

8 存储架构

8.1 存储需求分析

基于健康档案的区域卫生信息平台建设中最关键的是数据。如何满足区域卫生信息平台的存储需求，是我们必须考虑的问题。以下我们对区域卫生信息平台中所涉及的存储需求进行分析。

8.1.1 存储的数据类型

在存储架构的设计中，我们需要同时考虑健康档案的数据存储和区域卫生信息平台的数据存储。

健康档案的存储主要分成五种类型：健康档案数据存储（EHR Data Storage）、业务文档数据存储（Business Document Storage）、ODS 数据存储（Operational Data Store）、业务平台数据存储（Business Data Storage）、数据仓库存储（Data Warehouse）。

区域卫生信息平台运行所涉及的支撑数据包括：标准数据、注册数据、来自各 POS 的数据等。

1)、健康档案数据

健康档案数据（EHR Data Store）是区域卫生信息平台的基础。健康档案数据不限定以关系型数据库或文档的存储方式进行存储，在存储架构设计中应重点考虑健康档案数据中不同数据存储方式下的存储、归档、检索的效率，以及所涉及的数据备份恢复。

根据健康档案信息的分类，健康档案存储服务分为七个存储库：个人基本信息存储库、主要疾病和健康问题摘要存储库、儿童保健存储库、妇女保健存储库、疾病控制存储库、疾病管理存储库以及医疗服务存储库。

2)、业务文档数据库

业务文档数据库指的是医疗活动产生的与 EHR 相关的文档，这些文档通过区域信息交换层（HIAL）传送到区域卫生信息平台。它需要平台的专门服务解析和

映射 (Parser/Map/Rebuilder)，才能转换成 EHR 文档。平台必须有一个永久存储业务文档库的数据库。

业务文档以 XML 方式进行组织，与电子签名相结合，在文档库中进行注册。

3)、ODS 数据库

从业务支持的角度来看，我们需要建立 ODS 数据库，来实现对业务的更好支持。为了完成某些特定业务上的流程要求，可能产生很多中间数据，而这些中间数据都有赖 ODS 数据库实现其存储方式。

4)、业务平台数据库

除健康档案数据 (EHR Data Store) 之外，区域卫生信息平台需要存储一些相关的业务数据，并实现对这些数据的插入、更新、查询和统计功能。业务数据主要包括以文档形式存储的结果数据，以及操作型数据。

- 文档数据：以文档形式存在于平台中的临床和预防保健业务数据，例如检验报告、处方、传染病报告卡等。这些数据是结果数据。
- 操作型数据：从多个医疗机构内部信息系统中采集上来，并加以汇总处理后的数据，主要服务于统一的实时查询和实时的统计。

5)、数据仓库

主要是业务管理和辅助决策所需的支撑数据。这些数据是通过数据仓库工具进行抽取、转化和整理后存储在数据仓库中的。数据仓库数据以主题方式组织，是经过二次加工的历史数据。

6)、标准数据

标准数据是区域卫生信息平台运行的数据基础。标准数据包括区域卫生业务数据的所有数据标准规范，通过这个库和数据校验机制对数据中心的数据进行标准化保障，主要的数据标准包括整个定义电子健康档案的数据集和数据元（具体可参考卫生部发布的中国健康档案数据标准），还有各种代码标准。由于数据标准存在着时效性，因此针对有时效性的数据进行版本控制，不同的版本有各自的生命周期，不同生命周期中的业务数据对应不同版本的数据。

在系统实现中，标准数据以 XML template 的形式或关系型数据的形式进行存储。

7)、注册数据

注册数据是满足注册服务所需的数据及存储。包括个人、医疗卫生人员、医疗

卫生机构、医疗卫生术语的注册管理数据。

8)、区域信息交换层（HIAL）临时存储的交换数据

区域信息交换层（HIAL）将来自于 POS 的数据/文档接入到平台中进行处理。区域信息交换层（HIAL）将 EHR 数据/文档发送到 POS 或其他数据消费方。这些数据/文档在处理前将临时存放在数据交换（HIAL）应用服务器或其他服务器。这部分数据的存储要求有较高的 I/O 速度。

8.1.2 数据存储的模式需求

对于基于健康档案的区域卫生信息平台来说，数据存储模式是信息架构要考虑的一项重要内容。对于区域卫生信息的使用者而言，没有必要关心数据的存储模式。这比如大家从互联网上查找新闻时，大家并不关心存储这条新闻的服务器放在那个国家，也即不必关心数据存储模式。但是区域卫生信息平台的设计者，需要从经济可行性、技术可行性和管理可行性方面去考虑选择不同的数据存储模式。

区域卫生信息平台涉及到与居民健康相关的所有业务，因此其业务数据具有类型多、容量大的特点。数据存储模式种类有以下三种：集中式、分布式和联邦式。集中式：建设一个统一的数据中心，把一个区域内需要共享的数据集中全部存储在数据中心。分布式：一个区域内没有统一的数据存储中心，数据可以分散在不同的机构和地点。例如，某个患者需要访问上个月做的 X 光检查资料，区域卫生信息平台会将该患者的访问需求转移到他上个月去的医院的系统，将存储在该医院的数据提供给患者使用。所谓联邦式是集中与分布相结合的数据存储模式，对于用户经常访问的数据集中在数据中心，其余分散在不同地点或机构。

根据业务数据的特点，对数据存储的要求也不尽相同。我们对这三种数据存储的优劣势以及数据分布的分析如下：

表 8-1 数据存储的优劣势以及数据分布

数据存储模式	优点	缺点	数据分布
集中式存储方式	效率高且方法简单	但扩展性和灵活适应性受到一定局限	在本系统建设中，对于居民基本信息（包括姓名、性别、出生年月、身份证号、社会保险号等），由于其使用频率高，数据容量相对较小，可采用数据中心集中式存储的

			方式；对于公共卫生信息，如疾病预防数据、妇幼保健数据、精神卫生数据，则采用中心集中存储的模式，这样可以保证该类数据的安全性。
分布式存储方式	一般说来效率较低，技术实现复杂	扩展性和灵活性有很大优势	在本系统建设中，对于医学影像信息，其数据量大，可采用分布式的存储模式，这类信息通过注册到区域卫生信息平台，当医疗机构需要调阅时，可通过平台查询获取数据所存储的地址（一般为某医疗机构），再从目的地获取所需要的信息。这样既减轻了平台的负载，也提高了数据的调阅效率，但缺点是对医疗机构之间的网络要求较高，区域范围内各医疗机构之间必须是双向网络，而且需要保证一定的带宽。
混合存储方式（联邦式）	结合以上两种模式的优点		对于其他业务数据（如实验室检验数据、就诊记录数据），则可以根据实际的业务需求，采用分布式存储+集中式存储的混合模式。

总的来说，区域卫生信息平台存储架构设计中应考虑支持这三种架构来实现数据存储。

8.1.3 数据存储的安全需求

在存储设计中，应考虑数据存储的安全需求。由于数据不限定以关系型数据库或文档形式进行存储，需要建立安全控制机制，对存储的数据对象访问进行授权。对于存储在数据库中的数据，除了授权机制之外，应考虑视图级安全和记录级安

全控制以及防抵赖的安全控制机制。

对于数据安全的解决方案，将在第 10 章安全方案中重点阐述。本章节主要考虑存储系统本身的可靠性相关的安全方案。

8.1.4 可靠性和可扩展性的需求

基于健康档案的区域卫生信息平台建立之后，将成为实现卫生信息系统互联互通的核心枢纽。而数据存储的可靠性是满足互联互通正常运转的基石，在存储设计中应充分考虑可靠性的需求，建立有效率的备份恢复机制、冗余存储机制以及灾难备份机制。

存储系统的规划及分析，需综合考虑区域卫生信息平台对存储系统的需求。健康档案数据 (EHR Data Store) 覆盖了从婴儿期到老年期的八个主要的生命阶段，数据以增量的方式增长。在存储设计之初，不仅要考虑满足短期内的存储需求，而且要考虑未来较长时间内容量需求扩展的情况，以及分级存储实现的可扩展性。

8.2 存储设计（数据存储的物理设计）

8.2.1 数据类型对应的存储模式

对于不同类型的数据进行分析，我们提出推荐的存储模式如下：

表 8-2 数据类型的存储模式

数据类型	存储模式
MPI	关系数据库 Table，索引数据库
EHR 索引	关系数据库 Table，索引数据库
健康档案摘要	关系数据库 Table
健康档案地址	XML
健康档案实体	XML, 文件, 文档(包括 XML, HTML, DICOM, PDF, DOC,)
标准数据	关系数据库 Table，XML
注册数据	关系数据库 Table
业务文档数据	XML

ODS 数据	关系型数据库
数据仓库	专用数据仓库，关系型数据库

上表主要目的是区分 XML 文档和结构化数据，其他类型数据库（如面向对象数据库等）也可以满足系统建设的需求。下面章节的讨论，主要基于关系型数据库和 XML 文档存储来进行。

总的来说，结构化的数据类型（除 XML 文档之外），均采取关系型数据库进行存储；对于 XML 文档，考虑其存储的特殊性以及存在的多种存储模式可能，我们将在 8.2.2 节对 XML 文档的存储设计进行详细阐述；其他类型的数据，如 WORD 文档、PDF 文档、DICOM 文档等，更多的采用文件方式进行存储。

8.2.2 XML 文档存储设计

区域卫生信息平台建设中，系统与平台间、系统与系统间（如果有的话）的信息交换，凡是顺从 CDA 标准的，一定是文档格式。这些文档均遵循 XML 规范以 XML 文档的形式进行传输和存储。对于 XML 文档的存储设计，不仅要考虑存储和备份，也需要考虑区域卫生信息平台对于 XML 文档的检索、查询需求。

目前 XML 文档广泛应用以下几种方式进行存储：

1). 文件形式存储：原始 XML 文档或按照平台要求经过转换后的标准化的 XML 文档，以文件形式保存。

2). 数据库形式存储：

- Native XML 数据库：在 Native XML 数据库中 can 定义 XML schema 模型定义，支持 DOM(Document Object Model)或/和 SAX(Simple API for XML),，支持 XML Path 语言（XPath）和 XQuery。Native XML 数据库的物理存储实现，可以基于关系型、层级型或者面向对象的数据数据库结构。

- 大字段存储：以大字段的形式将 XML 文件存储到关系型数据库。关系型数据库中提供的 XML 支持功能可以用 DOM 或/和 SAX 的方式进行解析。

- 平面表存储：原始 XML 文档或按照平台要求经过转换后的标准化的 XML 文档，经过 XML 解析器解析分解后，以约定的格式将 XML 文档中的存储在数据库的表、字段中。

表 8-3 XML 存储方式比较

存储方式	优点	缺点
文件存储	针对读写直接操作,节省多余开销,能够针对文件结构做专门优化,获得更高的读写性能效果	维护复杂,开发成本高,不利于统计和查询
Native XML 数据库存储	较为理想的存储方式,主流数据库都已经支持。统计查询方便,维护成本低,技术成熟稳定	需要更多的额外开销处理实体的读写
大字段存储	主流数据库都支持,可基于 XML 文档的摘要信息进行检索,适用于不需要对 XML 文档内部文档进行检索的应用场景	SQL 查询不能深入到保存该文档的字段并翻译它——检查文档的各部分的唯一方法就是把整个部分返回到结果集中去
平面表存储	主流数据库都支持,最为灵活的实现方式,可以有效的针对性能需求进行数据表结构和存储设计	需要花费额外的时间去寻找和组装 XML 文档; XML Schema 的变更将导致数据表的结构变更,需要有完整的开发维护管理做为支持
混合存储	对每种 XML 文档进行分析,针对专门的读写进行优化,既保留文件存储的高性能,又能保留数据库存储的方便查询	开发成本高,业务分析复杂,存储成本增加

8.2.3 文件的管理和存储设计

如前文所述, EHR 数据库中的文档、业务档案归档库中的文档以及其他结构化或非结构化文档(如 PDF、WORD、扫描文件等),均有可能以文件的形式进行存储。

文件形式存储又可以分为两种管理方式：

1). 信息平台系统自行管理的方式：由信息平台系统来注册和管理文件存储位置信息，通过 URI 或者其他寻址方式来获取以文件形式存储的 XML 文档。需要信息平台系统具有较为完整的文件注册和管理机制，需要单独考虑 XML 文件的存储和备份。

2). 数据库管理的方式：主流数据库支持对文件系统中的文件进行管理。在数据库中可以创建目录映射关系，并存储文件的目录信息。这样通过数据库连接，可以直接获取以文件形式存储的 XML 文档。这种管理形式在一定程度上可以更为有效的对文件存储位置进行维护和管理。但是由于 XML 文件并不存储在数据库中，在 XML 文件存储和备份中仍然需要单独进行考虑。

所有的文件均需遵循信息生命周期管理(ILM)的理念，建立统一的管理以及归档机制。

8.2.4 数据库存储设计

区域卫生信息平台有大量的数据需要存储在关系型数据库中，包括：MPI、EHR 索引、健康档案摘要、标准数据、其他注册数据等。如上一节所描述的，XML 文档也可能存储在关系型数据库或者基于关系型数据库的 Native XML 数据库。在这些数据中，MPI、EHR 索引等数据是区域卫生信息平台数据交换、检索和统计的基础，平台系统对这部分数据的访问量是最大的，在数据库的存储设计中应该重点考虑。

以下我们将针对数据库存储设计的基本原则，以及需要重点考虑的一些问题进行深入探讨。

8.2.4.1 数据库存储设计的基本原则

数据库存储设计应遵循以下几个基本原则：

- 可预知的 I/O 和系统性能
- 均衡可用的 I/O 带宽和能力，避免出现“热点”
- 方便可行的动态管理能力
- 便于判断和定位问题
- 通过冗余实现高可用性
- 健全的备份和恢复机制

8.2.4.2 数据库存储物理设计中需要考虑的一些问题

1)、不仅需要考虑存储的容量，更要考虑存储的 IOPS (IO per Second) 和吞吐量

从数据库的角度来看，存储管理提供像 LUNs 这样的存储单元，即服务器上的一个存储设备。然而一个 LUN 是一个完全虚拟的实体，由一个存储管理器提供，并可以映射到任何磁盘组合。一个单独的 LUN 可能是一个 RAID (Redundant Array of Independent Disk) 阵列、一个 RAID 阵列的一部分、单块磁盘、一块磁盘的一部分或者多个 RAID 阵列的“中继”。

数据库服务器是一种 I/O 密集型的系统，区域卫生信息平台的数据库有较多的写、更新和检索操作。因此我们不仅要考虑存储空间，而且要考虑物理存储的 IOPS 和吞吐量的要求。

从物理存储设计的角度来说，直接涉及到每块物理磁盘的转速以及对应 CPU 数量的磁盘数量，以及采用的 RAID 级别等具体技术指标和存储组织方式。

2)、文件系统和裸设备的选择

数据库表空间可以存放在文件系统中，也可以直接存放在裸设备上。关于这两种方式的选择，业界有不同的看法：

- 文件系统：直接 I/O 和并行 I/O 已经几乎完全消除了为了性能需要使用裸设备的需求。文件系统提供了比裸设备更好的管理能力，一个文件系统可以作为一个容器被多个表空间使用。
- 裸设备：使用裸设备避免了再经过操作系统这一层，数据直接从设备到数据库进行传输，所以使用裸设备对于读写频繁的数据库应用来说，可以极大地提高数据库系统的性能。当然，这是以磁盘的 I/O 非常大，磁盘 I/O 已经称为系统瓶颈的情况下才成立。

而判断是否使用裸设备要从以下两个方面进行考虑：

首先，数据库系统本身需要已经被比较好的经过了优化。在未经过优化的数据库系统上体现出来的 I/O 问题，并不能确定存储系统本身是否存在瓶颈；

其次，是否确实存在由于采用文件系统导致的磁盘读写瓶颈，事实上绝大多数情况下，文件系统已经完全可以满足系统对于 I/O 的要求。

在区域卫生信息平台的数据库存储设计中，我们应根据实际的系统需求，来选择文件系统或裸设备做为数据库表空间的存储。

3)、优化数据库存储设计

· 事务日志和数据表空间存储分离

为了拥有最好的性能，需要把事务日志和数据表空间分开，分别存放在不同的磁盘或者在不同的 LUNs 上。应该为每个数据库分区上的事务日志提供专门的磁盘，并且一般情况下一个表空间应该对应应有多个 LUNs(Logical Unit Number)存储。

日志磁盘数目对数据磁盘数目的比例完全取决于工作负载，一个比较好的调整标准是 15% 到 25% 的磁盘给日志，75% to 85% 的磁盘给数据。日志磁盘可以采用读写性能更高的固态硬盘（Solid State Drive）方案，以获取更高的性能。

· 索引和数据表空间存储分离

为了避免 I/O 争用带来的性能影响，数据库存储物理设计中应该将数据所用的表空间和索引所用的表空间的物理存储进行分离。

在实际设计中，索引和数据表空间物理存储的分离扩展到更多的表空间，以达到存储的均衡或者消除存储热点。

· RAID 条带大小和数据库数据块大小之间的配合

数据库是以数据块大小的整数倍进行读写。为提高读写效率，在 RAID 条带大小的设定时，需要把条带大小设定为数据库数据块大小的整数倍。

4)、数据库自动存储管理

目前主流的数据库系统都具有自动存储管理的功能，它为数据库管理员提供了一个简单的存储管理界面。一些自动存储管理服务还提供了异步 I/O 的性能以及文件系统的易管理性。自动存储管理提高了管理动态数据库环境的灵活性，并且提高了效率。在存储系统的设计中应考虑与数据库自动存储管理功能之间的衔接和配合。

5)、数据库高可用性

区域卫生信息平台对于数据库的高可用性有较高的要求，通过数据冗余/镜像、主/备份数据库服务器或者数据库集群技术等方式，来满足区域卫生信息平台对于数据库高可用性的需求。这些技术的实现都需要存储系统的支持，在存储系统的设计中应重点考虑与不同实现方式和技术之间的衔接和配合。

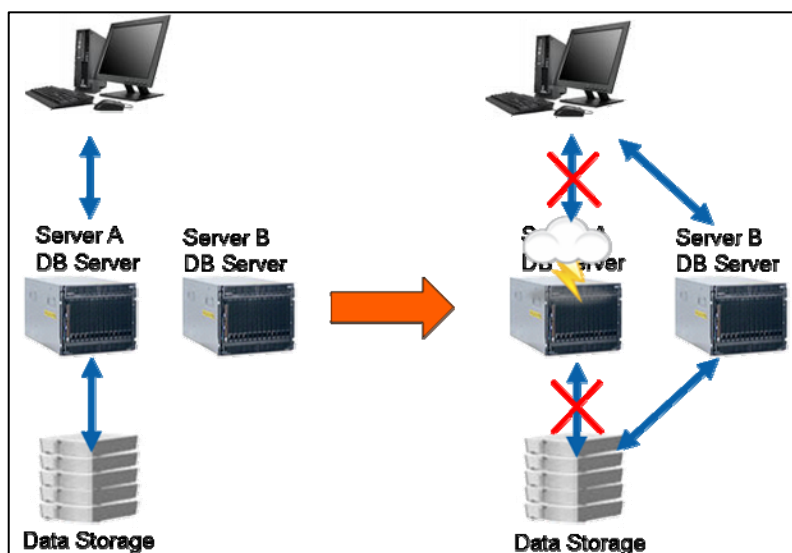


图 8-1 主/备份数据库（双机）

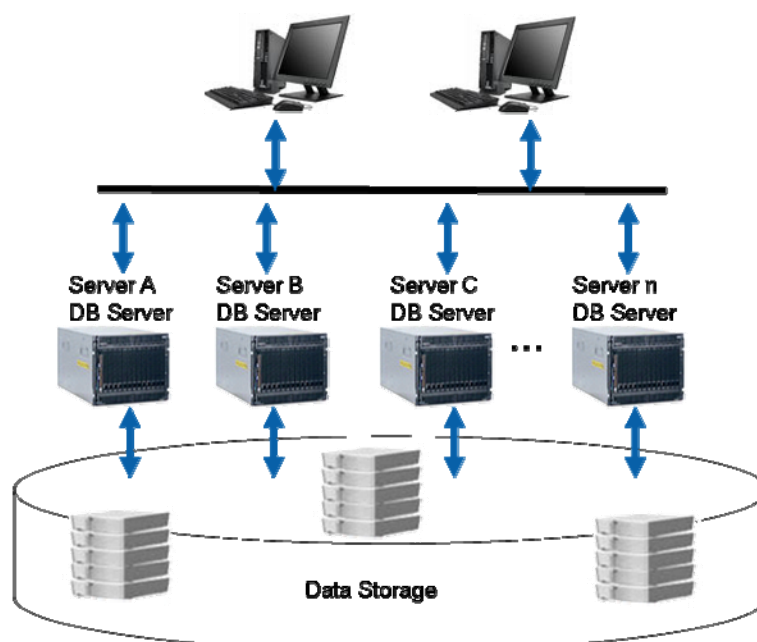


图 8-2 基于数据引擎的数据库集群技术

6)、数据库的备份和恢复

主流数据库系统都已经具有备份和恢复机制。在存储系统的设计中，需要考虑如何与数据库系统自身的备份和恢复机制进行配合，以满足区域卫生信息平台对于数据备份和恢复的需求。

8.2.5 数据仓库存储设计

数据仓库从不同的存储库中抽取和插入数据，经过抽取、转换和装载等加工处

理后，提供生成区域卫生信息平台范围内使用的各种数据分析利用资源。数据仓库主要是对业务数据进行综合统计分析，以辅助进行相关决策。业务统计分析和医疗质量辅助分析均是利用现有数据，实现管理辅助决策，从技术角度这类应用可以基于数据仓库技术来实现。

数据仓库是一个面向主题的、集成的、相对稳定的、反映历史变化的数据集合，在汇总数据的基础之上，支持数据发掘、多维数据分析等当今尖端技术和传统的查询及表报功能，用于支持管理决策。作为区域卫生信息平台特定的优化读取的性能模型，数据仓库的任务是提供一个独立的平台，数据能被转换成可操作的、可搜索的、可管理的和可获得的，而不影响信息平台系统组件所需的关键性能服务水平。必须支持分析、研究和管理汇集在信息平台内的运行数据相关的价值。

数据仓库厂商提供的解决方案很多，如何选择合适的数据库解决方案，是区域卫生信息平台面临的一个问题。在此我们不对具体的数据库产品进行分析，而是对两种应用较为普遍的系统架构做一个比较。

表 8- 4 数据仓库系统架构比较

<p>枢纽辐射型数据仓库</p> <p>Hub-and-Spoke Data Warehouse</p>	<p>集中式企业数据仓库</p> <p>Centralized Enterprise Data Warehouse (EDW)</p>
<p>优点：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 用户界面和报表可以较为容易的进行定制化 	<p>优点：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 企业视图 • 设计的连贯性和数据质量 • 数据重用
<p>缺点：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 实现整体企业视图具有一定困难 	<p>缺点：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 需要有很好的规划

<ul style="list-style-type: none">• 冗余数据带来的额外成本• 较高的数据库管理和运营成本• 数据延迟• 额外的 ODS 数据拷贝	<ul style="list-style-type: none">• 需要数据所有者很好的参与配合
---	--

两种不同架构最大的区别在于：集中式企业数据仓库（EDW）仅存储单一版本的数据，而枢纽辐射型（Hub-and-Spoke）数据仓库则在不同的数据存储中可能存储了相同版本的数据。

从存储设计的角度来分析，如果采用枢纽辐射型（Hub-and-Spoke）数据仓库的方式构建数据仓库，需要考虑 ODS、Data Marts（如果采用 Data Marts）与 DW 之间的数据同步以及数据一致性要求；此外，由于可能存在相同版本的数据的多个拷贝，需要考虑额外增加的存储需求；在数据备份和恢复中，应该将数据仓库中所有组件统一进行考虑。

如果采用集中式企业数据仓库，为了提高检索和分析的效率，可以考虑与 Data Marts 相结合的架构。这样也需要考虑数据同步和数据一致性的要求；需要考虑 Data Marts 所带来的额外的数据存储需求；在数据备份和恢复中，同样需要将数据仓库中所有组件统一进行考虑。

8.2.6 影像数据存储设计

在本文档的假设前提中提到，影像数据暂时不纳入在区域卫生信息平台的存储中，采用分布式的方式进行存储。考虑到系统解决方案的全面性，我们提出影像数据存储的几个设计要点：

- 建立多级存储机制，以满足对于存储空间和效率的要求
- 数据访问控制等其他安全性
- 通过冗余/镜像技术实现高可用性
- 备份和恢复机制

8.2.7 信息生命周期管理（Information Lifecycle Management , ILM）

数据信息等从产生的那一刻起就进入到了循环，经过收集、复制、访问、迁移、退出等多个步骤，最终完成一个生命周期，信息数据是有生命周期的，ILM 通过存储、保护、管理、集成四个组成部分实现信息管理费用与业务需求之间的

平衡，从而达到降低区域卫生信息平台建设的风险和费用的目的。

引入信息生命周期管理(ILM)可以使区域卫生信息平台实现“适当的信息，在适当的时间，以适当的费用，存储在适当的设备上”。

数据的信息生命周期管理 (ILM) 的基础是采用数据的分级存储来实现的。数据分级存储，是指数据客体存放在不同级别的存储设备（磁盘、磁盘阵列、光盘库、磁带库）中，通过分级存储管理软件实现数据客体在存储设备之间的自动迁移。数据分级存储的工作原理是基于数据访问的局部性。通过将不经常访问的数据自动移到存储层次中较低的层次，释放出较高成本的存储空间给更频繁访问的数据，可以获得更好的总体性价比。数据迁移的规则是可以人为控制的，通常是根据数据的访问频率、保留时间、容量、性能要求等因素确定的最佳存储策略。在分级数据存储结构中，磁带库等成本较低的存储资源用来存放访问频率较低的信息，而磁盘或磁盘阵列等成本高、速度快的设备，用来存储经常访问的重要信息。

目前广泛采用的分级存储方式如下：

- 在线存储，将数据存放在磁盘系统上；
- 近线存储，存取速度和价格介于高速磁盘与磁带之间的低端磁盘设备；
- 离线存储，将数据备份到磁带库、光盘库或者虚拟磁带库上。

信息平台系统的数据包括健康档案数据和内容信息等构成。其中：

1). EHR Index、MPI、健康档案地址、标准数据、注册数据等需要频繁访问、更新和插入的数据，要求响应时间快，对性能要求较高，因此，这部分数据应该存放在高端存储设备上。

2). 常用数据可以采用多级缓存的机制来满足性能需求，包括 HIAL/数据库/EHR Viewer/应用服务器等。

3). 从信息生命周期的角度分析，健康档案摘要和健康档案实体数据数据量巨大，具有一定的时效性访问特征。可以通过定义规则来规划这部分数据的存储设计，例如：

- 一年或更短时间内产生的数据，可以考虑存放在高端存储设备上，以满足较高的响应时间和性能的要求；

- 对于一年以上，三年以内的数据，由于这部分信息数据访问频率不太高、要求响应时间一般，对性能要求较一般。因此，这部分数据存放较快的、成本相对较低存储设备上，例如选用 SATA 磁盘阵列；
 - 对于三年以上的数据或者不经常访问的信息数据备份到磁带库、光盘库或虚拟磁带库上，出现故障时及时进行数据恢复。
- 4). 数据仓库的数据存储，同样应该依照信息生命周期管理的方式进行规划，以实现成本效益最大化。

区域卫生信息平台的数据量是海量的，在存储平台总体架构的设计和实现中，应该将信息生命周期管理做为设计要点之一。

8.3 存储平台总体架构

（对存储平台所涉及的组件和相互关系进行描述）

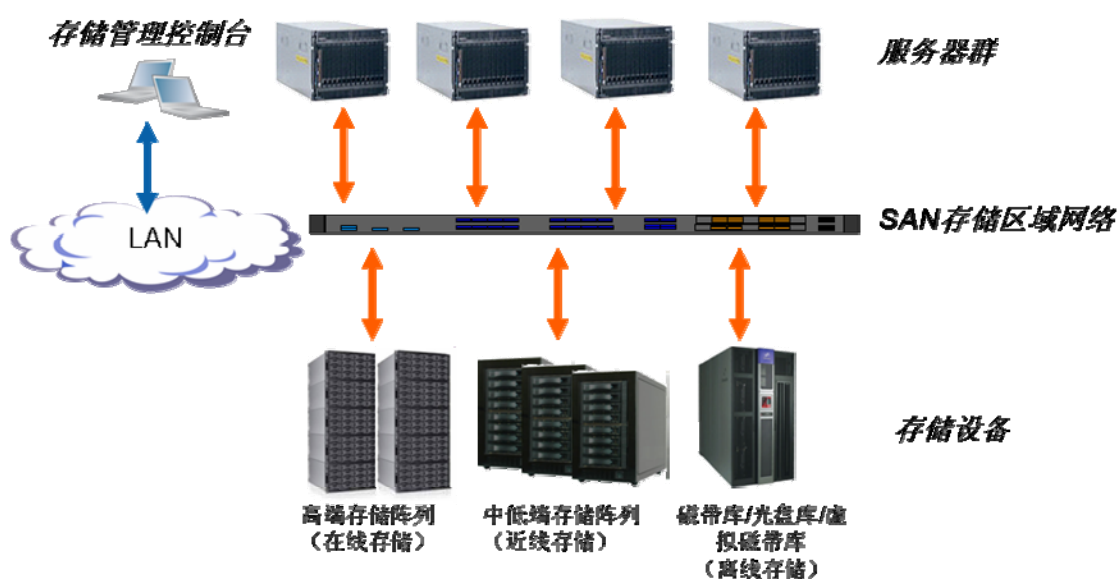


图 8-3 存储平台总体架构图

主要组件及相互关系：

1)、 SAN(Storage Area Network) 存储域网络：采用 Fibre Channel 或者 IP 等存储专用协议连接成高速的专用存储网络。服务器群通过 SAN 与多种存储设备进行连接。SAN 是目前广泛采用的存储架构，可以实现服务器与存储设备之间的多对度连接。SAN 架构具有强大的扩展性、多种存储设备的集中和新架构支撑下的新型数据应用方式；

2)、高端磁盘阵列（在线存储）：采用高端磁盘阵列，以满足数据库和数据仓库在线存储的容量、性能、安全、可靠性需求；

3)、中低端磁盘阵列（近线存储）：采用成本较低的中低端磁盘阵列（含磁盘虚拟磁带库），以满足数据库和数据仓库近线存储的容量、性能、安全、可靠性需求；同时，利用近线存储实现对在线数据的备份需求；

4)、磁带库、光盘库（离线存储）：磁带库、光盘库或虚拟磁带库实现离线数据备份和归档需求；

5)、存储管理控制台终端：对 SAN 网络、分级存储管理、备份、镜像/复制、灾难恢复等进行统一管理的操作控制台；

6)、存储灾难备份网络和设备：为满足灾难备份需求，通过网络或其他方式实现存储的灾难备份。

针对不同规模的具体配置信息，将在 8.6.不同规模下的存储部署方式示例中阐述。

8.4 存储管理

8.4.1 分层存储

所谓分层存储就是将不同 I/O 性能要求的信息保存在相应不同的 I/O 性能的存储介质中，以使存储系统的性能最优化同时降低存储系统的总体拥有成本。

可用于分层存储的介质包括：

- SSD(固态硬盘)
- 高速硬盘：一般为 15K rpm 的 FC 硬盘或 SAS 硬盘
- 大容量低功耗经济硬盘：一般为 7200 rpm 的 SATA 磁盘，应用于对性能要求不高的备份数据存储
- 光盘或磁带：一般应用于数据归档存储介质

将在 8.4.2 节单独讨论数据备份和归档，本节所涉及的分层存储，是指对区域卫生平台的各类型数据的分级存储，不涉及这些数据的备份存储的讨论。

8.4.1.1 集中式存储

表 8-5 集中式存储比较

数据类型	I/O 特点	分级存储
MPI 数据、EHR Index、HIAL 数据	事务处理对象，大量随机读，少量随机写	1). 磁盘类型：SSD（固态硬盘）或者高速 15K rpm FC/SAS 磁盘； 2). RAID 类型：RAID10
EHR 数据（含 EHR 摘要，EHR 数据）	事务处理对象，随机与顺序 I/O	1). 磁盘类型：高速 15K rpm FC/SAS 磁盘 2). RAID 类型：RAID 5 或 RAID10
ODS 数据库	事务处理对象，随机与顺序 I/O	1). 磁盘类型：高速 15K rpm FC/SAS 磁盘 2). RAID 类型：RAID 5 或 RAID10
标准数据 数据仓库	非事务处理对象，随机与顺序混合模式，以顺序读为主	1). 磁盘类型：7200 rpm SATA 磁盘 2). RAID 类型：RAID5

8.4.1.2 分布式存储

分布存储各 POS，主要为医学影像信息数据，一般在 POS 中使用 SATA 硬盘介质存储，区域卫生信息平台无需考虑。

8.4.1.3 混合（联邦）式存储

业务数据多为实验室检验数据、就诊记录数据等，性能要求不高，可采用 SATA 硬盘存储。

8.4.2 数据备份与归档

8.4.2.1 主要备份技术选型

1)、主要备份技术简介

▪ 传统磁带备份方式

传统的数据备份方式也就是采用物理磁带库/磁带机与备份软件相结合，通过设定一定的策略实现数据备份和恢复的自动化。

传统磁带备份系统架构如下：

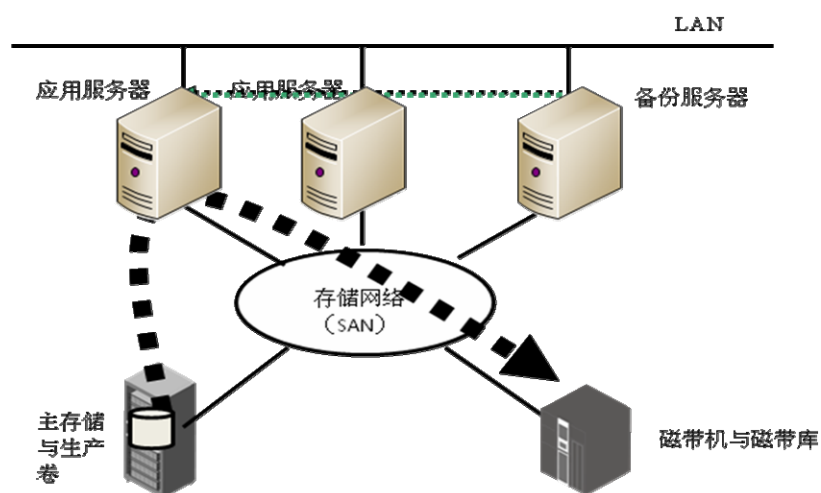


图 8-4 传统磁带备份系统架构图

■ 虚拟磁带库备份方式

虚拟磁带库（Virtual Tape Library，简称 VTL），VTL 采用磁盘作为备份介质，将磁盘仿真为一种或者多种磁带库和磁带。仿真后的磁带/磁带机在备份服务器上显示为真实的物理磁带/磁带机，整个备份和恢复的过程和物理磁带库完全一致。VTL 采用了磁盘备份介质，具备了磁盘备份/恢复的高性能和高可靠性，有效缩短了备份时间，提高了数据的安全性。

虚拟磁带库备份方式采用磁盘技术来模拟磁带备份，实现了磁带技术和磁盘技术的最佳融合。

虚拟磁带库备份方式系统架构如下：

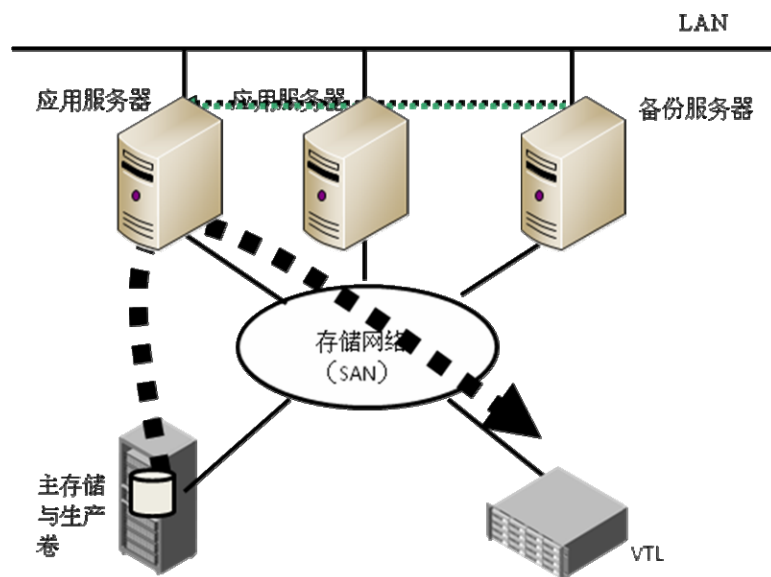


图 8-5 虚拟磁带库备份架构图

■ CDP 连续数据保护备份方式

CDP(Continuous Data Protection)是一种有别于传统利用备份、快照、复制和镜像等手段来进行数据保护的前沿技术，可在数据发生任何变化时将所有数据很好地保护起来。CDP 既不完全是备份技术，也不完全是归档技术，它是一种集备份和归档为一体的技术，CDP 将传统着眼于“备份”的备份技术，推进到着眼于快速恢复、最少数据丢失的数据保护新阶段。其最大的技术优势就在于可进行任意时间点的数据恢复。当数据丢失的损失以分钟（或更小的时间单位）来计算时，部署 CDP 方案就显得十分必要。同时，对于系统的企业来说，CDP 技术能减少从数据故障发生到数据恢复所需要的时间，满足系统可靠性需达到 99.999%的严苛要求。

CDP 部署要求近线磁盘阵列及 CDP、数据迁移软件，系统架构如下图：

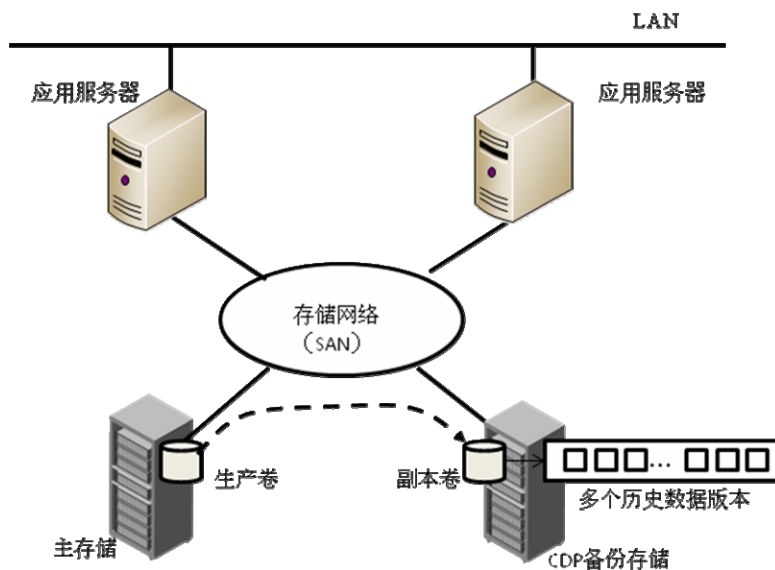


图 8-6 连续数据保护备份架构图

2)、主要备份技术对比及适用场景

表 8-6 主要备份技术比较

比较项	传统磁带备份	VTL 备份	CDP 备份
备份介质	磁带	磁盘（SATA）	磁盘（FC SAS SATA）
备份速度	标称 30MB/s(与主机和磁带机类型有关)	实测数百 MB/s(与 VTL 性能有关)	实测数百 MB/s(与 CDP 备份存储性能有关)
备份窗口	8-12 小时	低于 8 小时	可实现实时备份，低于 1 小时
数据恢复速度	极低	较低	高
可靠性、部件故障率	磁带机、机械手均为非封闭电控转动、移动机械部件，故障率高	磁盘为封闭精密部件，故障率低；磁盘阵列并有 RAID 保护	磁盘为封闭精密部件，故障率低；磁盘阵列并有 RAID 保护
环境影响	受湿度、粉尘影响大	受湿度、粉尘影响小	受湿度、粉尘影响小
可维护性	低，需要专业维护人员	较低，一般 IT 人员就可维护	高，自动化过程，一般 IT 人员可维护

存储设备部署类型	离线存储设备	近线存储设备	近线存储设备
适用场合	数据需要归档存储	数据更新比较频繁，需要提高备份频率和速度	数据更新频繁，需要实时备份，数据恢复时间要求高

3)、备份技术结合部署

■ VTL 结合磁带备份方式

适用场合是数据更新比较频繁，需要加快备份速度和频率，同时需要数据归档的应用场合。

系统架构如下图：

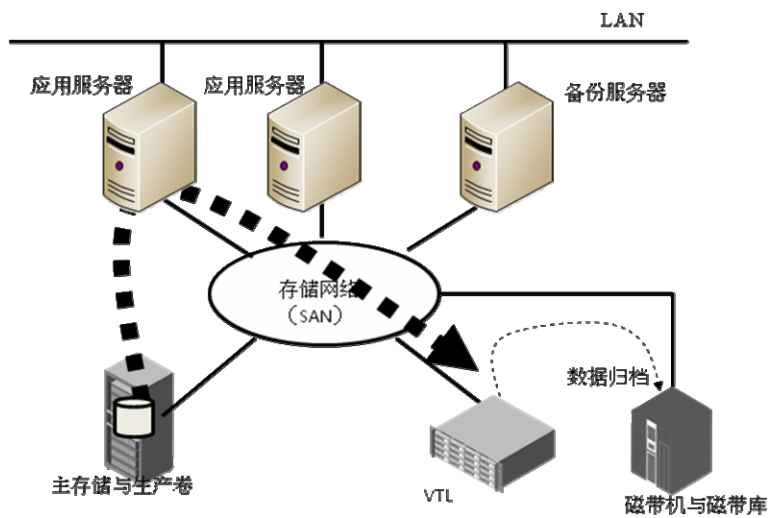


图 8-7 VTL 结合磁带备份架构图

■ CDP 结合磁带备份方式

适用场合是数据更新频繁，需要实时备份并减少数据故障后的恢复时间（Recovery Time Object, RTO），同时，需要数据归档的应用场合。此场合一般为对关键性应用数据的备份和归档。

系统架构如下图：

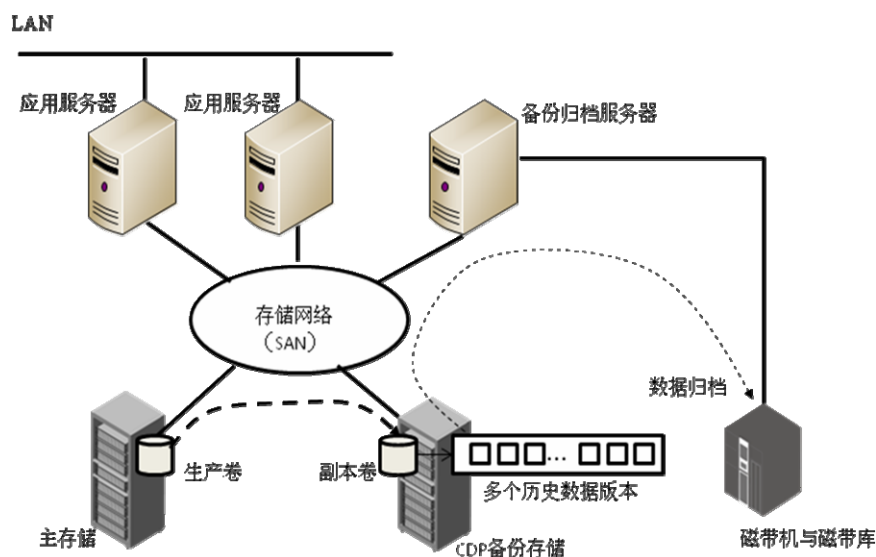


图 8-8 CDP 结合磁带备份架构图

8.4.2.2 集中式存储的数据备份与归档

1)、需求分析

■ 业务数据及备份归档要求

1) MPI 数据

表 8-7 MPI 数据归档要求

业务数据	备份需求	归档需求
MPI 数据	需备份，数据恢复时间要求高	需归档
EHR 交易缓存数据 (HIAL)	无需备份	无需归档
EHR Index 及 EHR 数据	需备份，数据恢复时间要求较高	需归档
ODS 数据库数据	需备份，数据恢复时间要求较高	需归档
标准数据	需备份，数据恢复	无需归档
数据仓库	需备份，数据恢复时间要求低	无需归档

■ 业务数据特点

其一，MPI 数据、HIAL 和 EHR、ODS 相关数据使用频率高，为事务处理操作对象，更新较为频繁(视规模)。

其二，标准数据、数据仓库数据，非实时事务处理对象，决策支持数据，需备份。数据仓库数据无需归档，标准数据需要归档。另外，便于数据挖掘和分析决策，数据仓库需要备份多个历史版本数据。

2)、备份与归档方式建议

表 8-8 备份与归档建议

集中存储式规模	业务要求	可选备份与归档方式
高级	<ol style="list-style-type: none"> 1. HIAL 数据、EHR Index 和 MPI 数据更新频繁或较为频繁 2. MPI 数据、EHR、ODS 是核心基础数据，必须备份 3. MPI 数据和 EHR 数据故障恢复时间要求高 4. MPI 数据、EHR 数据、ODS 数据、标准数据需归档 5. 标准数据、数据仓库需要提供多个历史版本 	CDP 备份结合磁带归档部署：CDP 备份完成对 MPI 数据、EHR 数据、ODS 标准数据、数据仓库数据的备份和多个历史版本的创建；磁带库归档完成对 MPI 数据、EHR 数据、ODS 数据和标准数据的归档。
中级	<ol style="list-style-type: none"> 1. HIAL 数据、EHR index 和 MPI 数据更新较频繁或不频繁 2. MPI 数据和 EHR、ODS 数据是核心基础数据必须备份 3. 数据故障恢复时间要求较高或不高 4. MPI 数据、EHR 数据、ODS 数据、标准数据需归档 	CDP（或 VTL）备份结合磁带归档部署：CDP(或 VTL) 备份完成对 MPI 数据、EHR 数据、ODS、标准数据、数据仓库数据的备份和多个历史版本的创建；磁带库归档完成对 MPI 数据、EHR 数据和标准数据的归档。
基础	<ol style="list-style-type: none"> 1. HIAL 数据、EHR Index 和 MPI 数据更新较频繁或不频繁 2. MPI 数据和 EHR 是核心基础 	部署磁带备份方式同时完成数据备份和归档

	<p>数据必须备份</p> <p>3. 数据故障恢复时间要求低</p> <p>4. 没有专业的 IT 维护人员,需要备份过程简单易行</p> <p>5. 数据量很小</p>	
--	--	--

以下是不同规模下数据备份与归档架构示例：

高级：

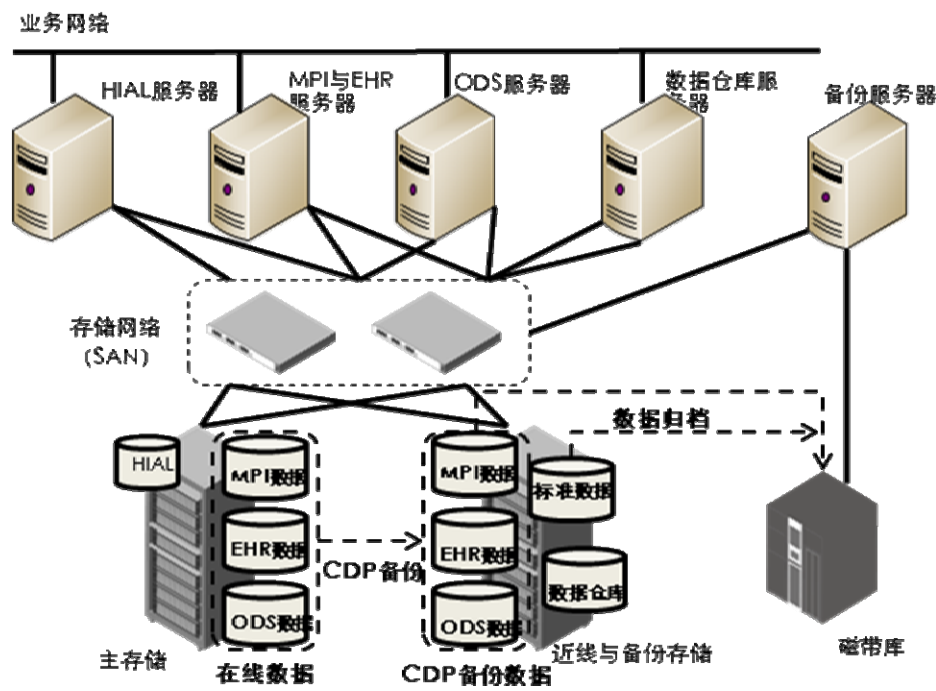


图 8-9 高级规模数据备份与归档架构

中级:

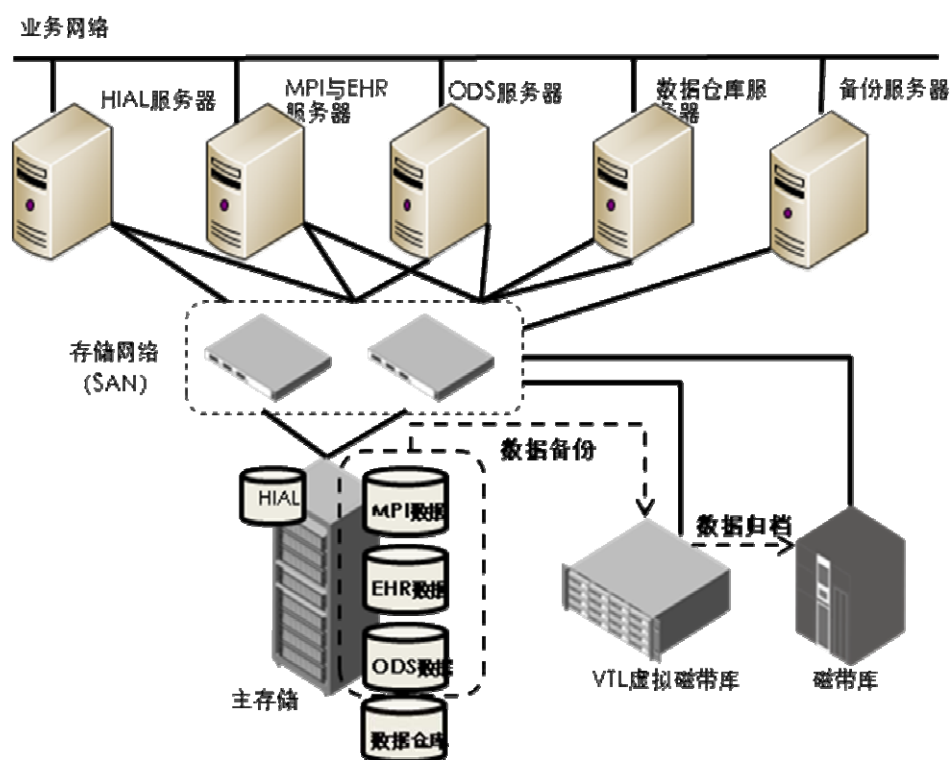


图 8-10 中级规模数据备份与归档架构

基础:

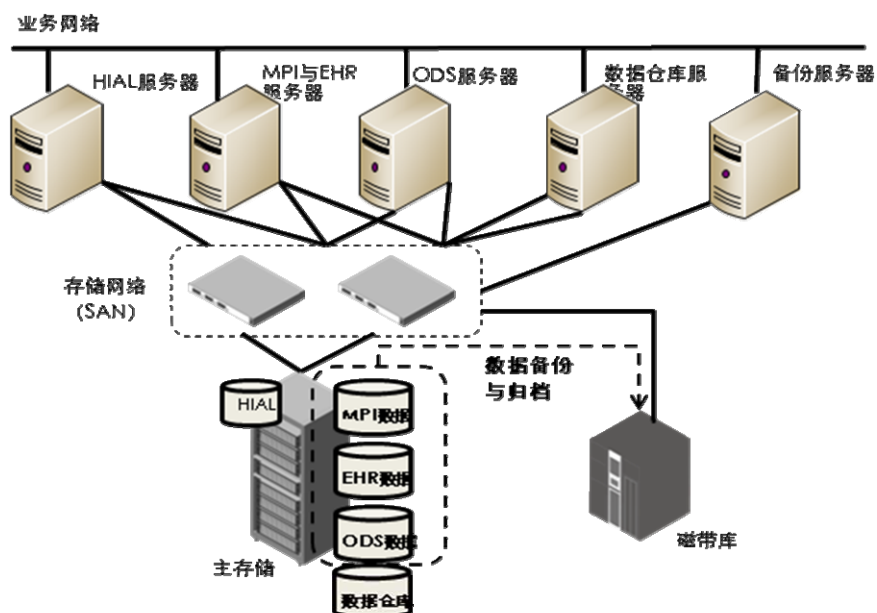


图 8-11 基础规模数据备份与归档架构

8.4.2.3 分布式存储数据的备份

分布存储各 POS，主要为医学影像信息数据，区域卫生信息平台无需备份。

8.4.2.4 混合（联邦）式存储数据的备份

1)、需求分析

- 业务数据

实验室检验数据、就诊记录数据等

- 数据类型特点

数据使用频率不高，有一定的更新。数据需要备份，恢复要求不高，数据需要归档。

2)、备份方式建议

区域卫生信息平台运行的混合存储数据类型，需要备份。考虑备份对业务连续性影响，区域卫生规模越大，对备份效率和备份过程越需要优化，建议高级、中级采用 VTL 备份，视数据是否需要归档，可结合使用磁带归档。基础规模的备份方式，从可维护性角度和成本出发，选择磁带备份和归档。

8.5 灾备建设

8.5.1 灾备技术介绍与选型

灾备建设就是在生产系统外创建生产系统数据的副本，创建数据副本从技术实现上看，就是完成生产系统和灾备系统之间的数据同步。目前，常见的灾备数据同步实现方式是利用磁盘阵列间的数据同步软件，完成生产系统磁盘阵列和灾备系统磁盘阵列的数据同步。磁盘阵列的数据同步主要依靠两种技术实现，一个是镜像技术，一个是复制技术。

1)、镜像技术

镜像有两种实现方式，同步镜像和异步镜像。两种镜像技术的相同点如下：

- 都需要完成生产卷和镜像卷的数据同步
- 数据同步的处理单位是每个写 I/O
- 数据同步链路一般为 FC 链路或者高速 IP 链路

两者的实现方式区别和适用场合见下表。

表 8-9 镜像技术实现方式比较

比较项	同步镜像	异步镜像
实现方式	数据的每个“写”操作会同时在生产卷和镜像卷上完成，生产卷的“写”操作完成后，还需要等待镜像卷完成“写”操作，才能进行下一个 I/O 操作。	数据的每个写操作会同时在生产卷和独立的异步缓冲存储区完成，完成对生产卷的数据写操作后即可进行下一个写操作，不用等待镜像卷的写操作完成，异步缓冲区的写入数据会尽力同步给镜像卷。
缓冲机制	无	有，需要一定的缓冲存储区
部署性能要求	每一个 I/O 写操作需等待生产卷和镜像卷都完成，要求存储生产设备和镜像设备的性能保持一致，否则性能会有严重衰减。	生产设备和镜像设备的性能可以不同
对生产系统影响	有“写惩罚”，即数据写入性能在同步镜像部署下有一定下降	一般
灾备链路	高速低延时的 1Gb FC 或 IP 链路 传输距离不超过 10KM	可采用 100KM 的 FC 链路或者 IP 链路，链路带宽视 I/O 写操作频率和性能要求
RP0 (Recovery Point Object)	趋于零，数据丢失量理论上为灾备传输延迟中的数据量	与数据同步效率强相关，具体需考察灾备链路、数据同步量和系统处理能力，一般为 0-30 分钟
应用场合	要求数据零丢失、严格的数据一致性的关键应用	对于性能要求高，允许少量数据丢失的重要应用

2)、复制技术

复制技术作为灾备关键技术之一，其特点如下：

- 复制技术是一项远距离数据同步技术，一般采用 IP 网络作为灾备链路。IP 链路情况下，数据同步无距离限制，IP 可达，灾备可达；
- 复制技术的数据同步机制基于变化的数据块（有数据写入发生的数据块），区别于镜像技术基于 I/O；
- 复制技术的数据同步机制对于源数据卷和复制目标卷来说是顺序的，即数据先写入源数据卷，然后根据事先设定的策略，将一段时间内发生了写操作的数据块数据再写入复制目标卷。这一点区别于镜像技术数据并发写入源数据卷和镜像卷；

复制技术发展到今天，所实现产品按照数据同步方式不同，大致可分为两类，一类是策略性复制，一类是实时性复制。

- 策略性复制：基于一定的策略，自动触发复制。策略一般基于时间（周期）或者基于数据变化量。前者比如说每天间隔多长时间或者在哪些时刻触发复制，后者如数据变化累积到 10M 的时候触发复制。两种策略所触发的复制，都是将上次复制触发时间点到本次触发时间点之间变化的数据块数据同步到灾备系统。策略性复制的 RPO 为策略性复制的触发时间间隔。
- 实时性复制：一旦某个数据块发生了变化，就将该数据块数据同步到灾备存储系统。

在理想的灾备复制部署中，策略性复制和实时性复制是结合部署的，能增强灾备系统的灵活性和适应性。策略性复制能有效降低对灾备系统的影响并确保灾备数据的一致性，而实时复制技术能有效降低单独部署策略性复制技术的 RPO 目标风险。

3)、复制与镜像的选择

表 8-10 复制与镜像比较

	镜像	复制
RPO	同步镜像：趋于 0 异步镜像数：数分钟到小时	策略性复制：数分钟至小时 策略性复制+实时复制：0 到数分钟
链路要求	同步镜像：极高的链路要求，一般为 FC 或高速 IP 链路，带宽 1Gb 或以上，距离不能超过 10KM 异步镜像：FC 或 IP 链路，带宽视数据变化量和业务处理压力	一般为 IP 链路，带宽在数兆到百兆之间，视数据变化量； 复制基于数据块的同步机制，可结合带宽精简优化技术，可进一步降低链路要求
对生产系统影响	同步镜像：较高 异步镜像：一般	较低
性能部署要求	灾备系统与生产系统性能匹配	无要求
应用场合	同步镜像可用于近距离并有严格业务连续性要求的灾备系统	远程、广域灾备系统

4)、灾备等级与可用技术

表 8-11 不同灾备等级可用技术

灾备等级	RT0	RPO	可用技术
1	2 天以上	1 天至 7 天	基于磁带的备份
2	24 小时以后	1 天至 7 天	基于磁带的备份

3	12 小时以上	数小时至 1 天	基于磁盘的备份, 虚拟磁带库备份
4	数小时至 2 天	数小时至 1 天	磁盘阵列间周期复制/异步镜像
5	数分钟至 2 天	0 至 30 分钟	磁盘阵列间实时复制或同步镜像+灾备主机就绪
6	数分钟	0	磁盘阵列间同步镜像+主机

灾备等级描述参考国家标准 GB/T 20988-2007 《信息系统灾难恢复规范》

8.5.2 区域卫生信息平台灾备建设规划

区域卫生信息平台涉及到与居民健康相关的所有业务, 因此其业务数据具有类型多、容量大的特点。根据业务及其数据的特点, 对于灾备建设的目标要求也不尽相同。因此, 需要对区域卫生信息平台的数据及其关联业务特征及规模做分析, 制定相应的灾备目标; 在此基础上, 充分考虑成本因素, 选择对应的灾备技术方案。

区域卫生信息平台作为区域医疗的重要信息平台, 不论规模大小, 都应该规划实现 4 级及以上灾备等级。

8.5.2.1 数据类型划分与灾备建设目标

1)、集中式存储数据

集中式存储数据关联业务灾备需求分析及灾备等级建议如下表:

表 8-12 集中式存储数据灾备需求及灾备等级

集中存储式规模	数据类型	灾备要求	灾备目标
高级	MPI 数据及 EHR 索引、EHR 交易缓存 (HIAL)、EHR 数据等	<ol style="list-style-type: none"> 1. EHR index、EHR 交易缓存 (HIAL)和 MPI 数据更新频繁或较为频繁 2. MPI 数据、EHR 和 ODS 是核心数据, 事务处理对象, 按照高级规模业务量, 业务连续性要求高, 需制定高的 RPO 和 RTO 目标 	<ul style="list-style-type: none"> • 灾备等级 5 或者 6 • RPO 0 至 30 分钟 • RTO 数分钟至数小时
	数据仓库	数据仓库数据实时性要求较低, 考虑成本, 可制定相对低的灾备目标	<ul style="list-style-type: none"> • 灾备等级 5 • RPO 0 至 30 分钟 • RTO 数分钟至 2 天
中级	MPI 数据及 EHR 索引、EHR 交易缓存 (HIAL)、EHR 数据、标准数据、数据仓库	<ol style="list-style-type: none"> 1. 按照中级规模业务, EHR index、EHR 交易缓存 (HIAL) 和 MPI 数据更新较频繁或不频繁 2. MPI 数据和 EHR、ODS 数据是核心数据, 事务处理对象, 按照中级规模业务量, 业务连续性要求较高, 需指定较高的 RPO 和 RTO 目标 3. 数据仓库数据虽然业务连续性要求不高, 但单独建立灾备体系成本高, 可与 MPI 数据和 EHR、ODS 数据制定相同灾备等级, 同一灾备系统 	<ul style="list-style-type: none"> • 灾备等级 5 • RPO 0 至 30 分钟 • RTO 数分钟至 2 天

集中存储式规模	数据类型	灾备要求	灾备目标
基础	MPI 数据及 EHR 索引、EHR 交易缓存 (HIAL)、EHR 数据、数据仓库	1. 按照基础级规模业务量 EHR index、EHR 交易缓存 (HIAL) 和 MPI 数据更新不频繁 2. 基础规模级全部数据可制定一般要求的灾备等级	<ul style="list-style-type: none"> 灾备等级 4 RP0 数小时至 1 天 RT0 数小时至 2 天

2)、分布式存储数据

分布存储各 POS，主要为医学影像信息数据，无需规划灾备。

3)、混合（联邦）式存储数据

业务数据多为实验室检验数据、就诊记录数据等，数据实时性和业务连续性要求不高，可参考集中存储中数据仓库灾备等级制定。

8.5.2.2 不同规模下的灾备具体规划技术指南

表 8-13 灾备具体规划技术指南

区域规模	数据类型	灾备目标	灾备数据同步技术	灾备链路 与距离	灾备中心系统建设	灾备恢复
高级	集中存储的 MPI 数据及 EHR 索引、EHR 交易缓存 (HIAL)、EHR 数据等	<ul style="list-style-type: none"> 等级 5 或者 6 RP0 0 至 30 分钟 RT0 数分钟至数小时 	同步镜像	<ul style="list-style-type: none"> 专用链路带宽 1000Mb 以上 一般同城灾备，10KM 内 	<ul style="list-style-type: none"> 灾备服务器与生产中心服务器利用集群技术建立热备 灾备磁盘阵列就绪 灾备网络就绪 	手动将业务切换到灾备系统，包括灾备服务器、灾备网络
	集中存储的标准数据、数据仓库和	<ul style="list-style-type: none"> 等级 5 RP0 0 至 30 分钟 	实时复制或者异步镜像	<ul style="list-style-type: none"> 基于 IP 的灾备链路，带 	<ul style="list-style-type: none"> 灾备服务器冷备 灾备磁盘 	手动启动灾备系统和业务，切

	混合存储数据	<ul style="list-style-type: none"> • RT0 数分钟至2天 		宽 10Mb 以上 <ul style="list-style-type: none"> • IP 链路无距离限制 	阵列就绪 <ul style="list-style-type: none"> • 灾备网络就绪 	换灾备网络
中级	MPI 数据及 EHR 索引、EHR 数据、EHR 交易缓存 (HIAL)、标准数据、数据仓库、混合存储数据	<ul style="list-style-type: none"> • 灾备等级 5 • RPO 0 至 30 分钟 • RT0 数分钟至2天 	实时复制或者异步镜像	<ul style="list-style-type: none"> • 基于 IP 的灾备链路, 带宽 10Mb 以上 • IP 链路无距离限制 	<ul style="list-style-type: none"> • 灾备服务器冷备 • 灾备磁盘阵列就绪 • 灾备网络就绪 	手动启动灾备系统业务, 切换灾备网络
基础	MPI 数据及 EHR 索引、EHR 数据、EHR 交易缓存 (HIAL)、数据仓库、混合存储数据	<ul style="list-style-type: none"> • 灾备等级 4 • RPO 数小时至1天 • RT0 数小时至2天 	策略性 (周期性) 复制	<ul style="list-style-type: none"> • 基于 IP 的灾备链路, 带宽 5Mb 以上 • IP 链路无距离限制 	<ul style="list-style-type: none"> • 灾备磁盘阵列就绪 	将灾备数据反向复制或者其它方式恢复到生产中心, 恢复生产中心业务

以下是不同规模下的灾备建设示例

高级规模:

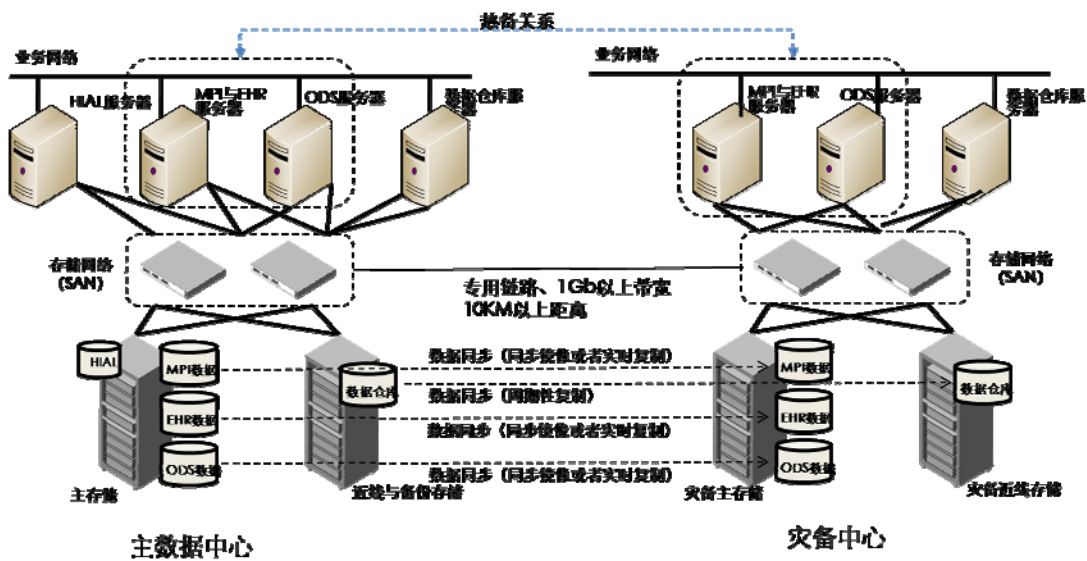


图 8-12 高级规模灾备建设示例

中级规模:

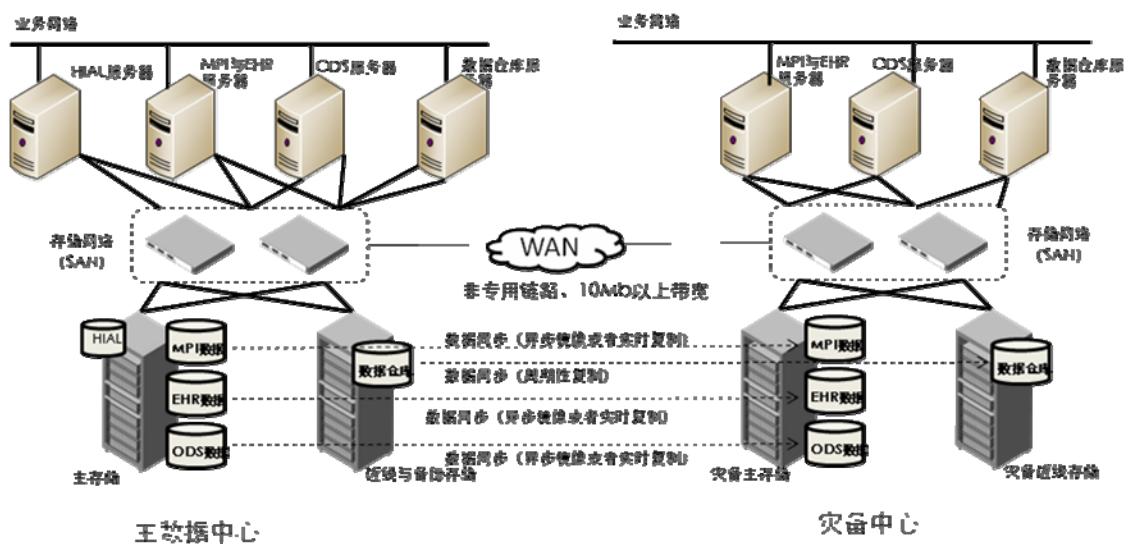


图 8-13 中级规模灾备建设示例

基础规模:

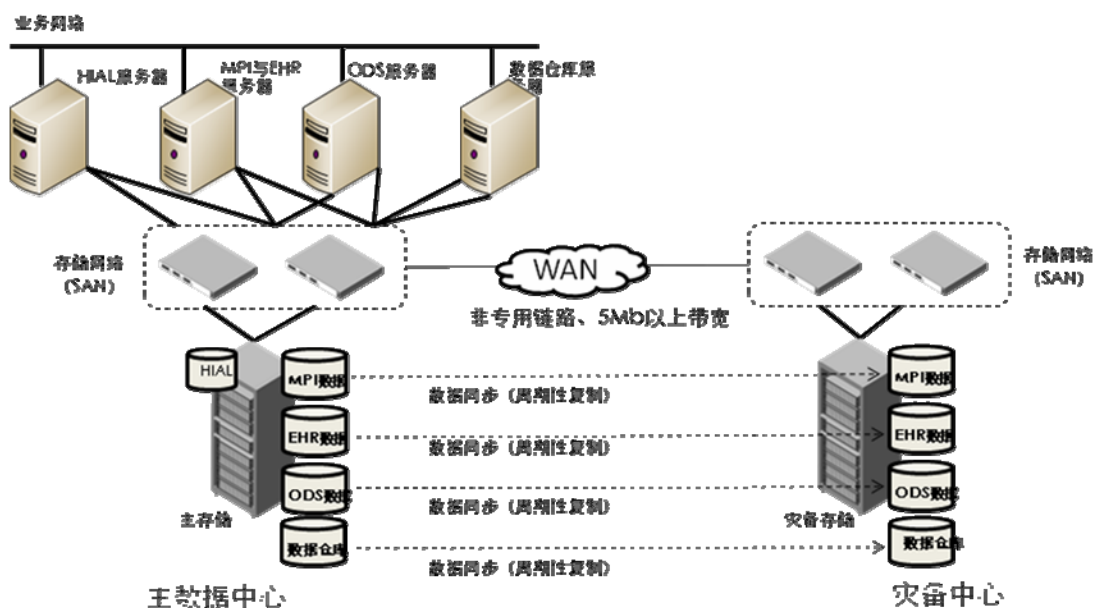


图 8-14 基础规模灾备建设示例

8.6 部署架构示例

基于影像数据采用分布式存储的假设前提，我们提出不同规模下的存储系统部署架构示例如下：

8.6.1 基础规模

基础规模系统是 100 万人口以下，约 3 家三甲医院、30 家二甲医院、20 家社区服务中心，66 家社区服务站等 POS 交互数据，通常 POS 点的规模在 119 个以上。考虑到整体数据容量较小，建议采用非影像类数据和影像数据集中存储方式。

基础规模 EHR 系统数据存储系统建立要充分考虑数据快速增长以及数据安全问题，针对数据增长快，可以通过集中存储方式进行满足，POS 通过网络把数据传输到区域医疗中心 EHR 系统，EHR 系统通过服务器连接存储网络系统中的磁盘阵列，EHR 服务器通过 IP 或者 FC 方式连接到 IP 或 FC 进行数据存储，存储系统具备良好的扩展性，可以满足基础规模 EHR 数据存储需求。

在线存储系统并发访问性能要求：对于基础规模的区域卫生信息平台存储系统，根据经验测算每日 EHR 交易缓存（HIAL）系统访问次数为 3 万次，EHR 数据共享访问次数为 2 万次，PACS 系统访问次数为 0.05 万次，因此每日总访问次数约为 5.05 万次。考虑到大部分的医疗机构 80% 的患者集中在上午 8：30-10：30，

因此峰值访问次数约为 5 次/秒。

在线存储系统容量估算：由于采取集中式存储系统，注册系统、索引系统、EHR 交易缓存（HIAL）和 EHR 数据系统约为 80-100GB/年。PACS 等影像数据约为 1800GB=1.8TB。

考虑到核心数据对于数据完整性的要求，需要提供非影像类在线 2 年，影像类在线 1 年的存储。同时提供非影像类离线 3 年，影像类离线 2 年的存储。

离线存储系统：考虑到基础规模信息平台技术维护能力和业务连续性要求，需要考虑离线存储系统。可以采用备份软件和磁带库方式，在区域卫生中心建立一套完整的备份系统，其中包括备份服务器和物理带库，EHR 服务器端安装备份客户端以及代理程序，备份软件通过控制台把数据按照制定的策略备份到物理带库上，针对一些核心数据要求恢复时间较短的，存储系统上可以通过快照方式较小数据丢失量。

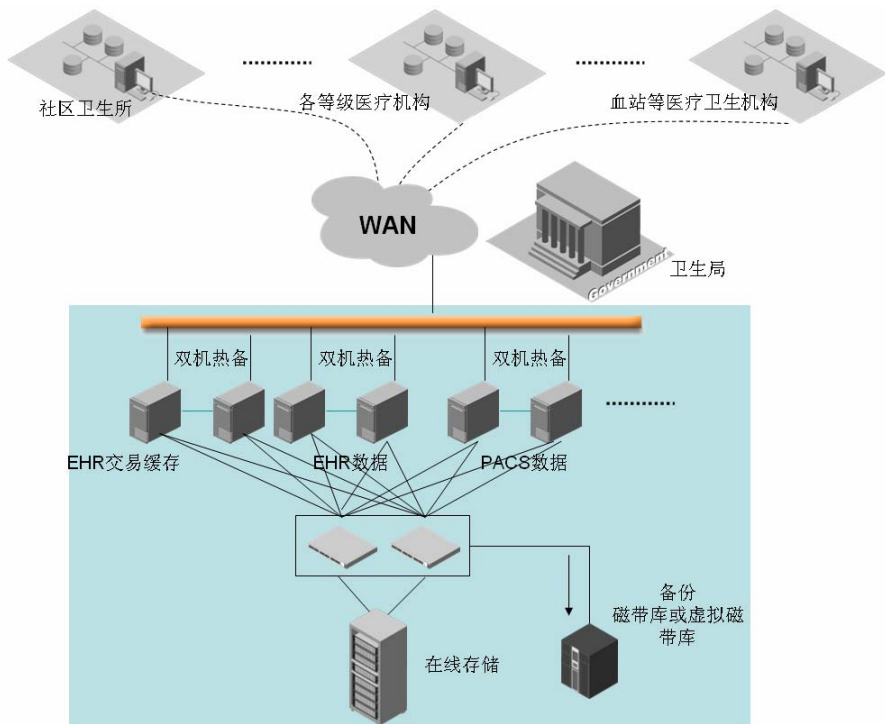


图 8-15 基础规模存储部署示例图

基础规模存储配置方案：

在线存储：

- 基于 IP 或者 FC 存储系统，控制器缓存大于等于 4Gb
- 主存储容量至少 2T，可支持快照、镜像、CDP 技术。

- 支持在线升级软件和存储扩容

备份软件:

- 要求可以支持主流操作系统、数据库、文件等数据备份。
- 支持 LAN-BASE、LAB-FREE 等备份模式

离线存储:

- 离线存储至少 4T
- 采用 VTL 虚拟带库或者带库的方式
- 支持 LTO3\LTO4 驱动器

8.6.2 中级规模

中等规模 EHR 系统是 100-500 万人口, 按 5 家以上三甲、40 家以上二甲医院、236 家社区卫生服务站、71 家社区卫生服务中心进行估算, POS 规模可达近 352 个点以上。考虑到整体数据容量可以接受, 建议采用非影像类数据和影像数据集中存储方式。

在线存储系统并发访问性能要求: 对于中等规模的区域卫生信息平台存储系统, 根据经验测算每日 EHR 交易缓存 (HIAL) 系统访问次数为 4 万次, EHR 数据共享访问次数为 2.5 万次, PACS 系统访问次数为 0.15 万次, 因此每日总访问次数约为 6.65 万次。考虑到大部分的医疗机构 80% 的患者集中在上午 8: 30-10: 30, 因此峰值访问次数约为 7.4 次/秒。

在线存储系统容量估算: 由于采取集中式存储系统, 注册系统、索引系统、EHR 交易缓存 (HIAL) 和 EHR 数据系统约为 200-300GB/年。PACS 等影像数据约为 5500GB=5.5TB。

考虑到核心数据对于数据完整性的要求, 需要提供非影像类在线 3 年, 影像类在线 1 年的存储。同时提供非影像类离线 4 年, 影像类离线 2 年的存储。

近线备份系统: 在中等规模的 EHR 系统中仅考虑周期较长的传统备份方式已经无法满足对业务连续性的支撑。基于此可以在近线部署磁盘阵列, 可采用三种方式实现数据备份和数据迁移分级存储: 近线 CDP、VTL 近线备份方式 (具体部署方式见 8.4.2 节)。

如果采用 CDP 备份可实现以下功能:

- 在线数据的近线实时备份;

- 当主存储发生意外或者数据发生逻辑故障如认为误操作时，近线备份存储切换为在线存储，并对业务进行快速接管，通过这种方式可以提升 EHR 业务连续性，提高区域卫生中心的服务质量；
- 对于一年以上，三年以内的部分信息数据访问频率不太高、要求响应时间一般，对性能要求较一般的数据实现数据迁移到近线 SATA 磁盘阵列。

如果采用近线 VTL 备份可实现在线数据的接近实时备份和比较理想的故障恢复效率；于此同时，对于一年以上，三年以内的部分信息数据访问频率不太高的数据，实现数据迁移分级存储在 SATA 磁盘介质上。

离线存储系统：对于三年以上的数据或者不经常访问的信息数据备份进行数据离线备份归档，数据归档到磁带库、光盘库上，出现故障时及时进行数据恢复。通过该种方式可以实现对 EHR 系统数据瘦身，提升 EHR 系统对外提供业务的响应时间，节省了存储投资也有利于 IT 人员对存储系统的管理。

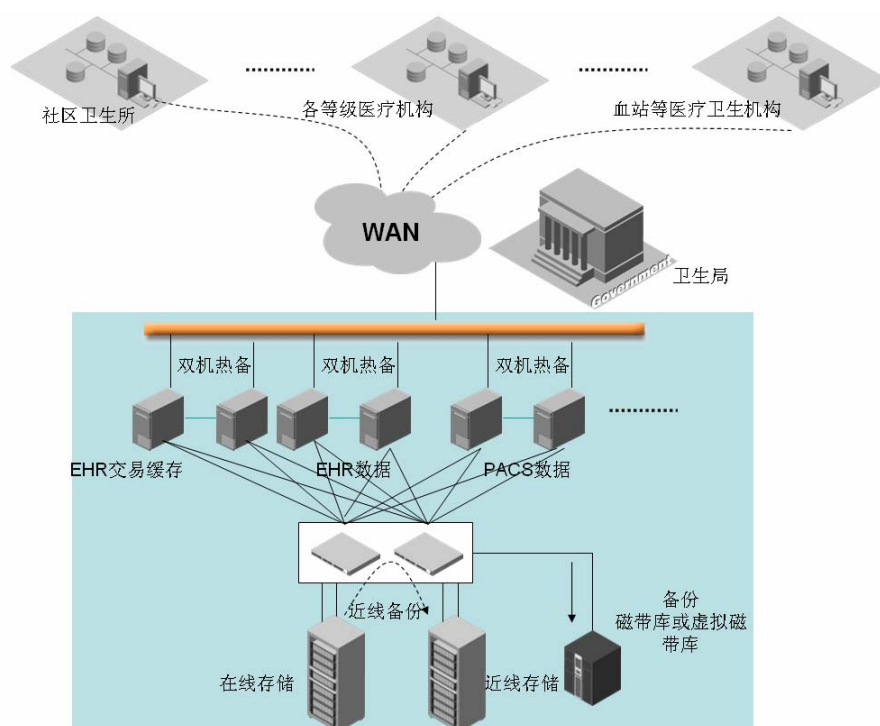


图 8-16 中级规模存储部署示例图

中等规模存储配置方案：

在线存储：

- 基于 IP 或者 FC 存储系统，控制器缓存大于等于 4Gb
- 主存储容量至少 6T，可支持快照、镜像、CDP 技术。

- 支持在线升级软件和存储扩容

近线存储:

- 基于 IP 或者 FC 存储系统,控制器缓存大于等于 4Gb,支持高速 FC/SAS 硬盘和低速 SATA 硬盘混插.
- 存储容量最大可以扩展 200TB 以上,可支持快照、镜像、CDP 技术和基于 IP 复制技术。
- 支持在线升级软件和存储扩容。

离线存储:

- 采用磁带库的方式
- 离线存储至少 12T, 存储容量最大可以扩展 64TB 以上
- 物理带库支持至少 1 个机械臂、2 个以上 LTO4 驱动器
- 物理带库支持 LTO3\LTO4 驱动器

8.6.3 高级规模

高级规模系统是 500 万到 1000 万人口以上,按照 8 家以上三甲、50 家以上二甲医院、100 家以上社区卫生服务中心、330 家社区卫生服务站等估算,通常 POS 规模在 488 个以上。由于其中的医疗影像数据容量较大,因此存储系统采用非影像数据集中存储+影像数据分布存储方式。

在线存储系统并发访问性能要求:对于高等规模的区域卫生信息平台存储系统,根据经验测算每日 EHR 交易缓存(HIAL)系统访问次数为 7 万次,EHR 数据共享访问次数为 4 万次,PACS 索引系统访问次数为 0.35 万次,因此每日总访问次数约为 11.35 万次。考虑到大部分的医疗机构 80%的患者集中在上午 8:30-10:30,因此峰值访问次数约为 12.16 次/秒。

在线存储系统容量估算:由于采取集中式+分布式存储系统,注册系统、EHR 索引系统、PACS 索引系统、EHR 交易缓存(HIAL)和 EHR 数据系统约为 800-1000GB/年。

考虑到核心数据对于数据完整性的要求,需要提供非影像类在线 3 年,影像类在线 1 年的存储。同时提供非影像类离线 4 年,影像类离线 2 年的存储。

近线存储系统:在高等规模的 EHR 系统中仅考虑周期较长的传统备份方式已经无法满足对业务连续性的支撑。基于此可以在近线部署磁盘阵列,可采用近线

CDP 备份方式。采用 CDP 备份可实现以下功能：

- 在线数据的近线实时备份；
- 当主存储发生意外或者数据发生逻辑故障如认为误操作时，近线备份存储切换为在线存储，并对业务进行快速接管，通过这种方式可以提升 EHR 业务连续性，提高区域卫生中心的服务质量；

对于一年以上，三年以内的部分信息数据访问频率不太高、要求响应时间一般，对性能要求较一般的数据实现数据迁移到近线 SATA 磁盘阵列。

通过 CDP 备份方式可以提升 EHR 业务连续性，提升数据备份和恢复效率，提高区域卫生中心的服务质量，。

离线存储系统：对于三年以上的数据或者不经常访问的信息数据备份进行数据离线备份归档，数据归档到磁带库、光盘库上，出现故障时及时进行数据恢复。通过该种方式可以实现对 EHR 系统数据瘦身，提升 EHR 系统对外提供业务的响应时间，节省了存储投资也有利于 IT 人员对存储系统的管理。

灾难备份系统：为了防止自然灾害给区域卫生中心带来灾难，针对 EHR 核心数据进行远程数据备份。灾难备份系统的建设目标是 RPO 趋于 0（数据几乎无丢失），RTO 为数分钟至 2 小时。

灾难备份系统的部署要点如下：

- 灾难备份存储：支持基于 IP 的远程镜像或复制功能；并能在灾难发生后支撑在线业务，一般设计为与在线存储系统同档次；
- 数据同步：基于 IP 复制或镜像技术，在理想的数据传输带宽下能实现实时数据同步，灾难一旦发生，数据丢失几乎为零；
- 灾备链路：单指数据同步所需要的数据传输线路（网络），应规划至少 100Mb 带宽的灾备链路；
- 灾难备份服务器：利用集群技术或类似基于主机的软件技术，实现与在线服务器之间的热备，一旦灾难发生，灾难备份服务器能切换为在线服务器继续提供业务服务；
- 灾备业务网络：即业务网络的备份系统，灾难发生后，由这个网络提供业务访问。

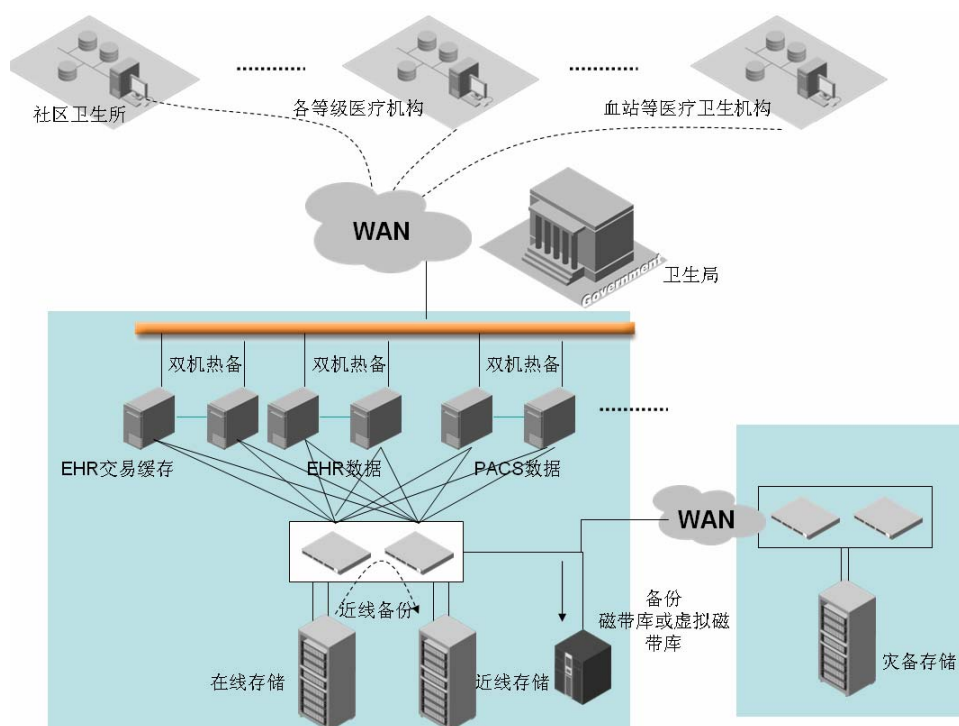


图 8-17 高级规模存储部署示例图

高级规模存储配置方案：

在线存储：

- 基于 IP 或者 FC 存储系统，控制器缓存大于等于 16G，支持高速硬盘和低速硬盘混插，支持 SSD 硬盘技术
- 考虑未来扩容，建议采用万兆 IP 或者 8Gb FC 存储系统
- 主存储容量至少 4T，可支持快照、镜像、CDP 技术、基于 IP 复制技术。
- 支持在线升级软件和存储扩容

近线备份存储：

- 建议采用基于万兆 IP 或者 8Gb FC 存储系统，控制器缓存大于等于 16Gb，支持高速硬盘和低速硬盘混插，支持 SSD 硬盘技术
- 存储容量可以扩展 64TB 以上
- 可支持快照、镜像、CDP 技术、基于 IP 复制技术。
- 支持在线升级软件和存储扩容

灾难备份系统：

- 支持基于增量的备份机制

- 支持断点续传
- 基于 IP 复制技术

离线存储:

- 采用磁带库带库的方式
- 离线存储至少 12T，存储容量最大可以扩展 64TB 以上
- 物理带库支持至少 1 个机械臂以上,至少 2 个以上 LTO3\LTO4 驱动器，磁带槽位可以达到 150 盘以上。