

# 针对数据中心的改进型 冷冻水管道部署方法

## 第 131 号白皮书

版本 1

作者 John Niemann

### > 摘要

冷冻水一直是一种通用的载冷介质；然而管道系统的泄漏却会对系统可用性造成威胁。高密度计算要求将冷冻水送至比以前更靠近 IT 设备的地方，推动了对新的高可靠性管道连接方法的需求。本文将讨论可以显著降低泄漏风险并方便高密度部署的新的管道连接方法。对心的管道连接替代方式及其相比传统管道系统的优势进行了说明。

### 目录

*点击内容即可跳转至具体章节*

简介	2
传统硬管道连接方法的特性	2
软管方法	5
硬管与软管之间的比较	7
结论	11
资源	12

## 简介

在数据中心内，管道分配的传统方式是采用硬铜或碳钢管，以电焊式、铜焊式或螺纹管件进行空调机管道的布设及建立支路。由于在管线中使用的每一个管接件都会提高数据中心内发生泄漏故障的可能性，分配管道通常置于高架地板下方，这些地方有时会在管道下方建有通道或沟渠，以便在发生任何泄漏或破裂时对水进行收集。这种方式在不需要重新安置或加装空调机的静态数据中心内是有效的。

伴随当前 IT 设备密度日益增加以及迁移、添加和变更愈加频繁的趋势，有时必须在传统布局中加装空调机，在这种情况下使用硬管道存在问题。这种加装需要安装新的管道，将增加设备的部署时间，并提高由安装引起的宕机风险。其结果是业界需要一种能够更好地适应需求变化的更为灵活的模块化管道系统。

数据中心不采用高架地板是一个新的趋势。这种硬地板安装通过不需要高架地板进行风量分配的更新的制冷技术和体系结构得以实现。对于许多用户而言，这样可以使数据中心和计算机机房的布置具有更高的灵活性。这种趋势的一个结果是架空管道变得更为普遍。架空管道的泄漏在造成系统停机和破坏方面可能比地板下管道具有更大的风险。业界需要采用防漏性能更强的管道系统。

数据中心设计的另外一个趋势是在 IT 设备行的位置（行级）甚至是单个机柜处部署制冷，而非在机房级别上。这样做的目的是实现更高的密度和电气效率，在第 130 号白皮书《数据中心行级和机柜级制冷架构的优势》中有更为完整的讨论。此类部署将迫使空调机组及其相关管道更接近于 IT 设备。这种情况也同样需要可靠性、模块化和可扩展性更好的管道系统。

采用无缝软管可以不再使用中间管件，降低漏水的风险，缩短部署时间，并提高系统的灵活性。本文将对这种新的管道技术及其在下一代数据中心内的应用进行介绍。

 资源链接  
第 130 号白皮书  
数据中心行级和机柜级制冷架构的优势

## 传统硬管道连接方法的特性

采用硬铜或碳钢管道是数据中心的传统方式。碳钢管 SCH 40 和硬铜管 L 或 M 型最常被使用。硬管道在每个转弯、阀门以及通向多台空调机的每个分支处以及每 1.8 或 6 米（6 或 20 英尺，取决于布设管道的可用长度）均需要采用螺纹、凹槽、电焊或铜焊管件。在从冷却水源到空调机的一条管道上经常会有多个管接件。

### 硬管道的失效模式

对于冷冻水系统而言，每一个螺纹式或焊接式管接件均存在泄漏的可能。泄漏的一个常见原因是，攻丝工序从第一天起就使管壁被去除了 50% 或更多，这会使该接头处较为薄弱。

管道失效和漏水的另一个原因是电化腐蚀，这种情况会在碳钢管与黄铜阀直接连接或被转接至铜管时发生。当任何两种不同的金属相互接触及与水接触时就会发生“电化”腐蚀，根据现有的腐蚀条件，通常会对钢管造成某种程度的损害。在其后期阶段可通过目视识别，即在不同种金属以螺纹接触的地方会累计有某种程度的沉积物，形成微小的泄漏。然而此时大部分损坏已经发生，必须更换管道，否则随着腐蚀的发展，泄漏尺寸将会增大。

多数管道系统中相异金属间的连接均采用了电绝缘管接件，称为绝缘介质。多数咨询和设计工程师都会指定绝缘管接件，但不安装或不当安装绝缘管接件的情况也并不少见。

在传统的冷冻水设施中，碳钢主供水或回水管以铜管分支接至空调机的情况并不少见，因此如果数据中心内有多台计算机机房空调机（CRAC），就可能要使用多个绝缘管接件。

其它不太常见的原因包括：螺纹密封剂因时间过长而失效、螺纹加工质量差、凹槽连接中垫圈劣化变质、管道或管接件质量差、振动、应力、装配不当或工作压力超出设计要求。

在硬管道系统中，管道内壁往往会累积矿物质，导致铜的剥落和氧化，最终在管道中形成小孔及泄漏。矿物质随时间的累积还会增加水管的压降，特别是当其沉积在弯头或管接件中时。为避免

这一问题，必须定期对水进行处理和维护，以确保适当的 PH 值水平。水处理通常在启动及定期维护时进行。即使在闭环冷却水设施中很少发现小孔，在维护不佳的设施内也已发现过这种情况。

冷凝也会对冷冻水系统造成问题。冷却水管道通常会被隔离，以防管道外部出现冷凝。然而，管接件上潮湿情况也并不罕见，其多种弯头、连接以及阀、滤网和量计等固定件会使有效的隔离较为困难。隔离层的任何破裂或密封失效都会对数据中心造成漏水的风险，而且还会成为水分透过绝缘层、沿管道表面流过很长距离的起点。

在无空调环境下管道外壁上的冷凝水还会产生腐蚀作用。当管道周围环境具有高湿度时，外部腐蚀将被大大促进。在极端情况下，冷凝水将一直累积到绝缘层完全达到水饱和的程度。在数据中心内，由于环境湿度受到控制，管道的外部腐蚀通常不会出现。

为了在数据中心发生泄漏时抑制一切冷凝或漏水情况，一些 IT 经理和设备工程师要求对 IT 和电气设备提供额外的保护。然而，在漏水成为数据中心的问题之前，这种要求通常不会得到实施。

在某些情况下，单一泄漏点可能对制冷造成的损失会受到很大的关注，以至于 IT 经理将选择安装一套完全冗余的硬管道系统，这将使总体管道安装成本加倍。作为替代方案，他们也可能选择安装采用制冷剂式系统的 CRAC，以此作为备份，这也需要额外的制冷剂管道。

## 地板下硬管道安装

布设冷冻水管道的方法取决于机房的大小以及空调机的数量。对于较小的机房，冷冻水管道通常通过一根由碳钢或铜制成的大型主供水和回水管进行布设。对于较大的机房，将采用多根大型碳钢管。每一根主管或集合管再以铜制管接头分支连接至每台空调机。图 1 所示为地板下硬管道，在其安装中采用了多个管接件。

对于这种方法，当业主对地板下方的水很关注时，将专门建造一条带排水的沟渠，以密闭冷冻水管道，使其与电线隔离开来。另一种方法是，可以在每一条管线下方建造一个泄水盘，以收集系统形成的任何泄漏或冷凝水。沟渠的深度和宽度根据其内布设的冷冻水管的直径和数量加以确定。此外，还必须留有间隙，以便在发生泄漏时对沟渠中所有不同类型的管道进行维护。在大、中型数据中心中，深达 1.5 米（5 英尺）的沟渠并不少见，它们用于容纳所有冷冻水管道、阀门以及进行维护作业的。

由于冷水机组与每台空调机的距离不一，冷冻水系统的启动需要对每台空调机进行平衡，以便向其提供适合各自需求的正确的冷冻水量。系统平衡采用隔离和平衡阀实现，它们通常位于高架地板下方的管道支路上；而被操作的水调节阀通常位于空调机内。通过在地板下方采用平衡和隔离阀，系统的平衡可能需要更长时间，因为平衡阀并不容易被操作。

这些系统需要统一工程设计，而且通常保持为静态系统，原因在于布设管道所需的基础设施，以及在机房投入运行之后即难以在主管道上加装额外的管道。

如果在主集合管上出现泄漏，平均恢复时间（MTTR）将增加，因为所有由主支路供水的 CRAC 均会丧失其冷冻水源。这将导致机房温度快速升高，使 IT 设备故障或迫使设备停机。

图 1

传统的地板下冷冻水管道安装，具有以多个管接件连接至不同空调机的支路



### 架空硬管安装

此方式也采用与每台空调机以支路连接的主管或主集合管，直到送达最末端的系统。隔离阀和平衡阀通常位于数据中心内部或外部或空调机正上方的管道支路上。

由于架空管道对 IT 设备有冷凝或泄漏水的可能性，当管道经过任何电气或 IT 设备时均要采用泄水盘，在某些情况下操作员还规定在数据中心内所有冷却水管下方安置泄水盘。对于这些情况，在主管道下方配有一个宽的泄水盘，每条支路则采用较小的泄水盘。采用这种方法的原因在于各种管接件存在的泄漏故障和冷凝的可能性，而且也作为预防措施，保护管道下方的所有电源和 IT 设备。图 2 示出了一个传统安装方式的例子，该例采用架空管道，其下方有泄水盘用于盛装漏水。

图 2

机柜上方带有泄水盘的架空管道



当阀门位于天花板上方或数据中心之外时，制冷系统的平衡并不容易实现。这将增加每台机组启动和平衡所需的时间。如果在架空安装方式下有泄漏，必须在安装于地板上的设备的上方进行修理，这将增加水落在地板甚至设备上（最糟的情况）的可能性。

在非常少的情况下会采用双壁式管道系统来提供第二道密闭。它主要用于本地规范有要求或业主及设计工程师作出指定的情况下。双密闭式管道系统有一个外管，它将内部输送管完全封闭，以

密闭所有可能出现的泄漏，并可实现对此类泄漏的检测。双壁管道的规程和安装要求使得这种方法极其昂贵，但比仅在管道下安置泄水盘要更为有效。图 3 所示为双壁管的侧面图和正面剖视图。

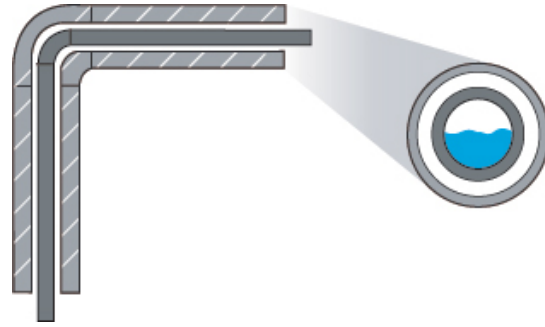


图 3  
双壁管的剖视图

## 软管方法

采用软管的管道技术的最新进展可以使冷冻水送入数据中心的效率大大提高，同时可显著降低泄漏的可能性。这种管道所依据的技术已在欧洲的暖通空调（HVAC）系统管道中应用超过 30 年。该软管是一种多层复合管，中间是一层铝管，内外各有一层交联聚乙烯。这样可以使管道既有柔性，可以在数据中心内布设，同时又具备保持就位的刚度。交联聚乙烯（或称 PEX）还可实现出色的腐蚀防护，其光滑的内壁及化学性质使之能够抵御硬质或软质水的矿物质累积，消除了出现小孔的风险。<sup>1</sup>

### 相比硬管可靠性更高

采用软管使得系统的布设在冷冻水源到每一 CRAC 之间无需使用弯头及任何中间接头。如果采用多台 CRAC，则集中分配系统可以与安装在机房外围或外部的分配集管实现多条连接。主集管采用单独的柔性无接头供水和回水管可以提供对机房内每台空调机的单独隔离、平衡和分支。这种方法用每条供水和回水管线仅 2 个接头取代了数据中心内的所有中间接头；其中一个接头位于分配集管处，另一个位于 CRAC 处。传统的硬管道系统在对每台空调机的每个供水和回水支路上有 10 至 20 个接头，具体根据管道布设情况确定，而软管系统每条管线仅有 2 个接头，可将泄漏的风险降至仅有硬管的 10% 或 20%。

通过取消一切中间管接件和阀门，以及比铜管或钢管更低的导热性，PEX 软管还可以显著降低数据中心发生冷凝的可能性。这是因为冷凝通常在难以进行有效隔离的管接件、接头和阀门处出现。

集中式分配在配合软管使用时可以大大减少冷冻水管道与 IT 设备在一起布设以及布设架空管道的问题。在机房的外围安装一套集中式水分配系统可以将所有平衡和隔离阀安装在同一位置，由此缩短了对整个冷冻水系统进行平衡的时间。动态变化的数据中心可以从这种方式中得益，因为布设软管到新的位置即可实现空调机的重新布置。在高密度应用中，未来如需加装 CRAC，从主集管向新的空调机布设一条管线即可，而无需改动冷冻水管道的其余部分。

相比硬管方法的实际失效率改进是非常显著的。以下文字引自一家此种管道系统的领先供应商的文件<sup>2</sup>。

“其在欧洲已应用 30 年，已铺设超过 40 亿英尺而无一例产品失效情况。其中仅在北美地区已铺设 5 亿英尺。管道的样本自 1973 年以来一直承受高温和高压，而没有任何性能降低的迹象。由 Wirsbo 和独立机构所作的试验均预测“Wirsbo PEX 管的系统寿命应可超过 100 年”

### 架空软管安装

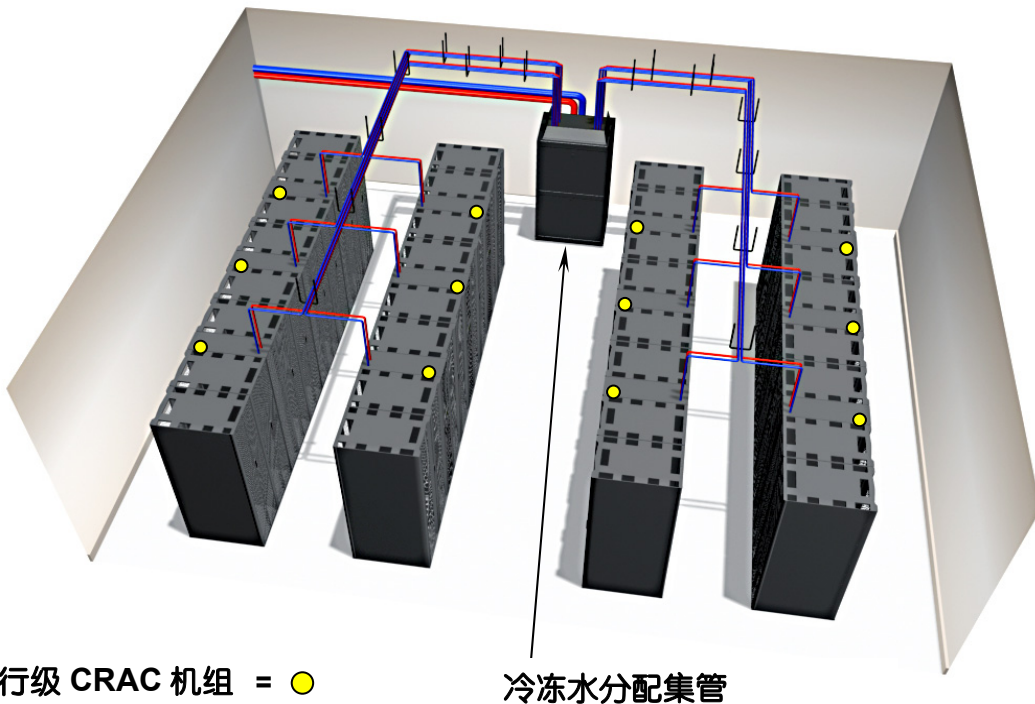
对于架空式应用，软管穿经从分配集管到空调机的通道进行布设，仅在经过任何电气或 IT 设备时才需要使用滴液盘。在市场上也可购得对多条堆叠软管进行引导的附件，由此可以最大程度减少用于管道布设的上方空间。图 4 示出了架空软管的应用。

<sup>1</sup> Plastics Pipe Institute™ - High Temperature Division（塑料管道学会™ - 高温分会），“The Facts of Cross-Linked Polyethylene (PEX) Pipe Systems”（交联聚乙烯（PEX）管道系统的实情），12/3/04

<sup>2</sup> Shelter Technology, [http://www.sheltertech.com/wirsbo\\_pex\\_tubing.htm](http://www.sheltertech.com/wirsbo_pex_tubing.htm)（2006 年 2 月 15 日访问）。

软管可以大幅降低多数采用架空管道的业主所忧虑的泄漏和冷凝的可能性。由于数据中心选择架空布线和行级或吊顶式制冷，对高架地板以及其相关开支的需求得以降低。

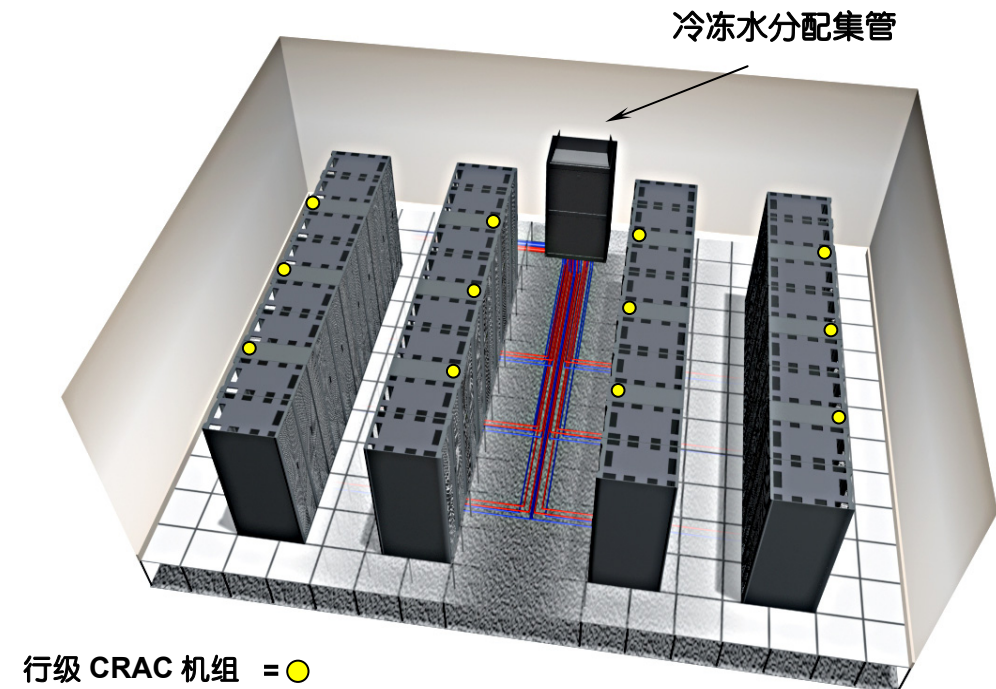
**图 4**  
采用架空软管的数据中心的布置图



**地板下软管**

在高架地板下方使用软管具有可直接从分配集管向 CRAC 布设管线的优势。这样可以凭借与空调机的直管连接缩短管道距离。软管可以布设在高度仅有 30 厘米的地板下方，而由于它们通常只会在电源和 IT 线路上方与之交叉，对于通向空调机的直管线则无需泄水盘。这样就比传统的地板下硬管系统可以减少安装成本和部署时间。图 5 示出了地板下软管的应用情况。

**图 5**  
具有通往不同空调机的支路的地板下软管安装方式



## 硬管与软管之间的比较

以下各节将在机械性质、物理性质、灵活性、可用性、总拥有成本（TCO）以及故障模式等各种属性方面对硬管与软管进行比较。

### 硬管和软管的机械及物理性质

表 1 列出了用于冷冻水系统的软管和硬管的主要机械及物理性质。

表 1

硬管和软管的物理性质

物理性质	碳钢 SCH 40	“L”型硬铜管	PEX 软管
每米管重（单位 kg，无水条件下标称尺寸 2.54 cm 的管）	2.49	0.975	0.324
每英尺管重（单位磅，无水条件下标称尺寸 1” 的管）	1.67	0.655	0.218
额定温度	最高 399° C (750° F)	最高 204° C (400° F)	最高 93° C (200° F)
额定内部工作压力 (MPa)	38° C 下为 19.7 MPa 93° C 下为 19.7 MPa	38° C 下为 3.41 MPa 93° C 下为 2.79 MPa	23° C 下为 1.38 MPa 93° C 下为 0.689 MPa
额定内部工作压力 (psi)	100° F 下为 2857 psi 200° F 下为 2857 psi	100° F 下为 494 psi 200° F 下为 404 psi	73° F 下为 200 psi 200° F 下为 100 psi
管接件类型电	焊、铜焊、凹槽或螺纹式管接件	锡焊、铜焊、凹槽或螺纹式管接件	多压力螺纹或压合式管接件
尺寸范围	3.2 至 660 mm (1/8” 至 26”)	6.4 至 305 mm (1/4” 至 12”)	北美为 12.7 至 5.08 mm (1/2” 至 2”) 欧洲为 12.7 至 609 mm <sup>3</sup> (1/2” 至 24”)
端接	电焊、铜焊或螺纹式	锡焊、铜焊或螺纹式	多压力螺纹或压合式
耐腐蚀性	有限，取决于环境的相对湿度和水的 PH 值	很好	极好
导热性	高	高	中到低

<sup>3</sup> Shelter Technology, “PEX Piping for Plumbing” 发表于第 40 届 ASPE 会议, 2004 年 10 月, [http://www.plasticpipe.org/media/PEX\\_ASPE\\_2004.pdf#search=wirsbo%20pex%20pipe%20sizes](http://www.plasticpipe.org/media/PEX_ASPE_2004.pdf#search=wirsbo%20pex%20pipe%20sizes) (访问于 2010 年 3 月 4 日)

## 硬管和软管的灵活性和可用性

刀片式服务器等新技术正在导致 IT 负载大大超出制冷系统的额定容量，需要在数据中心内加装制冷设备。

硬管无法提供未来扩展的灵活性。为保持现有空调机运行，通常会从冷却器向附加的机组分支出一条新的管线。其安装成本很高，部署时间也长，原因在于在已有冷却水系统的楼宇内布设管道很困难，在现有数据中心内对新的管接件进行铜焊或螺纹连接也很困难。即使仅需对空调机进行重新布置，也必须从分支集管向新的位置布设一条新的硬管线，这又将涉及多个铜焊或螺纹式管接件。

软管可以实现设备加装或重新布置的灵活性和可用性。安装软管时从分配集管到 CRAC 位置无需管接件或铜焊接头。由于平衡和隔离阀安装在集管内，且从冷水机到集管的主管道已经安装，因此无需现有冷冻水系统停机，由于管道安装简单，部署时间也得以缩短。

从冷水机到数据中心的主供水或回水硬管的失效或泄漏将要求所有空调机停机，以修理故障，修理可能需要几小时到几天的时间。如果采用分配集管也将会有同样的影响，因为从冷水机到集管之间也采用硬管。如果在该管上出现故障，引自集管的所有 CRAC 管道也将需要停机，直到故障修理完毕。如果在引自主管的分支管道上有一个硬管系统发生泄漏或失效，则只有分支自该管的空调机会在管线被隔离进行修理时失去冷冻水供应。修理硬管系统需要隔离并断开所有与该管相连的 CRAC 的制冷，且通常在泄漏点处要更换泄漏的组件，或者再次对管接件进行铜焊。

在采用软管时，如果从分配集管到空调机之间出现泄漏，则只有一台空调机需要停机修理，而无需中断其他任何空调机的制冷。如果在分配集管管接件或 CRAC 管接件处出现泄漏，则须更换管接件。然而，如果泄漏出现在软管管路本身，则修理就意味着必须更换整条软管。更换新管的方法是在集中分配系统和空调机处对管路进行隔离，仅中断该台 CRAC 的制冷，而不中断其他任何空调机的制冷。

## 硬管和软管的总拥有成本

采用软管和集中分配集管相比铜焊式管道系统可以降低总拥有成本。一个安装新型制冷系统的 200 kW 数据中心如果采用软管和集中分配集管，将可实现至少 40% 的部署速度提升，以及约 20% 的安装成本缩减。这种安装成本的缩减原因是其不需要额外的人工来对中间管接件进行铜焊以及安装中间阀门，另外也来自于冷冻水系统所需平衡时间的缩短。

在现有的数据中心内，从分配集管使用软管加装一台空调机可以比传统的铜焊式管道系统节省至少 50% 的安装成本和 60% 的部署时间。

采用软管的冷冻水系统的维护也更为简便和快捷，因为对所有阀门的检查是在一个地点集中进行，而在地板下方的安装方式中，这些阀门位于数据中心的不同区域。

在高架地板仅用于布设冷冻水管的数据中心内，如果采用架空式管道系统而取消高架地板，则可进一步降低设施的投资成本。表 2 就数据中心用户认为对冷冻水管道系统最重要的因素对硬管和软管进行了比较。



表 2

硬管与软管的比较

	硬管	软管
灵活性	<p>由于需要多处铜焊接头，部署速度慢。</p> <p>在高架地板下或天花板上均不容易实现系统的平衡。</p> <p>无可扩展性或重新布置需要统一工程设计，以及其它机组的停机。</p>	<p>使部署速度提高 40%。</p> <p>供水系统的平衡在一个集中的易操作的地方进行。</p> <p>具有可伸缩性，允许移动、添加、改动以及未来的扩展，而不需要影响其他机组。</p>
可用性	<p>每一管接件和接头处均有泄漏的可能性，会降低可靠性。</p>	<p>消除了中接头，显著降低了泄漏可能性，由此提高了可靠性。</p>
MTTR	<p>如果在主管上出现泄漏，修理可能需要几小时到数天时间，具体取决于泄漏情况。</p> <p>如果在数据中心内的分配支路上出现泄漏，修理可能需要数小时，导致若干机组停机。</p>	<p>如果从冷水机到集中分配集管间出现泄漏，修理可能需要几小时到数天时间，具体取决于泄漏情况。</p> <p>如果在数据中心内的软管支路上出现泄漏，则可以布设新的软管，修理可能需要数小时，仅使一台机组停机。</p>
安装	<p>安装成本较高。系统平衡需要更多的时间，会增加启动的成本。</p> <p>采用铜焊、螺纹或机械式接头和管接件，且需要中间隔离和平衡阀。</p>	<p>安装成本较低。通过采用集中分配系统，系统启动和平衡的复杂性较低。</p> <p>无需铜焊接头、中间管接件或阀门。</p>
转弯半径	<p>使用弯头管接件可实现较小的转弯半径。</p>	<p>最小弯曲半径是管道外径的 5 至 7 倍。</p>
可维护性	<p>目视检查每一接头和阀门有无泄漏，目视检查管接件和阀门处有无冷凝水，以及目视检查腐蚀点。对水和乙二醇浓度进行测量和验证。</p>	<p>在集中分配集管处目视检查阀门有无泄漏和冷凝水生成所花时间较少（所有阀门处于同一位置）。对水和乙二醇浓度进行测量和验证，例行维护</p>
压降	<p>转弯处采用弯头以及矿物质的累积会导致额外的压降</p>	<p>光滑的内壁和无管接件、较大的转弯半径可以降低典型管道布设方式的压降</p>
空白空间	<p>管道在地板下或架空布置，管道系统不占用任何空白空间</p>	<p>机房内的集中分配集管需要空白空间。</p>
距离	<p>采用硬管可以实现较长的管道距离，因为若干根管件可以通过管接件连接。</p>	<p>从分配集管到空调机的推荐最大距离为 46 m (150 ft)，原因是较长的距离会使安装工作更为复杂。</p>
前期成本 (安装和材料)	<p>硬管成本较低，但总体安装成本较高，原因是需要增加铜焊和攻丝的人工成本，而且系统平衡需要更长的时间，会提高启动成本。</p>	<p>PEX 管成本较高，但总体安装成本可能较低，原因是无需铜焊或螺纹管接件，且采用集中分配系统使系统启动和平衡的复杂性降低。</p>
管道布置	<p>可以安装在室外或暴露于阳光下的地方。</p>	<p>PEX 不能存放或安装于直接或间接暴露于阳光下的地方。</p>

注：蓝色阴影部分表示该特性的最佳性能

### 硬管和软管的失效模式比较

根据管道的位置、安装类型以及所用的管道连接方法，冷冻水系统可能会遇到不同的失效模式。表 3 归纳了每类管道的可能的失效模式，并以蓝色示出最佳性能。

**表 3**

硬管和软管的失效模式比较

	硬管	软管
小孔	不太容易因尖锐物体的戳刺造成泄漏。	较容易因尖锐物体的戳刺造成泄漏。
单点失效	一个分支管的失效会导致连至该支路的所有 CRAC 的制冷缺失。	一条管路的失效只会导致一台 CRAC 的制冷缺失。
接头泄漏	管道中的多个接头和管接件会增加泄漏的可能性，原因是可能的电化腐蚀、螺纹密封胶因长时间而失效、螺纹加工质量差、凹槽连接中垫圈劣化变质或螺纹管接件质量差。	接头数量减少 - 每条管线、每台 CRAC 仅 2 个。用多压力螺纹管接件对 PEX-AL-PEX 管进行压接，形成比螺纹或衬垫式管接件更强的连接。
地震/振动	振动或地震会导致接头和管接件处泄漏。	在振动或地震条件下不太可能发生断裂或泄漏。
踩踏	可能使铜焊或螺纹管接件破坏，造成泄漏。	由于管道的柔性，不太可能发生破坏。
对数据中心内冷凝滴水的隔离	冷凝可能性较高，原因是难以对多个阀门、滤网和管接件进行隔离。遗留的未被隔离的小的裂缝或空间可能导致冷凝。	冷凝可能性较低，原因是消除了分配系统与 CRAC 之间的中间阀门或管接件。
磨损/切割	可抵御外部磨损或切割	对外部磨损抵抗力较低。切割可能破坏 PEX 管的外层。
小孔和矿物质累积	如果水没有定期处理，容易因矿物质累积而出现小孔和泄漏。	对矿物质累积有非常高的耐受力，原因是其光滑的内壁及化学性质。

注：蓝色阴影部分表示该特性的最佳性能

## 结论

虽然硬管在冷冻水系统中已作为传统解决方案被应用，但采用集中分配集管、向每台空调机通以单独软管的方式却可以显著提高系统的可靠性，原因是泄漏的可能性被大大降低。而且如果故障出在一条支路中，软管系统的故障仅需对一台 CRAC 进行隔离，其他机组可以继续对负载制冷，而硬管系统的故障则可能需要隔离多台 CRAC，可能因没有足够的制冷来支持负载而危害数据中心的可用性。

软管系统也使数据中心内对水问题的关注得以缓解，原因有以下三点：

1. 由于大幅缩减接头，总体管道系统故障率被大大降低
2. 主管本身的基本可靠性更高
3. 由于没有需要隔离的中间管接件或阀门，而这些又是冷却水系统中形成冷凝的主要地方，发生冷凝的可能性得以降低

软管是实现硬质地板数据中心安装和行级及机柜级高密度制冷系统的关键技术。向更高密度和硬质地板安装的发展趋势将很自然地导致下一代数据中心中软管使用量的快速增长。

### 关于作者

**John Niemann** 是施耐德电气信息科技事业部负责行级和机柜级制冷产品的产品线经理，负责这些产品线的规划、支持和市场营销。John 自 2004 年起领导 APC InRow 全线制冷产品的产品管理。他在暖通空调领域有 12 年的经验。其职业生涯起始于商业和工业暖通空调市场，在这些领域他专注于定制化的空气处理和制冷系统，其专业能力集中于关键环境的能源回收和筛选。他在暖通空调领域的经验涉及应用工程、开发、产品管理以及技术销售。John 是美国采暖制冷与空调工程师学会（ASHRAE）和绿色网格组织（The Green Grid）的会员，并获得美国密苏里州圣路易斯市华盛顿大学（Washington University）的机械工程学位。

### 鸣谢

感谢 **Isabel Rochow** 为本白皮书初版编写所做的工作。



资源

点击图标打开相应  
参考资源链接



数据中心行级和机柜级制冷架构的优势

第 130 号白皮书



浏览所有 白皮书

[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)



浏览所有 TradeOff Tools™ 权衡工具

[tools.apc.com](http://tools.apc.com)



## 联系我们

关于本白皮书内容的反馈和建议请联系：

数据中心科研中心

[DCSC@Schneider-Electric.com](mailto:DCSC@Schneider-Electric.com)

如果您是我们的客户并对数据中心项目有任何疑问：

请与您的 **施耐德电气** 销售代表联系