

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的配电房的基本信息,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