

计算中心机房的流场模拟仿真

虞飞黄

武汉工程大学 湖北 武汉 430205

摘要: 本论文对一个计算中心机房建立简单模型划分网格并对其加以模拟计算, 选用下送风上回风的方式, 在保证送风口不变以及回风口总面积不变的条件下, 设置不同数量位置的回风口, 并且机房中的其他设施均保持不变, 展开具有对比性的研究计算, 发现了合理设置进风口可以有效减少漩涡以及不均匀气流的产生, 进而合理散热以及预防灰尘堆积。

关键词: 计算中心机房; 散热技术; 气流组织; 数值模拟;

1 绪论

1.1 研究前景

近些年, 通信业的高速发展, 5G网络的全球争抢研发, 机房设备等网络核心设备占社会比重越来越大。计算中心机房在飞速发展的同时, 也面临更多的问题。散热设备多且密集、设备散热量大等问题均会影响计算中心的性能与使用寿命, 与一般的建筑不同, 计算中心机房对散热及洁净度的要求很高, 一年四季均需要供冷降温, 其散热能力与决定了机房的整体能耗; 其次对于是灰尘的防范, 设置合理的风道避免灰尘堆积机组, 也是一个重要的问题。一般商业建筑能耗为50-110W/平方米, 而数据中心的能耗为120-940W/平方米, 同时数据中心空调能耗占整体功耗约40%, 具有很大的节能潜力, 是降低能源消耗的关键^[1]。

1.2 研究方向

对于中心机房的制冷系统来讲, 传统的散热方法是想尽一切办法, 以降低整个机房的温度, 从而达到冷却计算中心服务器的作用。在确定数据设备和机房的建筑热之前, 机房空调的制冷量通常是通过粗略计算来估算的, 机房的制冷量一般为500W-600W/平方米^[2]。在此计算的基础上, 确定机房专用空调的选择, 然后再根据机房在数据中心的空间和位置的大致范围, 粗略估计和判断所选空调在机房中的放置和定位。随着机房内所布设产品密度的增加, 用计算科学的方法来计算机房整个系统所散发的热量, 并能够合理布局散热装置, 成为现代化计算机机房迫切需要解决的问题。

作者简介: 虞飞黄, 1998年11月, 男, 汉族, 湖北十堰, 本科, 研究方向: 能源与动力工程, 电话: 18086603043, 邮箱: 18086603043@163.com, 通讯地址: 湖北省武汉市汉阳区龙阳街道新城阳光国际广场B栋

1.3 本文的研究方法

通过学习借鉴文献中的各种方案, 本文采用下送风、上回风的方式, 计算中心机房采用全空气系统, 设置合理的机房数据, 来进行CFD气流组织数据模拟, 加以分析流体的速度、压力等数据, 提出相应的气流优化方案。在数值模拟中采用简单模型; 省略四周墙的厚度、架空地板的影响等, 对不同情况下的气流组织进行计算分析, 采用的软件为ANSYS系列, 主要为ANSYS workbench里的组件。

2 模拟仿真的过程

2.1 建立简单模型

数值模拟的第一步就是要建立出能反映问题本质的数学模型, 通过使用workbench绘制简单模型, 在mesh中建立网格, 然后导入到fluent中加以计算。

本次选用了建造相对简单的模型, 忽略挖空地板, 四周墙面与外界的热交换以及机柜中间的缝隙等对计算的影响, 并将吹出冷风与机柜的热交换视为零, 只考虑气流组织的影响, 2个机柜均画成一个标准的矩形模块。

2.2 划分网格

计算中心机房简单的模型创立之后, 通过mesh组件来进行网格划分。首先对于需要网格划分的区域进行选择, 由于只需考虑气流组织在机柜外空间的影响, 忽略了实际中穿过机柜缝隙的气流, 并且不考虑相应的对流换热过程。网格模块这里我选择了菱形模块, 自动生成网格的节点, 对比起普通的矩形模块可以更好需要精确计算的区域进风口、回风口等处进行一定比例的加密处理, 设置节点间尺寸为0.3m, 为机房整体长度的一百分之一, 共生成了44008各节点, 233676个单元格。整体的网格如图2.1:

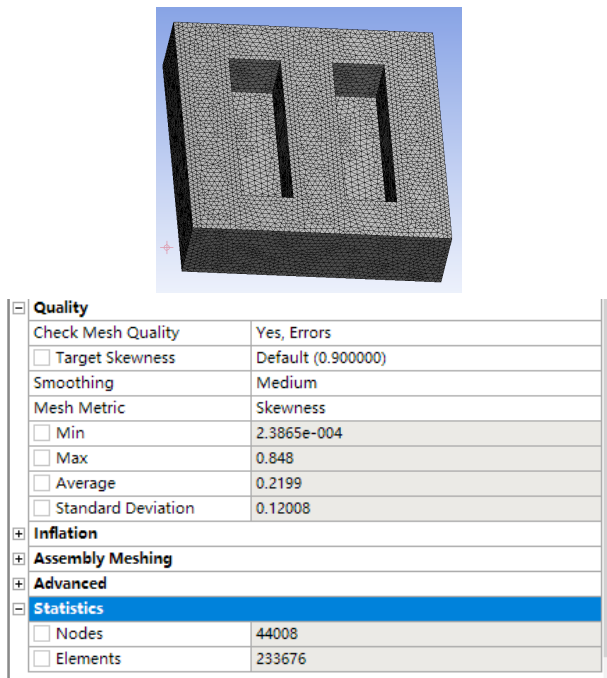


图2.1 机房整体网格模型以及质量检测

2.3 计算过程

在mesh划分网格检查完网格质量之后，点击update mesh就可将网格模型自动传输到fluent当中，之后的计算步骤均在fluent里面完成。在计算之前，还要设置好相应的参数：

(1) 设置计算参数

这里的部分参数都是采用fluent里的默认参数，比如大气压力101325pa，稳态模型，三维空间等等，控制方程选择RNG k- ϵ ，Standard Wall Fn，流动介质选择空气，空气的相关参数也采用fluent的默认设置，流动域选择整个机房内部（不包括机柜的内部）。

(2) 设置边界条件加以计算

由于在之前的mesh中给进风口、回风口均设置了标记（inlet、outlet），这一步就可直接点击选择这两个，分别设置为velocity-inlet，进风速度1m/s，和pressure-out设置出口相对压力为0，即和外界标准大气压相同。之后再初始一下计算程序，设置迭代次数，进行计算。

2.4 计算结果

计算结果使用CFD-Post软件来观看具体结果在图上的显示。先建立一些基准面，来反应机房内一个特定截面处的速度场、压力等等，方便判断机房气流组织的情况，以及其中是否存在涡流，通过一个截面来侧面反应整个机房气流组织的。

在软件中建立平面，选择ZX平面，在Y轴7.5m处生成平面，依次选择查看相关的压力云图、速度云图、速

度矢量图。

在压力云图中，发现天花板左右角落出现两个压力最大值的点，由于这两处都在墙角，距离回风口较远，且侧面也没有可供气流流出的地方，于是由进风口进入的空气，特别是从两边的流入的空气不断在此堆积与墙壁冲撞，产生较大的压力，无法正常循环，这是个严重问题，在之后的优化中重点处理。

再结合速度云图得出，从进风口到回风口的气流，速度逐渐增大，且压力逐渐减小，符合流体运动的一般规律：流体的速度与压力成反比。由此可以得出次模拟过程基本正确无误。

在速度矢量图中，得出中间的送风口效果很好，气流速度变化不大，很平稳的流向回风口；但是两边靠近墙面的部分，距离回风口较远，直向上的气流会撞向墙面并在此堆积，与周围气流存在巨大的压力差，使得返回来的风跟新进入的风发生碰撞，气流变得紊乱，不易循环，导致旋涡的出现。

综合上述对计算结果的分析发现，有部分气流能带来良好的散热效果，但整体的气流组织还是存在不少的不均匀气流，墙角会产生旋涡，机柜顶部气流流动性差。为了解决这些问题，进行模型优化，为保证控制变量，仍采用下送风上回风的方式，保证回风口、边界条件、计算参数等系列条件不变，仅改变回风口的位置、数量和大小。

3 机房气流组织优化方案

3.1 优化方案

保证送风口面积位置不变，回风口的总面积不变的情况下，减小单个回风口的面积，增加回风口的数量，从2个加到4个，并适当改变回风口的的位置，使得气流组织更加合理，有利于实际计算中心机房的散热。

3.2 建立优化后的模型

机房的大部分数据保持不变，简单改变一下回风口的大小和位置，其他参数默认不变，检查网格质量没有问题后，进行下一步计算。

3.3 优化后的计算结果

再次进入CFD-Post模块，仍然选择ZX平面Y轴7.5m处的截面，查看优化后的气流速度图、压力图、速度矢量图以及速度流线图。

优化后的速度云图，整个机房的气流组织都较为均匀且合理，每一个进风口进入的气流均能均匀的流向其两侧的回风口，整个气流组织呈现一个对称的状态，这一点在机房速度流线图中可以更加清晰明朗的看出来。

优化后的气流组织，墙角旋涡消除，机柜周围的空

气滞留现象的到改善，整个气流组织也变得更加均匀，与机柜的热交换也更加充分。相较之前的气流不均匀，墙角之间出现旋涡以及机柜周围滞留空气的特点，优化后的气流组织有力明显的改善，不仅消除了墙角的旋涡，也使得机柜周围空气的流动性大大增加，整个气流组织也变得更加均匀美观。

3.4 优化前后结果的进一步对比

进一步选择4个不同的固定点位，避免选择气流组织紊乱以及旋涡的区域，分别测量优化前后的气流速度，使优化的结果可视化更加明显。选择的点位对比信息如表3.1所示，选点均在ZX平面Y轴7.5m处的截面上，分别选在一个机柜的左右两侧。

表3.1 选取四点的坐标以及优化前后的速度数据

	1	2	3	4
X (m)	1.5	2.6	1.5	6.8
Y (m)	7.5	7.5	7.5	7.5
Z (m)	3.2	2.8	1.8	2.8
优化前速度 (m/s)	0.38	0.79	0.85	0.64
优化后速度 (m/s)	0.78	0.86	0.97	0.68

优化前后同一点的速度显著增大，优化前在靠近旋涡的一点在优化后速度甚至是翻倍的增长，而优化前后的进风速度并未改变，可以见得从进风口到回风口之间的气流流速整体变大，散热效率也会随之增长，同一时间带走的热量也会变多。

4 结论与展望

4.1 结论

本文中，通过对计算中心机房气流模拟优化前后的气流组织对比，发现在初始阶段所做的模拟问题较大，气流紊乱不均匀、大量空气堆积滞留产生旋涡等现象都会使机房的散热效率大打折扣，造成机房能耗莫名的增大。因此需要多想办法来对其进行优化，在保证良好散热效果的同时达到节能环保的目的。

提出的模拟优化终究不是完美的，还是有许多问题值得探讨和改善：

(1) 对于实际的机房来说，机柜的排列方式有很多种，数量以及大小的变化也会导致气流组织的变化，

与此同时相对应的进风口、回风口的位置也应当随之变化。本文中也只是模拟了其中一种较为简单的情况，实际中的机房要会更加复杂。

(2) 除了本文中模拟的单纯改变进、回风口的方式来改善气流组织，还存在着架设冷、热通道的方式，也能使整个机房的气流更加合理，对于更大型的机房来说，冷、热通道封闭处理的方式可以使得整个进、出口的设计更便利，变相的达到节能环保的目的。

(3) 本文的模拟计算只是分析了在理想状况下的情况，在实际过程中，可能架空地板，机柜缝隙，墙面厚度等都会对气流组织有多多少少的影响，对于这种实际的情况，还需要到实地去测量计算，因地制宜更深入的研究。

4.2 展望

本次的模拟计算只是在本科生层面的略有研究，才疏学浅，对于整个行业来讲，只是在前人贡献的基础上加以学习摸索。在实际情况上的研究，还是需要各行业人员们共同努力研究，才能不断的完善进步。

数据中心行业做了这么多优化探索的目的就是为了节省制冷所消耗的能源。正所谓治标不治本，能源问题一直都是人类发展史上各行各业讨论的重要问题，未来谁能解决能源这个大难题才是人类进步的关键所在。

5 结束语

随着计算机技术的发展和网络通信技术的提高，对于机房的运算储存能力有了更搞高的要求，因此能提高计算能力的机房制冷系统在整个机房系统中日益重要，对于实现高效运算、良好散热、节能环保等具有重要的现实意义。由于本人水平有限，论文存在不少失当之处，在所难免。不足之处及疏漏之处恳请各位读者批评指正！

参考文献

- [1] 孙铁柱, 毛彬.一种数据机房散热方式节能解决方案[J].制冷与空调, 2018 (32), 01: 68-70.
- [2] 朱立伟.数据中心机房精密空调温度及气流数值模拟[A].上海, 2019 (02), 058, 03.