

2012

广州晨达电子信息系统有限公司

Adam lau

[云门绿色机房技术的 CFD]

技术白皮书 CDCES 004 V1.1

目录

一. 云门绿色机房综合管理系统简介	2
二. 普通数据机房与采用云门产品化方案的绿色机房对比	5
2.1. 专业术语.....	5
2.2. CFD 对比模拟条件.....	6
2.3. 下送风形式.....	9
2.4. 上送风形式.....	15
三. 云门绿色机房综合管理系统产品技术方案释疑说明	21
3.1. 「云门」与“精确送风”的区别.....	21
3.2. 「云门」与常规“机房监控”的区别.....	21
3.3. 新机房实施「云门」方案的效益.....	22
3.4. 下送风系中，地板下送风的送风效果保证及风压控制.....	25
3.5. 各类安全保证措施.....	26

一. 云门绿色机房综合管理系统简介

数据中心已经从单纯追求运算处理能力，变成追求运算处理能力和能源效率并重的绿色运算

1. 机房的发热量：

数据中心散热不是一成不变的，在不同时段、不同气候条件时数据中心散热动态变化：

- 不同季节，数据中心维护结构散热不同；
- 白天比夜间气温高，白天数据中心围护结构散热大；
- 在不同时段，IT 设备负荷也是动态变化。

机房的总发热量 $\Sigma Q = \text{IT 设备发热量} \Sigma Q_2 + \text{照明发热} + \text{电源转换发热} + \text{建筑围护结构发热}$

其中安装在机柜内的 IT 设备发热量占比最大，而机柜设备负荷并不是每个时刻都不变的，不同类型、不同性质、不同用途的设备在各个时间段内热负荷存在较大差异，也就是峰谷变化，具体地，

$$Q_1 = P_1 \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \text{ (KW)} \quad Q_2 = Q_1 \text{ (KW)}$$

Q1：机柜内设备电负荷

Q2：设备机架发热量

P1：机柜内设备标称总功率

η_1 ：同时使用系数

η_2 ：利用系数

η_3 ：负荷工作均匀系数

通常， η_1 、 η_2 、 η_3 的标定一般为经验估值。而机房内上架设备品种、类型、工作方式繁多，工作时段参差、峰谷负荷相差极大，很难作出准确估值，因而传统的送风方式只能按同时满足最大负荷值考虑。

一般来说，宏观上机房供冷量往往会比机房实际需求大很多；但同时微观上又由于机房内气流循环路径及冷量与设备发热的不匹配，因而许多机房出现局部过热同时往往伴生局部过冷现象。

传统数据中心采取机房或机房局部淹没式（“大水漫灌”）的形式给机柜送风供冷，

环境保障过分强调机房内大环境保持, 忽视了真正对设备正常运行起着决定作用机柜内的微环境保持, 因而在实际运行中总是衍生出过冷与过热、运行效率低下, 空调能耗高居不下等问题。

2. 云门绿色机房综合(动态冷却能耗)管理系统宏观上实现机房冷热通道隔离、总供冷与总散热相匹配按需制冷; 微观上机柜供冷与设备散热相匹配按需供冷: 冷却送风方式从“房间级”的呆滞化供冷(大水漫灌)转变为机柜级灵活按需供冷(“滴灌”); 从静态供冷转变为智能动态供冷, 能耗、供冷和管理从粗放型转变为精细化集约型。

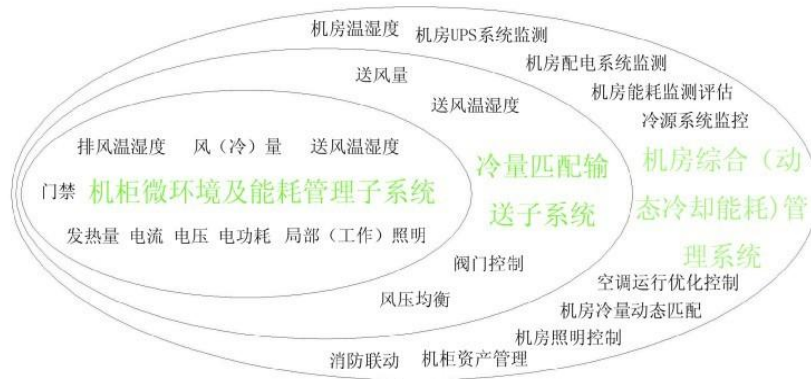
何谓“按需供冷”, 按需制冷可以理解为按机房各机柜热源的不同需要即时供冷, 将相匹配的冷媒送到最贴近热源的地方(机柜内设备前), 也就是将制冷方式从房间级制冷转变为机柜级别制冷, 这是契合机房制冷技术的发展趋势的。

云门绿色机房综合(动态冷却能耗)管理系统是根据机柜设备实时电气负荷为依据动态调节供冷量, 实时准确的标定 $\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$ 的值, 从而在解决过热、提高上架同时, 节省能耗, 特别适用金融、政府、电信这类波峰工作时段业务繁大而波峰段工作时间业务极小(如夜间 21:00 至次日 8:00), 造成业务服务器负载峰谷明显的工况空调系统制冷量与机房总散热量动态相匹配, 节能效果显著。富余下来的制冷能力可以留给机房扩容, 可以在一定的空间范围内安装更多的设备。同时, 在保持数据中心有备份措施的前提下, 根据设备机架所需供冷量和围壳结构等散热情况, 实时动态平衡机房环境的供冷量, 避免过分供冷; 适当提高数据中心环境温度即可减少热损失, 又提高了空调制冷效率。

「云门」以机房动态冷却与能耗优化管理为核心结合机房日常运维管理需求, 宏观与微观有机结合的产品化绿色机房综合管理解决方案, 其具有以下特点:

- 1) 宏观微观有机结合, 能源消耗与环控一体化, 提升机房运维管理;
- 2) 模块化产品方案, 支持即插即用, 丰富、完善的扩展应用;
- 3) 极高可靠性, 两级平台化、主动被动结合闭环管控, 过程管控与日常运维管理相结合;
- 4) 适用范围广, 上送风、下送风, 新建、改扩建均适用;
- 5) 良好的实施费效比, 彻底根除机房局部过热、大幅提升可上架功率密度、降低机房空调系统能耗 35-65%.

「云门」绿色机房综合管理系统的构成分为“机柜微环境控制系统”、“机房动态冷却能耗管理系统”及“冷量匹配输送系统”三个子系统, 各子系统相互之间关系为:



「云门」系统环控核心：以单机柜实时电功耗（发热量）动态匹配机柜供冷（风）；以机房的实时电功耗结合机房其他热负荷预留保险系数动态控制空调系统运行，提高空调系统运行效率。

「云门」能够给用户带来实实在在，看得见的效益与管理便利，回收期短，具有良好的费效比。

- A、解决目前大部分数据中心普遍存在的过热问题，确保数据中心 IT 设备的正常运行；
- B、突破原有送风方式之瓶颈，大幅降低机房空调能耗，节能减排；
- C、管控结合，提高机房可支持上架功率，在机房有限的空间内，安装更多的设备，提高资源利用率；
- D、提升技术管理，直观的图形化显示(例如机柜排风温度云等)，便于运维人员随时掌握细化到机柜的机房运行动态，同时实现数据中心精细化集约型管理；
- E、丰富的扩展功能，可完全替代或兼容原有不完善机房动环监控。

二. 普通数据机房与采用云门产品化方案的绿色机房对比

2.1. 专业术语

(1) CFD

CFD 是计算流体动力学 (Computational Fluid Dynamics) 的简称。它是伴随着计算机技术、数值计算技术的发展而发展的。简单地说, CFD 相当于“虚拟”地在计算机做实验, 用以模拟仿真实际的流体流动及熵变情况。而其基本原理则是数值求解控制流体流动的微分方程, 得出流体流动的流场在连续区域上的离散分布, 从而近似模拟流体流动、熵变情况, 是现代模拟仿真技术的一种。在国外 CFD 技术已逐渐成为广大空调工程师和建筑师解决分析工程问题的有力工具

(2) PUE 值

PUE 是 Power Usage Effectiveness 的缩写, PUE 值反映的是数据中心能源利用效率, 其定义是机房 IT 设备能耗/机房总能耗, 约接近 1 越好。

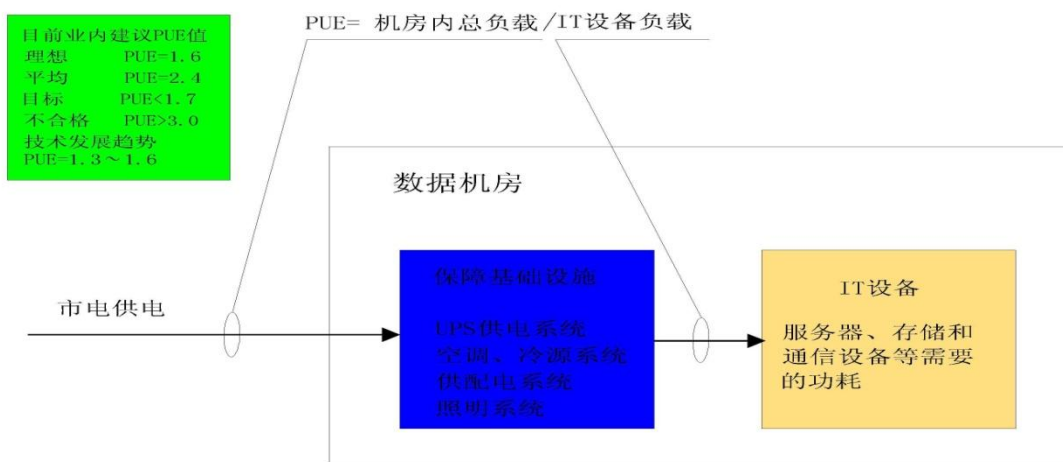


图 1 PUE 值的定义及发展趋势 (未采用自然冷源情况)

(3) ECC 系数

有效冷却系数 ECC 是 Effective cooling coefficient 缩写, 其反映的是机房空调供冷冗余系数 (倒数为机房可支持上架系数); 其定义为机房空调在扣除备份机组后标称总显冷/机房可支撑发热功率, 越接近 1 越好。

2.2. CFD 对比模拟条件

我们将通过某高功率密度政务机房项目为例，以 CFD 方式进行采用划分冷热通道与实施「云门」产品化方案的在上、下送风方式冷却、上架承载力对比。

CFD 模拟基础条件

- (1) 模拟软件采用美国 ANSYS 公司 CFD（建筑制冷暖通版）软件。
- (2) 机房长净高 3600，其中地板上 3200；下送风形式地板下高度 450MM；上送风风管尺寸：空调出风静压箱 100*600，送风管 800*400,均压管 300*300；风口 600*600 配百叶,共 12 个布置于机柜前端顶；机柜采用采用背靠背形式布置。

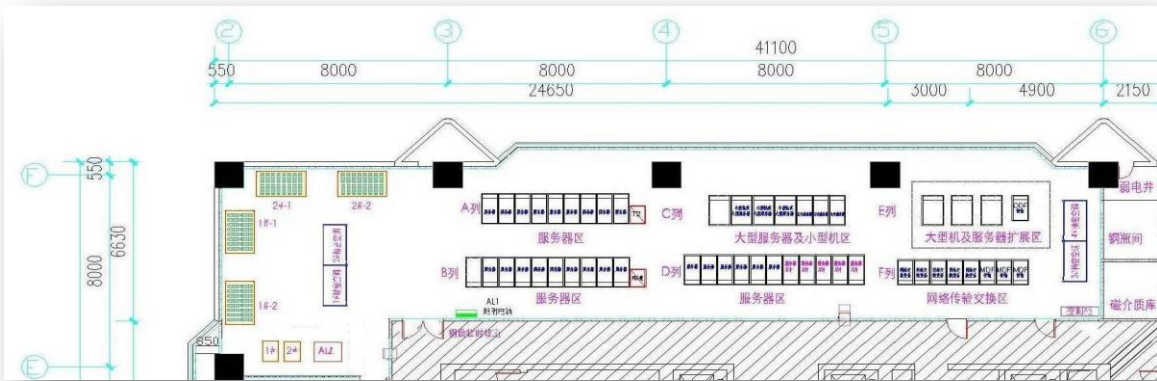


图 2：机房设备布置规划图

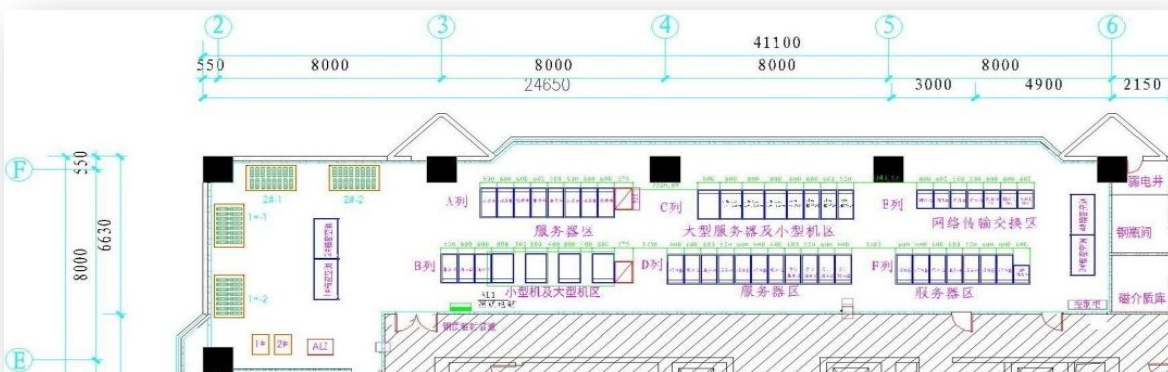


图 3 实施优化云门方案设备布置平面

(3) 精密空调参数:

冷量：全冷80.2KW, 显冷量：64.2KW ；

标准风量：16740m³/h；

机外余压：EC FAN 100-250pa（可调）；

风机台数：2台；

机组尺寸（宽*深*高）：1700*880*2000

每个空调出风都设置导风弯及测量段短管并安装电动风阀(导风弯、短管、风阀尺寸宽同空调机出风口，厚度按地板下最大高度)：空调与风阀联动；空调启动时风阀打开，空调停止时风阀关闭。

室外冷源：风冷冷水模块机组*4 标称功率190.5KW（有备份），最大（无备份）制冷能力为250KW。

(4) 机柜参数：42U(2200mm)标准高度，机柜深度已包括一体化送风深度，网络机柜为1050（深）*600(宽)小型机大型服务器为1250（深）*800（宽），服务器机柜1250（深）*600（宽）；

(5) 机房UPS 200KVA 满载负荷为≤180KVA，1+1运行模式，短时极端最大214kW；电池柜及配电柜、UPS柜损耗发热量按6-7.5kW考虑。

表1. 机房设备CFD模拟发热量

机架名称	数量（台）	规划装机功率（kW）	机柜上/下进风口截面（长*宽 mm）
服务器机柜	28	4	350*150
刀片服务器机柜	8	5	400*150
网络机柜	8	2.5	300*150
小型机或大型服务器	4	8	450*220
大型机柜	1	10	550*220
单纯最大累计		214	
机房规划可支撑上架		≤175	

(6) 机房控制方式：

1)采用云门动态冷却能耗管理系统

先冷设备再冷环境，采用严格冷通道封闭结合动态匹配冷却技术；

空调动态启动控制或调节空调EC风机转速配合静压管控，电池区设置活化送风地板；

微观上根据单机柜电负荷、空调送风温湿度、风量结合机柜排风温度进行闭环控制；

宏观上根据整个机房电负荷消耗结合机房温湿度、空调送风量、地板下送风静压及各机柜耗风量、冷却情况动态管控；

机房目标环境 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ，湿度 40-70%（国家 B 级机房标准）；机柜内进风侧 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，湿度 $50 \pm 10\%$ （优于国家 A 级机房标准）；空调动态投入控制，备份：1 至 N-1 台；

2) 常规机房

先冷环境再冷设备，机房采用淹没式送风冷却；

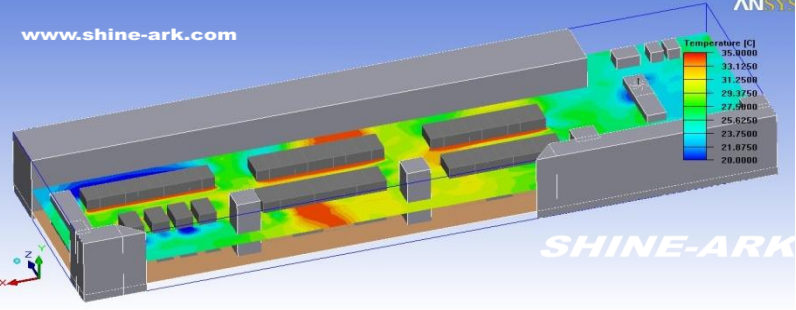
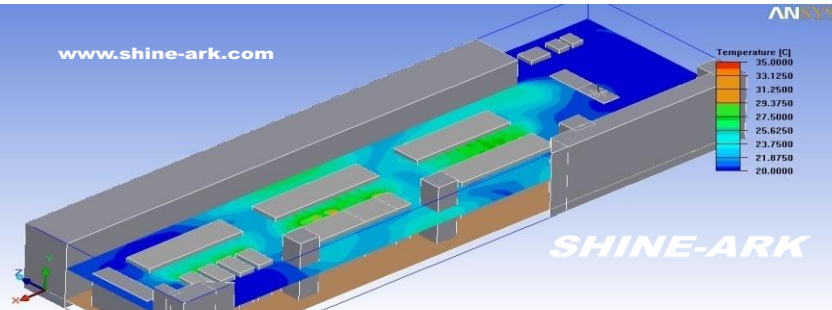
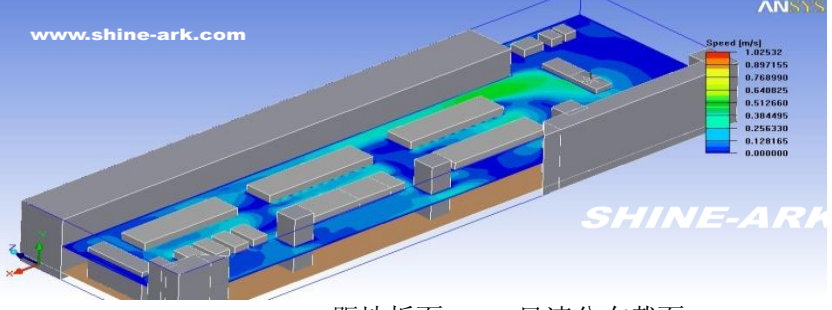
机房目标环境平均 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ （冷通道）及 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ （热通道），湿度 40-70%；空调 3 用 1 备，根据回风状况调节空调制冷及 EC 风机转速，电池区设置地板出风口；

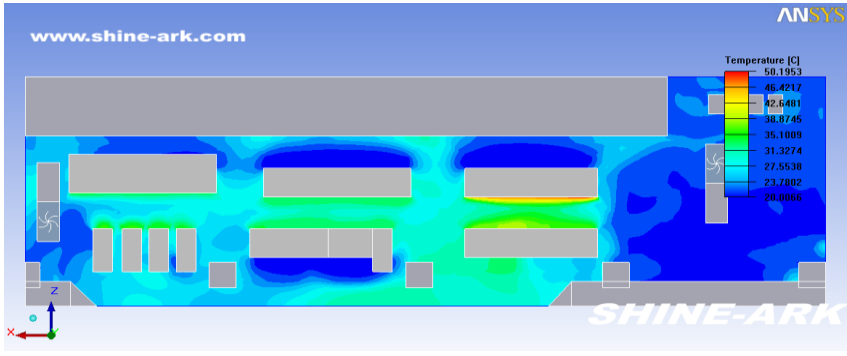
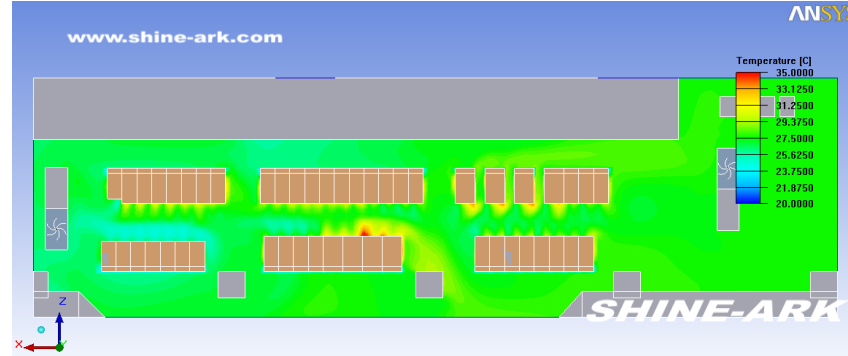
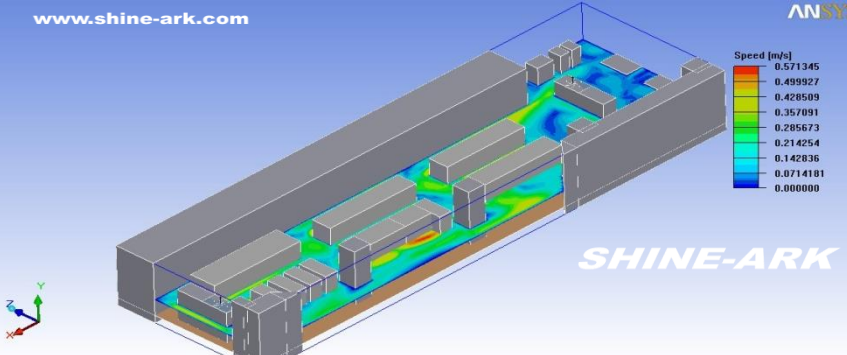
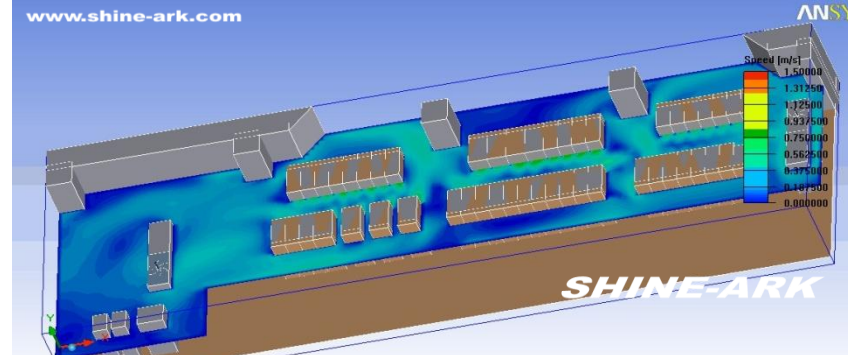


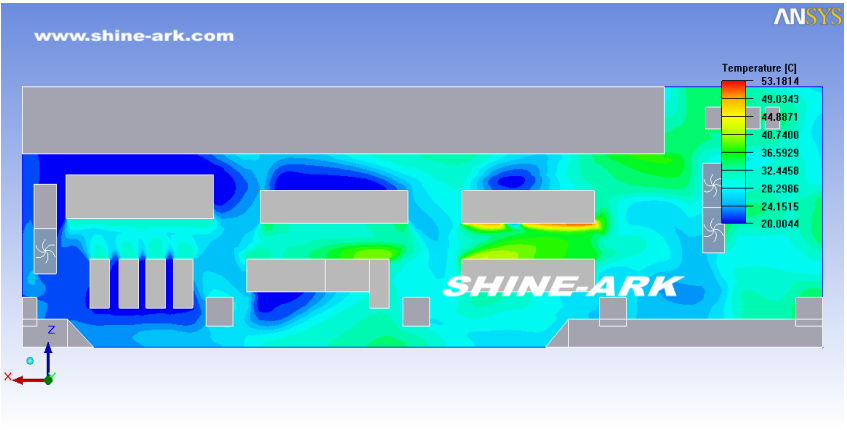
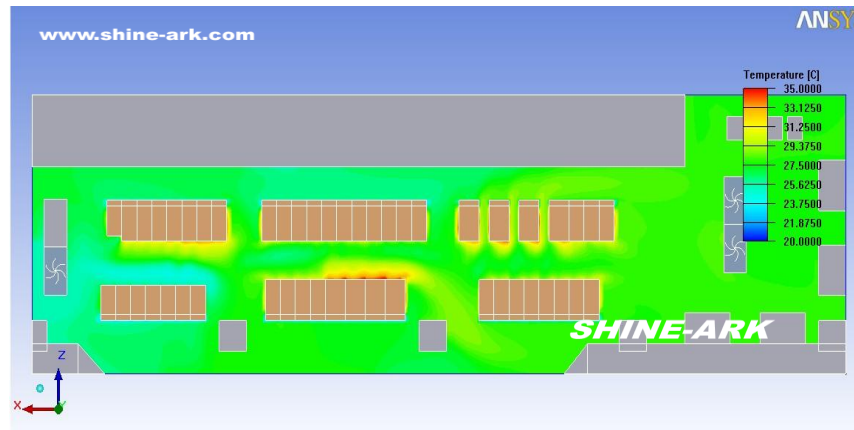
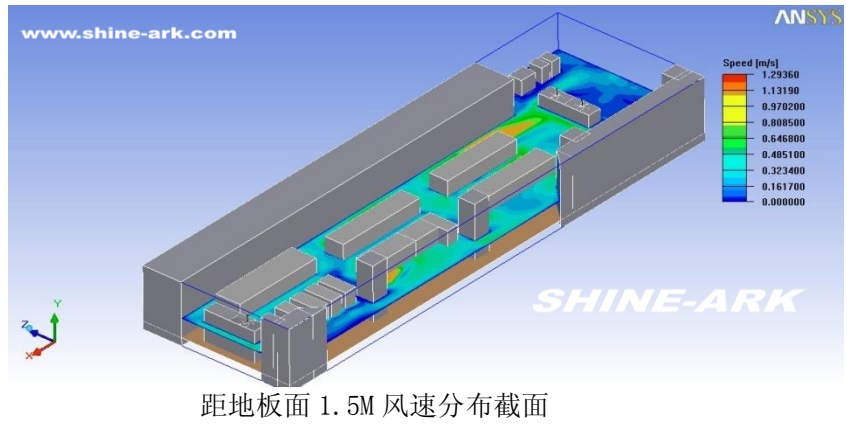
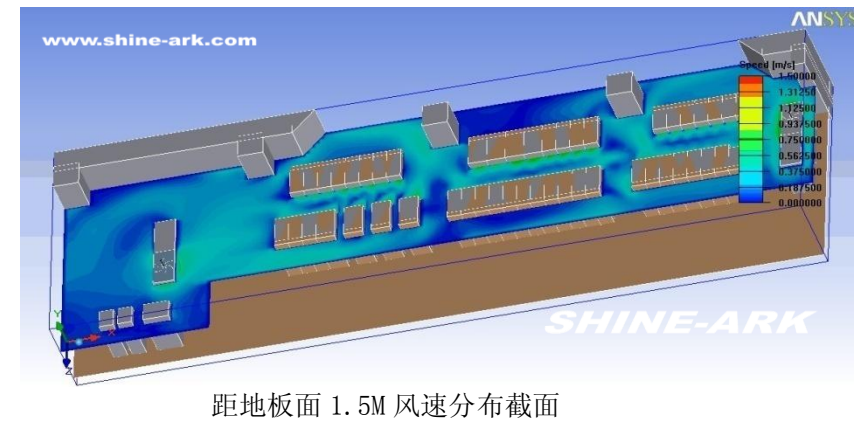
图 4 云门方案下/上送风机柜微环境能源设备布置示意

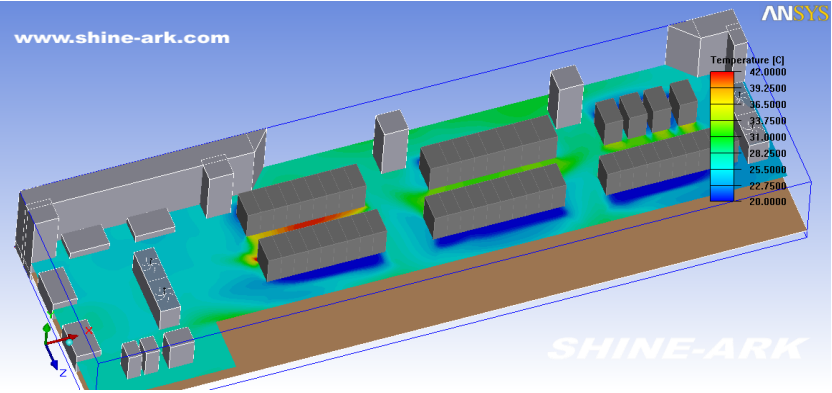
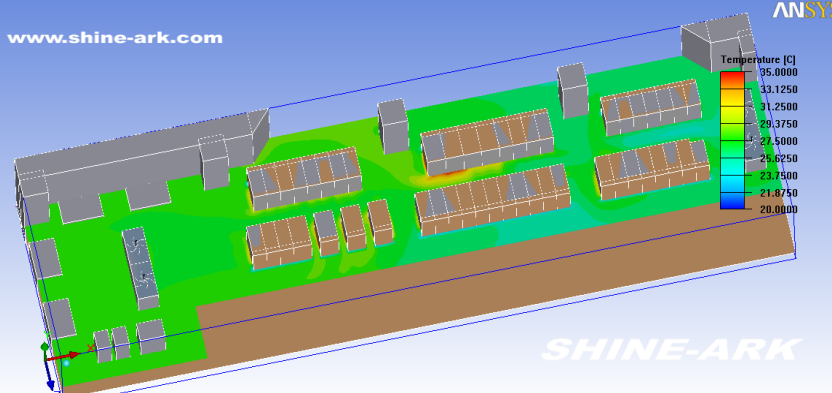
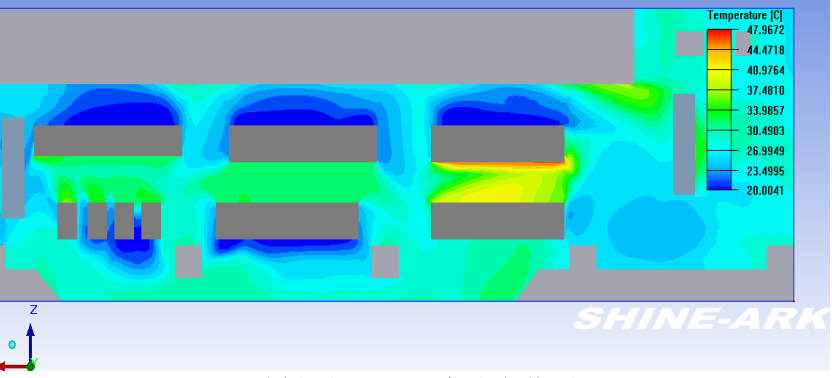
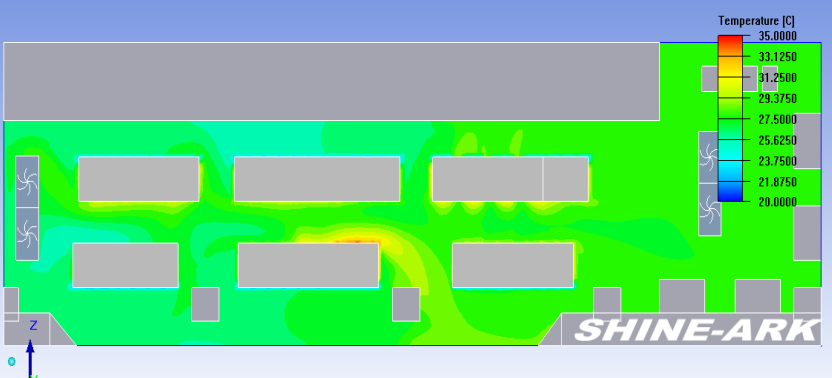
2.3. 下送风形式

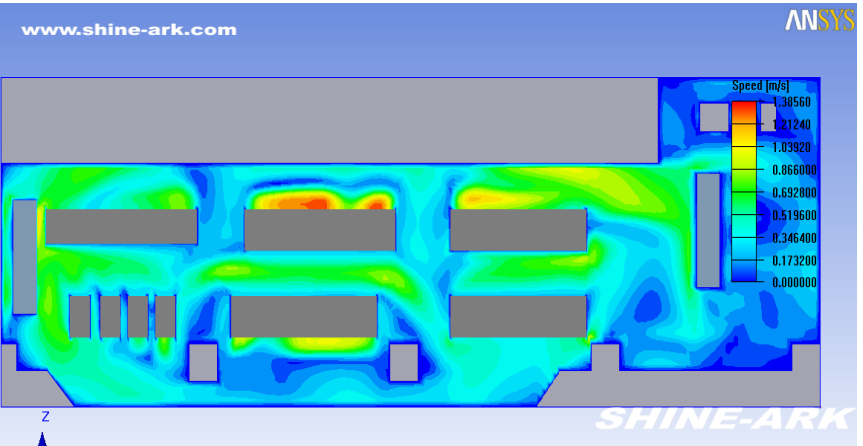
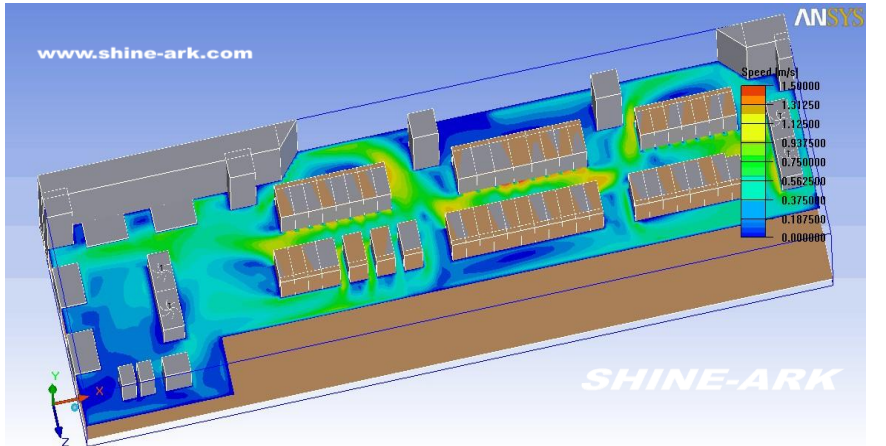
表 2.机房下送风情对比

UPS 负载	划分冷热通道机房 CFD 模拟效果	采用云门动态冷却管理系统 CFD 模拟效果
<p>1.UPS 累计负载 53.5kW (所有 IT 设备机柜均按规划上架功率 25%工作;) 空调启动 1 台</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>
<p>机房冷却状况解读</p>	<p>单机架同时达 25%规划负载 (机房 UPS 负载累计 53.5kW) 时, 若只开启一台空调将存在大面积热区 (33℃以上), 设备无法正常工作, 机房环境保障面临崩溃; 至少启动二台空调方可机房满足使用要求;</p>	 <p>距地板面 1.5M 风速分布截面</p> <p>机架达 25%规划负载 (机房 UPS 负载累计 53.5 kW) 时, 开启一台空调, 环境温度 26℃, 个别机柜背门后出现微小热点 (32℃) 但消散极快; 开启一台空调可以满足机房需求;</p>

<p>2、UPS 累计负载 107kW (所有 IT 设备机柜均按规划上架功率 50%工作;) 空调启动 2 台</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>
	 <p>距地板面 1.5M 风速分布截面</p>	 <p>距地板面 1.5M 风速分布截面</p>
<p>机房冷却状况解读</p>	<p>单机架同时达 50%规划负载 (机房 UPS 负载累计 107kW) 时, 开启二台空调机房将同时存在大面积过热与局部过冷区域 (热区 40℃ 以上, 冷区 21℃), 环境温度 37℃, 气流有短路现象, 设备无法正常工作, 机房环境保障崩溃; 至少启动三台空调方可勉强满足机房使用要求;</p>	<p>单机架同时达 50%规划负载 (机房 UPS 负载累计 107kW) 时, 开启二台空调机房, 个别机柜后门存在小面积热点 (≤34℃) 但消散极快, 环境温度 27℃, 风速分布有序; 开启二台空调可以满足机房需求;</p>

<p>3、UPS 接近满载，累计负载 160.5kW (IT 设备机柜达到规划上架功率的 75%;) 空调启动 3 台，留有备份</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>
	 <p>距地板面 1.5M 风速分布截面</p>	 <p>距地板面 1.5M 风速分布截面</p>
<p>机房冷却状况解读</p>	<p>单机架同时达 75%规划负载（接近机房规划负载，机房 UPS 负载累计 160.5kW）时，开启三台空调，机房将出现大面积高热区（40℃ 以上，最高 52℃），环境温度 $\geq 36^\circ\text{C}$，气流有短路现象，机房环境保障崩溃；同时启动四台空调（无备份）亦不能保证机房正常使用；</p> <p>单机架同时达 75%规划负载（机房 UPS 负载累计 160.5kW）时，开启三台空调机房，个别大功率机柜后门存在微小面积热点（$\leq 34^\circ\text{C}$）但消散极快，环境温度 26℃ 且分布均匀，风速分布有序；开启三台空调可以满足机房需求；</p>	

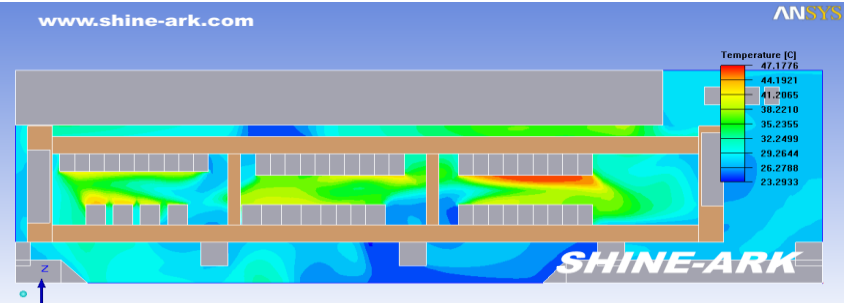
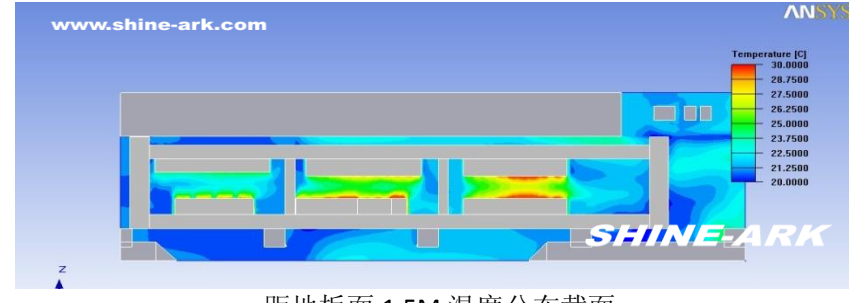
<p>4、UPS 超载，达到 214kW 极限状况</p> <p>(IT 设备机柜同时达到规划上架功率的 100%；UPS 负载 120%)</p> <p>空调全部启动</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布界面 1</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面 1</p>
	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面 2</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面 2</p>

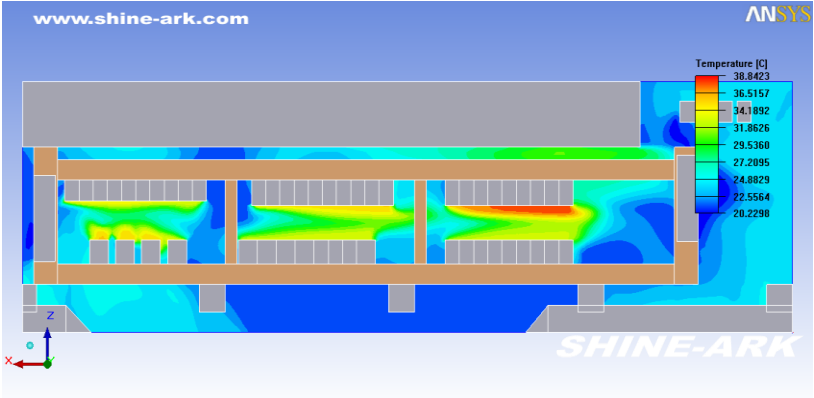
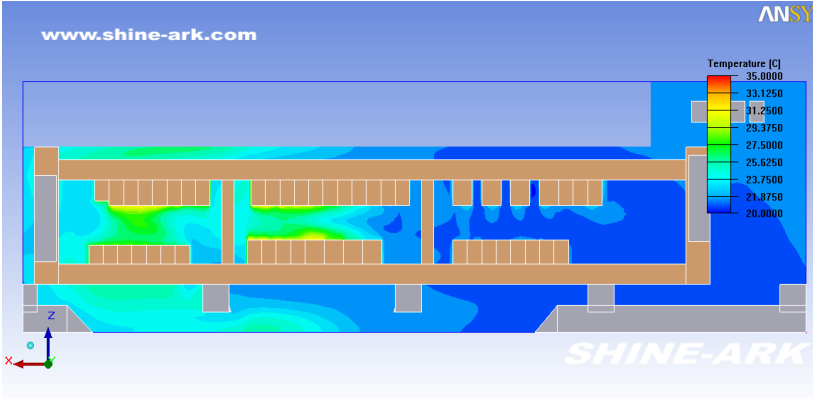
	 <p>距地板面 1.5M 风速分布截面</p>	 <p>距地板面 1.5M 风速分布截面</p>
<p>机房冷却状况解读</p>	<p>单机架同时达 100%规划负载（UPS 超载 20%或机房 UPS 负载累计 214kW，短时极限状态）时，开启四台空调，机房将出现大面积高热区（46℃左右），环境温度分布极为不均、大面积热点，环境温度 38℃以上，气流紊乱短路，机房环境保障早已崩溃；</p>	<p>单机架同时达 100%规划负载（机房 UPS 超负荷 20%，累计 214kW）时，开启四台空调机房，无明显热点，环境温度 27℃且分布均匀，风速分布有序；开启四台空调可以满足极限情况下机房需求；</p>
<p>结论</p>	<p>1. 普通下送风机房虽然划分了冷热通道，但因其冷热通道没有严格隔离、地板下送风通道静压缺乏均衡管控及机柜冷却的固化呆滞等原因，在保有备份机组的情况下空调系统最多只能支持机房≤100KW 左右的机房发热功率，$ECC(\text{供冷(显)能力}/\text{可支持设备发热量}) > 1.9$，也就是说此机房需要近 2 倍于设备发热功率的供冷能力供冷及送风方可满足机房使用要求；</p> <p>本机房布局合理，划分了冷热通道的机房其供冷（显）能力/可支持设备发热量好于未划分冷热通道机房的 2.4-3，但不理想，带来的问题必定是机房可支持上架率达不到规划以及能耗高企（PUE 值不达标）；</p>	

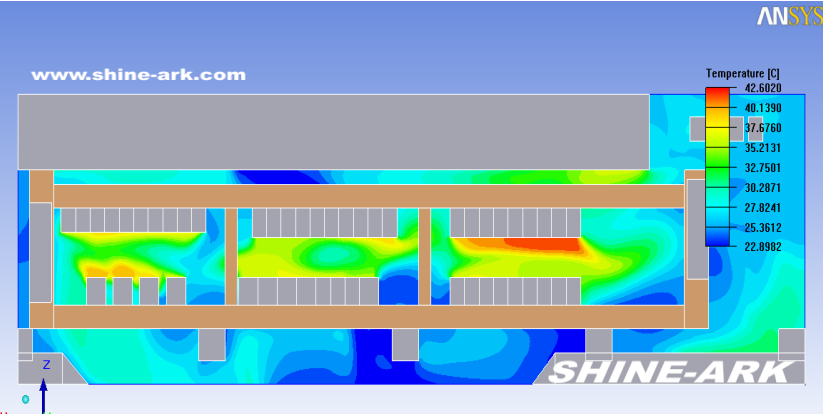
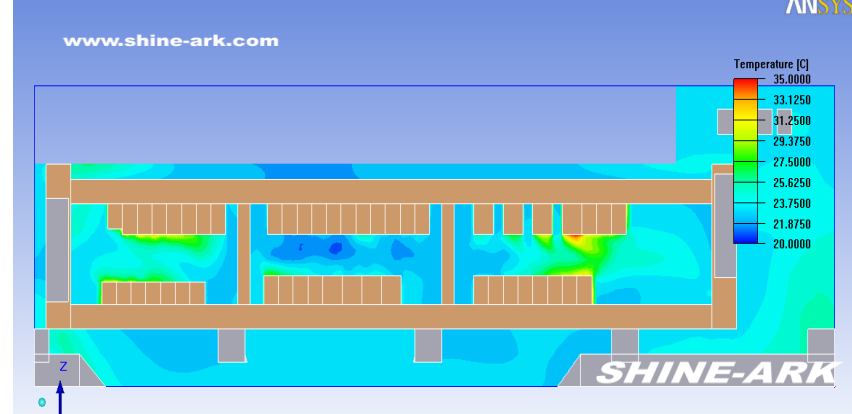
	<p>2. 采用云门方案后因其严格隔离了冷热通道并设置了地板下送风通道静压均衡管控及根据单机柜实时发热量匹配动态智能冷却等原因在保有备份机组的情况下空调系统可支撑机房设备发热量 $>165KW$，$ECC < 1.12$，也就是说此机房最多只需要比设备实时发热功率的大 12% 供冷能力供冷送风即可满足机房规划使用要求，由此带来的是空调运行效率的提高及优秀的能耗指标（PUE 值）；</p> <p>3. 采用云门方案机房冷却与电气能耗（发热量）智能动态匹配其可支持设备上架功率完全达到规划要求，在有备份空调机组情况下可支持机房设备发热量 $>165KW$，极限情况下可支持机房设备发热量 $\leq 214KW$，机房具有优秀的能耗指标，在不采用自然冷源的情况下，PUE 值 1.3-1.65，且机房环境温度均匀，环境温度达标，热点问题在本机房全生命周期中彻底消除；</p>
--	--

2.4. 上送风形式

表 3.上送风形式对比

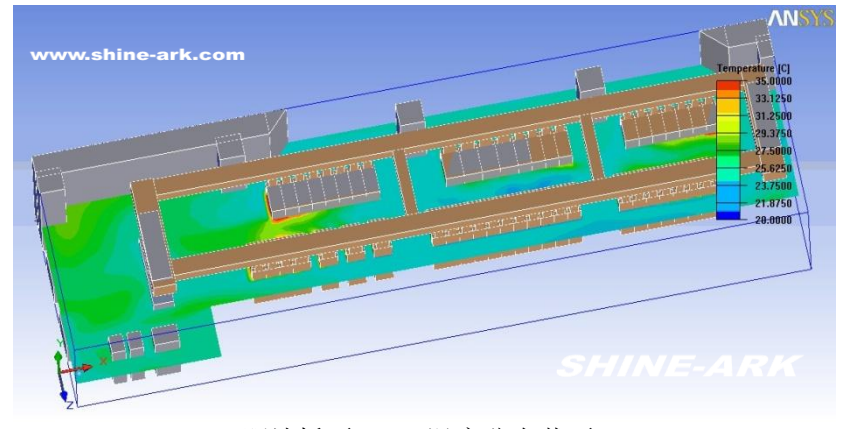
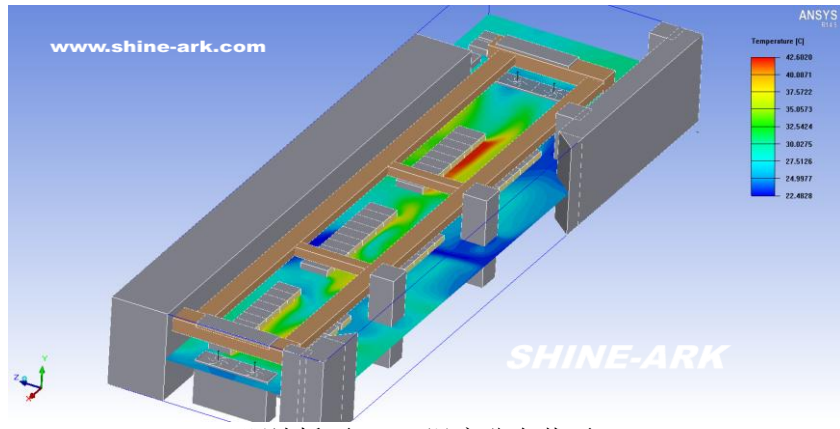
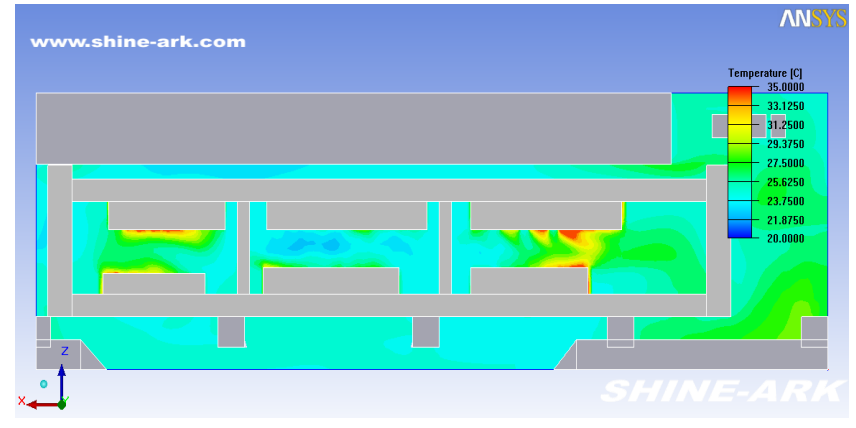
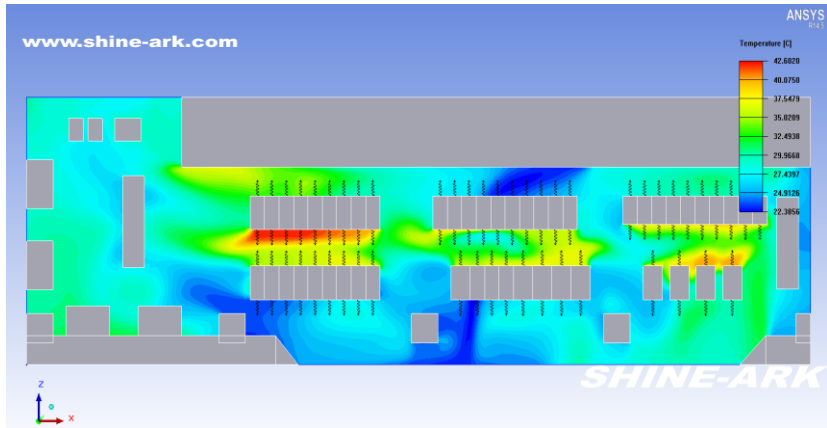
UPS 负载	划分冷热通道机房模拟效果	采用云门动态冷却管理系统模拟效果
<p>1、UPS 累计负载 53.5kW (所有 IT 设备机柜均按规划上架功率 25%工作;) 空调启动 1 台</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>
<p>机房冷却状况解读</p>	<p>单机架同时达 25%规划负载 (机房 UPS 负载累计 53.5kW) 时, 若只开启一台空调将存在大面积热区 (38-46°C), 设备无法正常工作, 机房环境保障崩溃; 至少启动二台空调方可机房满足使用要求;</p>	<p>机架达 25%规划负载 (机房 UPS 负载累计 53.5 kW) 时, 开启一台空调, 环境温度 26°C, 右侧机柜列背门后出现轻微热点 (29°C) 但消散很快; 开启一台空调可以基本满足机房需求, 出于保险起见建议间歇</p>

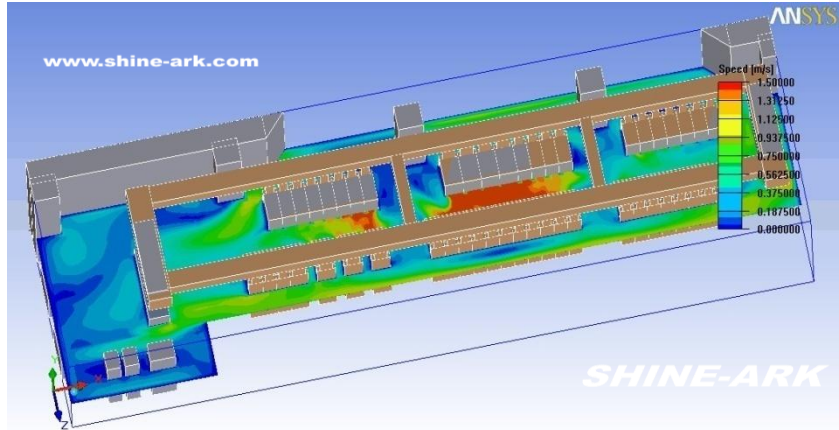
		性投入第二台空调;
<p>2、UPS 累计负载 107kW (所有 IT 设备机柜均按规划上架功率 50%工作;) 空调启动 2 台</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>	 <p>距 地板面 1.5M 温度分布截面</p>
<p>机房冷却状况解读</p>	<p>单机架同时达 50%规划负载 (机房 UPS 负载累计 107kW) 时, 开启二台空调机房将同时存在大面积过热与局部过冷区域 (热区 32-38°C, 冷区 20°C), 平均环境温度 31°C 且分布不均, 气流有短路现象, 设备无法正常工作, 机房环境保障面临崩溃; 至少启动三台空调方可满足机房使用要求;</p>	<p>单机架同时达 50%规划负载 (机房 UPS 负载累计 107kW) 时, 开启二台空调机房, 无明显热点, 环境温度 25°C; 开启二台空调可以满足机房需求;</p>

<p>3、UPS 接近满载，累计负载 160.5kW (IT 设备机柜达到规划上架功率的 75%;) 空调启动 3 台，留有备份</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>	 <p>距地板面 1.5M 温度分布截面</p>
<p>不同负荷下机房冷却状况解读</p>	<p>单机架同时达 75%规划负载 (接近机房规划负载, 机房 UPS 负载累计 160.5kW) 时, 开启三台空调, 机房将出现大面积高热区(37°C 以上, 最高 42°C), 环境温度 ≥35°C, 气流有短路现象, 机房环境保障崩溃; 同时启动四台空调 (无备份) 亦不能保证机房正常使用;</p>	<p>单机架同时达 75%规划负载 (机房 UPS 负载累计 160.5kW) 时, 开启三台空调机房, 个别大功率机柜后门存在微小热点 (≤32°C) 但消散极快, 环境温度 24°C 且分布均匀, 风速分布有序; 开启三台空调可以满足机房需求;</p>

4、UPS 超载，
达到 214kW
极限状况

(IT 设备机
柜同时达到
规划上架功
率的 100%；
UPS 负载
120%)
空调全部启
动



		 <p>距地板面 1.5M 风速分布截面</p>
<p>机房冷却状况解读</p>	<p>单机架同时达 100%规划负载 (UPS 超载 20%或机房 UPS 负载累计 214kW, 短时极限状态) 时, 开启四台空调, 机房将出现大面积高热区 (36-42℃左右), 环境温度分布极为不均、大面积热点, 环境温度 35℃以上, 气流紊乱短路, 机房环境保障早已崩溃;</p>	<p>单机架同时达 100%规划负载(机房 UPS 超负荷 20%, 累计 214kW) 时, 开启四台空调机房, 个别大功率机柜后门存在小热点 ($\leq 34^{\circ}\text{C}$) 但消散很快, 环境温度 26℃且分布均匀, 风速分布有序; 开启四台空调可以满足极限情况下机房需求;</p>
<p>结论</p>	<p>1. 普通上送风机房虽然划分了冷热通道且送风管路设计合理、风口开设恰当并设有风压平衡措施, 但因其冷热通道没有严格隔离、静压缺乏动态均衡管控及机柜冷却的固化呆滞等原因, 在保有备份机组的情况下空调系统最多只能支持机房 90kW 左右的机房发热功率, ECC(供冷(显)能力/可支持设备发热量)>2.1, 也就是说此机房需要 2.1 倍于设备发热功率的供冷能力供冷及送风方可满足机房使用要求; 布局合理, 划分了冷热通道的机房其供冷(显)能力/可支持设备发热量好于未划分冷热通道机房的 2.4-3, 但不理想, 带来的问题必定是机房可支持上架率达不到规划以及能耗高企 (PUE 值不达标);</p>	

2. 采用云门方案后因其严格隔离了冷热通道并设置了地板下送风通道静压均衡管控及根据单机柜实时发热量动态智能冷却等原因在保有备份机组的情况下空调系统可支撑机房设备发热量 $\geq 165\text{KW}$ ， $\text{ECC} < 1.12$ ，也就是说此机房最多只需要比设备发热功率的大 12%供冷能力供冷送风即可满足机房规划使用要求；
3. 采用云门方案机房冷却与电气能耗（发热量）智能动态匹配其可支持设备上架功率完全达到规划要求，在有备份空调机组情况下可支持机房设备发热量 $> 165\text{KW}$ ，极限情况下可支持机房设备发热量 $\leq 214\text{KW}$ ，机房具有优秀的能耗指标，在不采用自然冷源的情况下，PUE 值 1.3-1.65，且机房环境温度均匀，环境温度达标，热点问题在本机房全生命周期中彻底消除。

三.云门绿色机房综合管理系统产品技术方案释疑说明

3.1. 「云门」与“精确送风”的区别

首先，精确送风只相当于组成“云门”三个子系里的“冷量匹配输送子系统”的一部分；

其次，精确送风根本做不到精确，不同位置的机柜冷却效果参差，差别极大，直接影响机房可支持上架功率与能耗，充其量顶多可称为定点送风；

第三，哪怕是加装自动控制的精确送风，其控制方式也是被动的，非独立平台化、产品化的系统，可靠性相对较低，缺乏容错能力、准确性、主动性与可扩展性；

第四，云门是一套基于机房能耗的机房动态冷却管理系统，其触角及管控措施细化到单机柜，并有着可扩充增值服务，已跳出了单纯的为解决散热而冷却，甚至涵盖取代了机房原有监测措施；

第五，节能效果相差较远，云门对空调系统的节能效率可达 35-65%，从已实施项目看其 PUE 值可达 1.37-1.5，同时可支持上架功率大幅提升，而精确送风只对解决局部过热有较明显效果，对空调系统的节能最多 20%；

第六，云门适用面广，上送风、下送风场合，新建、改造均适用，是全套产品化的解决方案，精确送风目前只适用上送风，并且压力平衡尚存问题。

3.2. 「云门」与常规“机房监控”的区别

常规意义的“机房监控”通常只是监测读取 UPS、空调、机房温湿度传感器、门禁等，以“监”为主，基本上不涉及“控”，其监测触角是不完善的房间级，对真正牵涉到设备正常运行的机柜内环境、能源的变化根本无法企及，更遑论做出技术管控；“云门”是一套以机柜（房）动态冷却、能源管理为核心的集机房（UPS、空调、机房大环境、送风、热交换等）、机柜监测、运行控制与运维管理、增值服务为一体的闭环神经元架构的机房综合管理系统。

3.3. 新机房实施「云门」方案的效益

机房的能源消耗构成不少国内外资料已对此做出了统计分析，比较一致的是冷却系统所消耗能源占机房 40-52%，在我国华南普遍 46-54%乃至更高。

机房的节能空间在哪里？例如：

某机房空调的电源消耗占机房 45%，IT 设备占 46%，其余为电源损耗及照明，那么这个机房的 $PUE = (45+46+9) \% / 46\% = 2.17$ ，而实际上现行空调机组技术经过百多年发展相当成熟，其能效比 COP（制冷量/输入电量）值风冷系统约 2.5-3.2（大型水冷系统的 COP 值约 4.2-5.1），假设这个机房采用的空调系统 COP 值为 3，机房的热负荷不变那么在充分发挥其作用的时候，不考虑别的因素时其冷却系统能源消耗应为（IT 设备消耗电量+电源损耗及照明）/3；考虑到夏季还存在围护结构热负荷，我们参照通常机房热负荷占设备负荷比值的 15%考虑，冷却系统能源消耗应为（IT 设备消耗电量*1.15+电源损耗及照明）/3，具体到本例较理想状态下机房 $PUE = \frac{46+9+(46*1.15+9)}{3} / 46 = 1.64$ ，与现时的 2.17 足足少了 0.53，这可能意味着每年的运行电费有可能降低十几万、几十万乃至上百万（视项目具体规模）；但为什么现时国内机房普遍 PUE 值不够理想呢，我们认为主要是冷源有效利用率低、气流规划紊乱以及缺乏发热与冷却结合的智能动态的管控手段造成，我们通过技术手段完全可以避免上述不利，大幅降低电耗。这也是我们开发「云门」系统的初衷之一。

（*本论述只针对不采用自然冷源的机房冷却系统探讨，电气系统的节能另文阐述）

机房的优化是个跨专业实践性很强的工作，以上理论结合到机房的实际规划、建设及运行维护管理中来，我们还要考虑以下因素：

首先，机房的节能的效果不是无限的，只能根据当时当地的富余能量，把一些原来富余的冷（风）量、电量、水量节约下来，而不应把正常生产应该消耗的能量也节省掉，来考虑能够节约的效果。对于新建机房而言，规划、设计的标准与既有机房相比较有了提高了，新工艺、新技术亦可以得到部分应用，这些对机房散热效果是有帮助的，但另一方面也应看到机房设备的功率密度随着芯片的集成度也在不断攀升，发热与冷却是这一对矛盾不但没有消失而且已突破了部分既有规范，新的冷却方式采用需要在机房建设前未雨绸缪；

其次，现在机房的 IT 设备、电源、传输乃至冷源实用方面都有了较大提高改善，而机房冷却方式上划分了冷热通道改进，也有了列间空调等分布制冷方式的创新，但我们也看到这些冷却方式虽然对提高机房冷却有一定效果，但其冷却方式仍然没跳出既往的“淹没式”的框框，冷却方式没有根本改变。我们知道热量的发散有三种形式：对流、传导、辐射，对于目前的计算机设备而言以对流效率为最高，应为散热为绝对主导。在淹没式或局部淹没式冷却机房，冷却气流从冷源出风到回风需要经历路径：风口出风 → 与室内空气混合 → 送至机柜前 → 被机柜内设备吸入、加热 → 排出 → 与室内空气混合 → 回到冷源，这样一个过程，在此过程气流需要两次与室内空气混合及经由相当进风阻力的机柜前门后才对 IT 设备进行散热，冷却气流的不够“纯”（即不与外部混合，其特性不受外部环境影响）；这当中还存在着有相当冷却气流未及进入机柜已沿气流阻力小的路径短路流回冷源，因此有效的冷却气流占比不多，不能形成有效冷热交换对流，热交换效率低下；一方面，“淹没式”送风方式前提要求空调整冷量风量足够大且留有充分裕量；另一方面，这种方式冷热通道未彻底隔离且送风量不均匀：某些散热量大的机柜送风量不足，而某些散热量小的机柜送风量多余。

同时由于冷热通道的彻底隔离，改变了机房环境温度形成的机制，由“先冷环境再冷设备”向先冷设备再冷环境“转变，在不改变机柜设备冷却工艺要求的情况下将机房大环境由原来 22℃ 提高到 28-30℃，机房围护结构的热负荷大为降低，在一些地区甚至可以忽略。

第三，我们知道，在设备冷却中真正起作用的是送到机柜内部设备进风口前端的冷气。而淹没式的各类送风冷却方式，过份强调机房内大环境保持，忽视了真正对设备正常运行起着决定作用机柜内的微环境保持，因而在实际运行中总是衍生出过冷与过热、运行效率低下，空调能耗高居不下等问题。根据某运营商运维支撑中心对各类机房 UPS 负荷与供冷能力做了部分统计，在传统“淹没式”冷却形式下要想机房温度不超标，空调整冷量需为机房设备散热量的 2.5—3.5 倍，这也是淹没式冷却方式被戏称为“大水漫灌”的原由，在发热量提升突破平衡点后只有进一步按增加发热量的 2.5-3.5 倍提高水位（供冷能力）。这就是为什么一些机房在建设时按机房空调的标准（扣除备份后标称制冷量累计 $\geq 1.2-1.5$ 倍 UPS 容量或 1 平方规划制冷量大于某值）规划，投入使用后随着上架容量提升到 UPS 容量的 25%-40%，陆续出现过热，不能达到原设计上架率等症结所在。现在

虽然有了列间空调、制（水）冷背板等新的冷却方式，但前者只对局部的过热有较好抑制效果，后者除了不错冷却效果外还带来了不菲的投资、持有成本及运行中的一些隐患，而且还离不开机房环境的辅助制冷加湿措施。

第四，机柜内的 IT 设备负荷(发热量)不是一成不变，在不同时段、不同气候条件时数据中心散热动态变化：不同季节，数据中心维护结构散热不同；在不同时段，不同性质的 IT 设备负荷也是动态变化。

传统数据中心空调系统按所有设备同时达到最大散热提供冷却服务，不可避免造成严重浪费，这也是淹没式冷却方式被戏称为“大水漫灌”的原由，在发热量提升突破平衡点后只有进一步按增加发热量的 2.5-3.5 倍提高水位（供冷能力）。在机房数据中心能耗匹配系统中，根据数据中心具体散热需求及机房温度情况动态管理空调制冷，机房实时总制冷量与总发热量实时动态匹配。

第五，缺乏有效的能耗管理措施，规划、运维人员缺乏制冷、能耗的成本意识：首先是规划的不到位，缺乏全面、长远的使用计划与技术实践经验，设计人员与运维人员缺乏长期跟踪沟通；其次缺乏有效的在线能耗监测管理措施，机房运维上许多看似司空见惯的现象都可以进一步改善、优化。现在的问题是电费帐单不会递到机房管理人员手上，因此机房管理人员并不确切了解电力、空调使用情况及富裕能量，另一方面运维管理人员也没法细致、直观的了解单机架负荷状况及能耗、空调系统负荷状况及电源能耗等对优化能耗管理至关重要的参数，因此一套完善的细化到单机柜的在线能源(电力)消耗监测系统对是必不可少的，它对数据中心的宏观环境、微观环境的运行管理及电力挖潜节能起着至关重要作用。

“云门”技术（产品）方案是一个根植于机房动态冷却及能耗管理的宏观与微观结合的综合平台技术方案。方案（产品）分为机柜微环境能耗管理、冷量匹配输送、机房动态冷却管理三个子系统，两级嵌入式平台。由于缺乏新机房的实施对比数据，无法直接给予数值对比，但我们认为既有机房在凸显过热之前亦是遵照现行规范按“全淹没”冷却模式进行没进行构建，新机房建好时上架率很低空调供冷送风能力远远大于发热量，（若果不计较能耗的话）当然没有问题，但并不表示上架率上来后也没问题。从我们既往实施项目看实施“云门”方案空调整节能率在 37—65%之间（视项目情况），具体各子系统节能率分布约为：

实施冷热通道彻底隔离的冷量匹配输送系统将风量送至机柜内约可节能

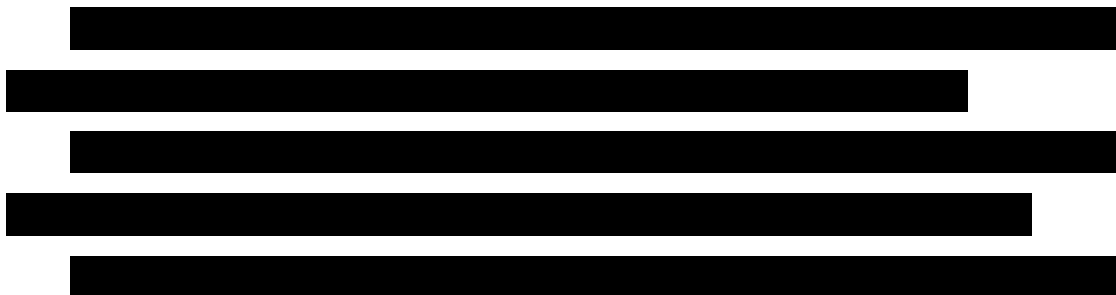
13-20%；机房环境温度提升可带来约 5-10%的效益；实施微观宏观结合两级联动管控平台约可节能 20-40%；提升机柜装机密度效益，节省了新机房房屋购置、基建等成本；及机柜安全保障、资产管理、优化运维管理等其他效益。

3.4.下送风系中，地板下送风的送风效果保证及风压控制

在机房常用固定出风口的地板下送风系统中，常出现以下情况：距离空调机近的机柜没有风量，甚至会由于地板下气流速度过高出现地板上负压产生反向气流的情况；在地板下较通畅的情况下距离稍远的机柜出风效果好；地板下不够通畅的在阻碍处附近迎风面的机柜出风效果较好；并不是象设计者、用户所期望那样各个出风口（机柜）平均出风，产生这种情况是地板下机柜走线口未予封闭及地板上出风口面积累计过大、位置不合理，破坏了地板下静压箱的功能。空调风机有一定的性能曲线，其风量、风压（动压、静压）是随曲线走的。如果系统阻力大，则风量就小，静压就大，风机的实际功耗就小；反之，系统阻力小，风量就大，静压就小甚至为 0，系统实际功率就大，甚至有可能出现风机过载。通俗的说如果将风（冷）量看做是水，风机是水泵，则地板下（静压箱）犹如一个水池，出风口相当于排水管，静压值相当于是水池水位，动压相当于补水流速，在水龙头口径大小一定的情况下，水位高的水池当然出水更大；而当地板下静压箱功能被破坏时，相当于水池开了太多口子水位蓄不起，安装位置低的排水管才有水出，安装位置高的排水管没水出。

要解决这种情况关键是让水池能提高水位（地板下能蓄起静压），适当提高水池（地板）密闭性封闭不必要的出口，改排水管（出风地板）为水龙头（连续可调风口）发挥水龙头（连续可调风口）调节出水（风）的功能，在规定的需要多少这就要出水（风）多少。

具体地实施方法：



[Redacted text block]

3.5.各类安全保证措施

云门技术（产品）方案因技术管控手段在满足机房常规监测之余已将触角细化细化延伸到单机柜的微环境冷却、设备组供电、运维管理等构建了机房“神经元”，同时设有多重保险措施确保系统的安全性不低于精密空调。

[Redacted text block]

[Redacted content]

*微观及宏观安全措施具体共 22 条，以确保机房冷却系统绝对安全;由于涉及技术保密,我们将在项目达到深化设计阶段将相关安全保障措施及控制流程提供给客户。

欢迎进行技术咨询探讨、交流合作：engineer@shine-ark.com ; adam.lau@139.com