

智慧能源管理系统 - 关系模式设计文档

1. 文档概述

1.1 编写目的

本文档旨在详细说明智慧能源管理系统的数据库关系模式设计,包括初始关系模式的构建、关系模式的规范化优化以及最终的关系模式方案。通过关系模式的形式展现系统的数据结构,为数据库的物理设计和实现提供指导。

1.2 文档范围

- 厂区信息管理关系模式
- 配电网监控关系模式
- 综合能耗管理关系模式
- 分布式光伏管理关系模式
- 告警运维管理关系模式
- 大屏展示管理关系模式
- 系统人员与角色管理关系模式

1.3 设计原则

- 规范化**: 遵循第三范式(3NF),消除数据冗余和异常
- 完整性**: 保证实体完整性和参照完整性
- 一致性**: 确保数据的一致性和准确性
- 可扩展性**: 支持系统功能的扩展和演进
- 性能优化**: 在规范化的基础上考虑查询性能

2. 初始关系模式设计

2.1 符号说明

- 粗体**: 表示主码(Primary Key)
- 斜体**: 表示外码(Foreign Key)
- 关系类型**: 1:1表示一对一,1:N表示一对多,N:M表示多对多

2.2 厂区与配电管理关系模式

厂区信息(**厂区编号**, 区域描述, 厂区名称, 负责人ID)

厂区信息表是整个系统的核心基础表,记录各个厂区的基本信息。

配电房(**配电房编号**, 配电房名称, 位置, 负责人ID, 电压等级, 所属厂区编号)

配电房表记录厂区内配电房的基本信息,与厂区信息表存在多对一关系。

变压器(**变压器编号**, 名称, 配电房编号, 所属厂区编号)

变压器表记录配电房内的变压器信息,与配电房表存在多对一关系。

回路(**回路编号**, 名称, 配电房编号, 设备台账编号, 所属厂区编号)

回路表记录配电房内的回路信息,与配电房表和设备台账表存在关联关系。

2.3 设备管理关系模式

设备台账(**台账编号**, 设备名称, 设备类型, 型号规格, 报废状态, 安装时间)

设备台账表是设备管理的中心实体,记录所有设备的基本台账信息。

能耗计量设备(**设备编号**, 能源类型, 通信协议, 运行状态, 安装位置, 校准周期, 生产厂家, 厂区编号, 台账编号, 所属厂区编号)

能耗计量设备表记录各类能耗计量设备的信息,与设备台账表一对一关联。

2.4 能耗监测关系模式

能耗监测数据(**数据编号**, 采集时间, 数据质量, 能耗值, 单位, 能耗计量设备编号, 厂区编号, 峰谷能耗记录编号, 能源管理员编号, 数据分析师编号, 所属厂区编号)

能耗监测数据表记录能耗计量设备的实时监测数据。

变压器监测数据(**数据编号**, 采集时间, 绕组温度, 铁芯温度, 负载率, 变压器编号, 所属厂区编号)

变压器监测数据表记录变压器的运行监测数据。

回路监测数据(**数据编号**, 采集时间, 电压, 电流, 有功功率, 回路编号, 所属厂区编号)

回路监测数据表记录回路的电气参数监测数据。

峰谷能耗数据(**记录编号**, 统计日期, 能耗成本, 能源类型, 总能耗, 峰谷类型(尖峰/高峰/平段/低谷), 厂区编号, 能源管理员编号, 所属厂区编号)

峰谷能耗数据表记录分时计价的能耗统计数据。

2.5 光伏管理关系模式

并网点(并网点编号, 并网点名称, 位置描述, 所属厂区编号)

并网点表记录光伏发电系统的并网点信息。

光伏设备(设备编号, 通信协议, 装机容量, 校准周期, 设备类型, 运行状态, 投运时间, 并网点编号, 台账编号, 所属厂区编号)

光伏设备表记录光伏发电设备的信息。

光伏发电数据(数据编号, 采集时间, 自用电量, 发电量, 上网电量, 逆变器效率, 光伏设备编号, 并网点编号, 所属厂区编号)

光伏发电数据表记录光伏设备的发电数据。

光伏预测数据(预测编号, 预测日期, 预测发电量, 预测时段, 实际发电量, 偏差率, 并网点编号, 光伏预测模型版本, 数据分析师编号, 所属厂区编号)

光伏预测数据表记录光伏发电的预测数据和实际对比数据。

光伏预测模型(模型版本, 模型名称, 状态, 更新时间)

光伏预测模型表记录预测模型的版本信息。

模型优化提醒(提醒编号, 处理状态, 触发时间, 备注, 并网点编号, 光伏预测模型版本)

模型优化提醒表记录模型性能监控触发的优化提醒。

2.6 告警运维关系模式

告警信息(告警编号, 发生时间, 告警类型, 告警等级, 处理状态, 变压器监测数据编号, 回路检测数据编号, 设备台账编号, 运维工单人员编号, 运维人员编号, 所属厂区编号)

告警信息表记录系统产生的各类告警信息。

运维工单数据(工单编号, 派单时间, 完成时间, 处理结果, 响应时间, 复盘状态, 告警编号, 设备运维人员ID, 台账编号)

运维工单数据表记录告警处理的工单信息。

2.7 大屏展示关系模式

实时汇总数据(汇总编号, 统计时间, 光伏总发电量, 告警数, 总用电量, 大屏展示配置编号, 企业管理人员编号, 数据分析师编号)

实时汇总数据表记录大屏展示的实时统计数据。

大屏展示配置(配置编号, 刷新频率, 排序规则, 展示模块, 展示字段列表, 权限等级)

大屏展示配置表记录大屏展示的配置信息。

历史趋势数据(趋势编号, 能源类型, 统计周期, 统计日期, 能耗/发电量数值, 同比增长率, 环比增长率, 大屏展示配置编号, 数据分析师编号, 企业管理层人员编号)

历史趋势数据表记录历史统计趋势数据。

2.8 系统人员管理关系模式

系统人员(人员编号, 登录密码, 真实姓名, 所属部门, 角色类型, 加密盐值, 账号状态, 登录账号, 联系方式)

系统人员表记录系统用户的基本信息。

数据分析师(人员编号, 系统管理员编号)

能源管理员(人员编号, 系统管理员编号)

运维人员(人员编号, 系统管理员编号)

企业管理层人员(人员编号, 系统管理员编号)

运维工单人员(人员编号, 系统管理员编号)

系统管理员(人员编号, 系统管理员编号)

人员角色表为不同角色创建独立的表,记录角色特定的信息。

3. 关系模式优化

3.1 优化目标

遵循第三范式(3NF)进行优化,消除以下问题:

- 部分依赖**: 非主属性部分依赖于主码
- 传递依赖**: 非主属性通过其他非主属性传递依赖于主码
- 数据冗余**: 重复存储相同数据
- 更新异常**: 数据更新导致不一致

3.2 优化案例

3.2.1 能耗监测数据表优化

优化前:

能耗监测数据(数据编号, 采集时间, 数据质量, 能耗值, 单位, 能耗计量设备编号, 厂区编号, 峰谷能耗记录编号, 能源管理员编号, 数据分析师编号, 所属厂区编号)

问题分析:

- 存在传递依赖: 数据编号 → 能耗计量设备编号 → 厂区编号
- 厂区编号不直接依赖于数据编号,而是通过能耗计量设备编号传递
- 导致数据冗余和更新异常

优化后:

能耗监测数据(数据编号, 采集时间, 数据质量, 能耗值, 单位, 能耗计量设备编号, 峰谷能耗记录编号, 能源管理员编号, 数据分析师编号)

优化说明: 移除厂区编号属性,通过能耗计量设备编号关联获取厂区信息,消除传递依赖。

3.2.2 光伏发电数据表优化

优化前：

光伏发电数据(**数据编号**, 采集时间, 自用电量, 发电量, 上网电量, 逆变器效率, 光伏设备编号, 并网点编号, 所属厂区编号)

问题分析：

- 存在传递依赖：数据编号 → 光伏设备编号 → 并网点编号
- 并网点编号不直接依赖于数据编号
- 造成数据冗余

优化后：

光伏发电数据(**数据编号**, 采集时间, 自用电量, 发电量, 上网电量, 逆变器效率, 光伏设备编号)

优化说明：移除并网点编号属性,通过光伏设备编号关联获取并网点信息。

3.2.3 光伏预测数据表优化

优化前：

光伏预测数据(**预测编号**, 预测日期, 预测发电量, 预测时段, 实际发电量, 偏差率, 并网点编号, 光伏预测模型版本, 数据分析师编号, 所属厂区编号)

问题分析：

- 偏差率可以通过预测发电量和实际发电量计算得到
- 存在数据冗余,可能导致计算结果不一致

优化后：

光伏预测数据(**预测编号**, 预测日期, 预测发电量, 预测时段, 实际发电量, 并网点编号, 光伏预测模型版本, 数据分析师编号)

优化说明：移除偏差率属性,在应用层根据预测发电量和实际发电量动态计算,保证数据一致性。

3.2.4 告警信息表优化

优化前：

告警信息(**告警编号**, 发生时间, 告警类型, 告警等级, 处理状态, 变压器监测数据编号, 回路检测数据编号, 设备台账编号, 运维工单人员编号, 运维人员编号, 所属厂区编号)

问题分析：

- 一个告警通常只关联一种监测数据源(要么是变压器监测,要么是回路监测)
- 每行记录都有两个外键字段,其中至少有一个为空
- 表中会出现大量NULL值,浪费存储空间
- 查询时需要进行空值判断,影响查询性能

优化方案：拆分成两个表

优化后：

告警基本信息表：告警基本信息(**告警编号**, 发生时间, 告警类型, 告警等级, 设备台账编号)

告警处理信息表：告警处理信息(处理记录编号, 告警编号, 处理状态, 处理时间, 运维人员编号, 运维工单人员编号, 关联数据编号, 关联数据类型)

字段说明：

- 关联数据类型：枚举值(变压器监测数据/回路监测数据)
- 通过关联数据类型字段明确告警关联的数据源类型

优化说明：

- 将告警基本信息和处理信息分离,提高数据组织的清晰度
- 消除NULL值,节省存储空间
- 简化查询逻辑,提高查询性能

3.2.5 人员角色表优化

优化前：

数据分析师(人员编号, 系统管理员编号)

能源管理员(人员编号, 系统管理员编号)

运维人员(人员编号, 系统管理员编号)

企业管理层人员(人员编号, 系统管理员编号)

运维工单人员(人员编号, 系统管理员编号)

系统管理员(人员编号, 系统管理员编号)

问题分析：

- 为每个角色创建独立的表,导致表数量过多
- 角色信息结构相似,存在大量重复结构
- 不便于统一管理和扩展

优化方案：合并为两个表,增加角色分配表

优化后：

系统人员表：

系统人员(人员编号, 登录密码, 真实姓名, 所属部门, 加密盐值, 账号状态, 登录账号, 联系方式)

人员角色分配表：

人员角色分配(分配编号, 人员编号, 角色类型, 系统管理员编号, 分配时间)

字段说明：

- 分配编号：自增ID主码
- 角色类型：枚举值(系统管理员/数据分析师/能源管理员/运维人员/企业管理层人员/运维工单人员)

优化说明：

- 减少表数量,简化数据库结构
- 统一人员信息管理,便于维护
- 支持一人多角色的灵活分配
- 通过角色分配表记录角色分配历史

4. 优化后的关系模式

4.1 厂区与配电管理

厂区信息(厂区编号, 区域描述, 厂区名称, 负责人ID)

配电房(配电房编号, 配电房名称, 位置, 负责人ID, 电压等级, 所属厂区编号)

变压器(变压器编号, 名称, 配电房编号)

回路(回路编号, 名称, 配电房编号, 设备台账编号)

4.2 设备管理

设备台账(台账编号, 设备名称, 设备类型, 型号规格, 报废状态, 安装时间)

能耗计量设备(设备编号, 能源类型, 通信协议, 运行状态, 安装位置, 校准周期, 生产厂家, 厂区编号, 台账编号)

4.3 能耗监测

能耗监测数据(数据编号, 采集时间, 数据质量, 能耗值, 单位, 能耗计量设备编号, 峰谷能耗记录编号, 能源管理员编号, 数据分析师编号)

变压器监测数据(数据编号, 采集时间, 绕组温度, 铁芯温度, 负载率, 变压器编号)

回路监测数据(数据编号, 采集时间, 电压, 电流, 有功功率, 回路编号)

峰谷能耗数据(记录编号, 统计日期, 能耗成本, 能源类型, 总能耗, 峰谷类型(尖峰/高峰/平段/低谷), 厂区编号, 能源管理员编号)

4.4 光伏管理

并网点(并网点编号, 并网点名称, 位置描述)

光伏设备(设备编号, 通信协议, 装机容量, 校准周期, 设备类型, 运行状态, 投运时间, 并网点编号, 台账编号)

光伏发电数据(数据编号, 采集时间, 自用电量, 发电量, 上网电量, 逆变器效率, 光伏设备编号)

光伏预测数据(预测编号, 预测日期, 预测发电量, 预测时段, 实际发电量, 并网点编号, 光伏预测模型版本, 数据分析师编号)

光伏预测模型(模型版本, 模型名称, 状态, 更新时间)

模型优化提醒(提醒编号, 处理状态, 触发时间, 备注, 并网点编号, 光伏预测模型版本)

4.5 告警运维

告警基本信息(**告警编号**, 发生时间, 告警类型, 告警等级, 设备台账编号)

告警处理信息(**处理记录编号**, **告警编号**, 处理状态, 处理时间, **运维人员编号**, **运维工单人员编号**, 关联数据编号, 关联数据类型)

字段说明: 关联数据类型枚举值(变压器监测数据/回路监测数据)

运维工单数据(**工单编号**, 派单时间, 完成时间, 处理结果, 响应时间, 复盘状态, **告警编号**, 设备运维人员ID, 台账编号)

4.6 大屏展示

实时汇总数据(**汇总编号**, 统计时间, 光伏总发电量, 告警数, 总用电量, **大屏展示配置编号**, 企业管理人员编号, 数据分析师编号)

大屏展示配置(**配置编号**, 刷新频率, 排序规则, 展示模块, 展示字段列表, 权限等级)

历史趋势数据(**趋势编号**, 能源类型, 统计周期, 统计日期, 能耗/发电量数值, 同比增长率, 环比增长率, **大屏展示配置编号**, 数据分析师编号, 企业管理层人员编号)

4.7 系统人员管理

系统人员(**人员编号**, 登录密码, 真实姓名, 所属部门, 加密盐值, 账号状态, 登录账号, 联系方式)

人员角色分配(**分配编号**, **人员编号**, 角色类型, **系统管理员编号**, 分配时间)

字段说明:

- 分配编号: 自增ID主码
- 角色类型: 枚举值(系统管理员/数据分析师/能源管理员/运维人员/企业管理层人员/运维工单人员)

5. 关系模式设计特点

5.1 规范化设计

- 符合第三范式(3NF)**: 消除部分依赖和传递依赖
- 减少数据冗余**: 避免重复存储相同数据
- 保证数据一致性**: 消除更新异常、插入异常和删除异常

5.2 模块化设计

- 业务模块独立**: 每个业务模块的关系模式相对独立
- 低耦合高内聚**: 模块间通过外键关联,内部关系紧密
- 便于扩展**: 支持新业务模块的添加和现有模块的扩展

5.3 完整性约束

- **实体完整性**：每个表都有明确的主码
- **参照完整性**：外键约束保证关联数据的一致性
- **业务完整性**：通过约束和触发器实现业务规则

5.4 性能优化

- **合理的外键设计**：避免过度规范化影响查询性能
- **索引优化**：在主码和外码上建立索引提高查询效率
- **分区策略**：对大数据量表(如监测数据表)考虑分区存储

5.5 可维护性

- **清晰的命名规范**：表名和字段名语义明确
- **完善的文档**：详细的关系模式说明和优化记录
- **版本管理**：支持关系模式的版本演进和回溯

6. 关系模式总结

6.1 表数量统计

- 厂区与配电管理：4个表
- 设备管理：2个表
- 能耗监测：4个表
- 光伏管理：6个表
- 告警运维：3个表
- 大屏展示：3个表
- 系统人员管理：2个表
- **总计：24个表**

6.2 优化成果

- **消除传递依赖**：优化了5个表的传递依赖问题
- **减少NULL值**：通过表拆分消除了告警信息表的大量NULL值
- **统一角色管理**：将6个角色表合并为1个角色分配表
- **减少冗余字段**：移除了计算字段和冗余外键
- **提高查询性能**：优化后的表结构更利于索引和查询优化