

# 北京林业大学 2024--2025 学年第 1 学期课程设计任务书

课程名称：数据库系统 开课学院：信息学院

适用专业：计算机科学与技术、数据科学与大数据技术、物联网工程、网络工程  
命题人：张晓宇 设计题目(范围)：智慧能源管理系统的设计与实现

请详细说明该设计的方案、内容、要求、进度等

## 1. 课程设计内容概述

当前很多企业能源管理存在效率低、人工抄表误差大、能耗管控精细化不足、多能源协同调度滞后等核心痛点。传统依赖人工统计、线下记录的能源管理模式，已无法满足企业“降本增效、精益管控”的战略需求。能源可视化平台通过整合数据库技术、物联网数据采集技术、多维度数据分析技术，构建覆盖配电网监测、分布式光伏管理、水/蒸汽/天然气综合能耗管理、告警运维、大屏数据展示的全业务数字化闭环，实现对厂区多能源的实时监测、智能分析、精准告警与高效运维，为企业能源优化配置、成本控制与生产效率提升提供数据支撑与决策依据。

本次课程设计围绕该系统核心业务，依据《数据库系统（课程设计）》教学大纲要求，完成全业务场景的需求分析、概念结构设计、逻辑结构设计、物理结构设计、关键业务 SQL 代码实现、数据库安全管理与运维等核心工作。

通过本次课程设计，学生将提升工业能源管理场景下的数据抽象与分析能力，掌握规范化数据库设计工具与方法，熟练运用数据库优化、安全运维等关键技术，同时借助软件工程配置管理工具强化团队协作与问题解决能力，满足数据库系统工程实践的核心要求。

## 2. 课程设计业务描述

### 2.1 业务需求概述

围绕工业企业“多能协同、降本增效”的能源管理目标，设计集配电网监测、分布式光伏管理、综合能耗管理、告警运维、大屏数据展示于一体的综合平台，5 条核心业务线具体需求如下：

## 2.1.1 配电网监测业务线

### 1.该业务数据

配电房信息：配电房编号、名称（总配电房 / 分配电房 1/ 分配电房 2 等）、位置描述、电压等级（35KV/0.4KV）、变压器数量、投运时间、负责人 ID、联系方式。

回路监测数据：数据编号、配电房编号、回路编号、采集时间、电压（kV）、电流（A）、有功功率（kW）、无功功率（kVar）、功率因数、正向有功电量（kWh）、反向有功电量（kWh）、开关状态（分闸 / 合闸）、电缆头温度（℃）、电容器温度（℃）。

变压器监测数据：数据编号、配电房编号、变压器编号、采集时间、负载率（%）、绕组温度（℃）、铁芯温度（℃）、环境温度（℃）、环境湿度（%）、运行状态（正常 / 异常）。

### 2.关键属性说明

配电房编号为唯一标识，关联对应的回路监测数据与变压器监测数据；

回路监测数据按分钟级采集，电压、电流超出设备额定阈值（如 35KV 回路电压超 37KV）时标记为异常；

变压器监测数据需绑定配电房，运行状态为 “异常” 时触发关联告警。

### 3.业务活动说明

智能采集终端（如串口服务器、雾节点主机）实时采集回路与变压器数据，自动上传至系统；

系统校验数据完整性（如缺失电压 / 电流值则标记为 “数据不完整”），对异常数据关联配电房信息并高亮展示；

运维人员查看异常数据清单，线下排查设备故障后，在系统中更新变压器 / 回路运行状态。

## 2.1.2 分布式光伏管理业务线

### 1.该业务数据

光伏设备信息：设备编号、设备类型（逆变器 / 汇流箱）、安装位置（屋顶区域编号）、装机容量（kWp）、投运时间、校准周期（月）、运行状态（正常 / 故障 / 离线）、通信协议（RS485/Lora）。

光伏发电数据：数据编号、设备编号、并网点编号、采集时间、发电量（kWh）、上网电量（kWh）、自用电量（kWh）、逆变器效率（%）、汇流箱组串电压（V）、组串电流（A）。

光伏预测数据：预测编号、并网点编号、预测日期、预测时段（如 08:00-09:00）、预测发电量（kWh）、实际发电量（kWh）、偏差率（%）、预测模型版本。

## 2.关键属性说明

设备编号唯一，关联至对应的并网点数据（一个并网点可关联多个逆变器 / 汇流箱）；光伏发电数据实时采集（5 分钟 / 次），逆变器效率低于 85% 时标记为“设备异常”；预测数据与实际数据需成对存储，偏差率超 15% 时触发“预测模型优化提醒”。

## 3.业务活动说明

光伏设备（逆变器 / 汇流箱）采集发电数据，通过 4G / 企业内网实时上传至系统，并同步至大屏展示。

系统通过光伏预测模块（基于历史发电数据、天气数据）生成次日每小时发电量预测，存储预测记录。

数据分析师每周对比预测数据与实际数据，计算偏差率，若连续 3 天偏差率超 15%，则优化预测模型并更新模型版本。

### 2.1.3 综合能耗管理业务线

#### 1.该业务数据

能耗计量设备信息：设备编号、能源类型（水 / 蒸汽 / 天然气）、安装位置（如 VOCS 下面 / 糕饼一厂东北角）、管径规格（DN25/DN50/DN100 等）、通讯协议（RS485/Lora）、运行状态（正常 / 故障）、校准周期（月）、生产厂家。

能耗监测数据：数据编号、设备编号、采集时间、能耗值（水： $\text{m}^3$ ；蒸汽： $\text{t}$ ；天然气： $\text{m}^3$ ）、单位、数据质量（优 / 良 / 中 / 差）、所属厂区编号（真旺厂 / 豆果厂 / A3 厂区等）。

峰谷能耗数据：记录编号、能源类型、厂区编号、统计日期、尖峰时段能耗（ $\text{kWh}/\text{m}^3/\text{t}$ ）、高峰时段能耗（ $\text{kWh}/\text{m}^3/\text{t}$ ）、平段能耗（ $\text{kWh}/\text{m}^3/\text{t}$ ）、低谷时段能耗（ $\text{kWh}/\text{m}^3/\text{t}$ ）、总能耗（ $\text{kWh}/\text{m}^3/\text{t}$ ）、峰谷电价（元 / kWh）、能耗成本（元）。

## 2.关键属性说明

能耗监测数据关联计量设备与厂区，数据质量为“中 / 差”时（如数据波动超 20%）需标记“待核实”。

峰谷能耗数据按日统计，基于电网峰谷时段（尖峰：10:00-12:00/16:00-18:00；高峰：8:00-10:00/12:00-16:00/18:00-22:00；平段：6:00-8:00/22:00-24:00；低谷：00:00-6:00）自动计算各时段能耗。

厂区编号关联具体生产区域，支持分区域能耗对比分析。

### 3.业务活动说明

智能水表、蒸汽积算仪、天然气流量计等设备采集能耗数据，通过 RS485/Lora 上传至雾节点主机，再同步至系统。

系统自动划分峰谷时段，统计各区域、各能源类型的峰谷能耗及成本，生成“日能耗成本报表”。

能源管理员查看报表，定位高耗能区域（如某厂区日天然气能耗超平均值 30%），分析原因并制定节能措施。

#### 2.1.4 告警运维管理业务线

##### 1.该业务数据

告警信息：告警编号、告警类型（越限告警 / 通讯故障 / 设备故障）、关联设备编号（如变压器编号 / 光伏逆变器编号）、发生时间、告警等级（高 / 中 / 低）、告警内容（如“35KV 主变绕组温度超 100℃”）、处理状态（未处理 / 处理中 / 已结案）、告警触发阈值。

运维工单数据：工单编号、告警编号、运维人员 ID、派单时间、响应时间、处理完成时间、处理结果（如“更换电缆头温度传感器”）、复查状态（通过 / 未通过）、附件路径（如故障现场照片）。

设备台账数据：台账编号、设备名称、设备类型（变压器 / 水表 / 逆变器）、型号规格、安装时间、质保期（年）、维修记录（关联工单编号）、校准记录（校准时间 / 校准人员）、报废状态（正常使用 / 已报废）。执法人员信息：执法 ID、姓名、所属部门、执法权限、联系方式、执法设备编号。

##### 2.关键属性说明

告警信息需关联具体设备，高等级告警（如“变压器绕组温度超 120℃”）需在 15 分钟内触发派单。

运维工单与告警信息强关联，处理完成后需同步更新告警处理状态为“已结案”。

设备台账数据记录全生命周期信息，质保期到期前 30 天触发“质保到期提醒”。

### 3.业务活动说明

系统监测到数据异常（如电压越限）或设备故障（如光伏逆变器离线）时，自动生成告警并按等级分类；

运维工单管理员审核告警真实性（排除数据误报），生成运维工单并分配至就近运维人员；

运维人员现场处理后，上传处理结果与附件，管理员复查通过后结案，并更新设备台账中的维修记录。

## 2.1.5 大屏数据展示业务线

### 1.该业务数据

大屏展示配置：配置编号、展示模块（能源总览 / 光伏总览 / 配电网运行状态 / 告警统计）、数据刷新频率（秒 / 分钟）、展示字段（如总能耗 / 光伏发电量 / 高等级告警数）、排序规则（按时间降序 / 按能耗降序）、权限等级（管理员 / 能源管理员 / 运维人员）。

实时汇总数据：汇总编号、统计时间、总用电量（kWh）、总用水量（m<sup>3</sup>）、总蒸汽消耗量（t）、总天然气消耗量（m<sup>3</sup>）、光伏总发电量（kWh）、光伏自用电量（kWh）、总告警次数、高等级告警数、中等级告警数、低等级告警数等。

历史趋势数据：趋势编号、能源类型（电 / 水 / 蒸汽 / 天然气 / 光伏）、统计周期（日 / 周 / 月）、统计时间、能耗 / 发电量数值、同比增长率（%）、环比增长率（%）、行业均值（可选）等。

### 2.关键属性说明

大屏展示内容支持自定义，实时汇总数据按分钟级更新。历史趋势数据支持简单的数据分析功能，比如多周期查询，同比 / 环比增长率为负时标记为“能耗下降”，为正时标记为“能耗上升”，预测等。

### 3.业务活动说明

系统按大屏展示配置规则，实时汇总各能源数据与告警信息，推送至 LED 大屏。

企业管理层通过大屏查看实时能源运行状态，若发现总能耗异常上升，可触发“能耗溯源”操作（查看各厂区 / 各设备能耗占比）。

能源管理员每月生成“历史趋势分析报告”，对比同比 / 环比数据，评估节能措施效果。

## 2.2 业务有关的角色描述

系统涉及多类角色，各角色核心业务需求如下：

### 2.2.1 能源管理员

查看不同区域、不同能源类型的能耗报表（如某厂月度天然气能耗报表）与峰谷能耗分析。

审核能耗数据有效性（如标记“数据质量差”的记录需人工复核），发起高耗能区域排查。

制定能耗优化方案（如调整峰谷用电时段），跟踪方案实施后的能耗下降效果。

### 2.2.2 运维人员

接收运维工单通知（如 APP 推送、短信提醒），及时响应高等级告警。

现场处理设备故障后，在系统中填写处理结果并上传附件。

查看负责区域设备台账，提前制定预防性维护计划（如变压器校准）。

### 2.2.3 数据分析师

分析光伏预测数据与实际数据的偏差，优化预测模型（如引入天气因子）。

挖掘能耗数据规律（如某产线能耗与产量的关联关系），识别节能潜力。

生成多维度分析报告（如“季度能源成本分析报告”），为管理层决策提供支撑。

### 2.2.4 系统管理员

维护所有角色账号信息与权限分配（如限制运维人员仅查看负责区域数据）。

配置告警规则（如调整变压器温度告警阈值）与峰谷时段划分。

执行数据备份与恢复操作，监控数据库运行状态（如磁盘占用率、查询响应时间）。

### 2.2.5 企业管理层

通过大屏查看能源运行总览、光伏收益（如月度自用电节省电费）与告警统计数据。

接收高等级告警推送（如“35KV 配电房故障”），决策重大设备维修或节能改造项目。

查看月度 / 季度能耗总结报告，评估“降本增效”目标完成情况。提交科研项目申请与结题报告。

### 2.2.6 运维工单管理员

审核告警信息真实性，排除数据误报（如因通讯波动导致的“设备离线”告警）；  
生成并分配运维工单，跟踪工单处理进度（如超时未响应则提醒运维人员）；  
复查运维处理结果，若故障未解决则重新派单。

### 2.2.7 其他

根据调研自拟自设

## 3. 课程设计任务描述

### 3.1 系统的数据库结构设计工作

完成全业务线的用例分析，抽取数据字典（含所有实体、属性、约束条件、关联关系）。

采用局部 E-R 图 + 全局 E-R 图（或 UML 类图）描述数据库概念结构，明确实体间的一对一、一对多、多对多关系。

完成逻辑结构设计，将概念结构转化为关系模式，确保满足第三范式，消除数据冗余。

进行物理结构设计，明确各表的名称、字段名称、数据类型、精度、约束条件（主键、外键、非空、唯一、检查约束等），合理设计索引提升查询效率。

### 3.2 系统的数据库实施和测试工作

编写所有数据表的 DDL 语句，包含表创建、约束添加、索引创建、视图定义等，确保语句可直接执行。

自行设计贴合实际业务的测试数据（每张表至少 20 条），编写 5 条连接 3 个及以上关系的 SQL 语句，覆盖不同业务场景（如“查询某分厂配电房近 7 天的回路峰谷用电数据及对应变压器负载率”、“统计各配电房高等级告警处理效率（平均处理时长）及运维人员工作量”、“统计各厂区上月峰段 / 谷段用电量占比，筛选谷段用电占比低于 30% 的厂区”等）。

验证 SQL 语句的正确性与执行效率，针对复杂查询进行优化（如调整索引、优化关联逻辑），记录优化前后的执行耗时对比。

### 3.3 系统的数据库持久层设计工作

基于所选开发语言（如 Java、Python），使用数据库持久层，封装核心业务的增删改查操作。示例如下：

新增：添加光伏设备信息（insertDevice）、录入能耗监测数据（insertEnergyData）；

修改：更新告警处理状态（updateAlarmStatus）、编辑设备台账（updateEquipment）；

查询：按时间范围查询回路数据（queryCircuitDataByTime）、按设备编号查询运维工单（queryWorkOrderByDeviceId）；

删除：删除过期告警记录（deleteExpiredAlarm）、清理无效测试数据（deleteInvalidData）。

设计实体类与数据库表的映射关系，确保数据交互的一致性与准确性。

编写持久层测试代码，覆盖所有核心操作（如数据新增、修改、查询、删除），编写测试用例验证代码的正确性与健壮性。

### 3.4 系统的完整性和保护机制

设计系统登录安全策略，包括密码加密存储（采用 MD5 或 SHA-256 算法）、登录失败限制（5 次后锁定账号）、会话超时控制（30 分钟无操作自动退出）、基于角色的访问控制（RBAC）机制。

针对 5 条业务线，每条至少设计 3 个实用视图（如配电网监测业务的“回路异常数据视图”，分布式光伏业务的“光伏日发电量视图”、“光伏预测偏差视图”等），满足不同角色的数据查询需求。

针对 5 条业务线，每条编写 1 个存储过程或触发器（如分布式光伏业务的“光伏预测偏差率超 15% 时触发模型优化提醒的触发器”等），实现业务逻辑的自动化执行。

设计数据备份与恢复策略，包括每日增量备份、每周全量备份，明确备份存储路径与恢复流程，确保数据安全性与可恢复性。

### 3.5 设计内容的总结和答辩

整理课程设计全过程材料，包括需求分析报告、数据库设计文档（含 E-R 图 / UML 类图、数据字典、逻辑结构、物理结构）、代码文件、测试报告、优化记录等。

制作答辩 PPT，清晰展示数据库设计思路、核心技术选型、业务场景实现效果、团队分工与遇到的问题及解决方案。



准备答辩汇报，每位组员需能阐述自己负责的工作内容、技术细节与成果贡献，回答指导教师关于设计合理性、优化思路、安全机制等方面的提问。

## 4. 课程设计主要要求

### 4.1 组织要求

以小组方式开展课程设计，小组成员 4-5 人（含）。

成员分工明确且平衡，需覆盖数据库设计、代码实现、测试优化、文档撰写、答辩汇报等核心环节，分工表需在小组任务书中明确（如数据库设计师、代码开发工程师、测试工程师、文档专员、答辩主发言人）。

### 4.2 结构设计工作要求

可使用 PowerDesigner、Visio、StarUML 等标准工具绘制 E-R 图或 UML 类图，图表需规范清晰，标注完整（含实体、属性、关系、约束条件）。

数据字典需按统一格式编写，包含实体名称、属性名称、数据类型、长度、约束条件、说明等信息，确保无遗漏。

物理结构设计需充分考虑数据存储效率与查询性能，针对高频查询字段设计索引，避免过度索引导致的性能损耗。

### 4.3 测试和实施工作要求

DDL 语句需兼容主流数据库（如 MySQL、Oracle），确保在对应数据库环境中能正确创建表、约束与索引。

SQL 语句需覆盖多表关联、聚合查询、条件筛选、排序分页等复杂场景，执行结果准确无误，无语法错误。

测试数据需贴合实际业务场景，包含正常数据、边界数据与异常数据，确保测试的全面性。

### 4.4 完整性和保护机制要求

安全策略需切实可行，能有效防范 SQL 注入、越权访问、密码泄露等常见数据库安全风险。

视图设计需遵循“最小权限原则”，仅展示对应角色所需的字段与数据，避免敏感信息泄露。

存储过程或触发器需逻辑严谨，能自动触发并执行预期功能，无死循环或数据不一致问题。

## 4.5 课程设计执行和答辩要求

严格按照建议进度完成各项任务，按时提交相关材料，逾期提交将酌情扣分。

开发过程中禁止抄袭他人设计成果或代码，如有抄袭行为，小组所有成员成绩按零分处理。

答辩时所有组员需参与，每人发言时间不少于 1 分钟，需能清晰阐述自己负责的工作内容及技术细节。

评分标准按课程设计大纲执行，重点考核设计合理性、技术规范性、代码正确性、团队协作效果与答辩表现。

## 4.6 团队协作要求

利用 GitHub 等配置管理工具记录团队协作过程，提交代码、文档的版本更新记录，确保协作可追溯。

定期开展小组会议（至少 3 次），沟通项目进展、解决遇到的问题，会议记录需以文档形式留存并随小组材料提交。

答辩环节需明确列出每位成员的具体贡献（如“张三：负责生物多样性监测业务线数据库设计与 DDL 语句编写”），作为成绩评定的重要参考。

## 4.7 课程设计提交材料内容

提交材料包括：小组材料和个人材料。

### （1）小组材料要求

以组成员姓名命名的 zip 压缩包（例如：张三 - 李四 - 王五 - 赵六.zip），上传到教师指定的课程平台，每组提交一份。压缩包内容如下：

课程设计小组任务书：包含团队成员信息、分工情况、需求分析报告、数据库结构设计文档（含 E-R 图 / UML 类图、数据字典、逻辑结构、物理结构）。

代码文件：DDL 语句、SQL 查询语句、持久层源代码、测试代码、存储过程与触发器代码。

测试与优化文档：测试用例、SQL 执行效率优化记录、数据备份与恢复策略说明。

答辩材料：答辩 PPT、5 分钟系统讲解录屏（需包含所有组员发言，画面清晰、声音可辨）。

团队协作材料：GitHub 仓库链接、小组会议记录、成员贡献说明。

## （2）个人材料要求

以组内每个人为单位上交，每人提交一份。个人材料需从小组提交材料中筛选与个人工作相关的内容，按个人课程设计撰写模板要求，撰写个人课程设计任务书（包含个人分工、工作内容、完成情况、遇到的问题及解决方法、总结与体会），转换为 PDF 版本后上交到教师指定的课程平台。

## 5. 课程设计建议进度

课程设计有效时间需在 1 周内完成，建议安排如下：

工作内容	建议时限
介绍课程设计任务、分组、确定分工、讨论项目计划与技术选型	T+0.5
开展需求分析、抽取数据字典、绘制局部 E-R 图与全局 E-R 图	T+2
完成逻辑结构与物理结构设计、编写 DDL 语句与数据字典文档	T+1
编写 SQL 查询语句、实现持久层设计与测试代码、验证功能正确性	T+1
设计安全策略、编写视图、存储过程 / 触发器、制定数据备份方案	T+1
整理文档、制作答辩 PPT、进行答辩演练、优化完善材料	T+0.5
提交小组及个人材料、参与正式答辩、根据反馈修改完善	T+0.5

教研室主任意见：

签字：\_\_\_\_\_ 年 月 日

学院负责人意见：

签字：\_\_\_\_\_ 年 月 日