

全国程控机房新风直接供冷当量指标法节能分析

张吉礼^{*1}, 卢振², 陈鹏飞³

(1. 大连理工大学 土木工程学院, 辽宁 大连 116024;

2. 深圳市建筑科学研究院有限公司, 广东 深圳 518049;

3. 中国建筑标准设计研究院, 北京 100044)

摘要: 针对程控机房全年具有冷负荷的特点,研究了全国范围新风冷源的利用问题.给出了新风供冷的系统形式和运行策略.采用当量指标法将全国分成7个区域,计算了各区域新风利用的当量小时数.计算了20个主要城市的程控机房利用新风冷源的节能量和所需费用.分析了全国新风冷源的分布情况.结果表明哈尔滨当量小时为5 425 h,可节电248 235 kWh/a,节电率为24.8%.当量指标法可衡量各地区新风冷源的优劣,为采用新风冷源方案进行节能改造提供帮助.采用新风冷源方案对程控机房进行改造,节能率小于20%的只有2个城市,而大于40%的有4个城市.绝大部分城市节能率在20%~40%,节能量相当可观.

关键词: 程控机房;新风冷源;节能利用;区域划分;当量指标

中图分类号: TU831.6 **文献标志码:** A

0 引言

目前程控机房空调方式主要是采用压缩式电制冷机房专用空调机,通过全年不间断运行来保证机房的环境参数.这种空调方式要消耗大量的电能,据统计电制冷空调机的全年耗电量约占程控机房总耗电量的60%以上^[1,2].近年来我国程控交换机发展迅速,这一趋势在未来还将进一步加强.所以在能源极度短缺的今天,研究程控机房空调节能技术具有非常重要的意义.在室外温度较低的季节,室外新风作为免费冷源受到了更多的关注^[3].特别是对全年有冷负荷的建筑,新风冷源的利用更是具有很多优越性^[4,5].程控机房是典型的需要全年供冷的建筑,采用新风直接供冷不但可以节省电力,而且还可以改善机房内的空气质量^[6].

新风冷源虽然有极大的应用潜力,但对其应用价值还没有统一的衡量指标.我国地域辽阔,各地气候差异大,室外新风作为免费资源可利用的时间也各不相同,因此有必要对各地区新风冷源

的利用价值加以评价,以衡量各地区免费新风冷源的利用价值.本文采用当量指标法,以哈尔滨市某程控机房为基准,分析我国不同地区新风冷源的可利用时间和节能潜力.

1 新风直接供冷基本系统形式与运行策略

1.1 新风直接供冷基本系统形式

机房原有设备为专用空调机4台,每台制冷量70 kW,设计工况下机组的制冷系数为2.5,单台机组的送风量为22 000 m³/h;单台机组压缩机功率为17.8 kW;室内机风机2台,每台功率为3.2 kW,共6.4 kW,送风温度约16℃;室外机风机3台,每台功率为0.55 kW,共1.65 kW.

改造后的机房新风冷源直接供冷的基本系统形式如图1所示.该系统采用地板送风、吊顶回风的气流组织方式,可在过渡季和冬季全部或部分利用新风供冷.系统主要包括静压箱、机房专用空调机、加湿器、过滤装置以及送、回风和排风管道

等设备. 送风口设在架空的地板下, 回风口均匀布置在机房顶部.

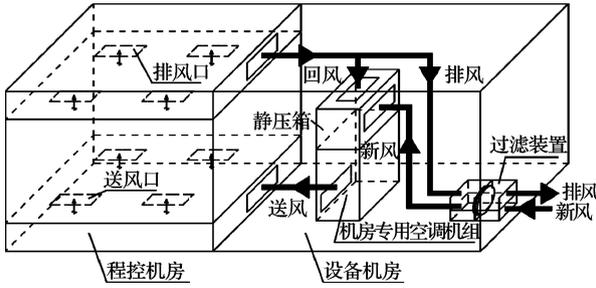


图1 程控机房空调系统图

Fig.1 Air conditioning flowchart of communication room

1.2 新风直接供冷运行策略

室外温度不同, 新风供冷系统的运行方式也不相同(如图2所示), 这直接关系到系统的节能量. 程控机房室内设计温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 相对湿度为 $40\% \sim 70\%$. 当室外温度低于 25°C 时, 室外新风均可利用. 根据室内外温度、新风利用程度和方式, 将室外空气温度 t_w 分成5个区间, 即

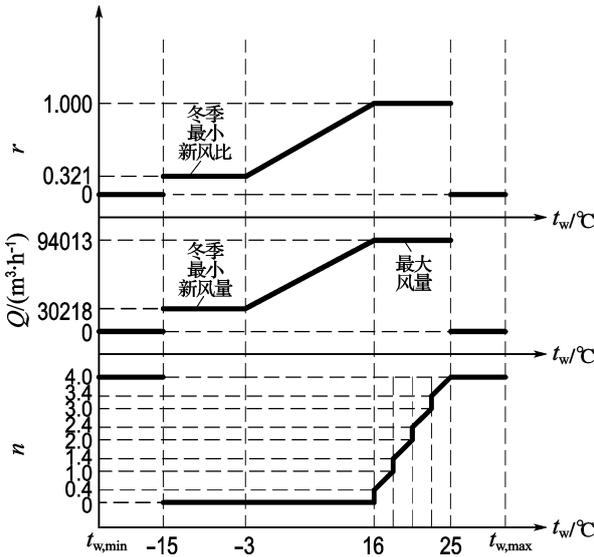


图2 程控机房新风直接供冷运行方案

Fig.2 Operating sequence of fresh air-cooling for communication room

(1) $t_w \in [t_{w,\min}, -15^\circ\text{C}]$: 冬季寒冷期, 混合点会出现在雾区, 产生结露现象. 此段时间里可减少新风量, 通过热回收装置预热少部分新风, 然后与制冷机组配合作用. 但由于新风量不易控制, 一旦结露会滋生微生物且不易根除, 此段时间考虑

室内冷负荷主要还是由机房专用空调机组承担.

(2) $t_w \in [-15^\circ\text{C}, -3^\circ\text{C}]$: 冬季较寒冷期, 新风通过热回收装置预热, 再与室内回风混合到送风状态点 16°C , 然后送入室内. 新风量 Q 保持在冬季最小新风量上不变, 新风比 r 保持在最小新风比 0.321 .

(3) $t_w \in [-3^\circ\text{C}, 16^\circ\text{C}]$: 过渡季, 随着室外温度的提高, 新风量逐渐加大, 从最小新风比 0.321 逐渐增加到 1.000 .

(4) $t_w \in [16^\circ\text{C}, 25^\circ\text{C}]$: 初夏, 新风温度已高于设计送风温度, 但仍然可以利用. 此时采用制冷机组处理室外新风, 并始终保持在最大新风量(系统总送风量)不变. 此过程中制冷压缩机开启的台数(开启度 n)逐渐增加, 由1台增加到4台. 压缩机的可调节范围为 $40\% \sim 100\%$. 将该区间的温度值分成4段, 来调节4台压缩机的开启时间.

(5) $t_w \in [25^\circ\text{C}, t_{w,\max}]$: 盛夏, 新风没有冷却能力, 所以不引入新风. 制冷机组全部开启, 即由空调机组单独承担室内冷负荷.

2 可利用新风冷源的划分与当量指标法

2.1 可利用新风冷源的划分

要将新风冷源进行充分利用, 必先进行统一衡量. 而不同室外温度, 机组的运行策略和新风可利用程度也不相同, 因此仍按1.2所述的5个温度区间对新风冷源进行分类, 统计各区间的小时数, 分别记为 $I \sim V$.

新风冷源的可利用时间主要集中在区间II、III和IV所包含的时段内. 其中, 区间II和III是新风冷源可全部利用的小时段, 是衡量新风可利用潜力的主要因素; 区间IV是部分使用新风冷源的小时段, 相对区间II和III是次要因素. 根据以上划分统计各地区的室外空气温度在各区间的小时数. 显然这还不能将各地区的新风冷源进行直接对比, 作为衡量各地区新风冷源可以利用的指标. 下面采用当量指标法将各区间参数统一成单一指标.

2.2 当量指标法

采用当量数的目的主要是为了简化指标体系, 对那些性质相似的不等值内容进行近似等值

处理,把不等值的评估客体转化为近似等值后评分.利用当量数可以把多个指标简化为单一指标,适当的比例关系既不掩盖事物的本质,又能区分差别.为得到单一的当量指标,将不同温度区间的新风做如下处理.由于区间 II 和 III 新风可以全部利用,将区间 II 和 III 相加;而区间 IV 部分新风可以利用,可采用加权平均的方法与指标 II 和 III 合成统一的当量指标.新风冷源可全部利用的区间 II 和 III,其权重定为 1;而部分利用的区间 IV,根据其在冷负荷中的比例选取权重.这样就得到了单一的当量指标.在当量指标所包含的时间段内,空调机组不开启,完全利用新风冷量去除机房的冷负荷.确定了当量指标,就可以用其分析计算各地区全年由于不开启空调机组而节省的电能.利用当量指标法,将全国分成 7 个区域(如表 1 所示),并计算了当量指标百分比,当量指标百分比为当量指标与全年总小时数(8 760 h)的比值,利用其可更清楚地看出当量小时数在全年总小时数中所占的比例.

表 1 地域划分的指标体系

Tab. 1 Index system used to classify area

区域名称	当量指标/h	当量指标百分比/%
新风冷量利用 A 区	0~3 000	0~34.2
新风冷量利用 B 区	3 000~4 000	34.2~45.7
新风冷量利用 C 区	4 000~5 000	45.7~57.1
新风冷量利用 D 区	5 000~6 000	57.1~68.5
新风冷量利用 E 区	6 000~7 000	68.5~80.0
新风冷量利用 F 区	7 000~8 000	80.0~91.3
新风冷量利用 G 区	8 000~8 760	91.3~100

3 主要城市程控机房新风供冷空调系统能耗分析

首先介绍哈尔滨市程控机房的能耗分析和改造效果.其全年冷负荷 P 变化如图 3 所示.机房空调设备全年运行能耗可根据机房设备功率及其运行时间计算得 1 002 264 kWh.改造后机房能耗主要由两部分组成,加湿能耗和空调运行能耗^[7].加湿装置采用电极式加湿器,全年加湿耗电 335 357 kWh,机房专用空调机开启小时数 3 335 h,能耗 360 504 kWh;两项能耗之和为 695 861

kWh,改造后空调总能耗 754 029 kWh.总节电量为 248 235 kWh/a,节能(电)率为 24.8%.取机房电费为 0.8 元/kWh,全年运行总节省费用为 20 万元.

哈尔滨市程控机房新风供冷的当量小时数采用如下方法计算.在区间 II 和 III 内,全部利用新风制冷,本文将其权重定为 1;在区间 IV 内,室内冷负荷由空调机组和新风共同承担,机房内 4 台专用空调机组在不同室外温度时的开启度如图 4 所示.专用空调机组的制冷量约占总制冷量的 55%,所以新风冷量约占总制冷量的 45%.由此,得到区间 IV 的权重系数为 0.45.由此计算得哈尔滨市程控机房新风供冷的当量指标为 5 425 h.

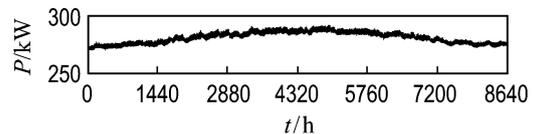


图 3 程控机房全年冷负荷变化

Fig. 3 Cooling load of communication room in the whole year

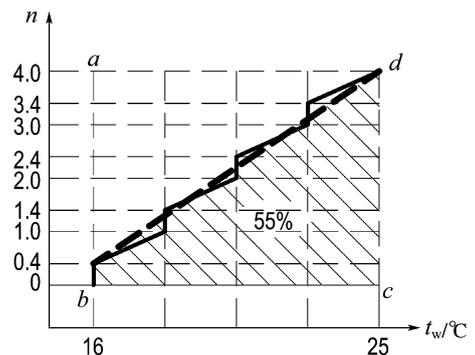


图 4 区间 IV 专用空调机组制冷量所占比例
Fig. 4 The proportion for the cooling volume contributed by air conditioning in range IV

由图 3 可知,程控机房的全年冷负荷随季节变化并不是很明显,可近似为一定值.所以利用该机房为基准,应用同样的改造方案,通过统计不同区间的室外温度计算其可利用新风的当量小时数,同时可得到改造后的节电量和节能率.表 2 是采用当量指标法得出的全国 20 个主要城市新风冷源利用效果.可以看出最大节电量在昆明,节

表 2 20 个主要城市新风冷源利用效果

Tab. 2 Using efficiency of fresh air-cooling resources in 20 main cities

序号	城市	当量指标/h	空调运行时间/h	改造后加湿耗电/kWh	改造后空调耗电/kWh	改造后总能耗/kWh	节电量/kWh	节能(电)率 $\eta/\%$	节省费用/ $(10^4 \text{元} \cdot \text{a}^{-1})$
1	哈尔滨	5 425	3 335	335 357	360 504	754 029	248 235	24	20
2	北京	6 007	2 753	307 551	297 591	663 310	338 954	33	27
3	兰州	6 741	2 019	332 046	218 248	608 462	393 801	39	31
4	石家庄	6 000	2 760	323 631	298 348	608 147	322 116	32	30
5	郑州	5 874	2 886	298 083	311 968	668 219	334 044	33	26
6	长春	5 918	2 842	344 952	307 212	710 332	291 931	29	23
7	沈阳	6 458	2 302	275 916	248 840	582 923	419 340	41	33
8	呼和浩特	6 641	2 119	325 284	229 058	612 509	389 754	38	31
9	银川	6 557	2 203	328 289	238 138	624 595	377 668	37	30
10	西宁	7 729	1 031	401 326	111 448	570 942	431 321	43	34
11	济南	5 746	3 014	374 802	325 805	758 774	243 489	24	19
12	天津	5 944	2 816	321 377	304 402	684 396	317 867	31	25
13	拉萨	7 821	939	635 991	101 503	795 662	206 602	20	16
14	香港	2 675	6 085	157 420	657 771	873 359	128 904	13	10
15	乌鲁木齐	5 999	2 761	419 702	298 456	776 326	225 937	22	18
16	武汉	5 289	3 471	220 496	375 205	653 869	348 395	35	28
17	广州	3 273	5 487	157 962	593 129	809 709	192 555	19	15
18	玉树	8 314	446	414 443	48 211	521 272	480 992	47	38
19	福州	4 483	4 277	150 532	462 332	671 031	331 233	33	26
20	昆明	6 215	2 545	174 494	275 107	507 769	494 495	49	39

电 494 495 kWh, 节能率 49%; 最小在香港, 也有 13%。节能率小于 20% 的只有 2 个城市, 而大于 40% 的有 4 个城市。节能量和节省的费用相当可观。

4 全国可利用新风冷源的分布

将全国按 7 个区域划分, 新风冷源的可利用当量小时数如图 5 所示。由图可以看出: (1) 纬度对新风冷源的分布有着重要的影响。我国东部地区从海南岛到内蒙古中部地区, 当量指标由 0~3 000 h 变化到 6 000~7 000 h; 从内蒙古中部地区到东北地区的东北部以及新疆地区, 当量指标由 6 000~7 000 h 变化到 5 000~6 000 h。这是因为我国最南部的地区气温常年很高, 不适合利用新风供冷, 在逐渐向北纬方向移动的过程中, 温度达到了新风利用的最佳值; 而再向北部地区移动, 虽然气温继续降低, 但是不可利用的冬季极冷小时数也逐渐增加, 可利用的小时数逐渐减少, 总的利用时间不再是最佳值。(2) 地形对新风冷源的分布也有着较大的影响。地形对新风冷源分布的影响主要体现在我国东西向的地域带变化上。全国由东向西由于海拔高度相差很大, 可分为 3

个等级。可以看到在东部沿海地区, 当量指标小时数往往较低; 中部地区有所升高, 而到了海拔较高的第 3 等级青藏高原, 地形变化趋于简单, 当量指标数维持在一个较高的水平, 变化不大。除此之外还有一些其他方面的地形影响, 如海水可影响邻近地区的温度, 使之降低, 增加了新风可利用小时数, 如大连、潍坊; 山脉往往会阻隔地区之间的温

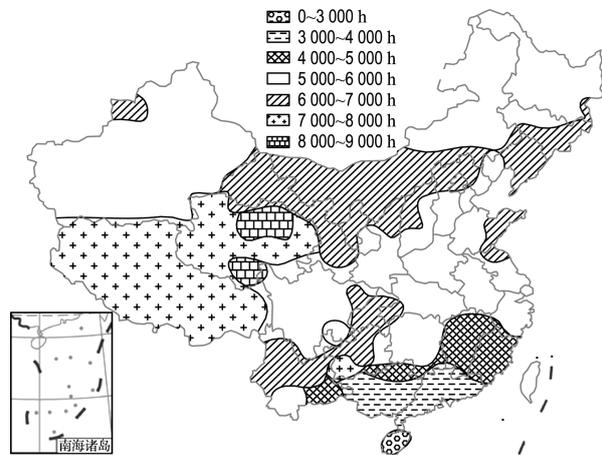


图 5 可利用新风冷源的当量指标分布示意图
Fig. 5 Equivalent index system of region partition of available fresh air-cooling resource

度分布,打断它们的连续性,如新疆与西藏地区。但这两种变化的趋势相比纬度对地域带的影响不是很突出。

该当量指标法只是对全国各地新风冷量利用情况优劣的划分,并不能作为衡量是否节能及节能多少的唯一标准。要考察利用新风冷量在各个地区的节能情况,还应当针对建筑特点、使用情况进行具体分析。根据文献[7]对哈尔滨的研究结果可知,哈尔滨全年可以利用新风的小时数是比较大的,但其全年加湿也消耗了不少的能量。由此可以进行类似的分析,对于那些较为干旱的地区,虽然新风可利用冷量很高,但是加湿耗用的能量也会很大,因此该地区应用新风供冷节能效果并不乐观;而对于那些气候比较湿润的地区,其可利用新风的时间不是很长,但省去了大量的加湿能耗,这样对于节能也是有利的。

5 结 论

(1) 当量指标法可衡量各地区新风冷源的优劣,为采用新风冷源方案进行节能改造提供帮助,

而节能多少还需根据实际情况进行具体计算。

(2) 采用新风冷源方案对程控机房进行改造,节能率小于20%的只有2个城市,而大于40%的有4个城市。绝大部分城市节能率在20%~40%,节能量相当可观。

参 考 文 献:

- [1] 顾康敏,陈思源. 程控机房的空调节能[J]. 现代通信, 1996(2):40-41
- [2] 任金禄,任 芳. 机房空调[J]. 制冷与空调, 2001, 1(5):23-29
- [3] 赵加宁,张旭涛,郭 骏. 新风直接供冷空调系统的设计与运行优化[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2005, 21(3):352-356
- [4] 郑小梅. 空调内区余热问题解决方法探讨[J]. 暖通空调, 2001, 31(5):61-63
- [5] 刘俊杰,田 喆,朱 能. 洁净室冬季使用新风作为冷源的研究[J]. 暖通空调, 2003, 33(2):27-29
- [6] 陈鹏飞,张吉礼,高甫生. 程控机房新风供冷空调方式及节能分析[J]. 暖通空调, 2007, 37(10):93-97
- [7] 陈鹏飞. 程控机房新风供冷空调方式及节能分析[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2005

Energy-saving analysis of equivalent index method for fresh air-cooling in communication room of China

ZHANG Ji-li^{*1}, LU Zhen², CHEN Peng-fei³

(1. School of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;

2. Shenzhen Institute of Building Research Co. Ltd., Shenzhen 518049, China;

3. China Institute of Building Standard Design & Research, Beijing 100044, China)

Abstract: The issues of fresh air-cooling resources use for communication room which has cooling load through all year in China were analyzed. The system and operation sequence were given. The equivalent index method was applied to dividing China into 7 zones. The equivalent hours of fresh air-cooling was calculated in every zone. The energy-saving and investment cost were given for communication rooms of 20 main cities in China. The distribution of fresh air-cooling resources was analyzed. The results show that the equivalent hours are 5 425 h in Harbin and 248 235 kWh/a is saved, electricity saving rate is 24.8%. The equivalent index method can evaluate the quality of fresh air-cooling resources and help to make a retrofit plan using fresh air-cooling. When communication room was retrofitted by fresh air-cooling, energy-saving rates of 2 cities are <20% and those of 4 cities are >40%, and those of most parts are between 20%-40% and energy-saving is considerable.

Key words: communication room; fresh air-cooling resources; energy-saving and usage; zone division; equivalent index