

KSSJ/ZL12-2023

智能化矿山数据融合共享 数据存储技术规范

Intelligent mine data fusion and sharing

Specifications for data storage technology

国家矿山安全监察局
2023年6月

目 次

前言	III
1. 范围	1
2. 规范性引用文件	1
3. 术语和定义	2
3.1. 数据 data	2
3.2. 数据生命周期 data lifecycle	2
3.3. 数据完整性 data integrity	2
3.4. 用户数据 user data	2
3.5. 结构化数据 structured data	2
3.6. 非结构化数据 unstructured data	2
3.7. 半结构化数据 semi-structured data	2
3.8. 数据仓库 data warehouse	2
3.9. 分布式文件系统 distributed file system	3
3.10. 数据湖 data lake	3
3.11. 矿山数据湖 data lake	3
3.12. 湖仓一体 lakehouse	3
3.13. 时序数据库 time series database	3
3.14. 对象存储 object storage	3
4. 缩略语	3
5. 数据存储规则	5
5.1. 矿山数据湖	5
5.2. 数据仓库分层规则	5
6. 数据存储格式	6
6.1. 通用存储格式	6
6.2. 专用存储格式	7
7. 数据存储功能需求	9
7.1. 基本功能需求	9
7.2. 业务数据存储要求	9
7.3. 数据分级存储机制	13
7.4. 数据加速	13
7.5. 数据重构	13
7.6. 数据可靠性需求	13
7.7. 数据安全	15

8. 数据存储容灾备份	15
8.1. 数据存储容灾备份原则	15
8.2. 数据容灾要求	16
8.3. 数据备份与恢复	17
9. 数据存储运维	18
9.1. 管理要求	18
9.2. 智能运维	20

前 言

本文件参照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件起草单位：陕西煤业化工集团有限责任公司、中国华电集团有限公司、国家能源投资集团有限责任公司、中国中煤能源集团有限公司、华为技术有限公司、新华三技术有限公司、应急管理部信息研究院、山东能源集团有限公司、晋能控股集团有限公司、陕煤集团神木张家峁矿业有限公司、陕西陕煤陕北矿业有限公司、西安重工装备制造集团有限公司、精英数智科技股份有限公司、国能数智科技开发（北京）有限公司、中煤信息技术（北京）有限公司、陕西陕煤陕北矿业有限公司信息技术运维分公司、西安科技大学、西安工程大学、国能神东煤炭集团有限责任公司、陕西云智数维科技有限公司、西安重装智慧矿山工程技术有限公司、中国煤炭科学研究总院矿山大数据研究院、华电煤业集团数智技术有限公司、云鼎科技股份有限公司、浪潮数字企业技术有限公司、矿冶科技集团有限公司、北京北矿智能科技有限公司、中安智讯（北京）信息科技有限公司、西安合智宇信息科技有限公司、美林数据技术股份有限公司、陕西陕煤黄陵矿业有限公司、腾讯云计算（北京）有限责任公司、内蒙古蒙东能源有限公司、中国煤矿机械装备有限责任公司。

本文件技术指导：王世斌、刘长来、徐金陵、丁震、马世志、王鹏、杨林、蔡峰、宋文兵、路艳萍、李俊、任跃武、赵晓勇、牛虎明、周晓明、胡而已、张冬阳、王军、郭军、金卫多、谢旭阳、张元生、李旭、崔小为、王金双。

本文件主要起草人：赵宇波、韩培强、李佩、张世磊、邓文革、张建安、王前、王艳艳、呼少平、高子元、彭涛、朱锐、薛忠新、胡俭、米波、王曹睿、赵文豪、辛华、侯宇辉、潘涛、王陈书略、田丰、龚星宇、李艳、范生军、于谌彬、杨永生、黄金、陈帅领、卢欣奇、马朝阳、董博、王锦、刘波、王卜堂、王川、敖毅、岳蕾。

智能化矿山数据融合共享 数据存储技术规范

1. 范围

本文件主要规定智能化矿山数据存储技术规范的规范性引用文件、总则相关术语和定义以及规范编制总体要求，为相关数据规范体系建设及规范编制提供支撑和保障。

本文件适用于智能化矿山数据中心以及数据治理层面的存储技术、规范、运维、容灾等维度的要求。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 5271.18-2008 信息技术 词汇 第18部分：分布式数据处理

GB/T 7027-2002 信息分类和编码的基本原则与方法

GB/T 10113-2003 分类与编码通用术语

GB/T 15259-2008 煤矿安全术语

GB/T 18725-2008 制造业信息化 技术术语

GB/T 20529.1-2006 企业信息分类编码导则 第1部分：原则与方法

GB/T 20529.2-2010 企业信息分类编码导则 第2部分：分类编码体系

GB/T 30285 《信息安全技术灾难恢复中心建设与运维管理规范》

GB/T 31500 《信息安全技术存储介质数据恢复服务要求》

GB/T 32400-2015 信息技术 云计算 概览与词汇

GB/T 35295-2017 信息技术 词汇 第2部分：大数据及其应用领域术语

GB/T 37700-2019 信息技术 工业云 参考模型

GB/T 37722-2019 《信息技术大数据存储与处理系统功能要求》第6部分 大数据存储子系统功能要求

AQ 2031-2011 《金属非金属地下矿山监测监控系统建设规范》第9.8章节

3. 术语和定义

3.1. 数据 data

信息的可再解释的形式化表示，以适用于通信、解释或处理。注：可通过人工或自动手段处理数据。

[GB/T 5271.1-2000，定义 01.01.02]

3.2. 数据生命周期 data lifecycle

将原始数据转化为可用于行动的知识的一组过程。

[DB15/T 1591-2019]

3.3. 数据完整性 data integrity

数据没有遭受以未经授权方式所作的更改或破坏的特性。

[GB/T 25069-2010，定义 2.1.36]

3.4. 用户数据 user data

由用户产生或为用户产生的数据，这些数据不影响 TSF 的运行。

[GB/T 25069-2010，定义 2.1.65]

3.5. 结构化数据 structured data

一种数据表示形式，按此种形式，由数据元素汇集而成的每个记录的结构都是一致的并且可以使用关系模型予以有效描述。

[GB/T 35295-2017，定义 2.2.13]

3.6. 非结构化数据 unstructured data

不具有预定义模型或未以预定义方式组织的数据。

[GB/T 35295-2017，定义 2.1.25]

3.7. 半结构化数据 semi-structured data

一种使用特殊标记来分隔语义元素并对记录和字段进行分层的结构化数据形式。

3.8. 数据仓库 data warehouse

在数据准备之后用于永久性存储数据的数据库。

[GB/T 35295-2017, 定义 2.1.35]

3. 9. 分布式文件系统 distributed file system

多个结构化数据集分布在一个或多个服务器集群的各个计算节点的文件系统。

[GB/T 35295-2017, 定义 2.1.21]

3. 10. 数据湖 data lake

一种在系统或存储库中以自然格式存储数据的方法。

3. 11. 矿山数据湖 data lake

一种适用于矿山多源异构数据采集、治理的系统或存储库。

3. 12. 湖仓一体 lakehouse

一种具有数据仓库的组织性和数据湖大规模存储能力的管理模式。

3. 13. 时序数据库 time series database

一种优化用于摄取、处理和存储时间戳的数据库。

3. 14. 对象存储 object storage

一种将非结构化数据存储为具有唯一标识符和数据内容的单个对象的计算机数据存储架构。

4. 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

ODS 数据准备区(Operational Data Store)

DWD 细节数据层 (Data Warehouse Detail)

DWS 数据服务层 (Data Warehouse Service)

ADS 应用数据层 (Application Data Store)

SSD 固态硬盘 (Solid State Driver)

HDD 机械硬盘 (Hard State Driver)

CSV 字符分隔值(Comma-Separated Values)

SQL 结构查询语言 (Structured Query Language)

UTF 统一转换格式 (Unicode transformation format)

GBK 汉字内码扩展规范 (Guo Biao Kuozhan)

iSCSI 互联网小型计算机系统接口 (Internet Small Computer Systems Interface)

RBD RADOS 块设备 (RADOS Block Device)

RADOS 可靠自主分布式对象存储 (Reliable Autonomic Distributed Object Store)

LUN 逻辑单元号 (logical unit number)

POSIX 便携操作系统接口 (Portable Operating System Interface)

REST 表述性状态转移 (Representational State Transfer)

FTP 文件传输协议 (File Transfer Protocol)

HDFS Hadoop 分布式文件系统 (Hadoop Distributed File System)

SAS 串行 SCSI (SCSI Serial Attached SCSI)

SATA 串行高级技术附件 (Serial Advanced Technology Attachment)

S3 简单存储服务 (Simple Storage Service)

SSL 安全套接字层 (Secure Sockets Layer)

API 应用编程接口 (Application Programming Interface)

IT 信息技术 (Information Technology)

OT 运营技术 (Operational Technology)

MPP 大规模并行处理 (Massively Parallel Processing)

TCP 传输控制协议 (Transmission Control Protocol)

ECC 纠错码 (Error Correction/Correcting Code)

HTTPS 超文本传输安全协议 (Hypertext Transfer Protocol Secure)

ACL 访问控制列表 (Access Control List)

CLI 命令行接口 (Command Line Interface)

SNMP 简单网络管理协议 (Simple Network Management Protocol)

RESTful 表述性状态转移风格 (Representational State Transfer Full)

CPU 中央处理器 (Central Processing Unit)

IOPS 每秒输入输出速率 (Input/Output Operations Per Second)

RPO 恢复点目标 (Recovery Point Objective)

RTO 恢复时间目标 (Recovery Time Objective)

RGW RADOS 网关 (Rados Gateway)

NVR 网络视频录像机 (Network Video Recorder)

5. 数据存储规则

5.1. 矿山数据湖

基于矿山丰富的产业数据资源，建立共建共创共享的管理机制，最终形成以生产能力为核心的产业数字化平台，需要寄托于数据湖和湖仓一体技术，实现资源平台结构化数据和非/半结构化数据的入湖和治理。数据湖应具备如下功能：

- a) 应支持结构化数据、半结构化数据、非结构化数据、二进制数据的采集、存储功能。
- b) 应支持弹性扩展能力。
- c) 宜支持多模式计算引擎。
- d) 应支持数据集成、发布、共享。

5.2. 数据仓库分层规则

数据治理过程中，需要对数据进行分层，每一层只处理简单任务，减少重复开发，规范数据分层。

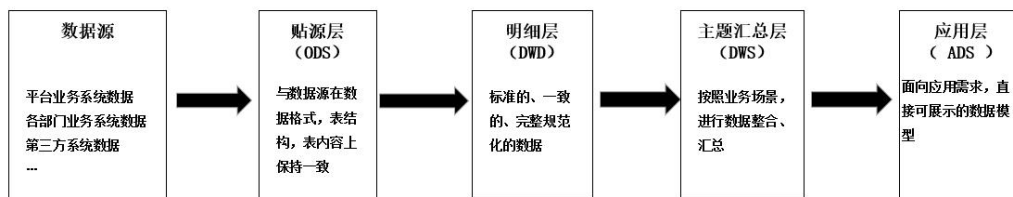


图1 数据仓库分层流转模型示意图

5.2.1 贴源层

贴源层，也叫数据缓冲ODS层 (Operational Data Store)：保留数据抽取过程中的临时数据，主要是将外部源数据的全量或增量抽取。

贴源层的数据与源系统数据保持一致，以历史数据和离线数据为主，以备在数据出现问题时，进行数据稽查和追溯，应将贴源层数据存储至大数据平台

的分布式文件系统或对象存储中。

5.2.2 明细层

明细层，也叫基础数据DWD层（Data Warehouse Detail）：参考国家和相关行业的基础规范要求，明细层存放符合标准的、一致的、完整规范化的数据，最终生成煤矿基础数据。应将明细层数据存储至大数据平台的分布式文件系统或对象存储中。

5.2.3 主题汇总层

主题汇总层，也叫通用数据DWS层（Data Warehouse Service）：在贴源层和明细层的基础上，按照业务场景，进行数据整合、轻度汇总、算法标签，面向应用提供智能数据服务。

主题汇总层面向重点主题领域的数据汇总与知识构建，由一定的业务模型支撑来进行创建，实现某一特定领域的多维分析查询需求，应将主题汇总层数据存储至列式数据库中。

5.2.4 应用层

应用层，也叫聚合数据ADS层（Application Data Store）：在基础库和主题库的基础上，对数据进行统计、分析、计算、分层形成面向业务的数据仓库，并建成配套数据管理体系。结合实际生产业务，生成直接可展示的数据模型。

应用层服务于单个应用，为各种报表和应用提供数据，可将应用层数据存储至列式数据库中。

6. 数据存储格式

6.1. 通用存储格式

6.1.1 数据分层

数据分层存储主要是为合理利用计算、存储资源，提高数据计算与访问效率而设计。在矿山业务中，访问数据的延迟可能会导致上层业务响应较慢，因此按照数据的业务属性，应选择不同的存储介质。

- a) 针对实时计算的数据，实时计算框架需要快速查询与分析，宜将该类数

据存储在SSD中。

- b) 针对离线批量计算的数据，该类数据的访问频率相对较低。宜将该类数据存储在HDD中。
- c) 针对历史数据，该类数据被访问频率很低，但需要将其存档并保留，以符合监管或其他要求，宜将该类数据存储在磁带中。

6.1.2 存储格式

结构化离线数据导入到贴源层时，宜采用CSV格式，便于数据库系统使用，用于文件导入到关系型数据库、非关系型数据库，以及关系型数据库、非关系型数据库导出到文件。应满足如下功能：

- a) 用于分隔CSV文件中的列的字符，需支持单字符和多字符以及特殊字符。
- b) 文件的编码类型应支持UTF-8，中文的编码采用GBK。
- c) 表数据量较大时，支持导出CSV文件，生成多个指定大小的CSV文件，方便查看。

贴源层、明细层、主题汇总层和应用层支持Parquet、ORC等列式存储格式，兼容Hadoop生态圈中大多数计算框架(Mapreduce、Spark等)，可被多种查询引擎支持（Hive、Impala、Presto等）。

6.2. 专用存储格式

6.2.1 分布式块存储

分布式块存储是一种扩展性的存储架构。能够实现跨设备数据分发，能够多个服务器共享负载的存储架构。分布式块存储应满足如下特征：

- a) 应支持iSCSI及RBD块存储接口，兼容Windows、Linux、UNIX、Mac OS、Vmware ESXi等操作系统，兼容KVM、vSphere、Xen、Hyper-V等虚拟化平台。
- b) 应支持多副本或纠删码数据冗余策略。
- c) 应支持卷在线/离线扩容。
- d) 应支持共享卷，包括创建共享卷、多台虚拟机挂载该卷等。

- e) 应支持卷快照，支持只读快照、可写快照、定时快照，一致性组快照。
- f) 应支持链式卷克隆、完整克隆。
- g) 应支持卷拷贝、卷迁移，如从低性能资源池迁移至高性能池。
- h) 应支持卷回收站，在存储卷被删除后，会进入回收站防止误操作，防止数据误删除。
- i) 应支持异步复制功能，提供增量Failback能力，保障在主LUN异常情况下，从LUN可读写，应支持从LUN增量反向同步。
- j) 应支持在线设置异步远程复制pair的数据复制速率策略。

6.2.3 分布式文件存储

分布式文件存储是指通过文件系统管理存储资源的一种存储服务。分布式文件存储应满足如下特征：

- a) 应实现大规模数据可靠的分布式读写，具备“一次写，多次读”特征。
- b) 应提供海量文件存储能力，支持亿级文件和PB级数据容量。
- c) 应支持POSIX/REST/FTP接口访问，能够提供FTP/SFTP接口，以便传统应用可以不修改代码访问HDFS。
- d) 应支持多副本，支持跨机房容灾，支持创建文件系统快照以及元数据周期自动备份。
- e) 应支持磁盘异构，支持分级存储。把不同热度的数据存储于不同的介质（SSD/HDD）上。
- f) 应支持基于标签的数据摆放策略，通过数据特征灵活配置HDFS文件数据块的存储节点。

6.2.4 分布式对象存储

分布式对象存储要求如下：

- a) 应提供面向非结构化数据、支持http/https协议访问的分布式存储服务。
- b) 应支持高可靠性、跨平台性和安全的数据共享。
- c) 应支持RESTful API接口，方便用户简单、快速接入。

- d) 应支持Amazon S3和Openstack Swift规范。
- e) 宜支持SSL（Secure Socket Layer）认证，用于在客户端浏览器和对象网关之间进行安全认证和数据加密。
- f) 宜支持多租户特性，使用同一套系统为不同用户和应用提供存储服务，并设置数据保护、数据存储策略，保证数据之间相互隔离。
- g) 宜支持对象一次写入禁止删除或篡改，支持导出WORM记录。
- h) 宜支持对象存储中的数据进行压缩，可以达到减少对象存储空间的使用，提高对象存储空间利用率。
- i) 宜支持异地跨地域部署存储系统，多站点之间异步复制方式进行数据传输。
- j) 宜支持通过S3协议，将存储在本地RGW中的数据异步同步到其它S3对象存储。

7. 数据存储功能需求

7.1. 基本功能需求

数据存储的基本要求如下：

- a) 应支持数据上传、数据下载、目录查看、目录创建、目录删除、权限修改等操作。
- b) 应支持标准、开放的数据访问API对数据进行操作。
- c) 应提供数据加载工具的功能，大数据存储与处理系统和传统关系型数据库、其他文件系统之间交换数据和文件。
- d) 应支持关键节点(部件)高可用性设计与要求。
- e) 宜提供数据自动备份和手动备份的功能。
- f) 宜支持数据批量更新、删除等数据管理功能。
- g) 宜支持流式的实时数据入库，支持实时查询。

7.2. 业务数据存储要求

7.2.1 总体存储要求

传统煤矿企业的数据来源于两部分业务系统，一部分是井下核心业务系统，另一部分是经营管理数据。

基于煤矿企业数据特点估计数据治理统一存储的基础磁盘空间需求，在数据治理过程中，应充分考虑OT数据和IT数据产生机制的差异性，从灵活响应业务应用需求的角度设计存储策略。应覆盖以下存储场景：

- a) 应根据上游数据的变化频率和下游数据的实时性要求综合考虑增量数据的同步频率，同时增量数据应设置数据的分区逻辑和数据存储时长，分区可以有效的提升数据的访问速度，数据存储时长可以避免海量增量数据导致的存储不足情况。
- b) 应根据数据的特性设置合理的分区字段，有效避免查询人员定位数据引起跨分区扫描。
- c) 应根据数据产生的数据大小设置合理的存储时间。
- d) 应针对存储时间较长但对历史数据访问频率较低的数据提供归档服务，自动将超过设定存储时长的数据进行归档，降低对磁盘的使用率。
- e) 应针对访问频繁度不同的数据提供冷热存储方案。
- f) 应满足结构化、半结构化、非结构化业务数据的存储要求，存储整体应采用对象存储或者文件存储系统。
- g) 应满足上层业务应用系统对数据的使用需求，提供不同的存储格式。
- h) 应提供分布式存储系统，在部分磁盘损坏或者故障的情况下能保证数据不丢失，同时在数据存储不均匀的情况下能进行自动平衡，以保证最大程度的利用存储资源。

7.2.2 总体存储时间要求

根据国家《智能化示范煤矿验收管理办法（试行）》“数据中心与服务”中对于数据存储的要求，视频监控信息存储系统容量不少于30天的累计信息量，其他信息存储系统容量不少于1年的累计信息量。针对监控、监测类数据，根据《金属、非金属地下矿山监测监控系统建设规范》中9.8章节的规定，每3个月

应对监测监控数据进行备份，备份的数据保存时间应不少于2年，视频监控的图像资料保存时间应不少于1个月。

7.2.3 生产监测类数据存储

矿山生产监测类数据是基于时间序列，用于处理带时间标签（按照时间的顺序变化，即时间序列化）的数据，需要获取最新监测状态、指定时间范围查询统计信息、根据指定条件获取异常数据等功能，宜通过时序数据库，使时序数据可以高效存储和快速处理。

7.2.4 音视频类数据存储

矿山音视频类数据以井工、露天、洗选等生产作业场景下摄像头的实时视频图像数据为基础，处理日常的视频图像监控外，还通过AI图像智能识别技术和机器深度学习技术，进行智能化告警，例如人员入侵、岗位人数、猴车违规、睡岗、堆煤、烟火、积水、皮带异常等情况进行智能分析。

矿山音视频类数据在生产场景中借助摄像头、语音对讲终端等前端设备对图像、语音等进行编码，最终以文件的形式存入平台中，此类数据宜基于文件存储系统进行统一存储。文件存储应具备功能请见 6.2.2 章节

7.2.5 空间类数据存储

矿山的空间类数据分为两类，一种是矿山的空间数据的点、线、面实体的描述类结构化数据，例如矿山的名称、编号、所在地、巷道长度以及测量信息等数据，此类数据宜存储在MySQL,PostgreSQL,Oracle,MPP 等数据库中。另一种为矿山空间的文件数据，例如矿山的模型、实景图片、地下水系、卫星影像以及CAD设计图纸等，此类数据都具有专有的文件格式。矿山空间类文件数据，在生产类场景中，宜将其存储在文件存储系统中，便于通过目录对空间类数据进行统一的管理；在分析类场景中，宜将其存储在大数据平台中。

7.2.1.1. 经营管理类数据存储

矿山经营管理类数据包括，煤炭运销数据、财务管理数据、人力资源数据、仓储物流数据等，为保障数据的高并发读写以及事务的一致性，可采用分布式关系型数据库进行存储。关系型数据库应满足如下功能：

- a) 水平弹性伸缩，数据节点数量不变、服务器数量增加，数据节点的数据

存储位置迁移变换的水平弹性伸缩。

- b) 数据一致性：持对应用系统做到实时一致透明的跨库事务的读一致性，支持透明的强一致事务强算法。

7.2.1.2. 应用分析类数据存储

矿山应用分析类数据包括生产技术管理类数据、产量分析数据、物料管理数据、“一防三通”数据等，为满足BI分析，关联计算等上层业务海量数据实时查询需求，应采用大规模并行分析数据库(A analytical Massively Parallel Processing (MPP) Databases)。MPP数据库应满足如下功能：

- a) 应支持实时分析。
- b) 应支持实时聚合。
- c) 应支持高性能和高并发，具备线性扩展能力。
- d) 宜支持库内机器学习。

7.2.1.3. 其他类数据存储

针对图像、文件、视频等非结构化数据，经过多个系统做数据处理后，可在分布式文件存储（HDFS）或分布式对象存储中统一存储，之后可通过数据库、AI等计算资源进行通用的和定制业务的模型算法计算和分析。应满足如下能力：

- a) 支持提供高度容错性的分布式文件系统，适合部署在普通 X86和Arm服务器上。能提供高吞吐量的数据访问，适合大规模数据集上的应用；
- b) 支持提供高可靠性、高性能、面向列、可伸缩的分布式存储系统，以键值对的形式承载海量结构化、半结构化以及非结构化数据。

针对半结构化数据，需分布式文件存储的数据库支撑。应满足如下能力：

- a) 支持面向集合存储：数据可被分组存储在集合中，一个集合中可以存储无限多的文档。
- b) 支持完全索引：可以在任意属性上建立索引，可以在指定属性、内部对象上创建索引以提高查询的速度。
- c) 支持查询：支持SQL中的大部分查询。

- d) 支持二进制数据存储，包括大型对象（如视频）。
- e) 支持自动处理分片，以支持云计算层次的扩展，实现更大的负载，也能保证存储的负载均衡。

7.3. 数据分级存储机制

- a) 应支持按照不同介质类型或不同集群类型创建文件存储层级。
- b) 应支持针对文件系统创建分级策略。

7.4. 数据加速

数据加速是为了满足矿山部分业务和数据的高性能存储需求，对象存储可配置高速 SSD 盘加速提升整个存储集群的读写性能，满足高性能业务需求。并通过冷热数据分层机制，将热数据保存在内存和 SSD 组成的多级缓存分层中，提升读写效率。数据加速应满足如下功能：

- a) 写加速，支持内存+SSD两级读写缓存（内存做一级缓冲，SSD做二级缓冲）。
- b) 读加速，如数据已经存在内存中则直接读取内存中的数据，否则继续尝试读取SSD缓存或HDD数据盘中的原始。

7.5. 数据重构

当矿山业务系统所用存储中的磁盘或者节点损坏时，存储系统能自动启动数据重构的流程，数据重构需满足如下功能：

- a) 全资源池内需自动并行重建，无需单独的热备盘支持，提高重构速度。
- b) 要求存储系统支持快速重构，每TB数据在30分钟内完成重构。
- c) 为了避免重构过程对前端业务造成影响，需要存储系统能够灵活配置重构速度，支持多种重构模式。

7.6. 数据可靠性需求

7.6.1 数据高可用

数据高可用应支持：

- a) 应支持数据存储可靠性达到99.999%。

- b) 应支持数据冗余配置，如多副本或纠删码。
- c) 应支持多副本保护机制，允许设置副本数量。
- d) 应支持静默损坏数据修复功能。
- e) 应支持数据重构技术，重构期间业务不中断、数据不丢失。
- f) 应支持容量和I/O访问的负载均衡。
- g) 应支持I/O的冗余设计。
- h) 应支持数据副本强一致性，包括读强一致性和写强一致性。
- i) 应支持全I/O 流程数据校验，包括但不限于TCP数据校验、内存ECC校验、存储集群数校验等。
- j) 应支持数据冗余不足时读写保护。
- k) 应支持后台数据校验扫描，可及时发现数据完整性，并能对校验速度、校验周期、开始结束时间等参数进行配置，防止数据产生静默错误，增强系统校验能力。
- l) 应支持出现机房异常掉电等情况下，数据不丢失。
- m) 应支持读修复能力，减少磁盘故障率。
- n) 应支持在业务正常运行的情况下，新增存储节点时不造成数据迁移。

7.6.2 系统高可用

具体要求包括：

- a) 应支持系统高可用性达到99.99%。
- b) 应支持当节点失效或节点重新加入时，存储业务基于节点自动负载均衡。
- c) 应支持当管理界面相关进程或服务发生故障时，管理节点进行切换。
- d) 应支持块存储组件之间有心跳检测等可靠性机制，可以检测到组件故障。
- e) 应支持集群监控组件高可用。
- f) 应支持集群管理数据的备份与恢复。

7.7. 数据安全

数据存储系统面临着数据泄露、数据损坏以及临时或永久丧失可访问性和可用性。需要通过技术控制手段，确保数据安全。数据安全应满足如下功能：

- a) 应支持操作系统加固，通过操作系统内存隔离、内核参数、广播响应、目录权限、账号口令以及审计日志等，增强安全性。
- b) 应支持安全补丁，针对操作系统设计漏洞，结合实际的使用需求，定期提供安全补丁。
- c) 应支持Web安全，包括但不限于HTTPS加密访问、防脚本和SQL攻击、请求伪造、敏感信息隐藏以及访问鉴权控制等功能。
- d) 应支持管理平台IP白名单，非白名单IP地址无法访问。
- e) 需要有鉴权机制来实现存储系统的访问控制。
- f) 宜支持通过域名加密等技术实现认证鉴权功能。
- g) 宜支持用户角色、密码组合机制、会话过期以及日志告警审计等功能，对用户权限进行分级管理。
- h) 宜支持强密码复杂度策略，文件系统支持宜本地认证方式。

8. 数据存储容灾备份

8.1. 数据存储容灾备份原则

智能化矿山存储系统容灾备份的总体原则是：

- a) 针对存储系统潜在的中断风险（灾难），提供预防机制，提供系统连续运行能力。
- b) 对无法抗拒的严重灾难，提供系统恢复机制，将引发的业务损失降低到可接受的程度。
- c) 实现关键业务系统及其关联系统的数据安全，减少计划停机次数/时间，消除对核心数据的争用，将存储的接管时间控制在可接受的范围。

智能化矿山存储系统容灾备份的技术原则是：

- a) 实用性与成熟性：使用业界成熟、可靠和实用的灾备技术。
- b) 先进性：系统结构能够满足和适应矿山行业系统快速变化和发展的要求。
- c) 开放与标准化：采用开放的技术标准和协议支持整个系统的运行，兼容性和恢复性强。
- d) 自动化和操作的简单化：系统各部分有机集成，集中控制。

8.2. 数据容灾要求

8.2.1 分布式块

支持跨数据中心容灾方案，支持同步/异步复制容灾方案，方案对业务主机没有影响。

要求：

- a) 基于存储系统的复制，减少计算资源的占用。
- b) 存储系统使用同步/异步远程复制技术周期性地同步数据。
- c) 存储系统对主LUN进行写操作时，待主LUN返回写请求成功后，就返回主机写请求成功，最大限度减少由于数据远程传输的时延而造成的业务性能下降。
- d) 存储系统当主LUN所在站点故障发生或者计划迁移时，将前端业务请求切换至从LUN所在站点。当主LUN所在站点恢复可用时，将前端业务请求切换回主LUN所在站点。
- e) 备存储站点数据只有完整在可以接管业务，数据不完整则需回滚到完整状态后接管业务。
- f) 应支持容灾切换与计划性迁移，减少容灾管理员手工操作。

8.2.2 分布式文件存储

分布式文件存储容灾，不会消耗主机资源，能更好的保障业务的性能与稳定。若其中一台存储出现故障，业务会自动切换到另外一台存储上，无需人工干预，正常的存储可以无缝接管故障存储的业务，很好的保护业务的连续运行。

要求：

- a) 在生产分布式文件存储上操作数据时，将此操作以事件的方式发送，当

存在大量操作，存在事件合并，同步到容灾分布式文件存储机上。

- b) 生产分布式文件存储自动捕获其存储服务器数据的变化，将变化的数据从传输到容灾分布式文件存储。
- c) 应支持容灾切换与计划性迁移，减少容灾管理员手工操作。

8.2.3 分布式对象存储

满足桶的跨区域容灾或用户数据复制的需求，源对象存储空间自动、异步（近实时）复制文件，同时将读一下对象的创建、更新和删除等操作从源存储空间复制到不同区域的目标存储空间。它们具有相同的对象名、版本信息、元数据以及内容，例如创建时间、拥有者、对象内容等。

要求：

- a) 支持通过S3协议，将存储在的数据异步同步到其它S3对象存储中。
- b) 开启异步复制的两个集群之间系统时间允许的差值为分钟级。
- c) 支持基于bucket粒度远程同步功能。
- d) 支持通过https同步数据。
- e) 支持在本地RGW中删除object的操作也会被同步至远端对象存储中。
- f) 应支持容灾切换与计划性迁移，减少容灾管理员手工操作。

8.3. 数据备份与恢复

满足当矿山信息系统出现故障的情况下能迅速恢复使用，满足数据恢复和重建的目标。通过确定备份时间、技术、介质和场外存放方式，以保证达到RPO和RTO的要求，数据备份和灾难恢复要求遵循GB/T 30285《信息安全技术灾难恢复中心建设与运维管理规范》及GB/T 31500《信息安全技术存储介质数据恢复服务要求》。要求：

- a) 系统支持数据库、文件、操作系统、虚拟机等进行统一备份。
- b) 应支持备份链路与业务链路分离模式的备份与恢复，减少对生产服务器的性能影响。
- c) 应支持在线备份，在虚拟机或者物理机是开机和关机状态下都可进行备份。

- d) 应支持灵活的备份策略：支持针对不同卷组或虚拟机、数据库、文件系统等设置不同备份策略；提供多种备份类型，包括全量备份和增量备份、差异备份。
- e) 应支持备份数据校验，确保备份数据的可用性。
- f) 应支持虚拟机、文件、数据库等进行单独恢复保证数据的可用性。

9. 数据存储运维

9.1. 管理要求

9.1.1 集群管理

- a) 支持同一个集群中配置不同的存储池，如混闪池、全闪池等。
- b) 支持在存储集群中添加、删除、更换硬盘，查看硬盘的健康状态。
- c) 支持存储池创建、删除、扩容、缩容等功能。
- d) 支持不同存储池配置不同的数据冗余策略。
- e) 支持查询已创建的存储池的配置信息、属性及状态信息。
- f) 支持集群配置管理，如集群（状态）信息，存储池信息，拓扑信息等。
- g) 支持以存储节点或硬盘为单元创建存储池。
- h) 支持文件、块、对象等功能在同一集群内融合部署。
- i) 支持以机柜为单元创建存储池。
- j) 支持存储分级功能，同一系统根据不同性能的存储介质创建不同的存储池。

9.1.2 系统管理

- a) 支持可视化web界面、CLI命令行等方式对存储系统进行管理。
- b) 支持系统运维，如对系统故障、硬件故障、服务异常、性能异常等定位和处理。
- c) 支持更换系统中的故障部件，如存储介质、控制器、网络设备等。
- d) 支持在硬盘或存储节点失效时，基于存储池的数据重构。
- e) 支持读写缓存技术，根据缓存配置原则制定对应的缓存策略。
- f) 支持license许可，可通过管理平台查看当前授权容量、使用时长等信息。
- g) 宜支持存储系统的配置信息导入和导出。

- h) 支持手动或自动调整优前端应用或优先数据重构策略。
- i) 支持SNMP或RESTful API接口等管理方式。

9.1.3 故障管理

存储系统需要通过历史故障对比来对存储系统的性能和可靠性进行分析和评估，可以帮助用户了解存储系统的故障模式和趋势，以及制定相应的应对措施。历史故障对比的功能通常包括以下几个方面：

- a) 故障发生率比较：比较不同存储格式在同一时间段内的故障发生率，帮助用户了解不同存储格式的可靠性差异。
- b) 故障类型统计：统计不同类型的故障在存储系统中的发生情况，例如硬件故障、网络故障、软件故障等，从而了解不同类型的故障对存储系统性能和可靠性的影响。
- c) 故障趋势分析：分析存储系统中故障的趋势，例如故障率的增长趋势、故障类型的变化趋势等，从而预测未来故障的可能发生情况，并采取相应的应对措施。
- d) 故障原因分析：分析存储系统中故障的原因，例如硬件故障是由于设备老化或者人为疏忽导致的，软件故障是由于代码问题或者配置错误导致的，从而找到故障的根本原因，避免类似故障的再次发生。
- e) 故障处理时间对比：比较不同故障的处理时间，从而找到故障处理的瓶颈和改进空间，提高存储系统的可靠性和性能。

9.1.4 变更管理

- a) 支持存储系统软件在线升级。
- b) 支持存储系统软件回滚。
- c) 支持集群在线扩容和缩容，包括节点级和硬盘级。
- d) 支持存储系统升级过程中数据保持一致性，服务不中断。
- e) 支持存储系统扩容过程中数据保持一致性，服务不中断。
- f) 支持存储设备在扩容后，可手动或自动实现节点之间的容量负载均衡。
- g) 支持集群软件卸载功能，包括单节点卸载和批量卸载。

9.1.5 监控管理

- a) 支持可视化方式展示集群、存储池、节点及各存储系统的监控状态。
- b) 支持监控集群运行状态、容量使用及性能状况，如CPU、内存、网卡、

- 硬盘等。
- c) 支持监控存储池运行状态、容量使用及性能状况，如CPU、内存、网卡、硬盘等。
 - d) 支持监控节点运行状态、容量使用及性能状况，如CPU、内存、网卡、硬盘等。
 - e) 支持监控块存储系统、文件存储系统、对象存储系统以及大数据存储系统的性能状况（如IOPS、带宽、时延等）和容量使用情况。
 - f) 支持历史监控信息的查询。
 - g) 支持设置监控信息的保存时间，至少6个月。
 - h) 支持性能指标的订阅，可根据订阅需求对性能指标进行统计和呈现。
 - i) 支持根据不同维度的信息自动形成统计报表，如硬盘容量、CPU占用率等。
 - j) 宜支持容量分析和预测，如存储资源的消耗趋势等。
 - k) 支持自定义监控项。

9.1.6 告警管理

- a) 支持存储集群、节点、部件（硬盘、网口、风扇、电源等）等运行状态异常告警。
- b) 支持不同存储系统运行状态异常告警，如块存储系统、文件存储系统等。
- c) 支持告警级别的设置，如危急、严重、警告等。
- d) 支持至少一种告警实时通知方式，如界面、邮件、短信等。
- e) 支持告警阈值的设定。
- f) 支持根据自定义参数进行告警信息过滤，如关键字，告警级别，时间段等。
- g) 支持历史告警信息的查询和导出。
- h) 支持提供每种告警的对应处理方法及影响范围。

9.2. 智能运维

9.2.1 应用分析

智能存储需要具备自我管理的能力，从存储、网络、计算、虚拟机、到应用，通过智能给出基础架构优化运行的建议，最终还能自动执行。应用分析应具备

如下能力：

- a) 智能存储配置简洁。
- b) 智能存储应能为应用智能供给资源。
- c) 智能存储应能智能感知应用。

9.2.2 故障预防

存储系统要具备自我修复的能力，能够自动预测和预防问题，故障预测应具备如下能力：

- a) 应当具备一次故障、永久免疫的能力，利用大数据分析技术，从故障信息和日志中提取数据价值，在云端进行AI机器学习和智能分析，形成故障的特征并进行识别。
- b) 应该具备风险预测的能力，可以预测、防止和解决整个存储系统内的问题，包括部件故障、数据可用性问题、数据丢失问题，确保性能和资源利用率达到最优。
- c) 应当具备自动维护问题和黑名单能力，通过扫描存储配置，能够发现用户数据中心的安全漏洞，从而预防可能会被黑客利用并攻击的风险。
- d) 应当能够预测存储硬件的健康状态，对于存储集群中的每块硬盘，根据预测结果显示其健康状态，包括健康、SSD耐久度、故障、高风险。

9.2.3 性能洞察

通过应用的智能感知，基于现有的业务压力和规律，就可以精确计算出未来若干天的存储能力走势，让用户对存储的承载能力和业务的负载压力清晰洞察，让性能变得更可预测和可控；性能洞察需具有以下能力：

- a) 应根据现有可用空间更好地计划工作负载。
- b) 支持预测未来数天到数月的存储性能趋势，并识别性能潮汐规律。
- c) 支持预测存储的性能天花板，通过获取当前配置的存储能够达到的性能，以及达到饱和的时间点预测。
- d) 应具备细粒度的性能监控和分析功能，具有高级图形化报表，可以定制历史运行数据，可以导出，并自动生产报告。

9.2.4 容量预测

基于人工智能技术做预测和分析，可以实时查看整个存储系统中的每个部

件的状况和性能，根据过去各个时间段，实际业务的应用特性，从而分析出容量使用趋势，对存储整体容量和性能做出评估和预测。并且根据设备配置和使用趋势，智能的给出扩容建议。
