

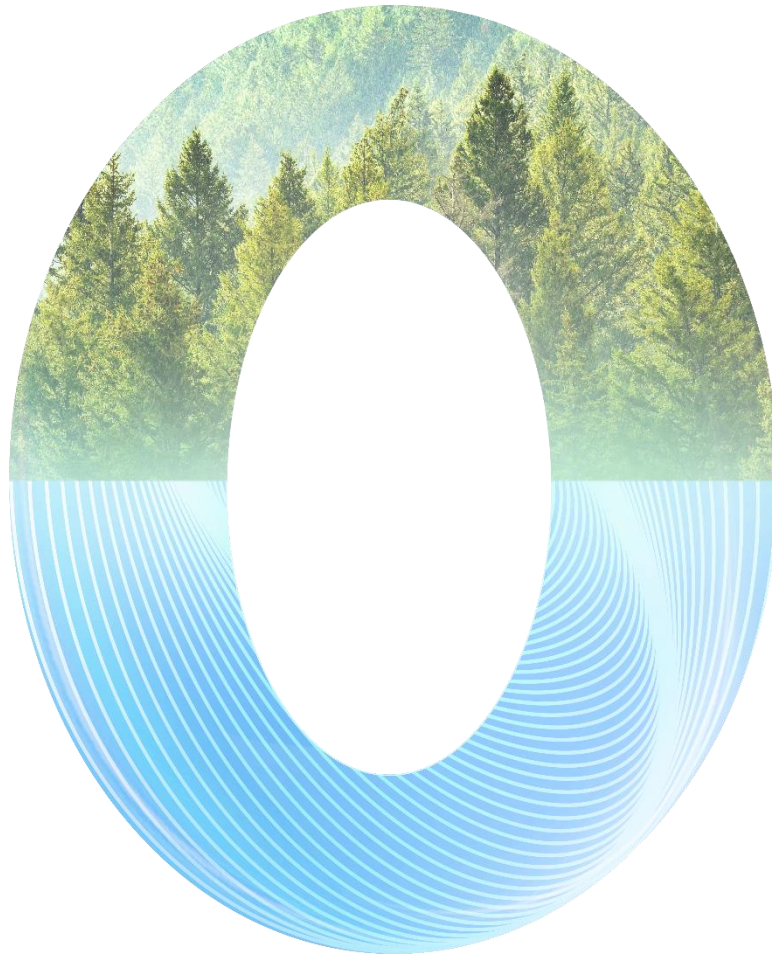


数据中心能源
白皮书 803号



◀ 智领DC计划

中小数据中心基础设施 可靠性关键要素 白皮书



联合主编单位（按单位名称拼音排序）

华为数字能源技术有限公司、赛迪顾问股份有限公司、中国通信工业协会数据中心委员会

参编单位（按单位名称拼音排序）

北京华通安和科技有限公司、北京大学、北京大学肿瘤医院、北京科鼎隆科技股份有限公司、北京理工大学、北京深知迪智技术服务有限公司、北京中科仙络智算科技股份有限公司、东北林业大学、东南大学附属中大医院、富滇银行股份有限公司、工业和信息化部上海互联网交换中心、广东电网有限责任公司广州供电局、广东南粤银行股份有限公司、广州宽带主干网络有限公司、暨南大学、暨南大学附属第一医院（广州华侨医院）、立讯精密工业股份有限公司、南方医科大学南方医院、南京农业大学、内蒙古电力（集团）有限责任公司、软通智慧科技有限公司、山东省建筑设计研究院有限公司、上海科技大学、上海现代建筑设计（集团）有限公司、深圳国家高技术产业创新中心、深圳市机场（集团）有限公司、深圳市智慧城市大数据中心有限公司、首都医科大学宣武医院、亚太建设科技信息研究院有限公司、浙江大学建筑设计研究院有限公司、浙江省建筑设计研究院、中电云计算技术有限公司、中国交通信息科技集团有限公司、中国南方电网深圳供电局有限公司、中国人民解放军总医院、中国医学科学院北京协和医院、中国中元国际工程有限公司、中科院建筑设计研究院有限公司、中山大学

主编人员（按姓名拼音排序）

安真、陈青、邓威、杜坤、费珍福、黄超、胡春池、赖兆泽、李宝宇、李会永、刘天原、齐平川、沈鉴、孙晓峰、万欣、王建军、阳必飞、尧权、尤兴旺、张帆、张广河、赵俊鹏

参编人员（按姓名拼音排序）

保鹏飞、蔡莹、蔡玉鑫、蔡哲、陈国良、陈志凯、戴哲、董卫卫、方琦、付振新、和丽明、贺菲、衡反修、侯杰、黄思元、黄友根、焦蕴、李东旭、李志强、梁志刚、刘泽泽、马银萍、邱之良、任皓、苏博、王芳、王海东、王曼聪、王权、王伟、王晓春、王晓坚、王永真、吴刚、吴礼聪、熊文文、严静东、杨刚、杨国忠、杨宏辉、杨凌、查贵庭、张昉、张建伟、张伟峰、赵琼、钟国新、钟少梅、周锋、周翔、朱玉水

部分主编人员 (按姓名拼音排序)



安真



陈青



邓威



杜坤



费珍福



胡春池



贾珊珊



赖兆泽



李宝宇



李会永



刘天原



齐平川



沈鉴



孙晓峰



万欣



王建军



禩祺



阳必飞



尧权



尤兴旺



张帆



张广河



赵俊鹏

部分参编人员 (按姓氏拼音排序)



蔡玉鑫



陈国良



陈志凯



戴哲



董卫卫



方琦



贺菲



侯杰



黄思元



李志强



邱之良



王芳



王海东



王伟



王晓春



王晓坚



王永真



吴礼聪



严静东



张昉



张伟峰



赵琼



钟少梅



周锋

目 录

1. 前言	01
2. 中小数据中心现状及挑战	02
2.1. 中小数据中心现状	02
2.2. 中小数据中心面临的问题	02
2.3. 可靠性依然是中小数据中心目前面临的主要问题	03
3. 中小数据中心建设发展趋势	04
3.1. 架构可靠	04
3.1.1. 供配电系统	04
3.1.2. 空调系统	05
3.1.3. 智能管理系统	05
3.2. 产品可靠	06
3.2.1. 设计一致性	06
3.2.2. 部件可靠	07
3.2.3. 供电和制冷融合设计	10
3.2.4. 监控产品可靠	10
3.3. 运行可靠	11
3.3.1. 软件运行可靠	11
3.3.2. 行业认证	12
3.4. 体系可靠	13
4. 总结	14

1. 前言

《中小数据中心基础设施可靠性关键要素白皮书》分析了中小数据中心所面临的现状及挑战，指出可靠性依然是中小数据中心面临的主要问题，尤其是供配电、暖通及弱电智能化三大系统是影响中小数据中心可靠性的关键环节。结合上述问题，白皮书从架构可靠、产品可靠、运行可靠、体系可靠四个维度详细阐述了中小数据中心可靠性关键要素，并给出应对措施和建议，对提升中小数据中心的可靠性有很强的指导意义。

该项目得到了参编单位的大力支持，在此对所有参编的单位和专家表示感谢！同时，在白皮书编制期间，编制组广泛征求各方面的意见，得到了社会各界的广泛支持，在此也对绿色网格、深圳数促会、.....等行业协会专家的参与与支持表示感谢！



2. 中小数据中心现状及挑战

2.1. 中小数据中心现状

随着数字经济时代的发展，数据中心的形式也将更加多样化、个性化，传统的模块化产品和建设周期已经不足以满足客户的需求。在数字经济的引导和推动下，适宜融合新技术、新理念的数据中心将是数据中心的一个重要发展方向。伴随预制模块化、模块化产品的品类增加和品质提高，模块的制作、安装工艺及智能化也将会更为成熟，便于响应市场灵活多变的需求，大幅缩短数据中心的建设周期，并提高数据中心运行的可靠性。

以中小数据中心主流方案的微模块来看，根据赛迪顾问《2021-2022 年中国微模块数据中心市场研究年度报告》统计：2021年中国微模块数据中心市场规模达到 77.7 亿元，同比增速达到11.5%，其市场空间占比与发展潜力仍然巨大。但同时中小数据中心部署环境相对开放、复杂、恶劣。需要在产品选型、预制化、部署实施周期及后续运维等方面进行多样化的配置，从而满足不同行业、不同场景的业务需求。

2.2. 中小数据中心面临的问题

建设流程不标准：中小数据中心由于本身体量较小，存在建设流程不标准的问题，而数据中心涉及多个专业领域，在建设过程中专业的咨询、设计团队的缺失极易导致数据中心落地方案不合理、不严谨，严重影响数据中心的可用性及可靠性。

选址受限：中小数据中心项目多设立在非数据中心专用建筑内，除数据中心的主机房、辅助区、支持区、行政管理区外，还可能设有办公、商业等有非数据中心专业人员长期驻留的功能分区，大部分是用现有办公室、仓库等环境改造，往往存在层高不足、地面载荷不够、空间受限等问题，传统的数据中心建设模式难以匹配复杂多样的环境。

系统部署调试复杂：数据中心系统复杂，传统模式采用分段建设，现场多厂商设备集成的方式，界面复杂，工程管理量大。设计、采购与施工脱节，施工阶段易产生设计变更，造成潜在的成本和工期增加，端到端性能无法保障，影响总体交付质量，并造成设计PUE与实际PUE偏差大。同时，传统数据中心一次性规划、一次性投资、初始投资大，一次性建成后很难灵活扩容，无法匹配业务快速上线及按需部署的使用需求。

缺乏专业运维：传统的数据中心运维管理还是以人工巡检辅以基本的动环监控系统为主，对运维人员技术要求高，运维效率低，专业运维人员需求量大。对于中小型数据中心由于规模较小，专业运维人员缺乏尤为明显，存在无人监管、故障发现难、响应速度慢、故障处理不及时等问题，严重影响数据中心的可靠运行。

设计架构无法满足功率演进：随着IT算力持续演进，CPU和服务器功率持续提升，数据中心逐渐向高密化发展。单柜功率密度已由2-3kW演进到当前的5-8kW，未来AI普及后预计15~20kW也将广泛应用。传统中小数据中心功率密度不高，因此以往没有考虑连续制冷问题。在市电中断后，负载设备在电池供电下，机柜功率密度提升带来大量的发热将造成机房温度快速上升，热失控风险突出，最终导致机房高温宕机。近年来制冷系统失效导致的机房高温宕机事故频发，也说明中小数据中心的设计架构已无法满足当前用户的可靠性需求。

2.3. 可靠性依然是中小数据中心目前面临的主要问题

随着各行各业数字化转型逐步深入，将诞生越来越多对数据中心和信息技术高度依赖的行业，数据中心服务的中断不再是数据中心自己的事，将可能成为一个系统性的社会风险，需要引起高度重视。尤其是服务于千行百业的中小数据中心，它们通常不会像大型IDC一样去考虑两地三中心、异地双活等复杂的业务冗余架构，因此提升数据中心的可用性，实现可靠的连续运行依然是中小数据中心目前面临的主要挑战。

数据中心基础设施主要由供配电系统、暖通系统、弱电智能化系统、工艺系统、装饰系统、消防系统等组成。

供配电系统：包括高压配电系统、低压配电系统、柴油发电机系统、UPS/高压直流、蓄电池系统、接地和服务器电源等子系统，为机房内所有设备提供稳定、可靠的供电。供配电系统整体架构、关键设备可靠性及后期运维难等对数据中心可靠性运行有重大影响。

暖通系统：包含精密空调系统、舒适性空调系统、通风系统等子系统，为机房提供设备运行所需的环境，保证设备的正常运行以及延长设备的使用寿命。其中冷源形式、制冷形式、系统架构及后期运维难度等对数据中心可靠性运行有重大影响。

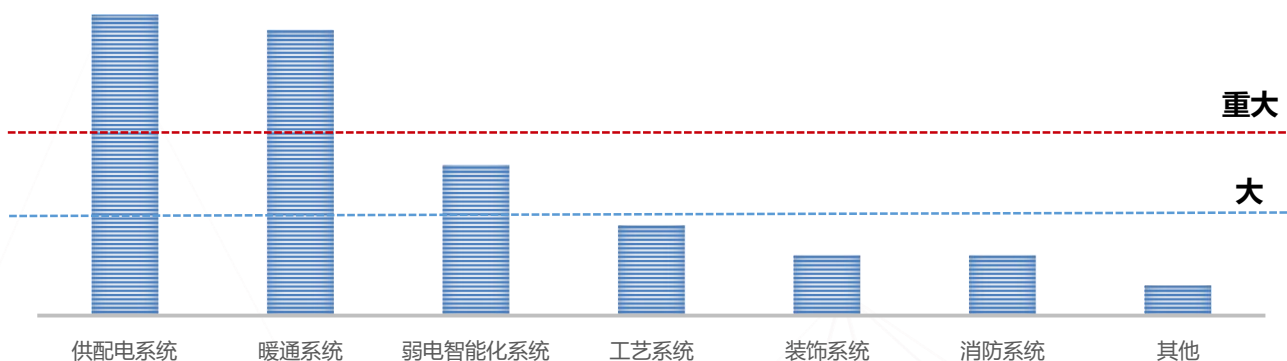
弱电智能化系统：包含DCIM综合管理平台、动环监控系统、门禁系统、视频监控系统、防盗系统、综合布线系统等子系统，有效提升数据中心的业务效率及可靠性。随着智能化程度不断提高，数据中心智能化系统的网络安全、维护便利性、故障识别及响应能力等对数据中心可靠性的影响逐步提升。

工艺系统：包含设备机柜、密闭通道组件等。随着设备机柜功率密度不断提升，密闭通道气密性、气流组织等对数据中心可靠性运行有影响。

装饰系统：包含数据中心隔断、墙面装饰、顶面装饰、地面装饰、门窗、照明等子系统。其中顶棚、壁板（包括夹芯材料）、隔断、门窗、地面及其他装修材料的防火性能对数据中心可靠性运行有影响。

消防系统：包含火灾自动报警系统、灭火系统、避难诱导系统等子系统。其中系统合理性、灭火介质选择等对数据中心可靠性运行有较大影响。

表1 各系统可靠性影响



综上所述，按照各系统承担的不同功能来看，数据中心供配电系统、暖通系统影响最大，弱电智能化系统对数据中心可靠性运行影响较大。制约中小数据中型可靠运行的主要问题还是聚焦于供配电、暖通及弱电智能化三大系统，本文基于上述三大核心系统重点分析影响中小数据中心可靠性运行的趋势及相关对策。

3. 中小数据中心建设发展趋势

数据中心选址时，应综合考虑多种因素，应有充足的电力供给，快速通畅的通讯；环境应清洁、温度应有利于节约能源；应远离易燃易爆、腐蚀、粉尘等危险场所；应远离水灾、地震等自然灾害隐患区域；应远离强振源、强噪声源及强电磁场干扰区域。设置在建筑物内局部区域的数据中心，在确定主机房的位置时，应对安全、设备运输、管线敷设、雷电感应、结构荷载、水患及空调系统室外设备的安装位置等问题进行综合分析和经济比较。

如果数据中心选址不满足上述要求，在进行方案设计时应有针对性的采取有效措施避免隐患。

3.1. 架构可靠

数据中心系统复杂，传统模式采用分段建设，现场多厂商设备集成的方式，责任界面不清晰，交付质量不可控。新一代智能微模块数据中心将供配电系统、制冷系统、机柜通道、布线、监控等集成在一个模块内，一体化集成、一站式交付，将工程产品化，产品标准化，责任界面清晰，安全可靠。多系统协同，端到端方匹配节能方案，全链路高效设备、实现低PUE，所见即所得。

在建设模式之外，不同中小数据中心的应用场景不同可靠性要求有所区别，将中小数据中心关键基础设施配置分为容错、冗余、基本三大类，对应要求如下表所示。

表2 数据中心基础设施配置分类

功能	UPS	空调	连续供冷
容错	2N	N+X (X=1~N)	应
冗余	N+1	N+1	宜
基本	N	N	可

数据中心可靠性等级的设定，往往针对中大型数据中心进行分类，而中小型数据中心受限于市电路数，油机的设置以及制冷方式的差别，需要从整体运行可靠性上考虑。加入连续制冷的需求，以考虑中小型风冷数据中心，在大部分无油机电电的情况下，断电导致的机房过温风险。针对具备冗余条件的数据中心时，在架构上应考虑必要的连续制冷措施。

3.1.1. 供配电系统

供配电系统是整个模块化机房的基础系统工程，要求高安全性、高可靠性、易于维护和在线扩容。模块化机房内的配电系统应由UPS电源供电，配电线缆、配电柜开关及相应的电路，其设计容量应满足用电峰值。强弱电分离，模块内的配电和弱电线缆应分别敷设在各自线槽，且保持一定的安全距离，IT设备配电宜采用配电列头柜或专用配电母线。

配电系统内低压配电系统、UPS系统、备电系统及末端供电设备宜采用模块化架构，便于在线维护、后期平滑扩容及减少运维人员专业性要求。UPS系统后备供电时间不小于15min。

容错架构的模块化机房中，供电输入方式应采用双重电源供电。冗余架构的模块化机房中供电输入方式宜采用双重电源供电。当供电条件不满足时可延长UPS后备时间以满足运维要求，可根据使用需求配置柴油发电机组，且发电机组应在UPS系统供电时间内正常启动。

3.1.2. 空调系统

模块化机房的运行环境应满足模块内所有设备的运行要求，设备不确定时，冷通道或机柜进风区域温度满足国标相关要求。模块化机房空调系统容量应根据IT设备负载发热量、配套设备发热量、环境发热量、机房运行工况及机房所在地气候条件等计算确定，并应预留响应余量。

空调系统应选择风冷直膨空调或氟泵空调等分布式制冷方式，有效减少制冷设备间的关联性，降低故障影响面，便于故障定位及排查，提高数据中心可靠性。

空调设备的选型应考虑实际应用场景的地理与气候因素，避免在极端海拔或极端室外高低温气候下由于设备降额导致的机房总冷量下降。

空调及IT机柜应合理布置，确保气流组织畅通。并应在机房内设置防止冷凝水管和加湿水管泄漏扩散的措施和漏水检测措施。

需额外说明的是，随着数字化业务发展与AI等新兴应用的普及，中小数据中心单柜的IT负载功率逐年提升，高功率、高密度机柜在制冷中断情况下可稳定运行的时间也在缩减。实测数据显示，传统的3KW机柜在失去制冷后，服务器热保护关机时间大概有480s，4KW机柜则缩短到300s。当机柜密度达到8KW，热保护关机时间则缩减到不到240s，只有3KW机柜的一半。由于断电导致的机房高温宕机已经成为中小数据中心的运行可靠性短板。



图1 不同功率密度时热保护关机时间

受限于市电中断情况下的温升时间，目前大多数中小型数据中心在市电中断后的后备时间，往往只有十数分钟，出现断电后的系统实际运行时间远远达不到电池的备电时间。

综上所述，当模块化机房需要达到容错和冗余功能时，空调室内机、室外机均应采用不间断电源供电，空调压缩机应为变频驱动避免对前端不间断电源的启动电流冲击，不间断供电时间与IT设备UPS后备供电时间保持一致，避免市电断电后的数据中心温度异常，空调末端配置应满足N+X (X=1~N) 配置。

3.1.3. 智能管理系统

智能管理系统是模块化机房运维人员的信息化工具，系统功能应能满足机房运维人员对模块化机房的监控、维护与管理需求。模块化机房应配置智能管理系统，对模块内环境和动力监控系统、安全防范系统、火灾自动报警与灭火系统、能源管理等进行统一集中化管理，智能管理系统应具有标准的北向接口，可上传数据并可接受上级管理系统发出的监控指令。该系统通过智能化、自动化的方式，实现对模块化机房的全面管理，提高机房的运营效率和管理水平。

每套模块化机房均应配置独立的具有数据处理功能的采集监控模块和中文监控显示屏，且系统通信总线应具备容错能力，单点故障不影响其他设备；系统供电电源宜采用独立UPS系统供电，当采用集中不间断电源系统供电时，各系统应单独回路配电。

模块化机房内宜配置移动智能管理APP系统，实时监控对应设备关键数据并在移动APP端显示，具备远程、移动、全天候的专家级设备管理、故障预警、健康检查等功能。

为保障数据中心基础设施的安全可靠，智能管理系统应通过中国国家认证认可监督机构的网络安全测试。

3.2. 产品可靠

针对中小型数据中心的产品设计，应满足客户的可靠性需求，从产品侧分类，应包含供配电、制冷、监控硬件、监控软件等几部分。

3.2.1. 设计一致性

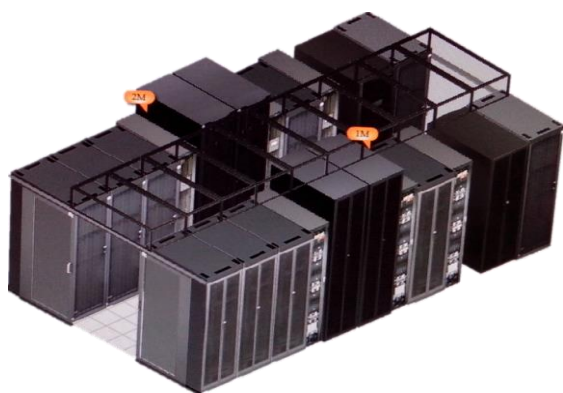


图2 攒机解决方案



图3 微模块一体化解决方案

中小型数据中心由于规模较小，其建设和运维团队往往不会按照子系统细分，按照微模块的建设方式，整体方案的设计一致性至关重要。相比于多品牌厂家的“攒机”模式，设计一致性可以避免不同品牌设备的安装、运行兼容性，从而保障数据中心运行可靠性，主要分为以下方面：

结构影响：一致性的设计可以保障机房不同设备匹配度，如设备之间的缝隙。不同品牌攒机的设备由于采用不同设计，设备的结构不尽相同，在现场安装时可能存在较大不确定性，较大的缝隙较大会影响气密性，造成冷热气流的互通，从而影响温度场均匀。

功能影响：“攒机”模式下，不同品牌设备协议不互通或部分互通，对于设备的控制、联动、告警传递有较大影响。如软件协议对接的问题，在设备温度升高时，核心控制器会控制精密空调增大制冷量，而精密空调为了保障运行稳定性，对于第三方的监控平台采取“只监不控”的策略，使得上层命令无法执行，或者互相冲突，会影响整个机房的温度控制。

性能影响：随着工业设备控制软件技术的发展，在微模块解决方案中，部分厂家已经具备“L1+L2”联动的功能。如传统的精密空调采用负反馈控制，通过温度传感器检测通道温度，如温度上升将增加制冷量以维持温度平稳。受限于精密空调控制周期，制冷量始终滞后于负载发热量，这种控制方式依然存在温度波动的情况。“L1+L2”联动控制是通过控制器采集IT设备的实时负载信息，在负载变化时将信息传递给精密空调进行实时调节，这种方式可以做到制冷量与IT负载大致匹配，对数据中心温度进行更加精确的控制，更好保障运行可靠性。

3.2.2. 部件可靠

中小型数据中心由于规模较小，电力部分往往采用原有机房大楼的380V市电供电，不具备大型数据中心的高压专线供配电设备，因此与大型数据中心的供配电架构略有不同，在考虑中小型数据中心供配电产品设计时，推荐采用集成化的供配电设备，通过高集成度和智能化，提升数据中心供电的可靠性。

传统供配电方案供电架构图如下图所示，变配电设备包括变压器、低压配电柜、无功补偿柜、UPS输入、UPS、UPS输出柜以及馈线柜。设备内保护器件串联级数多、设备数量多，为满足配电设计规范要求平面布局多采用多排布局形式。方案中所涉及的产品品牌多、设备与设备之间主要采用强电桥架敷设以及线缆的连接方式，交付周期长、安装质量较难控制。



图4 传统供配电方案

■ 中大场景的电力模块供配电方案

对于中型的数据中心，功率范围在1MW以内，可优选电力模块的供电方案。电力模块供配电方案供电架构图如图所示，电力模块取代了传统方案中变压器、低压配电柜、无功补偿柜、UPS输入、UPS、UPS输出以及馈线柜。设备与设备之间采用铜排的连接方式，可以实现工厂预制化，减少现场安装调试时间。电力模块内可以集成温度AI诊断和一体化监控功能，提升系统运维效率。

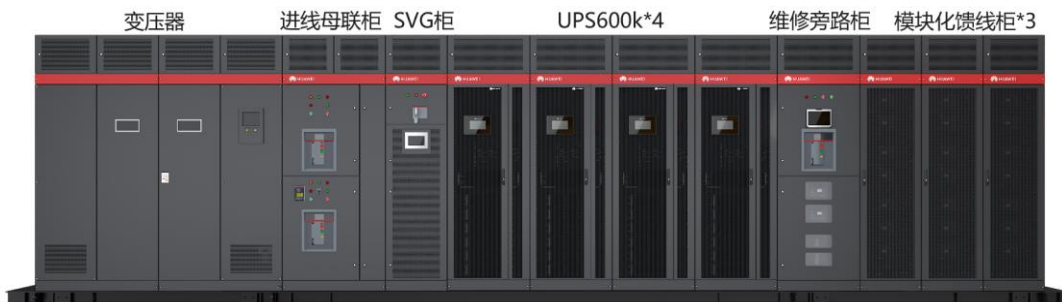


图5 电力模块供配电方案

表3 电力模块供配电方案

类别	传统方案	电力模块方案
主要设备	变压器，成套低压柜，补偿柜，UPS，馈线柜，电缆	变压器，成套低压柜，补偿柜，UPS，馈线柜，预制铜排
造价	设备数量多，电缆多，工作量大，整体造价高	设备数量较多，无电缆，工作量少，整体造价会降低
整体效率	线路链路长，设备多，现场施工量大，效率差别大	线路链路短，工厂预制，链路效率高
无功补偿谐波处理	电容或SVG，APF	SVG，APF
负载兼容	支持ICT设备，空调，水泵等	支持ICT设备，空调，水泵等
占地面积	集成度低，占地面积大	集成度高，占地小，节约配电面积30%以上
施工周期	施工周期长，包括内部连接桥架、约200+根电力电缆，还需协调设备的货期，存在施工串行工作	施工周期短，内部无连接电缆，全链路预制式铜排连接，节省施工时间75%以上
可靠性	2N架构，满足国标A级，可靠性依赖于现场施工质量	2N架构，满足国标A级，工程预制可靠性高
可维护性	品牌数量杂多，传统电表，电缆连接，第三方集成安装，无预测，依赖大量工人维护，故障时责任界面不清晰	品牌单一，铜排连接，关键部件模块化可插拔设计，链路本地可视化，温度、易损件寿命等AI预测，智能化维护，责任界面清晰
可视化	传统电表，系统不可视，需第三方整体集成	配备一体化监控系统，本地全链路可视

结合以上比较，数据中心传统供配电方案和电力模块供配电方案对比分析如下：

1. 电力模块进一步减小设备占地面积，相比传统供配电方案节约30%以上建筑面积，可以提升机房IT机柜的出柜率。
2. 电力模块相比传统供配电方案降低损耗、高效省电。
3. 传统供配电系统设备来源多个供应商，铜排、线缆均需要现场设备到场就位工勘后再加工，设备的安装、母线线缆的加工和安装、设备单体调试、联调、系统验证，整个周期大于2月；电力模块进一步缩短现场交付时间，单套交付时间控制在2周以内。
4. 电力模块相比传统方案供配电系统链路连接点更少，系统更为简单，出现失效故障的可能性更低；工厂组装预制化，标准流水式作业，出厂测试，安装施工总装环节引入失效点的可能性更小，相比传统方案可靠性更高。
5. 电气故障是影响全球数据中心安全运行的主要原因，电力模块具备独有的AI诊断功能，对部件使用寿命进行预测，提前发出告警，防患于未然，避免部件故障影响系统运行。
6. 电气设备温度高是常见问题，一旦引起火灾将导致难以估量的严重后果。电力模块设备部署温度监测传感器，实时监测关键部件温度，及时发现隐患点，避免电气火灾的发生，提高系统运行可靠性。

■ 中小场景的一体化供配电方案

而对于小型的数据中心，负载在50~200kW范围，推荐采用一体化供电设备。一体化供电设备包含市电输入、UPS设备、IT电源分配、制冷电源分配以及照明灯其他电源分配等功能，通过高集成的设计，减少线缆连接和施工工作，以避免现场施工问题导致的端接不良。

模块化设计是供配电产品设计的重要特征，通过模块化的设计和部件的冗余，可大幅提升供配电设备运行的可靠性。

针对传统供配电设备不可视的问题，可以通过增加数字化监控的方式解决，如必要的电表、传感器等部件，通过内置的温度传感器，可有效监测设备内部关键节点的运行情况，以防止由于线缆老化、端接不良等原因导致的温度异常，避免供电中断甚至火灾的发生。

■ 备电系统的锂电化

针对数据中心备电场景，得益于锂电池行业的迅猛增长，当前锂电池全生命周期成本已明显低于铅酸电池，且具备更小的体积，较轻的重量，可降低数据中心对于环境的选址要求，逐渐成为数据中心备电的首选方案。在可靠性方面，锂电池相比于铅酸电池具备以下优势：

1. 较长的衰减周期：锂电池具备更长的使用寿命，在实际使用中，锂电池容量衰减较慢，相同放电深度条件下铅酸电池往往在3~5年内，整体容量会衰减到额定容量的80%以下，而锂电可使用10年以上。如运维团队不能及时更换，将造成数据中心备电时间缩短，影响数据中心备电可靠性。同时在更换过程中会造成系统可靠性下降，误动作，调试安全等风险，锂电在数据中心全生命周期无需更换优势明显。
2. 更加精密的电池管理系统：电池事故的主要原因主要是过充过放，此时电池监控系统至关重要，铅酸电池为传统化工行业，和电池监控解耦，无法针对电池进行精细化管理。而锂电池具备更精密的电池管理系统，可针对pack级别进行精细化调整，保障充电和放电过程的可靠性。

■ 行级分布式近端制冷

中小数据中心规模小，环境复杂度高，风冷型行级精密空调可以降低数据中心的选址要求和安装、运维复杂度。而近端制冷+封闭冷/热通道模块化也是目前中小数据中心空调制冷的的主要形式，在多个行业中广泛使用；近端制冷对于多样化复杂场景的数据中心优势明显，可支持的功率密度在密封通道条件下范围大，在6-25kW/rack都能够获得较好的制冷效果，在机柜功率密度不断提升的未来，其应用场景占比将持续增加。并且其在对架空地板无强制要求，配置冗余更加灵活，故障影响面小等方面表现也更为优异，可实现中小数据中心所要求的灵活性、可预测性、可扩展性、低能耗、低总体拥有成本以及最高的可用性。

另外在产品设计上，以下各项产品功能也对可靠运行影响较大：

模块化设计：制冷设备的维护较为复杂，对于核心器件，如电控、驱动、风机等部件，均采用模块化可更换设计，并做适当冗余，可提升制冷设备的运行可靠性，同时降低产品的维修难度，缩短设备的故障处理时间。

低负载除湿功能：中小型数据中心的业务不确定性大，往往在运行初期负载率较低，由于制冷设备的工作原理，在低载时易发生压缩机频繁启停，导致高湿环境中，空调无法稳定除湿，机房大量凝露，甚至损坏IT设备，该现象在湿热区域尤为明显。随着技术发展，业界已有新的控制逻辑可确保空调稳定除湿，因此制冷产品应具备低负载除湿功能，以保障高湿热地区的数据中心运行可靠。

制冷剂检测功能：风冷空调依靠制冷剂相变散热，作为热量传递的媒介，制冷剂的重要性不言而喻。但受限于运行环境复杂，铜管自然老化，意外损坏等因素，部分空调在运行多年后会有制冷剂不足的情况，不但导致空调制冷量降低，机房温度过高，甚至损坏压缩机等设备。该情况的发生较为缓慢，因此更加难以发现处理。当前部分精密空调可通过传感器+智能算法的方式，进行制冷剂容量的实时监测，该功能可有效避免制冷剂泄露导致的可靠性问题。

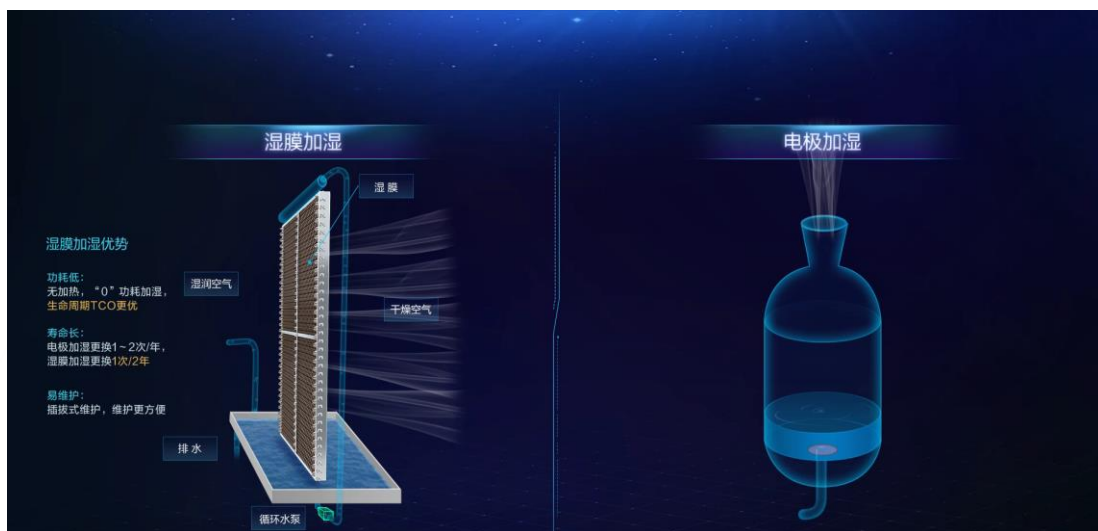


图7 湿膜加湿和电极加湿方案示意

湿膜加湿：精密空调的功能在于维持稳定的温度和湿度，在加湿功能上，传统的精密空调采用电极或红外加湿，此种方式对于水质要求较高，而中小型数据中心水质往往缺少较为专业的软化水装置，导致精密空调加湿机构结垢甚至堵塞，以影响数据中心加湿功能。当前较为可靠的方式为湿膜加湿，通过湿膜蒸发的方式调节湿度，此种方式由于不存在水体加热，不易产生结垢的情况，相比于电极或红外加湿，可靠性更高。

对于数据中心节能减排的趋势，越来越多的数据中心采用节能型制冷方式，如针对的大型数据中心的间接蒸发冷却、针对小型数据中心的氟泵、热管背板、室外机多联等技术。从效果上看都可以降低制冷系统耗电的诉求。考虑到制冷系统对数据中心业务重要性，中小型数据中心应倾向于选择成熟、分布式且机组之间解耦的制冷方式，如氟泵空调，通过配置N+1冗余的方式，可在降低数据中心耗电的同时满足高可靠性要求。

3.2.3. 供电和制冷融合设计

传统意义来看，供电和制冷属于不同子系统，其设计和建设相对独立，但从整体可靠性而言，二者有相互融合的趋势，如针对于中小数据中心的连续制冷方案，考虑从冷电融合的角度进行设计，以提高整个系统可靠性。

传统的中小数据中心，具有设备密度小、服务器功率低、空间开放等特点。现有中小数据中心的设计与实施中，IT设备基本配备不间断供电系统并保证15min以上备电功能，相应空调系统缺乏对应配置。大多因为成本、能源供给、使用空间等因素，不具备制冷冗余和灾备体系。这样的中小数据中心出现制冷中断时，依靠原本机房空间的蓄冷和开窗通风、风扇吹等手段扛过设备重启的时间空档。

但随着数字化转型的深入，各行各业已经纷纷将业务迁移到线上，对于在线服务的依赖性不断提升，一旦服务中断损失将无法估算。同时，因为业务的迁入以及各类数字工具的应用，极大提升了中小数据中心算力规模，IT负载和能耗都在同步攀升。在这种情况下，一旦出现制冷故障，服务器温度会在几分钟内飙升到无法正常运转的程度。

当前已经有部分数据中心客户在设计之初认识到这个问题，从而采用为空调系统单独备电的方案，但该方案仍然投资较大，同时空调作为动力设备，运行谐波和故障率远高于IT设备，对UPS及配电设备也存在一定影响。

冷电融合的设计，为一种新型的数据中心产品架构，该架构将针对IT设备的供配电产品和针对制冷设备供配电产品融合设计，可同时为IT设备和制冷设备提供稳定供电，从而在架构上显著提升数据中心可靠性。该架构具备以下特点：

融合设计：中小数据中心负载较小，单个模块总IT功率在80~120kW之间，融合设计可在单柜内完成单个模块的UPS及配电功能，并大幅减少现场的接线和施工工作，以避免由于施工工艺导致的可靠性问题。

故障隔离：传统意义上认为，动力设备的故障率高于电子信息设备，在为制冷供电时，应考虑由于故障导致的UPS过载等极端情况，以避免由于单台制冷设备故障导致的所有制冷设备宕机甚至是服务器宕机。

谐波补偿：制冷设备由于内部存在压缩机、风机等高耗电、非线性设备，设备运行产生的谐波易反馈至UPS侧，对同端负载造成影响，因此UPS应具备相应的谐波补偿措施，以避免由于谐波导致的供电质量降低。

3.2.4. 监控产品可靠

当前多数数据中心的运维安全依赖于富有经验、训练有素的运维团队、专业化的运维流程，以及强大的运维平台，而中小型数据中心由于规模较小，受限于软硬件投资、人力成本等因素，往往不具备以上全部条件，较难进行专业团队24小时不间断运维，甚至部分中小数据中心处于无人管理的状态，对于设备的运行状态、维护保养的数据进行被动响应，严重降低中小数据中心的运行可靠性，也大幅增加了中小型数据中心故障后的恢复时间。

智能化的移动运维工具将是提升中小型数据中心运维可靠性的重要手段，通过将管理系统部署在云端，实现对机房的高效运维，相比于大型数据中心的运维管理系统，移动运维工具应具备以下特点：

轻量化：轻量化的监控产品，不止在于降低用户的投资和部署难度，更有利于提供轻量简单的平台工具，降低用户学习成本、维护成本，更加切实有效的提供监控运维功能，提升数据中心运行稳定性。

容错性：监控产品作为管理工具，应具备比UPS、精密空调更高的可靠性，以做到有效管理。对于电源、通信组网等核心要素，监控产品应具备容错性，保障在遇到故障时可以做到稳定运行，可靠监控。

可移动性：受限于中小型数据中心非24小时连续性运维，监控产品应具备可移动管理的功能，不受限于用户位置的限制，提供实时的、不间断的监控功能，以便于在故障发生时有效提醒，快速响应。

综上所述，作为中小型数据中心运行可靠性的重要因素，移动运维工具可提供智能化、轻量化、安全可靠的管理，在减少投资的同时，有效解决中小数据中心无专人管理、运维技能缺失等问题，提升中小型数据中心的运行可靠性。

3.3. 运行可靠

近年来，随着大数据、云计算等技术的快速发展，数据中心的规模更加庞大，管理越发精细，承载的功能也越来越复杂，数据中心的监控节点数由万级上升至百万级，数据中心的控制器件，由传统的嵌入式架构，逐渐升级为工控主机，其功能由传统的动环监控，升级为管理运维的综合平台。但随着软硬件复杂程度的增加，软件漏洞和网络安全的风险也日益突出。2022年，某品牌UPS被曝出存在相关的软件漏洞，据研究人员声称：通过利用RCE漏洞，我们能够绕过软件保护，让电流尖峰周期反复运行，直到直流链路电容器被加热到约150摄氏度(~300F)，这会导致电容器爆裂，释放大量电解质气体并导致UPS‘变砖’，同时对关联设备造成附带损害。”这意味着软件漏洞的风险从软件业务层逐渐向基础设施层蔓延，而基础设施的可靠性更为关键，一旦基础设施出现问题，将会为数据中心带来灾难性损失。软件可靠性已经成为影响数据中心基础设施可靠性的重要考量因素。

作为智能世界的底座，数据中心的建设被上升到关乎经济社会发展，国家发展和安全的重要战略高度，预计中长期内将会对构建新发展格局和经济增长起到重要作用。在互联网病毒肆虐，全球重点关注信息安全的环境下，各区域也针对网络安全颁布了相关规范。

3.3.1. 软件运行可靠

软件功能发展强大的同时，网络攻击也趋于常态化，数据中心软件安全的风险也在增加，为保障数据中心安全稳定运行，除了立法的规定，监控软件的网络韧性也需要关注。由此来看，管理系统软硬件应采用高安全设计，比如对操作系统、数据库、管理软件进行加固，管理软件与采集器之间传输通道必须采用加密传输等手段，避免管理系统安全成为用户网络中的安全短板。整体来说，管理系统应具备以下可靠性措施：

数据中心基础设施应满足国家《网络安全法》相关网络安全，系统自身应进行有关网络安全设计。

基础设施智能化系统宜按照设备采集层、统一监控层、业务管理层、交互展示层的逻辑功能划分。

智能硬件设备应至少通过利用防火墙技术，远程访问使用VPN加密通道，防暴力破解、防DDoS攻击，安全协议SNMPV3(默认)，ModbusTCP加密通道等手段，实现网络拦截。

智能硬件设备应至少通过集中认证控制，重要操作二次认证，挑战码认证，基于角色的权限管理等手段，实现认证授权。

智能硬件设备应至少通过数据范围校验，软件包数字签名校验，可信计算，去Root化，OS加固，安全日志，进程服务最小化等手段，实现完整性校验。

智能硬件设备应至少通过敏感数据加密存储，敏感数据匿名化，安全通道传输数据、数据隔离等手段，实现数据保护。

统一监控层宜各专业子系统和设备上报的数据进行统一处理，对接不同厂家子系统和设备应信息采集统一，并提供统一告警、统一鉴权、统一安全设计和统一日志管理等基础功能。

系统应采用高安全设计，对操作系统、数据库、管理软件进行加固，管理软件与采集器之间传输通道须采用加密传输，对于敏感数据和密码等应加密保护。

系统对来自客户端、第三方系统等外部实体的数据的每个请求，应在使用这些数据之前进行语法验证、数据类型、数据长度校验。

系统应对操作系统、数据库、软件使用各种加固手段进行加固，应支持限制和禁用不安全的服务、限制登录次数和登录时间、限制连接数和连接时间、限制内存大小、限制访问路径、限制操作权限功能。

系统应该对敏感数据进行保护，应对数据进行加密保护、加密传输，并不存储在应用程序的内存中。

系统应对用户进行登录认证，对于多次登录失败的，应锁定账号IP。

系统应使用强密码策略与密码修改策略，宜包含长度限制、字符组合及弱密码检测等常规策略，系统的用户密码、手机号、邮箱等个人信息的存储须经过加密处理，不得明文存储。

系统应使用业界公认标准安全的协议来登录后台服务器或访问设备，安全协议参考SSHv2、HTTPS、FTPS、SNMPv3、TLSv1.1、TLSv1.2。

系统日志应包含安全日志、系统日志和操作日志，涵盖系统内所有的用户活动和操作指令，且不得删除。

系统的安全事件、系统情况、操作指令应做到可追溯，可查，可诊。用户安全事件活动应包含登录和注销，增加、删除用户和用户帐号、口令等属性的变更，用户的锁定和解锁、禁用和恢复，角色权限变更，系统相关安全配置（如安全日志内容配置）的变更，重要资源的变更，如某个重要文件的删除、修改等。操作指令应包括对系统配置参数的修改，对系统进行启动、关闭、重启、暂停、恢复、倒换，对业务的加载、卸载，软件的升级操作，对重要个人数据的创建、删除、修改，所有帐户的命令行操作命令。

3.3.2. 行业认证

针对工商业领域软件应用的安全风险，国内外已经具备了完善的网络安全测试规则，具体如下：

中国：公安三所网络安全认证。公安部第三研究所创建于 1978 年，是公安部直属正厅级科研事业单位。该所主要研究领域包括信息网络安全、物联网、特种通讯、以及社会公共安全防范技术等。可针对监控软件的安全性、主动防御能力等提供全面的验证，为用户提供可参考的行业依据。

欧美：信息安全评估通用准则。信息安全评估通用准则 CC (Common Criteria for Information Technology Security Evaluation, 以下简称为 CC) 是美、英、法等六国历经 20 多年制定的评估信息安全产品和系统安全特性的基础准则，是可用于验证 IT 安全性的国际认可度最高的标准，对于工业软件的安全性认证具备权威资质。

总之，管理系统的智能化带来了更便捷的运维体验，更高的运维效率与更可靠的运行效果。但由此带来的软硬件安全问题也逐步凸显，数据中心基础设施应满足国家《网络安全法》相关网络安全，系统自身应进行有关网络安全设计，产品需要符合并通过网络安全测试规则，才能真正保证长治久安。



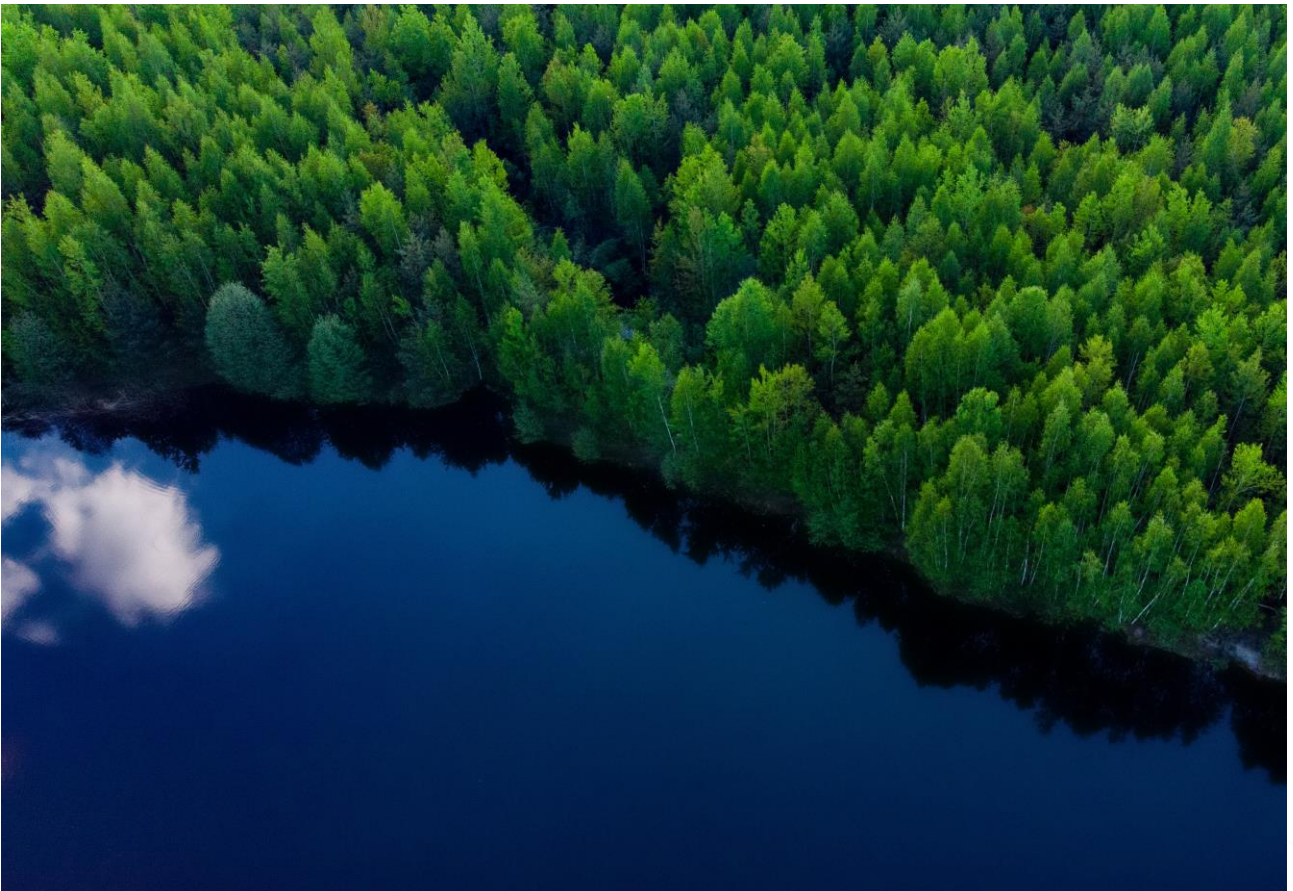
3.4. 体系可靠

数据中心生命周期长达十年，为确保数据中心在全生命周期面对各种内外部干扰和灾难时，能够保持业务的正常运营和服务的持续性，上文中硬件和系统的安全是基本要求。要保证端到端安全须通过构建安全的体系架构来实现。通过多元化的供应策略保障供应连续性和客户产品/服务的及时交付，避免或降低重大自然灾害、政治/经济/贸易、网络病毒灾害等风险事件对数据中心的影响。

数据中心关键设备供应商应具有健全的业务连续性管理体系和管理机制，通过完整的一体化管理流程计划，对潜在的灾难加以辨别分析，帮助其确定可能发生的冲击对企业运作造成的威胁，并提供一个有效的管理机制来阻止或抵消这些威胁，减少灾难事件给业务连续性造成的影响，企业应重点参考ISO 22301业务连续性管理体系中的要求与建议；

另对以下关键管理体系也需关注，并考虑在规划，设计，建设，运维阶段中端到端执行并保障：

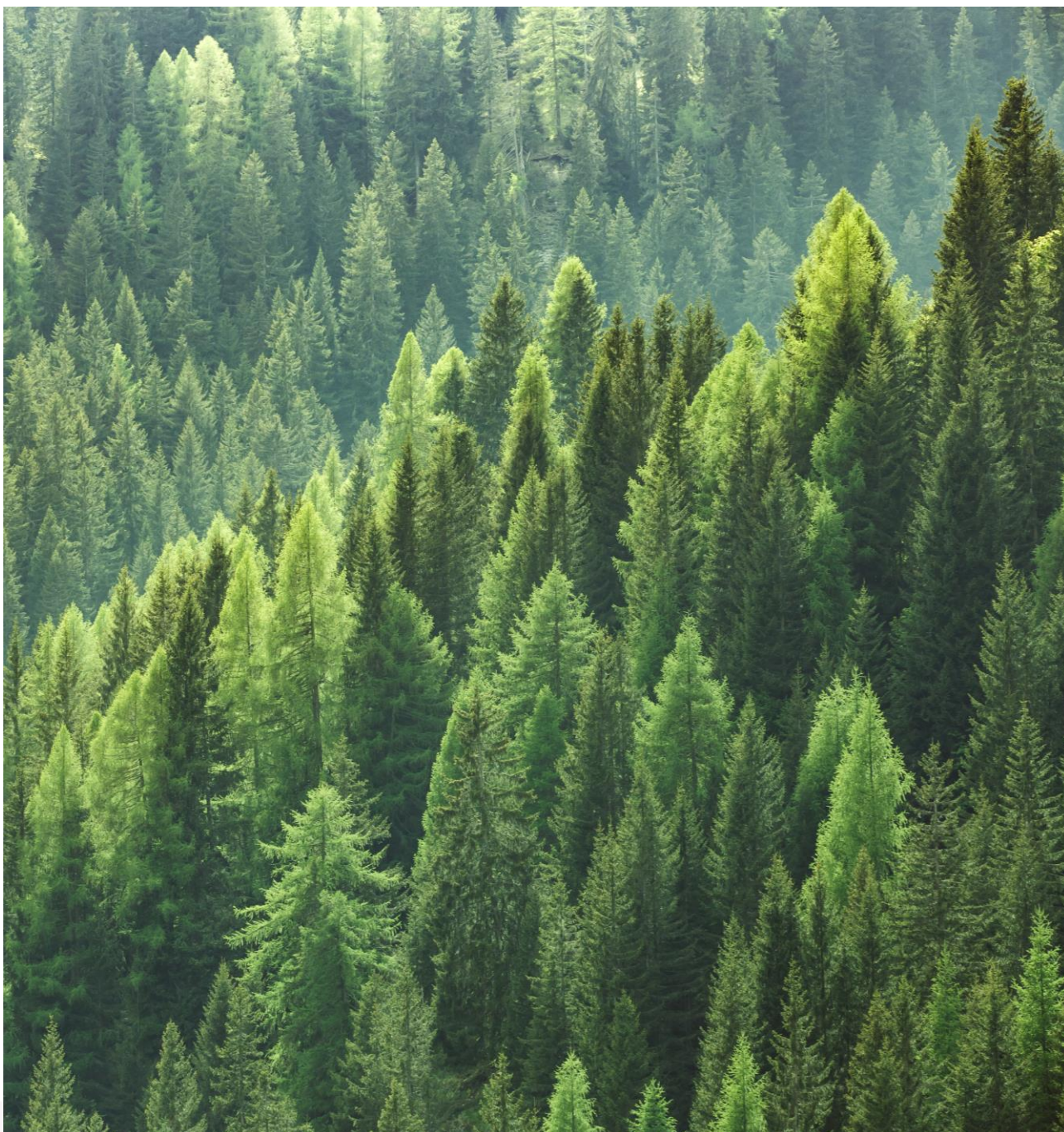
- ISO9001质量管理体系
- ISO14001环境管理体系
- ISO45001职业健康安全管理体系
- ISO50001能源管理体系
- ISO28000供应链安全管理体系
- ISO/IEC27001:2022信息安全管理
- ISO/IEC20000-1信息技术服务管理体系



4. 总结

随着2020年“新型基础设施建设”的提出和数字化技术在各行各业的应用加速，数据中心的建设速度明显加快。行业内新技术、新产品、新应用不断涌现，为用户带来更多的选择，也使得数据中心更简单，更智能，更省电。但作为数字化的底座和承载业务的基石，可靠性依然是数据中心的要点。

中小数据中心可靠性与大型数据中心相较而言，两者既有共同点又差异明显，相对于有严格要求的立项审批，设计，施工，验收大型数据中心而言，中小数据中心各个环节条件相对较为缺乏，因此在建设的初期就必须最大化减少在各位人为与非人为的不良因素。本文从架构、产品、运行和体系四个角度进行阐述，列举了数据中心可靠性的关键要素。其中架构标准化，工程产品化，产品模块化，模块智能化是笔者目前较为推荐的模式。相信随着AI技术的不断普及，未来人工智能完全取代人自设计，自建设，自运维，保障所有资源能力充分释放的时代也将逐步到来。





华为数字能源

版权所有 © 华为数字能源技术有限公司 2023。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

免责声明

本文档可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

华为数字能源技术有限公司
深圳市福田区香蜜湖街道华为数字能源安托山基地
邮编: 518043
digitalpower.huawei.com