

# 过渡期传统通信机房气流组织优化研究

## Research on Optimization of Airflow Organization in Traditional Communication Room in Transition Period

谢静(上海邮电设计咨询研究院有限公司,上海 200092)

Xie Jing(Shanghai Posts & Telecommunication Designing Consulting Institute Co.,Ltd.,Shanghai 200092,China)

### 摘要:

通过对多个过渡期传统通信机房的调研,分析了气流组织存在的典型问题,提出了过渡期传统通信机房气流组织优化的3个维度:机房的设备布局、机房的气流组织、机柜的结构及其气流组织,并给出了这3个维度气流组织优化的理论指导。以过渡期传统通信机房气流组织优化理论为依据,对某机房进行了气流组织优化改造的工程应用。

### Abstract:

Through the research on multiple traditional communication rooms in transition period, it analyzes the typical problems existing in airflow organization and raises three aspects in terms of the optimization of airflow organization in traditional communication rooms in transition period: the layouts of equipment in communication rooms, the airflow organization of communication rooms and the structure and airflow organization of server cabinets. And it gives the theoretical guidance on the optimisation of airflow organization from these three aspects. Based on the optimization theories of airflow organization in traditional communication rooms in transition period, it conducts the practical application of airflow organization optimization on a communication room.

### Keywords:

Optimization of airflow organization; Cold aisle; Hot aisle; Raised floor

引用格式:谢静. 过渡期传统通信机房气流组织优化研究[J]. 邮电设计技术,2019(3):88-92.

### 关键词:

气流组织优化;冷通道;热通道;架空地板

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.03.019

中图分类号:TU248.7

文献标识码:A

文章编号:1007-3043(2019)03-0088-05

## 1 概述

在网络重构背景下,传统通信机房均存在早期规划与后期业务发展使用不一致的情况。同一个机房内高低功耗设备、多种机柜形式、多种空调设备并存,造成许多传统通信机房存在空调气流组织混乱、冷源得不到充分利用等情况,出现机房局部温度过热、空调冷量不足等问题,机房的制冷成为网络发展的瓶颈。在新旧通信设备共存的过渡期,传统通信机房因地制宜、安全合理的气流组织优化是十分必要的。

运营商已启动未来10年的网络重构计划,目标是打造一张简洁、集约、敏捷、开放的网络。面向铜缆网及传统交换网设计的原有传统通信机房已不能满足网络重构的要求,需对网络架构、局点定位、机房布局

等进行整体规划。电力、制冷等基础设施配套资源是网络演进有序部署的基本保障。

传统通信机房按照功能分为程控交换机房、传输机房、测量室、电力电池室等。随着网络重构,传统通信机房正处于一个新、旧通信设备更替运行的过渡期,网络功能不断提升已是数据化发展的趋势,网络设备呈现出多样化。老设备在逐步更新,新设备功耗不断上升,机房单位热密度迅速增长,加之机柜布局不合理、进排风形式不统一,机房出现了不同程度的局部温度过高的情况,高温宕机时刻威胁在用通信设备的安全运行;尤其是一些面积大、设备密集的传输机房单纯依靠不断增加空调设备制冷量的方式来降低环境温度。这些问题严重制约了通信机房的未来发展,无法满足网络重构对机房制冷的迫切需求。

过渡期传统通信机房气流组织优化,可以有效降低机房的局部温度热点,提高空调制冷效率,确保通信

收稿日期:2019-01-16

设备的安全运行,这既符合国家节能减排的要求,又有利于机房资源的有效利用。

## 2 传统通信机房气流组织存在的典型问题

### 2.1 多功能的综合机房

随着交换设备的退网,新业务的不断扩展,许多机房改为多功能综合机房,在机房内集中安装了功耗较高的数据设备,以满足网络增值服务;同时机房内还有大量正在现网运行的原有低功耗设备。以过渡期某综合机房调研情况为例进行分析。

#### 2.1.1 机房现状

某传统通信机房,新配置了数据化的传输设备,功能定位为综合机房。新设备功耗相对较高,与原机房通过铁丝网进行隔断。机房气流组织采用架空地板下送风上回风方式,空调设备制冷量满足机房制冷需求。在机房内实测热通道温度为 $38.0^{\circ}\text{C}$ ,实测机架最高出风温度为 $44.4^{\circ}\text{C}$ ,由热成像仪拍摄的机架背面的最高温度达到 $39.8^{\circ}\text{C}$ 。

#### 2.1.2 机房气流组织问题分析

a) 不同功率密度区域没有进行有效分割,导致部分机柜温度过热,冷量利用率不高。

b) 架空地板静压及空调送风量无法保证,导致部分机柜温度过热,机房气流组织不理想。

### 2.2 长条形上送风的传输机房

传统通信机房有一大类是长条形上送风的传输机房,通常它是沿建筑物长度布置,机房长度在 $40\sim 60\text{m}$ 不等。原有传输设备功耗很低,但随着一些新型传输设备的出现,单机柜功耗显著提高,有些高功耗OTN设备单机柜可达 $8\sim 10\text{kW}$ ,传输机房局部温度热点严重,制冷问题亟待解决。以过渡期某传输机房1、2调研情况为例进行分析。

#### 2.2.1 机房现状

某传输机房1位于2层,为独立机房。长约 $42\text{m}$ ,宽 $7.85\text{m}$ ,高 $4\text{m}$ ,为上送风机房。空调设备制冷量远大于机房制冷需求。实测机房环境温度 $30.0$ 、 $29.2$ 、 $28.0$ 、 $27.4^{\circ}\text{C}$ 。

某传输机房2经过几次扩容整个机房呈不规则形状。冷负荷分布由北到南呈现出低冷负荷区、中低冷负荷区、高冷负荷区。机房为上送风形式,空调设备制冷量远大于机房制冷需求,但是机房环境温度仍然较高,实测机房环境温度 $54.4$ 、 $43.7$ 、 $31.0^{\circ}\text{C}$ ,部分空调机组回风温度高达 $39^{\circ}\text{C}$ 。

#### 2.2.2 机房气流组织问题分析

a) 各区域机柜的通信功耗与空调的供冷量不匹配,不满足分区域机柜的制冷需求。

b) 长条形机房,空调送风距离及余压无法满足远处机柜制冷需求。

c) 机架高度高、间距小,阻挡了空调出风口的送风气流。

d) 机房内部分空调为5匹商用空调,其制冷能力不如大风量小焓差的机房专用空调。

e) 同一区域内各机柜功率密度差异大,实测局部热点处设备功耗均超出周边设备 $1.5\sim 2.0\text{kW}$ 。

### 2.3 认识不足的早期数据机房

早期的数据机房,普遍存在对数据设备的功耗情况、布置方式、设备类型、制冷需求等多方面的认识不足的情况。随着网络演进,业务种类不断扩展,机房内不仅机柜形式多样,而且机柜布置随意,出现了机房局部温度热点。以过渡期某早期数据机房调研情况为例进行分析。

#### 2.3.1 机房现状

某机房位于建筑2层,机房面积为 $175\text{m}^2$ ,长约 $18.0\text{m}$ ,宽 $9.7\text{m}$ ,为上送风机房,空调设备制冷量满足制冷需求。实测机房环境温度 $26.3$ 、 $40.3$ 、 $41.4^{\circ}\text{C}$ 。

#### 2.3.2 机房气流组织问题分析

a) 机柜进、排风方式不一致,导致机房气流组织混乱。

b) 机柜与机房气流组织不一致,导致机柜无法有效散热。

c) 机柜布置未形成冷热通道,后排机柜直接吸入前排机柜的排风,导致后排机柜的进风温度过高。

### 2.4 结构及其气流组织无法满足设备散热要求的机柜

设备机柜结构及气流组织应满足其设备的散热要求,这是通信设备能够有效散热的重要保障。机柜没有合理的送、回风口及送、回风通道设计,服务器风扇的选型不满足设备的散热要求,机柜内未安装服务器的位置无密封组件。这些现象在通信机柜上是普遍存在的,导致机柜内气流组织紊乱,设备不能有效散热,机房出现局部温度过热,冷量未得到有效利用。

## 3 过渡期传统通信机房气流组织优化

机房的空调设备及通信设备均应根据通信设备的散热需求合理布置,应将冷风直接送达机柜的进风口,机柜能根据负荷需求,顺利吸入其需要的冷风,并将热

风排至回风通道,回风气流应能够顺畅回到空调机组,减少在机房内的滞留时间。所以过渡期传统通信机房气流组织优化,是整个送、回风路径上相关各环节的优化。

在总体原则的指导下,从机房的设备布局、机房的气流组织、机柜的结构及其气流组织3个维度对过渡期传统通信机房气流组织进行优化,避免发生机房内设备及其布局和空调送、回风气流组织不合理造成空调整冷效率低、局部温度高的问题,只有将以上3个因素协调统一,才能满足过渡期传统通信机房以及相关设备运行的安全性,提高空调冷量利用率,降低空调能耗,节约能源。

### 3.1 总体原则

a) 机房的气流组织优化,应遵循近期建设与远期发展规划协调一致的原则。

b) 机房的气流组织优化,应确保现有通信设备的安全运行,如存在安全隐患,应评估风险,采取必要的技术措施。

c) 机房的气流组织优化,应充分考虑现有机房的特点,合理利用、协调现有机房资源,降低局部温度热点,确保通信设备的安全运行,提高冷量利用率,降低空调能耗。

d) 机房的气流组织优化,应符合国家、地方、行业、企业对于防火安全的相关标准和规范。

e) 通信机柜气流组织应与机房气流组织相适应,其散热不能影响机房其他设备的安全运行。

### 3.2 机房的设备布局

a) 机房中各类有源设备机柜应随着业务的迁移、网络数据化的调整,逐渐将不同形式的机柜分区集中布置,机柜按背对背、面对面的方式布置,形成冷、热通道的形式。可根据具体情况,选择冷通道封闭、热通道封闭,提高散热效率。

b) 已实现冷、热通道隔离的机房,机柜排列宜保持连续不间断,无法连续时,可采用安装插满盲板的空机柜间或安装固定隔板等方式进行补位。

c) 机房应按照不同的功率密度区域进行隔离,隔离区内的各机柜功率宜接近。根据机房的实际情况,在满足维护通道和消防要求的前提下,对不同的功率密度区域进行物理分割;不具备物理分割条件的,下送风机房可在架空地板下方采用实体隔断封闭,上送风机房可安装移动封帘,将不同功率密度区域进行隔离。

d) 较高功率密度机柜宜在封闭的小范围内,设置

专门的空调系统。当机房内高功率密度设备数量较少时,不具备单独隔离的条件时,宜在整个机房内平均分布,不宜聚集在一起安装,并采取必要的措施,如增加地板送风装置、增加空调(含列间空调)、安装背板空调等,降低局部温度热点,避免安全隐患。

e) 根据机柜设备的功耗情况,调整空调布局,使各区域机柜的通信功耗与空调的供冷量匹配,满足分区域机柜的制冷需求。

f) 机柜高度应与机房的高度及空调的送风形式相匹配,避免送、回风气流被阻挡;且机房内设备高度宜尽量统一,并与机房走线架高度相匹配。

g) 随着网络数据化的调整,应逐渐淘汰旧有的舒适空调产品,选用大风量小焓差的机房专用空调。空调送风距离大于15m时,在具备条件的情况下,宜调整设备布置,空调室内机改为双侧送风方式。

### 3.3 机房的气流组织

a) 作为空调送风道的架空地板和空调回风道的吊顶内不应布放与本专业无关的通信及电力线缆,不符合此要求的机房,随通信设备的调整,在条件许可的条件下,可有计划地实施改造。

b) 通信机柜应根据表1所示的机柜功率、气流组织、空调形式、架空地板等条件选择合适的安装地点。

c) 对于电缆走线架,应注意防止走线架遮挡空调出风口,避免气流不畅,影响空调整冷效果。

d) 做好机房的密封,如机房围护结构的密封、架空地板开口的密封,以保证地板下送风静压及机房洁净度要求。

表1 机柜功率、气流组织、空调形式、架空地板

单机柜功率/kW	气流组织	空调形式	架空地板 (作为送风道)
≤1.5	下送风上回风 冷、热通道分离	房间空调	设
	上送风侧回风 冷、热通道分离	房间空调	不设
>1.5, ≤4.0	下送风上回风 封闭冷通道	房间空调	设
	下送风上回风 冷、热通道分离	房间空调	设
>4.0, ≤6.0	下送风上回风 封闭冷通道	房间空调	设
	前送风后回风 封闭冷通道或热通道	列间空调	不设
>6.0k	前送风后回风 封闭冷通道或热通道	列间空调	不设
	机柜制冷	背板空调	不设

e) 冷、热通道间应避免孔洞缝隙,确实需要管线穿越处应设置毛刷或其他封堵方式。

### 3.4 机柜的结构及其气流组织

a) 机柜的结构及气流组织应满足其设备的散热要求。机柜应有合理的送、回风口及送、回风通道设

计,其内部的流通阻力及散热需要的风量应与其服务器风扇的选型相匹配。

b) 机柜内的电子设备气流方向应保持一致,根据机房的气流组织参考表2选择符合要求的机柜形式。

c) 高功率设备与其他机柜的进排风方式不一致

表2 气流组织、架空地板、机柜形式

机房气流组织方式	架空地板(作为送风道)	机柜冷却方式	对机柜要求
下送风上回风	设(机柜正面设密闭地板)	下进后出	正面不开孔,背面、底部开孔,底部设导流装置
	设(机柜正面设开孔地板)	前进后出	正面、背面开孔
上送风侧回风	不设	前进后出	正面、背面开孔
列间前送风后回风	不设	前进后出	正面、背面开孔
背板空调前进风后出风	不设	前进后出	正面开孔、背板安装背板空调

时,应对其配置适当的导风装置,使其进排风方式与其他机柜保持一致。导风装置应与设备有机组合在一起,按冷热气流组织布局,需要从上到下分隔成不同物理空间,形成不同的冷热气流通道,分层隔板可留有尾纤孔洞,但应采用保温材料做好封堵。

d) 当机柜内未装满设备时,未安装设备的位置宜统一安装密封组件,防止冷空气直接由该位置进入热通道,造成冷气流短路、降低制冷效率。

## 4 传统通信机房气流组织优化应用实例

### 4.1 机房现状

某机房为近年新配置的数据化传输机房,位于3层程控机房内,设备功耗相对较高,与程控机房通过铁丝网进行隔断。机房的制冷需求为92.6 kW,空调设备制冷量为97.2 kW,空调设备制冷量满足机房制冷需求。机房气流组织采用架空地板下送风上回风方式,机房架空地板高度为350 mm。

### 4.2 机房气流组织问题分析

由于传输机房内有部分机柜功耗较高,机房内产生了局部温度热点,实测D、E列之间的热通道温度约为38.0℃。根据机房调研情况分析,气流组织主要存在以下问题。

a) 不同功率密度区域没有进行有效分割。传输机房与程控机房边界处架空地板下部无隔断、上部为铁丝网隔断,使得专用空调的冷量扩散至程控机房内,导致部分机柜温度过热,冷量无法充分利用。

b) 架空地板静压及空调送风量无法保证。传输机房内架空地板破损且部分地板设有出风百叶,漏风现象严重;架空地板下近空调送风口布放有大量电缆。上述情况导致部分机柜温度过高,机房气流组织

不理想。

c) 部分机柜结构及其气流组织无法满足设备自身散热要求。机柜底部进风口无送风导流板,致使风量未进入机柜送风通道直接由后部排出;机柜内的送风口封闭或设备与柜门间的送风通道过于狭小,送风量无法满足设备的散热要求;机柜内未安装服务器的位置无密封组件。上述情况导致部分机柜温度过高,冷量利用率不高。

### 4.3 某机房气流组织优化方案

#### 4.3.1 架空地板改造方案

考虑消防疏散的要求,无法对架空地板上方进行物理分隔,仅在铁丝网处的架空地板下方采用实体隔断封闭,确保专用空调的冷量得到充分利用,避免冷量在架空地板下部扩散至程控机房内;修复机房内破损的架空地板并取消出风百叶,确保架空地板静压箱的密闭性。

#### 4.3.2 电缆改造方案

将架空地板下近空调出风口布放的电缆上翻至机架上部,减少送风阻力,增加空调机组的送风量。

#### 4.3.3 机柜结构及其气流组织改造方案

A、C、F、G列机柜采用底进风后出风的机柜,单机柜功耗较低,机柜底部进风量可基本满足设备的制冷需求。B列机柜无发热设备。故不对A、B、C、F、G列机柜进行改造。D、E列单机柜功耗较高,内部气流组织混乱,需对其机柜内部结构进行改造。

机柜改造的主要措施包括:

a) 对机柜正面进行改造,将机柜正门外移150 mm,使得设备正面与机柜正门之间形成封闭冷通道,加强设备的散热效果。

b) 对机柜未打开的送风口挡板进行拆除,每个机

柜底板前部设置一个可调节进风口,尺寸规格应 $\geq 400\text{ mm}$ (宽) $\times 350\text{ mm}$ (深),使得进风口大小可在全开和全闭之间连续调节。

c) 进风口上方设置一个高度为 $180\sim 260\text{ mm}$ 的导流罩,引导冷风进入机柜前门与设备面板之间的区域。

d) 每个机柜内设备正面板平面配置必要的密封组件,以确保冷风全部进入设备正面板进风口,而不致泄漏。

#### 4.4 机房气流组织优化改造后评估

机房气流组织优化改造完成施工后对机房内温度进行监测。在机房内实测D、E列之间的热通道温度为 $32.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,下降 $6.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

机房内服务器设备风扇都恢复正常转速,设备板卡温度明显下降。改造前部分设备温度接近告警阈值,服务器风扇处于高速运行状态;改造后的设备温度下降明显,风扇运转正常。

利用温度记录仪采集E列2号机柜的温度数据,连续记录24 h机柜冷、热通道的温度。

从图1可以看出,改造后机柜冷、热通道的温度有明显下降,冷通道下降约 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、热通道下降约 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。改造前专用空调始终处于制冷工作状态,空调运行能耗较高;改造后空调处于制冷运行与风机送风交替运行的工作状态,空调运行能耗下降。

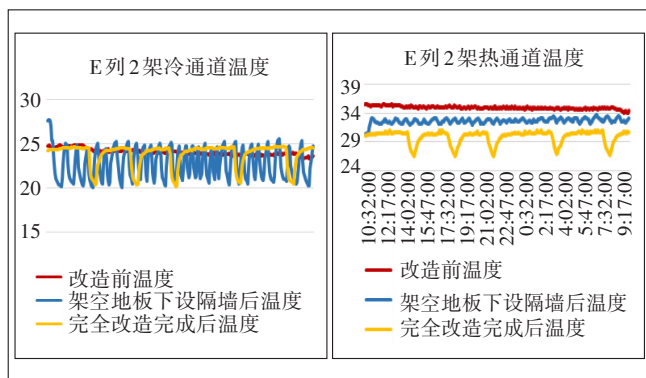


图1 E列2架冷、热通道温度

综上所述,气流组织优化改造后,机房环境温度得到了明显的改善,服务器风扇转速正常,设备板卡温度下降,消除了机房内的局部温度热点,空调运行能耗也减少了。

按照过渡期传统通信机房气流组织优化的要求,从机房的设备布局、机房的气流组织、机柜的结构及其气流组织3个维度对某机房气流组织进行了优化改造。经机房改造后评估确定,机房气流组织优化改造

方案是行之有效的,取得了消除机房局部温度热点和空调设备节能运行的双重效果。

#### 参考文献:

- [1] SANG-WOO HAM. Energy saving potential of various air-side economizers in a modular data center [J]. Applied Energy, 2015, 138 (11):16-20.
- [2] SRIVAJANA W. Effects of air velocity on thermal comfort in hot and humid climates [J]. Thammasat Int J Sc Tech, 2003, 8(2):54-54.
- [3] Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers: TIA-942[S/OL]. [2018-11-10]. <https://www.docin.com/p-1920043111.html>.
- [4] 钟景华,朱利伟,曹播,等.绿色数据中心的规划与设计[M].北京:电子工业出版社,2010:57-89.
- [5] 杨国荣.数据中心设计——ASHRAE数据中心系列丛书介绍[J].暖通空调,2013,43(10):1-7.
- [6] 谷立静,周伏秋,孟辉.我国数据中心能耗及能效水平研究[J].中国能源,2010,32(11):42-45+29.
- [7] 陈修敏,张九根.数据中心机房空调系统设计及气流优化分析[J].流体机械,2014,42(11):79-82,86.
- [8] 刘传聚.建筑设备[M].上海:同济大学出版社,2001:68.
- [9] 安真.数据中心空调可靠性研究[J].暖通空调,2013,43(10):35-37.
- [10] 数据中心设计规范:GB 50174-2017[S/OL]. [2018-11-10]. <http://www.eserexpo.com/jieneng/?show-102-2.html>.
- [11] 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范:GB 50736-2012[S/OL]. [2018-11-10]. <https://wenku.baidu.com/view/9dd3d52703768e9951e79b89680203d8cf2f6a63.html>.
- [12] 建筑设计防火规范:GB 50016-2014[S/OL]. [2018-11-10]. <https://wenku.baidu.com/view/a552261049d7c1c708a1284ac850ad02de8007fc.html>.
- [13] 通信机房用恒温恒湿空调系统:YD/T 2061-2009[S/OL]. [2018-11-10]. <http://www.doc88.com/p-7037002615966.html>.
- [14] 数据设备用网络机柜技术规范:Q/CT 2171-2009[S/OL]. [2018-11-10]. <https://max.book118.com/html/2018/0127/150810443.shtm>.
- [15] 徐伟.民用建筑供暖通风与空气调节设计规范技术指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2012:474-486.
- [16] 陆耀庆.实用供热空调设计手册第2版[M].北京:中国建筑工业出版社,2007:2260-2264.
- [17] 简弃非,魏蕤,颜永明,等.通信机房气流组织的模拟与分析[J].节能技术,2009,27(1):35-39.

#### 作者简介:

谢静,毕业于河北建筑工程学院,高级工程师、注册公用设备师(暖通空调),长期从事大型数据中心的研究、规划和设计咨询工作。

