

华晟经世ICT专业群系列教材

# 云数据 中心基础

邱锦明 成宝芝 韩维良

郭炳宇 姜善永

主编



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

# ■ ■ ■ 目 录

<b>项目 1 云数据中心认知</b>	<b>1</b>
1.1 任务一：认识云数据中心	2
1.1.1 数据中心介绍	3
1.1.2 云数据中心的特点	4
1.1.3 云数据中心体系结构简介	5
1.1.4 任务回顾	9
1.2 任务二：数据中心云应用	10
1.2.1 云数据中心和传统数据中心的区别	11
1.2.2 云数据中心的发展趋势	12
1.2.3 绿色数据中心	12
1.2.4 任务回顾	15
1.3 项目总结	16
1.4 拓展训练	16
<b>项目 2 云数据中心的设计与规划</b>	<b>19</b>
2.1 任务一：云数据中心规划	20
2.1.1 数据中心设计与建设的指导原则及标准	20
2.1.2 衡量数据中心建设的指标	22
2.1.3 基础设施的规划	24
2.1.4 任务回顾	28
2.2 任务二：云数据中心优化策略	29
2.2.1 合理化方法	29



2.2.2 数据中心的云计算战略 .....	31
2.2.3 任务回顾.....	32
2.3 项目总结.....	33
2.4 拓展训练.....	33
<b>项目 3 云数据中心硬件选型 .....</b>	<b>35</b>
3.1 任务一：常用硬件设备介绍.....	35
3.1.1 服务器设备.....	36
3.1.2 网络设备.....	40
3.1.3 存储设备.....	44
3.1.4 任务回顾.....	49
3.2 任务二：云数据中心硬件选型.....	50
3.2.1 服务器选型.....	50
3.2.2 网络设备选型.....	54
3.2.3 存储设备选型.....	56
3.2.4 任务回顾.....	58
3.3 项目总结.....	59
3.4 拓展训练.....	60
<b>项目 4 虚拟化与云计算 .....</b>	<b>61</b>
4.1 任务一：认识虚拟化技术.....	61
4.1.1 虚拟化技术介绍.....	62
4.1.2 网络虚拟化.....	66
4.1.3 存储虚拟化.....	68
4.1.4 服务器虚拟化.....	71
4.1.5 任务回顾.....	87
4.2 任务二：走进云计算 .....	88
4.2.1 云计算介绍.....	88
4.2.2 常用云平台解决方案 .....	93
4.2.3 任务回顾.....	97
4.3 项目总结.....	98

4.4 拓展训练.....	98
---------------	----

## 项目 5 OpenStack 应用..... 101

5.1 任务一：OpenStack 整体认知.....	102
5.1.1 OpenStack 简介.....	102
5.1.2 OpenStack 整体架构介绍.....	106
5.1.3 OpenStack 常见模块的介绍.....	111
5.1.4 OpenStack 部署架构介绍.....	122
5.1.5 任务回顾.....	123
5.2 任务二：OpenStack 部署.....	124
5.2.1 OpenStack 环境准备.....	124
5.2.2 Keystone.....	143
5.2.3 Glance.....	147
5.2.4 Nova.....	153
5.2.5 Neutron.....	160
5.2.6 Cinder.....	171
5.2.7 Dashboard.....	180
5.2.8 任务回顾.....	182
5.3 项目总结.....	183
5.4 拓展训练.....	184

## 项目 6 云数据中心运维..... 185

6.1 任务一：认识自动化运维.....	185
6.1.1 自动化运维的概念.....	186
6.1.2 自动化运维的重要性与原则.....	188
6.1.3 云数据中心运维方向.....	189
6.1.4 任务回顾.....	195
6.2 任务二：常见的运维项目介绍.....	196
6.2.1 自动化安装部署.....	196
6.2.2 自动化监控篇.....	208
6.2.3 自动化部署篇.....	229

6.2.4 任务回顾.....	234
6.3 项目总结.....	235
6.4 拓展训练.....	235

## 项目 7 Docker 与 Kubernetes..... 237

7.1 任务一：Docker 认知与搭建.....	238
7.1.1 Docker 简介.....	238
7.1.2 Docker 环境准备 .....	242
7.1.3 Docker 部署.....	246
7.1.4 任务回顾.....	251
7.2 任务二：Kubernetes 认知与实现.....	252
7.2.1 Kubernetes 简介 .....	252
7.2.2 Kubernetes 环境介绍.....	257
7.2.3 Kubernetes 实现（GuestBook 示例，Hello World）.....	263
7.2.4 任务回顾.....	272
7.3 项目总结.....	273
7.4 拓展训练.....	273

## 项目 1

# 云数据中心认知

### 项目引入

我是小李，是一名刚入行的数据中心助理工程师，就职于一家云计算公司。我们公司致力于提供云计算技术服务。近几年、云计算需求呈爆炸性增长，原本的数据中心已经不能满足业务需求，于是领导层决定再建一个云数据中心。

此次项目团队中有三位资深的数据中心工程师，梁工精通硬件和 Linux 系统，邓工精通数据中心设计，徐工是云计算和虚拟化技术方面的“大拿”。作为一名新人，我非常珍惜这次能够直接参与项目的机会，随时准备向这些老师取经。

梁工：小李，关于云数据中心，你是怎么理解的，它与传统数据中心有什么不同？

我：云数据中心……就是把云计算技术运用到数据中心里吧？

徐工：说得不错，云数据中心作为一种新型的数据中心，与传统数据中心相比，它的基础设施更加规模化、标准化，其服务器、存储、网络、应用等高度虚拟化，用户可以按需调用资源，它还有一大特点，就是它的业务管理流程高度自动化。“云端”就好比一个大的蓄水池，将 IT 资源作为一种公共设施提供给用户，像我们使用水电一样方便。云计算已经应用在各行各业中，数据中心也不例外。在后面的开发中，你还要加深对云数据中心的了解。

为了让我深入认识云计算，徐工给我展示了云计算示意，如图 1-1 所示。



图 1-1 云计算示意

下面，我们一起开启一段云数据中心之旅吧！

## 知识图谱

项目1 知识图谱如图1-2所示。

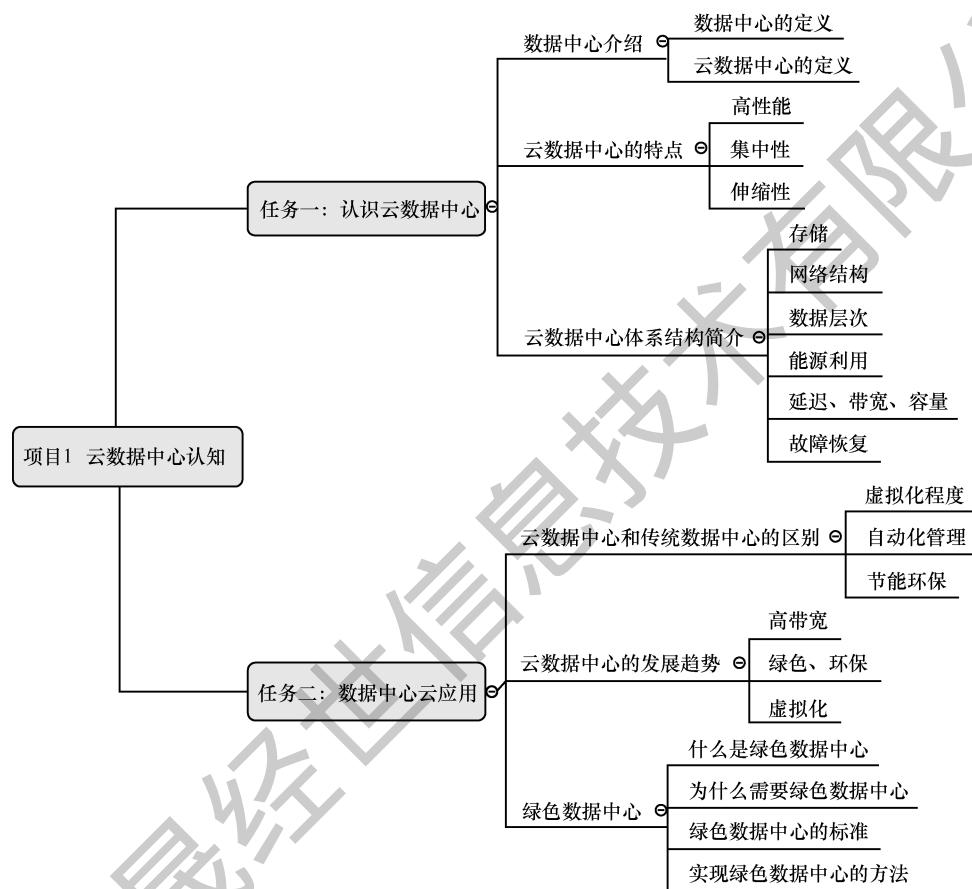


图1-2 项目1知识图谱

### 1.1 任务一：认识云数据中心

#### 【任务描述】

随着业务的发展，传统的数据中心已经不能满足客户日益增长的需求，我们将采用新型技术，打造一个绿色、智慧、高效、节能的云数据中心。首先，我们一起来了解一下云数据中心的定义。

## 1.1.1 数据中心介绍

### 1. 数据中心的定义

信息时代，以互联网为代表的数据通信业务迅速发展，各行各业的信息化建设都在飞速进行，建设新型、高效的数据中心显得尤为重要。那什么是数据中心呢？直观地说，就是各行各业中的业务数据，依托IT技术实现数据处理、存储、传输、综合分析等一系列的操作，为用户提供方便快捷的服务，数据中心则是为这些操作提供稳定、可靠的基础设施和运行环境的载体，并保证可以便捷地对其进行维护和管理。

一个完整的数据中心包括辅助系统、计算系统、业务系统三个逻辑部分，如图1-3所示。

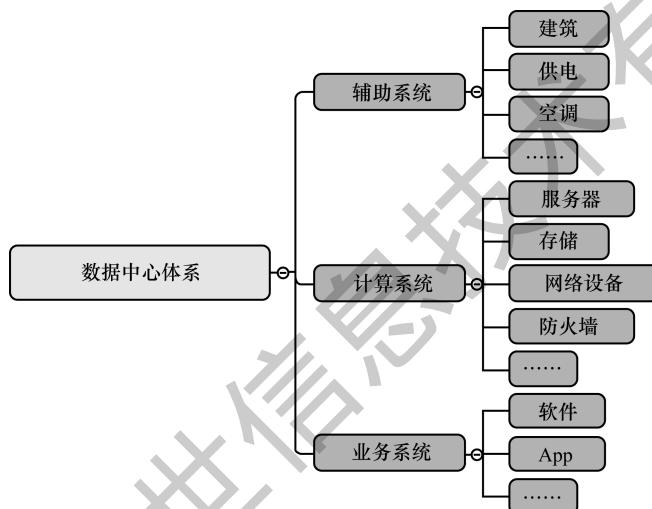


图1-3 数据中心体系示意

- ① 辅助系统：包括建筑、供电、空调等一系列的辅助设施。
- ② 计算系统：包括服务器、存储、网络设备、防火墙等设备。
- ③ 业务系统：包括为用户提供服务的软件设备。

三个逻辑部分对外提供基础设施服务，或对内提供资源支持。它们分别负责不同的业务，相互协作、相互补充，保证数据中心的正常运行，为用户提供高质量、高水准的服务。

### 2. 云数据中心的定义

云时代的到来对传统的IT行业产生了巨大的冲击，而传统数据中心的架构和模式已经不能完全适用于现在的云数据中心。为了能够更好地发展，提高IT资源的利用率，数据中心开始虚拟化。在传统的数据中心基础上，云数据中心的管理平台采用云架构，可以动态地调动资源，更加智能地对设备进行管理。云数据中心采用虚拟化技术，减少了物理设备的投入，使基础设备更加规模化、标准化，让数据中心的管理更加方便、快捷，减少了管理的复杂程度，同时也大大提高了承载的应用数量和业务量。云数据中心逻辑如图1-4所示。

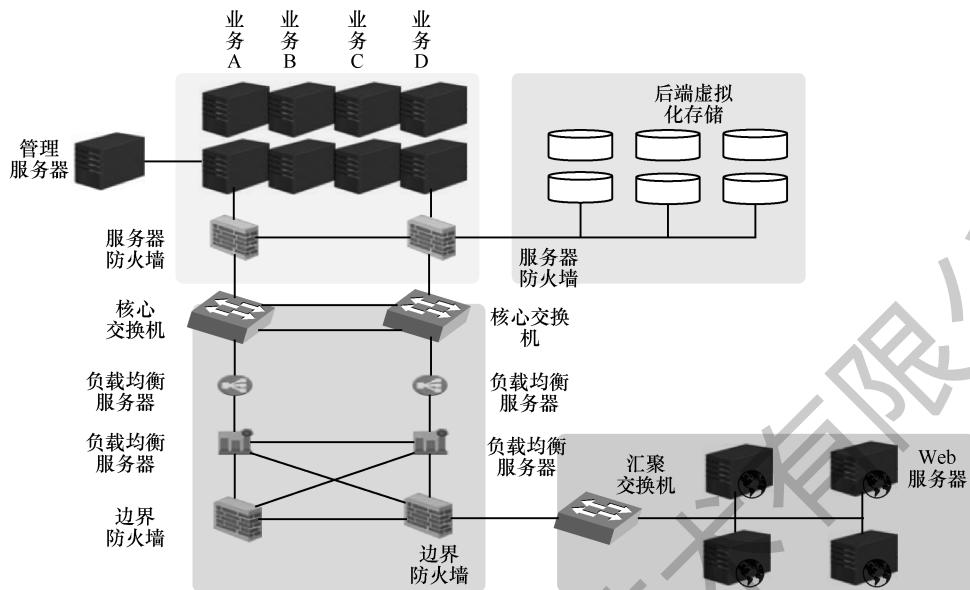


图1-4 云数据中心逻辑

## 1.1.2 云数据中心的特点

### 1. 高性能

数据中心采用分布式的云架构，整个数据中心的计算能力和存储空间都可以通过增加服务器数量和磁盘数量来提升，从而时刻保证高性能；同时，通过 HA (High Available, 高可用性集群)、HPC (High Performance Computing, 高性能计算机群) 和负载均衡 (Load Balance) 等技术，运算速度和服务质量可提高，从而达到高性能、高质量的目标。

### 2. 集中性

在云数据中心，海量业务的迁移、设备的统一配置、故障的及时检查排除、流程跟踪等，均凭借自动化管理技术实现，管理具有高效集中性。

云数据中心的出现无疑是一项新的进展，其除了高度虚拟化，还包括了新技术和新硬件产品的使用，如低功耗 CPU、固态硬盘等。在建设新一代数据中心时，数据中心基础设施层和 IT 层更紧密地融合在一起，这样可以实现不同设备的集中管理和节能，从而使数据中心的可靠性、可控性得以提高。在虚拟化、云计算、大数据浪潮的影响下，云数据中心的管理将高度集中化。

### 3. 伸缩性

云数据中心的资源分配可以根据应用访问具体情况进行动态调整，即具有伸缩性。对于非恒定需求的应用，云计算资源的扩展方式可以分为两大类：一类是可以事先预测的；另一类是完全基于某种规则实时动态调整的，这都要求云计算平台提供弹性的服务。系统架构要求应用程序在设计过程中要考虑耦合度，耦合度越低，灵活性越高，就可以把资源从硬件束缚中解放出来，从而提高资源的动态分配效率。

### 1.1.3 云数据中心体系结构简介

#### 1. 存储

随着企业网络应用时间和应用数据量的加大，企业已经感觉到存储容量和性能与网络应用发展之间的不平衡。因此，满足用户存储需求的技术也应运而生，DAS（Direct-Attached Storage, 直连式存储）、NAS（Network-Attached Storage, 网络接入存储）和 SAN（Storage Area Network, 存储区域网络）三种存储技术成为当今主流的存储技术。

##### (1) DAS

DAS 在我们生活中非常常见，尤其是在中小企业应用中，DAS 是最主要的应用模式，存储系统被直连到应用的服务器中。DAS 技术是最早被采用的存储技术，但由于这种存储技术是把设备直接挂载在服务器上，随着需求的不断增加，越来越多的设备被添加到网络环境中，服务器和存储独立数量较多，导致资源利用率低下，使得数据共享受到严重限制。

DAS 更多地依赖服务器主机操作系统进行数据的 I/O 读写和存储维护管理，数据备份和恢复要求占用服务器主机资源（包括 CPU、系统 I/O 等），数据流需要回流主机再到服务器连接着的磁带机（库），数据备份通常占用服务器主机资源的 20%~30%，直连式存储的数据量越大，备份和恢复的时间就越长，对服务器硬件的依赖性和影响就越大。DAS 逻辑示意如图 1-5 所示。

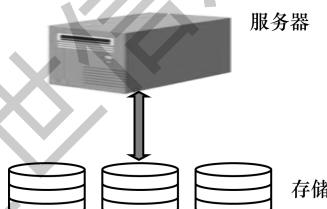


图 1-5 DAS 逻辑示意

##### (2) NAS

NAS 技术改进了 DAS 技术，通过标准的拓扑结构实现连接，服务器无需直接与企业网络连接，不依赖于通用的操作系统，所以存储容量得以扩展，而且对原来的网络服务器的性能没有任何影响。NAS 逻辑示意如图 1-6 所示。

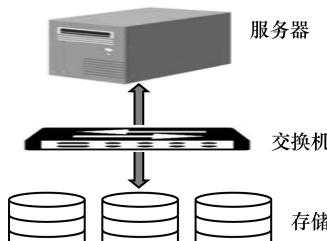


图 1-6 NAS 逻辑示意

NAS 是文件级的存储方法，常被用来共享文档、图片、电影等，而且随着云计算的发展，一些 NAS 厂商也推出了云存储功能，大大方便了企业和个人用户的使用。

### (3) SAN

SAN 的支撑技术就是光纤通道——FC 技术，与前面介绍的 NAS 技术完全不同。它不是把所有的存储设备集中安装在一个服务器中，而是将这些设备单独通过光纤交换机连接起来，形成一个光纤通道存储在网络中，然后在企业的局域网进行连接。这种技术的最大特点就是将网络和设备的通信协议与传输介质隔离开，使其可以在同一个物理连接上传输。高性能的存储系统和宽带网络的使用，使得系统的构建成本和构建复杂程度上大大降低。SAN 逻辑示意如图 1-7 所示。

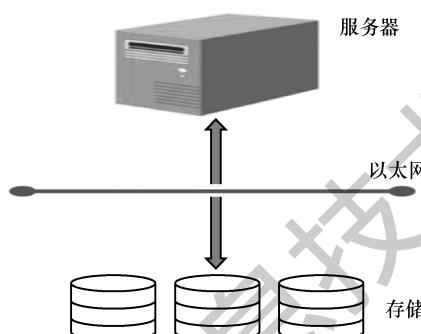


图 1-7 SAN 逻辑示意

## 2. 网络结构

DCN (Data Center Network, 数据中心网络) 主要采用层次结构实现，按照网络结构中设备作用的不同，网络系统可以被划分为核心层、汇聚层、接入层。多种应用同时运行在一个数据中心，每种应用一般都运行在特定的服务器与虚拟服务器集群上，每个应用与一个或者多个因特网路由的 IP 地址绑定，用于接收来自因特网的客户端访问。在数据中心内部，来自因特网的请求被弹性负载均衡器分配到这个应用对应的服务器池中进行处理。根据传统负载均衡的术语，接受请求的 IP 地址被称为虚拟 IP 地址 (Virtual IP Address, VIP)，负责处理请求的服务器的集合被称为直接 IP 地址 (Direct IP Address, DIP)。一个典型的数据中心网络体系结构示意如图 1-8 所示。

除了以上所说的网络结构以外，还有一种 Fabric 的网络架构。数据中心在部署云计算之后，Fabric 网络架构可以利用阵列技术来扁平化网络，可以将传统的三层结构压缩为二层，并最终转变为一层，通过实现任意点之间的连接来消除复杂性和网络延迟。不过，Fabric 这个新技术目前仍未有统一的标准，其推广应用还有待更多的实践。

## 3. 数据层次

数据中心全年不休地运行，一旦数据丢失，造成的损失将难以估量，因此部署数据备份系统尤为重要，而数据备份技术也是整个备份系统中的核心技术。

数据备份技术可以将整个数据中心的数据或状态保存下来，一旦发生硬件损坏而导致数据丢失，我们可以从已有的备份中，快速、正确、方便地将数据恢复。数据备份技

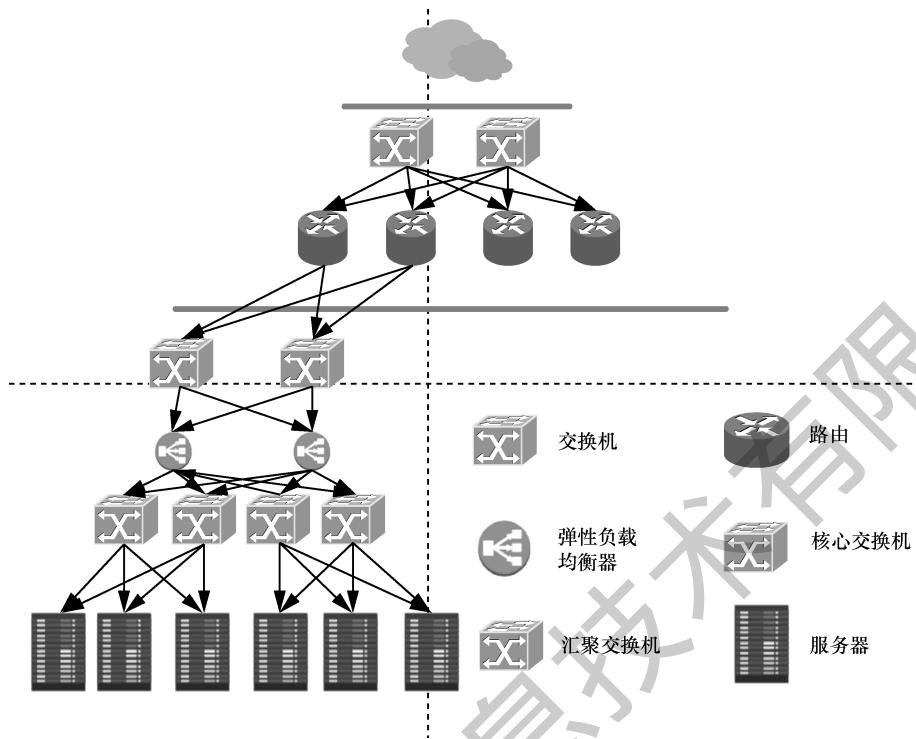


图1-8 典型数据中心网络体系结构示意

术在存储系统中的意义不仅在于防范意外事件的发生，而且它还是历史数据归档保存的主要方式。

数据备份由备份服务器、备份软件、数据服务器和备份介质 4 个部分组成。数据备份并不是简单的数据拷贝，为降低备份数据所占用的额外空间，一般需要改变数据格式，进行压缩等操作，这一般由专业的备份软件完成。数据库的备份与普通文件备份不同，需要通过应用插件与数据库协调，以保证备份数据的一致性和完整性。

那么什么是备份策略呢？备份策略是确定需要备份的内容、备份时间及备份方式的过程。各行各业都需要根据自己的实际情况来制订不同的备份策略。目前被采用的备份策略主要有以下三种。

#### (1) 完全备份 (Full Backup)

如图 1-9 所示，我们可以每天对自己的系统进行完全备份。例如，第一天用一盘磁带对整个系统进行备份，第二天再用另一盘磁带对整个系统进行备份，依此类推。

**优点：**只需使用当天的数据盘就能恢复数据。

**缺点：**每天都对整个系统进行完全备份会造成备份的数据大量重复，这些重复的数据占用了大量的磁带空间；其次，由于需要备份的数据量较大，备份所需的时间也就较长。

#### (2) 增量备份 (Incremental Backup)

第一天进行一次完全备份，然后在接下来的每天只对当天新的或被修改过的数据进行备份。这种备份策略如图 1-10 所示。

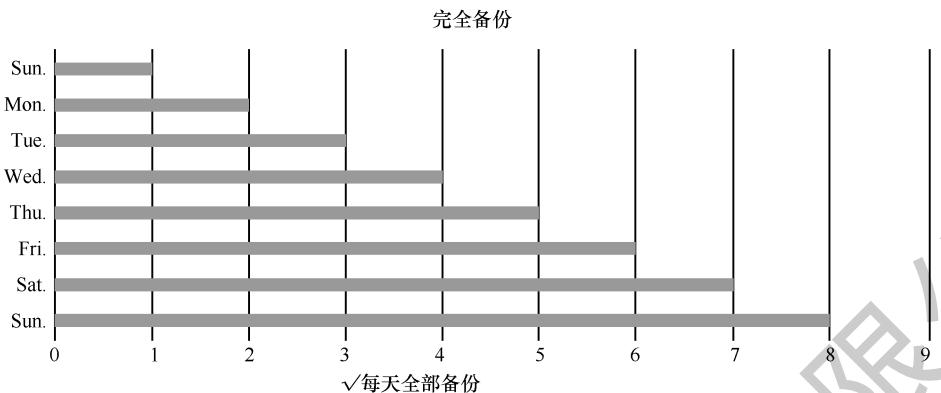


图1-9 完全备份策略示意

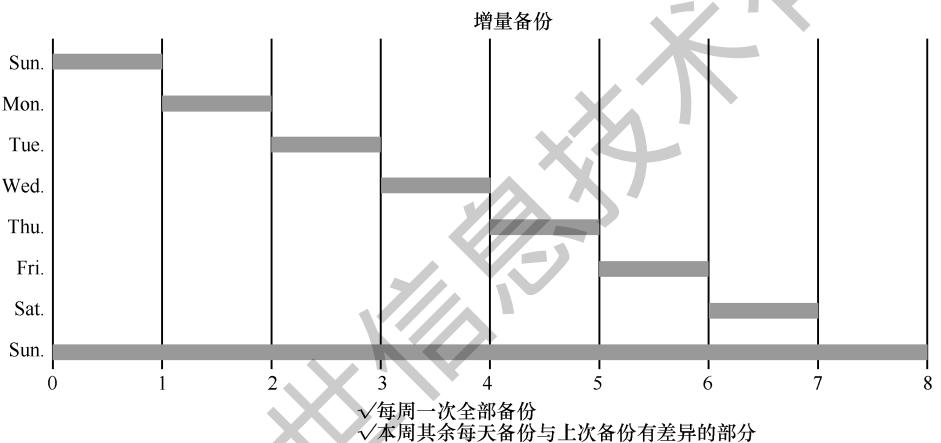


图1-10 增量备份策略示意

优点：节省了磁带空间，缩短了备份时间。

缺点：当灾难发生时，数据的恢复比较麻烦。例如，系统在星期三的早晨发生故障，丢失了大量的数据，那么现在就要将系统恢复到星期二晚上时的状态。这时系统管理员就要首先找出星期天的那盘完全备份磁带进行系统恢复，然后再找出星期一的磁带来恢复星期一的数据，接着找出星期二的磁带来恢复星期二的数据。很明显，这种方式很繁琐且可靠性也很差。在这种备份方式下，各盘磁带间的关系就像链子一样，一环套一环，其中任何一盘磁带出了问题都会导致整条链子脱节。比如在上例中，若星期二的磁带出了故障，那么管理员最多只能将系统恢复到星期一晚上时的状态。

### (3) 差异备份 (Differential Backup)

管理员首先在星期天进行一次系统完全备份，然后在接下来的几天里，再将当天所有与星期天不同的数据（新的或修改过的）备份到磁带上，如图 1-11 所示。差异备份策略在避免了以上两种策略的缺陷的同时，又具有了它们的所有优点。

优点：它无需每天都对系统做完全备份，因此备份所需时间短，节省了磁带空间；其次，它的灾难恢复也很方便，系统管理员只需两盘磁带，即星期天的磁带与灾难发生前一天

的磁带，就可以将系统恢复。

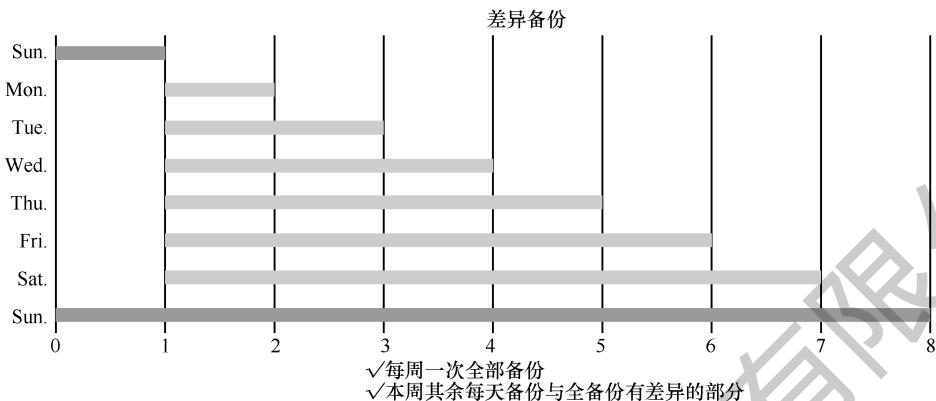


图1-11 差异备份策略示意

#### 4. 能源利用

PUE (Power Usage Effectiveness) 是评价数据中心能源效率的指标，是数据中心消耗的所有能源与 IT 负载消耗的能源之比。PUE 值已经成为国际上比较通行的数据中心电力使用效率的衡量指标。PUE 值越接近于 1，表示一个数据中心的绿色化程度越高，能源的利用率越高。

节能减排在今天已成为了一种社会责任，越来越多的数据中心在构建之初就已将其列为一项硬性指标。数据中心所耗费的能源费用已占企业运营费用的 40%~45%，因此，合理高效的能源利用是十分重要的。

#### 5. 延迟、带宽、容量

随着越来越多新技术的问世以及标准的出台，数据中心的带宽提升也变得越来越棘手。目前，数据中心的带宽发展介于突破与疯狂之间，带宽需求正在以每年 25%~35% 的速度飞速增长，预计这样的增长速度还会持续几年甚至更久。因此，合理的网络架构和及时更换网络设备是解决带宽问题的首要方法。

#### 6. 故障恢复

随着网络科技快速发展，云数据中心需要更高水平的运营支撑能力和强大的数据处理能力，既要确保关键业务数据万无一失，又要支撑各企业业务系统的连续、可靠运行。因此，数据中心的故障恢复要快速，不能影响业务的正常运行，高可用和负载均衡的技术就显得尤为重要。合理的高可用架构可以保证服务的不间断运行，性能优秀的负载均衡架构可以保证服务质量，两者的合理安排，是数据中心故障恢复的有力保障。

### 1.1.4 任务回顾

#### 知识点总结

1. 数据中心体系分为辅助系统、计算系统和业务系统。

2. 云数据中心的特点：高性能、集中性、伸缩性。
3. 常见的三种存储方式：DAS、NAS、SAN。
4. 云数据中心体系结构：存储、网络结构、数据层次、能源利用、延迟带宽、容量、故障恢复。
5. 云数据中心的备份策略：完全备份、增量备份、差异备份。

### 学习足迹

任务一学习足迹如图 1-12 所示。

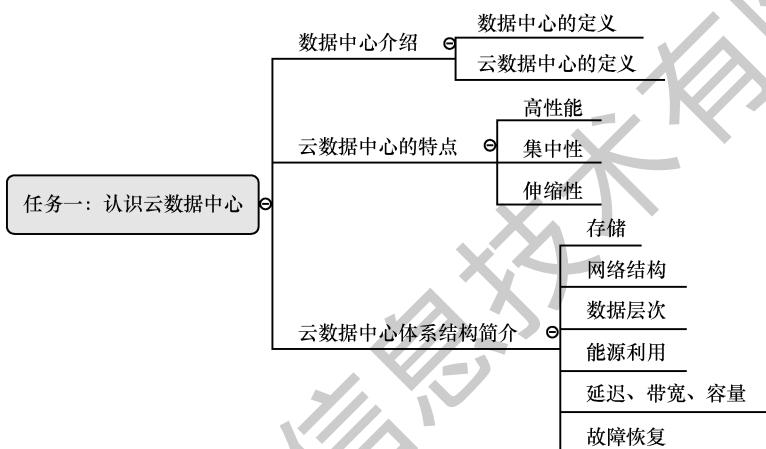


图1-12 任务一学习足迹

### 思考与练习

1. 简述数据中心和云数据中心的概念。
2. 云数据中心常见的三种存储方式。
3. 云数据中心常见的三种备份策略及其优缺点。
4. 根据三种备份策略设计一种可行性强的数据备份方案。
5. 上网查阅数据中心相关资料，并制作一张数据中心的逻辑拓扑图。
6. 简述云数据中心的特点。
7. 简述云数据中心的体系结构。

## 1.2 任务二：数据中心云应用

### 【任务描述】

云技术的不断成熟，带来了交付模式的巨大转变，云技术的应用范围也越来越广。“游