

智慧能源管理系统-业务分析文档

文档信息

项目名称	智慧能源管理系统
文档版本	V2.0
编写日期	2026年1月
文档类型	业务分析文档

1. 项目概述

1.1 项目背景

随着工业4.0和数字化转型的深入推进，能源管理已成为企业降本增效、实现可持续发展的关键环节。智慧能源管理系统应运而生，旨在通过物联网、大数据分析等技术手段，实现对工业企业能源消耗的全方位监控、智能化管理和深度数据分析，帮助企业提升能源利用效率，降低运营成本，实现绿色可持续发展。

1.2 系统定位

智慧能源管理系统是一个面向工业企业的综合性能源监控与管理平台，采用B/S架构，支持多用户并发访问。系统覆盖配电网监控、综合能耗管理、分布式光伏发电、告警运维、大屏展示等核心业务领域，为企业提供从数据采集到决策支持的全流程解决方案。

1.3 技术架构

- 表现层:** JSP+HTML5+CSS3+JavaScript
- 控制层:** Java Servlet +Filter
- 业务层:** Service +DAO
- 数据层:** SQL Server 2016+JDBC
- 部署环境:** Tomcat 8.5++JDK 1.8

2. 数据字典

2.1 核心业务术语

术语	英文名称	定义	来源	关联关系
厂区信息	Base_Factory	企业生产厂区的基本信息，包括厂区名称、区域描述、负责人等	企业基础数据	关联SysUser、DistRoom、Energy_Meter
设备台账	Device_Ledger	所有能源相关设备的登记册，记录设备基本信息、型号规格、安装时间、报废状态等	设备管理部门	关联Dist Transformer、DistCircuit、EnergyMeter、PVDevice
配电室	Dist_Room	电力配电设施的物理空间，包含变压器、回路等设备，记录位置、电压等级等信息	电力系统	关联BaseFactory、DistTransformer、Dist_Circuit
变压器	Dist_Transformer	电力变压设备，用于电压等级转换，记录绕组温度、铁芯温度、负载率等运行参数	电力设备	关联DistRoom、DeviceLedger、Data_Transformer
回路	Dist_Circuit	电力回路，电流的完整路径，记录电压、电流、功率、功率因数等电气参数	电力系统	关联DistRoom、DeviceLedger、Data_Circuit
能耗计量设备	Energy_Meter	用于计量水、电、天然气等能源消耗的设备，记录通信协议、运行状态、校准周期等	计量系统	关联BaseFactory、DeviceLedger、Data_Energy
峰谷配置	Config_PeakValley	电力峰谷时段和价格配置信息，定义尖峰、高峰、平段、低谷四个时段及其电价	电力政策	关联Data_PeakValley
光伏设备	PV_Device	分布式光伏发电设备，包括光伏板、逆变器等，记录容量、运行状态、并网点等信息	新能源系统	关联PVGridPoint、DeviceLedger、DataPV_Gen
并网点	PVGridPoint	光伏系统与电网的连接点，记录并网点名称和位置	电网系统	关联PVDevice、DataPV_Forecast
光伏预测模型	PVForecastModel	光伏发电量预测模型，记录模型版本、名称、状态和更新时间	预测系统	关联DataPVForecast
告警信息	Alarm_Info	系统异常、设备故障等告警信息，记录告警类型、等级、内容、发生时间和处理状态	监控系统	关联DeviceLedger、WorkOrder、AlarmHandlingLog
运维工单	Work_Order	基于告警产生的运维任务单，记录派发时间、响应时间、完成时间、处理结果和审核状态	运维管理	关联Alarm/nfo、RoleOandM、Device_Ledger
大屏配置	Dashboard_Config	数据展示大屏的配置信息，记录模块名称、刷新频率、排序规则、显示字段和授权级别	展示系统	关联StatRealtime、StatHistory_Trend

2.2 系统角色术语

角色	英文标识	职责描述	权限范围
系统管理员	ADMIN	负责系统配置、用户管理、角色权限分配、数据库维护等系统级管理工作	全系统访问权限，包括用户管理、RBAC管理、数据库维护
运维人员	OM	负责设备日常巡检、故障处理、工单执行、告警处理等现场运维工作	运维模块、设备管理、告警处理、工单管理
能源管理员	ENERGY	负责能耗监控、能耗分析、峰谷电价配置、成本管理、报表生成等能源管理工作	能耗数据、统计报表、峰谷配置、成本分析
数据分析师	ANALYST	负责光伏预测优化、能耗规律挖掘、趋势分析、预测模型调优等数据分析工作	分析工具、历史数据、预测模型、趋势分析
企业管理层	EXEC	负责决策支持、综合报表查看、KPI监控、管理驾驶舱等高层管理工作	汇总数据、管理报表、大屏展示、决策支持
调度员	DISPATCHER	负责工单派发、运维人员调度、任务分配等调度管理工作	工单派发、人员调度、任务分配

3. 业务线用例分析

3.1 配电网监控业务线

3.1.1 用例图描述

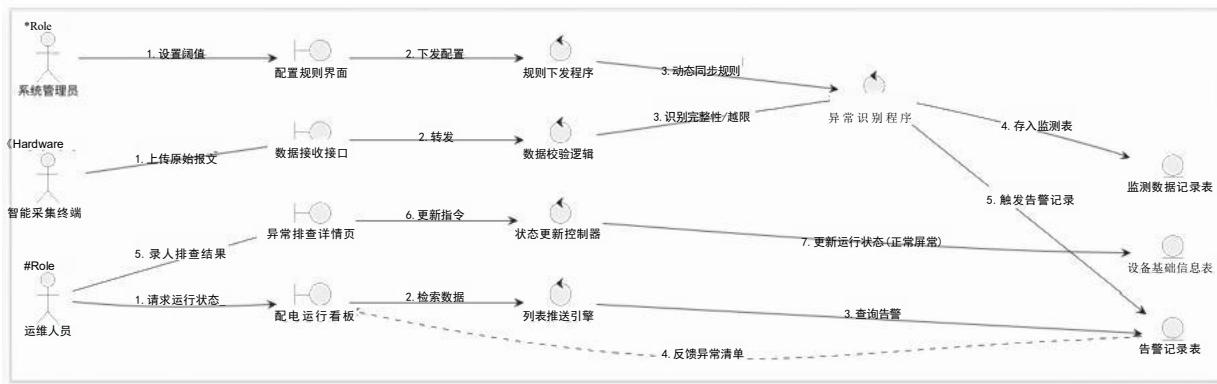
主要参与者：运维人员、能源管理员

业务目标：监控配电设备运行状态，及时发现异常，保障电力系统稳定运行

核心用例：- UC009: 配电室管理：运维人员管理配电室信息，包括配电室名称、位置、电压等级等- UC010: 变压器监控：运维人员和能源管理员监控变压器运行参数，包括绕组温度、铁芯温度、负载率等- UC011: 回路状态监控：运维人员和能源管理员监控回路电气参数，包括电压、电流、功率、功率因数等- UC012: 电力参数查询：运维人员和能源管理员查询历史电力参数数据- UC013: 异常告警处理：运维人员处理电力系统异常告警

用例关系：- 变压器监控<>温度监控- 变压器监控<>负载率监控- 回路状态监控<>电压电流监控- 回路状态监控<>功率因数监控- 异常告警处理<>自动工单生成

3.1.2 用例图及文字说明



配电网监控业务线用例图展示了电力系统的监控和管理流程。运维人员和能源管理员通过配电室管理功能管理配电室信息，通过变压器监控和回路状态监控功能实时监控设备运行参数。电力参数查询功能支持历史数据查询，用于故障分析和趋势分析。当系统检测到异常时，自动生成告警信息，运维人员通过异常告警处理功能处理告警，并可选择自动生成运维工单，确保问题得到及时处理。

3. 2 综合能耗管理业务线

3. 2. 1 用例图描述

主要参与者： 能源管理员、数据分析师

业务目标： 监控和分析企业综合能源消耗情况，优化能源使用，降低能源成本

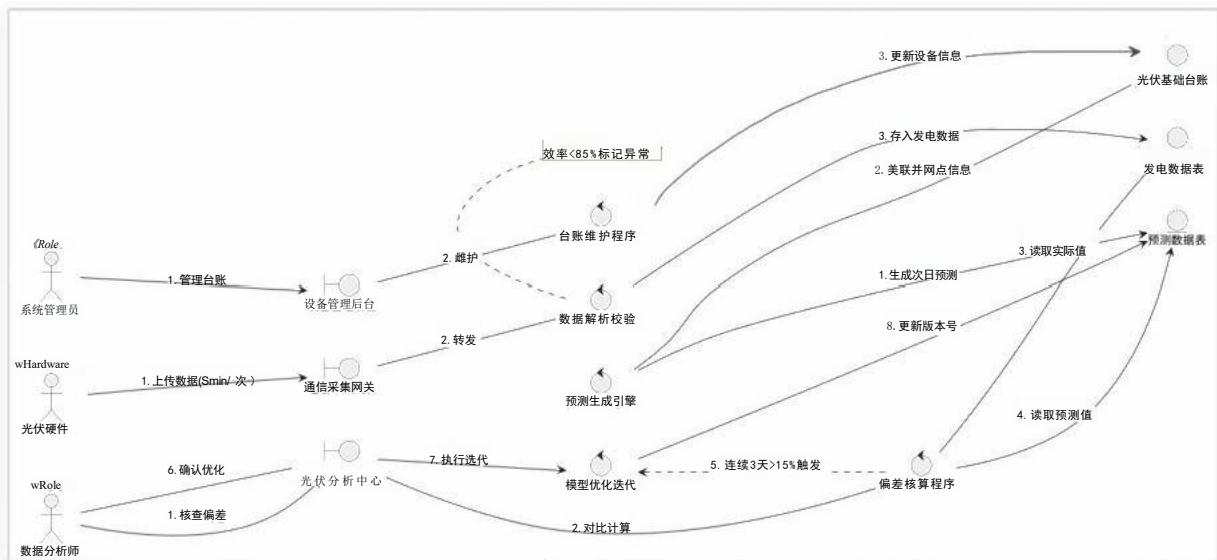
核心用例：

- **UC014: 能耗计量设备管理：** 能源管理员管理水、电、天然气等能耗计量设备
- **UC015: 能耗数据采集：** 系统自动采集能耗计量设备的实时数据
- **UC016: 峰谷电价配置：** 能源管理员配置电力峰谷时段和电价
- **UC017: 能耗成本分析：** 能源管理员分析能耗成本，计算峰谷电费
- **UC018: 能耗趋势分析：** 数据分析师分析能耗趋势，识别节能潜力
- **UC019: 能耗报表生成：** 能源管理员生成能耗统计报表

用例关系：

- 能耗成本分析 <> 峰谷电价计算
- 能耗趋势分析 <> 历史数据对比
- 能耗趋势分析 <> 同比环比分析
- 能耗报表生成 <> 自动定时生成

3. 2. 2 用例图文字说明



综合能耗管理业务线用例图展示了能耗管理的全流程。能源管理员通过能耗计量设备管理功能管理计量设备，系统通过能耗数据采集功能自动采集实时数据。峰谷电价配置功能允许管理员配置不同时段的电价，能耗成本分析功能基于峰谷电价计算能耗成本。数据分析师通过能耗趋势分析功能分析历史数据，识别节能潜力，能耗报表生成功能支持手动和自动定时生成报表，为管理层提供决策支持。

3.3 分布式光伏业务线

3.3.1 用例图描述

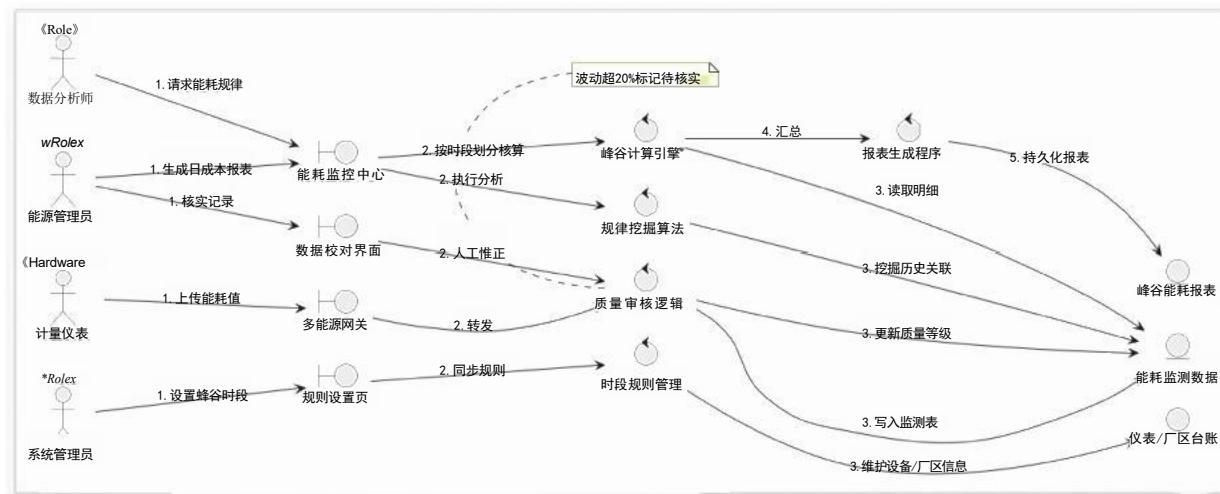
主要参与者： 能源管理员、数据分析师

业务目标： 管理光伏发电系统，优化发电效率，提高光伏发电收益

核心用例： - **UC020：光伏设备管理：** 能源管理员管理光伏板、逆变器等光伏设备 - **UC021：发电数据监控：** 能源管理员监控光伏发电数据，包括发电量、上网电量、自用电量等 - **UC022：发电量预测：** 数据分析师使用预测模型预测光伏发电量 - **UC023：并网数据分析：** 能源管理员分析并网数据，计算发电收益 - **UC024：光伏效率优化：** 数据分析师优化光伏预测模型，提高预测准确率

用例关系： - 发电量预测 <> 天气数据分析 - 光伏效率优化 <> 预测模型调优 - 光伏效率优化 <> 偏差率计算 - 并网数据分析 <> 收益计算

3.3.2 用例图文字说明



分布式光伏业务线用例图展示了光伏发电系统的管理和优化流程。能源管理员通过光伏设备管理功能管理光伏设备，通过发电数据监控功能实时监控发电数据。数据分析师通过发电量预测功能使用预测模型预测发电量，通过光伏效率优化功能优化预测模型，提高预测准确率。并网数据分析功能分析并网数据，计算发电收益，为管理层提供决策支持。

3.4 告警运维业务线

3.4.1 用例图描述

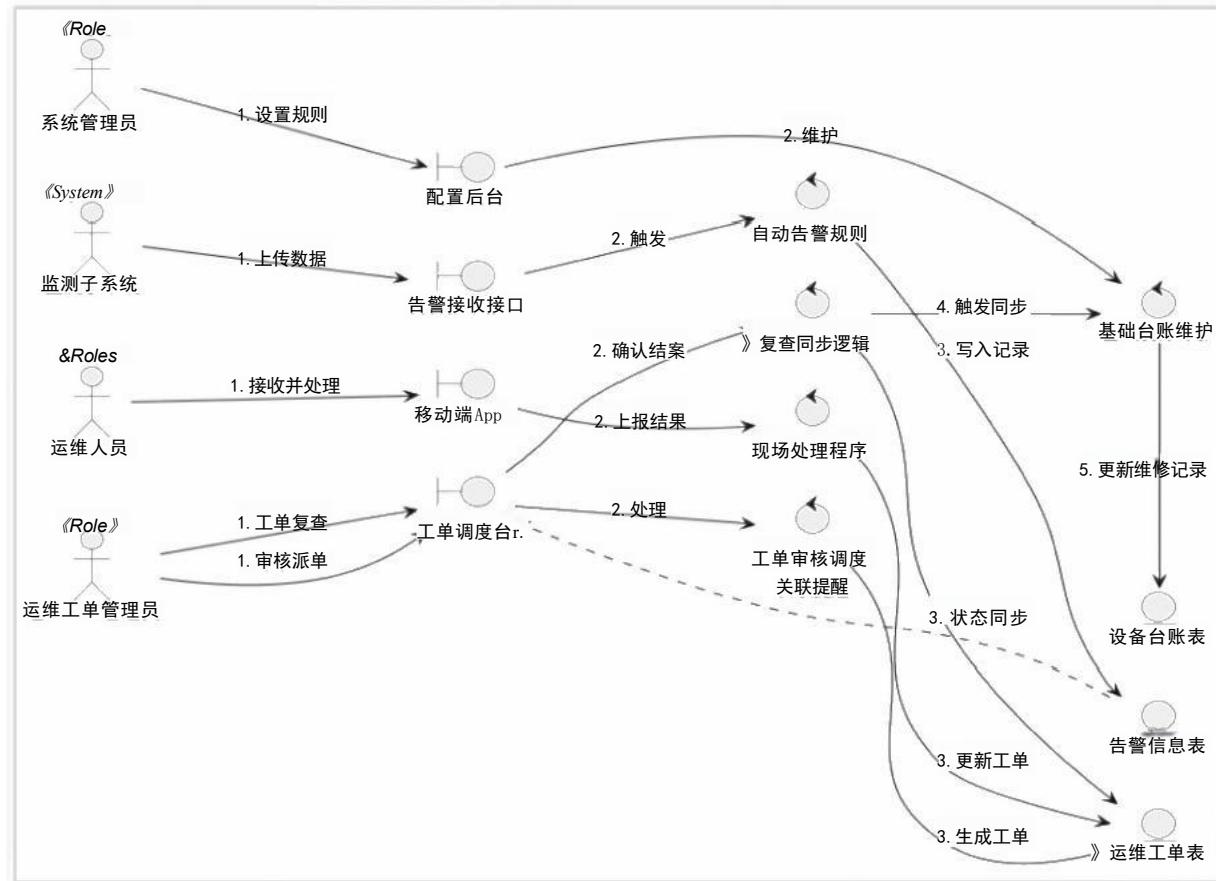
主要参与者： 运维人员、调度员

业务目标： 及时处理系统告警，保障设备正常运行，提高运维效率

核心用例: - UC025: 告警信息管理: 调度员和运维人员查看和管理告警信息- UC026: 工单派发: 调度员将告警转换为工单, 派发给运维人员- UC027: 运维任务执行: 运维人员执行运维任务, 记录处理过程- UC028: 工单审核: 调度员审核工单处理结果 - UC029: 告警统计分析: 调度员和运维人员统计分析告警数据

用例关系: -告警信息管理<>告警等级判定-工单派发<>运维人员分配-运维任务执行<>现场处理记录-工单审核<>质量评估-告警统计分析<>告警趋势分析

3. 4. 2用例图文字说明



告警运维业务线用例图展示了告警处理和运维管理的全流程。调度员和运维人员通过告警信息管理功能查看和管理告警信息，系统根据告警等级判定告警的优先级。调度员通过工单派发功能将告警转换为工单，分配给运维人员。运维人员通过运维任务执行功能执行运维任务，记录处理过程。调度员通过工单审核功能审核工单处理结果，可选择进行质量评估。告警统计分析功能支持告警趋势分析，为运维管理提供数据支持。

3. 5大屏展示业务线

3. 5. 1 用例图描述

主要参与者: 企业管理层、各业务角色

业务目标: 提供实时数据展示和决策支持，帮助管理层快速了解系统运行状况

核心用例: - UC030: 大屏配置管理: 系统管理员配置大屏展示内容，包括模块、刷新频率、排序规则等-UC031:

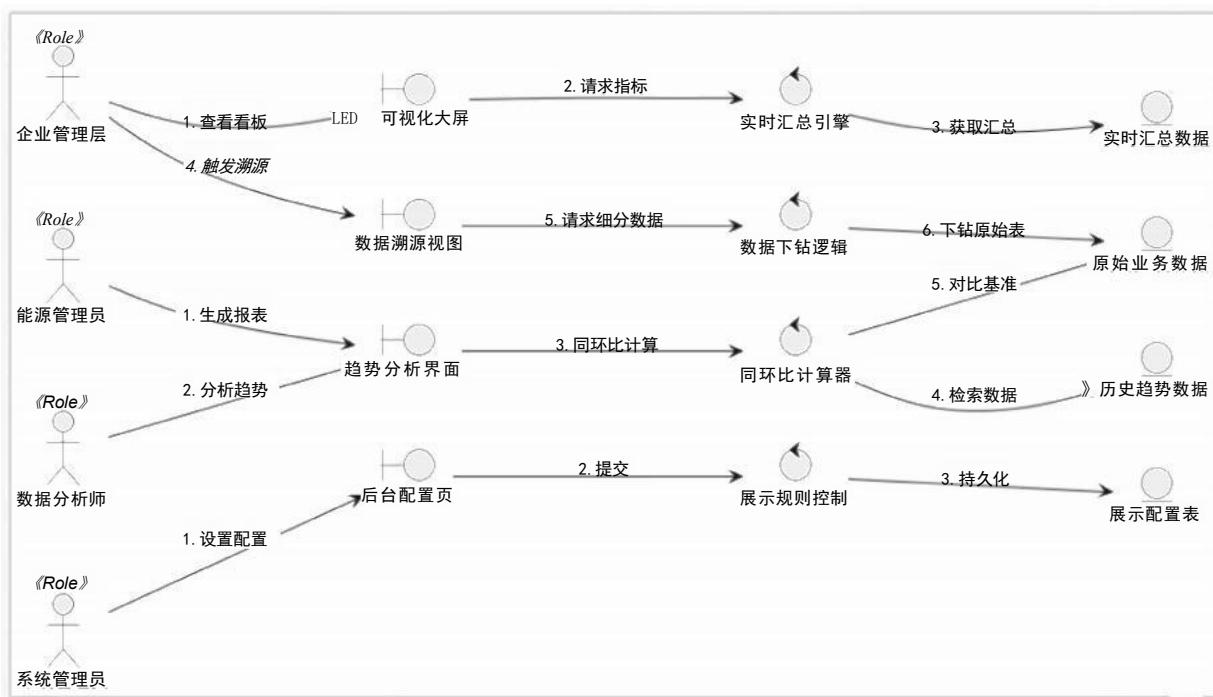
实时数据展示: 企业管理层查看实时能耗、发电量、告警等数据- UC032: 历史趋势展示: 企业管理层查看历史数据

趋势，包括同比、环比等- UC033:KPI 指标监控: 企业管理层监控关键绩效指标，如能耗指标、发电指标等-

UC034: 告警状态展示: 企业管理层查看告警状态，了解系统异常情况

用例关系：-实时数据展示<>数据刷新-历史趋势展示<>同比环比计算- KPI指标监控<>指标阈值告警-告警状态展示<>告警等级过滤

3.5.2 用例图文字说明



4. 鲁棒图分析

4.1 能耗数据监控鲁棒图

4.1.1 鲁棒图描述

参与者： 能源管理员

边界类：- **EnergyDashboard**：能耗监控面板，展示能耗数据和图表- **DataChart**：数据图表，可视化展示能耗趋势 - **AlarmPanel**： 告警面板，展示能耗异常告警

控制类：- **EnergyDataController**：能耗数据控制器，处理数据请求-**DataCollectionService**：数据采集服务，从计量设备采集数据- **AlarmService**：告警服务，检查异常并生成告警

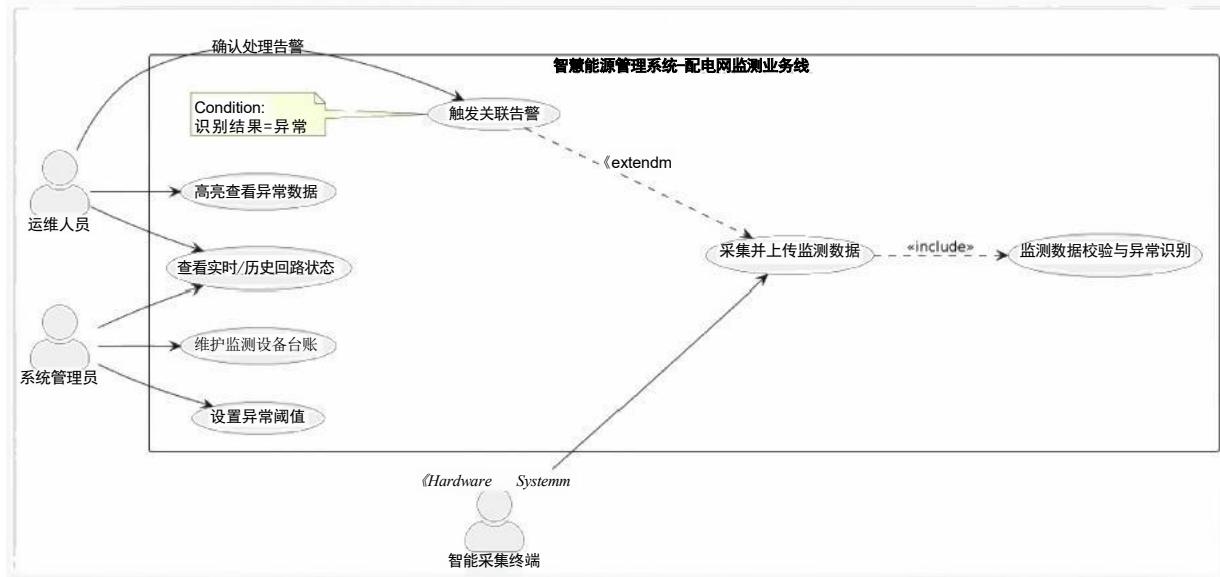
实体类：- **EnergyMeter**：能耗计量设备实体，存储设备信息- **DataEnergy**：能耗数据实体，存储能耗数据- **AlarmInfo**： 告警信息实体，存储告警信息 - **BaseFactory**：厂区信息实体，存储厂区信息

4.1.2 交互流程

1. 能源管理员访问EnergyDashboard

2. EnergyDataController 获取实时数据请求
3. DataCollectionService 从 Energy_Meter 采集数据
4. 更新 Data_Energy 实体，存储能耗数据
5. AlarmService 检查能耗数据是否异常
6. 如果异常，生成 Alarm_Info 实体
7. DataChart 展示能耗数据趋势
8. AlarmPanel 显示告警信息（如有异常）
9. 能源管理员查看数据和告警，做出决策

4.1.3 鲁棒图文字说明



能耗数据监控鲁棒图展示了能耗数据监控的完整流程。能源管理员访问 EnergyDashboard, EnergyDataController 获取实时数据请求, DataCollectionService 从 EnergyMeter 采集数据, 更新 DataEnergy 实体存储能耗数据。AlarmService 检查能耗数据是否异常, 如果异常, 生成 Alarm_Info 实体。DataChart 展示能耗数据趋势, AlarmPanel 显示告警信息(如有异常)。能源管理员查看数据和告警, 做出决策, 如调整能耗策略或处理异常。

4.2 运维工单管理业务鲁棒图

4.2.1 鲁棒图描述

参与者：运维人员、调度员

边界类：- **WorkOrderList** : 工单列表, 展示待派发和待处理的工单 - **WorkOrderDetail** : 工单详情, 展示工单详细信息 - **TaskForm**: 任务表单, 运维人员填写处理结果

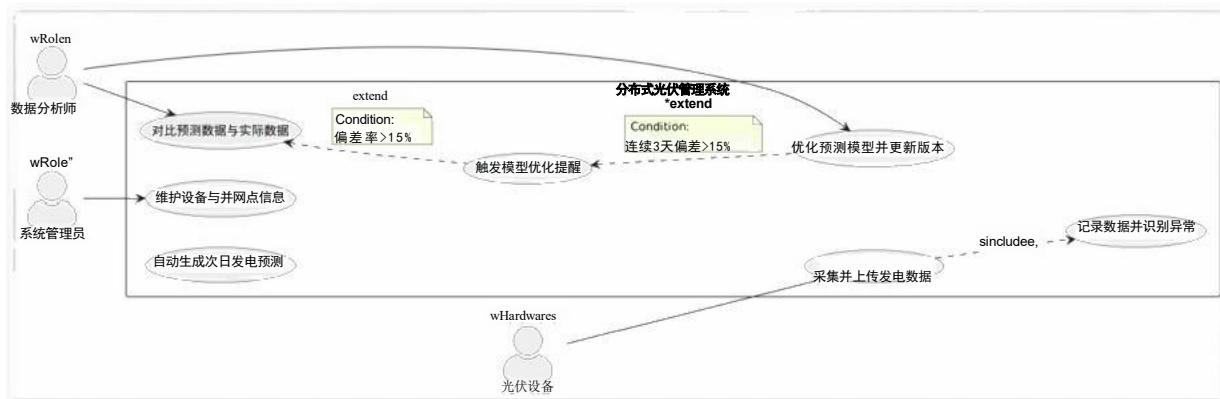
控制类：- **WorkOrderController** : 工单控制器, 处理工单请求 - **DispatchService**: 调度服务, 分配运维人员 - **MaintenanceService** : 维护服务, 记录处理过程

实体类：- **WorkOrder**: 工单实体, 存储工单信息 - **AlarmInfo**: 告警信息实体, 存储告警信息 - **SysUser**: 用户实体, 存储用户信息 - **DeviceLedger**: 设备台账实体, 存储设备信息 - **AlarmHandlingLog** : 告警处理日志实体, 存储处理记录

4.2.2 交互流程

1. 调度员通过WorkOrderList 查看待派发工单
2. WorkOrderController 获取工单信息
3. DispatchService 查询Sys_User实体，分配运维人员
4. 创建Work_Order 实体，记录派发信息
5. 运维人员通过WorkOrderDetail 查看任务详情
6. MaintenanceService 查询Device_Ledger 实体，获取设备信息
7. 运维人员执行运维任务
8. MaintenanceService 记录处理过程，更新Work_Order 状态
9. 运维人员通过TaskForm提交处理结果
10. 调度员审核工单，更新AlarmHandlingLog 实体

4.2.3 鲁棒图文字说明



运维工单处理鲁棒图展示了运维工单的完整处理流程。调度员通过WorkOrderList 查看待派发工单，WorkOrderController 获取工单信息，DispatchService 查询SysUser 实体，分配运维人员，创建WorkOrder 实体记录派发信息。运维人员通过WorkOrderDetail 查看任务详情，MaintenanceService 查询DeviceLedger 实体获取设备信息。运维人员执行运维任务，MaintenanceService 记录处理过程，更新 WorkOrder 状态。运维人员通过 TaskForm 提交处理结果，调度员审核工单，更新 AlarmHandlingLog 实体，完成工单处理流程。

4.3 光伏预测优化鲁棒图

4.3.1 鲁棒图描述

参与者： 数据分析师

边界类： - **PVPredictionDashboard** : 光伏预测面板，展示预测数据和实际数据对比- **ForecastChart**: 预测图表，可视化展示预测值和实际值- **ModelConfigPanel**: 模型配置面板，配置预测模型参数

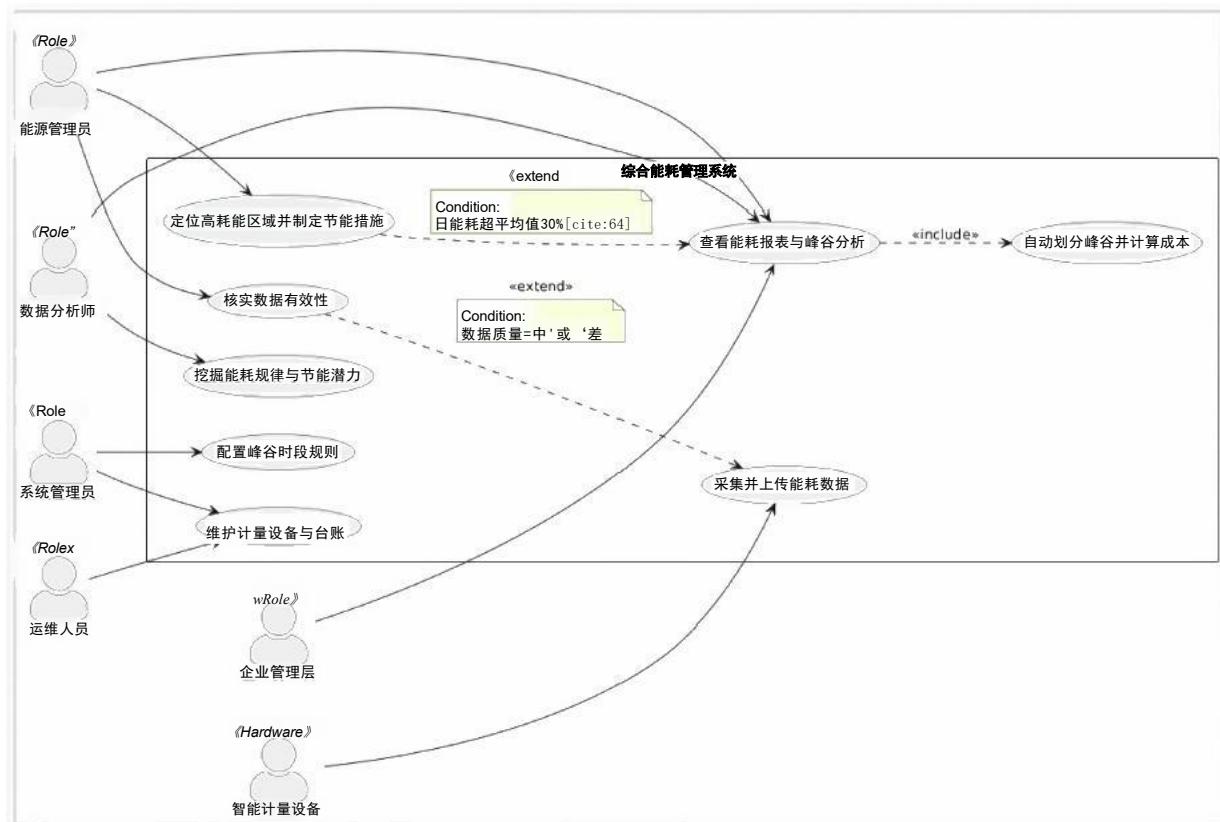
控制类： - **PVPredictionController** : 光伏预测控制器，处理预测请求- **ForecastService**: 预测服务，执行预测计算 - **ModelOptimizationService** : 模型优化服务，优化预测模型

实体类： - **DataPVForecast**: 光伏预测数据实体，存储预测数据- **DataPVGen**: 光伏发电数据实体，存储实际发电数据- **PVForecastModel**: 光伏预测模型实体，存储模型信息-**PVModelAlert** : 模型优化告警实体，存储优化告警信息

4.3.2 交互流程

1. 数据分析师访问PVPredictionDashboard
2. PVPredictionController 获取预测数据请求
3. ForecastService 查询PVForecastModel 实体，获取预测模型
4. ForecastService 执行预测计算，生成预测数据
5. 更新DataPVForecast 实体，存储预测数据
6. ForecastService 查询DataPVGGen 实体，获取实际发电数据
7. ForecastChart 对比展示预测值和实际值
8. ModelOptimizationService 计算偏差率
9. 如果偏差率超过阈值，生成PVMModelAlert 实体
10. 数据分析师通过ModelConfigPanel 优化模型参数

4.3.3 鲁棒图文字说明



光伏预测优化鲁棒图展示了光伏预测优化的完整流程。数据分析师访问PVPredictionDashboard, PVPredictionController获取预测数据请求, ForecastService查询PVForecastModel 实体获取预测模型, 执行预测计算生成预测数据, 更新DataPVForecast 实体存储预测数据。ForecastService查询DataPVGGen 实体获取实际发电数据, ForecastChart 对比展示预测值和实际值。ModelOptimizationService 计算偏差率, 如果偏差率超过阈值, 生成PVMModelAlert 实体。数据分析师通过ModelConfigPanel 优化模型参数, 提高预测准确率。

4.4 告警管理业务线鲁棒图

4.4.1 鲁棒图描述

参与者：调度员、运维人员

边界类：- **AlarmList**: 告警列表，展示所有告警信息- **AlarmDetail** :告警详情，展示告警的详细信息- **WorkOrderForm** :工单表单，用于创建和处理工单

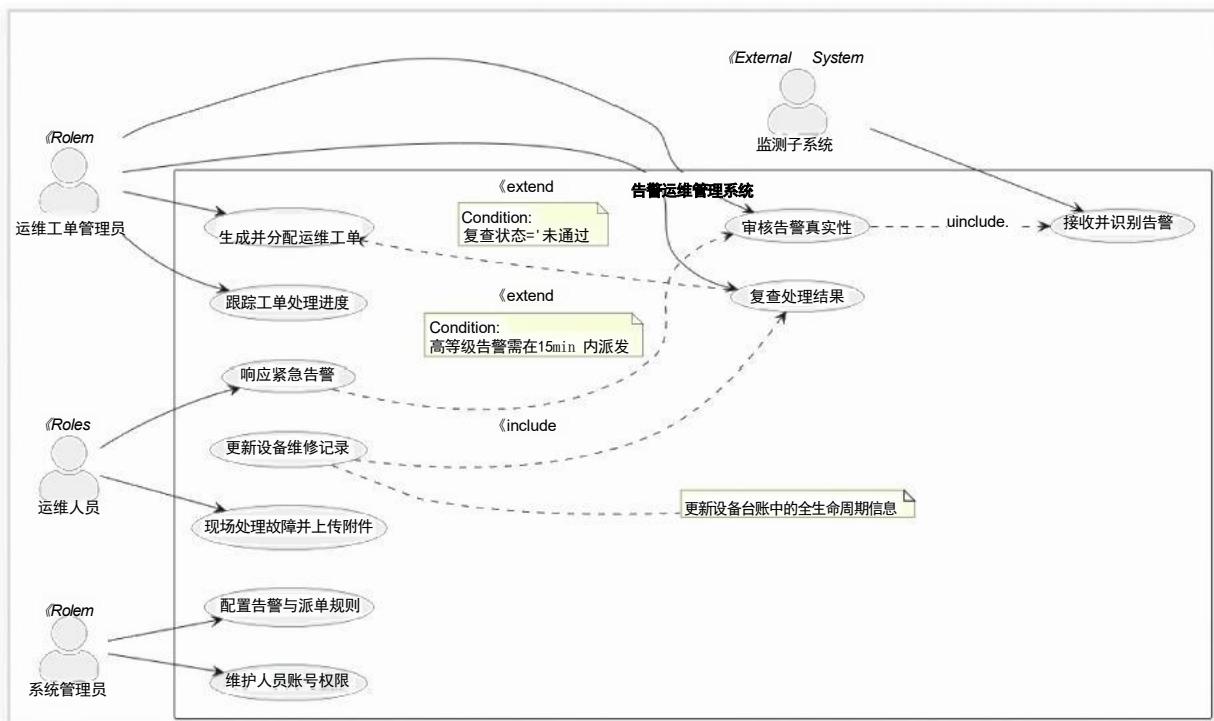
控制类：- **AlarmController** :告警控制器，处理告警相关请求- **DispatchService** :派发服务，负责工单派发- **MaintenanceService** : 运维服务，处理运维任务

实体类：- **AlarmRecord** :告警记录实体，存储告警信息-**WorkOrder**: 工单实体，存储工单信息- **AlarmHandlingLog**: 告警处理日志实体，记录处理过程- **DeviceLedger** :设备台账实体，存储设备信息

4.4.2 交互流程

1. 调度员通过AlarmList查看告警列表
2. AlarmController 获取告警数据请求
3. DispatchService 查询AlarmRecord 实体，获取告警信息
4. 调度员通过AlarmDetail 查看告警详情
5. DispatchService 查询DeviceLedger 实体，获取设备信息
6. 调度员通过WorkOrderForm 创建工单
7. DispatchService 查询Sys_User实体，分配运维人员
8. 创建WorkOrder 实体，记录派发信息
9. 运维人员通过WorkOrderForm 查看任务详情
10. MaintenanceService 记录处理过程，更新WorkOrder 状态
11. 运维人员提交处理结果
12. 更新AlarmHandlingLog 实体，完成告警处理

4.4.3 鲁棒图文字说明



告警管理业务线鲁棒图展示了告警管理的完整流程。调度员通过AlarmList查看告警列表，AlarmController 获取告警数据请求，DispatchService查询AlarmRecord 实体获取告警信息。调度员通过AlarmDetail查看告警详情，DispatchService 查询DeviceLedger 实体获取设备信息。调度员通过WorkOrderForm 创建工单，DispatchService 查询Sys_User实体分配运维人员，创建WorkOrder 实体记录派发信息。运维人员通过WorkOrderForm 查看任务详情，MaintenanceService 记录处理过程，更新WorkOrder 状态。运维人员提交处理结果，更新AlarmHandlingLog 实体，完成告警处理流程。

4. 5大屏展示业务线鲁棒图

4. 5. 1 鲁棒图描述

参与者：企业管理层、系统管理员

边界类：- **DashboardScreen** :大屏展示，展示综合能源管理数据- **RealtimePanel** :实时数据面板，展示实时数据 - **TrendChart**: 趋势图表，展示历史数据趋势- **KPIMonitor** :KPI监控，监控关键绩效指标- **AlarmStatusPanel** 1:告警状态面板，展示告警状态

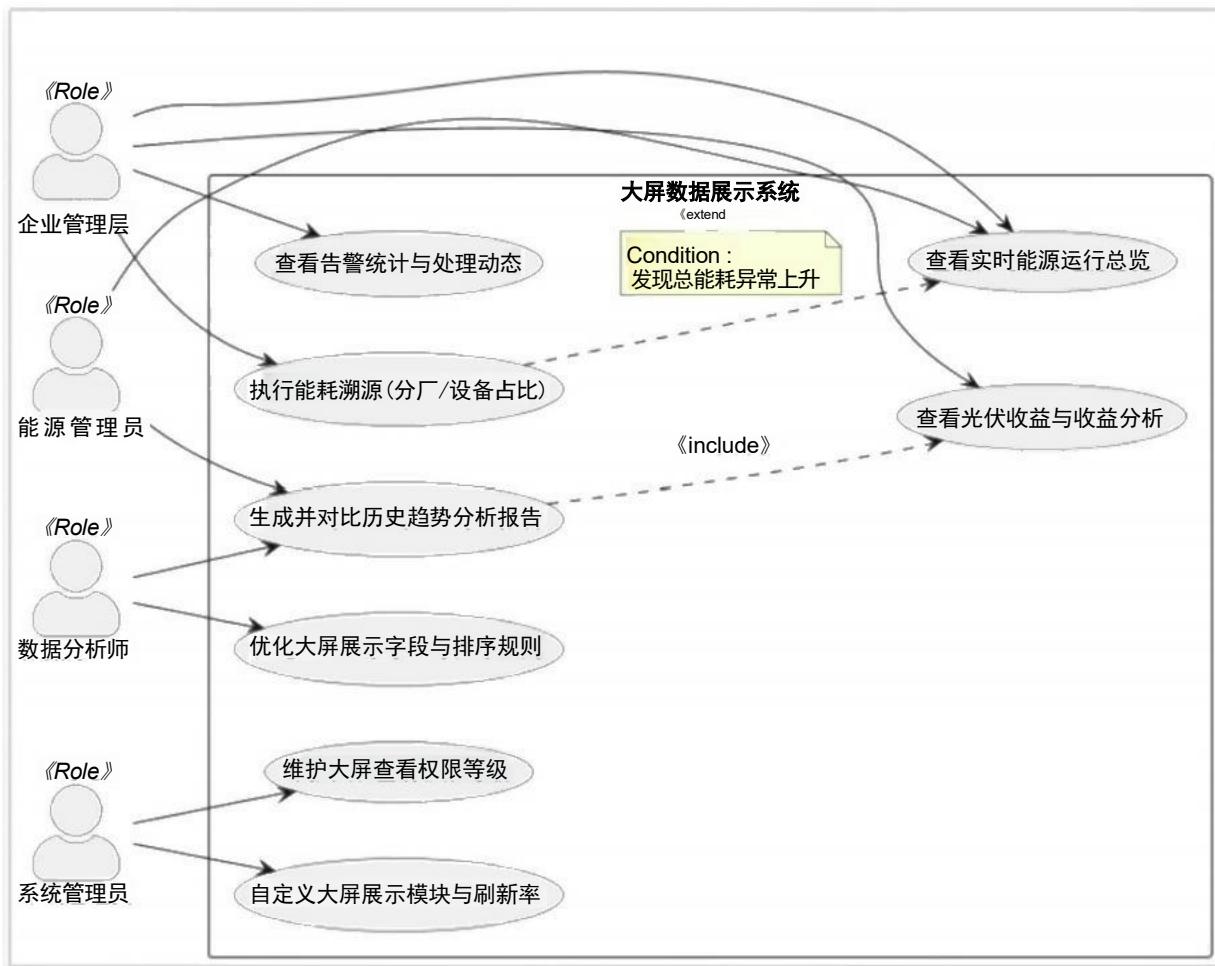
控制类：- **DashboardController** :大屏控制器，处理大屏展示请求- **ConfigService**: 配置服务，管理大屏配置- **DataService** :数据服务，提供数据查询和统计

实体类：- **DashboardConfig** :大屏配置实体，存储大屏配置信息- **StatRealtime**: 实时统计实体，存储实时统计数据- **StatHistoryTrend**: 历史趋势实体，存储历史趋势数据- **AlarmInfo**: 告警信息实体，存储告警信息

4. 5. 2交互流程

1. 企业管理层访问DashboardScreen
2. DashboardController 获取大屏展示请求
3. ConfigService 查询DashboardConfig 实体，获取大屏配置
4. DataService 查询StatRealtime 实体，获取实时数据
5. RealtimePanel 展示实时数据
6. DataService 查询StatHistoryTrend 实体，获取历史趋势数据
7. TrendChart 展示历史趋势
8. KPIMonitor 计算并展示KPI指标
9. 如果KPI指标超过阈值，触发告警
10. DataService 查询AlarmInfo 实体，获取告警信息
11. AlarmStatusPanel 展示告警状态
12. 系统管理员通过ConfigPanel配置大屏展示内容
13. 更新DashboardConfig 实体，保存配置

4. 5. 3鲁棒图文字说明



大屏展示业务线鲁棒图展示了数据大屏的配置和展示流程。企业管理层访问 DashboardScreen, DashboardController 获取大屏展示请求, ConfigService 查询 DashboardConfig 实体获取大屏配置。 DataService 查询 StatRealtime 实体获取实时数据, RealtimePanel 展示实时数据。DataService 查询 StatHistoryTrend 实体获取历史趋势数据, TrendChart 展示历史趋势。KPIMonitor 计算并展示 KPI 指标, 如果 KPI 指标超过阈值, 触发告警。DataService 查询 AlarmInfo 实体获取告警信息, AlarmStatusPanel 展示告警状态。系统管理员通过 ConfigPanel 配置大屏展示内容, 更新 DashboardConfig 实体保存配置, 为管理层提供决策支持。

5. 数据项提取

5.1 用户管理数据项

数据项名称	数据类型	描述
用户编号	BIGINT	用户唯一标识, 自增主键
登录账号	NVARCHAR(50)	登录账号, 唯一标识用户
登录密码	NVARCHAR(64)	加密后的登录密码, 使用SHA-256加密
盐值	NVARCHAR(32)	密码加密盐值, 增强密码安全性
真实姓名	NVARCHAR(50)	用户真实姓名
所属部门	NVARCHAR(100)	所属部门
联系电话	NVARCHAR(20)	联系电话
账号状态	TINYINT	账号状态, 1-启用, 0-禁用
创建时间	DATETIME2(0)	账号创建时间
角色类型	NVARCHAR(20)	角色类型, ADMIN/OM/ENERGY/ANALYST/EXEC/DISPATCHER
分配者编号	BIGINT	分配者ID, 系统管理员ID
分配时间	DATETIME2(0)	角色分配时间

5. 2厂区管理数据项

数据项名称	数据类型	描述
厂区编号	BIGINT	厂区唯一标识, 自增主键
厂区名称	NVARCHAR(64)	厂区名称
区域描述	NVARCHAR(200)	区域描述
厂区负责人编号	BIGINT	厂区负责人ID, 关联Sys_User表

5. 3设备管理数据项

数据项名称	数据类型	描述
台账编号	BIGINT	设备台账唯一标识, 自增主键
设备名称	NVARCHAR(50)	设备名称
设备类型	NVARCHAR(20)	设备类型, 变压器/水表/电能表等
型号规格	NVARCHAR(50)	设备型号规格
安装时间	DATE	安装时间
报废状态	NVARCHAR(20)	报废状态, 正常使用/已报废

5. 4配电网数据项

数据项名称	数据类型	描述
配电室编号	BIGINT	配电室唯一标识，自增主键
配电室名称	NVARCHAR(50)	配电室名称
位置	NVARCHAR(100)	配电室位置
电压等级	NVARCHAR(10)	电压等级
配电室负责人编号	BIGINT	配电室负责人ID
厂区编号	BIGINT	所属厂区ID
变压器编号	BIGINT	变压器唯一标识，自增主键
变压器名称	NVARCHAR(100)	变压器名称
配电室编号	BIGINT	所属配电室ID
台账编号	BIGINT	设备台账ID
回路编号	BIGINT	回路唯一标识，自增主键
回路名称	NVARCHAR(100)	回路名称
配电室编号	BIGINT	所属配电室ID
台账编号	BIGINT	设备台账ID
数据编号	BIGINT	变压器数据唯一标识，自增主键
变压器编号	BIGINT	变压器ID
采集时间	DATETIME2(0)	数据采集时间
绕组温度	DECIMAL(6, 2)	绕组温度
铁芯温度	DECIMAL(6, 2)	铁芯温度
负载率	DECIMAL(5, 2)	负载率
厂区编号	BIGINT	所属厂区ID
数据编号	BIGINT	回路数据唯一标识，自增主键
回路编号	BIGINT	回路ID
采集时间	DATETIME2(0)	数据采集时间
电压	DECIMAL(10, 3)	电压值
电流	DECIMAL(10, 3)	电流值
有功功率	DECIMAL(12, 3)	有功功率

数据项名称	数据类型	描述
无功功率	DECIMAL(12, 3)	无功功率
功率因数	DECIMAL(5, 3)	功率因数
开关状态	NVARCHAR(10)	开关状态, 合闸/分闸
厂区编号	BIGINT	所属厂区ID

5. 5能耗管理数据项

数据项名称	数据类型	描述
计量设备编号	BIGINT	能耗计量设备唯一标识, 自增主键
能源类型	NVARCHAR(10)	能源类型, 水/电/天然气
通信协议	NVARCHAR(20)	通信协议, RS485/Lora
运行状态	NVARCHAR(10)	运行状态, 正常/故障
安装位置	NVARCHAR(100)	安装位置
校准周期	INT	校准周期(月)
制造商	NVARCHAR(50)	制造商
厂区编号	BIGINT	所属厂区ID
台账编号	BIGINT	设备台账ID
配置编号	BIGINT	峰谷配置唯一标识, 自增主键
时段类型	NVARCHAR(10)	时段类型, 尖峰/高峰/平段/低谷
开始时间	TIME(0)	开始时间
结束时间	TIME(0)	结束时间
电价	DECIMAL(8, 4)	电价
记录编号	BIGINT	峰谷数据唯一标识, 自增主键
统计日期	DATE	统计日期
能源类型	NVARCHAR(10)	能源类型
厂区编号	BIGINT	所属厂区ID
峰谷类型	NVARCHAR(10)	峰谷类型, 尖峰/高峰/平段/低谷
总消耗量	DECIMAL(12, 3)	总消耗量
成本金额	DECIMAL(12, 2)	成本金额
能源管理员编号	BIGINT	能源管理员ID
数据编号	BIGINT	能耗数据唯一标识, 自增主键
计量设备编号	BIGINT	计量设备ID
采集时间	DATETIME2(0)	数据采集时间
数值	DECIMAL(12, 3)	能耗数值
计量单位	NVARCHAR(10)	计量单位

数据项名称	数据类型	描述
数据质量	NVARCHAR(10)	数据质量, 好/坏/疑/估
厂区编号	BIGINT	所属厂区ID
峰谷记录编号	BIGINT	峰谷记录ID

5. 6光伏管理数据项

数据项名称	数据类型	描述
并网点编号	BIGINT	并网点唯一标识，自增主键
并网点名称	NVARCHAR(50)	并网点名称
位置	NVARCHAR(100)	并网点位置
设备编号	BIGINT	光伏设备唯一标识，自增主键
设备类型	NVARCHAR(20)	设备类型，光伏板/逆变器
容量	DECIMAL(10, 2)	容量 (kWP)
运行状态	NVARCHAR(10)	运行状态，正常/故障/停机
安装日期	DATE	安装日期
通信协议	NVARCHAR(20)	通信协议
并网点编号	BIGINT	所属并网点ID
台账编号	BIGINT	设备台账ID
数据编号	BIGINT	光伏发电数据唯一标识，自增主键
设备编号	BIGINT	光伏设备ID
采集时间	DATETIME2(0)	数据采集时间
发电量	DECIMAL(12, 3)	发电量 (kWh)
上网电量	DECIMAL(12, 3)	上网电量 (kWh)
自用电量	DECIMAL(12, 3)	自用电量 (kWh)
逆变器效率	DECIMAL(5, 2)	逆变器效率 (%)
厂区编号	BIGINT	所属厂区ID
模型版本	NVARCHAR(20)	预测模型版本，主键
模型名称	NVARCHAR(50)	模型名称
状态	NVARCHAR(10)	模型状态，Active/Inactive
更新时间	DATETIME2(0)	更新时间
预测编号	BIGINT	光伏预测数据唯一标识，自增主键
并网点编号	BIGINT	并网点ID
预测日期	DATE	预测日期
时间段	NVARCHAR(20)	时间段，如'08:00-09:00'

数据项名称	数据类型	描述
预测值	DECIMAL(12, 3)	预测值
实际值	DECIMAL(12, 3)	实际值
模型版本	NVARCHAR(20)	预测模型版本
数据分析师编号	BIGINT	数据分析师ID
告警编号	BIGINT	模型优化告警唯一标识，自增主键
并网点编号	BIGINT	并网点ID
触发时间	DATETIME2(0)	触发时间
备注	NVARCHAR(200)	备注
处理状态	NVARCHAR(10)	处理状态, 未处理/已处理
模型版本	NVARCHAR(20)	预测模型版本

5. 7告警运维数据项

数据项名称	数据类型	描述
告警编号	BIGINT	告警唯一标识，自增主键
告警类型	NVARCHAR(20)	告警类型，越限告警/通讯中断/设备故障
告警等级	NVARCHAR(10)	告警等级，高/中/低
告警内容	NVARCHAR(200)	告警内容描述
发生时间	DATETIME2(0)	告警发生时间
处理状态	NVARCHAR(10)	处理状态，未处理/处理中/已结案
台账编号	BIGINT	关联设备台账ID
厂区编号	BIGINT	所属厂区ID
工单编号	BIGINT	运维工单唯一标识，自增主键
告警编号	BIGINT	关联告警ID
运维人员编号	BIGINT	运维人员ID
台账编号	BIGINT	维护设备ID
派发时间	DATETIME2(0)	派发时间
响应时间	DATETIME2(0)	响应时间
完成时间	DATETIME2(0)	完成时间
处理结果描述	NVARCHAR(200)	处理结果描述
审核状态	NVARCHAR(10)	审核状态，通过/未通过
日志编号	BIGINT	告警处理日志唯一标识，自增主键
告警编号	BIGINT	关联告警ID
处理时间	DATETIME2(0)	处理时间
处理后状态	NVARCHAR(10)	处理后状态
运维人员编号	BIGINT	运维人员ID
调度员编号	BIGINT	调度员ID

5.8大屏展示数据项

数据项名称	数据类型	描述
配置编号	BIGINT	大屏配置唯一标识，自增主键
模块名称	NVARCHAR(20)	模块名称，能源统计/光伏统计等
刷新频率	NVARCHAR(20)	刷新频率
排序规则	NVARCHAR(50)	排序规则
显示字段	NVARCHAR(500)	显示字段，JSON或CSV格式
授权级别	NVARCHAR(20)	授权级别，系统管理员/运维人员
汇总编号	NVARCHAR(20)	实时汇总数据唯一标识，主键
统计时间	DATETIME2(0)	统计时间
总能耗	DECIMAL(12, 3)	总能耗
总告警数	INT	总告警数
光伏发电量	DECIMAL(12, 3)	光伏发电量
配置编号	BIGINT	关联配置ID
企业管理层编号	BIGINT	企业管理层ID
趋势编号	NVARCHAR(20)	历史趋势数据唯一标识，主键
能源类型	NVARCHAR(10)	能源类型
统计周期	NVARCHAR(10)	统计周期，日/周/月
统计日期	DATE	统计日期
统计值	DECIMAL(12, 3)	统计值
同比增长率	DECIMAL(5, 2)	同比增长率
环比增长率	DECIMAL(5, 2)	环比增长率
配置编号	BIGINT	关联配置ID
数据分析师编号	BIGINT	数据分析师ID

6. 非功能性分析

6.1 安全性要求

6.1.1 身份认证安全

密码策略: - 采用SHA-256 加密算法，结合随机盐值存储密码-密码长度不少于8位，建议包含大小写字母、数字和特殊字符-密码加密盐值使用32位随机字符串，每个用户独立生成-密码存储在数据库中不直接明文保存

会话管理: - 基于HttpSession的会话控制，支持超时自动登出-会话超时时间设置为30分钟，超时后自动销毁会话-会话ID 使用随机生成，防止会话劫持-支持用户主动退出登录，销毁会话

权限控制: - 基于角色的访问控制 (RBAC)，细粒度权限管理-系统定义6种角色：系统管理员、运维人员、能源管理员、数据分析师、企业管理层、调度员-每个角色对应不同的访问权限，确保数据安全-通过AuthFilter过滤器实现权限验证，未授权访问将被拦截

登录保护: - 防止暴力破解，支持账号锁定机制-连续5次登录失败后，账号自动锁定30分钟-登录失败记录日志，便于安全审计-支持验证码机制，防止自动化攻击

6. 1. 2 数据传输安全

通信协议: - 建议使用HTTPS协议加密数据传输-使用TLS 1.2及以上版本，确保通信安全-敏感数据传输时进行加密处理-支持证书验证，防止中间人攻击

SQL 注入防护: - 使用参数化查询，防止SQL注入攻击-所有数据库操作都通过PreparedStatement 执行-对用户输入进行严格验证和过滤-禁止动态SQL拼接

XSS 防护: - 对用户输入进行转义处理，防止跨站脚本攻击-使用JSTL的标签输出用户输入-设置HTTP 响应头Content-Security-Policy-禁止内联脚本执行

CSRF 防护: - 实现CSRF 令牌验证机制-每个表单提交时携带CSRF 令牌-服务器端验证令牌有效性-令牌使用后立即失效，防止重放攻击

6. 1. 3 数据存储安全

敏感数据加密: - 密码、关键配置信息加密存储-使用AES-256 加密算法加密敏感数据-加密密钥安全管理，定期更换-数据库访问使用最小权限原则

数据备份: - 定期数据备份，确保数据安全-每日全量备份，每小时增量备份-备份数据异地存储，防止灾难性数据丢失-支持数据恢复功能，确保数据可恢复性

访问日志: - 记录关键操作日志，支持审计追踪-记录用户登录、登出、数据修改等关键操作-日志包含操作时间、操作用户、操作内容等信息-日志保留时间不少于6个月

6. 2 完整性约束

6. 2. 1 数据完整性约束

实体完整性: - 所有主表都定义主键约束，确保记录唯一性-用户表LoginAccount 字段唯一约束，确保登录账号唯一-设备台账LedgerID 作为设备标识的唯一性-光伏预测模型 Model_Version 作为模型版本标识的唯一性

参照完整性: - 用户角色关联: SysRoleAssignment.User/D→SysUser.UserID- 设备厂区关联:
EnergyMeter.FactoryID→BaseFactory.FactoryID- 配电室厂区关联: DistRoom.FactoryID→
BaseFactory.FactoryID- 变压器配电室关联: DistTransformer.Room/D→DistRoom.Room/D- 回路配电室关
联: DistCircuit.Room/D→DistRoom.RoomID- 告警设备关联: AlarmInfo.Ledger/D→
DeviceLedger.Ledger/D- 工单告警关联: WorkOrder.Alarm/D→AlarmInfo.Alarm/D- 光伏设备并网点关联:
PVDevice.Point/D→PVGridPoint.PointID- 预测数据并网点关联: DataPVForecast.Point/D→
PVGridPoint.PointID- 预测数据模型关联: DataPVForecast.Model Version →
PVForecastModel.ModeVersion - 峰谷数据厂区关联: DataPeakValley.FactoryD→BaseFactory.FactoryD-
能耗数据计量设备关联: DataEnergy.MeterD→EnergyMeter.MeterID- 实时汇总配置关联:

StatRealtime.ConfigID→Dashboard
Config.ConfigID

-历史趋势配置关联: StatHistoryTrend.Config/D→
DashboardConfig.Config_ID

域完整性: -告警等级限制: CHECK(AlarmLevel IN(高, '中', 低)) -告警状态限制: CHECK (ProcessStatus IN(未处理, 处理中, '已结案')) -设备状态限制: CHECK(RunStatus IN(正常, '故障')) -设备类型限制: CHECK(DeviceType IN(变压器, '水表', '电能表, '光伏板, 逆变器', '天然气')) -报废状态限制: CHECK (ScrapStatus IN(正常使用, 已报废)) -开关状态限制: CHECK (SwitchStatus IN(合闸, 分闸)) -能源类型限制: CHECK(Energy Type IN(水, 电, '天然气')) -峰谷类型限制: CHECK (TimeType IN(尖峰, '高峰, '平段, 低谷')) -光伏设备类型限制: CHECK(DeviceType IN(光伏板, 逆变器)) -光伏设备状态限制: CHECK(RunStatus IN(正常, 故障, '停机')) -数据质量限制: CHECK (Quality IN(好, '坏, 疑, 估)) -账号状态限制: CHECK (Account Status IN(0, 1)) -角色类型限制: CHECK(RoleType IN(ADMIN, 'OM', 'ENERGY', 'ANALYST', 'EXEC', 'DISPATCHER'))

6. 2. 2业务规则约束

时间逻辑约束: -工单响应时间必须晚于派发时间: ResponseTime > DispatchTime -工单完成时间必须晚于响应时间: Finish Time >= ResponseTime -设备安装时间不能晚于当前时间: InstallTime <= GETDATE() -告警发生时间不能晚于当前时间: OccurTime <= GETDATE() -能耗数据采集时间不能晚于当前时间: Collect Time <= GETDATE() -光伏发电数据采集时间不能晚于当前时间: CollectTime <= GETDATE() -峰谷时段结束时间必须晚于开始时间: EndTime > StartTime

数值范围约束: -电压值必须在合理范围内: Voltage > 0 AND Voltage <= 50 -电流值必须大于0: CurrentVal > 0 -功率因数必须在0-1之间: PowerFactor >= 0 AND PowerFactor <= 1 -负载率不能超过100%: LoadRate >= 0 AND LoadRate <= 100 -逆变器效率必须在0-100%之间: InverterEff >= 0 AND InverterEff <= 100 -光伏容量必须大于0: Capacity > 0 -能耗数值必须大于等于0: Value >= 0 -发电量必须大于等于0: GenKWH >= 0 -上网电量必须大于等于0: GridKWH >= 0 -自用电量必须大于等于0: SelKWH >= 0 -电价必须大于0: PriceRate > 0 -校准周期必须大于0: CalibCycle_Months > 0

状态转换约束: -告警状态只能从“未处理”→“处理中”→“已结案”，不允许逆向转换 -工单状态遵循: 待处理→处理中→已完成 -设备状态变更需要记录变更日志 -账号状态变更需要记录变更日志 -光伏设备状态变更需要记录变更日志

6. 2. 3数据一致性保证

事务处理: -工单创建和告警状态更新在同一事务中，确保数据一致性 -能耗数据采集和统计计算保持事务一致性 -用户角色分配操作的原子性保证 -光伏预测数据插入和模型更新在同一事务中 -峰谷数据统计和成本计算在同一事务中

并发控制: -关键数据更新使用乐观锁或悲观锁 -防止同一告警重复创建工作 -能耗数据采集的并发写入控制 -光伏发电数据采集的并发写入控制 -用户登录的并发控制

数据同步: -实时数据与历史数据的同步机制 -统计数据与明细数据的一致性检查 -缓存数据与数据库数据的同步更新 -大屏展示数据的实时刷新机制

7. 系统架构说明

7. 1技术架构

表现层: -JSP: 动态页面生成 -HTML5: 页面结构 -CSS3: 页面样式 -JavaScript: 客户端交互逻辑 -Chart.js: 数据可视化

控制层: - Servlet: 处理HTTP请求- Filter: 请求过滤和拦截-AuthFilter: 权限验证- EncodingFilter: 字符编码

业务层: - Service: 业务逻辑处理-DAO: 数据访问对象-DAOFactor: DAO 工厂模式- DbUtil: 数据库连接工具

数据层: - SQL Server 2016: 关系型数据库-JDBC: 数据库连接-PreparedStatement: 参数化查询

7. 2部署架构

Web 服务器: - Tomcat 8.5+-支持多用户并发访问-支持JSP和Servlet

数据库: - SQL Server 2016+- 支持事务处理-支持存储过程和触发器

JDK版本: -Java 1.8- 支持Lambda 表达式和Stream API

构建工具: - Maven 3.6+- 依赖管理和项目构建

7. 3系统架构图文字说明

系统采用典型的MVC 架构，分为表现层、控制层、业务层和数据层。表现层负责页面展示和用户交互，使用JSP、HTML5、CSS3 和JavaScript技术。控制层负责请求处理和响应，使用Servlet和Filter技术，包括AuthFilter权限验证和EncodingFilter 字符编码。业务层负责业务逻辑处理，使用Service和DAO 模式，通过DAOFactor 创建DAO 对象，使用DbUtil 管理数据库连接。数据层负责数据持久化，使用SQL Server 2016数据库，通过JDBC连接数据库，使用PreparedStatement 执行参数化查询。

8. 总结

本智慧能源管理系统通过系统化的需求分析，明确了七大核心业务线的功能需求和数据结构。系统采用基于角色的权限管理，支持多用户协同工作，通过完善的数据完整性约束和安全性设计，确保系统的稳定性和可靠性。

系统的设计充分考虑了工业企业能源管理的实际需求，从配电网监控到综合能耗分析，从分布式光伏管理到智能运维，从告警处理到大屏展示，形成了完整的能源管理闭环，为企业的数字化转型提供了有力支撑。

系统采用模块化设计，各业务线相对独立，便于维护和扩展。数据字典清晰定义了所有业务术语和数据项，用例图和鲁棒图详细描述了系统功能和交互流程，非功能性分析确保了系统的安全性和数据完整性。

通过本业务分析文档，为系统的设计、开发和测试提供了明确的指导，确保系统能够满足用户需求，实现预期的业务目标。