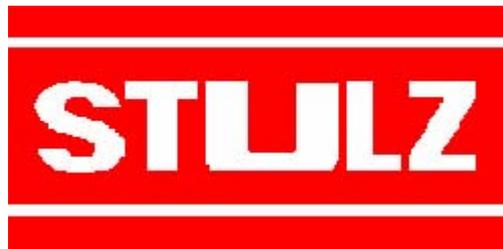


- 白皮书 -

先进的节能数据中心空调

- 动态自然冷却[®] -

第2版，2008年4月



目录

摘要.....	3
1. 为什么我需要节能制冷系统.....	3
2. 数据中心空调系统的能源使用	3
3. 降低数据中心空调系统的能源使用量.....	4
4. 具备DFC®的空调系统.....	5
5. 动态自然冷却® – 它如何提高效率.....	5
A. 动态水温控制	5
B. 自然冷却备机管理.....	7
C. 间接自然冷却	8
D. 动态组件控制	8
E. 优化的机箱设计	9
F. 双二通阀系统	9
6. 动态自然冷却® – 能够节省多少.....	9
7. 动态自然冷却® – 成本和回报期.....	10

摘要

日益增长的能源成本和有限的可用电力资源正推动数据中心行业采用高能效的技术设备。Dynamic Free Cooling[®] (动态自然冷却) 是数据中心空调系统的一种控制概念，它综合了高效的间接自然冷却精密空调机组、带风机速度控制的干冷器以及中控调速水泵，形成一种高效率的精密制冷系统。所有系统组件均受中央控制，以便根据环境温度和机房负荷条件最大限度降低总能耗。

1. 为什么我需要节能制冷系统

在您的数据中心采用节能型精密制冷系统有两个主要理由。第一个原因是节省数据中心内的运行成本。在当今的数据中心中，数据中心整体输入功率的40%是被制冷设备所消耗的。在最糟糕的情况下，甚至会达到60%。其次，电力正在成为一种紧缺资源，应该用于最大限度发挥服务器的效能，而不应浪费在对制冷设备的非必要驱动上。除了降低成本、实现更高效的电力管理之外，业界一直有关于采用节能型制冷系统的低单位面积碳排放的“绿色”数据中心的讨论。

2. 数据中心空调系统的能耗

数据中心需要使用空调系统来清除由服务器和其他热源产生的热量，且空调系统需要冗余配置实现每天7×24小时的高可靠性和高可用性。温度、湿度和空气洁净度必须符合IT设备制造商的规范。许多空调系统都消耗大量的电力来运行风机、压缩机和泵。机房空调机组的风机对经过处理的空气进行循环，由此将热量由IT设备传递机房空调机组。

直接膨胀 (DX) 式风冷型、水或乙二醇冷却系统中的压缩机会直接吸收热量，冷水机组利用冷冻水作为次级制冷剂间接吸收热量。压缩机是空调系统内用电量最大的设备。其他用电的组件包括：冷却水或乙二醇循环泵，以及位于建筑物外最终向大气排放热量的冷凝器、干冷器或冷却塔风机。

3. 降低数据中心空调系统的能耗

鉴于未来发展、冗余和安全性因素，数据中心空调系统通常会过度设计。可以采用备份空调设备来降低总能耗。备份机组可用于分担提供给所有机组的气流。这将实现巨大的能源节约。由此，备份机组的热交换器也将被使用，这将提高整体系统的效率。

从逻辑上讲，只有在外界环境温度高于数据中心内部温度时才需要空调系统内的机械制冷。如果环境温度较低，则无需制冷压缩机工作，室内的热量可以很容易地直接传递给水/乙二醇溶液，该溶液被泵抽至建筑物外，在此热量将由水/乙二醇直接传递至环境空气。水中添加乙二醇是为了防止干冷器在冬季发生冻结。

乙二醇的温度对于空调系统的效率有重大影响。乙二醇温度越高，机房空调机组的制冷量越低，但有利的方面是，系统每年以自然冷却模式运行的小时数将显著增加。这些情况可以很容易地用来降低空调运行成本，并被DFC[®]系统所采用。

4. 采用DFC®的空调系统

本文中所介绍的系统包括位于数据中心内的双冷源机房空调机组、位于建筑物外的干冷器以及在机房空调机组与干冷器之间的封闭液体回路中用于乙二醇循环的水泵。双冷源机房空调机组包括用于数据中心内空气循环的变速EC风机、涡旋压缩机的封闭制冷回路以及用于自然冷却运行的风冷型乙二醇热交换器。干冷器包含一个乙二醇风冷型热交换器盘管，采用变速EC风机使环境空气经热交换器盘管循环。由变速泵驱动机房空调机组与数据中心之外的干冷器之间的乙二醇循环。空气调节过程所涉及的所有组件均由机房空调机组内的微处理器根据位于机房空调机组进风口处的室外环境空气传感器和回风传感器信号进行控制。

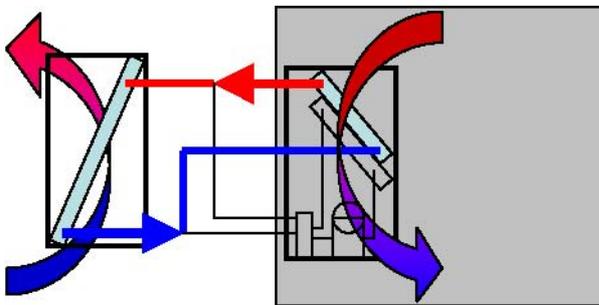


图1：自然冷却

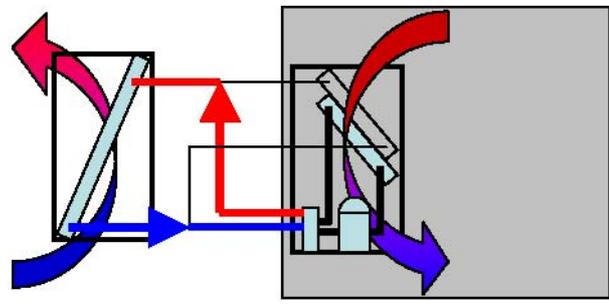


图2：压缩机冷却

5. 动态自然冷却® – 它如何提高效率

构成动态自然冷却®并使之具有高效率的有多种元件。以下将介绍最为重要的元件：

a. 动态水温控制

标准的间接自然冷却系统在较高环境温度下的常规压缩机运行模式中采用固定的水或乙二醇温度（如35°C）运行，而在较低环境温度下的自然冷却模式中，水或乙二醇温度为7°C左右。

可用的自然冷却期非常有限，因为每年环境空气温度为3°C（举例）或以下的足够低的温度（以生成7°C的乙二醇）的小时数很少。通过DFC[®]，乙二醇温度并不固定，而是根据系统的要求完全动态地变化。为什么呢？必须解释一下，该系统的工作模式类似于自然冷却模式下的水冷系统。水冷系统的制冷量取决于水的温度，水温越高，制冷量就越低。这表面看来并不好，但DFC[®]控制却将这种性能变成了一个优势。

一个满负荷运行的数据中心在自然冷却中需要比如说10.5°C的水温。10.5°C的水可以由室外干冷器在最高7°C的环境温度下生成。同一个数据中心在60%的部分负荷下工作时，也仅需要60%的制冷量。处于自然冷却模式的空调系统已经可以在高得多的乙二醇温度（16°C）下获得这一60%的冷却容量，而这一乙二醇温度可以在14°C的环境温度下实现。对于每年的自然冷却期而言，这意味着：在伦敦，32%即每年2,800小时低于7°C，而74%则每年有6,500小时低于14°C（图3）。这意味着每年有增加了3,700小时或154天可采用自然冷却。传统的系统在这样的室外温度下将已经处于混合模式甚至是全压缩机运行了。

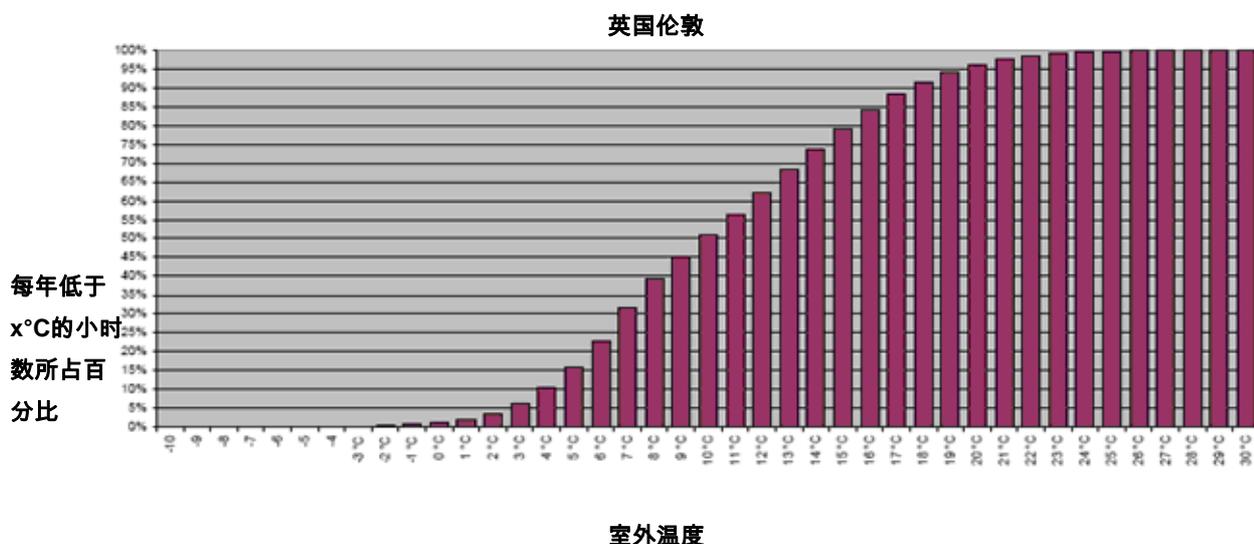


图3：伦敦每年x °C以下小时数

b. 自然冷却备用管理

多数数据中心设计采用备份冗余机组来应对机房空调机组维护或故障。为了节省能源，备用机组被设计为在不需要处理冷却负荷时依次停机。而通过DFC[®]，机房空调机组是采用一种新的、不同的方式工作在自然冷却模式。采用高效率EC风机可以实现风机速度的自动控制。风机法则规定，风量与风机速度成正比，而风机功率则与风机速度的立方成正比(图4)。因此，以低速(风量)运行备用机房空调机组，总体风机功耗可以大大降低。以较低速度运行包括备份机房空调机组在内的所有机组，要比关闭或依次关闭备份机组的运行方式效率更高。这一技术还将在整个活动地板内实现更均匀且可预测的气流分配。DFC[®]以这种新的方式控制处于自然冷却模式下的机房空调机组，可以实现巨大的风机功率节约。如果一个由DFC控制的机房空调机组被关闭，则剩余机组将自动提高其风机速度，以确保充足的空气流通。

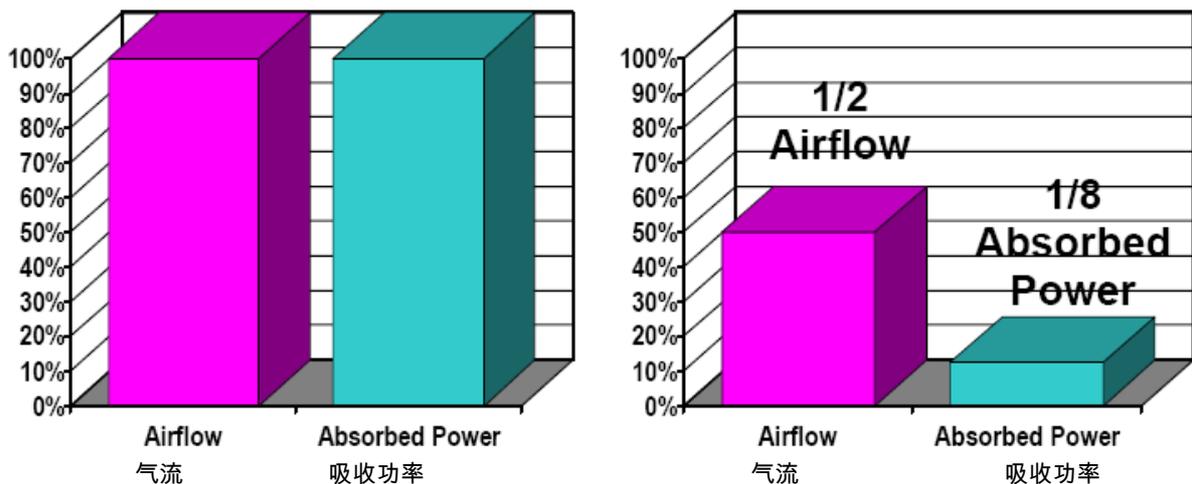


图4：备用机组管理和立方法则

c. 间接自然冷却

动态自然冷却[®]是一种间接自然冷却系统。间接自然冷却（图5）采用乙二醇作为较低环境温度下数据中心内空气与环境空气之间的传热介质，且无需直接将环境空气引入数据中心，因而可保持数据中心的蒸汽屏障。数据中心内需要非常少量的新风，以满足当地通风标准的规范要求。直接自然冷却系统（图6）会使用环境空气，且在其进入室内之前，必须先进行预处理和预过滤。环境空气质量和状况通常不允许使用直接自然冷却。所产生的烟可能会启动灭火系统。污浊的空气需要高级别的过滤并且需要支付昂贵的过滤器维费用。并且冬季较低的相对湿度需要花费大量费用进行加湿处理。

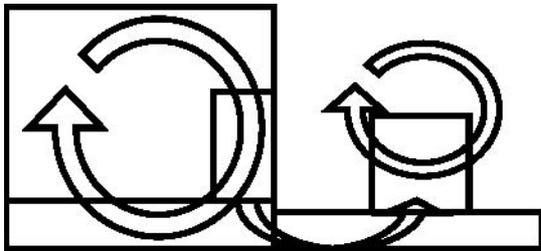


图5：间接自然冷却

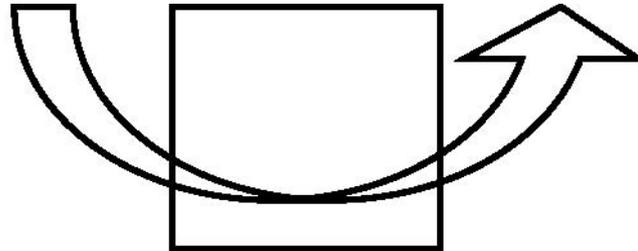


图6：直接自然冷却

d. 动态组件控制

空调系统中有4个主要组件使用能源：机房空调机组内的压缩机、机房空调机组内的风机、中心泵以及建筑物外干冷器上的风机。动态自然冷却[®]将根据机房负荷条件来控制这些组件。微处理器控制器会分析环境空气温度以及机房实际与设计温度之间的差别，以优化机房空调机组组件，降低能耗，同时又仍保持室内条件。最主要的任务是最大限度缩短压缩机的运行时间，这是耗能最大的组件。

接下来的优先任务则是控制其他组件如机房空调机组风机、干冷器风机和中心泵，使总的吸收功率处于最小值。

e. 优化的机箱设计

用于DFC系统的机房空调机组以高效率为目的进行了优化。气流模式和内部组件的设计旨在最大限度降低空气阻力。出于同样的原因，机箱本身相比无自然冷却的机组也进行了加大。这些设计措施最高可降低风机能耗40%。

f. 双二通阀系统

液体系统的设计中采用了2个二通阀，其应用方式使得在系统内循环的乙二醇可最大限度吸收机房空调机组内的热量，不管是在自然冷却模式、混合模式还是压缩机制冷模式下。在系统内循环的乙二醇的量有所减少，所需的泵功率被最大幅度降低。

6. Dynamic Free Cooling[®] – 能够节省多少

采用Dynamic Free Cooling[®]，最多可实现60%的节省。节省与若干方面相关：地理位置（年温度曲线）、参照系、备份机组数量、设计室温以及实际IT设备热负荷占设计峰值的百分比。计入上述所有变量以比较不同系统的计算软件应有助于做出选择。人工计算比较复杂，但也可以做到，通常仅一项比较就需要若干天时间。

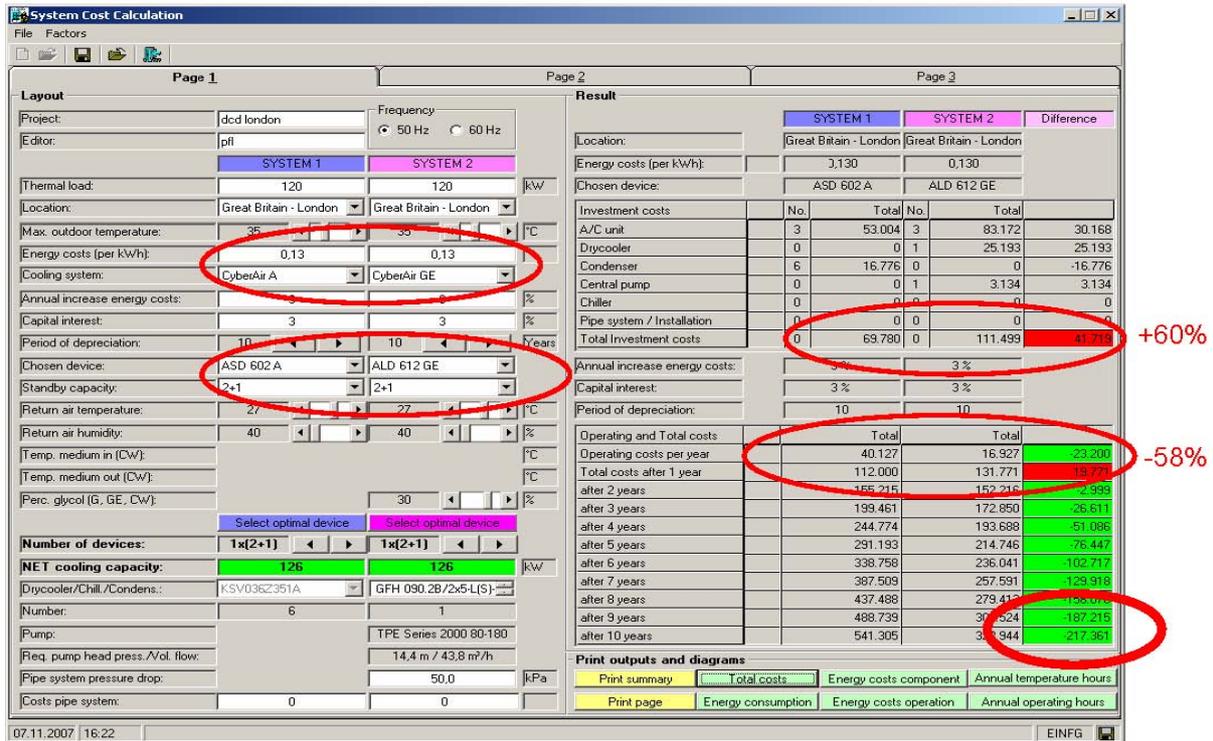


图7：伦敦一个120kW数据中心的例子

7. Dynamic Free Cooling[®] – 成本和回报期

相比基本的风冷型系统，动态自然冷却[®]系统的购买成本可能会高50%以上。然而，运行成本的节省非常巨大：通常资本回收期从不到1年到最长的3年不等。

关于作者：

Benjamin Petschke是产品管理和销售支持总监。在攻读物理学之后，Benjamin于1996年加入Stulz，担任研发工程师。1997年他转至销售部，担任过多个不同职务。Benjamin Petschke专业进行涉及空调、节能和噪音问题的数据中心设计。

关于Stulz GmbH：

Stulz于1947年在德国创立，专业从事需要技术专长和企业灵活性的领域。这家家族企业有着30余年设计和建造数据中心用精密空调的经验。作为一家真正的全球性企业，Stulz目前在全世界100多个国家开展业务，在德国、美国、意大利、中国和印度设有生产基地。