

# 变频多联空调系统能效提升技术与 应用案例

余红海

2021 04 08



# 变频多联空调系统能效提升技术与应用案例

## 目录 contents

- 一、变频多联空调系统应用现状
- 二、存在的问题及分析
- 三、能效提升技术
- 四、应用案例简介
- 五、安徽省省标的编制
- 六、结语



## PART 1 变频多联空调系统应用现状

- 应用现状
- 使用特点

# 一、变频多联空调系统应用现状

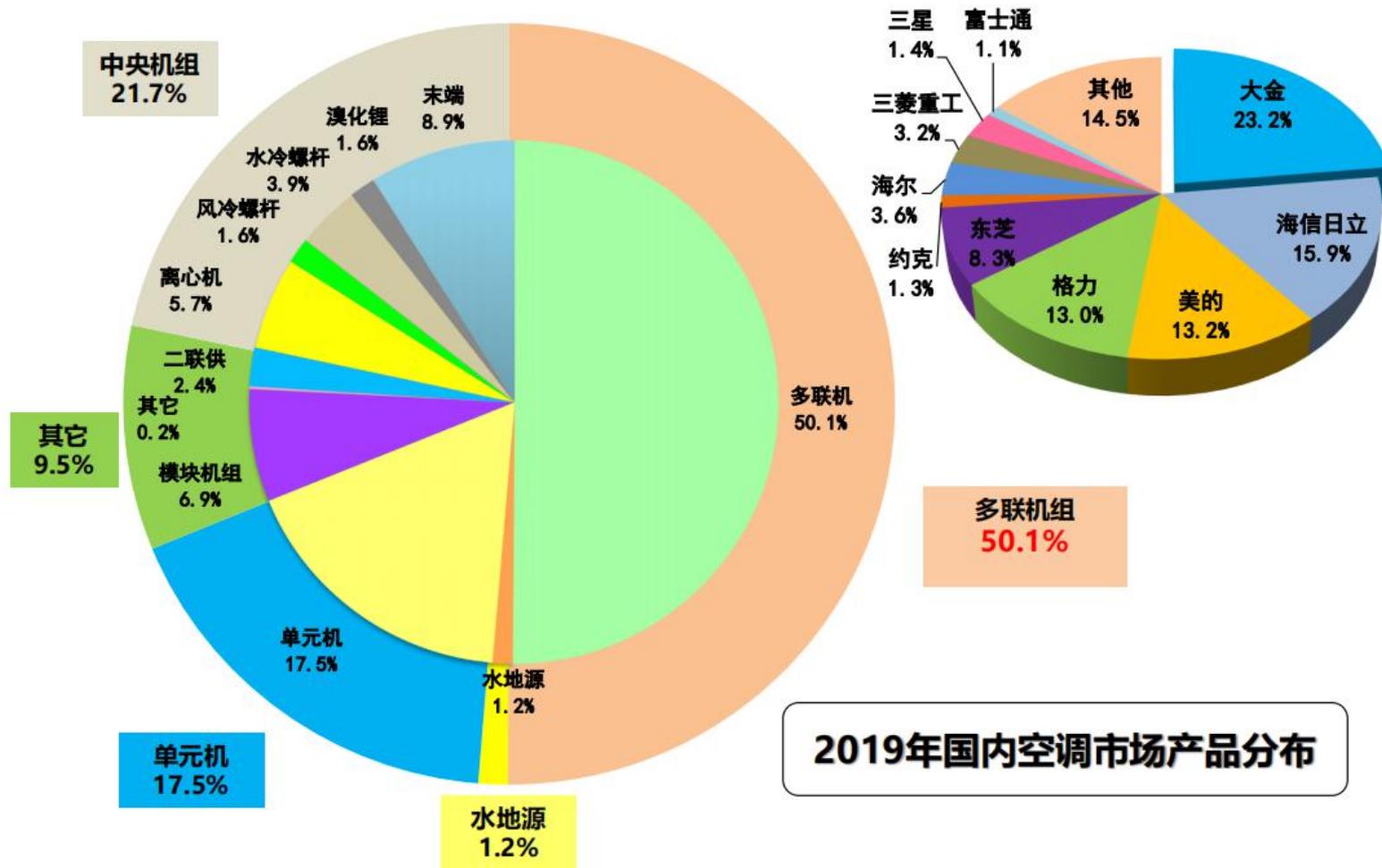
## 1、应用现状

近年来变频多联机在公共建筑中的应用越来越广泛，并呈逐年递增的趋势。

相关数据显示，2019年我国集中空调产品中多联机的销售量已经占到了总量的50.1%，多联机已经成为我国公共建筑中央空调系统中非常重要的用能设备。在某些舒适性空调建筑（学校、办公、小型商业等）内正逐步取代水冷+锅炉式中央空调系统。



# 一、变频多联空调系统应用现状



# 一、变频多联空调系统应用现状

## 2、使用特点

- 1) **节能**：cop值大于3.0；
- 2) **环保**：电能属于清洁能源，不产生CO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>化合物；
- 3) **系统简单**：省去主机房、冷却塔、水输配系统；
- 4) **安装简单**、使用方便，时时可得、按需而取；
- 5) 可兼顾夏季供冷，避免了传统供暖方式的**单向性**问题；
- 6) **自动化程度高**，控制灵活，远程启停操作简便。



## PART 2

## 存在的问题及分析

- 存在的问题
- 问题分析

## 二、存在的问题及分析

### 1、存在的问题

- 1) 变频多联机存在供暖效果不突出，与制冷效果不匹配的情况。

变频多联机性能受室外温、湿度影响大，冬季性能与室内热负荷成反比。尤其在冬季寒冷、潮湿的地区使用时，必须考虑机组的经济性与可靠性。

- 2) 冬季供热舒适性相对较差（与散热器、低温地板供暖相比）。

一般采用强制对流末端，冬季热空气上浮，室内温度梯度大。

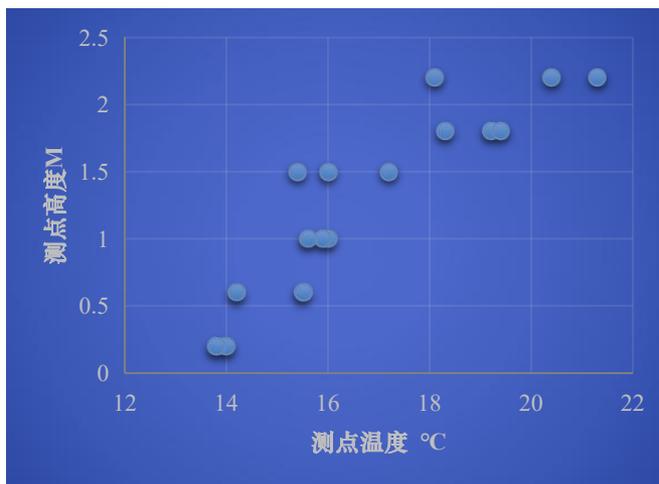
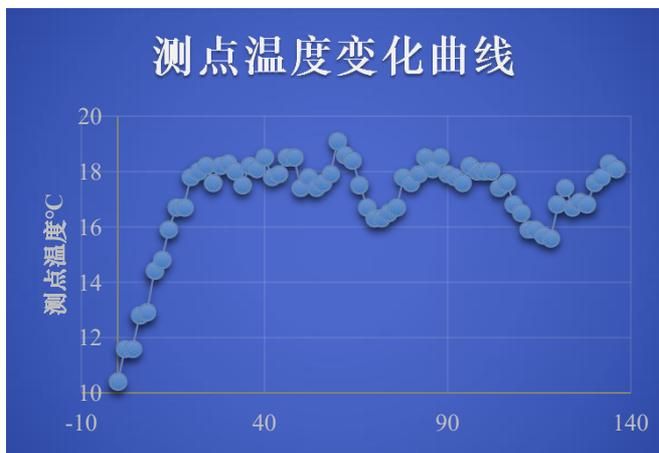
- 3) 蓄热能力较差，融霜工况下室内温度波动大。

机组在冬季运行时，室外空气侧换热盘管低于露点温度时，换热翅片上就会结霜，大大降低机组运行效率，严重时无法运行。



## 二、存在的问题及分析

测点温度变化曲线



- 测试房间在两个小时内产生了两次较为明显的融霜时间段，除霜引起室温 $\geq \pm 2^{\circ}\text{C}$ 波动。伴随机组连续运行时间的加长，融霜时间和融霜频率增加。
- 温度的变化，影响了人体热舒适感觉。
- 测试房间最大温差7摄氏度。
- 在房间平均温度满足设计要求的前提下，靠近地面温度仅为 $14^{\circ}\text{C}$ 。

注：先进科学的融霜技术是机组冬季运行的可靠保证。

## 二、存在的问题及分析

- 4) 只注重机组能效比，不关注室外机安装条件。

**气流短路：**会导致室外机效率的持续下降，影响机组正常使用。除了关注机组自身的送排风短路还要关注机组间的相互影响。

**进排风不畅：**会影响室外机的换热效率导致夏季冷凝温度升高、冬季蒸发温度下降。温度每变化 $1^{\circ}\text{C}$ ，效率下降约3%~5%。

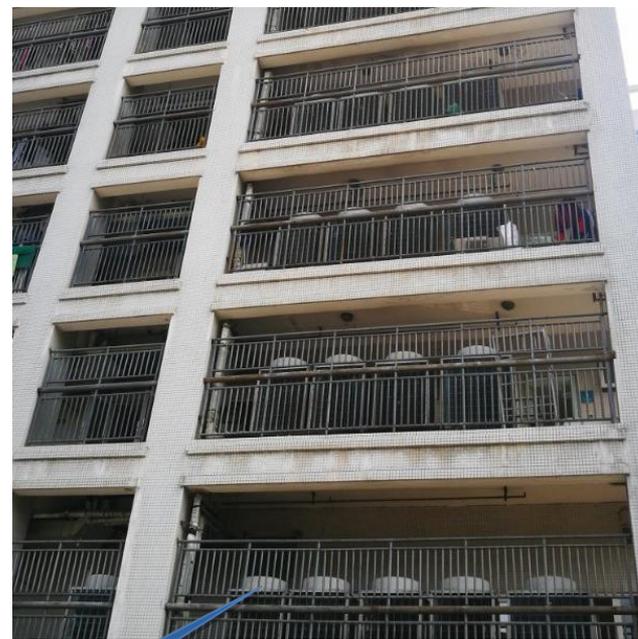
**气流短路加剧结霜：**冬季正在融霜的机组排出的湿空气被旁边正在供暖的机组吸入，吸入空气湿度过高时，加剧了供暖机组的结霜速度，从而使其融霜时间延长，供暖时间减少，使机组的供热量减少。



## 二、存在的问题及分析



室外机放置较密集



室外机缺少导流罩

室外机安装条件受限



## 二、存在的问题及分析

- 5) 传统风冷变频多联机利用室外空气作为能源，可同时实现夏季供冷、冬季供热，但是：能源效率偏低。



## 二、存在的问题及分析

### 2、问题分析

1) 冬夏季兼顾问题：冬、夏季压缩机的压比差异较大。

系统形式	夏季	冬季
氟系统最大压比	2.53	4.62

- ◆ 冬、夏季所需最大压比差异巨大；
- ◆ 运行季系统压比在大范围变化；
- ◆ 为了满足冬季工况，增大容量和压缩机压比，会对夏季工况带来不利影响。



## 二、存在的问题及分析

冬夏季兼顾可行吗？——实现措施

- ◆ 可通过变频实现容量的大范围调节；
- ◆ 变容积比可解决变工况适应性问题；
- ◆ 当冬、夏季需要压缩比大范围变化时，  
提升变频多联机空调系统全工况下的压缩效率。



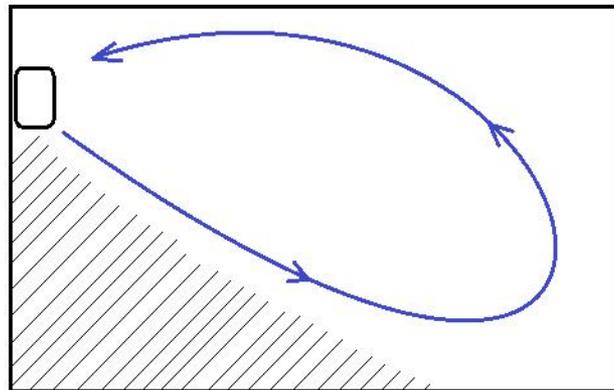
## 二、存在的问题及分析

### 2) 末端问题：倡导高效舒适的送风末端

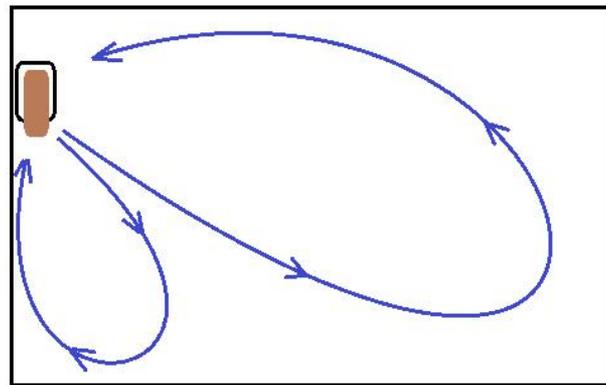
- ◆ 冬夏季的送风方式应有所区分。
- ◆ 冬季应重点关注空气末端温度分层问题，争取均匀送风或者跟踪送风，提高舒适度并降低能耗。
- ◆ 夏季应多采用射流混合技术提升夏季送风温度，提高舒适性。

### 用户的需求是：简单、舒适、节能

- ◆ 冬夏季结合，改变送风方式。
- ◆ 多一点辐射、少一点对流，温度场均匀。
- ◆ 升温迅速，间歇采暖，控温性能好。



普通空调送风

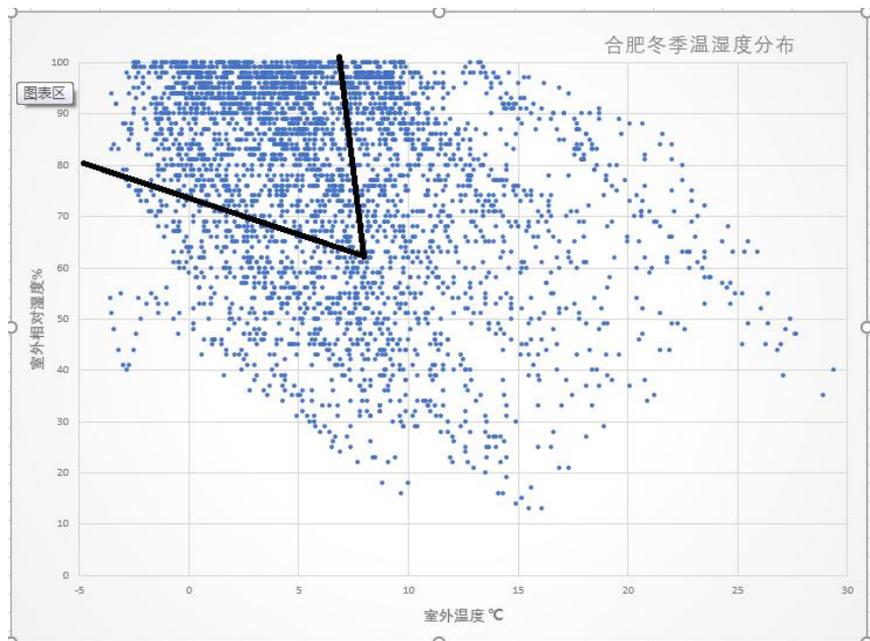


匀风空调送风

## 二、存在的问题及分析

### 3) 融霜问题：机组名义工况与实际运行工况不符。

- ◆ 现行国家热泵的产品标准制热名义工况为7°C/ 6°C，并不适应于使用地区的制热实际工况。由于制冷和能效等级紧密相关，厂商关注的是夏季制冷，制热仅仅做附送品。



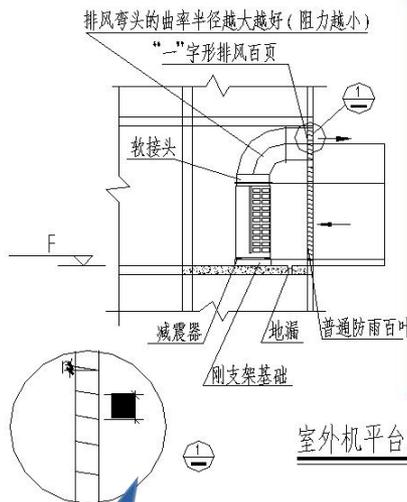
- 大部分天数温度低于7°C/ 6°C的设计工况。
- 框内区域为结霜区，按11月1日至3月30日做为冬季工况，则结霜时间占38%。按11月15至3月15做为冬季工况，则结霜时间占47%。

## 二、存在的问题及分析

- 4) 安装条件问题：变频多联空调系统直接与室外换热，相比性能系数、更应关注安装条件。
- 多台外机竖向、水平集中布置时，进行气流、温度场模拟，优化布置方案。
  - 保证外机充分的进风空间，排风气流顺畅、无遮挡。



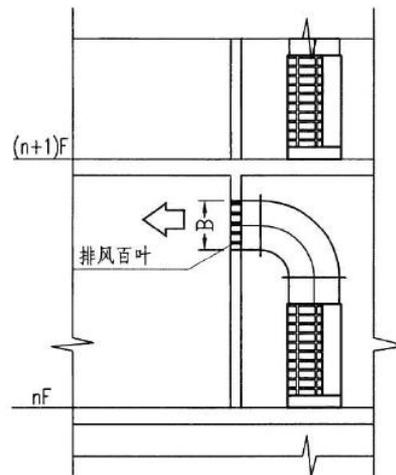
## 二、存在的问题及分析



说明:

1. 排风百页为“一”字形, 每层连续放置时, 水平向下倾角  $r$  为  $8\sim 15$  度, 间距宜不小于  $50\text{mm}$ , 通风情况越通畅越好。严禁用常规的防雨百叶。
2. 排风百页处的排风速度宜控制在  $4\sim 5.5$  米/秒左右。
3. 进风百页的风速宜小于  $1.5$  米/秒。
4. 尽可能避免进风与排风的短路。
5. 排风导流罩由厂家根据实际情况成套配置。
6. 室外机出风静压需满足现场分层摆放的散热效果。

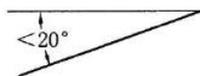
室外机平台放置示意图



III-III剖面图

图纸明确安装条件及要求。

1. 安装导流排风管时, 需先移除风扇格栅;
2. 进、排风百叶为防雨百叶, 叶片角度如下图:



3. 图中进、排风防雨百叶尺寸A、B、C由设计定, 应保证室外机正常运行所必需的通风量;
4. 排风导流管不能合用, 应与室外机一一对应接管;
5. 排风导流管和排风百叶阻力之和应小于室外机机外静压;

6. 应要求厂商配置导流排风管接口;
7. 室外机前侧应保证最小  $500\text{mm}$  宽的维修空间;
8. 室外机分层安装时, 安装位置应通风良好, 不宜设于天井、凹窗等通风不畅的位置。

室外机布置示例

审核	张乃凤	张乃凤	校对	张民政	张乃凤	设计	万离佳	王继华	图集号	07K506
									页	15



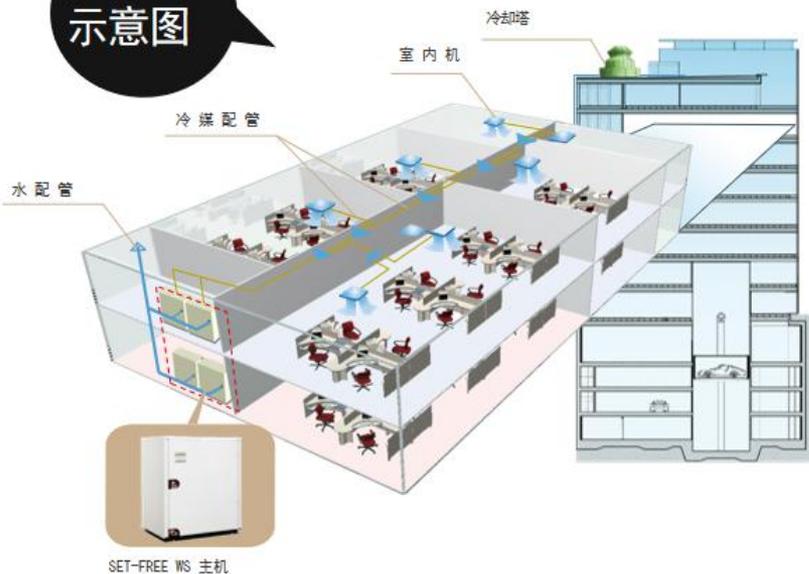
## 二、存在的问题及分析

### 5) 能源效率偏低问题：风冷改为水冷，水源多联机。

什么是水源多联机？



楼宇水环系统  
示意图



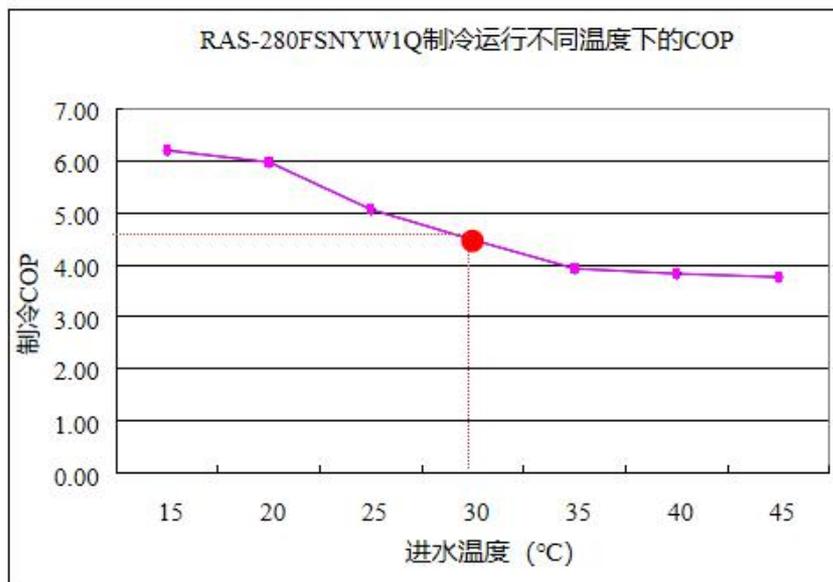
特点：

- 主机可以分层放置，占地面积小，节省建筑空间；
- 满足同时冷暖，通过热回收、变频多联，系统效率高；
- 可实现分户计费，实现不同科室之间独立管理结算；
- 建筑立面不用做百叶且不会有风冷多联机的热压效应，有利于建筑的美观；
- 冷却侧使用水泵提供循环动力，不受管长限制，对建筑高度没有限制。

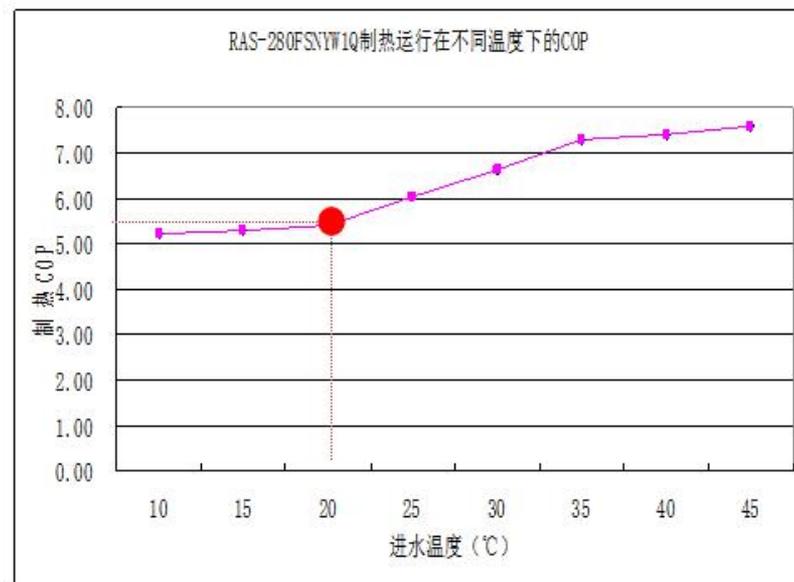


## 二、存在的问题及分析

制冷工况



制热工况



以某产品常规型RAS-280FSNYW1Q (制冷量: 28kW, 制热量: 31.5kW) 为例:

水源多联机水温符合主机对水温的要求时, 与风冷多联机相比, 其能效系数由~3.3提高至~5.0, 提高约~51%左右。



## 二、存在的问题及分析

- 6) 应关注变频多联机的全生命运行周期。
- 脏堵问题极大影响空气源热泵能效及寿命。
  - 屋顶优于地面；
  - 室外绿地会加重室外机脏堵；
  - 远离油烟等高温、污浊气体；
  - 亲水型换热器在冬季结霜时形成的污垢，不易清除；
  - 脏堵促进结霜，脏霜共存，对换热效率影响较大；
  - 室外机易清洗、可清洗对空气源热泵节能意义影响重大。



## PART 3

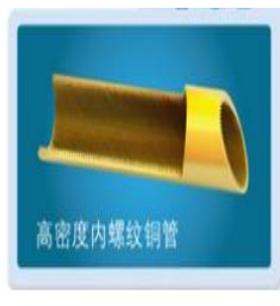
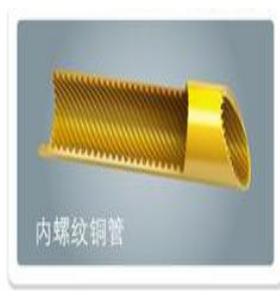
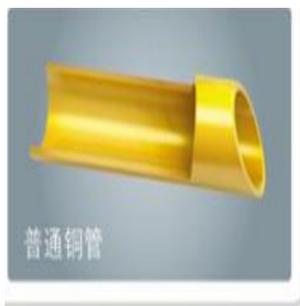
### 变频多联空调系统能效提升技术

- 高密度内螺纹铜管
- 直流变频风扇电机
- 压缩机智能运转
- 三管制空调热回收
- 高机外静压
- 压缩机精准回油
- 先进智能除霜

# 三、变频多联空调系统能效提升技术

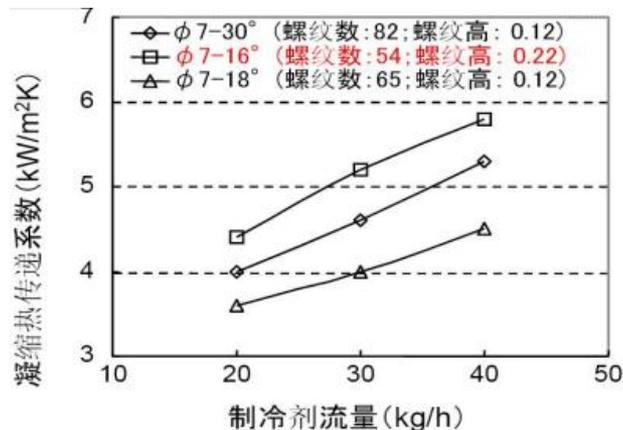
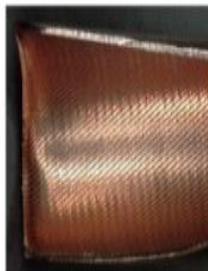
- 1、室外机采用高效热交换器，尽量增大有效换热面积。
- 2、改变冷媒铜管的结构，提高换热性能。

## ◎ 高密度内螺纹铜管



管道选型参数

- 螺纹角度
- 每厘米内螺纹数



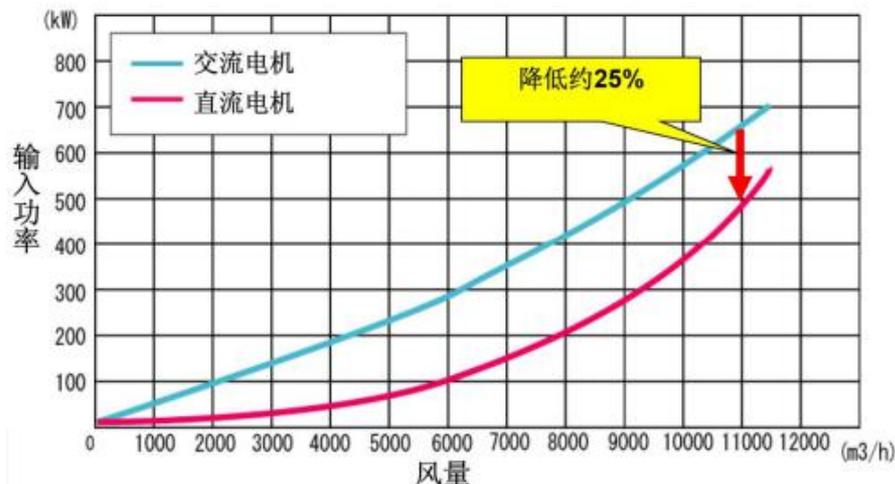
# 三、变频多联空调系统能效提升技术

3、室外机分层设置时，采用高机外静压型机组，确保室外机的散热效果。

4、室外机采用直流变频风扇电机，与传统的交流电机相比，效率高、能耗少，用电量降低了~25%。且可根据环境温度的变化进行16级调速。



	交流马达	直流马达
类型		
效率	< 90%	> 95%
铜耗材	高	低
马达转速	< 5档	多档调速 (16档)



# 三、变频多联空调系统能效提升技术

5、压缩机精准回油技术，改善高转速压缩机的储油量和压缩机的可靠性，提升制冷/制热性能。

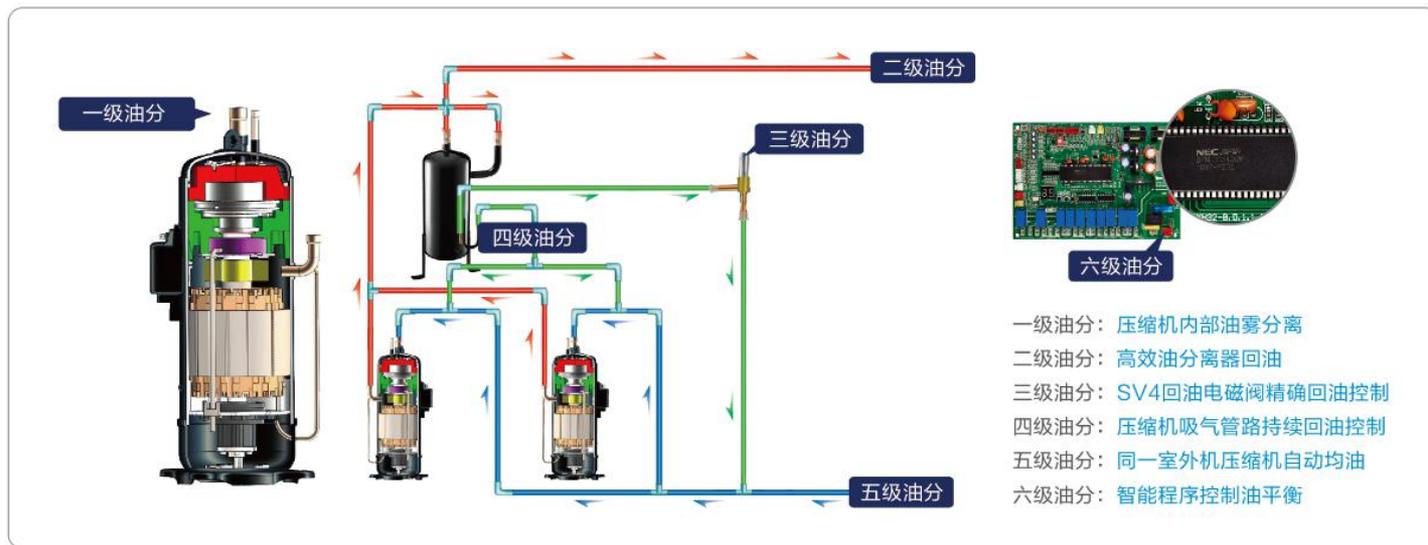
## 技术实现

压缩机构成：“变频+变频”

均油：与负荷无关，所有压缩机均相同

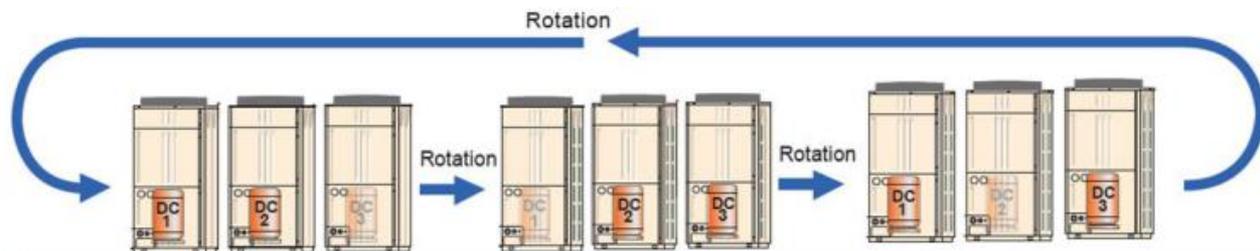


均油：自动均油运行，保障制热/制冷性能

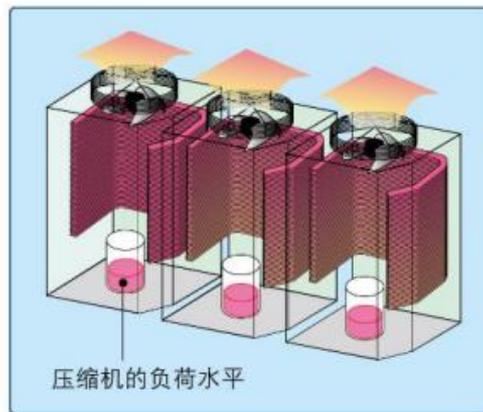
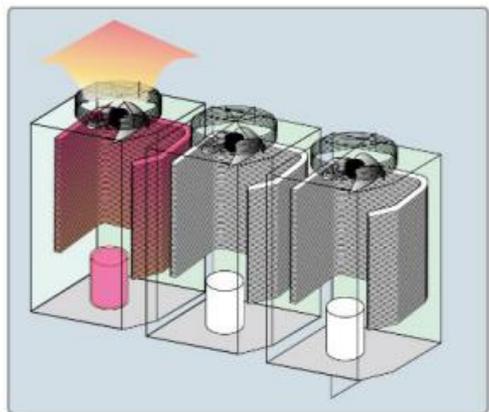


# 三、变频多联空调系统能效提升技术

6、压缩机智能运转技术，提高机组的可靠性与使用寿命。



系统自动记录各压缩机的历史运行时间，优先启动运行时间最短的压缩机，均衡了压缩机的运行时间，实现了平均磨损，延长机组使用寿命。

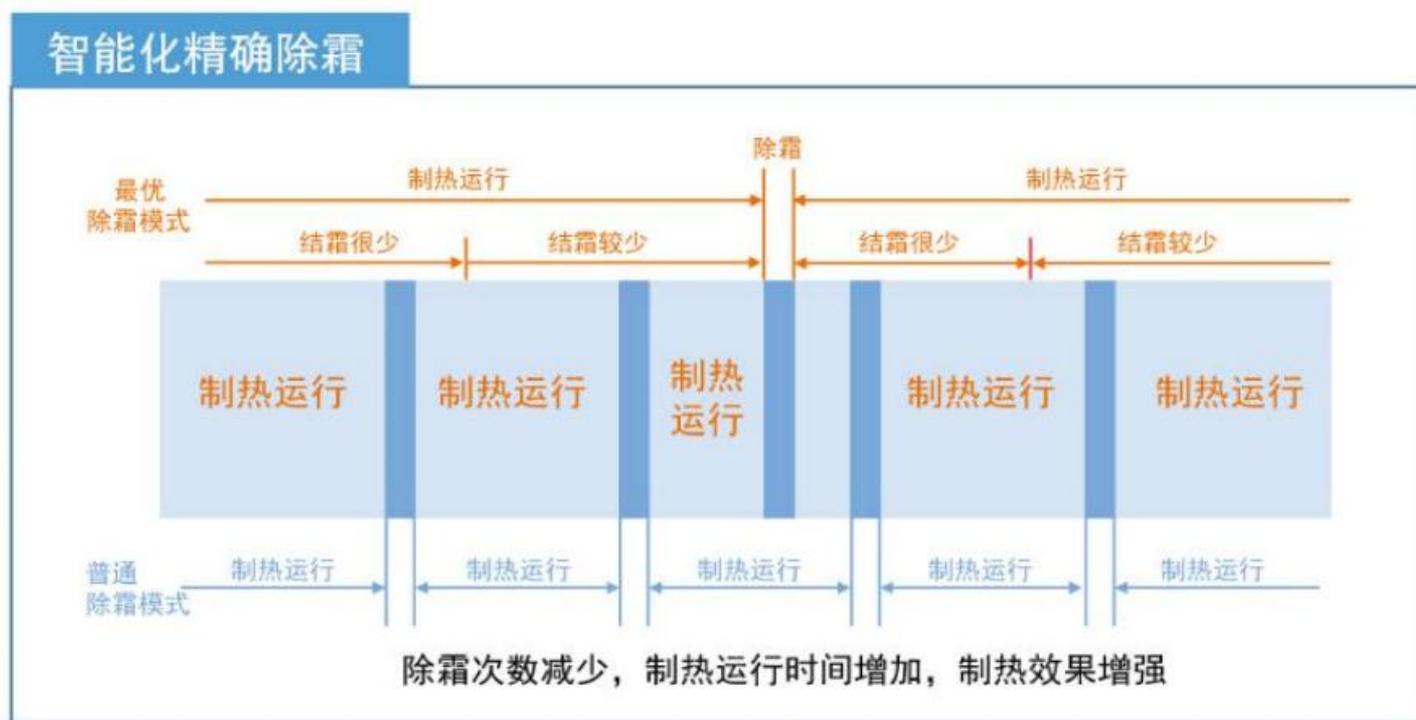


运行时所有压缩机均衡承当负荷，利用所有的换热器提高效率。



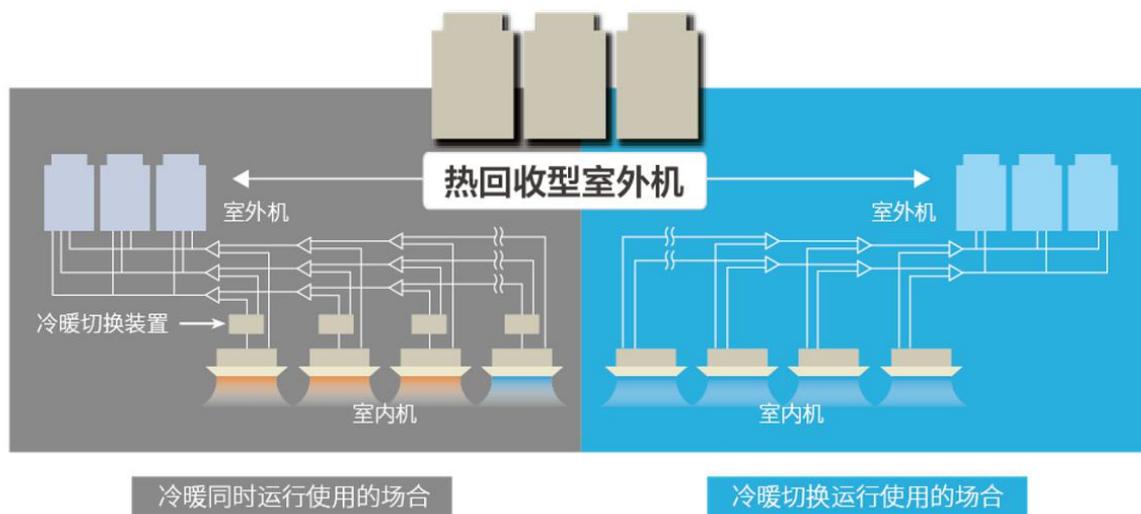
# 三、变频多联空调系统能效提升技术

7、先进的智能除霜技术，根据制热运行主要参数和负荷变化，精准判断除霜时机，有效减少除霜次数，延长制热时间，提升制热效率。

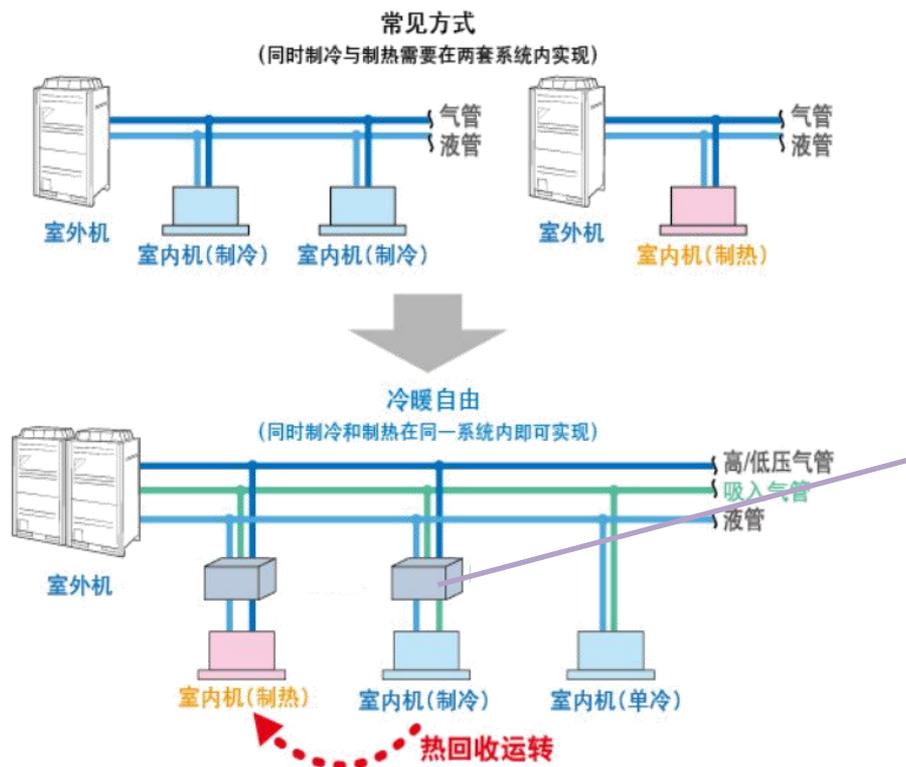


## 三、变频多联空调系统能效提升技术

8、三管制空调热回收技术，制冷剂管道由液管、高压气管和低压气管组成，通过微电脑控制转换装置，从而保证低压气管畅通（制冷运行）或高压气管畅通（制热运行），实现了同一系统的不同室内机同时运行制冷和制热模式，将需要排放到室外的热量（冷量）回收并转送到需要制热（制冷）的房间。**内区或设备余热有效利用，提升系统性能。** ■热回收型多联机的应用



# 三、变频多联空调系统能效提升技术



冷暖切换 (CH) 装置最大室内机连接容量为28kW, 与其他公司产品 (室外机侧3管-室内机侧2管) 比较, 日立CH装置 (室外机侧2管-室内机侧1管) 高度更低、重量更轻, 在低窄的走廊里也可以安装, 节省了安装空间, 减少了施工的时间和劳力。

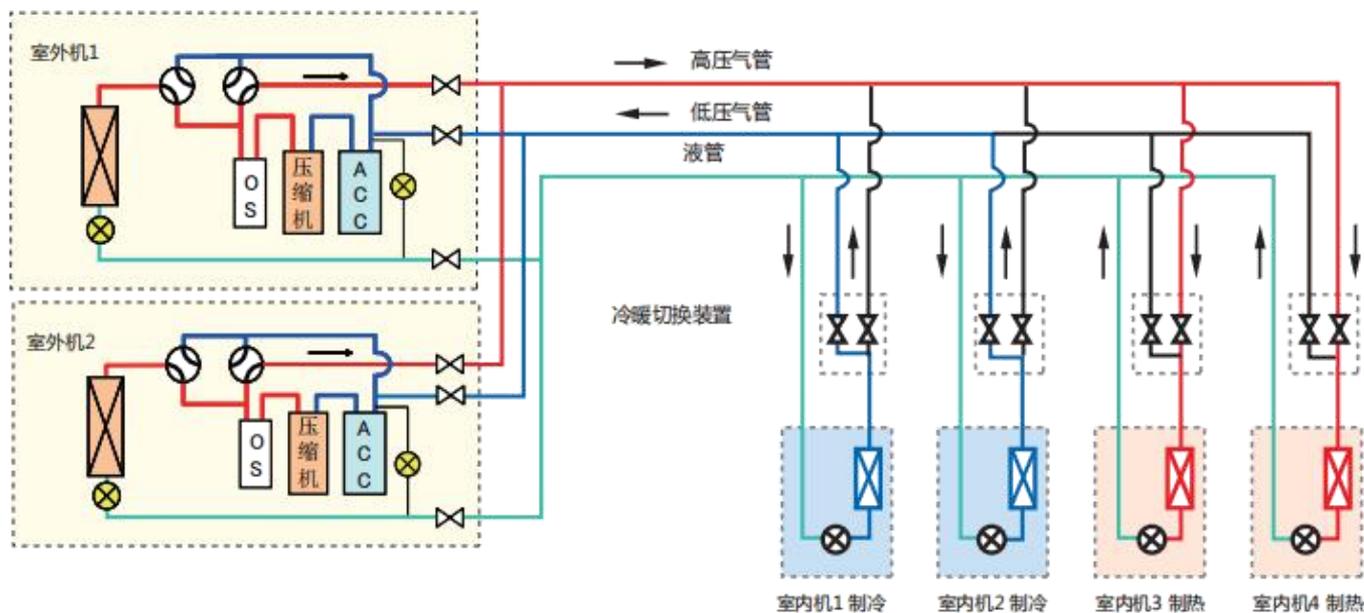
CH 装置规格表

型号		CH-160N10	CH-280N10
电源	电压 (V)	单相 220	单相 220
	消费电力 (W)	20	20
	高H (mm)	191	191
外形尺寸	宽W (mm)	301	301
	深D (mm)	214	214
	质量 (kg)	7.0	8.0
施工条件	联机容量 (kW)	≤16	16<0 ≤28
	联机台数 (台)	7	8

## 冷暖切换装置



# 三、变频多联空调系统能效提升技术



- 在主要为制冷，部分制热的情况下，系统将制冷运转过程中产生热量回收用于制热。
- 在主要为制热，部分制冷的情况下，系统将制热运转过程中产生冷量回收用于制冷。
- 制热、制冷运转越均衡，能效越高。



## PART 4

### 应用案例简介

- 风雨操场
- 办公楼
- 礼堂
- 医院
- 剧场

## 四、应用案例简介

### 1、学校：

#### 1) 风雨操场：

- 设计难点：高大空间，能耗大，且对室内净高要求较高，一般要求大于7m。
- 设计思路：基于**分层空调原理**，仅对室内下部人员活动区域进行空调，而不对上部空间空调，与全室性空调方式相比，分层空调夏季能节省冷量30%左右。





## 四、应用案例简介

### 2) 礼堂:

- 设计难点: 高大空间, 顶部构造、内装较为复杂。
- 设计思路: 与内装密切配合, 将变频多联室内机藏与内装隔板内, 采用高静压型室内机, 风口采用球形喷口, 两侧送风。



高静压风管天井式



采用特别的送风方式, 可以为狭长的空间和角落, 如过道或狭长会议室、餐厅、商铺等创造出舒适的气流效果, 带来与众不同的空调享受。

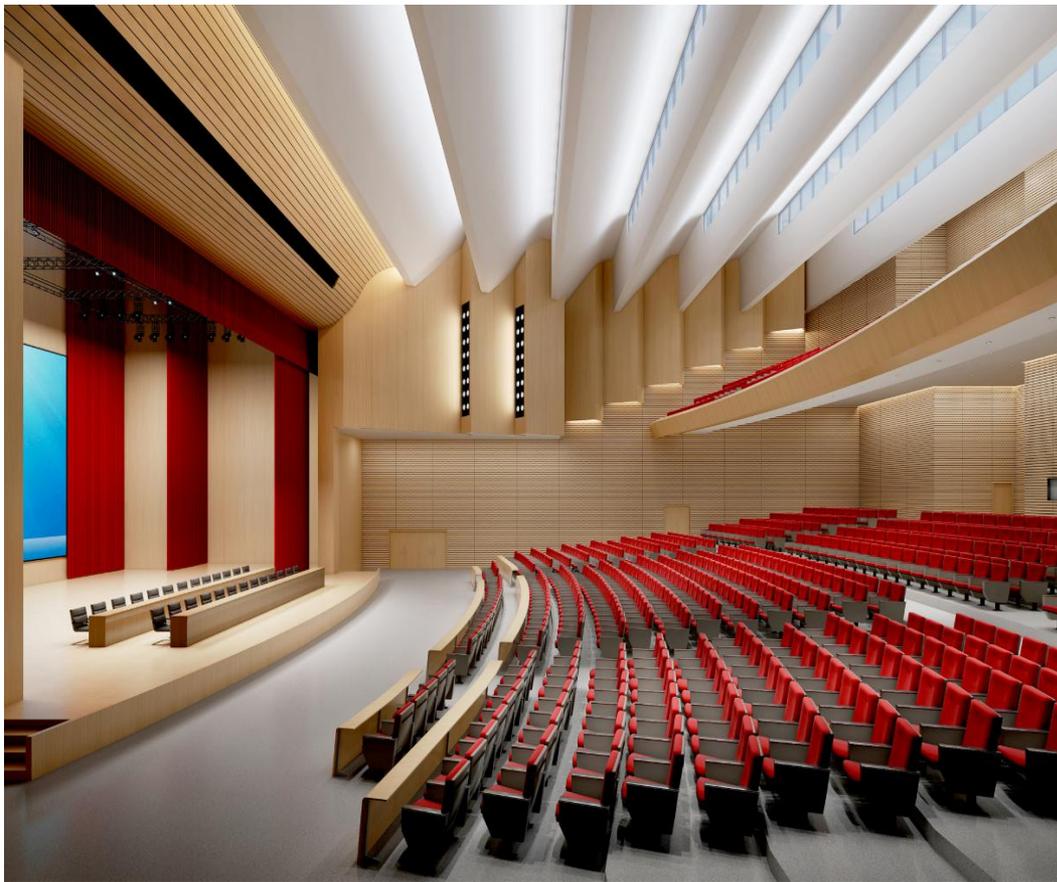




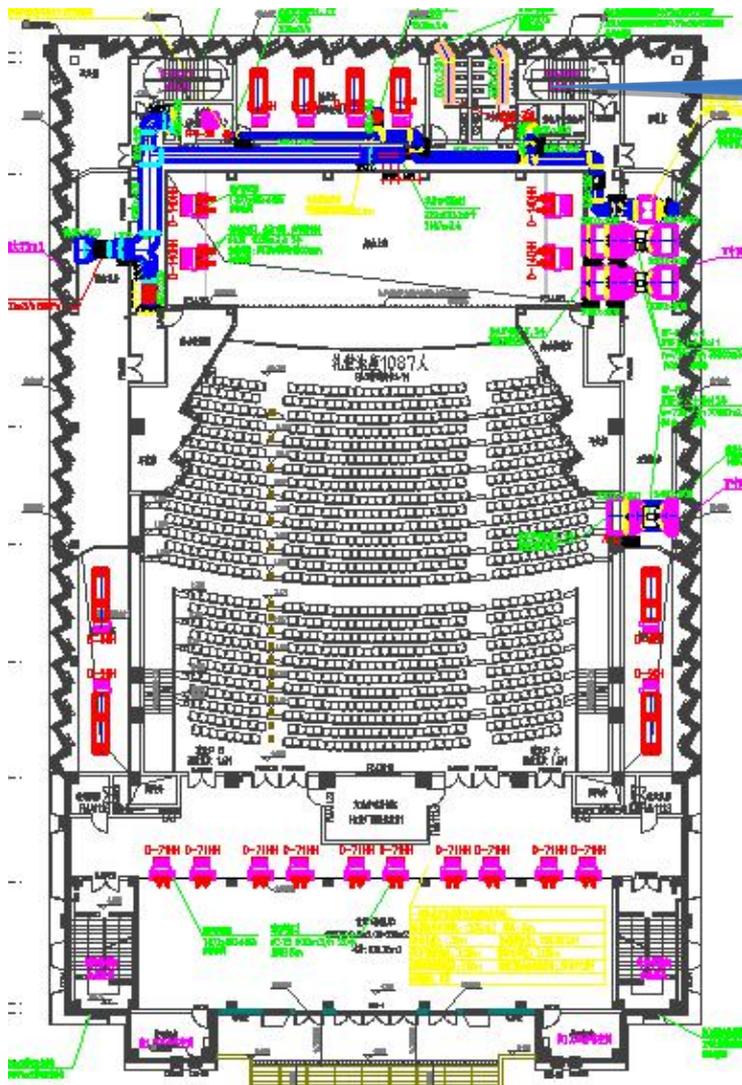
## 四、应用案例简介

### 3) 剧场:

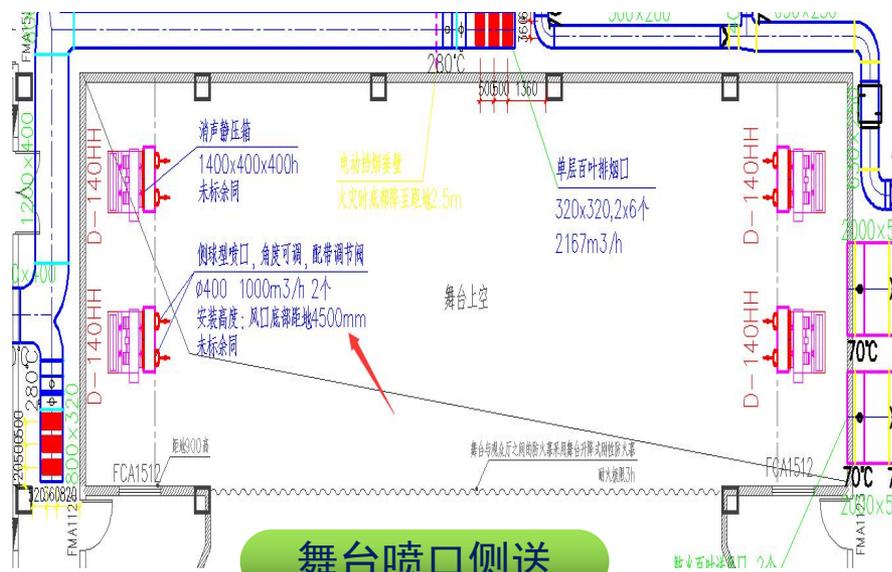
- 设计难点：高大空间，顶部设有采光顶，防火幕将舞台与观众厅分开。
- 设计思路：舞台与观众厅变频多联空调系统分开设置，舞台采用侧送，以避免顶送气流对幕布的干扰；观众区采用直膨式屋顶机，上送下回。



# 四、应用案例简介



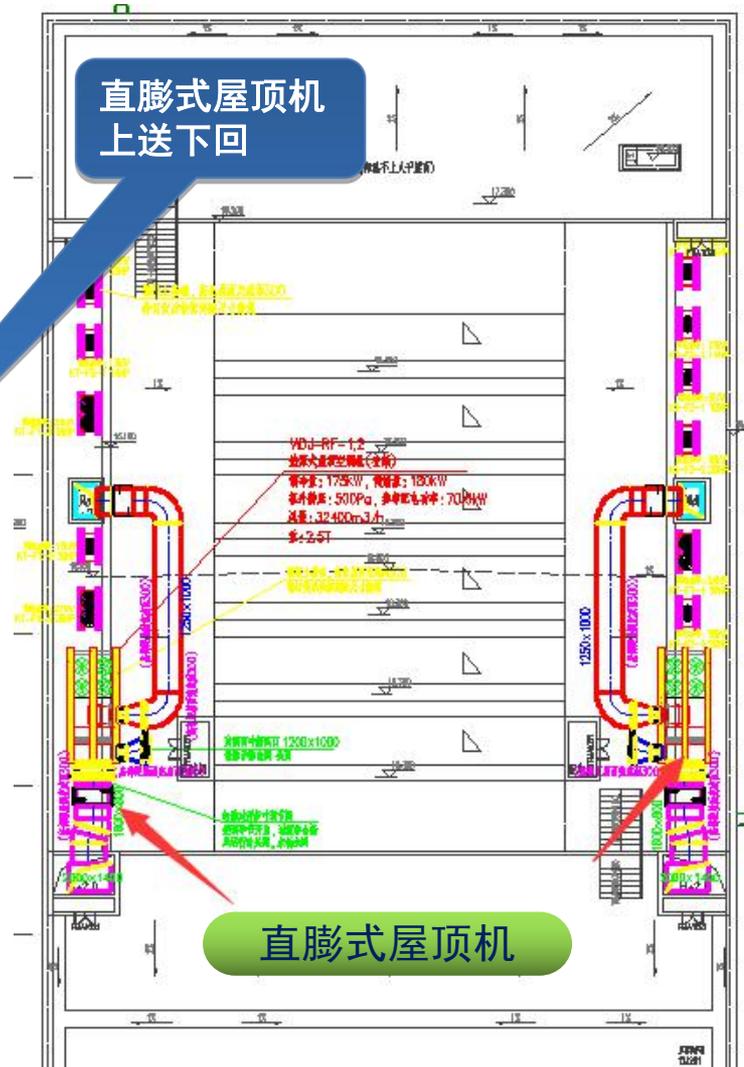
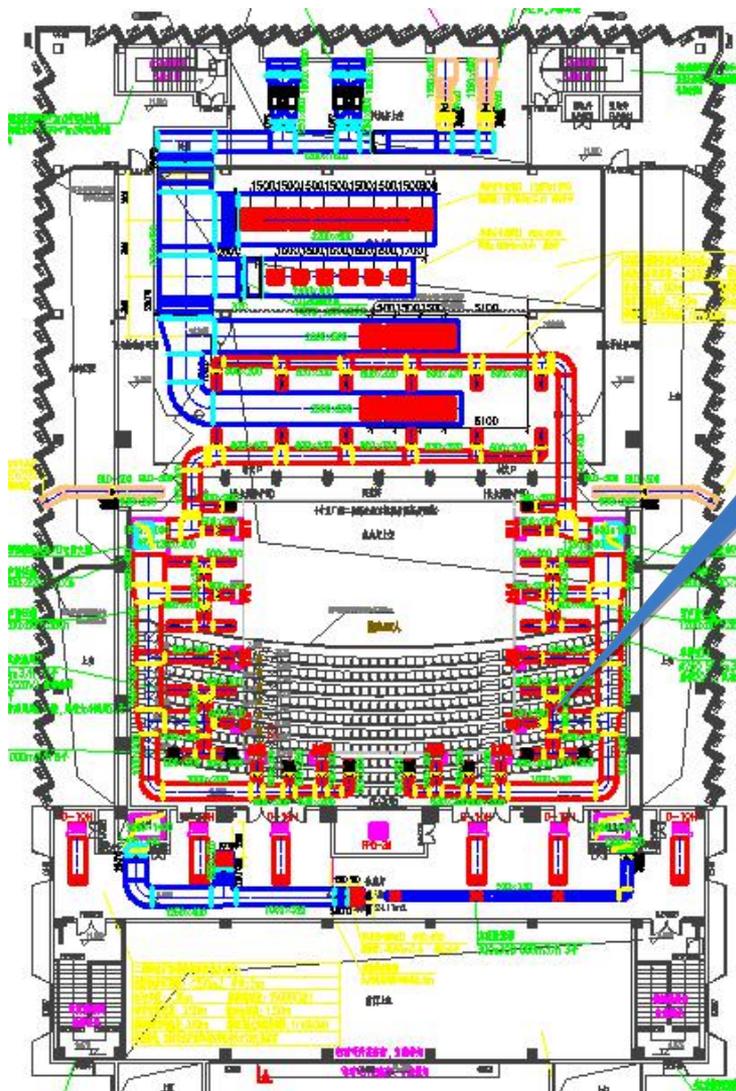
舞台采用侧送



舞台喷口侧送



# 四、应用案例简介



## 四、应用案例简介

### 2、办公楼-以某银行为例：

本工程为六安农村商业银行股份有限公司 营业综合办公楼，位于六安市裕安区小华山街道，长安路以南，建设大厦以东，属于夏热冬冷地区。建筑层数为地上22层，地下2层。总建筑面积为43198.7m<sup>2</sup>，其中地上建筑面积28698.7m<sup>2</sup>，地下建筑面积14500m<sup>2</sup>。建筑总高度93.65m。主要功能为：办公楼、地下车库等。

一 设计难点：体量较大，楼层多，建筑高度近100m。

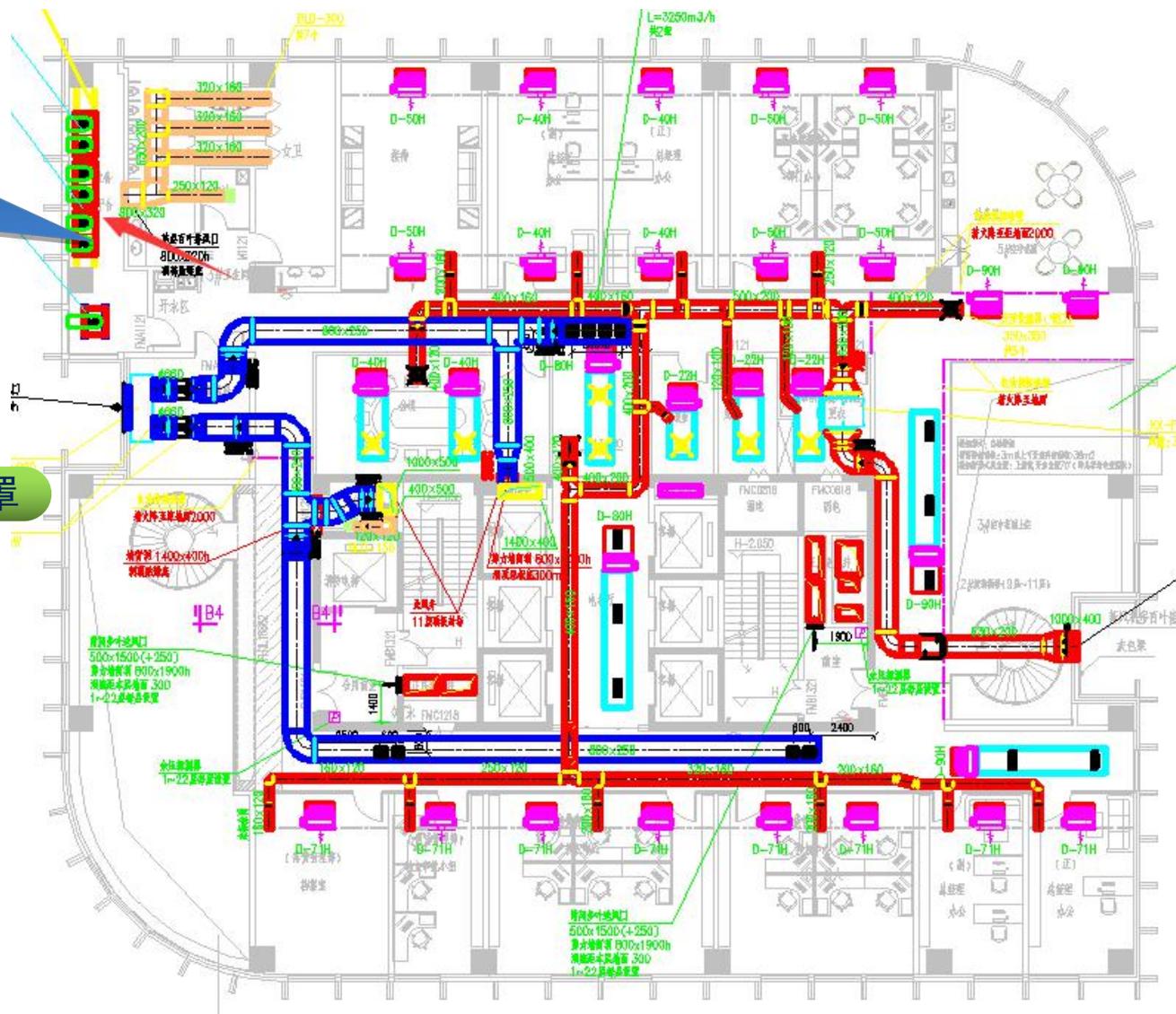
一 设计思路：受冷媒管有效长度的限制，变频多联室外机不能集中设置于屋面，考虑分层设置。



# 四、应用案例简介

室外机分层设置，并考虑方便检修及散热

室外机设置导流罩



## 四、应用案例简介

### 3、医院：

— 设计难点：地块狭小，**空间受限**，停车实际需求与实际能够实现的车位数量差距巨大时。

— 设计思路：地下无法设置制冷机房、锅炉房，可采用变频多联空调系统，**较好的满足了本工程的各种医疗功能需求。**



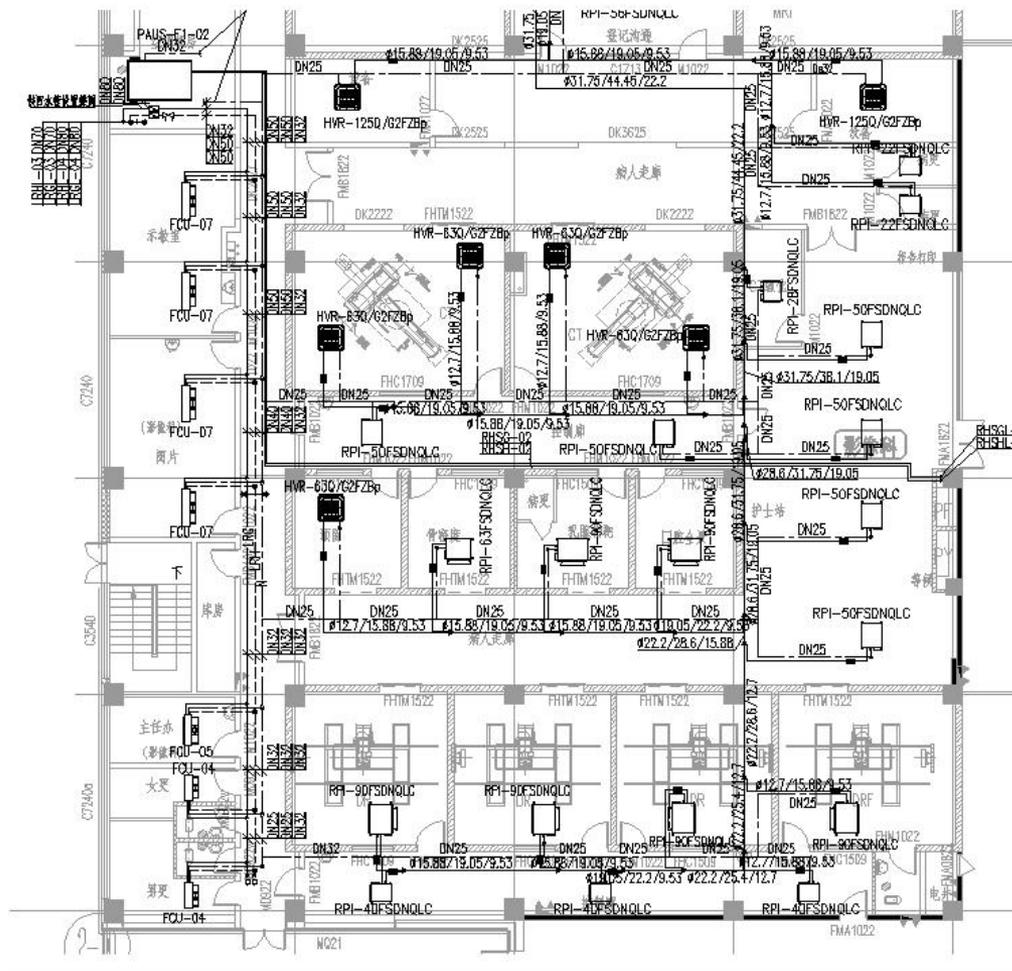
# 四、应用案例简介

## 1) 三管制热回收型机组:

应用于影像放射科室，通过冷暖切换装置的切换实现空调系统的多工况运行。

当冬季需要制冷时，对于单独的二管制系统，机组启动不了制冷工况，对于三管制系统则可以实现。

对于内、外分区的建筑，内区发热量较大时，也适合应用。



## 四、应用案例简介

### 2) 直膨式组合式空气处理机组系统：



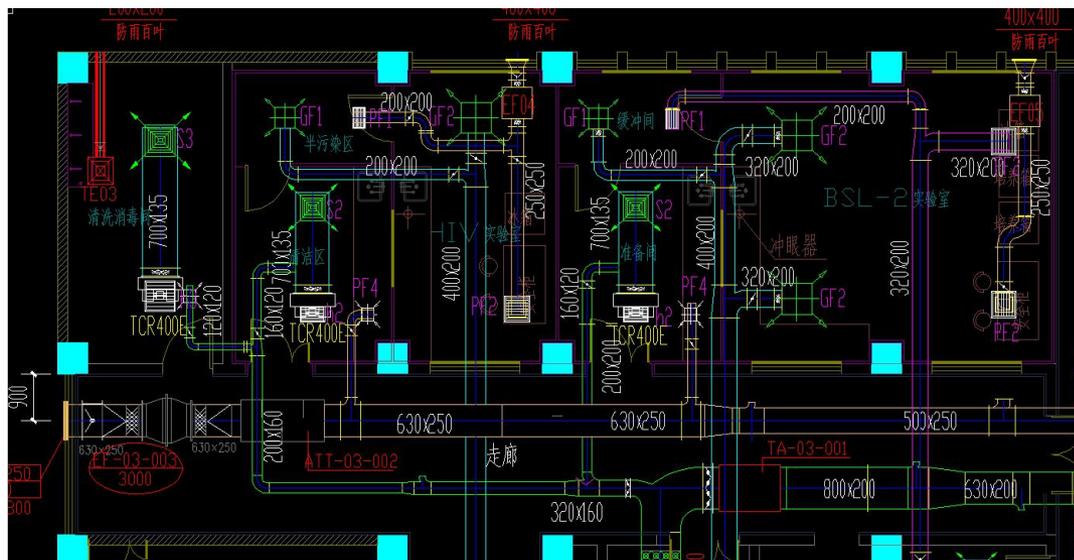
#### 特殊功能科室：

医院的放射科、影像科、核医学科；检验科、检验中心；病理科、病理解剖室等一般位于大楼的裙房部分及地下，单层面积较大，通常有较大的内区面积，且设备散热量较大，过渡季、冬季需要供冷，且从生物安全角度需很多科室有明确的新风量及总风量的换气次数要求或全新风直流式空调要求。

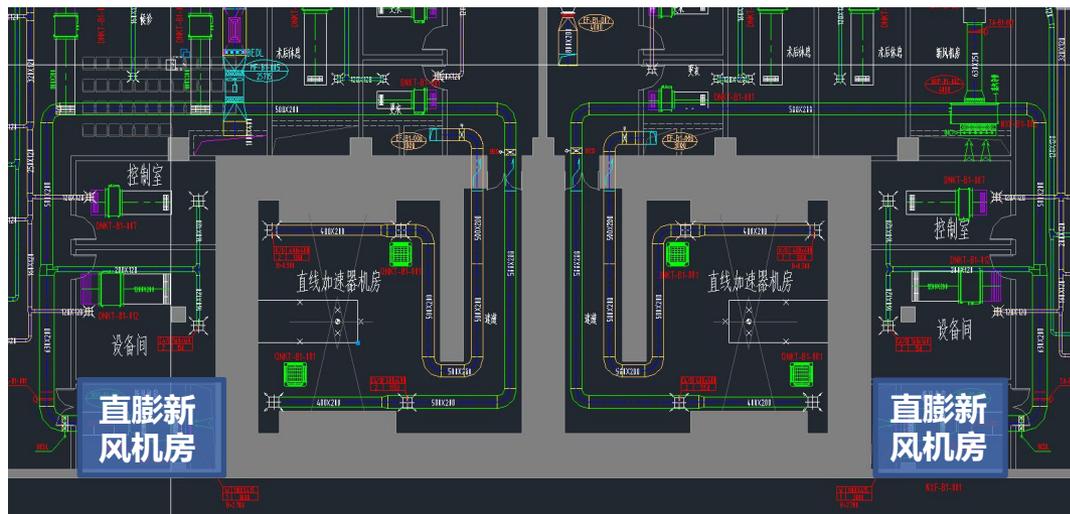




# 四、应用案例简介



检验中心、实验室中的应用



直线加速器机房中的应用



## 四、应用案例简介

### 3) 水源多联机组:

放射科内的MRI、CT、DR等专用设备机房采用水源多联机，而该区域的新风系统采用新风室内机及组合式空调器。

当有大量内区存在、特殊机房需要长期稳定排除热量、整个建筑有同时冷暖需求的时候，水源多联机是非常合理的方案，实现项目最大化的节能，且突破多联机的管长制约。



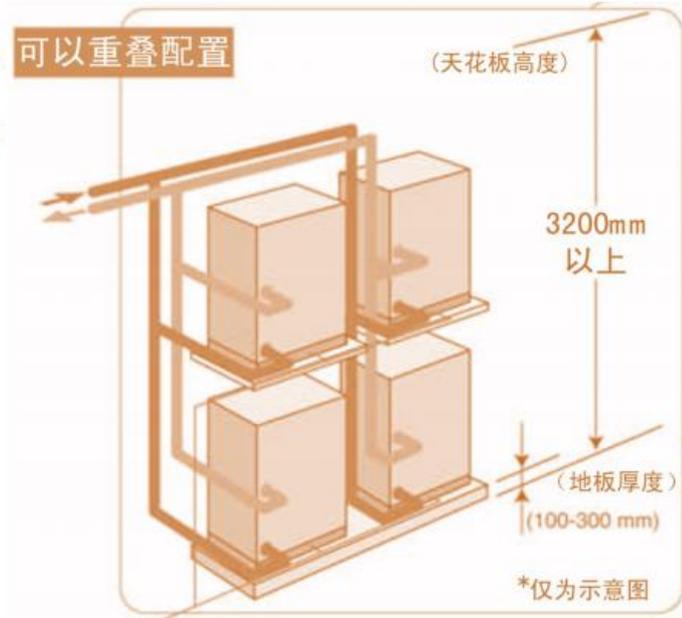
## 四、应用案例简介

除具有空气源分体多联机的所有优点，还具有：

1. 夏季制冷为水冷系统，与空气源风冷相比，制冷COP由3.2~3.4提高至4.5~5.3，提高约50%左右；
2. 冬季制热工况大幅优于空气源系统，制热效能成倍提升；
3. 外机为室内布置，体积更小，布置更灵活，且可叠加布置，节省机房面积；
4. 外机噪音更低，且室内布置，无噪音之虞；
5. 水环系统为两管制，但可实现四管制功能；
6. 水环系统可不保温；

关键问题：

分体式水源多联机冬季补热受条件限制



# 四、应用案例简介

## 水源分体多联机参数表

型号			RWXYQ16AY1	RWXYQ18AY1	RWXYQ20AY1
组合方式			RWXYQ8AY1C + RWXYQ8AY1C	RWXYQ8AY1C + RWXYQ10AY1	RWXYQ10AY1 + RWXYQ10AY1
电源			3 相 380V 50Hz		
额定容量	制冷*1	kW	44.8	50.4	56.0
	制热*2	kW	50.0	56.5	63.0
额定耗电量	制冷*1	kW	8.5	10.35	12.2
	制热*2	kW	8.18	9.89	11.6
额定水流量*3		L/min	160	180	200
机器尺寸 (H × W × D)		mm	(1,000 × 780 × 550) × 2		
冷媒配管	液管	mm	φ12.7 (扩口连接)	φ15.9 (扩口连接)	
	气管	mm	φ28.6 (钎焊连接)		
水配管	出水管		(PT1 1/4B) × 2 内螺纹		
	进水管		(PT1 1/4B) × 2 内螺纹		
冷凝水排水管			(PS 1/2B) × 2 内螺纹		
冷媒	名称		R410A		
	自带填充量	kg	3.5 + 3.5	3.5 + 4.2	4.2 + 4.2
重量 (运转重量)		kg	146 + 146 (148 + 148)	146 + 147 (148 + 149)	147 + 147 (149 + 149)
运转范围 (进水温度)		℃	10 ~ 45		
室内机连接率范围		%	50 ~ 130		

注：

1. 室内温度：27℃ DB，19℃ WB；主机进水温度：30℃。
2. 室内温度：20℃ DB；主机进水温度：20℃。
3. 单个模块允许的水流量

## 水源分体多联机制冷制热效率

运行工况	RMXYQ16AY1	RMXYQ18AY1	RMXYQ20AY1
制冷	5.27	4.87	4.59
制热	6.11	5.71	5.43



## PART 5

### 安徽省省标的编制

- 《空气源热泵供暖空调工程技术规程》

# 五、《空气源热泵供暖空调工程技术规程》

1、主编单位：安徽省建筑设计研究总院股份有限公司  
合肥通用机械研究院有限公司

2、目录：

一、总则

二、术语

三、基本规定

四、室内外设计参数及负荷计算

五、机组选型及输配系统设计

六、末端设计

七、施工安装

八、调试、检验与验收

八、运行维护

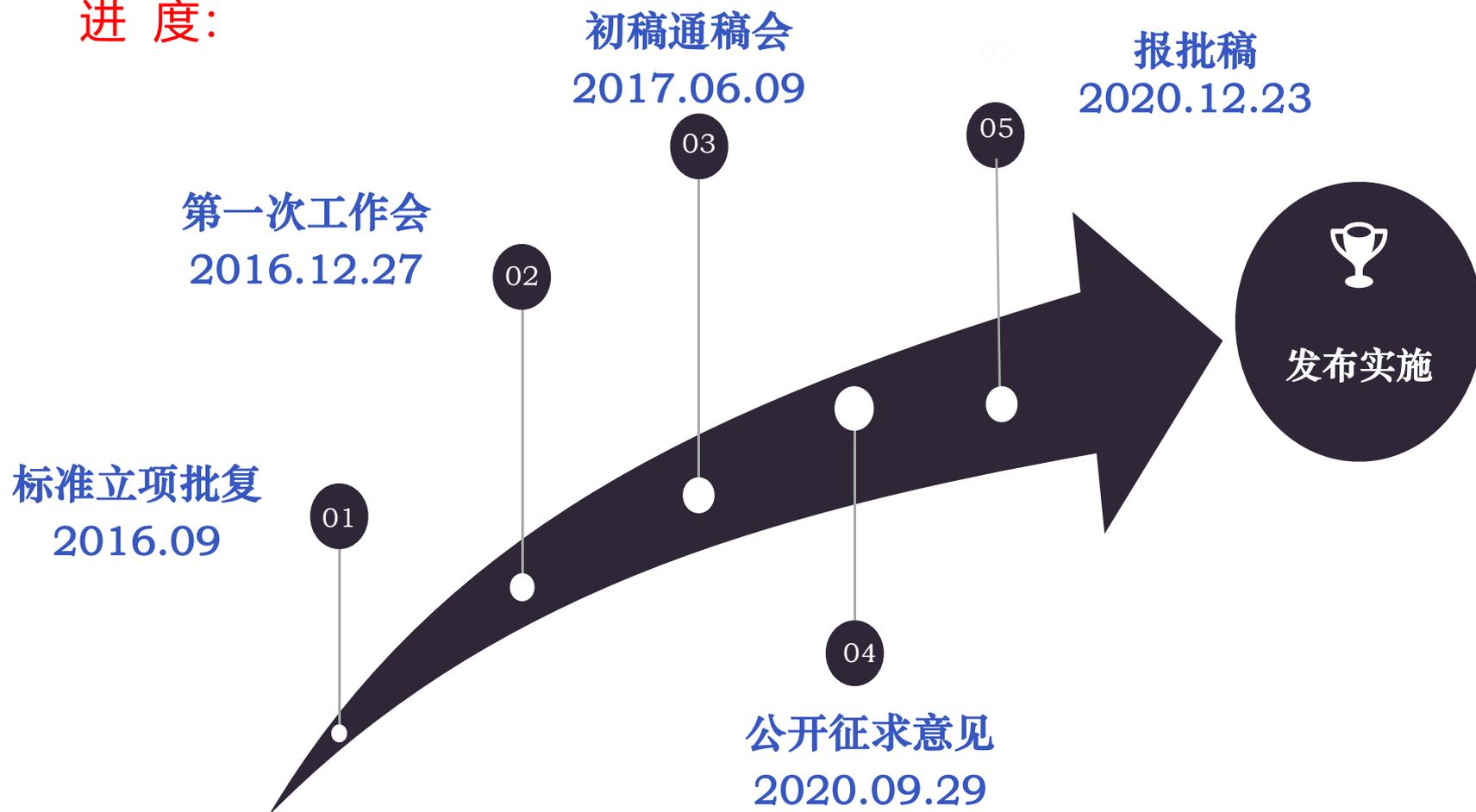
## 编制思路及目的：

- 1、解决技术应用中的常见问题，指导设计、施工及运维；
- 2、推荐更适用于本地区的空气源热泵产品，解决本地区空气源热泵选型中的难点；
- 3、贯彻绿色发展，使空气源热泵产品在本地区得到更广泛的推广和应用；
- 4、以应用为导向，切实改善本地区室内温湿度环境。



# 五、《空气源热泵供暖空调工程技术规程》

进 度：



## 五、《空气源热泵供暖空调工程技术规程》

### 本规程特点：

- 1、结合供暖末端的散热特性及热舒适性，明确了采用**不同供暖末端**时宜选取**不同的供暖室内设计温度**；
- 2、提出了空气源热泵供暖空调系统**间歇运行、户间传热**的具体**修正系数**；
- 3、给出了空气源热泵机组制热量采用**融霜频率修正**时的具体**计算公式**；
- 4、从结构安全性、散热性、维护检修、对周边环境的影响等方面明确了空气源热泵**室外主机的设置要求**；
- 5、结合夏热冬冷地区实际供暖需求，提出了末端选型时，**供暖末端供水温度宜按40℃设计**，以减少冬夏季的压缩比比值，提升机组全年能效；
- 6、明确了不同类型的**供暖末端（尤其新型末端即低温散热器）**的具体设计方法；
- 7、在空气源热泵供暖空调系统**安装施工、调试检验与验收、运行维护与保养**等方面，结合实际工程经验，给出了相应规定；



# 五、《空气源热泵供暖空调工程技术规程》

## 本规程特点：

8、机组选型方面，根据报批的行业标准 JB/T 《空气源热泵两联供冷热水机组》和 JB/T 《地板采暖用空气源热泵热水机组》等空气源热泵产品标准，已明确将空气源热泵机组适用气候分区进行了分类。结合产品标准对于B型机组的定义及安徽省的气候特点，规定了本地区空气源热泵名义制热工况为：室外干球温度-2℃、湿球温度-3℃。该名义制热工况，较之以往室外干球温度7℃、湿球温度6℃，有了很大不同，更能保证本地区空气源热泵机组冬季的供暖效果。

### 2.0.1 空气源热泵机组 air source heat pump unit

简称空气源热泵，以空气作为热源和热汇的制冷制热机组。

### 2.0.2 B型空气源热泵机组 type B air source heat pump unit

适用于环境温度不低于-15℃区域的空气源热泵机组。B型空气源热泵机组名义制热工况为：室外干球温度-2℃、湿球温度-3℃。

### 2.0.3 空气源热泵供暖空调系统 heating and air conditioning system of air source heat pump

以空气作为低位热源，由空气源热泵机组、输配系统、供暖空调末端组成的系统。

### 2.0.4 供暖工况性能系数 coefficient on heating condition

在指定室外供暖温度条件下，机组的性能系数。

### 2.0.5 低温水散热器 low temperature radiator

内置有强制对流设备，以45℃为额定供水温度的散热器产品。

### 2.0.6 辐射供暖 radiant heating



## 六、结语

抛砖引玉，共同进步。

设计创造价值，细节决定成败。



## 六、结语

感谢聆听 请多指点!

