

DRZ

电力行业热工自动化标准化技术委员会标准

DRZ / T 02 — 2004

火力发电厂厂级监控信息系统 实时 / 历史数据库系统基准测试规范

**Benchmark specification of real-time/historian database system in
supervisory information system in fossil fuel power plant**

2004-10-20 发布

2004-12-20 实施

电力行业热工自动化标准化技术委员会 发布

关于发布《火力发电厂厂级监控信息系统实时/历史数据库 系统基准测试规范》的函

电自标〔2004〕25号

各发电集团公司：

根据电力行业热工自动化标准化技术委员会电自标〔2004〕06号《关于下达编制〈火力发电厂厂级监控信息系统实时/历史数据库系统基准测试规范〉的通知》的安排，现已完成《火力发电厂厂级监控信息系统实时/历史数据库系统基准测试规范》（DRZ/T 02—2004）的编审工作，特予发布实施。

本标准作为电力行业热工自动化标准化技术委员会发布的推荐性标准。

本标准将由中国电力出版社出版。

附件：《火力发电厂厂级监控信息系统实时/历史数据库系统基准测试规范》（略）

电力行业热工自动化标准化技术委员会

2004年10月20日

前 言

本标准根据电力行业热工自动化标准化技术委员会的安排进行编制。

本标准为新编的推荐性标准。

本标准由电力行业热工自动化标准化技术委员会提出、归口并解释。

本标准主要起草单位：中国科学院软件研究所、北京国电智深控制技术有限公司、通用电气（中国）有限公司、上海麦杰科技有限公司。

本标准主要起草人：王强、王军、刘笑天、杨永军、吴隼平。

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

4 总则 1

5 测试环境配置 2

6 基本特性测试 3

7 数据采集部分测试 4

8 数据存储部分测试 4

9 数据库管理部分测试 4

10 数据应用部分测试 5

11 事务特性测试 5

12 系统性能指标 6

1 范 围

本标准规定了火力发电厂厂级监控信息系统中实时/历史数据库系统基本功能与性能测试的内容、方法以及应达到的要求。

本标准适用于火力发电厂厂级监控信息系统中的实时/历史数据库系统测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改清单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励使用本标准的各方研究是否可采用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

TPC BENCHMARK™ A, Standard Specification Revision 2.0

TPC BENCHMARK™ B, Standard Specification Revision 2.0

TPC BENCHMARK™ C, Standard Specification Revision 5.2

3 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适用于本标准。

3.1 动态数据交换技术 (Dynamic Data Exchange, 简称 DDE)

微软公司的一种动态数据交换机制，允许应用程序之间共享数据。

3.2 Java 数据库连接 (Java Database Connectivity, 简称 JDBC)

基于 Java 语言的开放式数据库访问标准。

3.3 开放数据库互联 (Open Database Connectivity, 简称 ODBC)

微软公司提出的面向数据库应用程序的通用数据访问编程接口规范，其中驱动程序管理器负责提供 ODBC 应用程序与特定数据库管理系统的 ODBC 驱动程序之间的链接；当 ODBC 应用程序改变它们所访问的数据库管理系统时，不需要重新连接或重新编译。

3.4 OLE DB (Object Linking and Embedding Database)

微软公司提出的一种标准数据访问方法，它利用一套 COM 接口来访问和操纵所有类型的数据。

3.5 联机事务处理 (On-line Transaction Processing, 简称 OLTP)

OLTP 作为数据库系统的主要应用，一般使用短小和中等复杂程度的查询语句，读取或修改整个数据库中一个非常小的部分，其数据的访问方式是小的随机磁盘访问。OLTP 应用中，由于大量并发用户的存在，对多道程序的要求较高，绝大部分商业应用都属于这一类。

3.6 OPC (OLE for Process Control)

由 OPC 基金会 (OPC Foundation) 制定的一系列基于 COM/DCOM 技术的软件接口协议，用来规范工业过程控制中自动控制、现场设备与商业办公应用程序之间的接口。

3.7 被测试与评估的实时数据库系统 (System Under Test, 简称 SUT)

指参与被测试评估的实时数据库系统。

3.8 事务 (Transaction)

数据库上构成单一程序执行单元的操作集合，或者整个成功执行或者属于该事务的操作一个也不执行。

3.9 事务吞吐量 (Transactions Per Second, 简称 TPS)

数据库系统每秒钟能够处理的事务数量，是数据库性能测试中的重要技术指标。

4 总 则

4.1 实时/历史数据库系统应能按照标签点的形式收集、处理和存储电厂控制系统或者其他系统产生的

时间序列数据、手工数据或者其他外部应用数据，并为这些数据提供管理与应用平台。

4.2 实时/历史数据库系统应支持浮点型、布尔型、整型与字符串型四种基本数据类型。

4.3 实时/历史数据库系统应提供分布式的连续数据采集能力，保证生产过程数据采集的实时性。

4.4 实时/历史数据库系统应保证系统及其数据的安全，采用适当的加密防护措施、数据备份措施，提供严格的用户认证、权限管理和审计手段。

4.5 实时/历史数据库系统应保证生产过程数据的完整性，确保原始数据的准确性及一致性。

4.6 实时/历史数据库系统在事务处理方面应满足原子性与一致性。

4.7 实时/历史数据库系统应采用分布式体系结构，保证系统的开放性、可扩展性。

4.8 实时/历史数据库系统应支持容错配置，确保高可靠性和高可用性。

4.9 实时/历史数据库系统在设计方面应注重系统的易维护性和易用性，能提供系统运行状态实时监视信息。

4.10 实时/历史数据库系统至少应具备以下四个组成部分：数据采集、数据存储、数据库管理、数据应用。

4.11 基于本标准进行实时/历史数据库系统测试，宜有第三方专业机构参与进行。

4.12 本标准未规定的功能与性能测试，应按本标准引用的标准测试。如果这些引用标准也未谈及这些功能，则可按产品供应商提供的方法进行测试。

5 测试环境配置

5.1 本测试标准要求配置 RTDB-A 与 RTDB-B 两个实时数据库服务器，并采集不同控制系统上的过程数据，进行压缩存储并提供给客户端应用程序。

5.2 每个实时数据库服务器上应根据其 SUT 的能力选取不同的测试规模，至少应测试 2 万点、5 万点和最多支持点数三种规模。数据类型应涵盖浮点型、整型、布尔型与字符串型；数据采集周期可根据 SUT 的支持能力确定。

5.3 每个 SUT 宜定义一组 6 个或以上的模拟接口设备（如 SimuDev1、SimuDev2、SimuDev3、SimuDev4、SimuDev5 与 SimuDev6），以便进行测试。以 SUT 标签点 2 万个为例，具体参数可按表 1 所示。

表 1 以 SUT 标签点 20000 个为例的参数

设备名称	数据类型	标签点数量	采集周期
SimuDev1	浮点型	2000	1s
SimuDev2	整型	2000	1s
SimuDev3	布尔型	2000	1s
SimuDev4	字符串型	2000	1s
SimuDev5	浮点型	2000	1s
	整型	1000	1s
	布尔型	2000	1s
	字符串型	1000	1s
SimuDev6	浮点型	2000	1s
	整型	2000	1s
	布尔型	1000	1s
	字符串型	1000	1s
合计	4 种数据类型	20000	1s

5.4 实时数据库服务器宜配置为至强处理器或相当的处理器、单处理器与双处理器各一台，主频 2~3G，内存 1G，可用硬盘空间 40G 以上，10M 以上网络适配器；运行 Windows Server 或 IBM/SUN/HP Unix 或 Linux；测试者可以根据 SUT 支持的软硬件平台选择。

5.5 数据模拟工作站至少配置为 PIII 800 及以上、128M 内存、10G 硬盘、10M/100M 网络适配器，数量 6 台或者与定义的模拟设备相匹配。

5.6 客户机宜配置为 PIII 800 及以上、128M 内存、至少 200M 空闲硬盘空间，运行 Windows 2000/XP 操作系统，数量 5 台或者根据测试需求适当增加。

5.7 测试用软件至少应包括：

- a) 数据模拟发生器，支持产生正弦曲线或者伪随机数。
- b) Matrikon OPC Server for Simulation，提供 OPC 模拟数据源；也可采用其他的 OPC 模拟数据发生器。
- c) Microsoft Excel，作为 DDE 服务器；也可采用其他的 DDE 服务器。
- d) 客户端测试工具，提供数据库数据访问的测试功能。

6 基本特性测试

6.1 测试项目

- 6.1.1 是否支持布尔型、整型、字符串型或者浮点型标签点。
- 6.1.2 标签点的定义是否支持中文描述，字符串数据是否支持中文字符串。
- 6.1.3 是否支持标签点报警功能，并且至少支持越限报警与状态报警。
- 6.1.4 是否支持在线新增、删除标签点，修改标签点属性。
- 6.1.5 是否支持针对每个标签点的压缩方法、压缩参数配置。
- 6.1.6 是否提供计算引擎或者计算接口，支持数据的二次计算—存储能力，既可直接存储过程数据又可存储过程数据中间计算结果。
- 6.1.7 计算引擎或者计算接口是否支持数据统计功能，至少包括最大值、最小值、平均值和累计值计算功能。
- 6.1.8 标签点的属性是否包含以下内容：名称、描述、数据源地址、工程单位、数据类型、扫描周期、量程范围。
- 6.1.9 数据记录是否包含：数据时间戳、数据值、数据状态（含数据质量或者其他数据点状态信息）。
- 6.1.10 是否支持已有同类实时/历史数据库系统的移植和扩容。

6.2 测试方法

- 6.2.1 在 SUT 中随意增加布尔型、整型、字符串型或者浮点型标签点。
- 6.2.2 增加中文描述，使用数据模拟器发送中文字符串数据。
- 6.2.3 设置某些标签点的报警限或状态报警定义，并模拟产生这些点的不同数据值，利用日志记录器或者客户端测试工具查看报警状态与定义是否一致。
- 6.2.4 在 SUT 中修改某些标签点属性，并删除某个标签点，查看是否成功完成。
- 6.2.5 配置一个标签点的压缩参数和压缩方法，利用客户端测试工具对比配置前和配置后的标签点数据，查看压缩参数和压缩方法的变化是否产生作用。
- 6.2.6 创建一个二次计算点，查看计算点值是否正确。
- 6.2.7 创建一个带统计功能的二次计算点，查看计算点值是否正确。
- 6.2.8 查看标签点的属性定义，确认每个标签点及其相关属性。
- 6.2.9 查看数据库数据，包括点值、时间戳、状态等是否定义在同一数据对象或者记录内。
- 6.2.10 将 RTDB-A 数据库移植到 RTDB-B，确认是否成功。

7 数据采集部分测试

7.1 测试项目

- 7.1.1 是否支持采集控制系统过程数据, 以及通过相应功能或者开发接口实现对手工输入数据、手持设备或者其他信息系统的数据采集。
- 7.1.2 是否在硬件上支持通过接口站或者控制系统上位计算机完成控制系统数据采集。
- 7.1.3 是否在软件上支持通过 OPC、DDE 方式采集控制系统的数据库。
- 7.1.4 是否支持采集数字量、模拟量、字符串等类型的数据。
- 7.1.5 在控制系统性能满足的条件下, 是否支持 SUT 厂家指定的时间分辨率, 但至少不大于 1s。
- 7.1.6 为了平衡控制系统的数据库通信负荷, SUT 是否支持针对过程数据特性, 进行单独或者批量定义标签点采集频率。
- 7.1.7 是否支持数据缓存功能, 能够在网络中断或者其他无法进行正常数据库发送的情况下, 将过程数据暂存于本地, 待恢复正常后将数据送入数据库。数据库缓存区的大小可按需配置。
- 7.1.8 是否支持同类数据库系统的数据库复制功能。

7.2 测试方法

- 7.2.1 OPC 接口测试: 采用标准的 OPC Server 如 Matrikon 产生模拟数据, 使用 SUT 中的数据库采集接口连接到 OPC Server, 测试 SUT 对 OPC 接口的支持能力。
- 7.2.2 DDE 接口测试: 以 Microsoft Excel 作为数据库源, 使用 SUT 中的数据库采集接口以 DDE 方式采集 Excel 中的数据库, 测试 SUT 对 DDE 接口的支持能力。
- 7.2.3 采集时间分辨率: 使用标准 OPC Server 以 SUT 厂家指定的时间间隔模拟产生数据库, 使用客户端测试工具订阅这些数据库, 察看显示的数据库是否正确并且数据库的时间戳是否间隔正确。
- 7.2.4 修改一个标签点的采集频率, 利用客户端测试工具对比修改前和修改后的标签点数据库, 查看采集频率是否改变。
- 7.2.5 数据库缓存与故障自恢复: 运行设备模拟器连接到实时数据库服务器, 拔掉网线过一段时间后恢复, 查看是否能够重新连接, 能否得到网络中断期间的数据库。
- 7.2.6 将 RTDB-A 中的部分数据库复制到 RTDB-B, 确认是否成功。

8 数据存储部分测试

8.1 测试项目

- 8.1.1 是否支持系统的备份与恢复, 包括配置信息与数据库的备份与恢复。
- 8.1.2 是否支持历史数据库归档文件的管理, 包括文件的创建、复制、删除、备份等功能。
- 8.1.3 是否提供经济存储的手段, 包括数据库压缩方法以及用户可对压缩能力选择的途径。

8.2 测试方法

- 8.2.1 备份 SUT 中的配置信息, 然后删除部分配置信息。使用备份的配置信息恢复系统, 检查系统是否恢复到删除配置信息之前的状态。
- 8.2.2 备份 SUT 中某时间段的历史数据库, 然后删除该时间段的历史数据库。恢复备份的历史数据库, 检查该时间段的历史数据库是否正常恢复。

9 数据库管理部分测试

9.1 测试项目

- 9.1.1 是否提供实时/历史数据库系统管理工具。
- 9.1.2 是否支持基于角色的用户权限管理, 可以对每个用户指定具体的操作权限, 确保其只能进行权限范围内的操作。

- 9.1.3 是否支持单独与批量组态标签点, 包括创建、更新、删除、查询标签点以及相关属性。
- 9.1.4 是否支持离线和在线两种方式进行数据库组态和配置。所谓在线方式是指能够在系统运行过程中修改标签点配置, 不需要数据库系统停机。
- 9.1.5 是否支持系统参数设置和系统运行监视。
- 9.1.6 是否支持系统审计, 能够记录和追踪数据库配置信息与数据修改。
- 9.1.7 是否支持系统日志, 能够记录系统运行中的操作信息、警告信息、错误信息等。
- 9.1.8 是否支持 Web 方式或者图形界面方式的远程维护。

9.2 测试方法

- 9.2.1 使用管理工具创建新用户, 并授予指定权限, 查看该用户是否只能进行权限范围内的操作。
- 9.2.2 创建包含一组标签点配置信息的文本文件, 并利用该文件进行标签点的批量创建或者更新, 查询操作是否成功完成。
- 9.2.3 利用管理工具监视系统运行参数, 查看参数能否正确反映系统的运行情况。
- 9.2.4 利用管理工具查看审计记录, 看是否记录了有关的配置信息的修改。
- 9.2.5 查看日志的记录情况, 是否涵盖了主要的系统信息。

10 数据应用部分测试

10.1 测试项目

- 10.1.1 是否提供二次开发工具, 以 API 或者 SDK 的方式提供函数调用接口。支持的函数应包括: 服务器与接口站的配置函数和状态信息的查询函数、标签点配置函数、实时/历史数据的查询、修改、删除与统计计算函数。
- 10.1.2 是否提供 ODBC/JDBC/OLE DB 接口, 支持 SQL SELECT 子集, 以 SQL 语句实现服务器与接口站配置信息和状态信息的查询、标签点属性的查询、实时/历史数据的基本查询与统计查询。
- 10.1.3 是否提供历史数据查询能力, 支持指定间隔时间与指定记录个数的数据查询。
- 10.1.4 是否提供数据查询时的统计计算能力: 计算最大、最小值, 计算指定时间范围均值, 计算累计, 计算记录个数或者次数、最大最小值发生时间等。
- 10.1.5 是否提供图形化的应用开发界面, 实现生产流程图动态再现、趋势显示与分析工具。
- 10.1.6 是否支持 Web 访问解决方案: 生产流程图动态再现、趋势显示与分析工具。
- 10.1.7 是否提供专门的报表开发工具或者 Excel 加载宏等易学易用的报表工具。

10.2 测试方法

- 10.2.1 利用客户端测试程序, 测试是否能够增加、修改、删除和查询标签点。
- 10.2.2 利用客户端测试程序, 测试是否能够查询服务器和接口站的状态。
- 10.2.3 利用客户端测试程序, 测试是否支持数据查询时的统计计算功能。
- 10.2.4 利用 SQL 查询工具或者客户端测试程序, 测试 ODBC/JDBC/OLE DB 驱动是否支持查询点信息、实时数据值和历史数据值等。
- 10.2.5 测试客户端工具是否支持生产流程图动态再现、趋势显示和数据分析。
- 10.2.6 测试是否能够通过浏览器访问生产流程图与趋势图。
- 10.2.7 测试报表工具是否能够利用 SUT 中的数据开发与生成报表。

11 事务特性测试

11.1 测试项目

- 11.1.1 实时/历史数据库在事务处理方面是否满足定时性要求, 达到定时限制条件下事务吞吐量最大的处理目标。
- 11.1.2 事务的执行是否具有原子性。

11.1.3 实时/历史数据库事务按照数据处理方式通常分为:

- a) 数据采集事务: 该事务包含的操作有事务开始、更新数据时间、更新数据值、检查数据状态、设置数据状态、事务结束。
- b) 数据计算事务: 即计算点的数据更新, 其包含的操作有事务开始、获取计算所需的数据点值及其对应时间、产生计算结果、更新计算点的数据时间、更新计算点的数据值、检查数据状态、设置数据状态、事务结束。
- c) 数据查询事务: 该事务包含的操作有事务开始、按照指定条件获取数据、事务结束。

11.1.4 实时/历史数据库系统是否能保证数据的一致性, 即在数据库初始状态一致的情况下, 要求任何事务的执行必须转换数据库由一个一致状态到另一个一致状态。

- a) 一致性条件 1: 实时数据一致性——任何标签点的实时数据更新事务必须保证数据的实时值与数据的状态是一致的。
- b) 一致性条件 2: 计算数据的一致性——任何计算点的数据应该与相关的标签点的数据保持一致。

11.2 测试方法

11.2.1 原子性测试:

- a) 使用数据模拟发生器, 单次发送一个标签点的值, 查看数据采集事务是否正确完成;
- b) 上一个案例, 针对不同的数据类型重复。

11.2.2 一致性测试:

- a) 使用数据模拟发生器, 单次发送一个标签点的值, 查看相关的状态改变是否正确;
- b) 上一个案例, 针对不同的数据类型重复;
- c) 建立一个计算点, 查看计算点相关的状态改变是否正确。

12 系统性能指标

12.1 实时/历史数据库的主要性能可通过事务吞吐量与数据压缩能力来评价。性能指标的报告结果, 应以系统至少稳定运行 120min 内的结果为准。

12.2 性能指标测试中的事务模型应包括:

12.2.1 数据采集事务: 采用数据模拟发生器以 SUT 厂家规范中标定的时间间隔模拟产生这些数据, 并确保这些数据能够及时产生和发送给 SUT。

12.2.2 实时数据查询事务: 定义至少三组数据点, 每组 100 点, 要求每组中的标签点在整个点表中随机分布, 并且点的数据类型相对分散。以分组方式查询一批 100 个标签点的实时数据, 返回结果应包括标签点名、数据值、时间戳、状态等信息。

12.2.3 历史数据查询事务: 从点表中随机选取一个标签点, 宜从当前时间前溯不小于 48h 这一时间段内随机查询不小于 60min 的历史数据。

12.3 事务吞吐量应包括:

- a) 每秒数据读事务吞吐量: 仅执行数据查询事务时, 数据库系统的事务吞吐量。
- b) 每秒数据写事务吞吐量: 仅执行数据采集事务时, 数据库系统的事务吞吐量。
- c) 每秒混合事务吞吐量: 按照各自 50% 比例同时进行数据采集和数据查询事务时, 数据库系统的事务吞吐量。

12.4 事务吞吐量的测试方法:

- a) SUT 中加入配置的标签点, 依次启动数据模拟发生器产生数据。使用日志记录器或者其他工具中的采集数据量统计功能获得 SUT 能够处理的数据采集事务数量。要求服务器的处理器的平均负荷率在不小于 20%, 峰值负荷率在 50% 以上的持续时间不超过 2s, 数据采集事务成功完成率在 99.95% 以上。数据模拟发生器宜分布到不同的计算机, 以得到更加准确的吞

吐量指标。满足上述要求的情况下，每秒完成的数据采集事务的数量确定为额定数据采集事务吞吐量。

- b) 将第一种测试中的标签点采集频率提高一倍，使用日志记录器或者其他工具中的采集数据量统计功能获得 SUT 能够处理的数据采集事务数量。要求服务器的处理器的平均负荷率在不小于 50%、峰值负荷率在 80% 以上的持续时间不超过 2s，数据采集事务成功完成率在 99.9% 以上。数据模拟发生器宜分布到不同的计算机，以得到更加准确的吞吐量指标。满足上述要求的情况下，每秒完成的数据采集事务的数量确定为繁忙数据采集事务吞吐量。
- c) 在第一种测试所述情况下，前端运行一定数量的客户端测试工具查询实时数据，要求服务器的处理器的平均负荷率在不小于 50%、峰值负荷率在 80% 以上的持续时间不超过 2s，实时数据查询事务成功完成率在 99.9% 以上。满足上述要求的情况下，每秒完成实时数据查询事务的数量确定为实时数据查询事务吞吐量。
- d) 在第一种测试所述情况下，前端运行一定数量的客户端测试工具查询历史数据。要求服务器的处理器的平均负荷率在不小于 50%、峰值负荷率在 80% 以上的持续时间不超过 2s，历史数据查询事务成功完成率在 99.9% 以上。满足上述要求的情况下，每秒完成历史数据查询事务的数量确定为历史数据查询事务吞吐量。

12.5 数据压缩能力：以给定的正弦曲线和伪随机序列为例，计算达到指定数据精度（相对误差 0.1%、0.2% 与 0.3%）的情况下，每标签点每小时或者每标签点每天占用的磁盘空间。数据压缩能力的测试方法为：以正弦曲线和伪随机序列为数据源，统计 SUT 稳定运行期间采集到的数据量 M 与实际存储的数据量 N ，则数据压缩率粗略计算为 $M:N$ 。