

# Long-Term Secure Storage of Electronic Archives: Challenges, Technologies, and Strategies

Yun Zhou

Ningcheng County Public Resources Trading Center, Chifeng, Inner Mongolia, 024200, China

## Abstract

With the rapid advancement of information technology, human society is undergoing a profound transformation from paper-based records to digital records. As vital components of social memory and institutional core assets, the long-term secure storage of electronic archives has become a critical issue in information management. This paper systematically explores the connotations and characteristics of electronic archive storage, analyzes the multifaceted challenges faced during long-term preservation—including technical, managerial, security, and legal aspects—and elaborates on the technical framework and management strategy system to ensure the authenticity, integrity, usability, and security of electronic archives. Finally, the study provides insights into future development trends, aiming to offer references for theoretical research and practical work in this field.

## Keywords

electronic archives; long-term storage; digital preservation; information security; metadata; cloud storage

## 论电子档案的长期安全存储：挑战、技术与策略

周云

赤峰市宁城县公共资源交易中心，中国·内蒙古 赤峰 024200

## 摘要

随着信息技术的飞速发展，人类社会正经历着从纸质记录到数字记录的深刻变革。电子档案作为社会记忆和机构核心资产的重要组成部分，其长期安全存储已成为信息管理领域的关键课题。本文旨在系统探讨电子档案存储的内涵与特点，深入分析其在长期保存过程中面临的技术、管理、安全与法律等多重挑战，并在此基础上，详细阐述确保电子档案真实、完整、可用与安全的存储技术体系与管理策略框架。最后，本文将对未来发展趋势进行展望，以期为相关理论研究与实践工作提供参考。

## 关键词

电子档案；长期存储；数字保存；信息安全；元数据；云存储

## 1 引言

档案，作为人类活动的原始记录，承载着延续历史、传承文明、服务社会的重要使命。在数字时代，档案的生成、存储与利用方式发生了根本性转变。电子档案是指“国家机关、社会团体、企事业单位以及个人在履行法定职责或处理事务过程中形成的，具有保存和利用价值的，以数码形式记录于磁带、磁盘、光盘等载体，依赖计算机等数字设备阅读、处理，并可在通信网络上传送的文件”[注：参考相关档案法规定义]。与传统的纸质档案相比，电子档案具有存储密度高、信息处理便捷、传输共享迅速等显著优势。

然而，其固有的技术依赖性与载体脆弱性也带来了前所未有的挑战<sup>[1]</sup>。硬件设备的快速迭代、软件平台的频繁更

新、存储载体的物理寿命、以及网络环境的安全威胁，都使得电子档案的长期可读、可理解与可信赖性面临严峻考验。大量具有重要价值的数字信息因技术过时或管理不善而永久丢失的风险真实存在。因此，构建一个科学、robust、可持续的电子档案长期安全存储体系，已不仅是技术问题，更是关乎国家数字记忆存续、组织运营连续性与社会治理现代化的战略问题。

## 2 电子档案存储的内涵与核心要求

电子档案存储并非简单的数据备份，而是一个涉及技术、管理、标准、法律等多维度的系统性工程。其核心目标是确保电子档案在跨越技术周期和时代变迁后，依然能够被准确地读取、理解、并作为合法有效的凭证<sup>[2]</sup>。

### 2.1 电子档案存储的内涵

电子档案存储包含两个层面的含义：

1. 物理存储：指将电子档案的二进制数据流存储在具体的物理介质上，如硬盘、磁带、光盘等。这关注的是数据

【作者简介】周云（1975-），男，中国内蒙古赤峰人，本科，馆员，从事档案管理研究。

的物理存在与介质耐久性。

2. 逻辑存储：指确保存储的数据能够被正确的软硬件环境所解析、呈现和理解。这涉及到文件格式、元数据、阅读软件等一系列逻辑要素。

长期存储的成功，必然是物理存储安全与逻辑存储可用的统一。

## 2.2 电子档案存储的核心要求

根据国际及国内档案管理标准，电子档案长期存储需满足以下四项核心要求：

1. 真实性：确保电子档案的内容、结构和背景信息自形成之日起，未被篡改或破坏，并能证明其与形成时的原始状态一致<sup>[3]</sup>。这是电子档案作为法律证据的基础。

2. 完整性：确保电子档案的内容、结构、背景信息以及相关的元数据齐全、完整，没有遗漏或损坏。一个完整的档案应能完整反映其所记录的事务活动。

3. 可用性：确保电子档案在需要时能够被准确地检索、读取和显示。这意味着必须克服技术过时带来的障碍，保证档案在未来的技术环境中依然可读。

4. 安全性：保护电子档案免受未经授权的访问、篡改、删除或破坏，同时具备应对自然灾害、硬件故障、网络攻击等风险的能力<sup>[4]</sup>。

这四项要求相互关联，共同构成了电子档案长期存储的价值基石。

## 3 电子档案长期存储面临的主要挑战

实现上述核心要求的过程充满挑战，这些挑战主要源于电子档案自身的技术特性和复杂的外部环境。

### 3.1 技术过时挑战

这是电子档案长期存储最核心的挑战。技术过时体现在硬件、软件和文件格式三个层面。

硬件过时：存储设备（如软盘驱动器、老式磁带机）和读取接口（如 IDE 接口）的淘汰，使得存储在这些旧介质上的数据即使物理完好，也无法被现代计算机读取。

软件过时：操作系统和特定应用软件的更新换代，可能导致旧版软件生成的档案文件无法在新环境中打开或正确显示。

文件格式过时：专有格式可能随着公司的消亡而失去支持；即使是开放格式，其版本迭代也可能导致兼容性问题。

### 3.2 信息保真挑战

如何确保电子档案在多次迁移、转换或仿真过程中，其内容、外观、功能乃至“感觉”不发生改变，是一个巨大难题<sup>[5]</sup>。例如，一个包含动态公式、宏代码的电子表格，或一个具有交互功能的多媒体档案，其完整功能的保存远比静态文本复杂。

### 3.3 存储载体寿命挑战

所有物理存储介质都有其物理寿命。硬盘的机械部件会磨损，固态硬盘的存储单元有写入次数限制，磁带和光盘会因材料老化而出现数据丢失。介质的可靠性直接关系到数

据的物理安全。

### 3.4 海量数据管理挑战

大数据时代，电子档案的数量呈指数级增长<sup>[6]</sup>。如何对海量、异构的档案数据进行高效的分类、编目、索引、检索和存储，对存储系统的性能和智能化管理水平提出了极高要求。

### 3.5 安全管理挑战

电子档案面临来自内外部的多种安全威胁：

网络攻击：黑客入侵、勒索病毒等可能导致档案被加密、窃取或破坏。

人为错误：操作失误、误删除等是导致数据丢失的常见原因。

内部威胁：内部人员的恶意篡改或泄密。

灾难风险：火灾、水灾、地震等自然灾害可能摧毁存储中心。

### 3.6 法律与标准挑战

电子档案的法律效力认定、长期保存的责任主体、隐私保护（如涉及个人信息的档案）以及跨域存储带来的管辖权问题，都需要清晰的法律法规和标准体系来规范。此外，相关技术和管理标准的缺失或不统一，也给实践操作带来困难。

## 4 电子档案长期安全存储的关键技术

为应对上述挑战，业界已发展和实践了一系列关键技术。

### 4.1 存储介质与架构技术

分级存储管理根据档案的访问频率和价值，将其存储在不同性能、不同成本的介质上，实现成本与效率的平衡<sup>[7]</sup>。冗余存储技术包括 RAID 技术通过磁盘阵列提供数据冗余，防止单块硬盘故障导致的数据丢失；分布式存储将数据分散存储在多个物理节点上，通过副本或纠删码技术提供冗余。云存储利用云服务商提供的强大、可扩展、高可用的存储基础设施，但需关注云服务商的锁定效应和数据主权问题。

### 4.2 数字保存技术

格式标准化与迁移要求在归档时优先选择或转换为开放、稳定、标准化的文件格式，并在技术过时之前有计划地进行数据迁移。仿真技术通过在现代计算机上模拟旧的硬件和软件环境，使旧档案文件能在原始环境中运行，但开发与维护成本较高。封装与自包含包将电子档案与相关元数据、阅读软件打包形成独立信息包。环境虚拟化将整个操作系统和应用软件环境封装为虚拟机镜像。

### 4.3 信息安全技术

加密技术对存储的档案数据进行加密，确保数据即使被非法获取也无法解读。数字签名与哈希校验为档案文件生成唯一的“数字指纹”，通过定期比对验证档案内容是否被篡改，同时验证档案来源的真实性。访问控制建立严格的权限管理体系，确保只有授权用户才能访问特定档案资源。审计跟踪详细记录对档案的所有操作，形成不可更改的日志用于事后审计。

### 4.4 元数据管理技术

元数据是“关于数据的数据”，是电子档案的“身份证

"和"说明书"。完善的元数据包括描述性元数据(标题、作者、日期等)、结构性元数据(档案内部结构)、管理性元数据(创建者、权限、保存历史等)和保存性元数据(格式信息、软硬件环境要求等)。采用国际标准如 PREMIS 来管理保存性元数据,已成为最佳实践。

## 5 构建电子档案长期安全存储的综合策略

技术是工具,成功的关键在于建立一套综合性的管理策略体系。

### 5.1 顶层设计与政策保障

组织机构应将电子档案长期存储纳入信息化和档案工作的顶层设计。制定明确的保存政策,界定保存范围、责任主体、技术路线选择标准、保存期限和处置办法。

### 5.2 建立标准规范体系

遵循国际、国家及行业标准,建立本单位电子档案管理的全套规范,包括但不限于:文件格式规范、元数据方案、分类编码规则、存储结构规范、安全管理规范等。

### 5.3 实施全生命周期管理

将电子档案视为一个有生命的实体,从其产生、捕获、归档、存储、利用到最终处置的每一个环节进行管控。特别要推行“前端控制”,在文件生成或接收之初就介入管理,确保其符合归档要求。

### 5.4 构建“三位一体”的备份与灾难恢复体系

1. 本地备份:用于快速恢复日常的误操作或小范围故障。

2. 异地备份:将备份数据存储在物理距离较远的另一个地点,防范区域性灾难。

3. 离线备份/冷备份:将关键数据备份到磁带等可离线保存的介质上,并与网络物理隔离,以应对勒索病毒等网络攻击。

定期进行灾难恢复演练,验证备份数据的有效性和恢复流程的可行性。

### 5.5 推动合作与资源共享

对于小型机构或特定类型的档案,可以考虑采用合作保存的模式。例如,加入国家或区域性的数字保存联盟,共享技术设施、专家资源和保存策略,降低单个机构的保存成本和风险。

### 5.6 加强人才队伍建设

电子档案管理是跨学科领域,需要既懂档案学原理,又精通信息技术,还熟悉法律法规的复合型人才。必须加强对现有人员的培训和引进专业人才。

## 6 未来展望

电子档案存储技术的发展方兴未艾,未来将呈现以下趋势:

人工智能与大数据技术的深度融合:AI将广泛应用于电子档案的自动分类、标引、内容分析和风险预警。通过对海量保存日志的分析,AI可以预测存储设备故障、识别异

常访问行为,实现智能化的存储管理。

区块链技术在存证领域的应用:区块链的分布式、不可篡改、可追溯特性,与电子档案对真实性和可信性的要求高度契合。利用区块链存证,可以为电子档案生成可信的时间戳和存证哈希,极大地简化其法律效力认定过程。

云原生与 Serverless 架构的普及:存储架构将更加云化、服务化,按需分配资源,实现极致的弹性和成本优化。

可持续性(绿色存储)成为重要考量:随着数据中心的能耗问题日益突出,采用高能效设备、优化数据压缩算法、合理进行数据生命周期管理,以减少碳足迹,将成为电子档案存储的重要发展方向<sup>[8]</sup>。

隐私增强技术(PETs)的应用:在处理包含个人敏感信息的档案时,会更多采用差分隐私、同态加密、联邦学习等技术,在保护隐私的前提下实现数据的分析和利用。

## 7 结论

电子档案的长期安全存储是一项复杂而艰巨的系统工程,它超越了单纯的技术范畴,是技术、管理、标准、法律和人才等多要素协同作用的产物。面对技术过时、信息安全、海量数据管理等严峻挑战,我们必须在深刻理解电子档案核心要求的基础上,综合运用格式迁移、云存储、数字签名、元数据管理等关键技术,并构建起从顶层设计到全生命周期管理的完善策略体系。

展望未来,随着AI、区块链等新技术的赋能,电子档案存储将朝着更加智能化、自动化、可信化和绿色化的方向发展。唯有以发展的眼光、系统的思维和严谨的态度来对待这项工作,才能确保我们时代的数字记忆得以完整、真实地传递下去,使之在未来的岁月中持续发挥其应有的价值,服务于社会治理、历史研究和人类文明的永续传承。

## 参考文献

- [1] 冯惠玲,刘越男,等.电子文件管理国家战略刍议[J].档案学通讯,2006(3):4-8.
- [2] 刘家真.电子文件管理——电子文件与证据保留[M].北京:科学出版社,2009.
- [3] ISO 14721:2012. Space data and information transfer systems — Open archival information system (OAIS) — Reference model[S].
- [4] ISO 16363:2013. Space data and information transfer systems — Audit and certification of trustworthy digital repositories[S].
- [5] 张正强.论电子文件元数据的内涵、特点与结构[J].档案学研究,2004(1):45-48.
- [6] 钱毅.技术过时威胁与数字资源长期保存策略研究[J].中国图书馆学报,2007,33(4):61-65.
- [7] Consultative Committee for Space Data Systems. PREMIS Data Dictionary for Preservation Metadata, Version 3.0[EB/OL].(2015).
- [8] 赵国俊,等.基于云计算的电子文件管理模式研究[J].档案学通讯,2013(2):4-9.