

蓝光存储在电子档案长期存储中的 应用研究

研究报告

项目承担单位：

航天档案馆

华录光存储研究院（大连）有限公司

编制日期：2017年3月

目录

目录.....	1
第一章 项目概述.....	1
1.1 项目简介	1
1.2 项目背景	2
1.3 研究目标与内容	3
1.3.1 研究目标	3
1.3.2 研究内容	3
1.4 研究意义	4
第二章 蓝光存储技术综述.....	6
2.1 蓝光存储介质	6
2.1.1 蓝光光盘定义	6
2.1.2 归档级蓝光光盘	7
2.1.3 蓝光光盘结构	8
2.1.4 蓝光光盘存储原理	10
2.1.5 蓝光存储介质的特点	11
2.1.6 蓝光存储与传统光盘存储的比较	12
2.2 蓝光存储设备	14
2.2.1 蓝光光盘库定义	14
2.2.2 蓝光光盘库结构与原理	15
2.2.3 蓝光存储设备特点	15
2.2.4 市场主流蓝光存储设备	17
2.3 光存储未来发展趋势	19
2.3.1 蓝光存储技术路线	19
2.3.2 下一代光存储技术发展	19
2.3.3 光存储技术的发展趋势及展望	23
第三章 蓝光光盘寿命研究.....	25
3.1 蓝光光盘的材质分析	25
3.1.1 无机相变记录材质	25
3.1.2 有机色素记录材质	27
3.1.3 有机色素与无机相变记录方式比较	28
3.2 影响蓝光光盘寿命因素分析	29
3.2.1 紫外线照射	30

3.2.2 粉尘	30
3.2.3 磁场	31
3.2.4 划痕	31
3.2.5 温度与湿度	31
3.3 蓝光光盘寿命估算方法	32
3.3.1 蓝光光盘寿命定义	32
3.3.2 蓝光光盘寿命估算方法	33
3.4 温湿度加速老化实验	34
3.4.1 加速老化实验方法	34
3.4.2 实验环境	35
3.4.3 实验数据获取	36
3.5 加速老化试验数据分析	37
3.5.1 蓝光寿命计算公式推导	37
3.5.2 蓝光寿命计算公式参数计算	41
3.6 蓝光光盘寿命推算结果	42
3.6.1 蓝光寿命计算结果	42
3.6.2 附加可靠性测试结果	43
第四章 电子档案长期存储需求分析.....	44
4.1 电子档案概述	44
4.1.1 电子档案的定义	44
4.1.2 电子档案的特点	44
4.1.3 电子档案的类型	45
4.1.4 电子档案的存储	46
4.2 电子档案长期存储现状.....	48
4.2.1 国内电子档案长期存储现状	48
4.2.2 国外电子档案长期存储现状	50
4.3 电子档案长期存储需求分析	52
4.3.1 电子档案长期存储需求概述	52
4.3.2 电子档案长期存储需要解决的问题	53
4.3.3 电子档案长期存储的合规型要求	57
4.3.4 电子档案长期存储的主要措施	58
4.3.5 电子档案长期存储的具体需求	59
第五章 电子档案长期存储中存储介质的比较分析.....	62
5.1 总体概述	62

5.1.1 硬盘存储特点	62
5.1.2 磁带存储特点	63
5.1.3 蓝光存储的特点	63
5.2 各类存储比较分析	64
5.2.1 介质寿命	65
5.2.2 介质容量	66
5.2.3 传输速度	66
5.2.4 读写方式	67
5.2.5 记录方式	67
5.2.6 数据纠错能力	68
5.2.7 数据防删改	70
5.2.8 RAID 技术	70
5.2.9 兼容性	71
5.2.10 数据迁移频率	72
5.2.11 环境保护	73
5.2.12 TCO.....	73
5.2.13 技术发展对比	74
5.2.14 相关软件技术对比	76
5.2.15 存储方式比较一览表	77
5.2.16 存储方式比较雷达表	78
5.3 各类存储的适用场景	78
5.4 各行业适于蓝光存储的需求	79
5.4.1 档案行业	79
5.4.2 金融行业	80
5.4.3 广电行业	80
5.4.4 军工行业	81
5.4.5 医疗行业	81
5.4.6 司法行业	81
5.4.7 教育行业	82
5.4.8 交通运输行业	82
5.4.9 互联网行业	83
第六章 电子档案存储解决方案.....	84
6.1 方案设计综述	84
6.1.1 方案设计原则	84

6.1.2 方案设计依据	85
6.1.3 方案设计标准	90
6.1.4 关键性技术	93
6.2 设计方案	96
6.2.1 系统架构设计	96
6.2.2 数据长期安全存储 3-2-1 策略	98
6.2.3 VTL+光盘库	99
6.2.4 光磁融合存储方式	100
第七章 蓝光存储系统设计	103
7.1 系统设计综述	103
7.2 具体功能	105
7.2.1 蓝光光盘 RAID 阵列	105
7.2.2 虚拟文件系统	108
7.2.3 Nas 方式网络共享	109
7.2.4 数据库管理存储文件信息	110
7.2.5 分层存储及缓存应用	113
7.2.6 光盘离线管理	116
7.2.7 WEB 页面管理	116
7.3 光盘检测	125
7.3.1 检测功能	125
7.3.2 检测软件	126
第八章 研究成果及应用	128
8.1 研究成果	128
8.2 系统部署	128
第九章 项目创新点	130
附录一 寿命估算试验报告书	131
附录二 核心期刊论文发表	152

第六章 电子档案存储解决方案

根据蓝光存储在电子档案长期存储中的应用研究项目的研究目标与内容,开展基于蓝光的电子档案存储解决方案的研究工作,主要内容包括方案设计综述、设计方案等。

6.1 方案设计综述

6.1.1 方案设计原则

基于蓝光存储的电子档案长期存储解决方案设计将遵循以下设计原则。

1. 全局性原则

电子档案长期存储项目是信息化建设的一个重要组成部分,需要站在信息化建设全局的高度,统一规划、统一管理、分步有序的实施。需要相关部门的一致配合,从顶层到底层都需要科学设计,统筹计划,形成现先进、完整、可操作的存储方案。

2. 先进性原则

本项目选用当前国内外最先进的数据存储技术,以及科学可靠的存储思想、体系架构,充分预计到系统未来发展的需要,并吸收国内外潜在新技术的可能性,使本系统在未来相当长一段时间内保持技术上的领先性。同时也考虑了兼容性,满足向下兼容的要求,软件版本易于升级,新功能的追加不应影响其他功能的使用。最为重要的是,通过技术手段、制造工艺保证数据的安全性,在不同的生产环境中,充分考虑系统可导性,存储介质的可靠性。

3. 易用性原则

管理庞大的电子归档数据需要尽可能的提供便捷的使用方式,用户操作界面应具有美观友好、方便适用、快捷简单的特性;展现的功能应该全面;同一功能可以有键盘、鼠标等多种操作方式;操作时不局限在某一特定地点,应具有网络终端的特点,在安全的网络环境内提供便捷的操作方式;应能提供即时帮助功能;数据操作具有智能性,能够自动检查数据的合法性,具备错误提示功能;浏览器版本兼容 IE/Firefox/Chrome 等主流浏览器。

4. 安全性原则

档案信息资源涉及企业秘密，信息安全的重要性不言而喻。电子档案长期存储系统应该具有信息和数据的全方位安全防护措施，包括字段格式和内容规范校验、身份认证、角色授权、日志记录等手段，来控制系统中用户可以使用的功能和可以访问的数据的范围，在权限上做出区分；使用的蓝光光盘应该能够在相对复杂环境下，长时间保证记录的数据的完整性；即使在整个系统出现崩溃的情况下，不能破坏记录到蓝光光盘的数据。

5. 可靠性原则

系统应具有健壮性，有较强的容错能力，应具有过载保护能力，承受负载过重时，必须具备自我保护能力，拒绝无限制的访问请求以防止系统崩溃。

6. 可维护性原则

信息化系统在运行过程中，会出现各种系统故障，为保证系统正常运行，要求系统具有可维护性，在系统出现故障时系统管理员能及时方便地找到产生故障的原因。

7 扩展性原则

扩展性体现在三个方面：

系统平台的扩展性：可移植性、跨平台性，充分考虑今后系统升级扩容的需要；

技术构架的扩展性：选用的技术构架必须具有开放性和平台性，系统设计模块化、构件化，并且能在统一的平台上集成；

需求变化的扩展性：充分考虑应用系统需求多变的特性，易于进行功能扩充，并为其它业务应用软件提供灵活的接口，在用户需求和系统运行环境变化时，最大限度地降低由此引发的系统维护。

6.1.2 方案设计依据

本项目总体设计理论依据主要有一下内容：

1. OAIS 开放档案信息系统模型 (ISO14721:2012)

OAIS 是 Open Archival Information System 的缩写，即开放档案信息系统模型。OASI 是美国国家航空航天局(NASA)下属美国太空数据系统咨询委员会

(CCSDS)与 ISO 联合制定的一项国际标准(ISO: 14721), 旨在对信息的存取和长期保存规定概念和参考框架。这个参考模型提出了数字信息长期保护所涉及的步骤、功能、信息单元和管理要求。

目前, 国际和国内在建设电子文件管理系统、构建电子文件管理流程方面均采用或者参考了成熟的 OAIS 模型。针对数字信息的长期保存和维护的档案系统 OASI 提供一个概念性的框架, 描述了一个档案系统存在的环境、档案系统的功能组织以及支持档案处理的信息基础结构。在 CCSDS 和 ISO 的推动下, OAIS 参考模型成为了数字档案系统普遍遵从的标准规范, 来自图书馆、档案馆、科学数据、文化遗产等领域的相关项目和系统都纷纷以其为准, 进行系统的规划和设计。

OAIS 的目标包括:

(1) 为长期保管数字信息所需理解的存档概念提供框架, 以提高对此的关注度;

(2) 为非存档组织有效参与保存过程提供所需概念;

(3) 提供包括术语和概念在内的框架, 以实现对接有和将来的存档机制和操作进行描述和比较;

(4) 提供描述和比较不同的长期保存策略和技术的框架;

(5) 为比较数字信息的数据模型, 探讨数据模型与基础信息如何随时间变化提供基础;

(6) 为对接有长期保存的非数字形式信息(如实体介质和实体样本)的扩展提供基础等。

OAIS 参考模型同时支持数字化和物理存在的存档信息。它特别对数字化信息给予了较多关注, 这些数字信息或者是作为档案的主体, 或者是作为对数字化资源以及物理存档资源的支持信息存在。在 OAIS 参考模型中, 提供了一个完整的档案信息保存功能, 它包括摄入、档案存储、数据管理、存取和分发。它同时论述了数字信息从一种媒体或格式到另一媒体或格式的移植、信息表示的数据模型、信息保存中软件的作用、档案系统之间数字信息的交换等。它还确立了各个档案功能内部和外部的接口, 以及一系列在这些接口之上的高层服务。

图 6-1 是 OAIS 的业务模型:

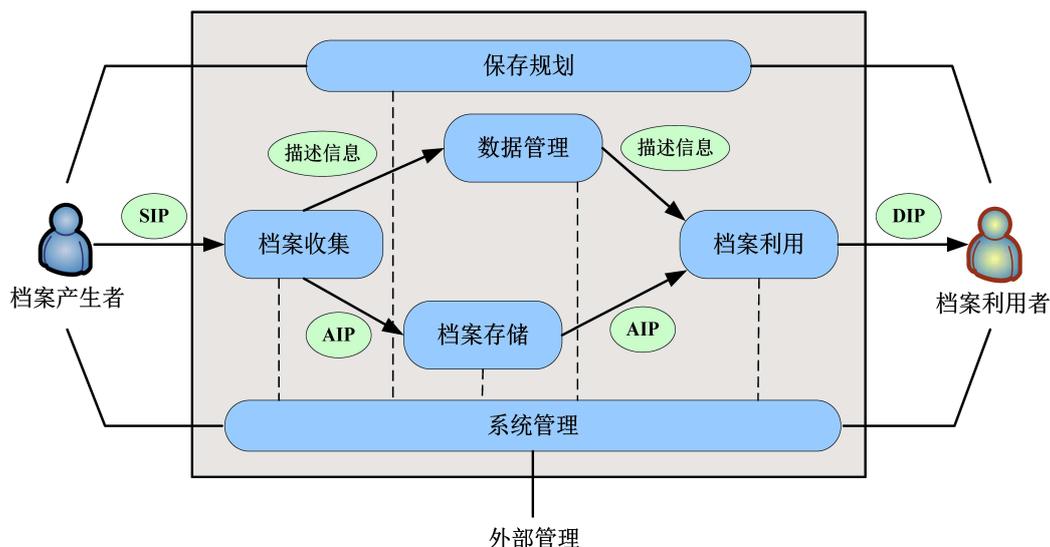


图 6-1 OAIS 业务模型

2. 信息生命周期管理理论

文件生命周期理论是研究文件从最初形成到最终销毁或永久保存的整个运动过程、研究文件属性与管理者主体行为之间关系的一种理论，是对文件—档案运动过程和规律的客观描述和科学抽象。它试图使文件的整个生命运动过程都得到全貌控制，实现文件管理的高效化，因此也是指导文件—档案全过程管理的基本理论。

文件生命周期理论认为：档案由文件转化而来，是文件中的特殊部分：文件和档案是同一事物在不同运动阶段上价值形态变化的体现，即文件管理是档案管理的前期工程、起始工程；档案管理是文件管理的继续和发展。文件管理的质量将直接影响档案管理的成败，管理和处理好现行和半现行文件，是档案馆馆藏的质量保证。

信息生命周期理论是数字信息管理的普适规律，同样也适合电子文件（包括原生电子文件和数字化电子文件）的管理。在电子政务建设不断深入、电子文件大量产生的背景下，文件生命周期理论依然具有重要的理论和实践价值。它可以充当电子文件全过程管理的理论基础，电子文件也需要前端控制。这是因为：一是确保电子文件真实可靠性的需要，二是确保电子文件完整归档的需要，三是确保电子文件安全利用的需要。

3. 档案管理相关标准、规范

在档案管理领域，国家及行业内已经存在相关的标准、规范：

《中华人民共和国档案法》

《企业文件材料归档范围和档案保管期限规定》

《全国档案事业发展“十二五”规划》（“十三五”规划编制中）

《电子档案移交与接收办法》（国家档案局档发[2012]7 号）

《企业档案工作规范》 DA/T 42—2009

《系统描述蓝光光盘（Blu-ray Disc™）可记录格式，第 I 部分，基本格式规格 Ver1.3》

《系统描述蓝光光盘（Blu-ray Disc™）可记录格式，第 I 部分，基本格式规格（BD-XL™） Ver2.1》

《信息技术 信息交换和存储用数字记录媒体 120mm 单层(每盘 25G)和双层(每盘 50G)可记录式 BD 盘》（ISO/IEC 30190—2013）

《信息技术 信息交换和存储用数字记录媒体 120mm 三层(每盘 100G)和四层(每盘 128G)可记录式 BD 盘》（ISO/IEC 30191—2013）

《信息技术 - 数字记录媒体的信息交换和储存—试验方法的光盘进行长期的数据存储寿命评估》（ISO/IEC 16963-2015）

《电子文件归档与档案管理规范》（GB/T18894-2002）

《电子文件归档光盘技术要求和应用规范》（DA/T 38-2008）

《电子文件归档与电子档案管理规范》（CJJ/T117-2007）

《电子文件管理暂行办法》（厅字[2009]39 号）

4. 蓝光存储特性（蓝光光盘库系统）

光盘备份是目前最有效的电子档案长期保存的方法。电子档案的脱机备份、异质备份和异地备份工作中，光盘以其存储适量、不可更改、寿命较长、移动性好、能耗低、文件便于查找、保存成本低廉、数据可监测和寿命趋势可监测等突出特点已经在档案行业电子档案长期保存方面得到一定认同。

但是传统的 CD/DVD 光盘存储解决方案虽然解决了碟片的集中管理，但在存储容量、传输速度、自动化、网络化、安全性等方面无法与磁盘阵列相抗衡，实际应用中没有大规模推广开来。而目前，高安全性的蓝光光盘以及大容量蓝光光盘库的应用可在传输速度、便捷性和安全性等方面充分解决上述问题。

本设计方案之所以采用蓝光存储作为方案的核心,在于蓝光存储自身的特性既能够发挥光盘存储的优势,又弥补了传统 CD/DVD 存储中的短板。

蓝光光盘库是一种以蓝光光盘或光盘匣为存储载体的具有高可靠性的海量近线存储设备,其通过机械手自动精确定位、抓取光盘,从而方便实现数据的上传下载。蓝光光盘库结构如图 6-2 所示。

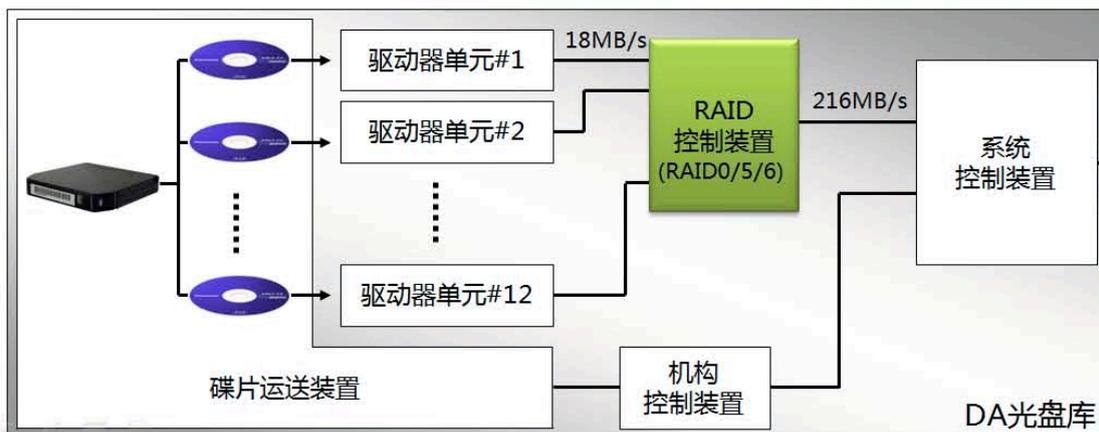


图 6-2 蓝光光盘库结构

蓝光光盘库系统特性主要体现在以下几个方面:

(1) 数据存储大容量

目前蓝光光盘库一般采用 100GB 或 300GB 蓝光光盘,采用光盘匣技术将多张光盘放置在一起以保证单位体积内存容量最大化。目前单台设备最大可达 PB 级。存储介质的近线保存以确保数据响应的及时性。

(2) 数据传输高速度

为提高数据传输速度以及保证数据的安全可靠性,目前光盘库一般采用多蓝光光驱并行工作机制,如 12 光驱并行处理可使数据存储或下载速度提高 12 倍。

(3) 数据库技术

CD/DVD 系统一个比较大的缺陷是没有数据库系统。因此在记录数据时需要人工编目,数据读取时需要人工检索。这种方式与磁盘阵列的基于数据库存储和查询方式相比十分落后。为了满足档案数据的长期存储和及时应用,蓝光光盘库开发了数据库技术,可以在蓝光数据存储和查询的时候像使用磁盘阵列一样方便和快捷。

(4) 数据存储安全性

RAID 技术在磁盘阵列得到普遍应用,实现数据备份功能,保证在硬盘出现

故障的情况下，利用备份信息可以使损坏的数据得以恢复，从而保障了用户数据的安全性。蓝光存储成功借鉴磁盘阵列的 RAID 技术，为保证存储数据的安全性和可靠性，应避免将完整数据仅存入一张光盘，以避免单张光盘损坏数据无法恢复。应将完整数据分散存入多张光盘，同时各光盘之间采用冗余技术，如 RAID0、RAID5、RAID6，这样一张或两张光盘损坏时，仍可保证数据的完好无损，同时多张光盘的并行存储也提高了存储速度。如图 6-3 所示。

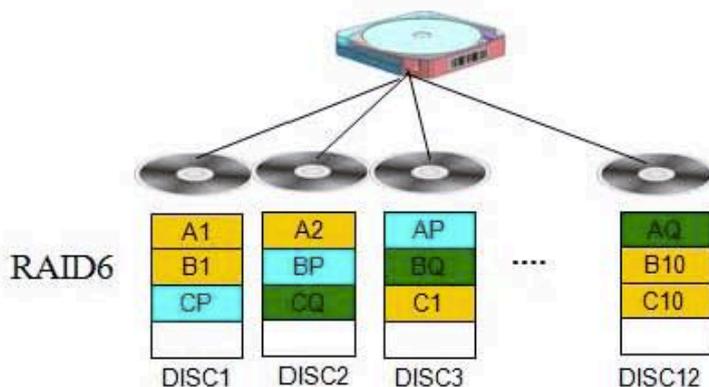


图 6-3 RAID6 原理

6.1.3 方案设计标准

1. 安全性标准

(1) 采用归档级蓝光光盘

蓝光光盘是电子文件(档案)的长期安全保存的有效载体。目前市场上常见的蓝光光盘多是信息记录光盘，信息记录光盘追求的是信号不丢失和可刻录性，光盘寿命不是重点追求指标。光盘的寿命随着光盘质量的不同也存在明显差异。

归档级蓝光光盘以光盘信息长期保存为目标，在追求信号不丢失和可刻录性基础上强调光盘的保存质量和保存寿命，保证光盘信息长期可读。

对于电子文件(档案)的存储应采用一次性只读归档级蓝光光盘 BD-R:

- 两层构造保护层：高硬质图层+弹力层，高硬度、耐磨损
- 无机相位记录膜，存储信息稳定，数据不易篡改，可防病毒侵入
- 多层记录膜，信息存储量大
- 使用寿命至少 50 年，耐高温、高湿

(2) 应用光盘匣技术

将多张蓝光光盘采用非接触方式叠加在一起组成封闭式蓝光光盘匣，光盘匣内置识别芯片（如 RFID 射频芯片），保证每个盘匣仅有唯一的识别码，同时芯片具有一定的存储容量，可记录盘匣的属性信息，例如，盘匣总容量、剩余容量等信息。识别信息可使光盘库的机械手能够迅速、精确的定位到该盘匣。

同时对于光盘匣应采用加锁机制，使得仅能用光盘匣传送装置的机械手才能打开光盘匣取得光盘，以防止人为的误操作打开盘匣以至于灰尘进入或盘片磨损等问题发生。

(3) 应用冗余技术

为保证存储数据的安全性和可靠性，应避免将完整数据仅存入一张光盘，以避免单张光盘损坏数据无法恢复。应将完整数据分散存入多张光盘，同时各光盘之间采用冗余技术，如 RAID0、RAID5、RAID6，这样一张或两张光盘损坏时，仍可保证数据的完好无损，同时多张光盘的并行存储也提高了存储速度。

(4) 应用加密机制

光盘库的数据存储及访问读取应采用数据加密技术，随时随地保证信息安全无泄漏。如 XTS-AES256 数据加密技术。

(5) 用户权限管理

对于光盘库的访问应采取用户权限管理，不同的用户级别权限不同，如可设定普通用户、光盘匣管理员、系统管理员等，以保证光盘库系统的高可靠性及健壮性，如基于 Microsoft Active Directory 的权限管理方式。

(6) 自诊断功能

蓝光光盘库作为一种存储设备，要求其可以长时间、安全、可靠地运行，这样整个蓝光光盘库系统要求其具有自动诊断的功能，以避免由于某模块长时间使用造成状态、参数的变化而操作人员并未发现，或者由于人为地操作不当而造成部分元器件损耗，这些都会都降低其使用寿命甚至存储数据的丢失。

3. 大容量标准

(1) 蓝光光盘大容量

可使用 50GB、100GB 或以上容量的 BD-R 蓝光光盘，以保证单位体积内存储容量的最大化。

(2) 蓝光光盘库尺寸标准化

蓝光光盘库尺寸应该标准化，如：2U，可放置入各类标准机柜内。

(3) 蓝光光盘库的扩展

可以将多个光盘库组合在一起，以组成大容量的光存储阵列。

3. 高速化标准

(1) 多光驱并行工作

为提高数据传输速度以及保证数据的安全可靠性，应采用多蓝光光驱并行工作机制，如 12 光驱并行处理可使数据存储或下载速度提高 12 倍。

(2) 支持多种标准存储接口

光盘库主机与服务器之间应支持 SAS/FC/iSCSI 等标准化接口：

- SAS 接口：Serial Attached SCSI 即串行连接 SCSI，是新一代的 SCSI 技术，与传统的并行 SCSI 接口比较起来，SAS 不仅在接口速度上得到显著提升，目前蓝光光盘库的 SAS 接口传输速度为 6Gbps，而且由于采用了串行线缆，不仅可以实现更长的连接距离，还能够提高抗干扰能力。

- iSCSI 接口：iSCSI 是一种基于 TCP/IP 的协议，用来建立和管理 IP 存储设备、主机和客户机等之间的相互连接，并建立 SAN 网络。SAN 使得 SCSI 协议应用于高速数据传输网络成为可能。蓝光光盘库的 iSCSI 接口传输速度为 10Gbps。

蓝光光盘库系统的 iSCSI 接口工作过程为：当有数据与光盘库进行交互时，光盘库管理软件会将存储数据送至 iSCSI 适配器进行数据的封包并通过 TCP/IP 网络传送至光盘库侧，此时光盘库主控单元会控制光盘库侧 iSCSI 适配器进行解包响应，将解出的存储数据刻录到盘片内。

- FC 接口：即光纤接口，是基于 FC 传输协议的接口方式，同样可通过 FC 交换机建立 SAN 网络存储方式。蓝光光盘库的 FC 接口传输速度为 8Gbps。

(3) 支持多种标准存储方式

- 光盘库主机与服务器之间应支持 DAS/SAN 等存储方式
- 光盘库系统应可以对外提供 NAS 存储方式

4. 管理软件标准

- 蓝光光盘的刻录读写应采用标准协议，如 Windows UDF2.6 协议
- 应对外提供友好的 WEB 服务界面

- 应使用数据库管理电子档案元数据信息
- 应实现数据上传、检索、下载功能
- 应实现光盘或光盘匣在线、近线、离线的三种管理方式
- 应实现蓝光光盘或光盘匣自动备份和恢复功能
- 应对外提供用户二次开发的 API 标准接口

6.1.4 关键性技术

1. B/S 模式

Java B/S 模式是因网络而产生的最适合于网络社会的应用开发模式，具有标准化、高效率、易操作、易实现等优点，可以完成跨空间、实时的信息传输和数据共享。可以实现真正意义上的超远程档案归档和查询，对客户的要求极低，只需要一台 PC 机和一个浏览器，易于使用，客户端无需维护，这些优势都是传统的 C/S 模式所不具备的。

2. J2EE 技术架构

J2EE 是 Java2 平台企业版（Java 2 Platform,Enterprise Edition），是以中间件技术为基石的一整套开发 B/A/S（浏览器/应用服务器/数据库服务器）多层架构的跨平台高性能的技术框架。J2EE 核心是一组技术规范与指南，其中所包含的各类组件、服务架构及技术层次，均有共同的标准及规格，让各种依循 J2EE 架构的不同平台之间，存在良好的兼容性，解决过去使用单位后端使用的信息产品彼此之间无法兼容，使用单位内部或外部难以互通的窘境。

以下是 J2EE 的基本原理图 6-4：

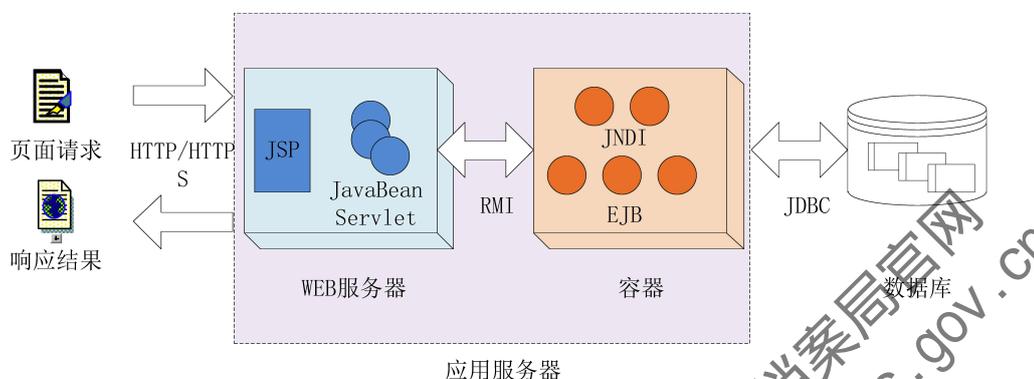


图 6-4J2EE 原理图

操作过程如下：

- (1) 用户通过表示层 JSP 界面向 WEB 服务器发出请求；
- (2) 通过 WEB 服务器控制层的调度，调用对应的 JavaBean；
- (3) JavaBean 再去调用容器中的企业级业务组件，两者之间的通讯采用远程过程调用（RMI——Remote Method Invocation）方式；
- (4) 业务组件从数据库中取得数据，返回给 JavaBean；
- (5) JavaBean 再返回给 JSP 页面，响应用户的请求

3. MVC 开发模式

MVC 简单地说就是 Model（业务模型）、View（界面表示）和 Controller（页面控制），是 SUN 公司（现已被 Oracle 公司收购）倡导的最新 B/S 开发模式，已经在海外大型 B/S 应用系统中得到广泛应用。MVC 开发模式的应用可以大大提高应用软件的产品化程度，缩短软件开发周期，减少后期维护工作量，提高应用软件开发效率和质量。

以下是 MVC 开发模式用 UML 类图和协作图的表示情况：

图 6-5 为类图：

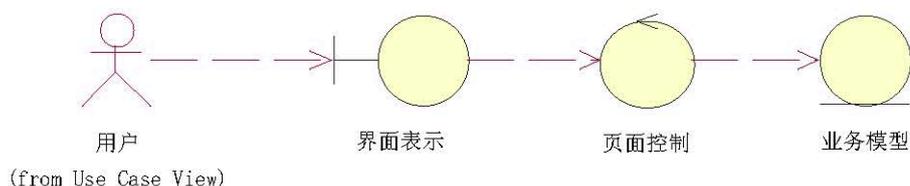


图 6-5 类图

图 6-6 为协作图：

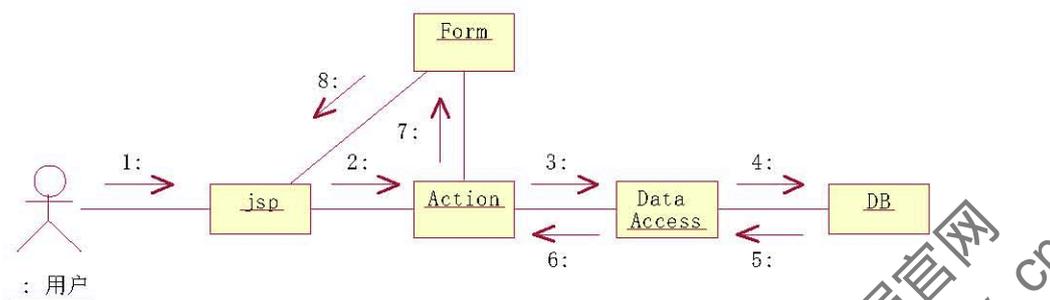


图 6-6 协作图

4. 存储虚拟化技术

存储虚拟化(Storage Virtualization)最通俗的理解就是对存储硬件资源进行抽象化表现。通过将一个(或多个)目标(Target)服务或功能与其它附加的功能集成,统一提供有用的全面功能服务。典型的虚拟化包括如下一些情况:屏蔽系统的复杂性,增加或集成新的功能,仿真、整合或分解现有的服务功能等。虚拟化是作用在一个或者多个实体上的,而这些实体则是用来提供存储资源或/及服务。

本项目利用虚拟化技术,将整个蓝光存储系统虚拟成一个文件系统,向网络中提供服务。整个系统底层对于用户透明,用户上传数据和下载数据的操作都十分简便,也方便管理。图 6-7 是以 NAS 方式接入存储示例。

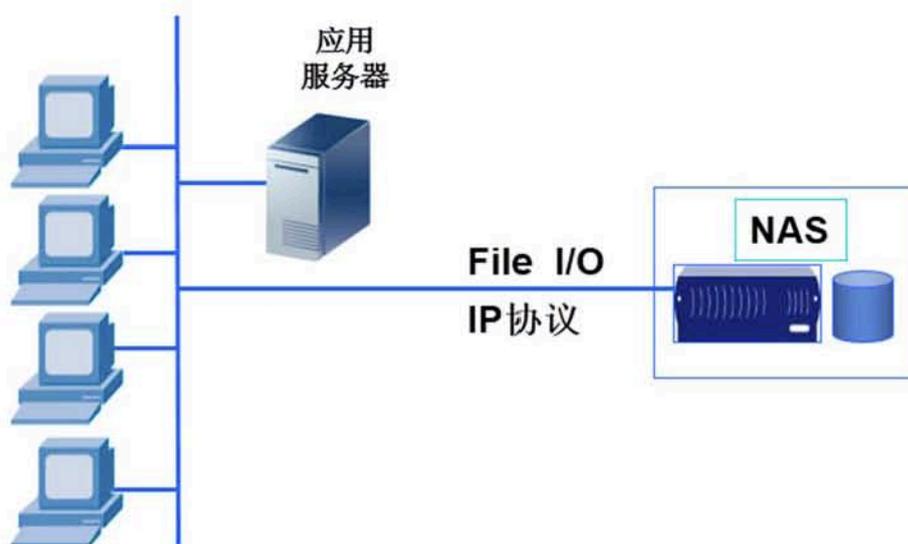


图 6-7 NAS 方式存储示例

将所有底层设备虚拟成一个对外的文件系统,可以通过 CIFS 协议在网络中提供服务,文件的副本化、缓存化操作均自动完成,用户并不直接干预,只需要进行策略设置即可。

5. 数据库技术

数据库技术是信息系统的核心技术。数据库技术是通过研究数据库的结构、存储、设计、管理以及应用的基本理论和实现方法,并利用这些理论来实现对数据库中的数据进行处理、分析和理解的技术。数据库技术研究和管理的对象是数据,所以数据库技术所涉及的具体内容主要包括:通过对数据的统一组织和管理,按照指定的结构建立相应的数据库和数据仓库;利用数据库管理系统和数据挖掘系统设计出能够实现对数据库中的数据进行添加、修改、删除、处理、分

析、理解、报表和打印等多种功能的数据管理和数据挖掘应用系统；并利用应用管理系统最终实现对数据的处理、分析和理解。

根据 OAIS 模型中提到的数据存储方式,本项目使用数据库保存元数据信息,目的是能够快速准确的查询文件状态信息,包括文件名、大小、创建/修改时间、履历信息等。为了保证数据库信息的安全性,蓝光光盘库系统会将每个盘匣的数据库信息刻录到光盘中,在发生数据库完全崩溃的情况时可以反向生成数据库信息,恢复系统功能。

6.2 设计方案

根据上述设计依据,具体结合了蓝光光盘库系统的特性,针对应用于电子档案长期存储领域,我们提出了本方案。

6.2.1 系统架构设计

电子档案长期存储方案架构共 5 部分组成,即门户系统、业务系统、业务应用系统、内容及服务层组成。如 6-8 图所示,每部分均可以由 1 台或多台服务器提供对应服务,做到消除应用、服务层面的单点故障隐患,提供了高可扩展性的系统结构。下就不同该部分进行详细描述。

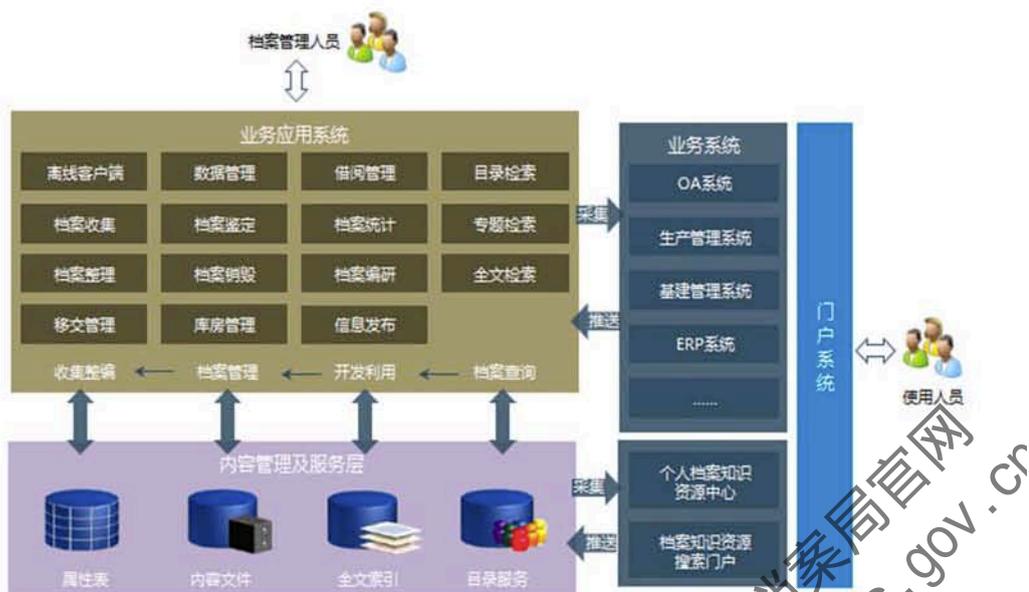


图 6-8 档案系统架构

1. 门户系统

门户系统是电子档案长期存储方案架构中的最上层，使用人员可以通过 web 服务访问业务系统提供的各项功能。图中示意的门户系统用于电子档案产生方整理操作待归档数据，对于整个系统来说处于最外层。通过 B/S 的架构方式，方便使用人员上传或调取电子档案数据。

2.业务系统

业务系统是产生归档数据的系统，其中包含了各种子系统，比如 OA 系统，生产管理系统，基建管理系统，ERP 系统等等，可以根据不同的应用场景增加或减少功能模块。业务系统中产生的数据会通过网络传推送业务应用系统中进行处理，根据使用要求业务系统亦可从业务应用系统中采集所需数据。

3.业务应用系统

业务应用系统是档案管理主要部分，担负所有档案管理功能，包括离线客户端、数据管理、借阅管理、目录检索、档案收集、档案鉴定、档案统计、专题检索、档案整理、档案销毁、档案编研、全文检索、移交管理、库房管理、信息发布等功能；

业务应用系统提供 web 服务供内部的档案管理人员使用，此处的 web 服务有别于门户系统，可以理解为内外的分别，业务系统中的 web 服务只针对于档案的管理人员使用，门户系统总的 web 服务可供所有有业务需求的人员使用。

4.内容管理及服务层

该层主要负责处理实际的电子档案数据，业务应用系统提供接口，通过业务应用系统进行控制。本层中采用的存储方式为光磁融合方式，实现了数据的高速查询和长期安全存储。根据数据的利用频率动态的将利用率较高的数据缓存在磁盘阵列上，将利用率较低的数据放在蓝光光盘库中。使用数据库对元数据进行管理，实现全文索引以及目录服务等功能。

如图 6-9 是一个环境部署的示例。

档案采集通过业务应用系统以及业务系统完成，形成的电子档案数据通过网络传输给电子档案管理服务器。数据经过元数据服务器的处理之后，暂时保存在磁盘阵列上，并根据 3-2-1 安全存储策略生成这笔数据的三个备份，其中保存在磁盘阵列中一份，保存在蓝光光盘中二份，并将其中一份蓝光光盘数据在异地进行保管。从而实现高效、安全的电子档案保存机制。

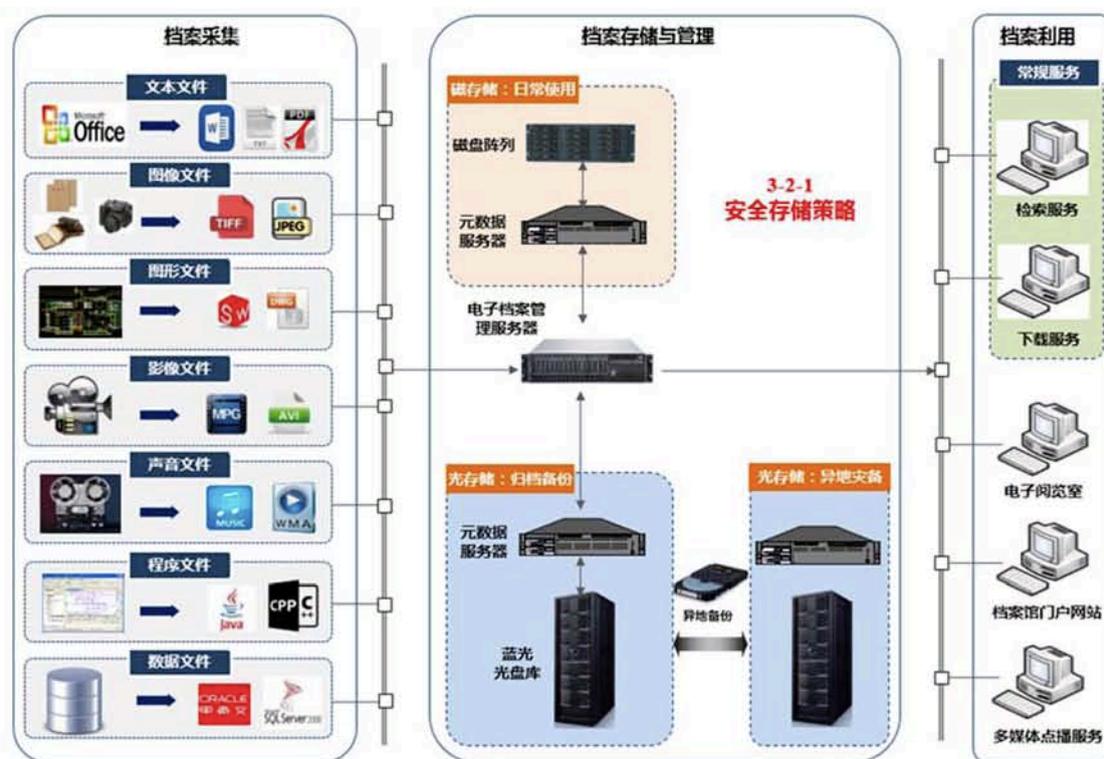


图 6-9 环境部署示例

6.2.2 数据长期安全存储 3-2-1 策略

出于数据安全的考虑，对于要长期存储的电子档案，在保存时可以采用基于“3-2-1”策略制定的存储方式。该方式由 Gartner Group 的存储资深副总裁 Carolyn DiCenzo 提出，“3-2-1”的数据存储策略简单的可以理解为至少要有 3 份拷贝，被存储在 2 种不同的物理介质上，其中 1 份必须是可移动的、离线的永久拷贝。

(1) 3 份备份

除了原有的副本，系统应该始终让归档数据有两个额外的备份副本，无论是存储在服务器，网络附加存储，硬盘驱动器，在云中或其他地方。这将确保不会因为发生一次单一的事件而毁掉所有数据的情况。

(2) 2 种格式

系统应该将数据的副本以至少两种不同的介质或存储类型保存。这可能包括一个内部驱动器，以及外部介质，如磁存储和光存储。理想情况下，本地备份的其中之一应该采用映像技术，其能够备份整个操作系统。从本质上讲，映像备份可让您将整个系统恢复到一个特定的时间点。每种媒介都有不同的故障模式，而

这就保证了不会有一样的故障模式。

(3) 1 份异地备份

将至少一份备份存储在异地是保证数据免于受到类似火灾, 水灾或盗窃等物理灾难损害的必要措施。

如图 6-10 是 3-2-1 存储模型:

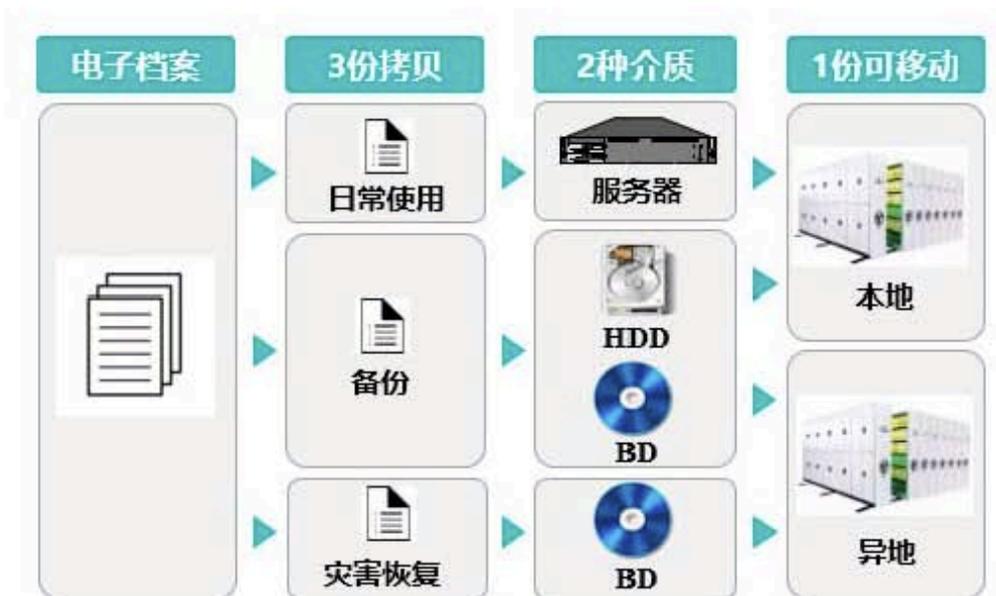


图 6-10 3-2-1 存储模型

6.2.3 VTL+光盘库

VTL 是指将磁盘虚拟成物理磁带库, 使备份服务器把磁盘作为物理磁带库对待, 从而实现在备份作业中用磁盘代替磁带来存储数据的目的。而传统的硬盘/磁盘阵列、磁带等磁介质存储因其使用寿命短、环境要求高、难以抵抗恶意攻击和人为篡改数据等缺点导致其越来越无法满足海量数据存储的需求。在此背景下 VTL+光盘库的解决方案应运而生。

该方案主要是以蓝光光盘作为存储介质, 替代用户现有的虚拟带库或磁带库备份系统, 从而将重要的数据进行长期安全保存。这个解决方案可实施于客户异地灾备中心核心、基础备份与归档数据的存储系统。可广泛适用于数据中心、金融系统、媒资系统、医疗系统、安防监控等各个领域, 为用户提供基于大数据安全、长周期、绿色环保的存储解决方案。光存储虚拟磁带库支持数据压缩、减少存储所需空间, 提高传输、存储及处理效率, 支持市面上所有主流备份软件。

VTL 由三部分组件构成：计算机硬件，通常为 Intel 处理器(基于 Linux 操作系统且由该系统供电)，或者相近的变体；应用软件(用于虚拟带库和光盘库)；和一组基于 RAID 技术的光盘库(可避免丢失任何数据)。

该方案具有以下优点：

1. 设备可用性增强

VTL 利用内部程序虚拟“机械手”和“光驱”，来代替物理光盘库中的机械装置，从而降低设备的故障率。其采用的基于 RAID 保护技术，很好地提高了硬件和备份的可靠性。电源、风扇、数据通路均采用冗余设计，最大限度地避免对操作的影响。

2. 备份恢复速度大幅提升

相对磁带，以光盘库为备份介质，十二组光驱并行，大大提高读写速度。同时，虚拟进程的“机械手”和“光驱”对光盘的抓取、加载及机械定位文件等模拟机械动作能够在极短时间内完成，将所有机械动作节省的时间用作备份，进一步降低了数据备份、恢复所需时间。

3. 整体维护成本下降

磁带库对环境的要求高。迁移频率高，造成了维护成本的大幅增加，而 VTL+光盘库方案，可在常规环境下放置，介质寿命长达至少 50 年，减少了数据迁移的频率，使整体的维护成本下降。

4. 设备安装与集成简单

VTL 采用堆叠式机架结构及预调试安装，备份系统可以根据用户需求随意组装。安装方面更加简便，能够快速集成到用户的 SAN 架构中或者直接连接到备份服务器上。客户需要扩容时，只增加光盘库扩展单元即可，能简单、快速实现容量扩容。

随着大数据的到来，业务数据对备份的时效性、可靠性与易用性要求越来越高，一方面 VTL 通过软件功能来应对苛刻要求，而另一方面在 VTL+光盘库硬件架构上也有了进一步的突破。

6.2.4 光磁融合存储方式

根据电子档案的应用情况，一般可以分为三种数据：热数据、温数据和冷数

据。热数据是读取非常频繁的数据，温数据次之，冷数据是很少使用但是需要长期归档保存的数据。电子档案的热、温、冷数据并不是一成不变的，会根据不同应用需求而发生改变，而电子档案长期存储的策略也需要因策而发生调整。为了最大限度的满足使用需求，充分发挥不同存储介质的特性，光存储和磁存储的融合成为一种有效的解决方法。

在电子档案的生命周期内会以热、温、冷三种形态存在并会在这三种状态之间相互转化。目前的存储手段中磁盘阵列数据存取速度快、应用灵活但成本高、安全性差，蓝光存储安全性好、成本低。但是通过光磁融合技术可以将两者结合起来，使蓝光存储与磁盘阵列实现平滑对接。

目前市场上使用磁盘阵列构建光磁融合存储模式已经成为主流，根据数据生命管理周期，将访问频率较高的热数据和温数据采用磁盘阵列在线存储方式，提高用户的在线访问速度；对于珍贵的档案数据以及访问频率不高或几乎不访问但需要长期保存的冷数据，采用蓝光光盘库近线、离线存储方式，为档案数据管理节省成本的同时，确保数据长期安全可靠保存。

根据 IDC（国际数据公司）的调查结果表明，目前全球数据量中，热数据占 5%，温数据占 15%，冷数据占 80%，如图 6-11 所示。针对热数据，需要把系统的性能调整到最佳，降低系统的延迟同时确保它能够被所有提出访问请求的用户快速访问到；而对温数据对系统的延迟要求不那么高，但也需要一旦被用户请求，能够快速返回数据；然而，对占比 80%的冷数据，意味着数据状态并不活跃，而且随着时间的推移，这些数据的量越来越大，这部分数据对于数据处理的实时性并没有那么高的要求，低成本的存储、低功耗和数据安全存储反而是其最为看重的特点。

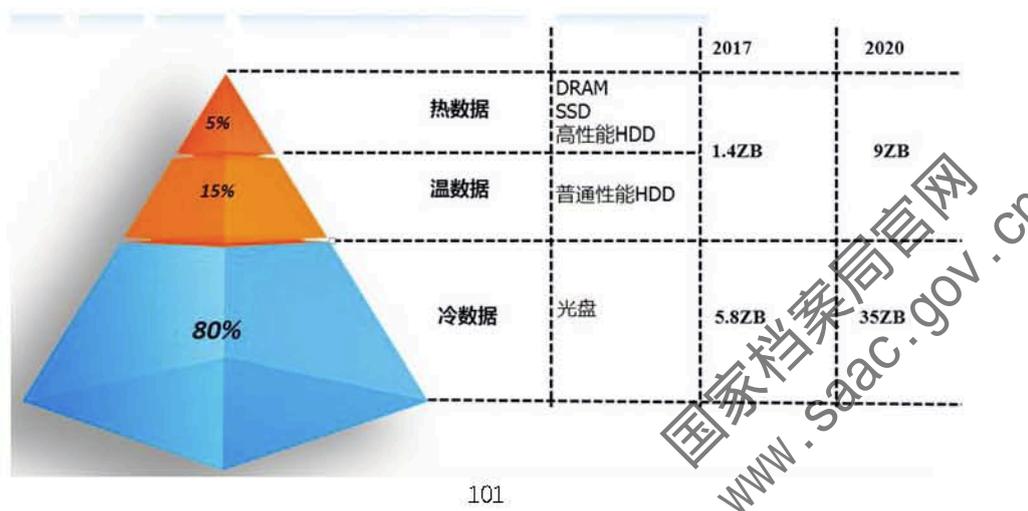


图 6-11 数据分布

为了满足档案数据的长期存储和即时应用，蓝光存储系统的数据库系统与市场主流的磁盘阵列构建光磁融合存储模式，根据数据生命管理周期，对于访问频率较高的热数据和温数据采用磁盘阵列在线存储方式，满足用户的在线访问；对于珍贵的档案数据以及访问频率不高或几乎不访问但需要长期保存的冷数据，采用蓝光光盘库近线、离线存储方式，为档案数据管理节省成本的同时，确保数据长期安全可靠保存。

如图 6-12 所示。

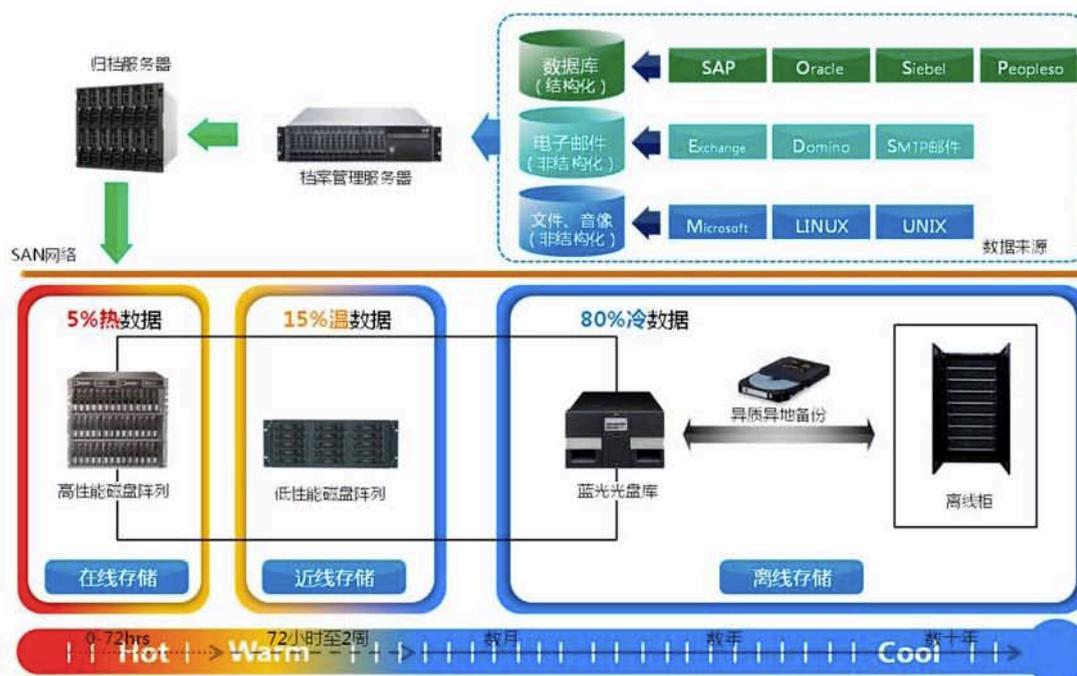


图 6-12 数据存储比例及分布

国家档案局官网
WWW.SAAC.GOV.CN

第七章 蓝光存储系统设计

根据蓝光存储在电子档案长期存储中的应用研究项目的研究目标与内容,开展蓝光存储功能设计的研究工作,主要内容包括功能设计综述、具体功能、光盘检测等。

7.1 系统设计综述

蓝光存储系统,以12张光盘组成的光盘匣为最小存储物理单位,依靠光盘库进行调度加载、刻录读取等动作,经数据线连接至管理服务器进行动作调度、文件管理及对外上传下载等功能。

1.硬件功能实现:如图7-1所示。

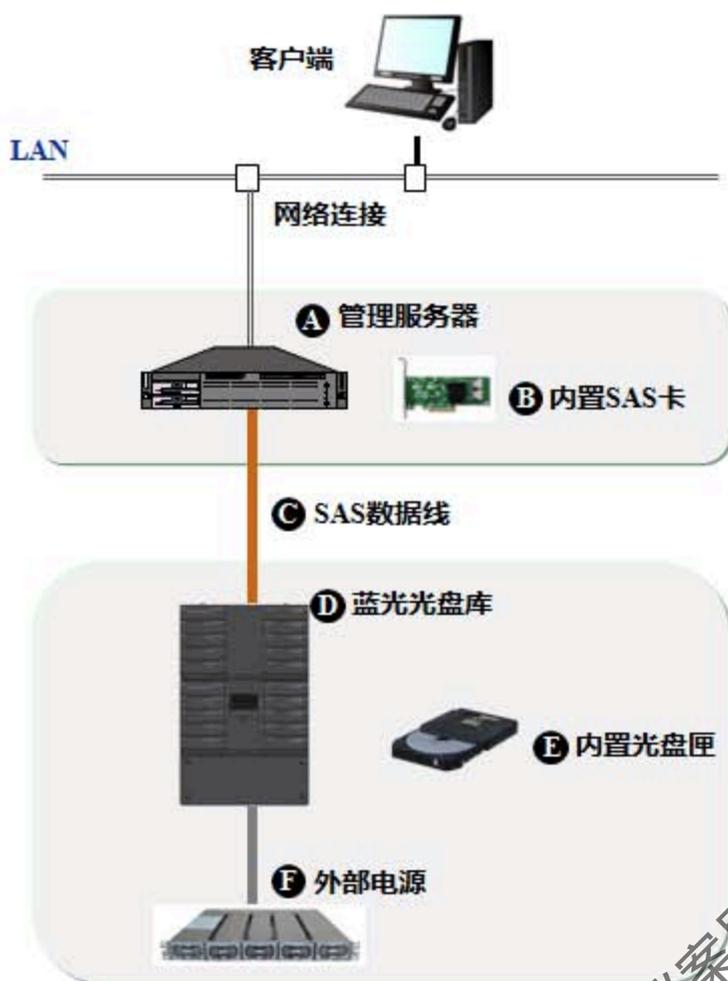


图 7-1 硬件结构图

A. 管理服务器,通过数据线连接光盘库对其进行控制,并进行数据传输。同时

通过网络向外提供蓝光存储的数据上传或下载。

- B. 内置 SAS 卡，与蓝光光盘库进行数据传输。
- C. SAS 数据线，连接服务器与光盘库的数据线，数据传输的通道。
- D. 蓝光光盘库，存放光盘匣，受服务器控制自动调取各盘匣加载，并与服务器进行数据传输。
- E. 光盘匣，蓝光光盘的 RAID 组合，数据存储的最终实体介质。
- F. 外部电源，为光盘库提供稳定的多路电源。

2.软件功能实现：如图 7-2 所示。

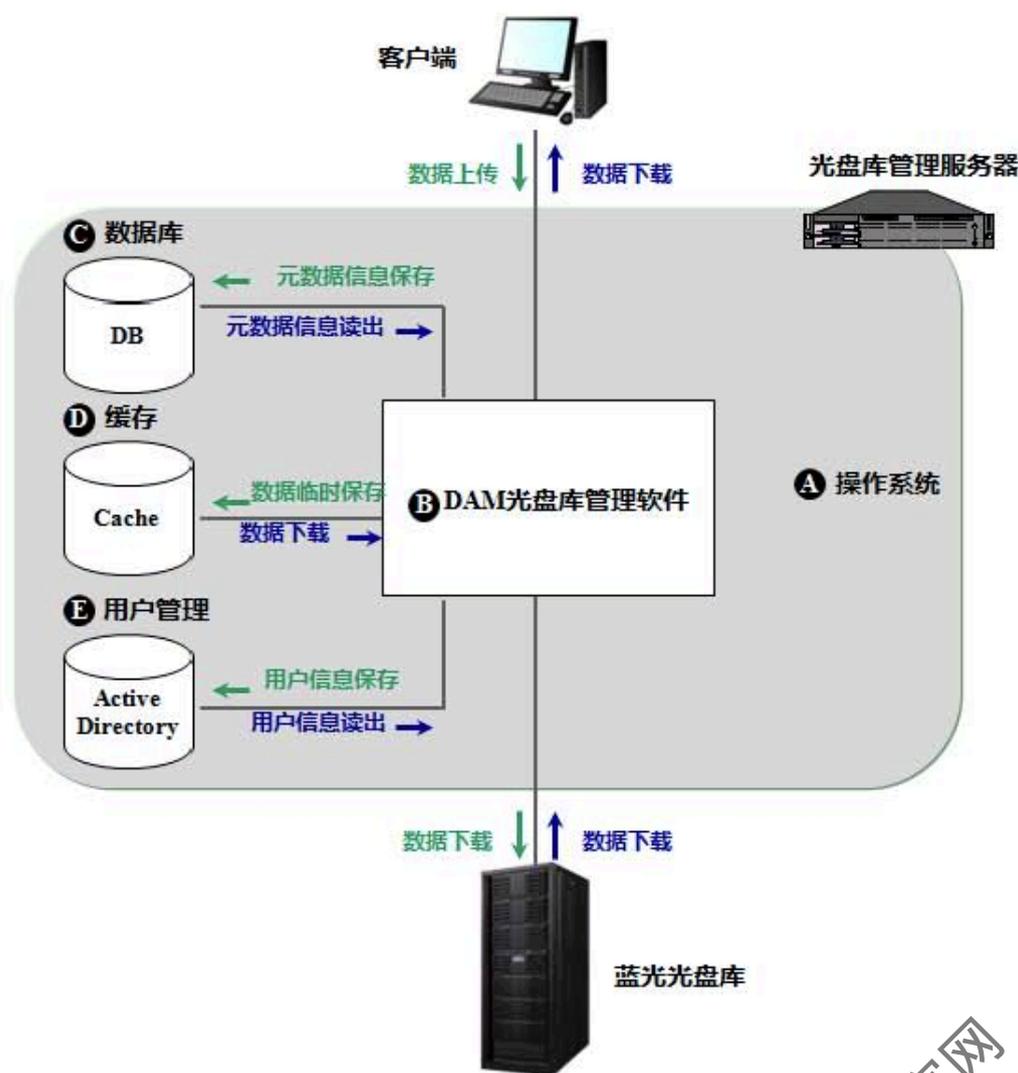


图 7-2 软件系统结构

- A. 操作系统，服务器运行的操作系统
- B. DAM 光盘库管理软件，蓝光存储系统的管理软件。负责管理调度光盘库的动作；与数据库连接记录或读取存储系统的信息；管理并使用缓存；管理用

户使用权限。

- C. 数据库，与管理软件连接，记录存储系统存储的文件信息及系统本身的各参数信息。
- D. 缓存，临时存放缓存文件，被管理软件使用。
- E. 用户管理，管理分配整个软件的用户使用权限。

7.2 具体功能

7.2.1 蓝光光盘 RAID 阵列

为弥补单张光盘的读写速度不足，提高容错能力，使用 RAID 阵列的形式来进行数据存储。

蓝光存储系统将多张光盘以 RAID 方式组合成一个集合，本系统中采用光盘匣的方式。以光盘匣为最小使用单位，保证了每一个最小使用单位本身还有冗余容错功能，使得档案数据的存储更加可靠。

RAID(Redundant Arrays of Independent Disks)，意为“独立盘片构成的具有冗余能力的阵列”。由多个存储单元组成一个阵列。将数据切割成许多区段，分别存放在各个存储单元上，利用加成效果提升整个阵列组的效能，并且在阵列任意一个存储单元故障时，通过数据重构，仍能读出有效数据。

我们使用蓝光光盘匣作为存储单元，以 12 张光盘组成一个阵列，数据存储时将数据切割成段，分别存放在每一张光盘上，并且根据 RAID 级别的不同，有相应的冗余数据以提高容错性。光盘匣结构如图 7-3 所示。

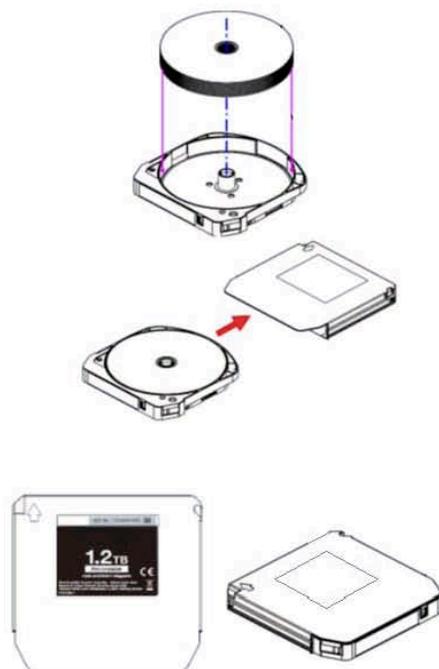


图 7-3 光盘匣结构图

在读写速度上，12 张蓝光光盘可以同时加载到光驱组里进行读写操作，相当于数据被切片后多通道并行处理，大大提高了读写速度，使整个存储系统不需要等待末端存储的缓慢相应，从而提高整个存储系统的效能。图 7-4 为读写时盘片分布图

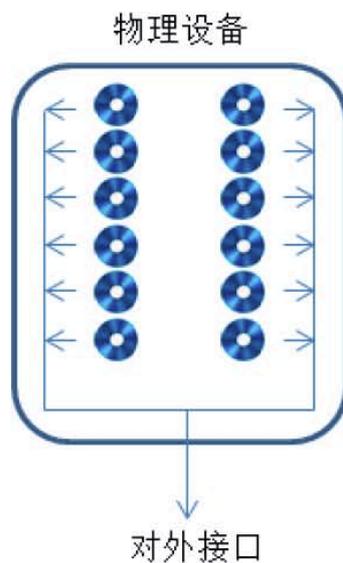


图 7-4 读写时盘片分布

系统中我们提供三种可选用的 RAID 类型为，分别为 RAID0、RAID5 和 RAID6，档案管理员可以根据需求，在成本、容量空间、速度与可靠性等方面进

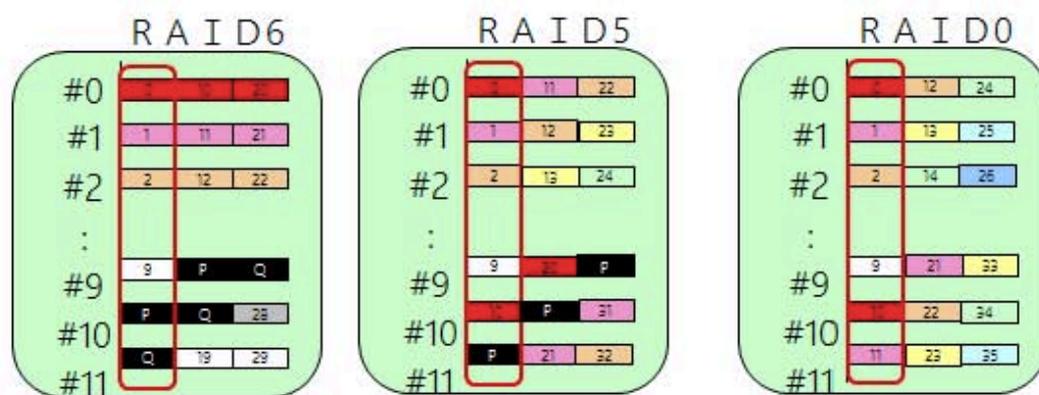
行合理配置，根据存储内容的不同，选用适当的 RAID 类型。

RAID0，成本较低，在提高了性能的同时没有冗余数据，所以存储容量几乎不会损失。但相应的容错性也较低，12 张盘的容量可以完全被使用，但如果有光盘损坏的话情况，光盘上的数据就会受到损坏，无法保证完整性。

RAID5，性能和成本比较均衡的一种类型，读出效率很高，写入效率一般。是分布式奇偶校验的独立碟片结构，12 张光盘的应用场景中相当于有 11 张的容量被完全使用，相应的就会有相当于一张光盘的数据冗余，如果出现有一张光盘损坏的情况，仍然可以完整的使用所有数据。

RAID6，带有两种分布存储的奇偶校验码的独立碟片结构，主要用于数据安全性较高的场景。写入效率一般，是对 RAID5 的扩展，由于引入了第二种奇偶校验值，所以 12 张光盘的应用场景中相当于 10 张光盘的容量被完全使用，相应的有相当于两张光盘的数据冗余，如果有一张或者两张光盘同时出现损坏，仍然可以完整读出数据，数据的安全性也因此好于 RAID5 的方案。

RAID6+镜像，对于数据安全性要求更高的场景，采用 RAID6 光盘阵列，再对光盘阵列做镜像，这样相当于两个 RAID6 光盘组互做镜像。这样可以保证数据在 RAID6 的高可靠性基础上，更加大幅的提升可靠性。如图 7-5 为各级别 RAID 原理图。



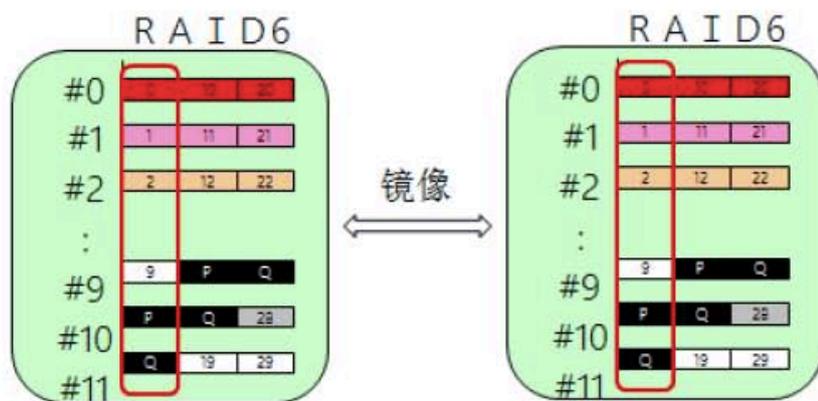


图 7-5 RAID 原理图

7.2.2 虚拟文件系统

在档案与物理存储介质（蓝光光盘）之间，需要有良好的使用交互，以实现档案到物理存储介质之间的写入和读出。一般档案在进行数字化之后，都会以数字文件的形式保存，物理存储介质上最终需要保存的也就是这些数字档案文件，需要解决的就是数字文件到物理存储介质之间的接口问题。

虚拟文件系统，可以将物理介质整合，封装了底层系统的不一致性，向外提供统一通用的数据接口，使得蓝光光盘在经过虚拟文件系统的处理整合之后，对外提供通用的文件系统接口，呈现出系统可用的格式状态。如图 7-6 为虚拟文件系统在连接中的位置。



图 7-6 虚拟文件系统

在使用中，蓝光光盘通过物理设备，挂载到虚拟文件系统。虚拟文件系统对其进行分配管理，将其虚拟化为系统可用的存储格式，并对外发布。系统的 I/O 接口就可以据此进行操作，与其通信建立连接，并进行数据的传输获取，虚拟文件系统在中间层进行格式转发，保证系统所用格式的文件可以顺利与蓝光光盘所在的物理设备交互，进行对光盘的读写，以实现档案文件到物理光盘的读写操作。

我们使用 Dokan 文件系统驱动来实现虚拟磁盘，将蓝光设备整体映射为虚拟磁盘，挂载到系统上。然后为磁盘分配卷，在系统中映射反应为文件夹，并将光盘组挂载绑定到根目录文件夹上，以此来实现物理存储与虚拟文件夹之间的关联，完成数据读写流程在最终存储端的工作。过程如图 7-7 所示。

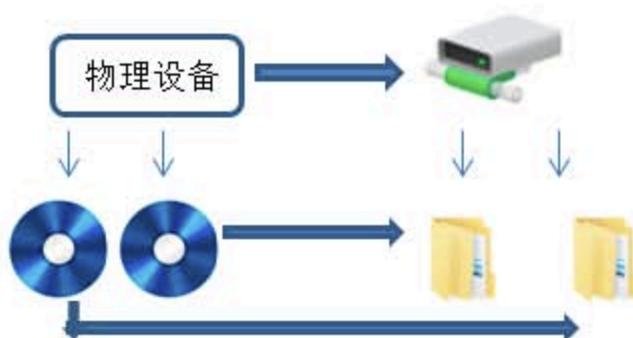


图 7-7 虚拟文件系统工作过程

7.2.3 Nas 方式网络共享

蓝光存储系统对外提供 NAS 的网络共享方式，通过虚拟文件系统将光盘库映射到虚拟磁盘之后，以部署在服务器上的存储管理软件 DAM () 作为 NAS HEAD，支持 HTTP、CIFS 等协议，通过网络共享磁盘的方式，将映射出的虚拟磁盘用作 NAS 存储设备对外开放。NAS 连接方式如图 7-8

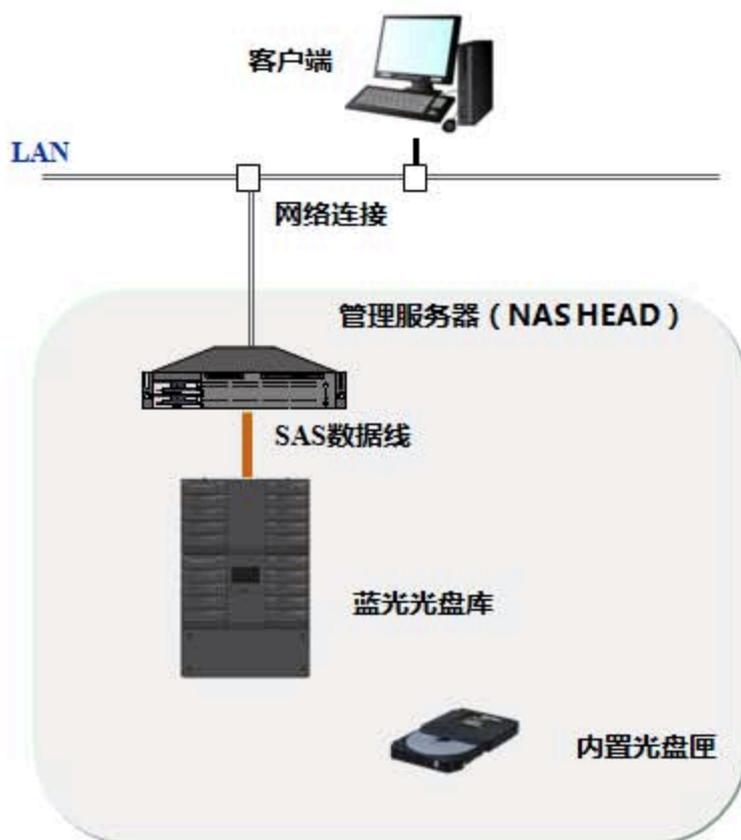


图 7-8NAS 连接

使用 NAS 方式，蓝光存储的对外共享方式通用友好。即使是最简单的方式直接将管理服务器接入网络，也可以通过直接访问共享文件夹的方式，进行档案文件的上传和下载读取。在大型系统中，也可以较为方便的进行对接，作为系统中的数据落地部分，将档案文件保存到蓝光存储系统。

7.2.4 数据库管理存储文件信息

对于存储到物理光盘上的档案文件，如果只按照普通文件系统的方式管理，由于光盘本身的读写特性并没有在高速响应上有优势，所以在检索调取及其他条目索引类的使用时，只能按照文件系统的遍历方式进行，会造成效率的低下。并且无意义的重复遍历扫描，会带来额外的系统负担，对设备也会有更多占用损耗，使得整个系统的效率降低，档案文件的读写流程也会因为物理存储落地环节的低效而出现瓶颈，造成其他环节的等待或阻塞，拖累整个流程。

而数据库被广泛应用于各种用户大数据的高效管理，可以将各类数据分类保存、相互关联，并实现快速随时增删修改等操作。是理想的大量动态数据管理手段。

应用到档案管理系统，各类数据库都有完整友善的管理接口，可以方便的与各类管理系统对接，并提供丰富的操作功能。因此我们可以方便的将数据库接入到管理系统中，将档案文件的各种条目属性等信息分类保存到数据库表中。

我们以 SQL Server2012 为例，SQL Server 是 Microsoft 公司推出的关系型数据库管理系统。具有使用方便可伸缩性好与相关软件集成程度高等优点。使用集成的商业智能 (BI)工具提供了企业级的数据管理。Microsoft SQL Server 数据库引擎为关系型数据和结构化数据提供了更安全可靠存储功能，使用户可以构建和管理用于业务的高可用和高性能的数据应用程序。

通过主键定义，来保证数据库表中的每一条数据都是唯一的，。

通过规则、限制、约束实现数据库的完整可用性。

通过对数据的类型进行属性约束，保证字段合法有效。

通过主键、外键实现不同数据表的链接关联，实现数据库整体的高可用性。

在服务器硬盘上，单独为数据库实例开辟空间。

下面列举部分的功能列表的逻辑设计结构。

表 7-1 档案文件管理列表

主键	字段名	数据类型	是否为空	描述
主键	id	bigint	N	档案编号
	name	nvarchar	N	档案名称
	size	bigint	N	档案文件尺寸
	attrs	int	N	属性编号
	is_deleted	bit	N	是否删除
	directory_id	bigint	N	路径 id
	magazine_id	bigint	N	盘组 id
	c_datetime	datetime	N	原文件创建时间
	u_datetime	datetime	N	原文件最后更新时间
	a_datetime	datetime	N	原文件最后访问时间
	r_count	int	N	读取次数
	w_count	int	N	写入次数
	lock_version	int	N	锁定状态

	created_at	datetime	N	系统创建时间
	update_at	datetime	N	系统最后更新时间

表 7-2 缓存配置列表

主键	字段名	数据类型	是否为空	描述
主键	id	bigint	N	配置编号
	management_pc_id	bigint	N	对应主机编号
	directory	nvarchar	N	缓存路径
	cache_size	int	N	缓存容量
	lifetime	int	N	读缓存保存时间
	delete_min_size	int	N	最小删除单位
	notify_size	int	N	剩余报警容量
	disable_cache_full_mail	bit	N	邮件警告状态
	lock_version	int	N	锁定状态
	created_at	datetime	N	创建时间
	update_at	datetime	N	更新时间

表 7-3 设备及信息列表

主键	字段名	数据类型	是否为空	描述
主键	id	bigint	N	设备编号
	no	int	N	设备序号
	name	nvarchar	N	设备名
	changer_num	int	N	机械手数量
	drive_num	int	N	光驱组数量
	slot_num	int	N	槽位数量
	status	int	N	状态
	internal_status	int	N	中断状态
	management_pc_id	bigint	N	主机编号

	lock_versio	int	N	锁定状态
	created_at	datetime	N	系统创建时间
	update_at	datetime	N	系统最后更新时间

表 7-4 档案路径列表

主键	字段名	数据类型	是否为空	描述
主键	id	bigint	N	路径编号
	attrs	int	N	属性
	name	nvarchar	N	路径名
	is_deleted	bit	N	是否删除
	is_trash	bit	N	是否为废弃路径
	is_cached	bit	N	是否已缓存
	parent_directory_id	bigint	N	继承路径编号
	magazine_pool_id	bigint	N	文件卷编号
	c_datetime	datetime	N	原路径创建时间
	u_datetime	datetime	N	原路径最后更新时间
	lock_version	int	N	锁定状态
	created_at	datetime	N	系统创建时间
	update_at	datetime	N	系统最后更新时间

数据库备份与恢复

数据库目前最主要的的安全保护措施之一，是对重要数据进行备份保存。

蓝光存储系统对数据库进行定期备份，利用 SQL Server 2012 的自动备份功能，每周一至周六进行增量备份；周日进行全量备份，备份文件格式 bak_yyyymm，每个月最后一天进行完整备份。

当数据库遇到问题被破坏需要修复，利用最新的备份文件进行恢复。

7.2.5 分层存储及缓存应用

目前的海量数据存储，常常面临不同数据使用频率不一，冷热数据分配不均的情况。在系统设计时为成本和效率的平衡带来了极大的麻烦。因此我们采用分层存储的方式来优化系统，其中蓝光光盘库是被用作冷数据存储。在此基础上，

蓝光存储系统中又根据响应时间及调度成本，将物理存放位置分为在线、近线、离线。如图 7-9。

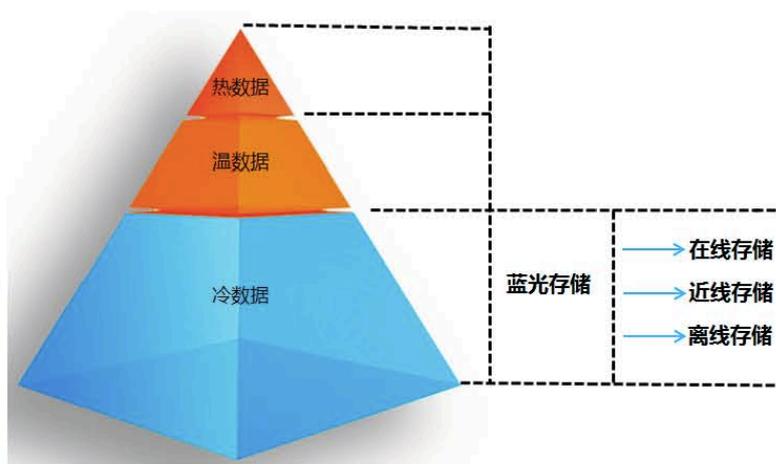


图 7-9 数据分布

在线的位置，响应速度的要求最快，所以我们把当前加载到光驱里的盘匣状态认为是在线，而因为光驱组每次只能加载一个盘匣，能够被在线高速读取的只有一个盘匣内的文件，可用性比较差，所以在系统内扩充了在线的定义，加入了磁盘缓存区，将缓存在其中的文件也视为在线状态，可以马上被调取而无需等待设备调取光盘匣。

近线位置，则需要一段响应时间，才能读取到数据。存放在光盘库中，但未加载到光驱组中的盘匣属于此种状态。如果所需的档案文件位于这些盘匣中，光盘库会先通过机械手将盘匣移动加载到光驱组中，然后从光驱中读取，这中间的延迟时间可能会有几十秒。

离线位置，意味数据被判断为使用的可能性很低或频率非常低，可以接受较长时间的响应调取时间。我们可以将存有这种数据的盘匣从光盘库取出，单独保存。这样可以适当的降低数据保存的成本，并且整个系统的能效也并没有受到明显的影响。

其中提到的磁盘缓存区，是用于蓝光存储系统的读写，在系统中预留的一部分容量空间。

可以是服务器的硬盘，也可以是外挂盘阵。因为磁盘的高速读写特性，在系统中使用磁盘存储区，可以大大提高系统对部分文件的读写性能。

当蓝光存储系统有档案文件写入时，会先将档案文件写入到缓存区，这样下

一次文件的上传不需要等待蓝光系统完全将刻录完成。系统可以将档案文件先高速地批量传输到磁盘上，然后在空闲时间将数据真正刻录到蓝光光盘上，这种缓存机制使得文件的上传速度几乎与高速磁盘存储系统一致，解决了整个系统因为最后一步物理存储刻盘造成的整个流程堵塞。

并且，缓存区还起到了文件刻盘前的额外备份功能，当刻盘步骤因意外终止（如断电等），缓存区的已上传文件不会受到影响，无需担心刻录失败导致的文件丢失。也无需重复多次上传，只需从缓存区再次进行光盘刻录即可。对存储系统的数据安全及刻录容错机制起到了重要的作用。

当外部请求需要读取档案文件时，系统也会将档案文件同时放到缓存区，作为高速的在线状态。这样，当近期有同样的请求时，存储系统就可以直接从磁盘缓存区里快速读取文件，无需多次加载，保证了使用频率高的文件有机会长期保持高速在线状态，提高蓝光存储系统的整体缓存命中率，优化了存储系统的读取能效。也避免了系统在多个盘匣之间反复加载，使得整个盘匣加载的调度流程更加优化合理。缓存应用方式如图 7-10 所示。

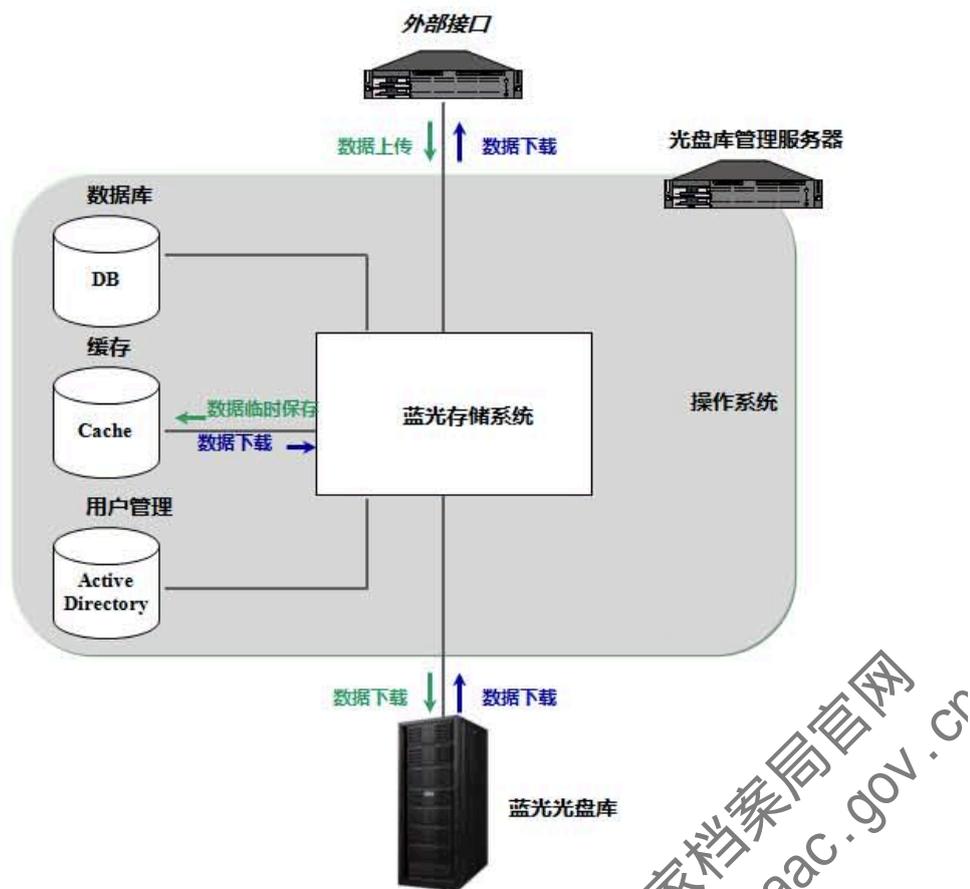


图 7-10 缓存应用方式

磁盘缓存区的存在,使得蓝光存储系统在已经被分层的冷存储系统中,还可以根据光盘库自身的特性,区分出在线、近线、离线三种读取速度不同的应用场景。进一步优化了整个系统的最后物理存储部分。

7.2.6 光盘离线管理

随着信息化飞速发展,各企事业单位数据量急速增长,这样不仅需要越来越大的存储空间,更增大了数据存储管理的难度和复杂度,不同的数据有着不同的访问频率,据统计,多数企业只有 20%的数据会被经常访问,剩余 80%访问频率较低,若不能合理的存储这些数据,那数据存储会带来难以想象的经济负担。所以就有了分级存储的概念,分级存储就是根据数据重要性、访问频率等参数,将数据存放在不同级别的存储中,包括在线存储、近线存储、离线存储。

在分级存储管理中,离线存储是为了满足海量数据的长期保存,例如金融行业,广电行业等,许多数据随着时间的推移,其访问频率会越来越低,所以光盘匣的离线管理很好的满足了这些行业的存储要求。

光盘匣离线管理的功能实现,主要通过射频识别技术和数据库技术,对光盘匣的信息进行保存和管理,当光盘匣离线时,系统数据库对光盘匣状态进行记录,对光盘匣进行标识。当有数据访问需求时,系统会发送光盘匣的加载请求给光盘匣管理人员,光盘匣管理员根据系统中记录的信息来查找光盘匣并加载。对于离线光盘匣的标签管理目前可通过两种方式来完成。

(1) 在光盘匣放入光盘库中使用时,使用标签打印机增加相关标识信息,并将信息记录至数据库中。在光盘匣离线时,配备对应的标识信息,以便有数据访问需求时,可快速查找到。

(2) 当数据量过大,人工查找困难的情况下,可以配备智能离线库,智能离线库每个格子内配备一个射频识别读写器,用 USB 方式连接到管控服务器,通过射频识别获取光盘匣所在位置,并将数据汇总上传至管控服务器的数据库记录。查找光盘匣时,智能离线库自动搜索并提示盘匣位置,方便查找。

7.2.7 WEB 页面管理

1.概述

蓝光存储系统的管理,依托部署于服务器上的管理软件 DAM (data archive manager),其对外提供支持 HTTP 协议的 WEB 页面管理功能。如图 7-11

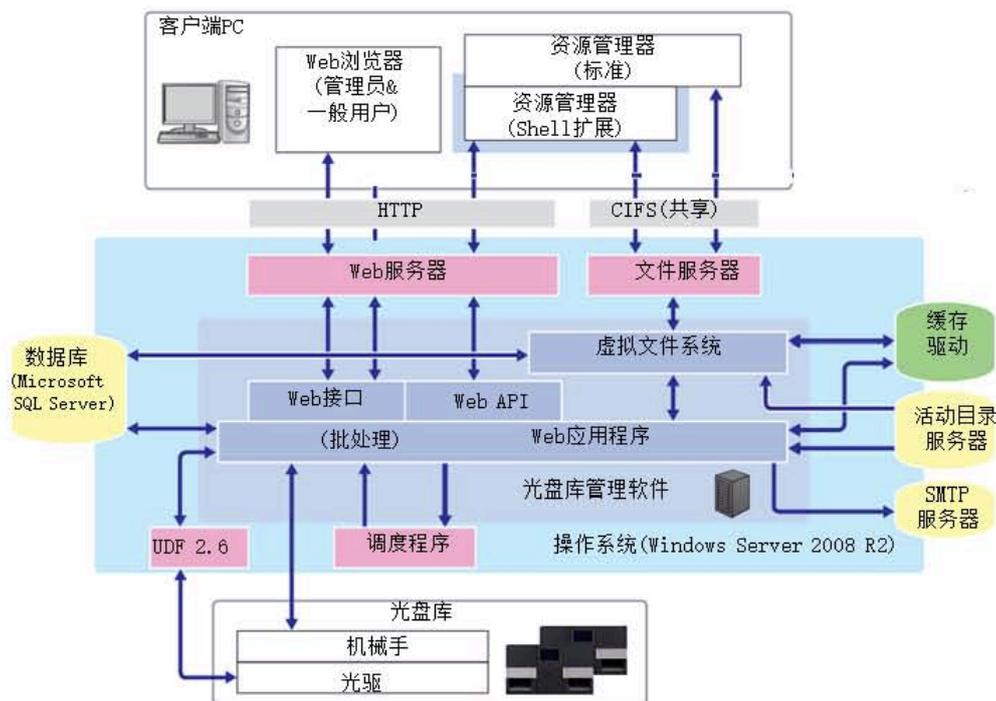


图 7-11 系统相关接口

管理软件与数据库相连，将蓝光存储系统的重要信息存到数据库中保存，并调取数据用于系统控制。

使用并管理缓存空间，在缓存空间紧张时按照规则清除缓存空间或报警。

连接系统的活动目录，提供用户权限的管理分配，提供普通用户、盘匣管理员、系统管理员三种不同权限。其中普通用户只有文件上传、下载、查询等基本功能；盘匣管理员拥有普通用户的所有权限并能使用盘匣管理的相关功能；系统用户权限最高，可以使用系统的所有功能。

连接 SMTP 服务器，提供邮件发送通知功能。在请求离线盘匣或系统报警时发送相应至相关人员。

参照数据库中的数据，与光盘库实时交互，控制盘匣的分配调取，并根据用户设定进行刻录或下载任务。实现外部数据与蓝光存储的数据互通。

表 7-5 管理软件 DAM 主要功能列表

项目	功能列表	功能
普通用户	1. 文件列表	以列表形式显示当前光盘库内存储及待存储的文件层次关系
	2. 文件搜索	检索存储在光盘库内的文件(在线、近线、离线)

	3. 文件请求列表	请求的离线文件列表
光盘匣管理	1. 光盘匣加载请求列表	请求的离线文件所在的离线光盘匣信息
	2. 光盘匣加载/卸载	显示当前光盘库内所有光盘匣的位置及状态信息
	3. 卸载指定光盘匣	将光盘库内指定位置的光盘匣取出
	4. 光盘匣条码变更	针对离线光盘匣进行条码变更
	5. 更改刚盘匣离线柜	离线光盘匣的离线柜变更
	6. 光盘匣详细清单	对目前的光盘匣信息进行盘点
	7. 废弃光盘匣	废弃光盘匣，将其数据库内信息删除
	8. 光盘匣列表	显示所有注册在此数据库内的在线、近线、离线光盘匣
	9. 注册/更改离线柜	注册/更改离线柜信息
	10. 注册/删除操作者	注册/删除操作者信息
卷管理	1. 注册/更改	注册/更改卷的操作
	2. 写保护	对卷进行写保护及解除写保护
	3. 最终化	对卷进行最终化，最终化后此卷将变为只读状态
系统管理	1. 服务启动/停止	服务的启动和停止
	2. 光盘库注册停止	对接入管控服务器的光盘库进行注册和停止
	3. 显示系统配置	显示当前的系统配置，软件版本、服务器、光驱等信息
	4. 显示系统状态	显示当前的系统状态，存储文件、卷、光盘匣、数据库等信息
	5. 释放缓存文件	释放读缓存空间（未过期状态→过期状态）
	6. 缓存初始设定	对缓存大小、期限等设定
	7. 缓存同步设定	对缓存进行同步（刻录）
	8. 活动目录连接设定	Active Directory 信息的设定
	9. 邮件服务器设定	邮件服务器设定
	10. 其它设定	默认方式等设定
	11. 保存/重置设定	保存或重置当前的设定
恢复	1. 光盘匣恢复	光盘匣数据的整体复制
	2. 光盘匣不一致性恢复	光盘匣信息与数据库信息不相符时，进行一致性恢复
	3. 强制删除写缓存	强制删除写缓存内的数据

2. 卷管理

卷为存储数据的存储文件夹，一个盘库内可以根据需要建立多个卷，而一个卷可以包含 1 至多个光盘匣。卷的总数据容量取决于卷下所包含光盘匣的数量。可在现有的卷中追加新的盘匣，以增大卷容量，亦可在现有的卷中删去未使用的盘匣

卷的建立，如图 7-12.



图 7-12 卷的建立

已建好的卷，如图 7-13



图 7-13 卷列表

虚拟磁盘中的卷，如图 7-14

国家档案局官网
WWW.SAAC.GOV.CN



图 7-14 卷在资源管理器中显示

3. 数据刻录（同步）

对于已经上传至系统缓存的档案文件，用户可以自定义刻录策略，在策略规定的时间点开始刻录，利于系统调度和读写任务的优化分配。如图 7-15 所示。



图 7-15 缓存同步设定

4. 文件列表及查询

用户可以方便的在管理软件的 WEB 管理页面查看到所有存档文件的树状列表，并可以选择需要的文件进行查看或下载读取。或者在虚拟磁盘中按照文件夹的方式对文件进行检索查看。如图 7-16 所示。

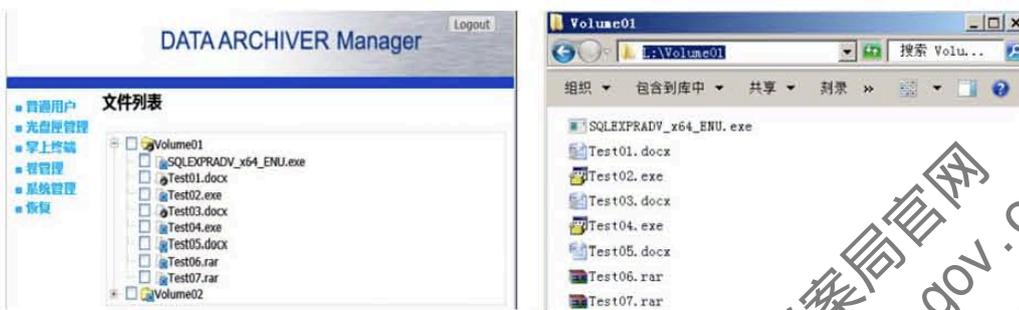


图 7-16 文件列表及在资源管理器中显示

同时，WEB 管理页面也提供专门的文件检索页面，可以根据需要选择一定

的条件对档案文件进行快速高级检索，提高了系统的读取能效。文件检索页面如图 7-17 所示。



图 7-17 文件检索页面

5. 盘匣状态及系统监控

通过管理软件的 WEB 页面，可以直观的监控查看系统的状态及盘库内各盘匣的使用状态。便于管理员对蓝光存储系统的管理运维。如图 7-18 所示可查看光盘匣状态，图 7-19 可查看系统状态。



图 7-18 光盘匣状态显示



图 7-19 系统状态显示

6. API 接口

为了方便与其他系统对接,DAM 管理软件提供了功能丰富的外部 API 接口,通过调用这些 API 函数,可以实现各种管理软件具备的功能。详见表 7-6

API 应答相关:

大多数的 API 以 application/json 形式返回 OUT 值。也有部分 API(归档获取相关)以 Application/Octed-stream 形式返回。此外在 API 错误、光盘库管理软件为停止状态等情况下,也可能通过 text/html 形式返回错误页面。

执行结果:

几乎所有来自 API 的执行结果,都通过下面 JSON 形式返回。

```
{
  "result": 结束 code(0=正常结束、 0 以外=错误),
  "data": 此处每个 API 的返回值
}
```

表 7-6 主要 API 功能列举

项目	功能名
登陆控制	登陆
	退出

文件检索	文件/文件夹检索
文件信息	文件列表获取
	文件/文件夹信息获取及履历获取
	多个文件信息获取
	元数据设定
	获取元数据
文件请求	缓存化请求
	缓存化进度确认
	缓存化请求列表获取(仅自身请求)
	缓存化请求列表获取(所有请求)
	缓存化请求文件列表获取(仅自身请求)
	缓存化请求文件列表获取(所有请求)
	缓存化重试
	缓存化请求删除(仅自身请求)
	缓存化请求删除(全部请求)
文件获取	文件获取(单文件)
	文件获取(多文件)
	下载对象信息获取
缓存控制	缓存信息检索
	缓存有效期限变更
	删除读缓存
	强制删除写缓存
光盘库/光盘匣 状态	光盘库一览获取
	光盘库状态获取
	获取光盘库内光盘匣信息获取
	光盘匣信息一览获取
	光盘匣信息获取
离线管理辅助	光盘匣加载请求列表

	光盘匣取出
	光盘匣取出批处理状态确认
	光盘匣取出批处理中断
	光盘匣仓打开
	光盘匣废弃
	光盘匣强制废弃
光盘匣复制	光盘匣复制
	光盘匣复制执行
	光盘匣复制进度确认
	光盘匣复制取消
	光盘匣复制中断
	光盘匣复制再开启
	光盘匣复制列表获取
卷管理	卷一览获取
	新建卷
	生成卷密钥
	卷修正
	卷写保护
	卷最终化
	最终化进度确认
	卷最终化重试, 再开启
	卷密钥导入
	卷导入进度确认
光盘匣写入同步	同步(所有同步等待)
	同步(光盘匣)
	光盘匣同步进度确认
	变更同步光盘匣
	同步批处理缓存(解除缓存)

批处理启动	批处理启动
系统管理	系统信息获取
	系统设定
	光盘匣不一致性恢复

7.3 光盘检测

7.3.1 检测功能

蓝光存储系统主要用于长期的大量档案保存，因此配备了多重光盘检测功能，在光盘出厂、刻录过程中、刻录之后都有相应的检测机制。

在光盘出厂时，会对每张碟片都进行全盘检测，保证光盘的出厂良品率。

光盘库在刻录过程中，会对刻录的数据进行实时校验，并在配置时提供全盘校验及间隔校验两种模式可选。其中全盘校验耗时较长但可靠性高，间隔校验则在保证一定可靠性的同时兼顾高效工作。

对于已刻录的数据碟片，光盘库也提供加载检测的功能，使用检测软件可以获取盘匣列表及相应信息，将指定盘匣加载到光驱组中，光盘库检测碟片的连续错误率及随机错误率等信息，将其返回给检测软件，得出结果。保证碟片在长期保存状态下也有很高的数据可靠性。

LDC: Long distance code, 蓝光光盘使用的错误修正码。

Burst error: 1LDC 数据块中，40Bytes 以上连续错误的个数之和。

R-SER: Random-Symbol Error Rate, 每 1 万 LDC 数据块，除去 40Bytes 以上的突发错误后随机错误的平均值，取光盘中的最大值为光盘的检测值。

表 7-7 结果状态对应表

结果	状态
R-SER: $<5E-4$ Burst error: $<1200\text{Byte}$	状态良好
R-SER: $5E-4\sim 1.0E-3$ Burst error: $1200\text{Byte}\sim 1900\text{Byte}$	警告状态，保存状况需要改进。
R-SER: $>1.0E-3$ Burst error: $>1900\text{Byte}$	出错状态，需要立刻修复。

7.3.2 检测软件

检测系统示意框图，如图 7-20 所示



图 7-20 检测系统示意图

软件功能页面：盘匣列表，如图 7-21 所示。



图 7-21 光盘匣列表显示页面

软件功能页面：定时页面，如图 7-22 所示。

国家档案局官网
WWW.SAAC.GOV.CN



图 7-22 光盘匣系统检测定时页面

软件功能页面：检测页面，如图 7-23 所示。



图 7-23 光盘匣检测页面

国家档案局官网
WWW.SAAC.GOV.CN