和管理后台系统



分体空调物联网节能方案是通过 5G 通讯技术把分体空调设备和云平台进行连接，把采集到的每台空调运行数据上传至云平台，云平台通过大数据挖掘和人工智能算法将结果操作指令传输回给智能终端，智能终端再根据指令对空调设备进行控制优化，从而在保证空间

对冷量/热量的需求前提下，智能化的优化空调运行，实现节能效果。同时，用户可以通过电脑、移动端设备登录分体空调智慧节能管理后台系统，可以分权限、分层次、分角色的实时查看空调运行数据、能耗统计，并对空调进行场景控制管理。

图 2 分体空调能耗



分体空调5G物联网集中管理平台具备以下四项功能内容：

一是智慧节能。通过分体空调人工智能节能算法，结合空调参数以及建筑参数，对每台空调运行进行实时地介入优化，在保证舒适度的基础上，实现最大限度的节能。

二是远程管理。管理者可以根据具体场景的需求，自定义对单位的空调进行编组分类、进行远程自动控制，包括开关空调、调整温度风速、设置模式等操作，实现对分体空调设备的精细化和场景化的柔性管理。

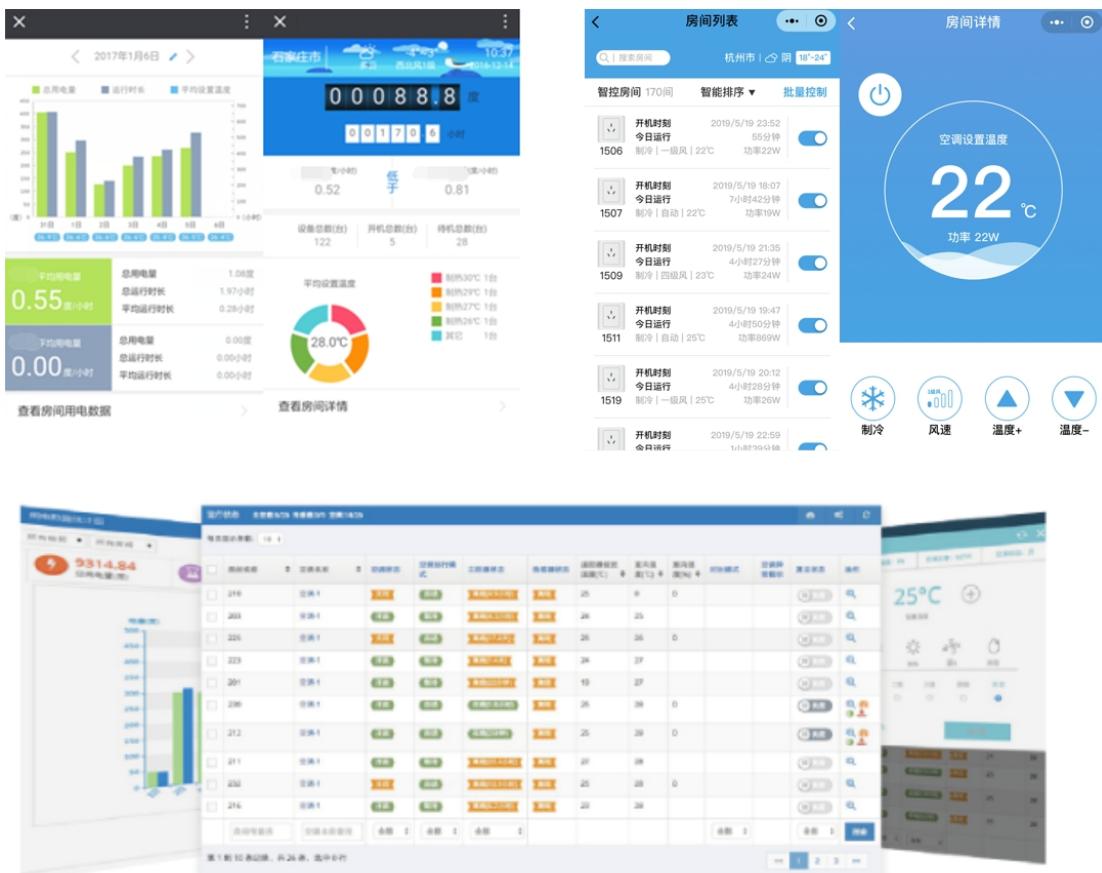
三是能耗统计。实时监测单位每个房间，获得各房间分体空调用

电实时能耗数据，以及楼层或建筑空调用电能耗数据，实现空调能耗的分户用电计量，可作为收费或者考核的依据。同时根据各个房间或建筑的能耗数据，提供能耗优化建议。

四是故障预警。对空调的运行数据进行监测和分析，利用大数据对空调潜在的故障进行识别并预警，告知相关维护人员，从而保障空调的健康运行，提升空调的整体运行效率。

平台的用户管理界面，一般支持电脑端和手机端集中管理单位的全部分体空调。电脑端安装平台专属软件，可以集中批量设定空调开关机时间、运行模式、运行温度等，可以实时按需要统计空调运行时长和耗电量，可以查看空调的健康状况，可以按照故障类别筛选空调。

图3 空调智慧节能和管理软件



移动端管理可以通过关注平台专属微信小程序实现。

平台可以为节能量审核提供有效的数据依据，通过平台历史数据可以得到每台空调的特定时间段的用电量、平均节能率和节电量；某个单位所有空调的特定时间段的用电量、平均节能率和节电量；某行政区的所有空调的特定时间段的用电量、平均节能率和节电量。

## 2. 适用范围

分体空调 5G 物联网集中管理平台解决方案，适用于壁挂式分体空调、柜机分体式空调、分体式风管机空调、分体式吸顶机空调等都可以应用。在每一个具体场景里面，都会合理地布置一定数量的传感器和控制器来保证整套节能算法的节能功效。

## 3. 预期节能率

分体空调 5G 物联网集中管理平台解决方案，并不是简单控制空调供电的通/断来强制化实现约束性管理节能，而是通过空调所处的室内和室外环境，以及使用者的具体需求，进行人性化的人工智能节能术。通过已经在此平台上运行的数万台分体空调的能耗数据，分体空调通过智能化集中管理平台，可实现节能率在 20%-40%。

## 4. 投资估算

每台分体壁挂空调的智能终端设备投入在 300-600 元，在华北、华中区域的投资回报约为 1.5 年回收成本，在华东、长江流域和华南地区的投资回报约为 1 年回收成本。分体柜机和天花机分体空调，每台智能终端设备的投入在 800-1200 元，在华北、华中区域的投资回报约为 2 年回收成本，在华东、长江流域和华南地区的投资回报约为 1.5 年回收成本。

## 5. 典型案例

详见第三部分应用案例 A7、B1、B2、C2、D1、G2

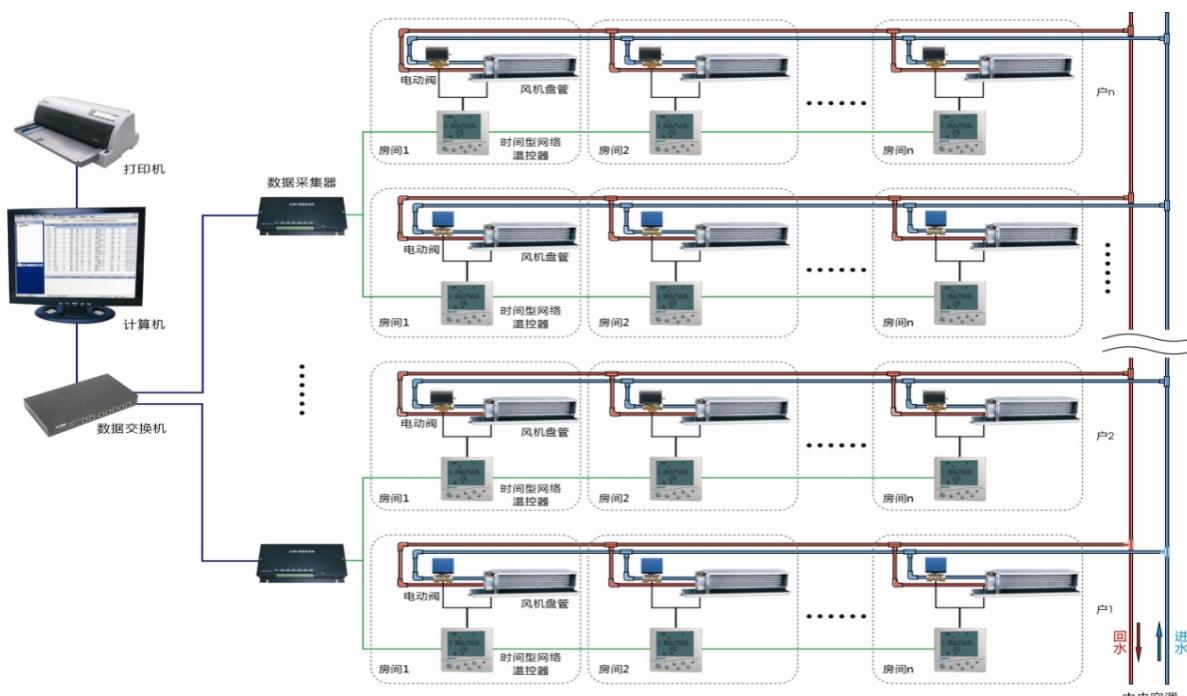
### (三) 风机盘管联网控制技术

#### 1. 技术说明

风机盘管联网自控系统是投资少，使用灵活。无线通讯智能温控器自组无线通讯链路对传统风机盘管进行集中管理和控制。对于大空间可以实现划分区域控制、设定温度限额管理等功能。同时在电脑软件的控制下对所有联网温控器进行统一的控制，从而使得对温控器的集中管理和维护变得非常简单、便捷。

该系统有如下优点：可进行局部区域的温度调整与控制，满足房间对不同室温的要求，并且较容易实现自动控制。通过软件可以远程监控所有的温控器的工作状态，同时也能对所有的温控器进行设置等，使系统更为人性化。配合人体感应传感器的应用，可以实现人在风盘开，人走风盘关的自动控制。联网方式包含有线连接、WIFI、Zigbee、Lora、电力载波等，采用无线方式工程量少，改造方面快捷。

图 4 空调系统架构图



## **2. 适用范围**

适用于末端采用风机盘管的空调系统，可以通过更换联系网型温控器后实现集中控制。

## **3. 预期节能率**

通过风机盘管联网控制，可实现空调系统末端节电 20%左右。

## **4. 投资估算**

联网型风机盘管控制器有多种通讯协议的，单个设备成本为 500~800 元。是最经济简单的末端系统节能方式。

## **5. 典型案例**

详见第三部分应用案例 B3。

## **(四) 温湿度独立控制技术**

### **1. 技术说明**

温湿度独立控制空调系统是利用新风机组承担全部潜热负荷和部分显热负荷，室内末端设备只承担部分显热负荷，干工况运行。根据新风处理模式的不同，可分为溶液除湿新风机组、直膨式新风机组、低温冷冻水表冷器冷却除湿新风机组等。室内末端一般采用干盘管、毛细管辐射末端、辐射冷吊顶等形式，末端冷冻水供回水温度为 17/20℃。为末端设备提供冷冻水的高温冷水机组 COP 较常规冷水机组高，可节省冷水机组的运行能耗，同时末端设备干工况运行，室内卫生条件及热舒适性均较好。

### **2. 适用范围**

适用于对卫生条件及热舒适要求较高的建筑，特别适用于建筑湿负荷相对较低的场所，如办公楼、医院、博物馆、电子厂房等。

### **3. 预期节能率**

比传统热湿耦合空气处理模式的空调系统整体节能 25–50% 左右。

### **4. 投资估算**

根据末端形式不同，温湿度独立控制空调系统比传统热湿耦合空气处理模式的空调系统投资增加约 5–10%。

### **5. 典型案例**

详见第四部分应用案例 A8。

## **四、制冷系统调适措施**

### **(一) 空调系统调适**

#### **1. 技术说明**

制冷空调系统调适的目的是保证系统运行时的能效最大化。制冷空调系统在竣工验收前完成的调试过程是保证系统满足设计要求，但系统在投入运行后，由于实际使用条件发生变化（建筑部分区域投入使用）或环境参数发生变化（建筑部分区域使用功能改变），而使制冷空调系统运行工况发生变化，此时要维持系统高效运行，应对制冷空调系统进行再调适，并且再调适工作应贯穿整个空调系统的运行全过程。制冷空调系统调适主要包含风系统和水系统平衡调试。

#### **a. 空调水系统平衡调试**

空调冷冻水系统水力不平衡对管网系统运行会产生不利影响。管网系统往往是由多个并联循环环路组成，各并联环路之间的水力工况相互影响，其中一个环路的非正常变化必然会引起其他环路的

流量发生变化，导致管路流量的重新分配，部分区域流量过剩而其他区域流量不足，造成系统输送冷量不合理，其结果是空调区域冷热不均，部分区域达不到设计要求，必须依靠增开冷冻水泵来适应末端需求，从而造成了能源的浪费。

冷冻水系统水力不平衡除了影响系统输配能耗以外，还对制冷机运行性能有影响。对于二级泵系统，如二次侧冷冻水流量过大，会使一次侧与二次侧流量不匹配，部分二次侧冷冻水回水经旁通管与制冷机出水相混合，使得二次侧供水温度上升，为了保证制冷除湿效果，只能增开制冷机，导致制冷机运行负荷率过低，往往运行在低效率区，降低了机组运行 COP。

冷冻水系统的水力不平衡造成空调区域冷热不均，不能满足热舒适要求，同时，冷源系统综合能效下降，有必要进行水系统的平衡调试。水系统的平衡调试完成后应满足：a) 水系统的水力失调率不超过 15%，最大不超过 20%。b) 冷冻水系统集水器各支管之间的温度偏差不应超过 1℃。c) 空调冷冻水系统耗电输冷（热）比应符合《公共建筑节能设计标准》GB 50189 的规定。

#### b. 空调风系统平衡调试

对于空调风系统，由于系统交付时未进行风系统平衡调试，或在运行过程中由于风机效率下降，风阀位置变动等导致风系统水力不平衡。当风系统水力不平衡时，会导致近端风口风量高于设计值，远端风口风量低于设计值，从而使室内温度分布不均，热环境不能满足要求，空气处理设备长时间处于高负荷运行状态。因此，有必要对空调风系统进行运行调适。对于定风量系统，需要重新对各支管进行风量测试，调节相应风阀使之满足要求。对于变风量系统，

一般采用以下两种方法：1) 定静压法：保持管道内某点（一般设于风机离最远末端装置距离的 2/3 处）静压不变来调节风机风量；2) 变静压法：根据末端装置的阀门开度来调节系统风量。

风系统的平衡调试后应满足：系统的总风量与设计风量的允许偏差不大于 10%，风量失调率不超过 15%，最大不应超过 20%。空调风系统和通风系统的风量大于  $10000\text{m}^3/\text{h}$  时，风道系统单位风量耗功率 ( $\text{W}_s$ ) 不宜大于 0.27。

## 2. 适用范围

所有中央空调系统。

## 3. 预期节能率

调适后系统节能率往往可达 15%。

## 4. 投资估算

调适过程产生的费用相对较小，主要包括调适过程人工费、测试仪器折旧费用及损坏的阀门等控制部件的更换费用。系统调适可以以最小的代价实现较大的节能率。

## 5. 典型案例

详见第三部分应用案例 G1。

### (二) 数据机房气流组织调适

#### 1. 技术说明

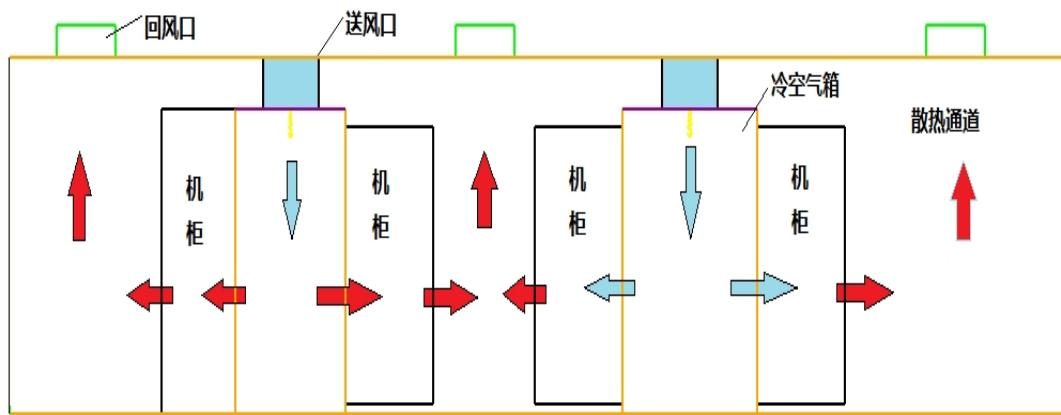
目前诸多既有中小型数据机房的空气冷却形式往往是采用空调集中送风，或在机房直接安装柜式空调机将机房整体温度降低至通信设备工作要求的温度，这种空调制冷方式气流组织不合理，能源利用效率低。评价数据机房能源效率的核心指标是 PUE Power Usage Effectiveness， $\text{PUE}=\text{数据中心总设备能耗}/\text{IT 设备能耗}$ ），PUE 越小

说明空调系统等辅助用能越低，机房整体能效越高。因此，最大限度提高空调冷量利用效率，降低制冷空调系统能耗是降低 PUE 的关键。

将空调送风口的低温气流和机柜 IT 设备排出的高温气流隔离开来，最大限度的避免冷热气流混合，进而避免不必要的能量损失，不仅可以为 IT 设备运行提供安全的环境，而且可以降低空调能耗。

冷热通道型气流组织通过重构数据机房气流组织，避免冷热气流混合，可以形成高效的 IT 设备安全运行环境。冷热通道型气流组织保持 IT 设备的走线不变，调换机柜的朝向（使机柜进风侧相对），通过隔板把冷通道完全封闭，使冷通道形成一个大的冷静压箱，将空调机处理后的低温空气直接送至冷通道，然后进入机柜，加热后直接回到空调器重新冷却，避免了冷热空气的混合，空调冷量利用率明显提高。

图 5 冷热通道型气流组织原理图



## 2. 适用范围

采用传统混合气流组织形式的中小型数据机房。

## 3. 预期节能率

对气流组织进行改造，可以实现约 30% 的节能效果。

## 4. 投资估算

费用主要为室内气流隔断所使用的材料费。

## 5. 典型案例

暂无

## 五、高效运行维护管理

### (一) 传统的空调设备维护保养工作及频率

常规的制冷系统维护保养是指冷季节运行前、运行的过程中、停机期间必须进行的各项检查和准备，以确保机组可靠、安全和高效运行。有些公共机构存在保养费用花了，设备的可靠性和效能得不到提升的现象，主要原因还是缺乏对维保工作的考核和量化检查。

以下列出了常规保养工作的内容及频率供参考。

表 4 空调主机巡检

项 目	技 术 要 求	周 期
检查压缩机油位、油色	如油位低于观察镜的 1/2 位置，则应查明漏油原因并排除故障 后再充注润滑油；如油已变色则应彻底更换润滑油	六个月
检查压缩机绝缘接地	电阻 $\geq 1$ 兆欧，接地良好	一个月
检查压缩机运行电流	正常为额定值，三相基本平衡	二周
检查压缩机油压	正常 $10 \sim 15 \text{kgf/cm}^2$	二周
检查压缩机外壳温度	正常 $85^\circ\text{C}$ 以下	二周
检查压缩机吸气压力	正常值 $4.5 \sim 5.4 \text{kgf/cm}^2$	二周
检查压缩机排气压力	正常值 $12.5 \sim 18.5 \text{kgf/cm}^2$	二周

检查压缩机是否有异常的气味。	无	二周
检查压缩机是否有噪音和振动	无	二周
检查热继电器的导线接头	无过热或烧伤痕迹	三个月
检查热继电器上的绝缘盖板	完好无损坏	三个月
检查各信号灯是否正常	如不亮则应更换小灯泡	三个月
检查各指示仪表指示是否正确	如偏差较大则应作适当调整，调整后偏差仍较大应更换	三个月
对中间继电器、信号继电器做模拟实验	动作可靠，输出的信号正常	三个月
PC 中央处理器、印刷线路板	正常	三个月

此外还包括：机组年检及每月进行定期保养，包括检查、调整、维护合同内的主机设备及起动柜内之设备与装置、及所有控制指示零件；并定期检查、测试系统的功能及电器设备。

表 5 空调末端清洗

风机盘管的清洗：		
服务内容	清洗地点	清洗频率
风机盘管整机清洗	所有大楼	一年一次
送风口、回风口清洗	所有大楼	半个月一次
过滤网清洗及调换	所有大楼	半个月一次
风机进水过滤器	所有大楼	一年一次
空气处理机组的清洗：		
服务内容	清洗地点	清洗频率
机组表冷器清洗	所有大楼	一年一次

机组冷凝水盘清洗	所有大楼	一年一次
机组水过滤器	所有大楼	一年一次
过滤网清洗	所有大楼	三个月一次
送风口、回风口清洗	所有大楼	三个月一次
无纺布的更换	所有大楼	一个月一次
空调机房的保洁	所有大楼	一周一次
<b>空调主机、冷却塔的清洗:</b>		
空调主机的清洗	机房	一年一次
开放式冷却塔的清洗	冷却塔放置区	一年一次
<b>风管的清洗:</b>		
送风管、回风管、新风管的清洗	所有大楼	一年一次

## (二) 智慧运维系统的应用

近年来，随着物联网技术的发展，越来越多的制冷站和机房可以实现无人化值守。通过建立了一套智慧运维系统，对现场机房设备的运行状态（如开关机状态、运行频率、负载率、冷冻水出/回水温度、流量、压差、冷却水出/回水温度等）进行 24 小时在线监测，使设备操作人员实时了解设备是否存在故障，系统是否处于经济运行状态。并可以在手机端实时查看设备的运行状态、能耗数据以及故障报警信息。运维系统的硬件通常采用可以快捷安装并无线传输的方式，比如，下面的图片是冷机房通过原有的指针式仪表通过加装远传变送模块采集压力数据和加装远传漏水监测的传感器。

图 6 远传变动模块



智慧运维系统体现对制冷站设备全生命周期的管理，既从冷水机组、水泵等设备采购阶段的数据，如名牌参数、使用说明书等，到实际运行过程中实时采集的数据，以及日常维保的维修保养记录等都要在运维平台中随时可以调取，运维平台还要开放与物料管理、人员排班等系统的接口，和 OA 软件联动可以让运维工作的管理更量化透明。

表 6 常规运维系统软件功能模块

报修模块	维保模块	设备模块	统计模块	巡检模块	配件模块	审批模块	能效模块
发现故障一键保修	预防性维护全生命周期管理	设备信息全过程控制	实时数据随时查看	巡更打卡点 NFC 扫描	库存情况有偿服务	连接客户与服务的审批	建筑能效实时分析

智慧运维系统有两个重点的功能就是巡检和派工单。当设备运行发生故障或者定期维护保养的时间到了，系统会通过手机端给运行人员分派工单，成熟度高的软件系统甚至会把故障维修或保养任务所需的物料和费用都做预计，让运行人员和管理人员对运维工作都有可视化管理，使运维工作变得计划性强，可量化管理，高效率高质量。

图 7 手机端软件



还有些运维系统采用了基于 BIM 的运维管理软件，BIM 的应用克服了传统运维管理抽象的缺点，然用户更清晰而且直观地了解运维的对象。基于三维空间的可视化管理效果非常好，这样的智慧运维软件以空间为单位，把冷站设备的静态参数（设备的文档信息）、实时采集的动态参数以及运行维护等行为参数都能很好地展现出来。使用智慧运维系统，可以直接减少运维成本，同时降低突发事件发生的概率。如果后台结合智能化控制技术使用，就同时具备了高效运行和高效管理的双重功能。

## 第四部分 应用案例

### A、办公建筑案例

#### A1 深圳市民中心

##### 【项目概况】

深圳市民中心，位于深圳市中心区的福田区深圳市中心区中轴线上，占地 91 万平方米，建筑面积达 21 万平方米，总空调积 16.8 万平方米，总投资为人民币 25 亿元。是深圳的标志性建筑。建筑分为 A 区、B 区和 C 区三部分。



##### 【项目范围】

项目包括建立集中监控系统，建立楼宇自动控制系统平台、利用原有消防水池进行水蓄冷改造、安装中央空调水系统，风系统智能节能控制系统、安装水冷冷水机组冷凝器自动在线清洗装置及化学水处理自动加药系统。

##### 【项目亮点】

1. 采用自主研发的能源监测管理系统（EMC002）、中央空调节能控制系统（EMC007）、中央空调水蓄冷系统（EMC008）提升能源站的冷热源系统能效；

2. 通过水蓄冷技术利用夜间蓄冷，达到“移峰填谷”为用户节省运行费用的目的。

3. 通能源监测管理系统（EMC002）以达到在线实时监测目的。

### 【项目效益】

项目改造前系统用电费用为 1215.17 万元，改造后系统用电费用 971.6，节约费用为 243.6 万元，改造后系统年综合节约率 20%。

## A2 总部办公楼（技术通用性案例）

### 【项目概况】

深圳某地产总部办公楼 建筑主体为五层，总建筑面积 21960 m<sup>2</sup>，空调面积 15600 m<sup>2</sup>。

### 【项目范围】

对冷热源机房系统设备进行更换改造，包括

1. 制冷系统增加 2 台无油磁悬浮变频离心机组，总制冷量 4220KW，取代了原系统的溴化锂直燃机组。

2. 采暖系统增加 2 台超低氮燃气真空热水锅炉，总制热量 2800KW。

3. 冷冻水泵更换为 2 台智能变频泵，功率 37KW。

4. 增加 1 套综合能效管控系统。

### 【项目亮点】

1. 对传统磁悬浮变频离心机进行创新，把冷却部分创新为蒸发冷却方式，冷却泵能耗只有原设计的 1/3。

2. 冷冻水泵采用 2 台智能变频泵，功率 37KW，功率只有原设计的 1/2。

3. 管路优化，拐弯处均采用 45°，尽量减少阀门弯头，减少

水力损失。

4. 整体能效 SCOP 达到 5.8 左右，整体能耗是改造前能耗的 60%。

### 【项目效益】

项目空调系统年平均电耗约为  $34.3 \text{ kWh/m}^2$ ，综合能效 (IPLV) 依然达到 9 以上。

## A3 北京丰台区某办公综合体（技术通用性案例）

### 【项目概况】

该项目地下一层为停车场、管理用房、厨房和设备电气用房，一至四层为商铺、办公、幼儿园和公寓等配套用房。工程总建筑面积 55945.74 平方米。地上建筑面积为 41547.6 平方米；地下建筑面积为 14248.14 平方米。地上建筑高度 16 米。

### 【项目范围】

原设计系统主要耗能设备采用 2 台 300 万大卡的燃气溴化锂直燃机组（供热及制冷）。

### 【项目亮点】

1. 制冷系统增加 2 台无油磁悬浮变频离心机组，总制冷量 4220KW，取代了原系统的溴化锂直燃机组。

2. 采暖系统增加 2 台超低氮燃气真空热水锅炉，总制热量 2800KW。

3. 冷冻水泵采用 2 台智能变频泵，功率 37KW。

4. 增加 1 套综合能效管控系统。

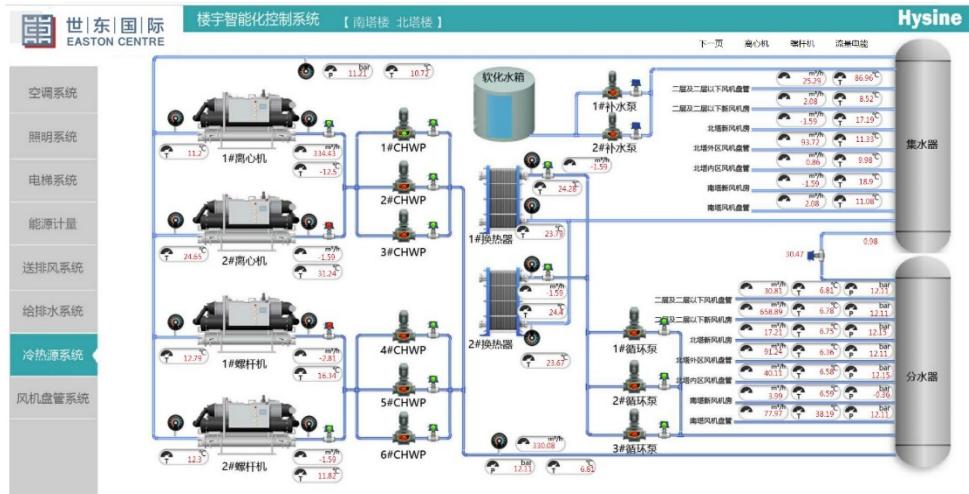
### 【项目效益】

改造后比改造前年节约标煤约 850 吨，按 20 年推算，可节约

17000 吨标煤。按项目电价 0.97 元/kWh，天然气价 2.6 元/Nm<sup>3</sup>，年节能效益 180 万元。

#### A4 北京某行政及商业办公中心（技术通用性案例）

##### 【项目概况】



该项目是北京最具规模、配套设施最为先进的国际综合性行政及商务中心，工程建筑面积约 12 万 m<sup>2</sup>，包括一座 40 层的办公楼及商业裙楼。由于近年来北京市推广实施了峰谷分时电价，而且峰谷电价比值达到了 3.5: 1。

##### 【项目范围】

从设备运行费用的经济性考虑，业主决定采用较为成熟的冰蓄冷空调系统，根据工程立项时所作的投资经济性分析，采用冰蓄冷空调系统较之常规电制冷空调系统，平均可削峰填谷转移 35% 的高峰电力负荷到后半夜，最佳运行条件下日平均转移高峰电量约为 15000~ 20000 kWh，这意味着可以充分利用分时电价的峰谷差，节省大量的空调运行费用。

##### 【项目亮点】

由于二期工程为筒形结构，建筑物的内部在冬季仍有少量冷负

荷,因此每年9月至次年5月,单纯利用融冰供冷即可满足12万m<sup>2</sup>整座大楼的冷负荷要求,白天不用开启制冷主机;6~8月中将近2个月的时间中,可根据负荷状况开启1~2台制冷机组进行补充,运行灵活方便。

### 【项目效益】

根据1年运行季后的实际运行费用计算,仅采用冰蓄冷空调一项调荷措施,每年可节约运行电费约103万元,变压器报装容量减小1500kVA。用户及电网的经济效益都很显著,也为实现电网的削峰填谷做出了一定的贡献。

## A5 北京某办公大厦(技术通用性案例)

### 【项目概况】

建筑面积7.8万平米,5A级写字楼,项目获得国际LEED认证。

### 【项目范围】

大厦冷冻机房有4台冷水机组,2台离心机2台螺杆机。机房虽然新建不久,配备有楼宇自控系统,但是无冷站智能化控制系统,因设计阶段留有的余量比较大,导致制冷站整体的运行负荷不足,原有的楼宇自动化系统又不能根据大厦用冷负荷的实际情况进行智能化负荷调节。

### 【项目亮点】

改造后节能效果:可以实现中央空调系统的无人值守,全自动化智能化运行,达到比增加智能控制系统前冷站整体节能10%。可减少运行值班人员2人。

### 【项目效益】

智能化系统的应用,让业主方申请绿色建筑认证提供良好的基

础，同时，不仅节省了直接能源费用，还间接节省了物业运行人员的人力成本。

## A6 某办公大楼（技术通用性案例）

### 【项目概况】

该项目的建筑面积 60692 平方米。空调机房设备参数如下：

设备名称	设备能力	功率	流量	扬程	数量
冷水机组	1587.5KW	296.8 kW			3 台
冷水机组	1697.5KW	313.3 kW			1 台
冷冻水泵		45 kW	325m <sup>3</sup> /H	40m	4 台
冷却水循环泵		37 kW	370m <sup>3</sup> /H	25m	4 台
供热循环泵		37 kW	260m <sup>3</sup> /H	40m	3 台
冷却塔		15kW			6 台

项目存在以下问题：夏季炎热天气供冷时，冷水机组需要全开且经常有喘振现象发生，不能保证大楼制冷需求。冷冻、冷却供回水温差偏小，水泵输送能偏高。冷却塔布水不均，冷却塔效率偏低，裕度较大，补水量偏多。管路系统存在比较严重的旁通现象，冷机冷冻水流量偏小。冷冻水泵偏离其运行的额定工况较远，导致水泵效率偏低。填料结垢严重，冷却水质处理系统不到位系统采用人工控制，自控系统只监不控。人工纸质记录，缺少有效的监管手段。

### 【项目范围】

1. 增加能效诊断系统。对每台冷机、冷冻泵、冷却泵、冷却塔安装智能电表，结合原有的温度、压力、流量传感器和专业能效诊

断软件，实现了远程运行监管、能效能耗自助分析、运行记录自动采集生成、节能量验证等功能。

2. 改造冷却塔。改造冷却塔供水管路系统实现各布水盘水量一致，改造布水盘为变流量系统实现布水均匀，水槽内安装过滤均水器，增加水质智能在线式检测清洗系统；

3. 增加智能化控制系统。对冷冻水泵、冷却水泵进行变频改造，增加冷站群控系统，使其根据室外条件、建筑用冷情况进行自动动态调整设备运行状态，实现按需供给。



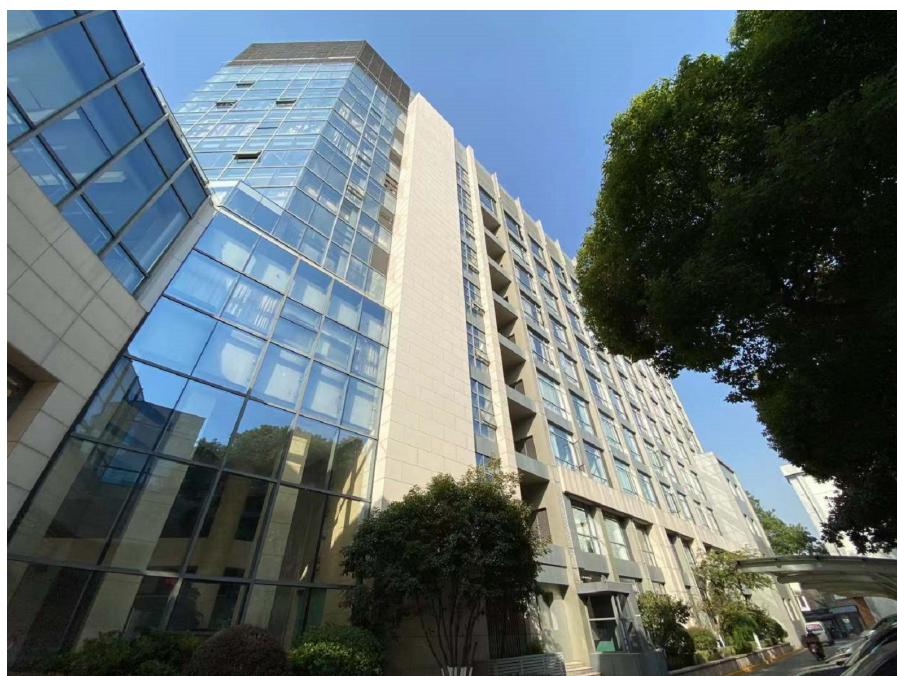
### 【项目亮点】

1. 通过能效诊断系统，为节能改造提供了改造依据、改造方向和节能量验证手段，并可持续监测系统运行能效。
2. 通过冷却塔改造，降低了冷却水回水温度 3℃左右，解决了炎热天气主机喘振现象，同时提高了主机运行安全和能效。
3. 采用公司研发的 AIsave 冷站群控系统，实现对制冷主机、

冷冻泵、冷却泵、冷却塔、阀门的动态智能化控制和全自动化运行，综合能效 SCOP 从 3.1 上升到 4.6。

### 【项目效益】

冷机负载率下降到 85%以下，运行稳定。实现了机房的自动智能运行，减少了 90%的人工操作、巡检和抄表工作量。机房制冷能耗减少 30.48 万元，降低了 23.6%；减少了 1/3 的补水量，年综合节约费用 37 万左右。



## A7 区政府办公大楼

### 【项目概况】

区政府 1 号办公大楼为例，办公室共 50 台 1.5 匹壁挂分体空调，单个办公室的面积在 15-20 m<sup>2</sup>左右。

### 【项目范围】

项目是通过 5G 物联网智能终端和集中管理云平台，对壁挂分体空调进行轻量化升级改造，可实现对分体空调进行集中管理、远程控

制、场景设置、节能降耗和故障预警等。

## 【项目亮点】

1. 无需改造分体空调，只需要安装 5G 智能终端，就可以实现分体空调的轻量化物联网升级，全部纳入到平台集中管控；
2. 可对每一台空调的能耗，做到实时监控和用能统计；
3. 可通过平台对每台空调根据房间人员的需求，进行个性化设置，既满足人员需求，又通过合理化使用达到节能降耗；
4. 可通过平台大数据分析，对空调的潜在故障进行预警，提高维护人员的效率、降低运维成本。

## 【项目效益】

空调运行数据表												
每页显示条数: 10												
所在区域	所在建筑	所在楼层	所在房间	空调名称	室内温度	室内湿度	空调模式	设定温度	设置风力	空调运行异常判断	情景模式	操作
区政府大院	1号楼	第七层	705	705房间空调 1	23°C	42%	关机	--	--	--	关闭	2
区政府大院	1号楼	第七层	707	707房间空调 1	26°C	37%	关机	--	--	--	关闭	2
区政府大院	1号楼	第二层	208	208房间空调 1	--	--	--	--	--	--	关闭	2
区政府大院	1号楼	第一层	119	119房间空调 1	--	--	--	--	--	--	关闭	2
区政府大院	1号楼	第一层	106	106房间空调 1	--	--	--	--	--	--	关闭	2
区政府大院	1号楼	第四层	406	406房间空调 1	--	--	--	--	--	--	关闭	2
区政府大院	1号楼	第六层	614	614房间空调 1	--	--	--	--	--	--	关闭	2
区政府大院	1号楼	第五层	508	508房间空调 1	--	--	--	--	--	--	关闭	2
区政府大院	1号楼	第一层	105	105房间空调 1	--	--	--	--	--	--	关闭	2
区政府大院	1号楼	第一层	116	116房间空调 1	--	--	--	--	--	--	关闭	2

以区政府 1 号办公大楼为例，办公室共 50 台，进行 5G 物联网轻量化升级，5 年期总投资 2.6 万元，年节省 1.3 万元，5 年期节省 6.5 万元，回收期为 2 年。

## A8 深圳某办公大楼（技术通用性案例）

### 【项目概况】

该办公楼位于深圳市南山区，主体部分为 5 层，一层为车库、

餐厅等，二至四层为普通办公区域，五层为会议室及领导办公室。

总建筑约 21960 平方米，空调面积约为 15600 平方米。

### 【项目范围】

该建筑采用温湿度独立控制系统（1-4 层区域），其中温度控制系统中的冷源采用磁悬浮离心式高温机组制取 17-20℃的高温水，供给包括干式风机盘管和毛细管冷辐射等干式末端设备，满足室内温度调节需求；对于湿度控制系统，采用热泵式溶液调湿新风机组，对新风进行那什么湿降温后送往室内，以控制室内湿度。

### 【项目亮点】

冷源采用磁悬浮离心式高温机组制取 17/20℃的高温水，该机组额定工况下 COP 可达 8.3，部分负荷（50%）最高能效比可达 11.3，综合能效 IPLV 达 9.55；溶液除湿新风机组兼有对排风进行热回收的功能。

## B、学校案例

### B1 北京某大学

#### 【项目概况】

以主校区后勤集团办公室为例，后勤集团办公室分为两层，办公室共 35 台 1.5 匹壁挂空调，房间面积在 13 m<sup>2</sup>左右；会议室 4 台立柜空调，房间面积在 20-35 m<sup>2</sup>左右。

#### 【项目范围】

在后勤试点安装 35 台壁挂机和 2 台立柜机。

#### 【项目亮点】

可对空调进行集中和管理，以及节约能耗故障预警。

### **【项目效益】**

5 年期总投资 2.49 万元，年节省 1.41-2.71 万元，5 年期节省 7.07-13.54 万元，回收期为 1.77 年。

## B2 南京某中学

### **【项目概况】**

南京某中学的办公室、值班室和宿舍楼共 85 台。

### **【项目范围】**

各房间的 1.5 匹壁挂空调，房间面积在 20 m<sup>2</sup>左右。

### **【项目亮点】**

进行 5G 物联网轻量化升级。

### **【项目效益】**

南京某中学 5 年期总投资 5.1 万元，年节省 3.75 万元，5 年期节省 18.75 万元，回收期为 1.36 年。

## B3 广州某大学

### **【项目概况】**

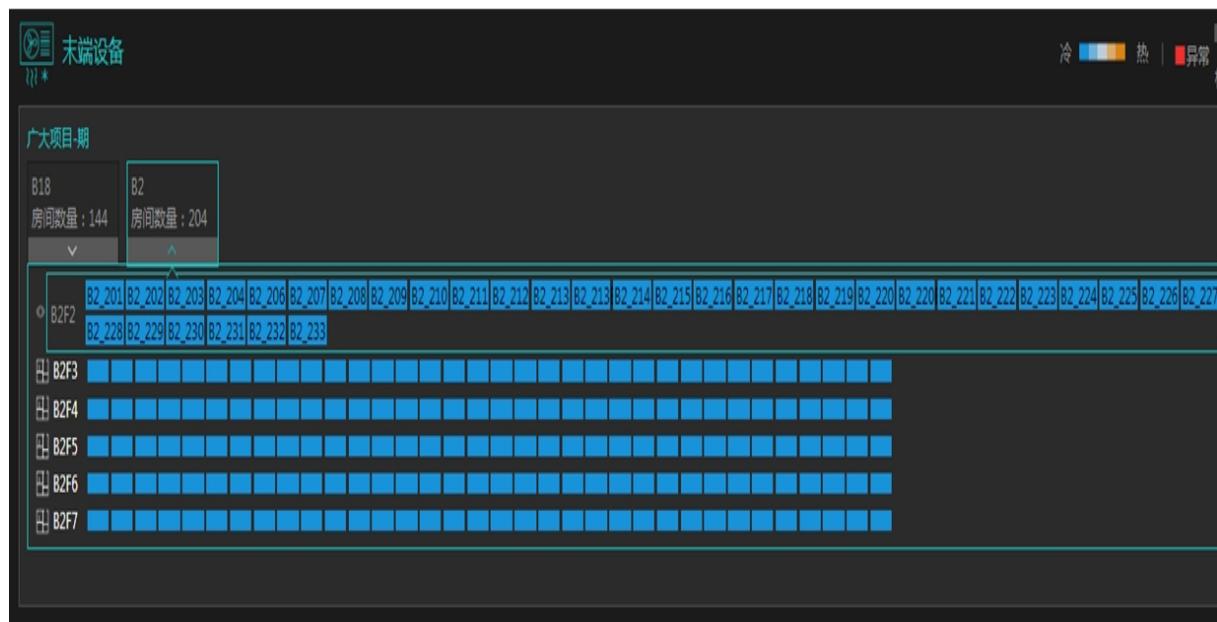
广州某大学采用集中冷站区域供冷模式，学生公寓利用板式换热器从冷站冷冻水系统获取冷量，房间末端采用风机盘管。本项目对 2 幢学生公寓进行集中管控改造，涉及 2 个集中板换间及 352 个房间末端风机盘管。

### **【项目范围】**

安装中央空调智能管理与控制系统，对学生公寓末端风机盘管及板换间进行集中管控，并在每个末端加装冷量计，实现对学生公寓中央空调远程集中监测与控制，并结合冷量计量将节能控制与用冷考核相结合，培养学生节约用能的习惯，降低冷量浪费。

## 【项目亮点】

采用具有远程通讯模块的智能温控器及超声波冷量表，对各房间进行联网集中管理与控制，实现：（1）控制模式：可在集中管理与控制平台实施远程监控，也可在云端进行监测和控制。（2）板换间设备运行监控：对板换间水泵运行参数进行监测和控制，并自动优化运行。（3）末端风机盘管运行监控：可设定各房间温控器温度上下限值，也可远程设定各房间的运行温度；对各房间风机盘管运行状态进行远程监测及运行故障报警。（4）日程管理：预置冷源及末端风机盘管运行日程，实现按日程和预设策略自动运行。（5）数据分析：可以多种图表方式展示系统实时运行数据和历史运行数据分析。（6）能效评价：根据传感器数据进行系统及各设备运行能效分析和评价。（7）个性化报表：可根据要求出具各种报表。（8）故障告警：对系统运行故障报警并实时推送，对实时和历史的故障信息进行分级显示、管理和查询。



## 【项目效益】

项目总投资约 120 万元，利用集中管理与控制及用冷量考核，实现节能率 25% 的目标。

## C、医院案例

### C1 北京某眼科医院

#### 【项目概况】

该医院是一所集医疗、教学、科研、预防于一体的二级甲等综合医院，医院总占地面积为 45915 平方米，建筑总面积 62384.06 平方米，2004 年床位增加到 441 张、固定资产总值达到 15952 万元。

#### 【项目范围】

本项目采用原有的消防水池进行水蓄冷改造，蓄冷水量约为 640m<sup>3</sup>，其蓄冷水池的构造形式为隔板法，将不同水温的冷水进行有组织的循环。

#### 【项目亮点】

为降低项目初投资，制冷机房的冷水机组为原有设备，利用夜

间低谷电进行制冷，白天通过板式换热器进行冷量的释放。

#### 【项目效益】

通过 6 余年的运行，经济效益明显，系统的节能率在 30%左右。

### C2 江苏某医院

#### 【项目概况】

江苏某医院河西分院（江苏省妇幼保健院）的各科室办公室、病房等共 137 台，每个房间面积在 15–25 m<sup>2</sup>左右。

#### 【项目范围】

各科室办公室、病房的 1.5 或 2.0 匹壁挂空调。

#### 【项目亮点】

可对每一台空调的能耗，做到实时监控和用能统计。

#### 【项目效益】

各科室办公室、病房等共 137 台分体壁挂空调，进行 5G 物联网轻量化升级，5 年期总投资 8.5 万元，年节省 6.55 万元，5 年期节省 32.75 万元，回收期为 1.3 年。

### D、酒店案例

#### D1 某政府招待所

#### 【项目概况】

该招待所总共有 118 间客房，客房入住率超 92%，客人的平均住店时间为 11.82 小时/天。在没有对分体空调进行 5G 物联网轻量化升级之前，每间客房平均用电为 0.6 度/小时。

#### 【项目范围】

在改造升级后，每间客房平均用电降到 0.45 度/小时。

#### 【项目亮点】

该招待所全部客房空调整年的耗电量(未升级之前)为 118 台 × 0.6 度 × 11.82 小时 × 365 天 × 92% = 281016 度电。

这家招待所全部客房空调整年的耗电量(升级后)为 118 台 × 0.45 度 × 11.82 小时 × 365 天 × 92% = 210762 度电。

整年的节电量为: 281016 度 - 210762 度 = 70254 度电。

平均每台空调整年的节电量为 (0.6 度 - 0.45 度) × 11.82 小时 × 365 天 × 92% = 595 度电。

### 【项目效益】

整年的节电率为 70254 度 ÷ 281016 度 = 25%。

## D2 某政府宾馆

### 【项目概况】

酒店分为地下 2 层，地上裙楼 4 层，主楼部分 28 层，副楼部分 17 层。宾馆现有客房 490 间，床位 750 张。制冷系统选用离心式冷水机组 3 台。宾馆每天的热水量约为 150t，原有燃油锅炉供应热水。

### 【项目范围】

对两台冷水机组上进行冷凝余热回收改造。改造方法为：增设一个容量为 5m<sup>3</sup> 的不锈钢余热采集器的专用混合水箱和一个 5m<sup>3</sup> 的水罐用来储存加热好的热水。加装一个流量为 8m<sup>3</sup>/h 的水泵，一台电子水处理仪。其工作过程是：水泵从混合水箱吸水打入余热采集器后加热成 50℃左右的热水，然后送至热水储存水罐。在使用中央空调的季节就可以通过余热回收装置供应生活热水了。

### 【项目亮点】

本项目增加余热回收装置后，提高了冷水机组自身的效率，达到了中央空调节省电费的目的。同时，也在夏季取代了燃油锅炉系

统供应热水，达到了节省燃油的目的，一举两得。

### 【项目效益】

该项目改造投资总共 77 万元，根据每年节省 20.9 万元的柴油费，3.3 万元的电费及人工费 5 万元计算，则每年大约可减少 29.3 万元的费用开支，这大约不到 3 年即可收回全部投资。