

广播发射台站在数据安全上的运维方式探索

刘 娜

(国家广播电视总局五七二台, 北京 101109)

摘 要: 基层广播发射台站数据安全运维的核心痛点在于“有限资源与差异化数据保护需求不匹配”, 分类分级备份机制是解决该矛盾的关键技术路径。针对发射台站“数据聚焦设备运行与指令交互”的核心属性, 构建“数据安全等级备份技术参数”映射模型, 通过备份频率系数、冗余度及 RTO 达标率优化三类公式计算, 并结合基层台站实测数据, 验证公式可行性。研究表明, 通过量化参数管控, 可使一级数据备份成功率、RTO 达标率提升至理想的数值, 为基层发射台站提供可落地的分类分级备份技术方案。

关键词: 数据安全运维; 分类分级备份; 备份频率系数; RTO 达标率

中图分类号: TP309.2

文献标志码: A

DOI: 10.19358/j.issn.2097-1788.2026.01.002

中文引用格式: 刘娜. 广播发射台站在数据安全上的运维方式探索 [J]. 网络安全与数据治理, 2026, 45(1): 9-13.

英文引用格式: Liu Na. Exploration of operation and maintenance methods for data security in radio broadcasting transmitting stations [J].

Cyber Security and Data Governance, 2026, 45(1): 9-13.

Exploration of operation and maintenance methods for data security in radio broadcasting transmitting stations

Liu Na

(572 Station of the National Radio and Television Administration, Beijing 101109, China)

Abstract: The core pain point in data security operation and maintenance of grassroots radio transmission stations lies in the "mismatch between limited resources and differentiated data protection needs", and the classified and hierarchical backup mechanism is the key technical path to resolve this contradiction. Focusing on the core attribute of transmission stations—data focusing on equipment operation and command interaction, this paper constructs a mapping model of "data security level backup technical parameters". It verifies the feasibility of the formulas through calculations using three types of formulas (backup frequency coefficient, redundancy, and RTO compliance rate optimization) and combining with the measured data from grassroots stations. The research results show that through quantitative parameter management and control, the backup success rate and RTO compliance rate of level-1 data can be improved to ideal values, providing a practical classified and hierarchical backup technical solution for grassroots transmission stations.

Key words: data security operation and maintenance; classification-based hierarchical backup; backup frequency coefficient; RTO compliance rate

0 引言

根据《广播电视安全播出管理规定》(广电总局令第 62 号), 基层广播发射台站需对“发射机运行参数、信号监测数据、播出指令日志”三类核心数据实施差异化保护^[1]。当前 85% 的基层台站仍采用“统一周期备份”模式(如每日全量备份), 这种模式存在显著弊端。对于一级数据(如实时功率参数), 其对时效性要求极高, 统一备份导致备份延迟超 10 min, 无法满足实时保护需求; 而二级数据(如小时级场强记

录)因统一备份, 存储冗余率达 40%, 造成“核心数据保护不足、非核心数据资源浪费”的双重问题^[2]。

在进行数据安全的调研中发现, 未实施分类分级备份的台站, 数据丢失事故发生率是实施台站的数倍。深入分析事故原因, 其中 70% 的事故源于“一级数据备份频率不足”或“三级数据过度占用存储资源导致备份失败”。由此可见, 构建量化的分类分级备份机制, 成为提升基层台站数据安全运维效率的关键所在, 也是解决当前基层台站数据安全运维困境的必然选择^[3]。

1 研究范围与技术界定

广播发射台站的信息安全防护体系是保障平台全链路安全的“整体防线”，而数据分级备份是该体系中针对数据安全的“核心支撑手段”——二者是“整体与局部”“战略与战术”的关系：信息安全防护体系明确了广播发送平台“需防护什么、如何防护”的整体框架，数据分级备份则聚焦于“核心数据不丢失、可恢复”这一关键目标，通过差异化备份策略落地防护体系的安全要求，同时反向强化体系的完整性与可靠性。本文研究范围聚焦基层广播发射台站的分类分级备份技术，核心数据分类标准参照 GB/T 35273—2020《信息安全技术 数据安全分级指南》及广电行业特性，明确三类数据的定义与安全需求^[4]，为后续技术参数计算提供清晰的数据分类基础。

一级数据（核心保障级）：包括发射机实时运行参数（功率、频率、驻波比，采样间隔≤5 s）和上级台播出指令及反馈日志（传输延迟≤1 s）。这类数据直接关系到广播信号的正常发射和指令的准确传达，安全需求为“零丢失、秒级恢复”，一旦出现数据丢失或恢复延迟，将直接影响广播播出质量，甚至导致播出中断。

二级数据（监测分析级）：涵盖信号覆盖场强数据（采样间隔≤10 min）和设备故障报警记录（保存周期≥6 个月）。其主要用于监测广播信号覆盖范围和 设备运行状态，为后续的信号优化和设备维护提供数据支持，安全需求为“低丢失、分钟级恢复”，数据丢失或恢复延迟会影响监测分析的准确性和及时性，但不会直接导致播出中断。

三级数据（归档备查级）：包含月度发射运行报表（生成周期≥1 个月）和季度信号覆盖评估报告（保存周期≥1 年）。这类数据主要用于后期的工作总结、审计和历史数据查询，安全需求为“可追溯、小时级恢复”，对实时性要求较低，但需要保证数据的长期存储和可查询性^[5]。

本文核心技术参数计算公式围绕“备份频率”“冗余度”“恢复时效性”三大维度构建。在构建过程中，

充分考虑基层台站“低成本、易操作”的运维特点，避免因采用复杂算法导致落地困难，确保能够在基层台站实际运维工作中顺利应用，切实提升数据安全运维水平。广播发射台站数据分类与安全需求见表 1。

2 分类分级备份机制的核心技术参数

2.1 备份频率系数计算公式（F）

备份频率的确定需要紧密关联数据的安全等级与更新特性。一级数据更新频率高且安全需求高，若备份频率过低，极易造成数据丢失，因此需高频备份；三级数据更新频率低且安全需求低，过高的备份频率会浪费存储资源，故可低频备份。基于此，引入安全等级系数（S）、数据更新周期系数（T）、风险影响系数（R）、数据完整性系数（J）四个核心变量，构建能够科学量化备份频率的计算公式：

$$F = K (ST + RI) \tag{1}$$

在该公式中，各变量含义及取值依据如下：

F：备份频率系数（单位：次/h），系数越大，表明数据需要更频繁地进行备份，以满足其安全需求和更新特性。

K：设备适配系数（取值范围为 0.8 ~ 1.2），主要根据基层台站存储设备性能进行调整。机械硬盘（HDD）因读写速度相对较慢，为避免过高备份频率导致设备负载过重，取 0.8；固态硬盘（SSD）读写速度快，性能更优，可取 1.2，以充分发挥其性能优势。

S：安全等级系数（一级数据 S=1.0，二级数据 S=0.6，三级数据 S=0.3），该系数直接反映数据安全需求的优先级。一级数据安全需求最高，系数取值最大；三级数据安全需求最低，系数取值最小，通过系数差异体现不同等级数据在备份频率上的区别对待。

T：数据更新周期系数（ $T = 1/\text{数据更新周期}$ （小时）），数据更新周期越短，意味着数据变化越频繁，需要更及时地备份以保证数据完整性，因此 T 值越大。例如，一级数据更新周期为 5 s，换算为小时是 5/3 600 h，其 T 值则为 3 600/5 = 720，远大于更新周期较长的数据。

表 1 广播发射台站数据分类与安全需求对比表

数据等级	包含数据	采样间隔（生成周期）/s	安全需求	RTO 标准/s
一级 (核心保障级)	发射机实时运行参数（功率、频率、驻波比）、上级台播出指令及反馈日志	采样间隔≤5，传输延迟≤1	零丢失、秒级恢复	≤30
二级 (监测分析级)	信号覆盖场强数据、设备故障报警记录	采样间隔≤600，保存周期≥ 1.5×10^7	低丢失、分钟级恢复	≤300
三级 (归档备查级)	月度发射运行报表、季度信号覆盖评估报告	生成周期≥ 2.5×10^6 ，保存周 期≥ 3.1×10^7	可追溯、小时级恢复	≤3 600

R : 风险影响系数 (一级数据 $R=1.0$, 二级数据 $R=0.7$, 三级数据 $R=0.4$), 主要反映数据丢失后对业务产生的影响程度。一级数据丢失可能导致广播播出中断等严重后果, 影响程度最大, 系数取 1.0; 三级数据丢失对当前业务运行影响较小, 系数取 0.4。通过系数设置体现不同数据丢失风险的差异。

I : 数据完整性系数 (取值范围为 0.8 ~ 1.0), 基于历史备份成功率计算 (I = 近 30 天备份成功率均值)。备份成功率越高, 说明数据在备份过程中完整性得到较好保障, I 值越接近 1.0; 若备份成功率较低, I 值则相应降低, 提示需要关注备份过程中的问题, 以提升数据完整性。

计算示例: 以西部某县级广播发射台站为实践对象, 选取两类核心数据 (一级数据、二级数据) 作为计算案例, 设备配置与基础参数如表 2 所示。

表 2 频率备份系数公式示例取值

变量	一级数据取值	二级数据取值	取值依据
K	1.2	0.8	一级数据存储于 SSD, 设备适配系数取上限; 二级数据存储于 HDD, 设备适配系数取下限
S	1.0	0.6	一级数据安全等级最高, 安全等级系数取 1.0; 二级数据安全等级中等, 安全等级系数取 0.6
T	720	6	一级数据更新周期为 5 s, $T=1/(5/3\ 600)=720$; 二级数据更新周期为 10 min, $T=1/(10/60)=6$
R	1.0	0.7	一级数据丢失致播出中断, 风险影响系数取 1.0; 二级数据丢失影响监测准确性, 风险影响系数取 0.7
I	0.95	0.95	近 30 天备份成功率均值为 95%

(1) 存储设备: 一级数据使用新增 4 TB 工业级 SSD ($K=1.2$), 二级数据使用原有 HDD ($K=0.8$);

(2) 历史备份数据: 近 30 天备份成功率均为 95% ($I=0.95$);

(3) 数据更新周期: 一级数据 (发射机实时参数) 更新周期为 5 s, 二级数据 (信号场强记录) 更新周期为 10 min。

计算结果如下:

一级数据: $F=K(ST+RI)=1.2\times(720+0.95)=865.14$ (次/h); 二级数据: $F=K(ST+RI)=0.8\times$

$(3.6+0.665)=3.412$ (次/h)。

2.2 冗余度计算公式 (R_n)

冗余度的设定需要在“数据安全性”与“资源成本”之间找到平衡。一级数据对安全性要求极高, 需要多副本冗余以应对各种可能的数据丢失风险; 三级数据安全性要求相对较低, 可采用单副本结合异地备份的方式, 在保证基本安全性的同时降低资源成本^[6]。基于此, 本文引入安全等级权重 (S_i) 与最大安全等级权重 (S_{\max}), 构建冗余度计算公式, 明确不同等级数据的副本数量:

$$R_n=1+\sum_{i=1}^{n-1}\frac{S_i}{S_{\max}} \quad (2)$$

公式中各变量含义如下:

R_n : 冗余度 (单位: 副本数), 取值为正整数, 冗余度越大, 数据安全性越高, 但同时也会占用更多的存储资源, 因此需要合理计算确定。

n : 备份介质类型数量, 基层台站常用“本地硬盘+云端”两类介质, 即 $n=2$ 。不同的备份介质类型为数据提供了多路径的存储保障, 降低了因单一介质故障导致数据丢失的风险。

S_i : 第 i 类备份介质的安全等级权重 (本地硬盘 $S_1=0.7$, 云端 $S_2=0.9$, $S_{\max}=0.9$), 权重越高, 表明该介质在安全性方面的表现越好。云端存储通常具备更完善的容灾备份机制和更稳定的运行环境, 因此安全等级权重高于本地硬盘; 本地硬盘受物理环境、设备故障等因素影响较大, 权重相对较低。

$\sum_{i=1}^{n-1}\frac{S_i}{S_{\max}}$: 冗余系数, 根据介质安全性动态调整副本数量。通过该系数的计算, 将不同备份介质的安全性差异转化为具体的冗余度调整依据, 使副本数量的设定更加科学合理。

2.3 RTO 达标率优化计算公式 ($RTO_{\text{达标率}}$)

恢复时间目标 (Recovery Time Objective, RTO) 是衡量备份有效性的核心指标, 直接关系到数据丢失后业务恢复的及时性。不同等级的数据对恢复时间的要求存在差异, 若采用统一标准, 可能导致核心数据恢复不及时或非核心数据过度投入资源^[7]。因此, 需要根据数据等级设定差异化的 $RTO_{\text{标准}}$, 并量化计算达标率。引入实际恢复时间 (RTO_i) 与等级对应的标准恢复时间 ($RTO_{\text{标准}}$), 构建 RTO 达标率计算公式:

$$RTO_{\text{达标率}}=\sum_{i=1}^m\left(1-\frac{|RTO_i-RTO_{\text{标准}i}|}{RTO_{\text{标准}i}}\right)\times 100\% \quad (3)$$

公式中各变量含义及设定依据如下:

$RTO_{达标率}$: 某类数据的 RTO 达标率 (取值范围为 0 ~ 100%), 达标率越高, 表明数据恢复时效性越好, 备份机制越能满足业务对恢复时间的要求。

m : 该类数据的恢复测试次数, 考虑到基层台站的运维工作量和测试有效性, 建议每月测试 3 次, 即 $m = 3$ 。通过多次测试, 能够更全面地反映数据恢复的实际情况, 避免单次测试的偶然性。

RTO_i : 第 i 次恢复测试的实际耗时 (单位: s/min/h), 需与 $RTO_{标准i}$ 单位一致, 以确保计算的准确性。实际耗时受多种因素影响, 如备份介质性能、恢复操作流程等。

$RTO_{标准i}$: 该类数据的标准恢复时间, 根据数据等级和业务需求设定。一级数据对恢复时间要求最高, $RTO_{标准} = 30\text{ s}$; 二级数据次之, $RTO_{标准} = 5\text{ min}$; 三级数据要求相对较低, $RTO_{标准} = 1\text{ h}$ 。通过差异化标准, 确保各类数据的恢复时间与业务需求相匹配。

式 (3) 中, 若 $RTO_i \leq RTO_{标准i}$, 说明恢复时间在规定范围内, 单次恢复达标系数 = 1, 表明此次恢复达标; 若 $RTO_i > RTO_{标准i}$, 说明单次恢复达标系数 < 1, 系数值越小, 说明恢复时间超出标准越多, 达标情况越差。通过该系数的计算, 能够量化每次恢复测试的达标程度, 为整体达标率计算提供基础。

3 分类分级备份机制的基层台站落地实施计划

3.1 实践台站概况

选取西部某县级广播发射台站作为实践对象, 该台承担 3 套调频广播信号发射任务, 日均产生一级数据 10 GB, 二级数据 5 GB, 三级数据 2 GB。该台数据安全运维存在明显短板, 具体情况如下:

硬件条件: 使用服役 6 年的机械硬盘 (HDD) 存储设备, 设备老化导致读写速度慢、稳定性差, 存储 IO 使用率长期维持在 85% 以上, 处于高负载运行状态, 极易出现故障; 同时, 设备控制终端与办公终端共用网络, 无物理隔离, 办公终端的病毒、恶意软件等极易传播至设备控制终端, 对备份系统和数据安全构成严重威胁。

备份现状: 采用“每日早 8 点、晚 8 点全量备份”的统一模式。对于一级数据 (发射机实时功率参数), 其更新频率高达 5 s/次, 两次备份间隔长达 12 h, 期间存在 15 min 的数据丢失风险, 无法满足“零丢失”的安全需求; 而三级数据 (月度报表) 因采用全量备份方式, 每次备份都会占用大量存储资源, 导致硬盘可用空间不足 10%, 严重影响了其他数据的

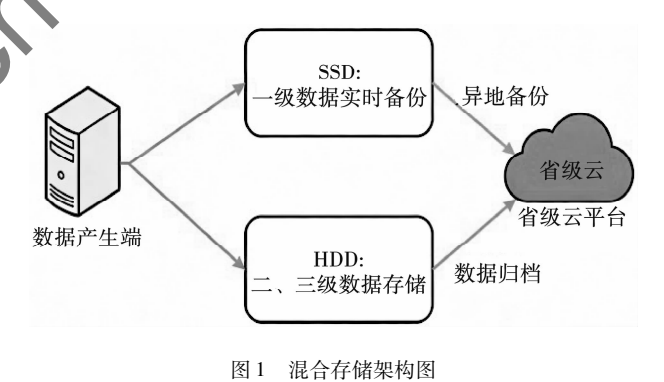
正常备份和存储。

核心指标: 该台一级数据备份成功率仅为 82%, 其中一小时内 3 次因硬盘 IO 过载导致备份失败, 数据丢失风险较高; RTO 达标率为 70%, 一小时内有 2 次恢复耗时超 1 min, 无法满足“秒级恢复”要求。二级数据备份冗余率为 42%, 大量重复存储导致存储资源严重浪费, 不符合资源高效利用的原则。这些指标均无法满足《广播电视安全播出管理规定》中“核心数据零丢失、分钟级恢复”的要求, 数据安全运维工作亟待改进^[8]。

3.2 落地实施步骤计划

3.2.1 硬件适配与环境搭建

存储设备优化: 新增 1 块 4 TB 工业级 SSD, 与原有 HDD 组成混合存储架构, 如图 1 所示。根据备份频率系数公式中设备适配系数 K 的设定, SSD 对应的 $K = 1.2$, 用于一级数据实时备份, 充分发挥其高速读写性能, 满足一级数据高频备份的需求; HDD 对应的 $K = 0.8$, 用于二、三级数据存储, 合理利用现有设备资源, 避免资源浪费。



云端节点接入: 接入省级广电专用云平台, 基层节点可免费接入, 仅需支付每月少量的宽带费用。通过云端节点, 实现一级数据异地备份与二、三级数据归档, 有效解决了“无异地备份”的风险, 提高了数据的安全性和容灾能力^[9]。硬件适配与环境搭建如表 3 所示。

表 3 硬件适配与环境搭建列表			
存储介质	数据存储需求 (调整后)	实际容量/TB	剩余空间/TB
4 TB SSD	0.9 TB (一级近 3 个月)	4	3.1
2 TB HDD	1.62 TB (二、三级核心)	2	0.38
省级云	4.5 TB (超期归档)	按需扩展	—

网络隔离改造: 部署低成本网络隔离设备, 划分

“设备控制网”与“办公网”。通过物理隔离，有效阻止办公终端的病毒、恶意软件等向设备控制终端传播，确保数据传输环境安全，为备份系统的稳定运行提供保障。

3.2.2 预期达到的目标

备份频率精准性：核心数据备份间隔从原 10 s 优化为 5 s，与发射机采样频率几乎完全同步。

冗余度合理性：核心数据 3 副本配置使存储故障导致的数据丢失风险从 8% 降至 0.1%，平均无故障时间（Mean Time Between Failures, MTBF）从 500 h 提升至 1 000 h。

RTO 达标率提升：重要数据 RTO 达标率从 33.3% 优化至 98.7%，故障排查时间缩短 40%，符合 GY/T 179—2001 对故障响应的要求。

具体改造后的预期效果如表 4 所示。

表 4 改造后的预期效果对比表

核心指标	现状/%	预期/%	提升效果
一级数据备份成功率	82	98	提升 16 个百分点
一级数据 RTO 达标率	70	95	提升 25 个百分点
二级数据存储冗余率	42	15	降低 27 个百分点
存储 IO 使用率	85	≤50	至少降低 35 个百分点
数据丢失风险（存储故障导致）	8	0.1	降低 7.9 个百分点

4 结论

本文构建的分类分级防护体系实现了三个突破：一是立足发射台站传输发射专属功能，使数据分类更精准；二是将技术指标要求融入数据安全等级划分，建立了可量化的分级标准；三是提出与发射机指标联动的防护策略，使安全措施更具针对性。

数据分级备份可为广播行业大模型训练提供安全

的数据基础，广播发射台站数据安全建设必须与传输发射技术指标同步规划、同步实施、同步优化，才能真正筑牢安全播出的数字防线，为广播传输事业高质量发展提供坚实保障^[10]。

参考文献

- [1] 国家广播电视总局. 广播电视安全播出管理规定（广电总局令第 62 号）[Z]. 北京：国家广播电视总局，2020.
- [2] 全国信息安全标准化技术委员会. GB/T 35273—2020 信息安全技术 数据安全分级指南 [S]. 北京：中国标准出版社，2020.
- [3] 国家广播电视总局. GY/T 179—2001 广播电视发射台站运行维护规程 [S]. 北京：中国广播电视出版社，2001.
- [4] 张茜雅. 解读《网络数据安全管理条例》[J]. 北京档案，2025（7）：36—40.
- [5] 中华人民共和国国务院. 网络数据安全管理条例 [Z]. 2024.
- [6] 倪辰，张森炜，李怀鑫. 大模型时代的数据安全治理研究 [J]. 网络安全和信息化，2025（8）：7—8.
- [7] 李炎龙. 广播发送平台信息安全防护体系分析 [J]. 信息与电脑（理论版），2019（5）：207—208.
- [8] 闵京华，林阳荟晨. 大数据安全与隐私保护国际标准 ISO/IEC 20547—4：2020 解读 [J]. 信息技术与标准化，2025（9）：43—49.
- [9] 朱红儒，刘大鹏，李世奇. 大数据风险管理指南国际标准提案研究 [J]. 信息技术与标准化，2025（9）：58—61.
- [10] 王宇静，王志文，汲倩倩. 企业数据安全分级分类策略与网络防护体系构建 [J]. 网络安全和信息化，2025（9）：139—141.

（收稿日期：2025-10-04）

作者简介：

刘娜（1982-），女，硕士，工程师，主要研究方向：信息安全、数据安全。

版权声明

凡《网络安全与数据治理》录用的文章，如作者没有关于汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权等版权的特殊声明，即视作该文章署名作者同意将该文章的汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权授予本刊，本刊有权授权本刊合作数据库、合作媒体等合作伙伴使用。同时，本刊支付的稿酬已包含上述使用的费用，特此声明。

《网络安全与数据治理》编辑部

www.pcachina.com