

# 中国建筑节能协会团体标准

T/CABEE-JH2022016

## 低碳数据中心设计导则

Design guideline for low carbon data center

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国建筑节能协会 发布

2023.10

# 前 言

根据《中国建筑节能协会团体标准管理办法（试行）》（国建节协（2017）40号）及《关于印发〈2022年度第一批团体标准制修订计划〉的通知》（国建节协[2022]16号）的要求，由中国建筑设计研究院有限公司、亚太建设科技信息研究院有限公司会同有关单位组建编制组，经广泛的调查研究，认真总结实践经验，考察有关国内外标准和先进经验，并在广泛征求意见的基础上，共同编制了本标准。

本标准的主要内容包括：1总则；2术语；3基本规定；4建筑与结构低碳设计；5电气低碳设计；6暖通与给排水低碳设计；7智能化低碳设计；附录。

本标准由中国建筑节能协会标准化办公室负责管理（联系电话：010-57811483，邮箱：biaoban@cabee.org），由XXXXXX负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至XXX（地址：XXX，邮编：100013）。

本标准主编单位：中国建筑设计研究院有限公司、亚太建设科技信息研究院有限公司

本标准参编单位：北京电信规划设计院有限公司、中元国际（上海）工程设计研究院有限公司、中国电子工程设计院有限公司、中国移动通信集团设计院有限公司、同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司、中邮建技术有限公司、中国建筑节能协会电气分会、中国建筑节能协会数据中心绿色低碳专业委员会、维谛技术有限公司、ABB（中国）有限公司、施耐德电气（中国）有限公司、康明斯（中国）投资有限公司、珠海派诺科技股份有限公司、长沙银行股份有限公司、依米康科技集团股份有限公司、深圳市艾特网能技术有限公司、深圳科士达科技股份有限公司、科华数据股份有限公司、伊顿电源（上海）有限公司、中电变压器股份有限公司。

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

# 目 次

第一章 总则 .....	7
第二章 术语 .....	8
第三章 基本规定 .....	11
第四章 建筑低碳设计 .....	12
4.1 一般规定 .....	12
4.2 项目选址 .....	12
4.3 数据中心园区低碳规划及布局 .....	13
4.4 建筑形式及结构选型 .....	13
4.5 低碳建筑及结构材料 .....	14
4.6 建筑低碳创新设计 .....	15
第五章 电气低碳设计 .....	16
5.1 一般规定 .....	16
5.2 新能源应用设计 .....	16
5.3 电气系统低碳设计 .....	16
5.4 电气设备低碳设计 .....	17
5.5 电气管理低碳措施 .....	20
5.6 电气低碳创新设计 .....	20
第六章：空调与给排水低碳设计 .....	26
6.1 一般规定 .....	26
6.2 低碳冷热源应用设计 .....	26
6.3 空调与给排水系统低碳设计 .....	27
6.4 空调与给排水设备低碳设计 .....	28
6.5 空调与给排水管理低碳措施 .....	31
6.6 空调与给排水低碳创新设计 .....	31
第七章 智能化低碳设计 .....	36
7.1 一般规定 .....	36
7.2 智能化系统低碳设计 .....	36
7.3 智能化材料设备低碳要求 .....	37

7.4 低碳综合管理平台要求.....	39
7.5 智能化低碳创新设计.....	40

# Contents

1	General Provisions .....	7
2	Terms .....	8
3	Basic Regulations .....	11
4	Low Carbon Design of Buildings .....	12
4.1	General Provisions .....	12
4.2	Project Site Selection .....	12
4.3	Low carbon planning and layout of data center parks .....	13
4.4	Building Form and Structural Selection .....	13
4.5	Low carbon building and structural materials .....	14
4.6	Low carbon innovative design of buildings .....	15
5	Electrical Low Carbon Design .....	16
5.1	General Provisions .....	16
5.2	New Energy Application Design .....	16
5.3	Low carbon design of electrical systems .....	16
5.4	Low carbon design of electrical equipment .....	17
5.5	Low carbon measures for electrical management .....	20
5.6	Electrical low-carbon innovative design .....	20
6	Low Carbon Design of Air Conditioning and Plumbing.....	26
6.1	General Provisions .....	26
6.2	Low carbon cold and heat source application design .....	26
6.3	Low carbon design of air conditioning and water supply and drainage systems .....	27
6.4	Low carbon design of air conditioning and water supply and drainage equipment .....	28
6.5	Low carbon measures for air conditioning and water supply and drainage management .....	31

6.6 Low carbon innovative design for air conditioning and water supply and drainage .....	31
7 Intelligent Low Carbon Design .....	36
7.1 General Provisions .....	36
7.2 Intelligent System Low Carbon Design .....	36
7.3 Low carbon requirements for intelligent material equipment ..	37
7.4 Requirements for low-carbon comprehensive management platform .....	39
7.5 Intelligent low-carbon innovative design .....	40

## 第一章 总则

1.0.1【**编制目的**】为了规范和指导低碳数据中心的设计，降低碳排放，提高能源利用效率，促进数据中心行业的可持续发展，编制本导则。

1.0.2【**适用范围**】本导则适用于新建、改建和扩建的数据中心设计。

1.0.3【**遵循原则**】低碳数据中心设计应遵循下列原则：

1 资源高效利用：充分利用和管理能源、水资源、土地资源等，降低资源浪费。

2 绿色能源使用：优先选择并鼓励使用可再生能源，减少对化石能源的依赖。

3 能效优先原则：通过高效硬件设备、智能管理系统等提高能源利用效率。

4 环境保护措施：减少废弃物产生和排放，采取有效措施保护环境。

1.0.4【**与其他规范的关系**】低碳数据中心设计除应符合本导则的规定外，尚应符合国家及行业现行相关标准的规定。

## 第二章 术语

### 2.0.1 低碳数据中心 Low Carbon Data Center (LCDC)

指采用低碳排放和利用可再生能源的技术、设备及材料，对环境影响小、能源高效利用的数据中心。

### 2.0.2 建筑低碳设计 Low carbon design of buildings

指在数据中心建筑专业设计中，通过园区及单体的合理规划、选择节能环保材料等，以减少能源消耗和碳排放为目标而进行的策划和设计方法。

### 2.0.3 结构低碳设计 Low carbon design of structural

指在数据中心结构专业设计中，通过采用合理的构造方案、适当的材料选择和优化的结构性能等，以最小化建筑物的能源消耗和碳排放为目的的设计方法。

### 2.0.4 电气低碳设计 Low carbon design of electrical

指在数据中心电气专业设计中，通过使用节能的电气设备、减少能源消耗和化石燃料的使用、利用可再生能源等措施来实现减少电气系统碳排放的设计方法。

### 2.0.5 暖通低碳设计 Low carbon design of HVAC

指在数据中心暖通专业设计中，通过使用节能、环保的暖通系统和设备、减少能源消耗、利用可再生能源等措施来实现减少碳排放的设计方法。

### 2.0.6 给排水低碳设计 Low carbon design of water supply and drainage

指在数据中心给排水专业设计中，通过使用节能、节水、环保的给排水设备和系统、降低水资源和能源消耗、减少污水排放等措施，从而实现减少碳排放的设计方法。

### 2.0.7 智能化低碳设计 Low carbon design of intelligent

指在数据中心智能化专业设计中，利用智能化系统、智能化设备材料、智慧综合应用平台及低碳创新设计措施，提高运营管理效率，减少能源消耗的设计方法。

### 2.0.10 数字化设计 digital design

指通过计算机辅助设计（CAD）、计算机图形学（CG）、虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、建筑信息模型（BIM）、计算流体动力学（CFD）等数字技



术，利用数字化的手段和方法进行设计，从而实现快速、高效、精准的设计过程和结果。

#### 2.0.11 新能源 new energy resources

指不使用传统能源如石油、煤炭等，而利用清洁、可再生的能源进行发电、运输、供暖等活动的能源。常见的新能源包括风能、太阳能、水能、生物质能等。

#### 2.0.12 电能利用效率 power usage effectiveness (PUE)

表征数据中心电能利用效率的参数，其数值为数据中心内所有用电设备消耗的总电能与所有电子信息设备消耗的总电能之比。

#### 2.0.13 水利用效率 Water Usage Effectiveness (WUE)

表征数据中心水利用效率的参数，其数值为数据中心内所有用水设备消耗的总水量与所有电子信息设备消耗的总电能之比。

#### 2.0.14 碳排放效率 Carbon Usage Effectiveness (CUE)

用于衡量数据中心或服务器房二氧化碳排放的指标。与 PUE 和 WUE 类似，CUE 是将总二氧化碳排放量与计算机设备使用的能源相比较的比率。

#### 2.0.15 建筑信息模型 Building Information Modeling (BIM)

在建设工程及设施全生命期内，对其物理和功能特性进行数字化表达，并依此进行设计、施工、运营的过程和结果的总称。

#### 2.0.16 计算流体动力学 computational fluid dynamics (CFD)

通过计算机模拟求解流体力学方程，对流体流动与传热等物理现象进行分析，得到温度场、压力场、速度场等计算方法。

#### 2.0.17 绿电 Green Electricity (GE)

在生产电力的过程中，二氧化碳排放量为零或趋近于零，因相较于其他方式（如火力发电）所生产之电力，碳排放最少，对于环境的影响较低。

#### 2.0.18 低碳燃料 Hydrogenated Vegetable Oil (HVO)

通过加工植物油、牛油或用过的食用油等脂类获得，全部由石蜡烃制成。亦被称为可再生柴油或绿色柴油。

#### 2.0.19 静止无功发生器 Static Var Generator (SVG)

通过自由换相的电力半导体桥式变流器来进行动态无功补偿的装置。亦被称

高压动态无功补偿发生装置，或静止同步补偿器。

#### 2.0.20 新型固态变压器设备 Solid-State Transformers (SST)

将电力电子变换技术和基于电磁感应原理的高频电能变换技术相结合，实现将一种电力特征的电能为另一种电力特征的电能的静止电气设备。

### 第三章 基本规定

3.0.1【**总体要求**】为实现数据中心的低碳目标，低碳数据中心设计包括建筑与结构、电气、暖通与给排水、智能化等专业，应用可再生能源利用、能效提升、标准化、预制化、模块化、数字化等技术手段，确保 PUE、WUE、CUE 及碳排放等控制指标，符合并优于国家及地方标准及相关政策规定。

3.0.2【**建筑与结构要求**】建筑与结构低碳设计应考虑建筑布局及低碳材料利用，兼顾绿建星级标准。

3.0.3【**电气要求**】电气低碳设计应优先考虑新能源的应用，兼顾系统节能、设备节能和管理节能。

3.0.4【**暖通与给排水要求**】暖通与给排水低碳设计应优先考虑低碳冷源的应用，兼顾系统节能、设备节能和管理节能。

3.0.5【**智能化要求**】智能化低碳设计应优先考虑人工智能、物联网等新技术应用，兼顾系统节能、设备节能和运维管理节能。

3.0.6【**其他要求**】低碳数据中心设计过程中应采用 BIM、CFD、数字孪生等技术。

## 第四章 建筑低碳设计

### 4.1 一般规定

4.1.1 【**设计内容**】建筑低碳设计包括选址要点、布局及规划、建筑形式及结构选型、低碳建筑及结构材料、建筑低碳创新设计。

4.1.2 【**设计原则**】建筑低碳设计应从园区规划、建筑单体、材料应用等方面，采用降碳设计措施。碳排放计算标准参照《建筑碳排放计算标准》（GB/T51366）执行，同时满足《绿色建筑评价标准》（GB/T50378）。

4.1.3 【**其他要求**】建筑项目应考虑建造和运营阶段的降低碳排放措施。

### 4.2 项目选址

4.2.1 【**选址要求**】建筑项目宜选择低碳能源资源集中、气候适宜的地区，应避开自然灾害多发区域，如地震、洪水等。

#### 4.2.2 市政资源的利用

1 【**电力、通讯**】建筑项目选址宜靠近能源产地、信息基础设施等，宜优先考虑绿色电能、自然水源的获取。

2 【**交通**】建筑项目场地周边应具备公共交通站点或配备联系公共交通站点的专用接驳车，同时考虑便捷的能源运输方式。

3 【**场地内的可再生资源**】建筑项目场地内应具备可提供持续的再生资源的条件。

#### 4.2.3 新型能源的获取

1 【**统筹政策**】建筑项目在可再生及清洁能源系统设计时，应根据当地政策、资源与适用条件统筹规划。

2 【**太阳能**】建筑项目太阳能利用应结合项目用地太阳辐射量、日照时长、地质安全性等进行评估。

3 【**风能**】建筑项目风能利用应进行项目用地风能资源评估。

4 【**水资源**】建筑项目结合数据中心冷源方案，选择可利用的水体，对其温度、稳定性等进行评估。

5 【**余热获取**】建筑项目应对工业余热、余冷等能源进行评估。

### 4.3 数据中心园区低碳规划及布局

4.3.1 【**规划的绿建要求**】园区布局、交通、景观、市政等应合理规划，并符合国家及当地绿色建筑相关要求。

4.3.2 数据中心园区低碳规划设计应同时满足：

1 【**场地评估**】建筑项目布局应全方位评估场地条件，规划布局应与场地自然环境相匹配，应考虑新能源系统的安装条件；

2 【**自然条件**】园区规划布局宜合理运用全年主导风向，形成场地内良好的风环境，减少主动能耗，保持室外散热设备的良好通风条件；充分利用场地空间设置绿化用地；宜利用场地内及周边水资源。

3 【**预留条件**】园区规划在不降低相邻建筑的日照标准的前提下，建筑物应充分预留太阳能系统安装条件；宜考虑为地源热泵和空气源热泵系统预留条件；宜考虑能源综合利用技术，如余热回收、雨水收集、光储直柔等。

### 4.4 建筑形式及结构选型

4.4.1 建筑外观设计应按下列要求进行：

1 【**土建基本指标**】通过控制建筑体形、朝向、楼间距及窗墙比等，使建筑获得合理的日照及通风，采用利于降低运营阶段碳排放的措施。

2 【**立面通风**】单体建筑外维护结构可开启部分应能使建筑获得良好的通风条件，非数据机房建筑可开启面积比例不宜低于 5%。

3 【**减少装饰构件**】建筑项目应按节约用地、提高建筑使用率的原则进行设计，数据机房造型应满足工艺要求，减少装饰性构件。

4 【**节能措施依据**】建筑项目节能设计应满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB55015）规定和相关地方标准。

5 【**遮阳措施**】建筑项目根据日照特点进行遮阳设计并通过模拟软件进行优化，宜采用建筑外遮阳系统，应综合比较遮阳效果、自然采光和视觉影响等因素，考虑外遮阳与建筑的一体化。

4.4.2 与自然资源协调的建筑设计应按下列要求进行：

1 【**减少人工照明**】非数据机房区，宜利用自然光，减少人工照明的使用。

2【**禁用限制产品**】建筑项目不得采用国家和地方禁止和限制使用的建筑材料及制品。

3【**可再生能源利用**】建筑项目应考虑热回收、地源热泵、空气源热泵及太阳能等系统的土建条件。

4.4.3 结构选型与低碳设计应按下列要求进行：

1【**结构选型**】建筑结构选型应采用资源消耗少和环境影响小的结构体系，数据机房宜优先考虑混凝土结构，非数据机房优先考虑采用装配式结构。

2【**装配式的选择**】应采用现浇和装配体系的组合方式。利用装配式构造降低建造阶段碳排放水平。

3【**柱网优化**】结构设计时应考虑建筑梁高、柱距及净高等的机房合理空间。

4【**新型结构体系**】有条件可采用集装箱堆叠，模块仓储式等新型数据中心结构体系。

4.4.4 与机电专业协调的建筑设计应按下列要求进行：

1【**机电设备布局**】建筑布局应从工艺、消防、运维等角度综合考虑，提高建筑使用效率。

2【**机电路径**】建筑布局应考虑提高机电系统布局效率，路径应尽可能缩短，减少损耗。

## 4.5 低碳建筑及结构材料

4.5.1 室外建筑材料低碳设计应按下列要求进行：

1【**装配式材料**】建筑室外建筑材料应采用绿色低碳建材，非承重类构件宜采用装配式设计。

2【**节能材料**】建筑不宜使用吸收热辐射的构造和材料，建筑物屋面和外墙的外表面，宜采用对太阳辐射热吸收率较低的浅色材料。

3【**绿建材料**】应优先选用本地化生产的建筑材料。

4.5.2 结构材料低碳设计应按下列要求进行：

1【**预制化构件**】在结构选型合理的前提下，应采用工业化的建筑预制结构构件。

2【**便捷施工**】应采用施工便捷的模板等结构施工工艺。

4.5.3 室内装饰材料低碳设计应按下列要求进行：

1【**室内绿色材料**】室内装饰应采用绿色低碳、可再利用和可再循环建筑材料，减少装饰性材料的应用。

2【**耐久性**】应合理选用高耐久性的装修材料。

#### 4.6 建筑低碳创新设计

1【**土建预制**】数据中心可采用土建整体预制设计手段。

2【**出房率**】提高建筑空间使用效率，宜采用标准化、模块化、小型化及集约化机电设备。

3【**特色数据中心**】根据项目所在地的自然条件，可采用洞库式、水下式数据中心等创新数据中心形式。

## 第五章 电气低碳设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 【**设计内容**】电气低碳设计包括新能源应用设计、电气系统低碳设计、电气设备低碳设计、电气系统运行管理低碳措施、电气系统低碳创新设计等。

5.1.2 【**设计原则**】电气低碳设计在满足国家标准规范和使用需求的前提下，遵循安全可靠、精细化设计的原则，优化系统架构、优选节能设备、应用场景适合的创新解决方案。

5.1.3 【**其他要求**】电气设计应考虑建造和运维阶段的低碳措施，确保数据中心全生命期的安全、便捷及高效。

### 5.2 新能源应用设计

5.2.1 太阳能发电系统：【**系统组成设计**】数据中心宜设置太阳能发电系统，通过建筑屋顶、立面等部位进行光伏组件的布置。分布式光伏系统包括光伏组件、逆变器、并网装置，接入数据中心配电网；并应遵循当地中低压分布式电源接入系统的相关规定。

5.2.2 风力发电系统：【**系统组成设计**】数据中心可设置小型风力发电系统，布置在数据中心屋顶或绿地等部位。风力发电应遵循当地中低压分布式电源接入系统的相关规范并网。风力发电机组在安装时，宜远离车辆运输通道和人员通道等区域。

5.2.3 风光互补发电系统：【**系统组成设计**】中小型数据中心可设置风光互补发电系统，风光互补系统包含光伏组件、小型风力发电机组、控制器、蓄电池等。

### 5.3 电气系统低碳设计

5.3.1 【**低碳措施应用**】应考虑光储直柔和源网荷储等创新技术在数据中心中的应用。优先采用可再生能源发电系统，逐步提高绿电在数据中心能源供应的占比，有效降低碳排放。



5.3.2 【**低碳系统架构**】 供配电架构设计应充分考虑各种技术可行的低碳措施，对传统供配电架构进行适当优化。优化措施包括采用主动综合能源管理系统、采用数字化智慧配电系统、使用更高电压等级、优化配电系统架构等多种技术方案，对数据中心碳排放强度和实时绿色能源进行有效控制。

5.3.3 【**低碳设备应用**】 优先选用一体化配电模块、高效 UPS 设备、二级能效及以上变压器、变频电机、一级能效 LED 照明灯具等电气设备。

## 5.4 电气设备低碳设计

5.4.1 一体化交流配电模块的应用应满足下列要求：

1 【**概述及功能**】 一体化配电模块是工厂预制，经过工厂联调，可在现场模块化组装的成套电气设备。模块组件包括中压配电柜、变压器、低压配电柜、无功补偿柜、UPS 输入输出柜、UPS 主机、馈线柜等，并配置数字化监控系统，模块的组件可按工程实际需求自由组合。

2 【**设备指标**】 采用一体化配电模块可提高工厂预制化率、缩短工期、减小设备占地空间，降低碳排放。UPS 双变换运行模式下，一体化配电装置整机效率不小于 95%。

3 【**设备选型**】 一体化配电模块的设计应考虑模块内部件、设备的易维护性、UPS 整机在线更换、便于维修更换。应对保护开关的短时耐受电流和峰值电流等关键参数进行核算。

5.4.2 10kV 交直流一体化配电装置的应用应满足下列要求：

1 【**概述及功能**】 10kV 交直流一体化配电装置将数据中心配电系统的 10kV 隔离柜、变压器、低压配电柜、HVDC 等整合为一套电源装置，预制化生产，现场组装。具有减少配电系统冗余、简化配电链路、提高供电效率、降低供电损耗、节省占地空间等特点。

2 【**设备指标**】 正常运行条件下，一体化配电装置整机效率不小于 97%。

3 【**设备选型**】 选型应考虑模块内部件、设备的易维护性，按需自由组合系统架构。

5.4.3 节能型变压器的应用应满足下列要求：

1【概述及功能】节能变压器是空载、负载损耗相对较小的变压器，空载、负载损耗不应高于《电力变压器能效限定值及能效等级》（GB 20052）中二级能效限定值。

2【设备指标】电工钢带变压器的一级能效较二级能效负载损耗相同，空载损耗节能 15%；非晶合金变压器的一级能效较二级能效负载损耗相同，空载损耗节能 18%；同能效等级非晶合金变压器相比电工钢带变压器负载损耗相同、空载损耗节能同比低约 60%。

表 5.4.3 变压器损耗对比表

额定容量 kVA	1 级空载损耗 W		2 级空载损耗 W		1 级、2 级负载损耗 W			短路阻抗%
	电工钢带	非晶合金	电工钢带	非晶合金	B (100℃)	F (120℃)	H (145℃)	
1000	1020	385	1205	470	6885	7315	7885	6.0
1250	1205	455	1420	550	8190	8720	9335	
1600	1415	530	1665	645	9945	10555	11320	
2000	1760	700	2075	850	12240	13005	14005	
2500	2080	840	2450	1020	14535	15445	16605	

3【设备选型】应采用二级能效以上变压器设备，具备条件的项目可选用一级能效变压器。

5.4.4 高效柴油发电机的应用应满足下列要求：

1【概述及功能】高效柴油发电机组是指设备制造、运维、回收利用等环节，具有较低的能耗和较高的燃料转换率。

2【设备指标】运行过程中的燃油消耗率应低于 210g/kwh，机油消耗率应低于 0.25g/ kwh，燃气机组废热利用率应大于 40%，待机状态加热消耗的日平均功率应低于 2kW。

3【设备选型】根据项目需求，柴油发电机组性能等级应不低于 G3 级，并合理选择 COP 或 PRP 功率值、燃油喷射技术、冷却方式方案等。燃料优先选用 HVO 氢化柴油；确保发动机启动的条件下尽量降低发动机日常保温的功率消耗。

5.4.5 高效不间断电源（UPS）应用应满足下列要求：

1【概述及功能】高效 UPS 是指双转换效率高的不间断电源，具备高频变换、智能旁路模式及智能休眠等功能。

2【**设备指标**】正常运行条件下，UPS 设备双转换效率不小于 96%（50%负载率时），智能旁路模式不小于 99%（50%负载率时）。

3【**设备选型**】UPS 设备选型应根据负载容量、模块规格、模块冗余量、电池组类型等因素，并结合设备的输入电压范围、带载、抗冲击、过载、并机等能力，合理选用效率高、维护便利的高效 UPS。

5.4.6 高压直流（HVDC）应用应满足下列要求：

1【**概述及功能**】高压直流系统（HVDC）是将交流 400V 整流成直流 240V 或 336V 输出的电源装置。具有全模块化结构、单模块功率可选、多种并联、模块冗余、热插拔、整流模块轻载休眠等功能。

2【**设备指标**】正常运行条件下，HVDC 设备效率不小于 96%（50%负载率时）。

3【**设备选型**】HVDC 系统选型应根据负载容量、模块规格、模块冗余量、电池组类型及绝缘监测等因素，对输入输出端保护开关的过载能力和短时耐受电流进行核算。

5.4.7 飞轮储能应用应满足下列要求：

1【**概述及功能**】飞轮储能是一种利用高速旋转的飞轮存储能量的不间断电源装置。飞轮储能装置包括储能单元、监控单元、辅助设备、电机变流器及人机界面等部分。

2【**设备指标**】飞轮储能转换效率不应低于 90%，充放电响应速度为毫秒级。

3【**设备选型**】飞轮设备选型根据负荷容量和后备时间的要求，选择飞轮储能系统的配置。飞轮设备应设置在单独的、带有通风设施的设备用房，楼板承重应满足设备运输及安装要求。

5.4.8 静止无功发生器（SVG）应用应满足下列要求：

1【**概述及功能**】静止无功发生器（SVG）主要用于无功补偿和三相不平衡治理的一种电力电子设备，具备双向线性的无功补偿能力、瞬时响应速度及谐波抑制功能。

2【**设备指标**】SVG 补偿后功率因数应达到 0.98 以上，具备无级补偿功能，谐波总量滤除能力不低于 50%，响应时间不超过 20 毫秒。

3【**设备选型**】根据补偿容量、安装位置、环境影响、负载类型、谐波滤除等因素进行设备选型。

## 5.5 电气管理低碳措施

### 5.5.1 电力监控系统

电力监控系统应对供配电系统的运行状态和辅助设备进行检测及计量，实现供配电系统运行监视、远程遥控、告警管理、电能质量管理、趋势预测、能耗分析等功能，为上层管理系统提供统一的电力操作和访问服务，提高运维管理效率。当数据中心设置智慧配电管理系统时，电力监控应纳入该系统统一管理。

### 5.5.2 新型备用电源投切控制系统（ATCS）

ATCS 系统应用在数据中心备用电源系统，实现备用电源的自动控制投切。ATCS 系统应用于本地化管理本级电源和负载，同时与其他配电等级的电源转换开关形成逻辑配合，并根据管理需求接入电力监控系统实现监视和控制。

### 5.5.3 变配电系统在线自动测温系统

变配电系统在线自动测温系统应对变配电系统电气设备和线路等设施，进行实时在线温度监测，通过数据实时分析，及时发现隐患和故障，预防事故发生。系统主要由温度传感器、数据采集单元、数据通讯设备，数据呈现单元及应用软件等组成。温度测量精度不大于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，响应时间不超过 1 秒。对于变配电室数量较多、位置分散、运维人员有限等条件下的中大型数据中心，宜配置该系统。

## 5.6 电气低碳创新设计

### 5.6.1 光储直柔应用创新设计应满足下列要求：

1【**创新点**】光储直柔是数据中心园区配电网下，采用太阳能光伏、储能、直流配电及柔性交互等技术的新型配电系统，构建独立运行的微电网子系统，通过能源柔性调控，主动改变从市政电网取电功率，实现用电和取电曲线部分解耦，减少线损与变换损耗，提高光伏就地消纳率。

2【**功能及指标**】光储直柔系统包括 AC-DC 双向变换、配电保护、DC-DC 变换、监控系统等，光储直柔系统分为组件级别及控制系统级别，分别对应无中央能源管理的自主系统方案及中央能源管理的多策略方案。

3【**系统框图**】采用  $\pm 375\text{V}$  直流微网系统，配置中央能源管理提供多策略柔性调控功能的光储直柔系统原理见图 5.6.1-1，管理架构见图 5.6.1-2。

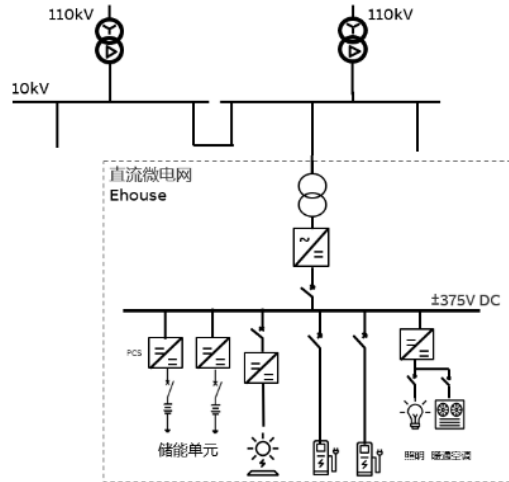


图 5.6.1-1 系统原理

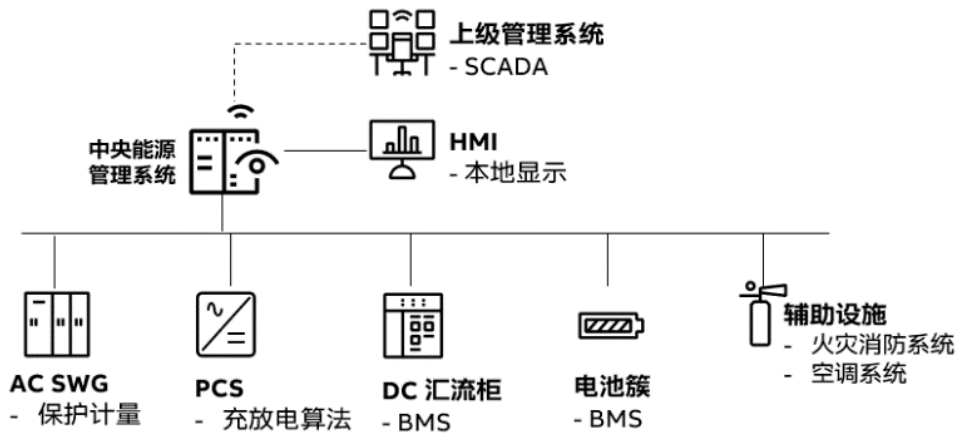


图 5.6.1-2 管理架构

4【**应用场景**】 $\pm 375\text{V}$  直流微网系统，配置中央能源管理提供多策略柔性调控功能，优化用能效率，提高经济性。

5.6.2 源网荷储应用创新设计应满足下列要求：

1【**创新点**】数据中心园区内的源网荷储以“电源、电网、负荷、储能”为整体规划，通过网架结构和系统管理双向创新技术，实现弹性数据中心建设。

2【**功能及组成**】源网荷储由网架结构和系统管理两个部分组成。网架结构包括交流微网或直流微网以及新能源并网三部分；系统管理以智慧配电系统为核心，支持与上级电网虚拟电厂云平台对接，参与新型电力系统的需求侧响应调度，在多能互补基础上执行一体化管理模式，实现光伏发电预测、负荷用电预测及分类管理，支持供需能源弹性调度管理。

3【**系统框图**】源网荷储系统原理见图 5.6.2-1、管理系统框图见图 5.6.2-2。

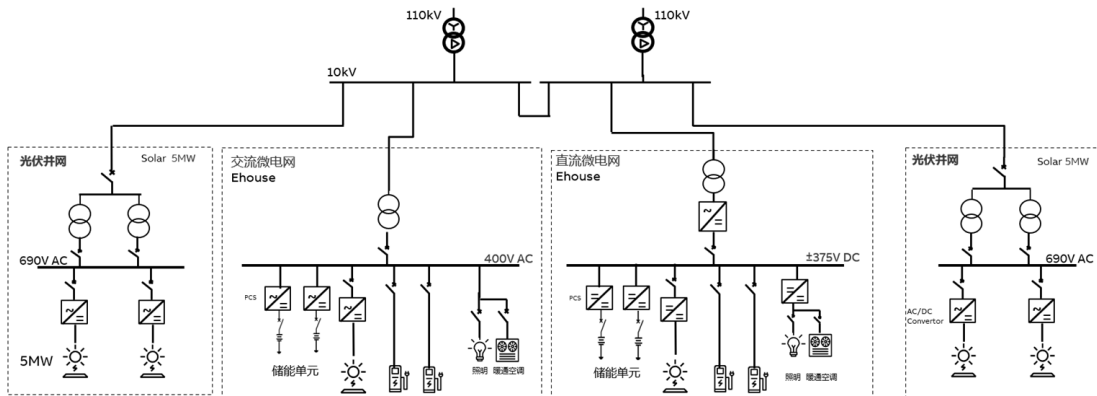


图 5.6.2-1 系统原理图

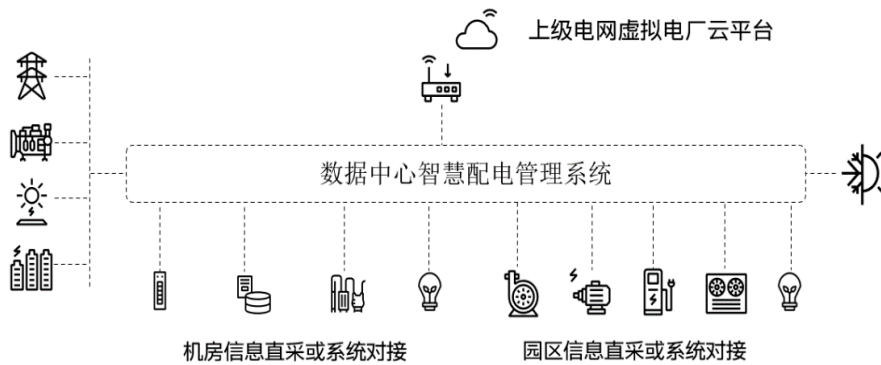


图 5.6.2-2 系统管理示意图

4【**应用场景**】源网荷储应用创新设计适用于建分布式光伏装机容量超过总负荷的 10%及以上的场景，储能总容量及可调负载总容量超过 2MW 及以上，以适用于新型电力系统需求侧响应及能源脱碳需求。

5.6.3 新型供电架构中压 UPS 系统应用创新设计应满足下列要求：

1【**创新点**】中压 UPS 是基于阻抗隔离静态转换架构，模块化配置，用于兆瓦级功率保护的一种新型关键电源设备，采用中压系统运行，系统储能支持需求侧响应。

2【**功能及参数**】中压系统运行，离线式结构，2-4ms 切换时间，从 50%到 100%的负荷下效率不低于 98%，占地面积小，变流器即插即用。

3【**应用场景**】中压 UPS 系统适合于自建 110kV 变电站的场所，以实现扩大受保护负载区域，减少开关设备的数量，降低关键电力设施建设和运行成本。

5.6.4 UPS 交直流联合供电应满足下列要求：

1【**创新点**】基于 UPS 交直流联合供电功能，在数据中心配电变压器过负荷运行时段，系统可自动释放蓄电池中的电能，为变压器动态增容。

2【**功能及指标**】当数据中心负载大于额定容量时，该系统启动市电和蓄电池联合供电工作模式。UPS 整流器自动限制输入容量确保变压器带载仍处于正常范围，同时 UPS 的蓄电池启动放电，为超过额定容量部分的负载供电。该系统在保障变压器安全运行的前提下，实现了数据中心容量的静态增容。基于 UPS 交直流联合供电，数据中心动态增容架构创新设计的系统原理见图 5.6.4：

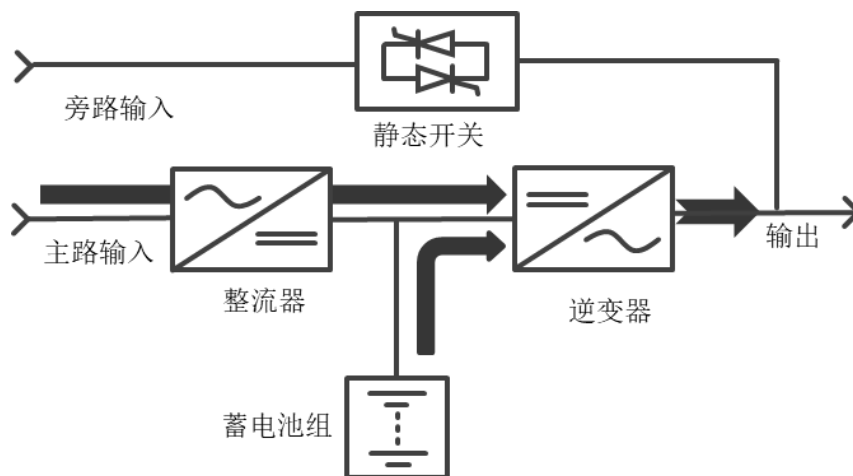


图 5.6.4 系统原理图

3【**应用场景**】数据中心动态增容架构创新设计，适用于数据中心负载短时容量超过输入配电变压器容量的场合，其中增容运行时间长短的能力，取决于 UPS 系统配置的蓄电池容量。

5.6.5 新型集装箱柴油发电机组应满足下列要求：

1【**创新点**】新型集装箱柴油发电机组具有自堆叠功能，可节省空间、节省柴发钢平台装置。

新型集装箱柴油发电机组包括内部集成油箱、排烟消音器、散热水箱、消防系统、接地电阻柜等设施。

2【**功能及指标**】新型集装箱柴油发电机组由工厂预集成，模块化、标准化设计，便于快速交付；集装箱体可自行堆叠安装，节省了柴发楼或钢平台建设投资和建设时间；冷却系统采用水平进风、垂直排风的方式，冷热风分层，箱体四周的最小间距 1.6 米；集成油箱 6000 升，满足 12 小时带载运行；采用电驱冷却方式实现低噪音和低能耗；每平米的柴发功率可达到 50kW 以上。

3【**应用场景**】新型集装箱柴油发电机组适合于用地紧张的场所，对于噪音敏感的区域。

5.6.6 新型固态变压器装置（SST）应满足下列要求：

1【**创新点**】固态变压器是创新型紧凑型电功率转换设备，利用电力电子变换技术实现电压等级转换和电力传输，可提供双向功率流动、无功功率控制及谐波抑制等功能。具有极简架构和高集成度、高可靠性、高效率的优势，减少占地面积，支持快速部署，缩短建设周期，降低运营成本和维护成本。

2【**功能及指标**】固态变压器装置包括开关柜、启动柜、整流功率柜、直流接口柜和交流接口柜等，实现电压等级变换和电力传输，无需无功补偿和谐波抑制设备，适配可再生能源接入并组成园区微电网；模块采用隔离型拓扑，高压侧串联、低压侧并联；输入侧交流输入，低压侧输出直流或交流，并可提供双向功率流动，实现电能路由器功能。

3【**系统框图**】固态变压器直流系统框图见图 5.6.6-1，固态变压器交流系统框图见图 5.6.6-2。

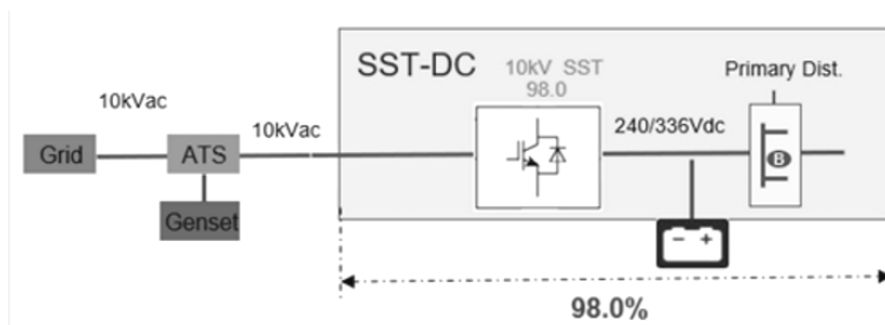


图 5.6.6-1 固态变压器直流系统框



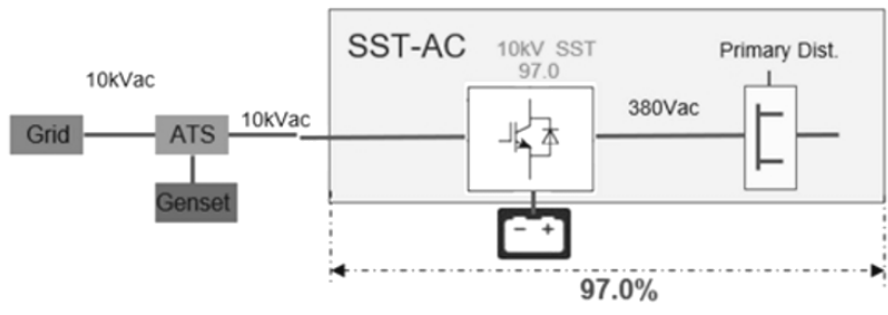


图 5.6.6-2 固态变压器交流系统框图

4 【**应用场景**】 固态变压器（SST）可替代现有工频变压器、移相变压器和部分低压配电设备，适用于“光储直柔”直流微网供配电场景。

5.6.7 电力系统仿真分析软件应满足下列要求：

1 【**创新点**】 数据中心电气设计阶段，可使用电力系统仿真分析软件，从系统建模、仿真计算、设备选择及保护分析等方面进行模拟、计算、规划及仿真预测。

2 【**功能应用**】 仿真分析软件应具有潮流分析、短路计算、保护选择性分析、谐波分析、电缆载流量分析、弧闪分析及新能源接入等功能。大中型数据中心的规划设计阶段，宜采用电力系统仿真分析软件，实现精细化设计的目的。

## 第六章：空调与给排水低碳设计

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 【**设计内容**】空调与给排水低碳设计包括低碳冷热源应用设计、空调与给排水系统低碳设计、空调与给排水设备低碳设计、空调与给排水管理低碳措施、空调与给排水低碳创新设计等内容。
- 6.1.2 【**设计原则**】在满足国家及行业标准和用户需求的前提下，空调与给排水低碳设计应遵循安全可靠、节能高效、绿色环保的理念，优选低碳高效冷却方案，并通过优化系统架构、选用节能高效设备，以降低数据中心碳排放量。
- 6.1.3 【**其他要求**】空调与给排水设计应考虑建造和运维阶段的低碳措施，确保数据中心全生命周期的安全、便捷及高效。

### 6.2 低碳冷热源应用设计

- 6.2.1 【**设计原则**】低碳冷热源技术方案应综合考虑数据中心建设地点的气候环境等自然条件，能源及环保政策要求，根据数据中心保障等级、机架数量、功率密度、使用性质等合理确定。冷、热源系统应具备根据室外环境、运行负荷变化自动调节负荷的能力，宜利用人工智能技术实现自主寻优，降低系统功耗。
- 6.2.2 【**冷源设计要求**】数据中心低碳冷源设计宜符合下列要求：
- 1 【**冷源**】冷源设计应充分考虑节能高效设备、充分利用自然冷源等节能技术，满足项目实际需求。当供水量满足项目需求或室外空气质量优良时，宜利用蒸发冷却技术或室外低温空气直接通风冷却等技术措施，以提高自然冷源利用率；
  - 2 【**可再生能源**】项目所在地可再生能源充足时，宜优先采用可再生能源；
  - 3 【**废热废冷**】项目所在地有废热、废冷时，宜优先利用废热、废冷替代电动压缩式机组为数据中心供冷。废热、废冷不能保证连续供应时，应设置辅助冷源。

6.2.3 【**热源设计要求**】数据中心低碳热源设计宜符合下列要求：

- 1 【**热回收**】数据中心宜采用热回收技术，合理利用数据中心废热；
- 2 【**辅助热源**】在技术经济合理的情况下，热源宜利用浅层地能、太阳能、风能等可再生能源。当采用可再生能源受到气候等原因的限制无法保证时，应设置辅助热源；
- 3 【**可再生能源**】可再生能源利用应符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015）的相关规定。

6.2.4 【**自然冷源**】自然冷源应用设计

【**自然冷源概述/功能**】数据中心自然冷源是利用周围环境中空气、水等作为冷却介质，降低数据中心温度，减少数据中心能耗和碳排放。自然冷源应用技术包括水冷换热器、室外空气直接冷却、间接蒸发冷空调机组、氟泵自然冷却等技术。

6.2.5 热泵技术应用设计

【**热泵技术概述/功能**】数据中心常用热泵技术包括空气源、水源和地源热泵。热泵是一种将低位热源的热能转移到高位热源的装置。数据中心采用热泵技术回收数据中心废热，为辅助区提供供暖热源。

## 6.3 空调与给排水系统低碳设计

6.3.1 系统架构形式

【**系统概述及组成**】数据中心空调系统包括风冷/水冷直膨冷却、间接蒸发冷却、悬浮压缩机氟泵复合多联、水冷或风冷冷冻水冷却、风冷氟泵冷却、直接或间接液冷等系统。数据中心给排水系统由给水、中水、雨水、事故排水等系统组成。

6.3.2 系统低碳设计要点如下：

- 1 【**风冷直膨/氟泵冷却系统**】对于风冷直膨/氟泵冷却系统，需合理规划室内外机连管长度和高差，提高回风温度以提升系统能效。
- 2 【**间接蒸发冷却系统**】对于间接蒸发冷却系统，选用高换热效率的换热芯体，设置合理的送回风温度，延长自然冷却时间，采用变频风机和压缩机等技术，降低系统能耗。

3 【**悬浮压缩机氟泵复合多联系统**】对于悬浮压缩机氟泵复合多联系统，需合理规划系统冗余配置；当供水量满足项目需求，宜优先选用蒸发冷凝型设备，并需设置 12h 蓄水量，满足室外蒸发式冷却器散热，当供水量不足时可采用风冷冷凝器散热。

4 【**冷水机组+冷冻水末端冷却系统**】对于冷冻水系统，空调水系统管路应合理规划管线路由，采取减少管道长度等降低系统阻力的措施；选择高供水温度，以利于延长系统自然冷却模式运行时间；优先采用变频、磁悬浮等技术，使系统在不同负载率下均可高效运行。

5 【**CFD 模拟技术**】数据中心宜采用 CFD 模拟技术对气流组织、温度、湿度分布等进行仿真模拟和展示。

6 【**给水系统**】给水系统优先采用市政水直供系统。当需要加压供水时，应采用变频设备。

7 【**水处理**】循环冷却水和补水的水质应满足国家标准《采暖空调系统水质》GB/T 29044 的相关要求。冷却塔水处理可利用物理、化学、生物法来提高冷却塔的浓缩倍数，从而降低冷却塔的补水量，提高用水效率，达到节水的目的。

8 【**雨水回收**】数据中心项目应根据项目的规模合理选用雨水回收利用系统，用于灌溉、冲厕、洗衣、清洗和清洁等。

9 【**中水系统**】数据中心冷却用水宜优先采用中水；中水作为直流冷却水或循环冷却水补水时，应对其作相应的处理以达到《城市污水再生利用工业用水水质》GB/T19923 和《工业循环冷却水处理设计规范》GB/T50050 的要求。

## 6.4 空调与给排水设备低碳设计

6.4.1 高效冷水机组应用应满足下列要求：

1 【**概述及组成**】高效冷水机组包括高效压缩机、低阻蒸发器、低阻冷凝器、膨胀阀、变频器及高效电机等组件，分为水冷和风冷高效冷水机组。

2 【**指标**】机组性能系数（COP）、综合部分负荷性能系数（IPLV）应不低于《冷水机组能效限定值及能效等级》（GB 19577）中 1 级能效等级。

3【选型要求】根据项目水资源条件，选择水冷或风冷冷水机组。根据制冷量、冷冻和冷却水供/回水温度、设备工作压力、供电电压等级等设计需求，合理选型。平面布局应考虑设备运输、运维检修空间等因素。

6.4.2 间接蒸发冷却机组应用应满足下列要求：

1【概述及组成】间接蒸发冷却机组是一种利用水的蒸发来降低空气温度的空调机组，它通过换热芯体间接冷却室内循环空气达到降温的效果，机组由喷淋装置、换热芯体、室内风机、室外风机、机械制冷补充装置、控制系统等组成。机组运行分三种模式：干模式、湿模式、混合模式。

2【指标】间接蒸发冷却机组不同地区蒸发冷却效率不宜小于表 6.4.2.1 的值。

表 6.4.2.1 不同地区蒸发冷却效率推荐表

区域划分	夏季空调室外计算湿球温度	蒸发冷却效率
干燥地区	$t_{wb} < 23^{\circ}\text{C}$	65%
中等湿度地区	$23^{\circ}\text{C} \leq t_{wb} < 28^{\circ}\text{C}$	60%
高湿度地区	$t_{wb} \geq 28^{\circ}\text{C}$	55%

3【选型要求】数据中心间接蒸发冷却机组的选用应根据项目地环境温度和湿度、水源质量、室外空气品质和建筑形体等因素综合判定。室外布置的机组应采取防风、防渗雨、防冻、防腐蚀措施；应根据数据中心等级需求，可配置双路供电接口；平面布局应考虑设备运输、运维检修空间等因素。室内和室外的气流组织应合理，避免气流短路。

6.4.3 高效氟泵自然冷却机组应用应满足下列要求：

1【概述及组成】高效氟泵自然冷却机组采用压缩机与制冷剂泵相结合，最大程度利用室外自然冷源。室内侧由 EC 风机、变频压缩机、大面积蒸发器等组成；室外侧由集中式室外机，内置变频氟泵模块，雾化喷淋或膜蒸发冷凝器等组成。

2【指标】高效氟泵自然冷却机组应具备压缩机、氟泵、双擎三种运行模式，全年能效比 AEER 应不小于 9。

3【**选型要求**】对于水资源缺乏地区，可优先选用高效氟泵自然冷却机组，具有自动调节运行模式；根据室外气温自动调节压缩机模式、氟泵模式、以及双擎模式；室外机布置气流组织应合理，避免热气流回流，影响机组能效。

6.4.4 节能空调末端设备应用应满足下列要求：

1【**概述及组成**】节能空调末端设备是指在空调系统中通过高效节能的送风设备、合理的送风方式及风速、利用智能控制技术传递冷量的空调末端设备。常用的形式包括房间式、风墙式、列间式、门板式等机房空调。

2【**节能要求**】不同的末端型式可搭配冷冻水型、风冷型、氟泵自然冷型、水氟换热型、热管型等多种冷源型式，部分末端可融入加热、加湿等功能。

3【**选型要求**】数据中心应根据用户需要、机柜功率密度、维护能力等因素，综合评估选择合适形式的空调末端；气流组织应合理，避免气流短路；设备布置应考虑设备运输、运维检修空间等因素。

6.4.5 悬浮压缩机氟泵复合多联系统空调设备应用应满足下列要求：

1【**概述及组成**】悬浮压缩机氟泵复合多联系统是一种采用了蒸发冷凝、悬浮式压缩机、变频、氟泵、多联等技术，适配多种末端型式的空调系统。运行模式有压缩机制冷模式、氟泵自然冷却模式、压缩机和氟泵混合模式。

2【**指标**】悬浮蒸发氟泵耦合多联系统融合了多种节能技术，具备高能效比。能效指标可参照《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015）的相关规定。

3【**选型要求**】设计时要关注室外冷凝器的占地面积及进出风气流组织，避免或降低热岛效应以优化节能效果；宜做蒸发冷凝器的水侧结垢、堵塞时的可维护设计；对于缺水地区亦可采用风冷冷凝器。

6.4.6 冷却塔节能技术应用应满足下列要求：

1【**概述及组成**】节能冷却塔是通过优化塔体结构和布局，采用高效均匀布水器，合理的填料，以增加水与空气的接触面积，提高传热效率，并采用高效变频风机、节能水泵和智能化控制系统的冷却塔。

2【**指标**】冷却塔能效应按《机械通风冷却塔》（GB/T 7190）中1级能效等级选用。

3 【**选型要求**】数据中心节能冷却塔的形式选用应根据项目当地湿球温度和冷却系统要求确定。全年供冷用冷却塔应根据冬季运行工况校核冷却塔散热面积。平面布局应考虑散热气流组织、设备运输、运维检修空间等。对于噪声有严格控制要求的项目，冷却塔应采取必要的降噪措施。

## 6.5 空调与给排水管理低碳措施

### 6.5.1 冷源主机群控策略

【**策略**】冷源主机群控策略是指在多个冷源主机（例如冷却塔、冷水机组等）之间实施的协调控制策略，以优化冷却系统的能效和运行效果。冷源主机群控策略包括：轮换运行、负荷均衡、优先级控制、协同调节、预测调节、故障切换、能耗优化等。

### 6.5.2 空调末端控制策略

【**策略**】空调末端机组可以通过网络实现多机群组控制功能，包括备份、轮巡、避免竞争运行等。

### 6.5.3 测量设备和系统应满足以下要求：

- 1 应在规定的对应测量点进行测量。可安装固定测量设备，也可以利用供电、空调或 IT 设备内置的测量功能；
- 2 测量设备的精度要求 0.5 级精度；
- 3 采用支持无线网络自动上报或者自动获取能耗数据的智能测量仪表，实现能耗远程、自动化采集；
- 4 建设能效智能管理系统，实现对能耗数据的统计、分析和能效指标的自动计算。

## 6.6 空调与给排水低碳创新设计

### 6.6.1 余热回收创新技术要求如下：

1 【**定义及创新点**】数据中心余热回收是一种利用数据机房产生的热量进行能源回收和再利用的技术。数据中心余热回收可以显著降低能源消耗和碳排放，同时提供用于供暖、热水或其他用途的能源供应。

2 【**功能及指标/框图**】数据中心余热回收包括空气冷却余热回收和水冷却余热回收，数据中心余热回收原理流程见图 6.6.1。

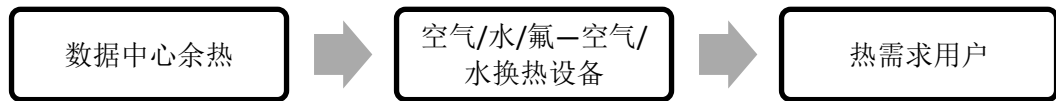


图 6.6.1 数据中心余热回收原理流程图

3 【**应用场景**】在数据中心余热回收可用于数据中心园区内建筑供暖、热水供应，也可通过热网输送到周边的居民区，用于供热和热水供应，这可以减少居民区的能源消耗，提高能源利用效率。实施余热回收需要综合考虑数据中心的設計、设备布局 and 周围环境条件等因素，并确保与当地的能源供应系统兼容。

6.6.2 蓄冷储能应用创新设计要求如下：

1 【**定义及创新点**】数据中心蓄冷是利用水或冰作为媒介储存和调节冷能的技术方式，包括冰蓄冷和水蓄冷。蓄冷技术可以平衡冷却需求与电力消耗，优化资源配置，减少对制冷机组的依赖，从而提高能源效率和可持续性。

2 【**功能及指标/框图**】利用夜间电网低谷时段开启制冷主机，将建筑物空调所需的冷量以冷水和或冰的方式储存起来，白天电网高峰时，进行冷水或融冰供冷的空调系统。蓄冷应用流程见图 6.6.2。

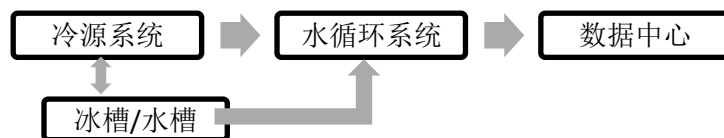


图 6.6.2 蓄冷应用流程图

3 【**应用场景**】实施数据中心蓄冷储能需要考虑冰/水储存设备的容量和质量控制，以及与数据中心冷却系统的配合。需考虑气候条件/电力峰谷价格等因素，以确定最佳的蓄冷策略。

6.6.3 液冷系统应用创新设计要求如下：

1 【**定义及创新点**】液冷是使用液体取代空气作为冷媒，为发热部件进行换热，带走热量的新技术，分为冷板式、浸没式和喷淋式三种液冷方式。液冷系统具有占地面积小、散热效率高、可靠性强、应用灵活、可持续等特点，适合部署高功率密度机柜。

2 【**框图**】数据中心液冷技术路线见图 6.6.3。



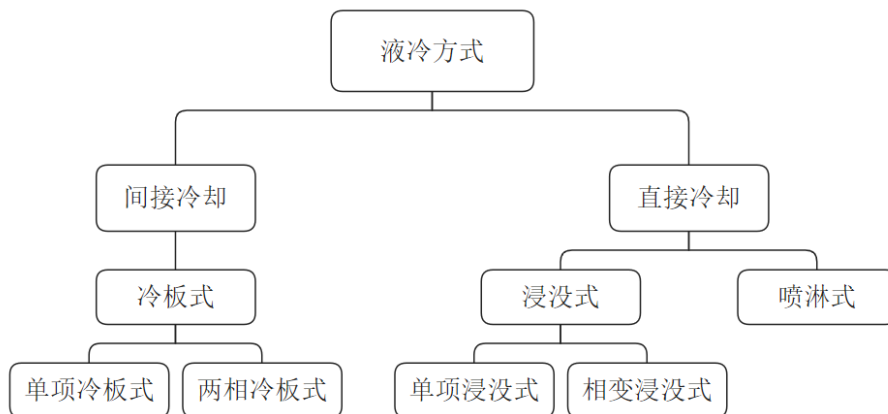


图 6.6.3 数据中心液冷技术路线图

3 【**应用场景**】适用于需提高数据中心计算能力、部署密度、能源效率等应用场景。

6.6.4 天然水体冷却创新技术要求如下：

1 【**定义及创新点**】数据中心天然水体冷却创新技术是利用天然水体直接或间接来实现数据中心散热的技术，水体分为江、河、湖、海四种。

2 【**框图**】

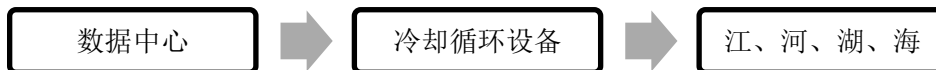


图 6.6.4 数据中心天然水体冷却原理流程图

3 【**应用场景**】天然水体冷却技术要求水体供应可靠、水质符合使用要求、冷却系统设计合理，并进行可行性和经济性评估。

6.6.5 水下数据中心创新技术要求如下：

1 【**定义及创新点**】水下数据中心利用水作为冷却介质，通过换热器将热量传递给水体环境。

2 【**组成**】水下数据中心由水下舱体系统、电气系统、空调系统和岸上建筑物等组成，见图 6.6.5 水下数据中心示意图。

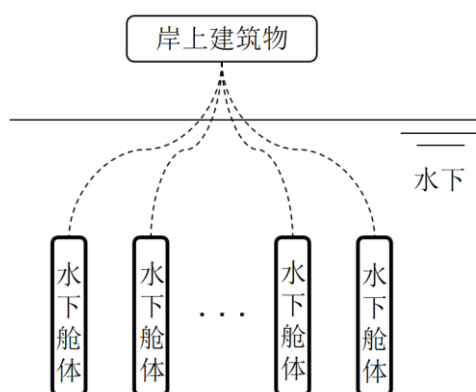


图 6.6.5 水下数据中心示意图

3 【**应用场景**】水文地质条件满足水下场站部署与运行环境要求，海底数据中心需考虑防腐蚀和防污染措施、水下维护和监测、环境影响评估、能源效率和可持续性等方面。

6.6.6 洞库数据中心创新技术要求如下：

1 【**定义及创新点**】洞库数据中心是将数据中心建设在山洞内部创新型数据中心，见图 6.6.6。洞库数据中心利用山洞的自然通风特性，设计合适的通风系统，使空气流动，降低室内温度。

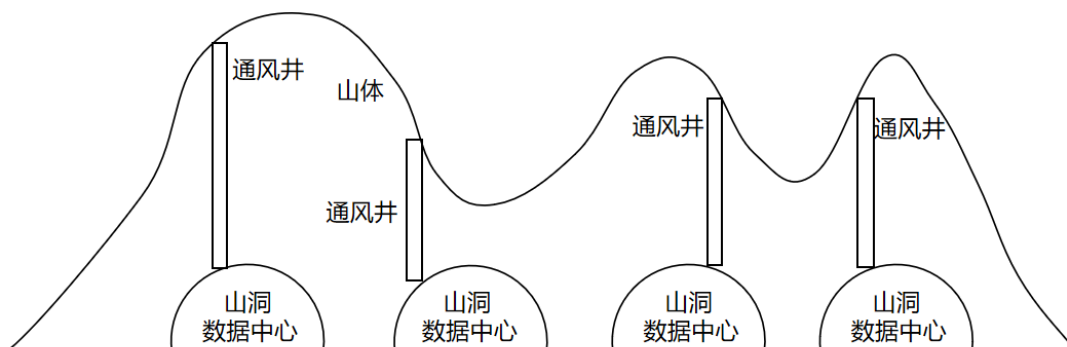


图 6.6.6 洞库数据中心示意图

2 【**功能及指标**】洞库数据中心利用山洞内较低的温度和稳定的气候条件，为数据中心提供自然冷却。同时，由于山洞内部的隔离性，可以减少对周边环境的噪音和电磁辐射污染。山洞数据中心由于地下位置和自然隔离，具有较高的安全，可以根据需求逐步扩建，以满足数据中心的快速增长和业务的扩展需求。

3 【**应用场景**】适用于有战略安全、低碳环保和可持续性发展要求的数据中心。

## 第七章 智能化低碳设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 智能化低碳设计包括智能化系统低碳设计、智能化材料设备低碳要求、低碳综合管理平台要求、智能化低碳创新设计等。

7.1.2 在满足国家及行业标准和用户需求的前提下，智能化低碳设计要遵循安全可靠、节能高效、绿色环保等原则，合理规划系统架构，优化节能指标，具有可扩展性。

7.1.3 智能化系统应具有显示、记录、提示、告警及分析等功能，机电设计应预留智能化系统通信接口。

### 7.2 智能化系统低碳设计

7.2.1 智能化系统由感知与执行层、传输层、平台与应用层构成。数据中心常用智能化系统包括机房动环监控系统（PEMS）、建筑设备监控系统（BAS）、安全防范系统（SA）、智慧配电管理系统（PMS）、总控中心（ECC）及低碳综合管理平台等。

#### 7.2.2 机房动环监控系统低碳应用设计

**【概述及组成】** 机房动环监控系统（PEMS）是通过嵌入式采集器监控主机房及支持区内的环境参数、机房设备的运行状态、告警及记录等。

**【功能及要点】** 具有监测、监控、能效管理、告警、配置管理、安全管理、报表管理等功能。服务器及上位机软件应具有冗余热备功能。

#### 7.2.3 建筑设备监控系统低碳应用设计

**【概述及组成】** 建筑设备监控系统（BAS）是通过可编程逻辑控制器（PLC）或现场控制器（DDC）监控建筑环境参数、供配电、送排风、给排水、电梯、冷源等建筑设备的运行状态、告警及记录等。

**【功能及要点】** 具有监测、监控、能效管理、告警、配置管理、安全管理、报表管理等功能。支持 C/S 及 B/S 架构，DDC 应具有双 IP 网络口，服务器及上位

机软件具有冗余热备功能，BAS 系统故障时阀门应具有自持功能，冷机及水泵应保持原有运行状态。

#### 7.2.4 安全防范系统低碳应用设计

**【概述及组成】**安全防范系统（SA）包括入侵报警、视频安防监控、出入口控制、电子巡查、访客对讲、停车管理及安全防范综合管理平台等。

**【功能及要点】**具有智慧监控、通行管理、停车管理及入侵告警等功能。宜采用数字化、POE 供电、AI 智慧监控等技术。

#### 7.2.5 智慧配电管理系统低碳应用设计

1. **【概述及组成】**智慧配电管理系统（PMS）是通过嵌入式采集器监控变压器、UPS、蓄电池、光伏储能、柴油发电机等供配电设备的运行状态、告警及记录等。

2. **【功能及要点】**具有数据收集、状态监控、趋势分析、故障告警、事件记录、弹性调度及智慧管理等功能。支持 C/S 及 B/S 架构，服务器及上位机软件应具有冗余热备功能。

#### 7.2.6 总控中心低碳应用设计

**【概述及组成】**总控中心（ECC）是为数据中心各系统提供集中监控、指挥调度、技术支持和应急演练的监控中心平台。总控中心通常由大屏显示区、值守坐席区、会议与指挥调度区、智能化机房区等组成。

**【功能及要点】**具有大屏显示、信号调度、会议扩声、视频监控、集中控制等功能，采用低碳节能产品。

### 7.3 智能化材料设备低碳要求

#### 7.3.1 综合布线材料

1. **【概述及组成】**综合布线材料包括光缆与铜缆等材料。
2. **【设计选型】**综合布线低碳材料选用宜采用预端接 MPO 光缆布线系统及高密度 6A 以上低烟无卤线缆铜缆布线系统、电线电缆中氟含量不得大于 0.1%、敷设在隐蔽通风空间的线缆应满足表 7.3.1 的要求。

表 7.3.1 电缆技术要求

	指标	限制值	判定依据/方法
1	产品燃烧产生烟气	烟气最小透光率不得小于60%	测试方法按照 GB/T 17651.2 要求执行

合规性验证方式：查验数据中心提供的第三方检测报告或第三方认证证书。

### 7.3.2 信息设备

1. **【概述及组成】**信息设备包括服务器及存储设备、微型计算机及显示器、以太网交换机、网络防火墙等。
2. **【设计选型】**网络设备选用宜采用绿色制造技术生产的部品及部件，服务器及存储设备应满足表 7.3.2A 的要求，以太网交换机应满足表 7.3.2B 的要求。

表 7.3.2A 服务器及存储设备技术指标要求

	指标		限制值	判定依据/方法	
1	产品可再生利用率		$\geq 80\%$	根据 GB/T 32355.2 及附录 C 要求进行判定	
2	供电模块效率	20%负载率	电源效率	$\geq 90\%$	检测方法按照 HJ 2507 附录 B 要求执行
			功率因数 (PF)	$\geq 0.95$	
		50%负载率	电源效率	$\geq 94\%$	
			功率因数 (PF)	$\geq 0.95$	
		100%负载率	电源效率	$\geq 91\%$	
			功率因数 (PF)	$\geq 0.95$	

合规性验证方式：查验数据中心提供的第三方检测报告或第三方认证证书。

表 7.3.2B 以太网交换机技术指标要求

	指标		限制值	判定依据/方法
1	固定端口以太网交换机能效比值 (TEER)		$\geq 300$	检测方法依据附录 E 中要求
2	单路电源输出效率	20%负载	$\geq 88\%$	检测方法依据 HJ 2507 附录 B 要求
		50%负载	$\geq 92\%$	
		100%负载	$\geq 88\%$	
3	单路电源最低功率因数 (50%负载下的)		$\geq 0.90$	
4	多路电源输出效率	20%负载	$\geq 85\%$	
		50%负载	$\geq 89\%$	
		100%负载	$\geq 85\%$	

5	多路电源最低功率因数(50%负载下的)		$\geq 0.90$	
6	噪声发射	有人值守	$\leq 7.6$ Bels	检测方法依据 YD/T 1816 要求
		无人值守	$\leq 8.1$ Bels	

合规性验证方式：查验数据中心提供的第三方检测报告或第三方认证证书。

### 7.3.3 感知层设备

**【概述及组成】**感知层设备包括传感器、探测器及执行器等。

**2【设计选型】**感知层设备包括温湿度、风管静压、氢气、粉尘、压差、多功能仪表温度、压力、水管流量、水管压差等传感器，漏水、二氧化碳浓度、一氧化碳浓度等探测器，液位、防冻、过滤网压差、水流等开关，调节式风门、开关式风门等执行器。应采用满足测量精度要求，低功耗设备。

## 7.4 低碳综合管理平台要求

### 7.4.1 平台概述及组成

低碳综合管理平台是基于数据中心基础设施管理系统（DCIM）对数据中心基础设施进行实时集中监控与联动，通过统计分析、AI 算法、低碳策略等平台应用来实现低碳数据中心安全高效运营。平台可分为基础设施层、平台层、应用层，由硬件和软件组成。

### 7.4.2 平台功能应满足下列要求：

基础功能包括智能监控与系统联动、告警管理、安全模块及报表等。

高级功能包括智能巡检机器人应用、嵌入式 CFD 应用、AI 节能调优、智慧能碳管理系统、数字孪生（DT）技术等。

### 7.4.3 数据管理应满足下列要求：

低碳综合管理平台应提供标准数据 API 接口，通讯接口协议包括 SNMP、Webservice、Modbus、TCP/IP、OPC、IEC、BACnet 等。

平台应支持主备服务器自动切换，主备切换时间、系统响应时间及刷新时间应满足实际需求。

## 7.5 智能化低碳创新设计

### 7.5.1 智能巡检机器人应用

1 **【概述及组成】**智能巡检机器人集成了智能识别相机、高清夜视相机、红外成像、环境监测传感器、激光导航、超声波传感等多个智能单元模块，对机房空间环境、场地基础设施、机架设备等进行全自动周期性巡检。

2 **【系统功能及创新点】**智能巡检机器人应具有自动巡视、避障、充电、实时遥控等功能。智能巡检机器人采集上传温湿度、噪声、空气质量、烟雾浓度等环境监测参数。智能巡检机器人宜与低碳综合管理平台进行深度融合，实现数据中心设备状态与环境参数实时在线可视。

3 **【指标及选型】**宜能与出入口控制系统对接实现跨机房跨楼层的服务，识别配电柜智能仪表、空调面板的数显内容、指示灯、各类服务器和网络设备的故障告警灯，对机柜整体红外扫描，统计并展示机柜内各个单元温度湿度数据，生成温度云图，找到孤岛热点并及时处理，宜与资产系统对接实现机器人在线设备盘点。

4 **【应用场景】**智能巡检机器人在数据中心进行自动巡检工作，形成运维服务创新模式。

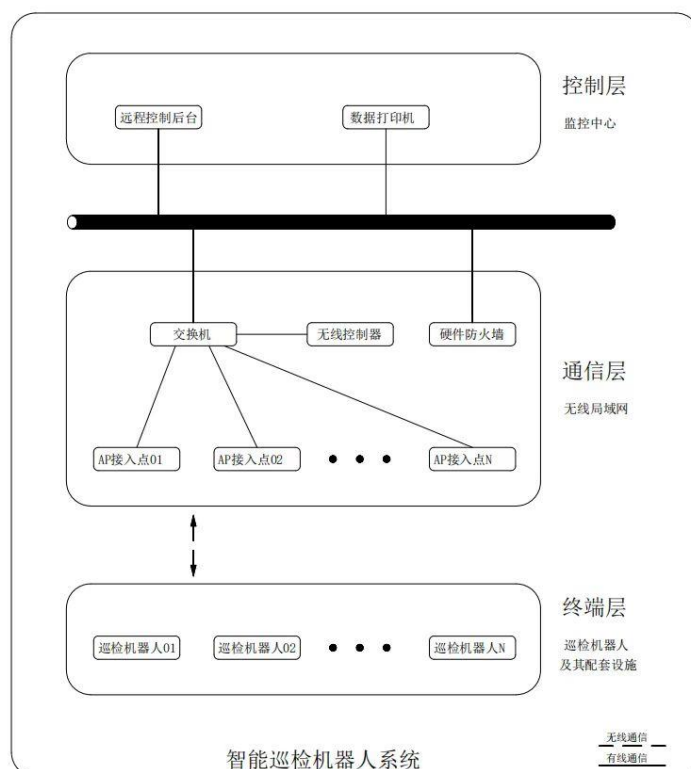




图 7.5.1 智能巡检机器人系统框图

### 7.5.2 无人机巡检系统应用

1 **【概述及组成】** 无人机巡检系统由无人机机架、飞机负载及遥控器等组成，其中无人机机架包括了导航、飞控、动力、电源等单元；飞机负载由云台和相机组成，相机可选择可见光、热成像等设备；遥控器主要用于对无人机的控制。

2 **【系统功能及创新点】** 无人机巡检系统能通过远距离传输技术将无人机载相机拍摄的图像实时传输到遥控器，遥控器集遥控、显示等功能于一体，既可以直接进行手动操控，并在触摸屏上查看云台摄像机图像，也可以设置飞行线路和飞行任务等。

3 **【指标及选型】** 无人机巡检系统宜接入园区现有的监控网络，通过电视墙或电脑客户端查看无人机的实时图像和实时显示飞行数据。通过智慧管理平台或无人机专用管控平台对无人机进行远程操控，实时控制挂载云台的对焦、变焦、转动。管控平台可直接对现场进行及时的远程精准指挥。无人机选型需满足国家和地方的相关行业的法规和管理条例要求。

4 **【应用场景】** 无人机巡检可应用于低碳数据中心园区周界巡逻、定点查看、空中监控疏导、应急指挥调度等。

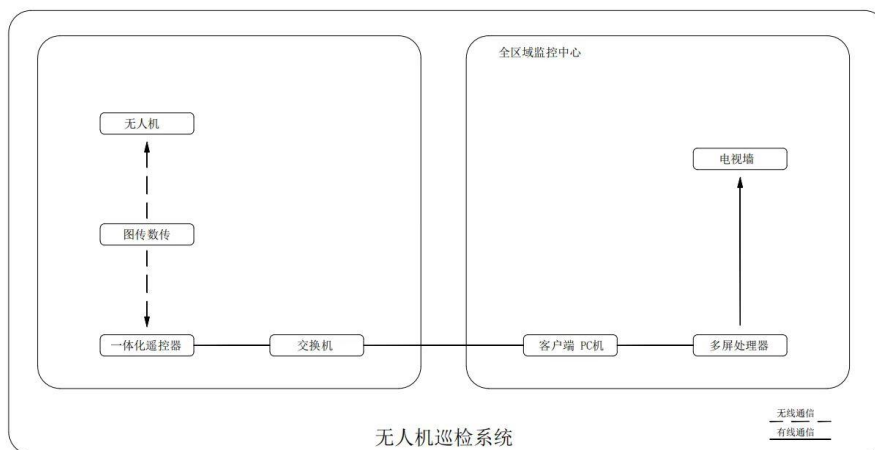


图 7.5.2 无人机巡检系统应用系统框图

### 7.5.3 无人机入侵防御系统应用

1 **【概述及组成】** 低空无人机入侵防御系统是一个立体感知、告警、取证和反制系统，包含探测、识别、取证、反制四个阶段。探测是基础，识别和取证是依据，反制（迫降/驱赶/消除威胁）是目的。

- 2 **【系统功能及创新点】** 无人机入侵防御系统对保护区域进行全范围探测和识别，对保护区域内入侵的无人机实施迫降、驱赶等反制措施。
- 3 **【指标及选型】** 无人机入侵防御系统通常有手持式、车载、固定平台式三种部署方式。主要包含频谱、雷达、声学传感器、光学和热传感器等探测手段。
- 4 **【应用场景】** 无人机入侵防御系统为低碳数据中心建立多维度的立体防范措施，防止来自空中无人机的骚扰、攻击等威胁行为的发生。

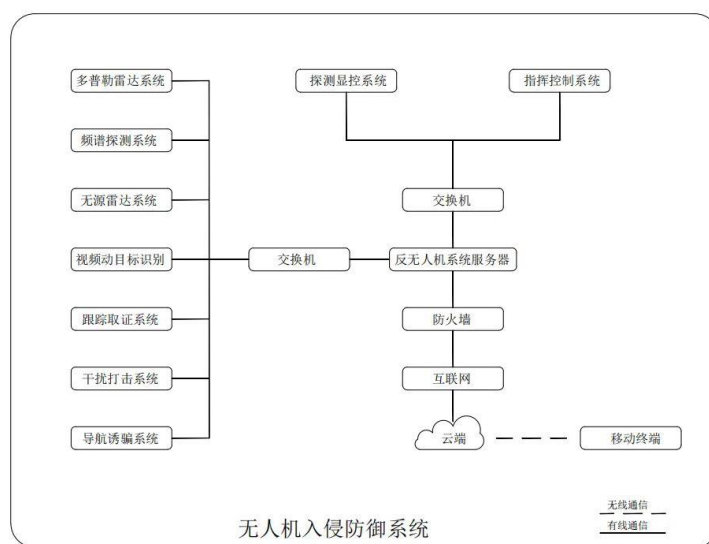


图 7.5.3 无人机入侵防御系统框图

#### 7.5.4 嵌入式 CFD 应用

**【概述及组成】** 在设计 CAD 和运维 DCIM 软件中嵌入 CFD 软件模块, 实现设计与运维阶段中 (CFD) 的节能应用。

**【系统功能及创新点】** 数据中心的机柜单元、机房内及机房外的气流组织、温度、湿度进行计算机仿真模拟, 通过最小化热空气的冷热再循环及冷空气旁通, 通过优化空调设置及参数配置实现节能。

**【指标及选型】** 嵌入式 CFD 应具有机架冷却指数 (RCIHI), 机架冷却指数 (RCILO), 回风温度指数 (RTI) 等关键指标, 宜选 SaaS 云服务技术和通过绿色软件认证的产品。

**【应用场景】** 在设计 CAD 和运维 DCIM 软件中嵌入 CFD 软件模块, 助力数据中心全寿命周期降低 PUE。

#### 7.5.5 AI 节能调优应用

1. **【概述及组成】** AI 节能调优主要是通过使用机器学习和深度学习算法来提高数据中心能源利用率以及降低运行 PUE。
2. **【系统功能及创新点】** 包括数据采集挖掘清洗与深度学习、AI 群控、全局调优、自适应优预测性维护等功能。
- 3 **【指标及选型】** 包括 AI 数据的质量、数据的安全、控制的安全、策略的安全、系统整体调优运行节能效率等重点指标。
- 4 **【应用场景】** 可应用于数据中心空调系统全年节能运行调优，持续降低数据中心运行 PUE。

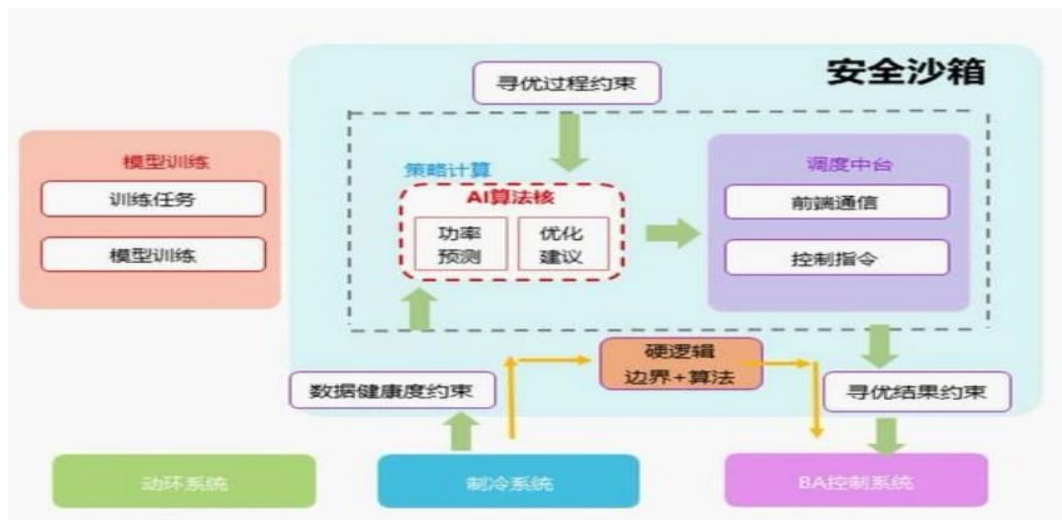


图 7.5.5 AI 节能调优系统框图

#### 7.5.6 智慧能碳管理系统应用

1. **【概述及组成】** 智慧能碳管理系统是基于网络平台，实时监测数据中心各种能源介质的参数变量，动态展示数据中心的碳管理综合水平，实现综合能源管理及碳管理的协调规划、优化运行、弹性管理和互补互济，关注能效 PUE 及碳效 CUE 水平，提升能源利用效率。硬件系统由监控中心、网络传输和底层数据采集等三部分组成，平台软件由操作系统、数据库和业务软件等三部分组成。
- 2 **【系统功能及创新点】** 分析展示功能包括可视化、能源管理和碳管理，具体包括能源管网可视化、能源管控可视化、能效展示可视化和能源管控驾驶舱、能源检测、能源分析、能源管控、设施监控、业务管理、系统配置、碳采集、碳计量、碳溯源、碳排查、碳管控和碳运营等。

3【**指标及选型**】采用融入可视化技术，以 3D 可视化和组态技术呈现能源基础设施、数据中心基础设施及综合能源管理、碳管理的物理关系和逻辑关系，直观展示综合能源流向、综合能源介质组成、能源管理指标和碳管理指标。

4【**应用场景**】低碳数据中心

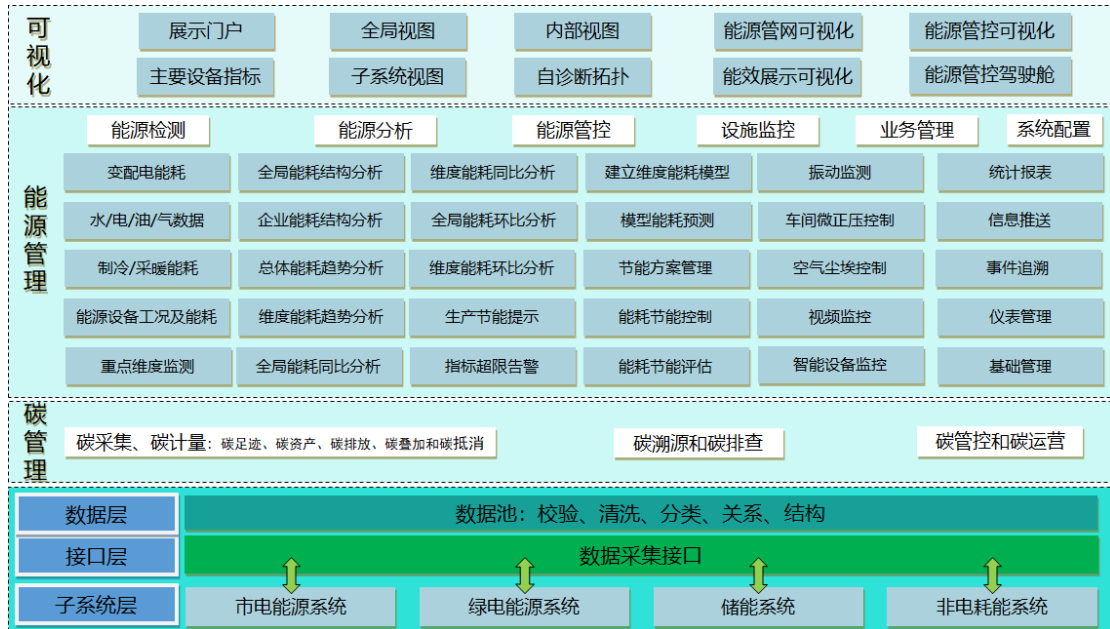


图 7.5.6 智慧能碳管理系统总体框架示意图

7.5.7 数字孪生（DT）技术应用

【**概述及组成**】运用数字化手段对数据中心物理实体进行数据采集与分析，通过仿真建模、孪生映射构建数据中心“数字克隆体”，虚实数据交互、协同反馈。

【**系统功能及创新点**】数字孪生技术可提高设计精确度、优化建设周期、节约建造用材、提升设备运行效率、降低能耗、减少碳排放，对数据中心进行碳计量、碳追踪、碳分析、碳预测，实现精细化管理。

【**指标及选型**】数字孪生技术包括 BIM 数字建模、CFD 模拟、3D 可视化显示、交互式模拟仿真等。

【**应用场景**】数字孪生技术实现数据中心的全要素数字化表达、可视化呈现、以虚控实的仿真模拟操作、演练及培训，提升数据中心运营效率。

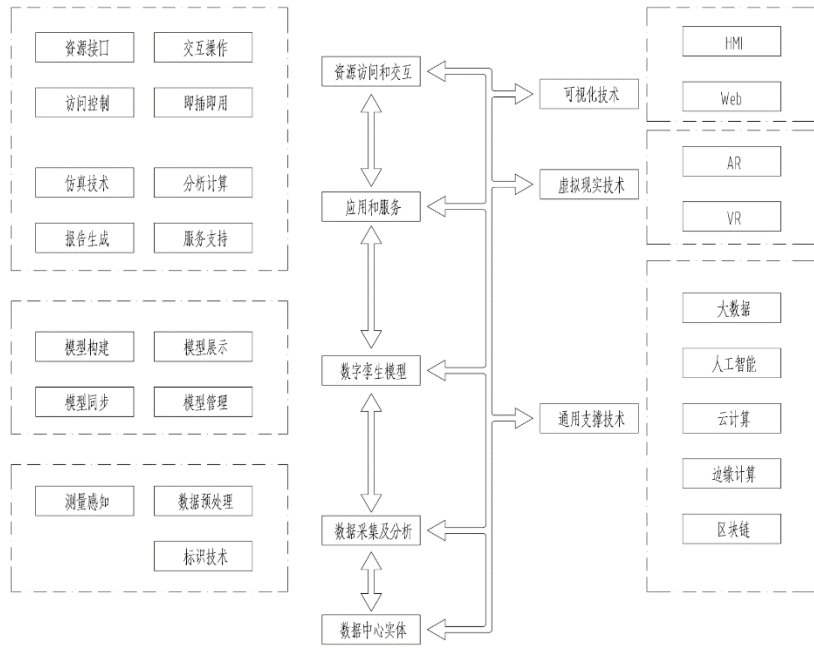


图 7.5.7 数字孪生技术架构示意图

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- 1 《建筑碳排放计算标准》 GB/T 51366
- 2 《绿色建筑评价标准》 GB/T 50378
- 3 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015
- 4 《电力变压器能效限定值及能效等级》 GB 20052
- 5 《采暖空调系统水质》 GB/T 29044
- 6 《城市污水再生利用工业用水水质》 GB/T 19923
- 7 《工业循环冷却水处理设计规范》 GB/T 50050
- 8 《冷水机组能效限定值及能效等级》 GB 19577
- 9 《机械通风冷却塔》 GB/T 7190