

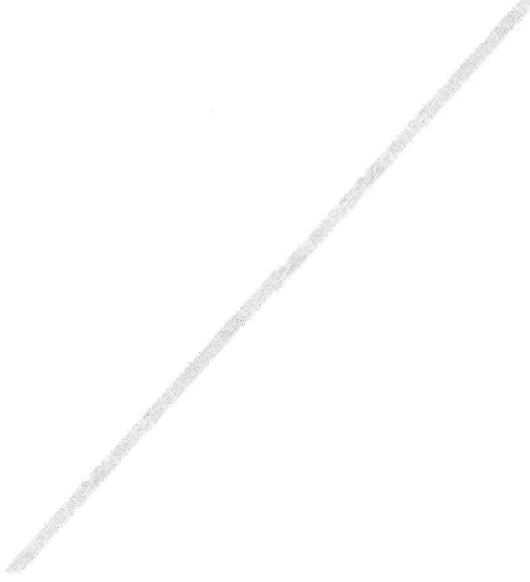
Shuju Zhongxin Jichu Sheshi
Guihua Shejizhong de Ruogan Wenti

数据中心基础设施 规划设计中的若干问题

数据中心技术研究组 编著



经济科学出版社
Economic Science Press



Shuju Zhongxin Jichu Sheshi
Guihua Shejizhong de Ruogan Wenti

数据中心基础设施 规划设计中的若干问题

数据中心技术研究组 编著



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

数据中心基础设施规划设计中的若干问题 / 数据中心
技术研究组编著. —北京: 经济科学出版社, 2015. 5

ISBN 978 - 7 - 5141 - 5755 - 0

I. ①数… II. ①数… III. ①机房 - 基础设施 - 设计 -
研究 IV. ①TP308

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 097386 号

责任编辑: 周国强

责任校对: 王肖楠

责任印制: 邱 天



数据中心基础设施规划设计中的若干问题

数据中心技术研究组 编著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

编辑部电话: 010 - 88191350 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京季蜂印刷有限公司印装

787 × 1092 16 开 28 印张 650000 字

2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 5755 - 0 定价: 110.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

编 委 会

主 编：

张广明

副 主 编：

汤钟才 沈卫东 邓重秋 黄群骥 罗耀兴
谭 玲 方良周 李光明 张俊峰 温晓军

编 委 (按姓氏笔画排序)：

丁志永	么 军	王山中	王爱华	叶向阳	尼米智
孙志刚	孙 杰	刘喜明	安 敏	吴冬青	吴甘星
李典林	李本强	李 进	李明江	李 辉	余 雷
陈 兵	陈 杰	陈 飞	陈 珂	陈 渊	周庆申
罗建华	孟海军	林 密	侯曙光	赵 晨	唐玛琍
秦 坤	崔文盈	黄 锴	彭广香		

执行编辑：

杜丽娜 王 晨 王丹丹

总 策 划：

吕天文 罗 磊

支持单位：

广东省电信规划设计院有限公司
中国移动通信集团公司国际信息港建设中心
信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司
中国建筑技术集团有限公司
华信咨询设计研究院有限公司
中国建筑标准设计研究院
施耐德电气信息技术（中国）有限公司
中科曙光信息产业股份有限公司
中国科学院计算技术研究所
北京科计通电子工程有限公司
北京德拓天全信息系统服务有限公司
华为技术有限公司
北京天云动力科技有限公司
太极计算机股份有限公司
北京长城电子工程技术有限公司
上海华宇电子运维评测中心
上海华东电脑系统工程有限公司
北京捷通机房设备工程有限公司
中建电子工程有限公司
博耳电力控股有限公司
常州万联网络数据信息安全股份有限公司
四川依米康环境科技股份有限公司
北京中大科慧科技发展有限公司
Piller 电力系统
山东圣阳电源股份有限公司
苏州安瑞可机柜系统有限公司

序

早在 1950 年代，中科院计算所研制电子管计算机时，我国就已开始建设计算机机房。随着计算机应用的推广，上世纪 90 年代国内的计算机机房建设迅猛发展起来。本世纪初，互联网技术首先在美国普及，对数据中心的数量、面积、性能等需求出现爆炸式的增长，使美国很快地成为数据中心建设新理念、新技术、新产品的发源地，而中国成为这些新技术的输入国。

但是，国内在应用场景、气候条件、建设模式等方面与美国不同，在机房建设中，盲目引进国外技术导致了许多技术和管理方面的问题。国内数据中心机房建设方面的专家，做了大量新技术本地化的研究和实践工作。

近几年来，国内的高性能计算、云计算和大数据等新一代信息技术迅猛发展，电子商务应用规模已超过欧美，国内的数据中心新技术的研究和应用有可能实现“弯道超车”，形成后发制人之势。

在信息产业领域，中科院计算所曾经培育了联想和中科曙光等优秀的民族企业，现在仍致力于高性能计算等技术的研究与推广，包括数据中心建设。希望张广明研究员主编的《数据中心基础设施规划设计中的若干问题》一书，能够为国外数据中心建设新技术的本土化、国内数据中心新技术的研究和推广起到抛砖引玉的作用。

中国工程院院士 李国杰

2015 年 4 月于北京

前 言

各种规模的数据中心运行实践表明，科学的规划设计不仅是数据中心各种预期功能能否实现的关键，数据中心运行后的绝大多数问题也都起源于规划设计。规划设计是机房基础设施建设中最重要的一环，它指导和规定了数据中心建设的整个过程。数据中心机房基础设施的供电、制冷、安全和管理各个子系统，在规划设计、设备选型、施工安装、运行维护四个阶段中，规划设计都是最关键的一环。规划设计决定着整个数据中心的性质、商业需求目标、规模、近期和远期升级扩展计划、可用性级别、能源效率预期目标等重要功能。所以，提高用户信息主管和设计院规划设计人员的规划设计水平，是非常必要的，也是一项非常迫切的任务。

当前数据中心规划设计工作存在着以下三个方面的问题：

第一，用户在数据中心规划设计中起着主导作用，他们对规划方案有最终的决定权，但是，绝大多数用户对数据中心的规划设计缺乏专业知识和经验，在方案调研论证过程中，又受到多方面的误导。

第二，设计院是数据中心规划设计的主体，但是，除少数较早涉足这一领域的相关行业的设计院外，绝大部分设计院都是近几年才接确数据中心设计建设业务，他们对数据中心的特点和特殊要求了解不够，缺乏规划设计经验，同时在规划设计过程中，他们不仅受到传统规范和标准的限制，在关键问题上还遇到用户的制约。

第三，当前已建和在建的数据中心存在着严重的问题。纵观当前已建和正在规划建设的数据中心，在数据中心选址、可持续发展能力规划、可用性规划、经济性、可服务性等方面，普遍存在着各种各样潜在问题，特别是不科学不恰当的总容量规划，以及与总容量有密切关系的各子系统方案的规划、设备容量的选用等，明显存在着不匹配、支持能力不够的问题，虽然建成初期可正常投入运行，但在3、5年后会发现，最初规划的容量无法达到、可用性级别不够、可扩展能力达不到要求、实际能效指标与预期规划要求相差很大等。其结果是，该数据中心只能降容使用、造成基础设施投资30%~40%的浪费、能效指标居高不下。

为了提高数据中心基础设施规划设计和建设运维水平，本书编委会集中了与数据中心基础设施规划设计、建设、运维有关的40多名专家，他们分别从事数据中心用户运维管理、数据中心规划设计、数据中心机房场地建设、数据中心设备厂商产品研发等领域的研究工作，具有深厚的理论水平，积累了丰富的实践经验。

本书论述的重点是：

- 规划设计时必须重视和遵守的原则；
- 规划设计时必须掌握的方法；
- 规划设计时必须改变的传统观念；
- 规划设计时必须澄清的误导和误解；
- 规划设计和应用中必须掌握的关键技术。

以上这些是阻碍数据中心基础设施建造技术进步的关键。

本书除“导论”外共分八个部分：

- 第一部分：数据中心基础设施规划设计；
- 第二部分：数据中心供电系统规划设计；
- 第三部分：数据中心空调制冷系统规划设计；
- 第四部分：数据中心场地建设；
- 第五部分：数据中心节能设计；
- 第六部分：数据中心运维管理；
- 第七部分：数据中心检测评估；
- 第八部分：技术论文。

在第一部分中主要讲述了数据中心基础设施规划原则、规划内容、应遵循的流程、数据中心基础设施建设规模与供电容量、当前数据中心规划设计中值得关注的问题等内容，其中容量规划是本部分的重点，数据中心规划中产生的很多问题都是容量规划不当引起的。

在第二部分中主要讲述了供电系统现状和存在的问题、设计理念的变化、供电方案等级选择、可修复性设计和模块化系统、供电新技术新设备、供电技术发展趋势和变革等，供电系统最重要的问题和最终的要求是保障数据中心运行的连续性。

在第三部分中主要讲述了数据中心制冷系统现状和发展趋势、空调制冷系统规划要求、当代数据中心制冷系统设计理念的变化、提高制冷效果的措施，重点在于机房内气流组织、制冷的连续性措施和节能设计。

在第四部分中主要讲述了数据中心机房设施的功能分类等级，以及与等级有关的各个子系统规划建设要求，特别提到了建筑物规划建设与机房规划建设的相关性和存在的矛盾。

在第五部分中讲述了目前数据中心能耗状态和节能设计中存在的问题，重点在科学的节能规划和测量方法。

第六部分主要讲述运维管理工作的重要性和存在的问题，重点在运维人员必须了解或参加数据中心建设初期的规划设计，这是改变传统的低水平的运维管理观念和方法，真正

提高运维管理水平的关键。

第七部分讲述了对数据中心基础设施进行专业检测和评估的重要性，重点在必须改变传统检测评估只局限在对设备检测和按有关标准评估的做法，强调除对设备运行状况检测外，还要对系统可用性、可维护和可修复性、可改造可扩充的可行性、能耗状态和可行的节能措施等的进行全面的评估。

第八部分遴选了代表当前数据中心建造技术发展趋势的近 20 篇论文。

本书正文部分采用了 PPT 文稿格式。在没有有关数据中心规划设计的系统教材和教科书的情况下，从当前数据中心规划设计中存在的问题入手用答疑的形式进行论述，是学习和提高数据中心规划设计水平的捷径。针对存在的问题去学习会得到最佳的效果。所以，本书不同于一般的规划设计专著或手册，不是全面的系统的讲述设计流程和设计方法，而是直接从问题入手，每个问题的叙述都包括问题的提出、错误形式、错误危害和解决方法，相当于模块化打包，采用 PPT 文体形式有利于读者在实践过程中带着问题迅速查阅，直接明了。

本书编委会

目 录

导论	(1)
第一部分 数据中心基础设施总体规划设计	(5)
第一个问题 数据中心的价值	(7)
第二个问题 数据中心设计建造中的八个事实	(11)
第三个问题 数据中心设计建造中的八个最常见的误解	(13)
第四个问题 当前数据中心规划设计中值得关注的八个问题	(15)
第五个问题 数据中心基础设施规划原则和内容	(17)
第六个问题 数据中心基础设施规划设计流程	(22)
第七个问题 数据中心基础设施建设规模与供电容量	(25)
第八个问题 数据中心基础设施的功能分类等级	(32)
第二部分 数据中心供电系统规划设计	(37)
第九个问题 数据中心供电系统现状和存在的问题	(39)
第十个问题 供电系统设计理念的变化	(45)
第十一个问题 数据中心建设等级对供电系统的要求	(53)
第十二个问题 关于供电系统总体布局的讨论	(54)
第十三个问题 关于 2N 冗余系统	(56)
第十四个问题 关于 $\Delta 2N$ 冗余系统	(60)
第十五个问题 冗余环节中的再冗余问题	(62)
第十六个问题 双交流输入与 UPS 双输入的配置问题	(64)
第十七个问题 UPS 的 ECO 运行模式	(66)
第十八个问题 备用交流能源及备用发电机	(69)
第十九个问题 备用直流能源电池	(77)
第二十个问题 重新审视 UPS 电性能指标	(79)
第二十一问题 对可靠性和可用性的理解	(83)
第二十二个问题 可修复性设计和模块化系统	(87)

第二十三个问题	模块化 UPS	(90)
第二十四个问题	高频机与工频机	(95)
第二十五个问题	直流 UPS	(102)
第二十六个问题	供电系统零地电压及地噪声问题	(108)
第二十七个问题	系统谐波产生与治理问题	(114)
第二十八个问题	供电系统的布局与安装问题	(119)
第二十九个问题	IT 系统交流输入环节不能加漏电保护器	(123)
第三十一个问题	隔离变压器启动冲击电流问题	(125)
第三十二个问题	传统 UPS 供电系统的架构和改革的切入点	(127)
第三十三个问题	机架自主储能 UPS	(129)
第三十四个问题	动态储能 UPS	(131)
第三部分 数据中心空调制冷系统规划设计		(135)
第三十四一个问题	传统数据中心机房制冷系统状态及发展趋势	(137)
第三十五一个问题	当代数据中心制冷系统设计理念的变化	(140)
第三十六一个问题	数据中心空调制冷系统规划	(141)
第三十七一个问题	数据中心空调制冷系统设计要求	(145)
第三十八一个问题	空调制冷系统规划设计及运维中常见的误解	(149)
第三十九一个问题	空调制冷系统规划设计及运维中存在的问题	(153)
第四十一个问题	提高制冷效果的一般性措施	(159)
第四十一一个问题	高密度机架和机架群的制冷措施	(164)
第四十二一个问题	采用自然冷源制冷技术	(170)
第四十三一个问题	数据中心机房持续制冷技术	(172)
第四部分 数据中心场地建设		(175)
第四十四一个问题	数据中心机房功能分区和布局	(177)
第四十五一个问题	数据中心机房对接地系统和防雷要求	(181)
第四十六一个问题	数据中心机房对供电系统的安装要求	(186)
第四十七一个问题	数据中心机房消防系统	(189)
第四十八一个问题	数据中心机房安保门禁系统	(192)
第四十九一个问题	数据中心机房对电磁干扰的要求	(194)
第五十一个问题	数据中心机房对防静电的要求	(195)
第五十一一个问题	数据中心机房照明系统	(198)
第五部分 数据中心基础设施节能设计		(201)
第五十二一个问题	当前数据中心能耗状况	(203)

第五十三个问题	降低数据中心能耗的措施	(205)
第五十四个问题	能耗测量	(210)
第六部分	数据中心运维管理	(219)
第五十五个问题	数据中心运维管理工作存在的问题	(221)
第五十六个问题	数据中心运维管理工作职责和培训要求	(222)
第五十七个问题	故障处理与故障责任	(224)
第五十八个问题	系统监控管理作用、要求与功能	(227)
第五十九个问题	监控与管理的对象和内容	(231)
第六十一个问题	IT 设施的运维如何实现与数据中心动环监控管理的融合	(234)
第六十一个问题	监控系统规划设计中应关注的问题	(237)
第七部分	数据中心检测评估	(241)
第六十二个问题	重视对系统的专业检测和评估工作	(243)
第六十三个问题	机房环境项目评估	(247)
第六十四个问题	机架微环境项目评估	(249)
第六十五个问题	供电系统项目评估	(250)
第六十六个问题	制冷系统项目评估	(252)
第六十七个问题	环境监控和管理项目评估	(253)
第六十八个问题	服务项目评估	(255)
第六十九个问题	将来的发展规划评估	(256)
第八部分	技术论文	(257)
数据中心中压动态 UPS 供电方案	秦 坤	(259)
基于 336V 直流的市电直供技术	彭广香	(269)
蓄电池检测方法分析与应用	侯曙光 张海东	(278)
数据中心直流 48V 市电直供技术	李典林	(285)
数据中心制冷系统常用自然冷却模式分析	林 密 李 进 胡晓鹏	(297)
消除数据中心热点的各种技术措施	林 密 李 进 胡晓鹏	(308)
数据中心被动式散热解决方案	谭 玲 张 愚	(316)
一种用于大型数据中心的壁式空调系统	陈 渊	(332)
机柜排级空调气流组织系统设计	沈卫东 唐玛琍 黄冬梅	(339)
停电对冷冻水系统的影响	汤钟才	(352)
数据中心制冷系统中断期间温升控制策略	林 密 李 进 胡晓鹏	(362)
数据中心温湿度独立控制系统实践	温晓军	(371)
数据中心冷却系统降噪工程实施案例	崔文盈 韩武松 张丽娟	(379)

海拔高度对设备温升的影响	汤钟才 (390)
国内外服务器液冷技术发展现状研究	沈卫东 王 晨 吴宏杰 崔新涛 (395)
中小型数据中心降低 PUE 的实践	吴甘星 陈 兵 (404)
提高数据中心运行环境温度的可行性及节能分析	崔文盈 韩武松 (413)
一种以移动终端为人机界面的数据中心视频监控系统	陈 珂 Jeff Ma (422)
附：主要编写人员介绍	(428)

导 论

数据中心的绝大多数问题都起源于规划设计

规划设计决定着数据中心的性质、商业需求目标、规模、业务定位、近期和远期升级扩展计划、可用性级别、能源效率以及运营效益预期目标。

它指导和规定了数据中心建设的整个过程，对建筑结构空间、系统架构、设备选型、技术指标、施工安装和运行维护等都做了严格明确的规定。

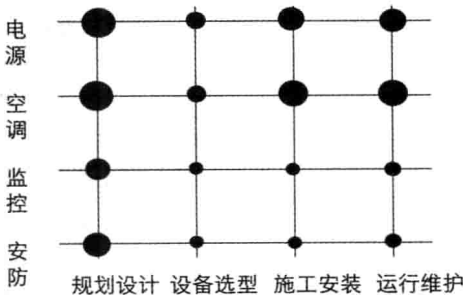
规划设计阶段要考虑并确定的因素包括：

- ※ 企业IT发展战略；
- ※ 数据中心业务定位；
- ※ 数据中心选址；
- ※ 可持续发展能力；
- ※ 数据中心的可用性；
- ※ 数据中心的经济性；
- ※ 数据中心的可服务性等。



影响机房设施可用性的因素来自诸多方面。它不但与机房内各个子系统设备可用性有关，还与机房的整个建设过程有关。

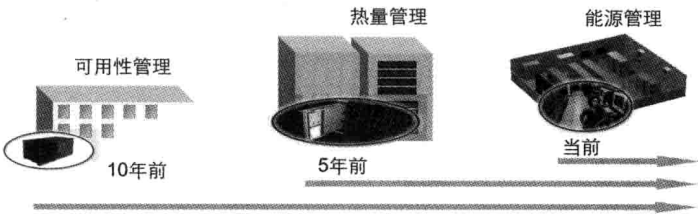
下图为机房设施系统可用性因素模型。模型中，Y轴方向是机房设施系统包含的各个子系统，X轴方向是机房设施系统的建设过程。这里列出了供电、空调、监控、安防等四个主要的机房设施子系统；一个机房设施系统的构建过程，分为规划设计、设备选型、施工安装、运行维护等4个阶段。模型中的16个节点，则代表在各个阶段中、各个子系统的可用性。节点的大小，代表其对整个机房设施可用性的贡献权重。



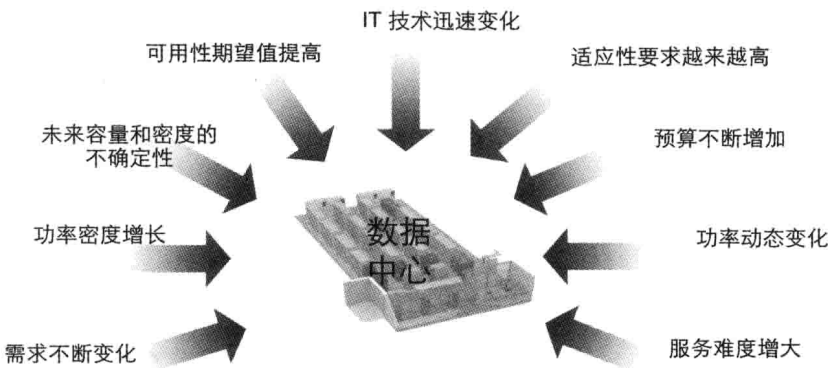
应用的需求决定着建造技术发展的趋势

IT技术进步对数据中心基础设施的挑战

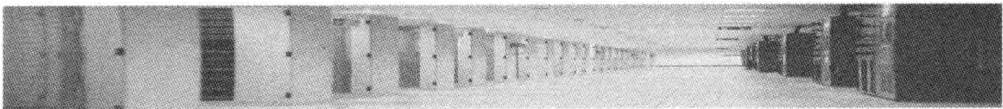
按传统方式设计建造的数据中心的基础设施已经在信息技术高速发展的过程中陆续暴露出一个个重大的缺欠和问题，不能满足当代信息技术应用的要求，这些问题从多个方面同时困扰着数据中心的发展，是对传统设计的严峻挑战。



数据中心规划设计存在的难题



我们必须改变数据中心设计、建造、运行、管理和维护的理念和方法



本书论述的内容范围和重点

- ① 这些问题是规划设计时必须重视和遵守的原则；
- ② 这些问题是规划设计时必须掌握的方法；
- ③ 这些问题是规划设计时必须改变的传统观念；
- ④ 这些问题是规划设计时必须澄清的误导和误解；
- ⑤ 这些问题是规划设计和应用中必须掌握的关键技术。

