数据库系统原理实验期末作业实验报告

——Community_Hospital社区医院管理系统

一、实验目的

1. 综合能力培养：掌握综合运用数据库原理、方法和技术进行数据库应用系统分析、设计和开发的能力。
2. 全流程实践：理解并实践从需求分析到系统演示的完整软件开发生命周期（SDLC）。

二、实验环境

- 数据库：MySQL 8.0+
- 开发语言：C++
- 数据库连接库：MySQL Connector C++ 8.3.0
- 开发环境：Visual Studio/GCC/Clang（支持C++11及以上标准）

三、实验场景

本实验为综合型实验项目，并非单一SQL语句练习。

项目背景

为实现社区医院门诊全流程数字化管理，覆盖患者预约挂号、现场就诊登记、缴费结算、病历管理等核心环节，同时通过数据分析掌握患者就诊规律与科室负荷情况，为医生排班、药品储备和运营决策提供数据支撑，提升门诊服务效率与管理精细化水平，特开发本社区医院门诊管理系统。

团队构成

- 独立完成数据库的需求分析、设计以及SQL语句编写实现。
- 独立完成程序设计软件的开发。

四、实验内容与步骤

数据库设计和应用开发主要包括以下核心步骤：

1. 需求分析

（一）、核心用户角色及需求

（1）患者（客户）

- 网上预约：需填写姓名、就诊科室、联系电话及预计到达时间，完成门诊预约申请。
- 到院登记就诊：需提供姓名、就诊科室、联系电话、性别、身份证号码、诊室号等信息，完成现场就诊登记。
- 预约验证与就诊分配：已网上预约的患者，到院后可查询预约信息、验证身份，系统自动分配至相应诊室就诊。
- 缴费结算：就诊结束后，完成费用结算（支持医保、自费等支付方式），结算完成后离院。

(2) 前台（挂号 / 收费人员）

- 就诊信息录入：患者到院登记时，将其就诊信息准确存入就诊信息表。
- 预约挂号处理：记录患者预约信息至预约表；患者到院后核验预约信息，将其转入就诊信息表，并将预约表中对应记录标记为 “已完成” 或删除。
- 就诊状态更新与费用记录：患者缴费结算后，将其就诊状态从 “就诊进行中” 转为 “已离院”，同步记录本次就诊总费用、医保报销金额、自费金额。
- 费用收取与收入记录：根据系统生成的收费报表收取患者费用，并实时记录医院门诊收入。
- 患者简略信息查询：可查看患者姓名、就诊科室、诊室号、就诊状态等基础信息，辅助服务开展。

(3) 管理人员（医务科 / 行政主管）

- 排班信息管理：可增添、修改诊室及医生排班信息，包括诊室编号、所属科室、可接诊时间段、医生姓名及职称。
- 账单统计查询：支持按日期、科室、医生等维度，统计门诊收入金额与就诊人次，生成相关账单报表。
- 患者详细信息查询：可通过姓名、电话、身份证号、诊室号或就诊时间等多条件，查询患者完整就诊信息。
- 员工信息查询：可查询医生、护士、行政人员等员工的工号、岗位、所属科室、工作状态等信息。
- 员工信息修改：可更新员工联系方式、排班权限、职称等相关信息。

（二）、系统核心功能需求

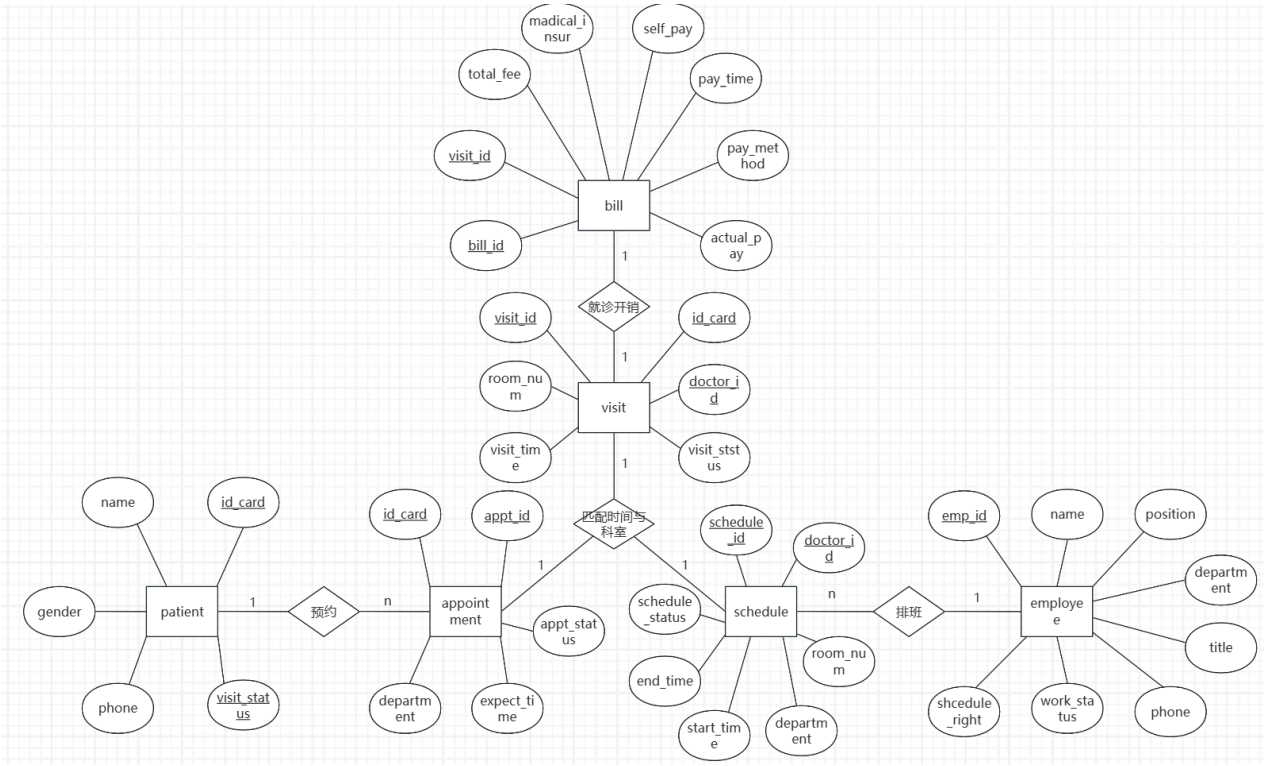
- 预约与登记功能：覆盖患者网上预约、现场登记、预约信息核验与就诊分配全流程，确保患者信息准确流转。
- 缴费结算功能：支持多支付方式对接，实现就诊费用计算、医保 / 自费拆分、费用收取记录与就诊状态同步更新。
- 排班管理功能：支持诊室与医生排班信息的新增、修改，保障门诊接诊资源合理配置。
- 查询统计功能：包括患者信息查询、员工信息查询、门诊收入与就诊人次统计，满足不同角色的数据使用需求。
- 数据管理功能：确保患者信息、就诊记录、费用数据、员工信息等数据的存储、更新、查询过程中，保持一致性与完整性，满足各类完整性约束。

（三）、非功能需求

- 数据一致性与完整性：系统需满足各类数据完整性约束，确保患者信息、费用记录、排班信息等关键数据无错误、无冗余、无冲突。
- 可操作性：功能流程清晰，界面简洁易用，适配患者、前台人员、管理人员等不同用户的操作习惯，降低使用门槛。
- 可追溯性：所有关键操作（如预约提交、登记录入、费用结算、信息修改）需留下记录，支持后续查询与核对。
- 可视化需求：系统相关的 E-R 图、表结构、业务流程图、统计报表等需清晰呈现，便于用户理解与使用（适配 PPT 演示与系统操作场景）。

2. 数据库设计

- 概念结构设计：绘制E-R图（实体-关系图）。



- 逻辑结构设计：将E-R图转换为关系模式，进行规范化处理（3NF），设计表结构(`pk`代表主码；`fk`代表外码)。

  `patient(id_card(pk), name, gender, phone, visit_status)`

  `employee(emp_id(pk), name, position, department, title, phone, work_status, schedule_right)`

  `appointment(appt_id(pk), id_card(fk), department, expect_time, appt_status)`

  `schedule(schedule_id(pk), doctor_id(fk), room_num，department, start_time, end_time, schedule_status)`

  `visit(visit_id(pk), id_card(fk), room_num, doctor_id(fk), visit_num, visit_status)`

  `bill(bill_id(pk), visit_id(fk), total_fee, medical_insur, self_pay, pay_time, pay_method, actual_pay)`

- 物理结构设计：确定存储结构、分区策略等。

3. 数据库创建和数据加载

- 编写SQL脚本创建数据库和表，编写存储过程、触发器。

```
CREATE DATABASE IF NOT EXISTS community_hospital CHARACTER SET utf8mb4;
USE community_hospital;
CREATE TABLE IF NOT EXISTS patient (
  id_card VARCHAR(18) PRIMARY KEY COMMENT '身份证号（主键）',
  name VARCHAR(50) NOT NULL COMMENT '姓名',
  gender VARCHAR(10) COMMENT '性别',
  phone VARCHAR(20) COMMENT '联系电话',
```

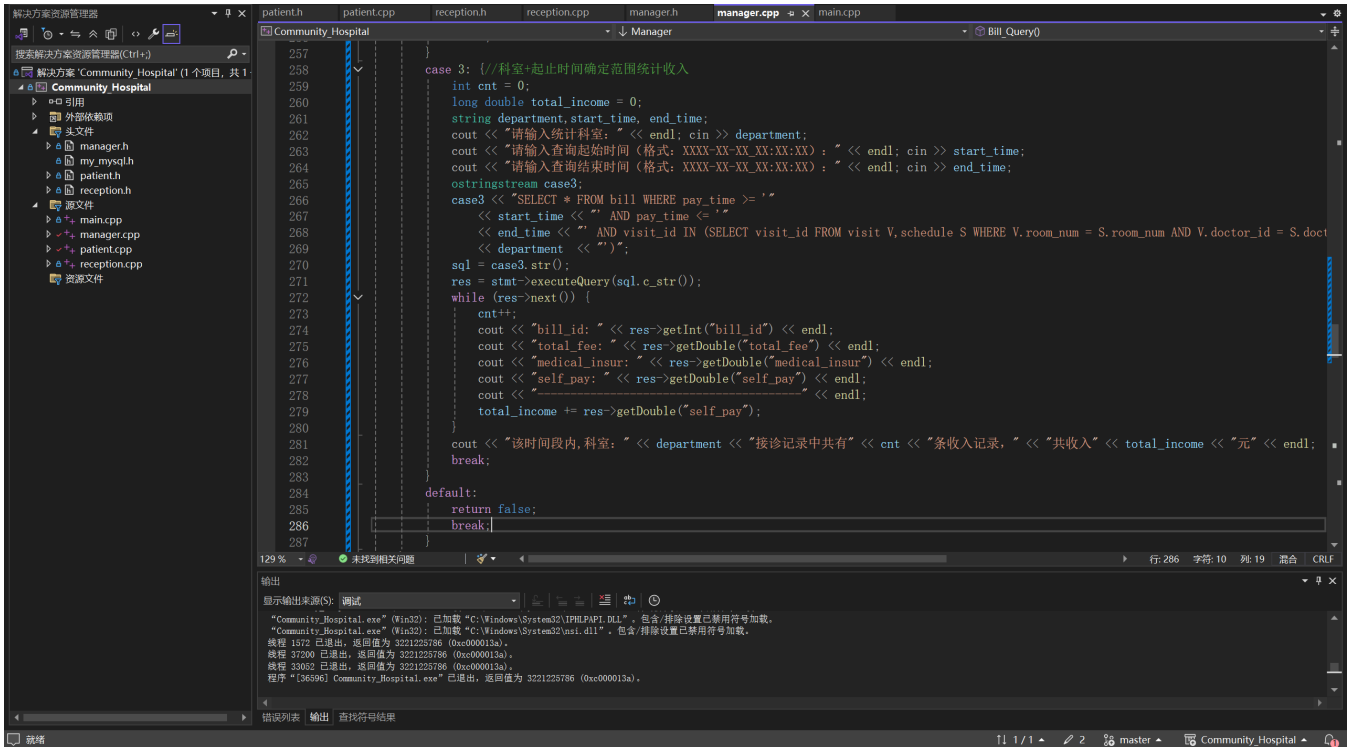
```
  visit_status VARCHAR(20) COMMENT '就诊状态（未就诊/就诊中/已离院）'
) COMMENT '患者信息表';
CREATE TABLE employee (
  emp_id INT PRIMARY KEY COMMENT '工号（主键）',
  name VARCHAR(50) NOT NULL COMMENT '姓名',
  position VARCHAR(50) COMMENT '岗位（医生/护士/行政）',
  department VARCHAR(50) COMMENT '所属科室',
  title VARCHAR(50) COMMENT '职称（主治医师/护士等）',
  phone VARCHAR(20) COMMENT '联系方式',
  work_status VARCHAR(20) COMMENT '工作状态（在职/离职）',
  schedule_right TINYINT(1) COMMENT '排班权限（1=有，0=无）'
) COMMENT '员工信息表';
CREATE TABLE appointment (
  appt_id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT COMMENT '预约ID（主键）',
  id_card VARCHAR(18) COMMENT '患者身份证号（外键）',
  department VARCHAR(50) COMMENT '就诊科室',
  expect_time DATETIME COMMENT '预计到达时间',
  appt_status VARCHAR(20) COMMENT '预约状态（未核验/已完成/已取消）',
  -- 外键关联患者表
  FOREIGN KEY (id_card) REFERENCES patient(id_card)
) COMMENT '预约信息表';
CREATE TABLE schedule (
  schedule_id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT COMMENT '排班ID（主键）',
  room_num INT COMMENT '诊室号',
  department VARCHAR(50) COMMENT '所属科室',
  doctor_id INT COMMENT '医生工号（外键）',
  start_time DATETIME COMMENT '可接诊起始时间',
  end_time DATETIME COMMENT '可接诊截止时间',
  schedule_status VARCHAR(20) COMMENT '排班状态（有效/无效）',
  -- 外键关联员工表（医生）
  FOREIGN KEY (doctor_id) REFERENCES employee(emp_id)
) COMMENT '排班信息表';
CREATE TABLE visit (
  visit_id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT COMMENT '就诊ID（主键）',
  id_card VARCHAR(18) COMMENT '患者身份证号（外键）',
  room_num INT COMMENT '诊室号',
  doctor_id INT COMMENT '医生工号（外键）',
  visit_time DATETIME COMMENT '就诊时间',
  visit_status VARCHAR(20) COMMENT '就诊状态（未就诊/就诊中/已离院）',
  -- 外键关联患者表、员工表
  FOREIGN KEY (id_card) REFERENCES patient(id_card),
  FOREIGN KEY (doctor_id) REFERENCES employee(emp_id)
) COMMENT '就诊信息表';
CREATE TABLE bill (
  bill_id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT COMMENT '账单ID（主键）',
  visit_id INT COMMENT '就诊ID（外键）',
```

```
    total_fee DECIMAL(10,2) COMMENT '费用总额',
    medical_insur DECIMAL(10,2) COMMENT '医保金额',
    self_pay DECIMAL(10,2) COMMENT '自费金额',
    pay_time DATETIME COMMENT '收费时间',
    pay_method VARCHAR(20) COMMENT '支付方式（银行卡支付/微信支付/支付宝支付/现金支付）',
    actual_pay DECIMAL(10,2) COMMENT '实际收取金额',
    -- 外键关联就诊表
    FOREIGN KEY (visit_id) REFERENCES visit(visit_id)
) COMMENT '账单信息表';

-- 创建用户
CREATE USER IF NOT EXISTS 'patient'@'localhost'
IDENTIFIED BY '123456';
-- 对目标表逐个赋予所有权限
GRANT ALL PRIVILEGES ON community_hospital.patient TO 'patient'@'localhost';
GRANT ALL PRIVILEGES ON community_hospital.appointment TO 'patient'@'localhost';
GRANT ALL PRIVILEGES ON community_hospital.schedule TO 'patient'@'localhost';
GRANT ALL PRIVILEGES ON community_hospital.visit TO 'patient'@'localhost';
GRANT ALL PRIVILEGES ON community_hospital.bill TO 'patient'@'localhost';

-- 刷新权限
FLUSH PRIVILEGES;
```

- 准备测试数据并批量导入（测试数据较多，不再赘述，已上传本项目GitHub仓库中的`data.sql`文件）。

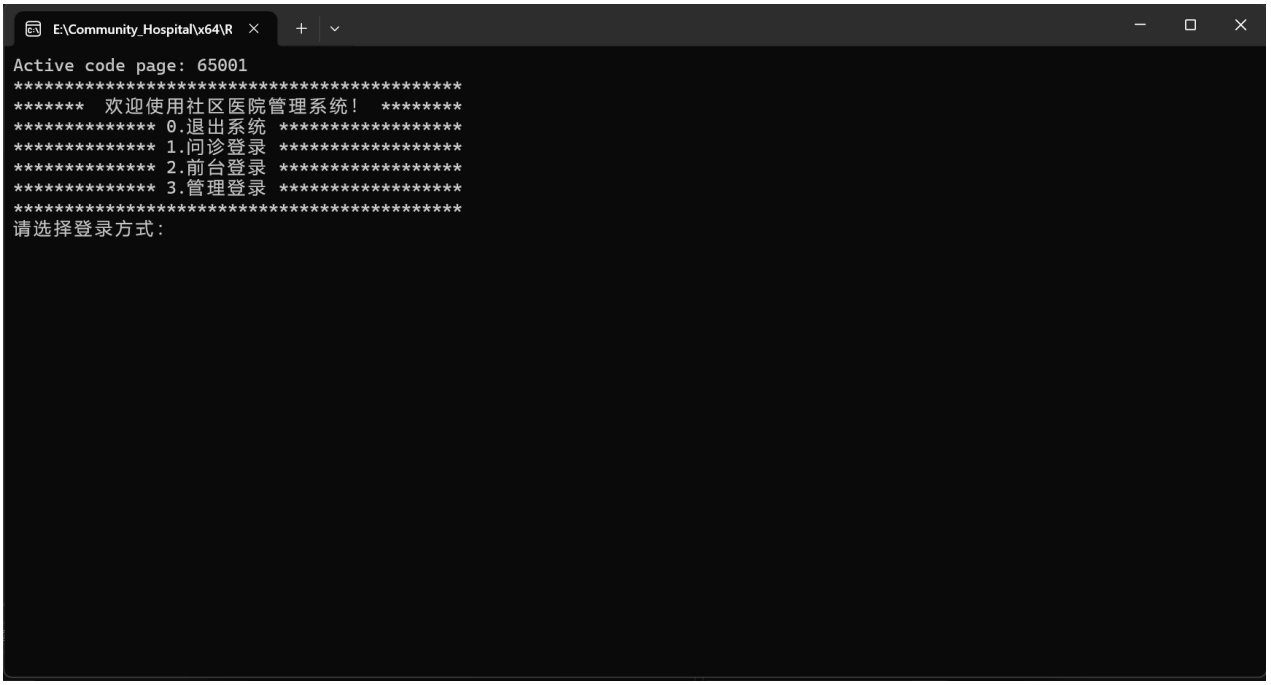
4. 数据库应用软件的功能设计和开发

- 编写控制台应用，通过实现应用程序与数据库的交互，开发过程截图如下，完整代码已上传GitHub，不再赘述。

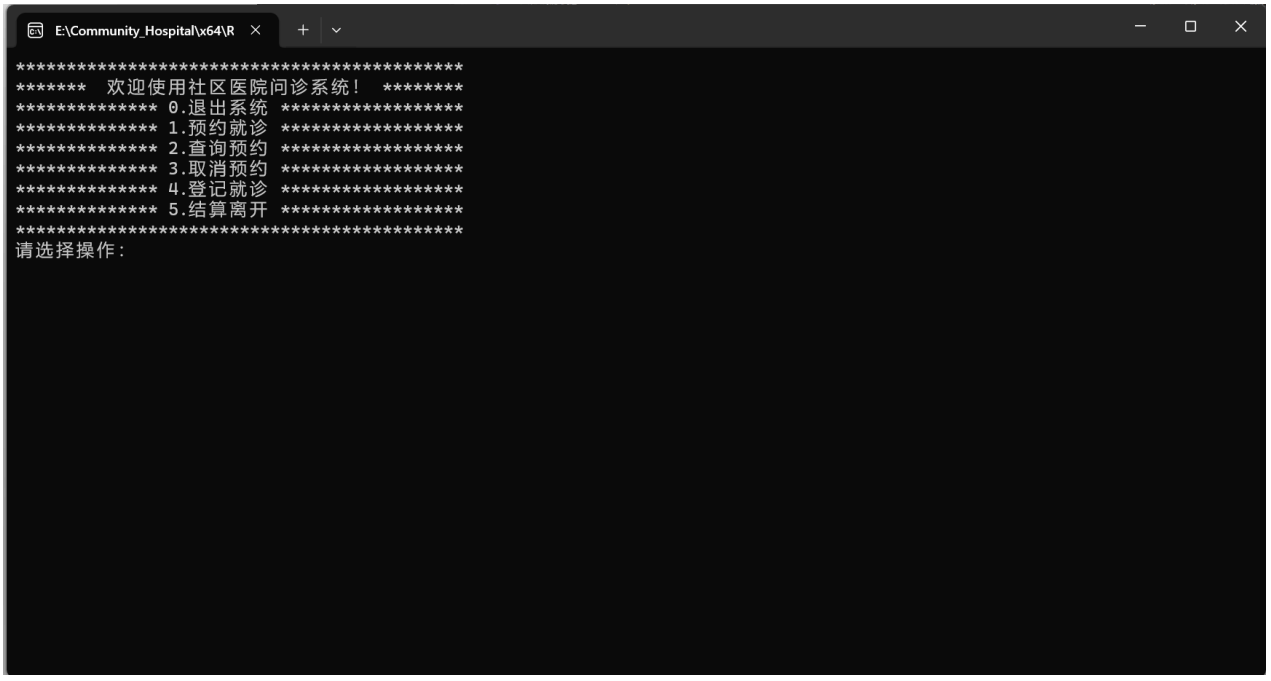


5. 数据库应用系统测试

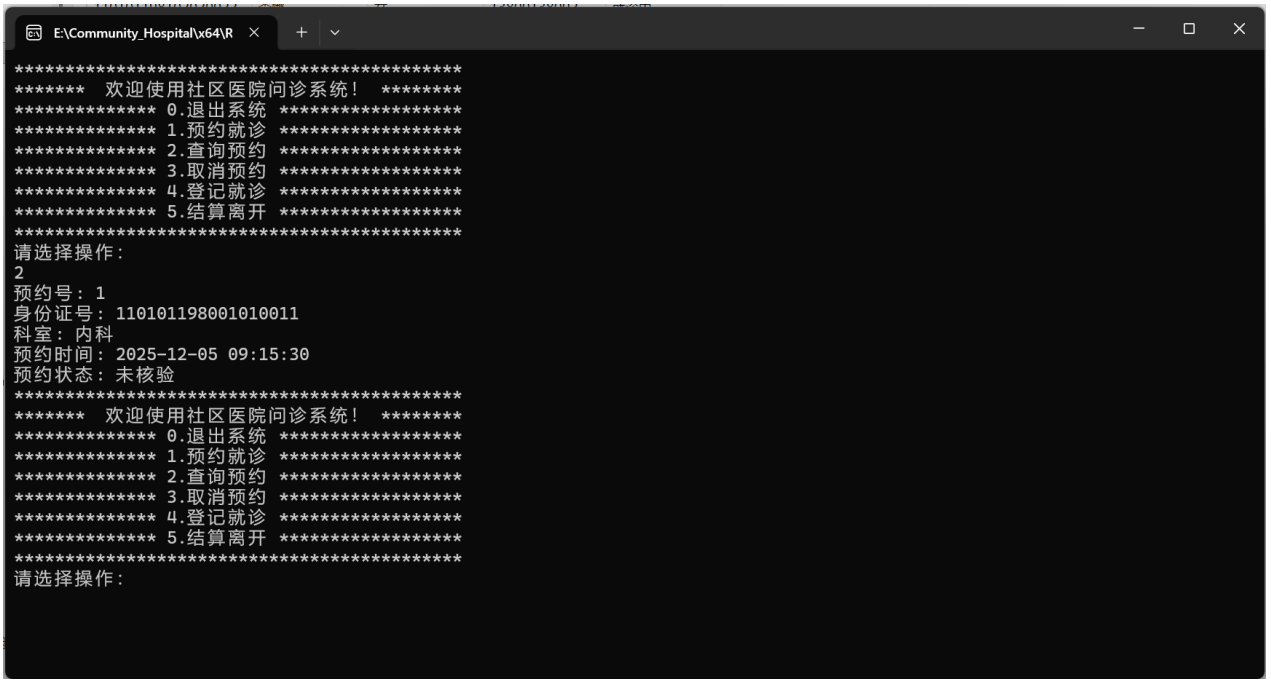
- 进行单元测试、集成测试和系统测试，确保功能正确且无重大Bug，以下仅展示部分主要测试截图，具体测试见PPT与演示视频。
- 系统主入口



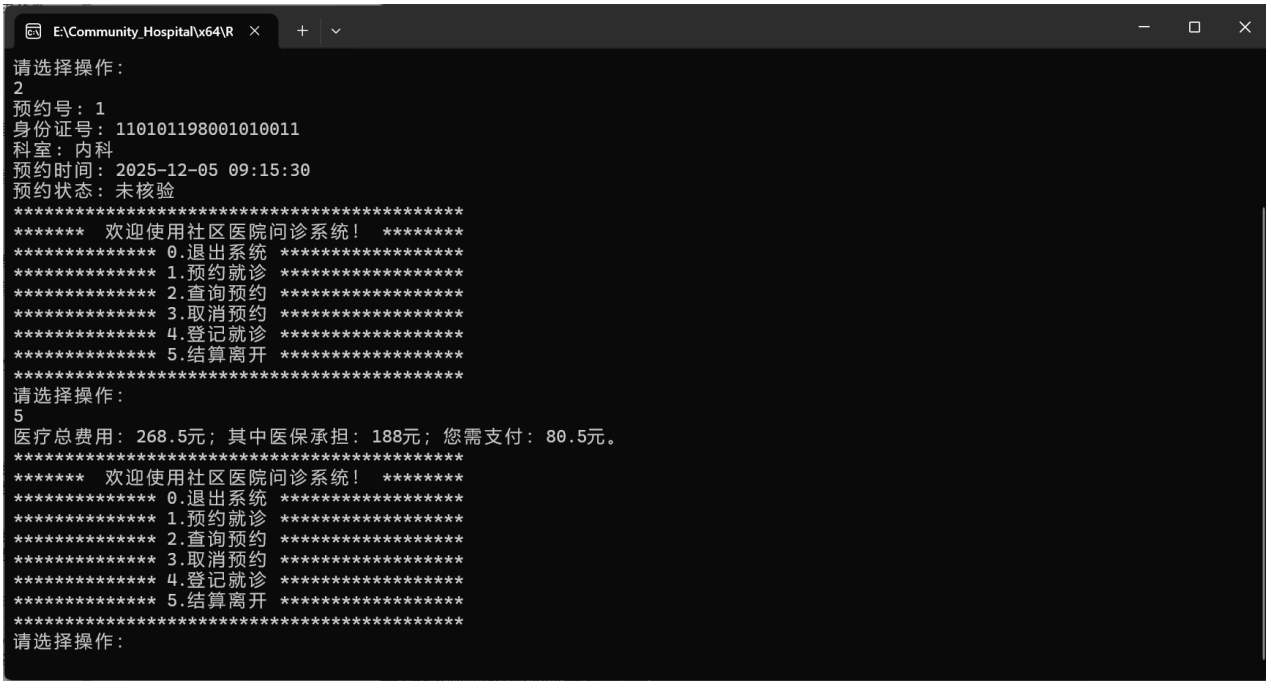
- 问诊登录主页面



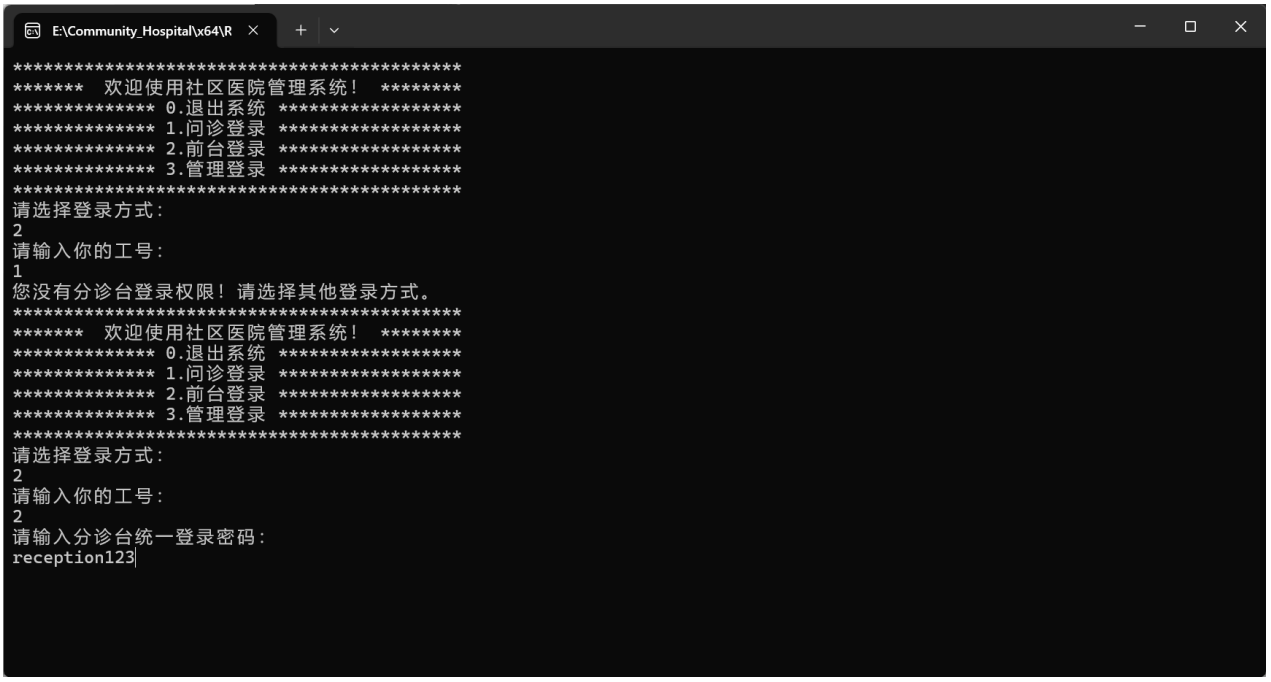
- 问诊登录查询预约功能



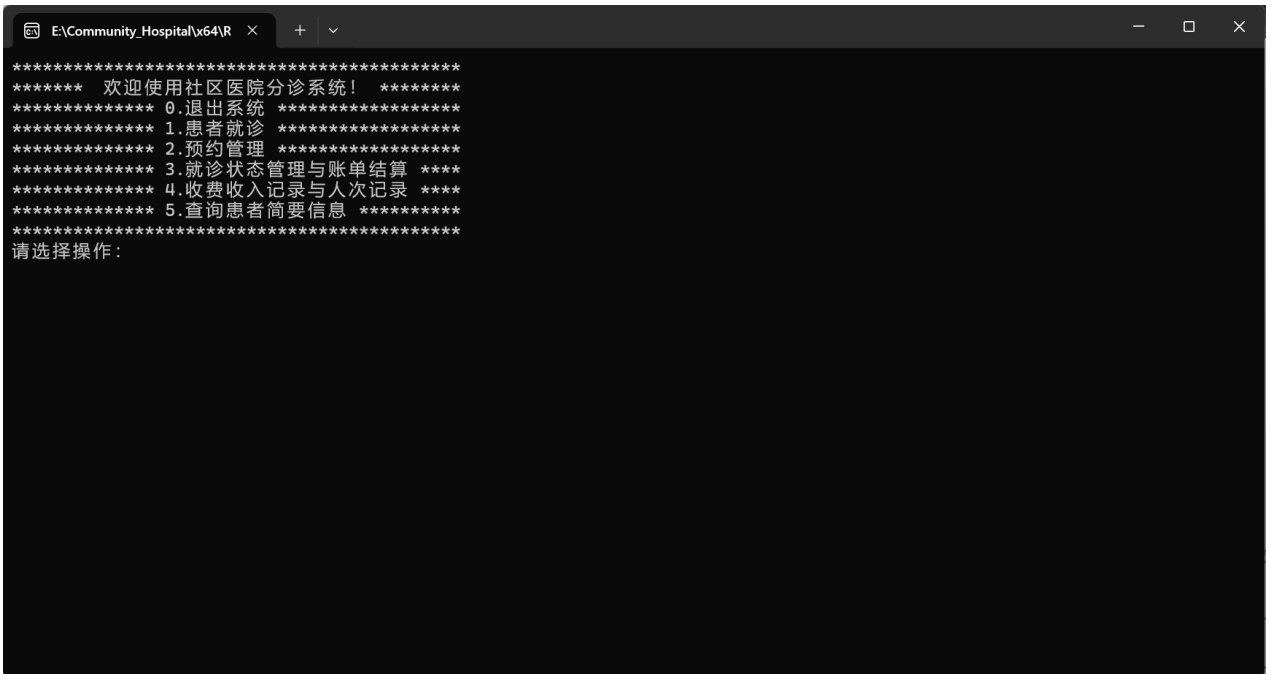
- 问诊登录结算离开功能



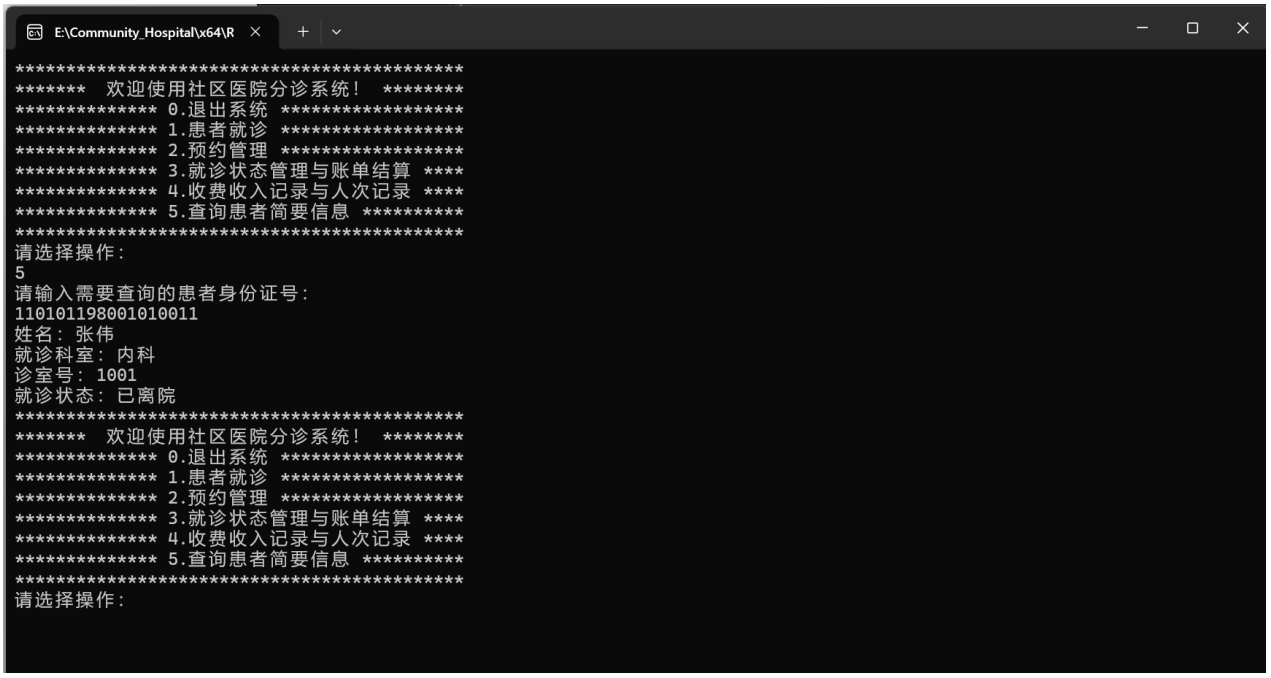
- 分诊台登录过程



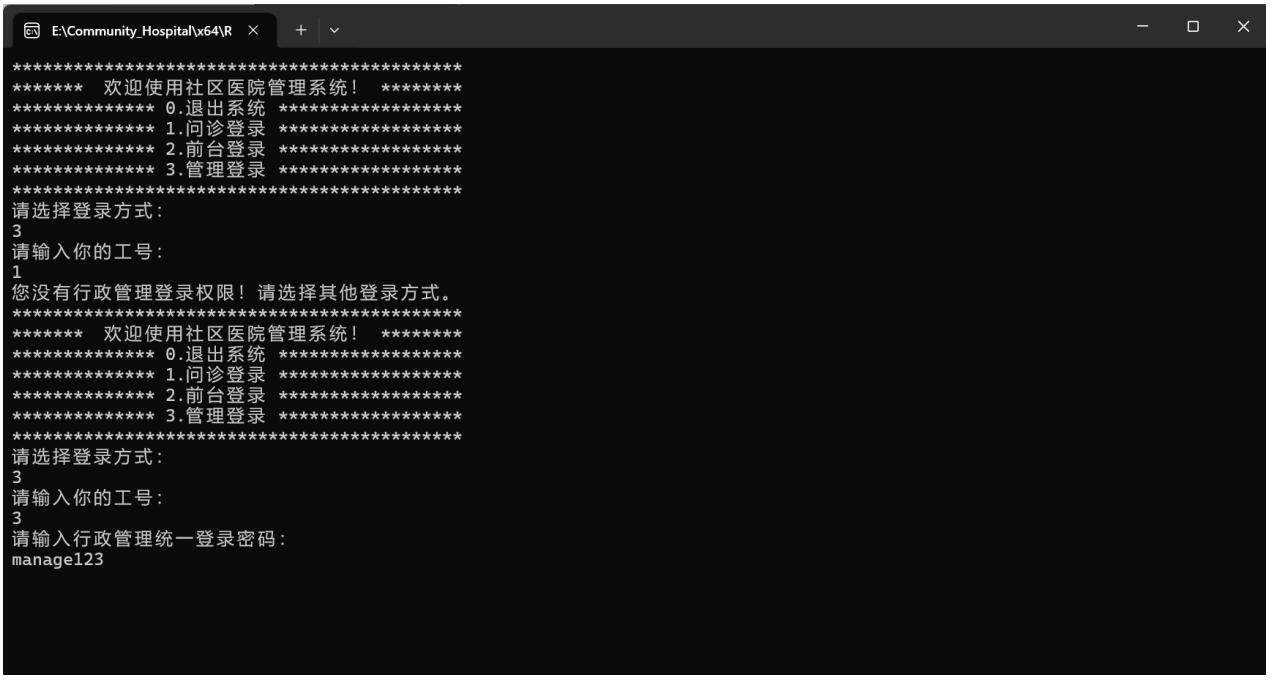
- 分诊台主页面



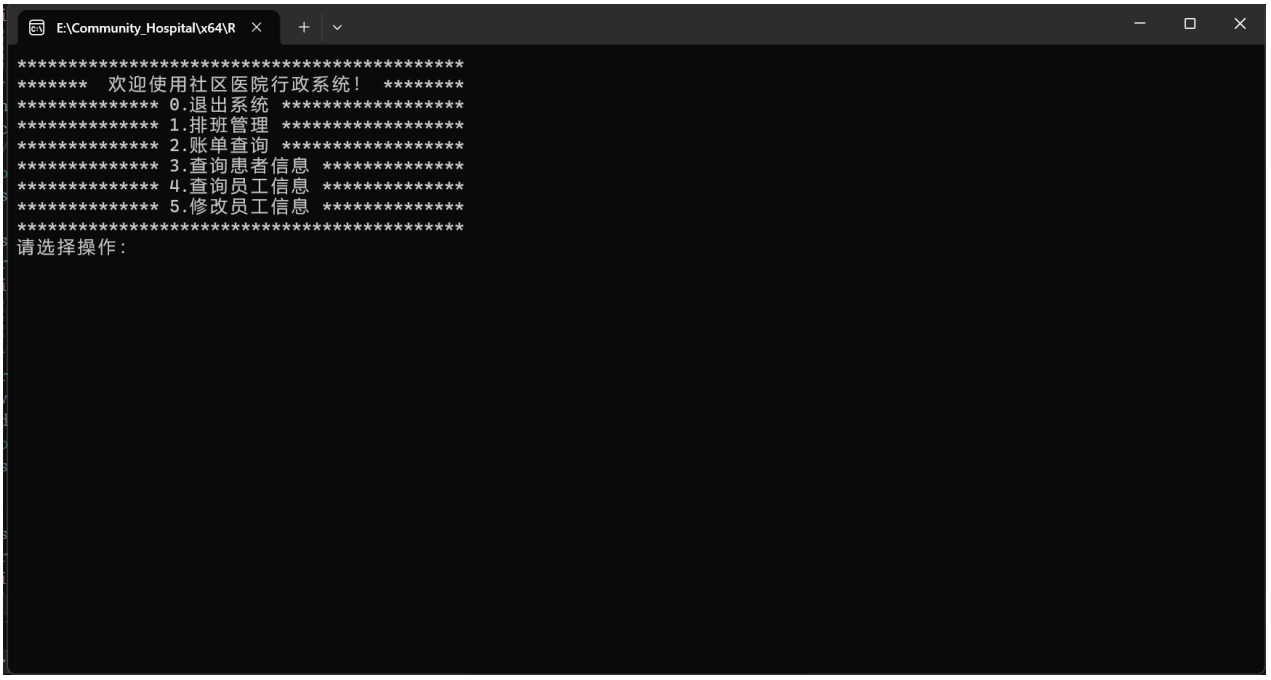
- 分诊台查询患者简要信息功能



- 行政管理登录过程

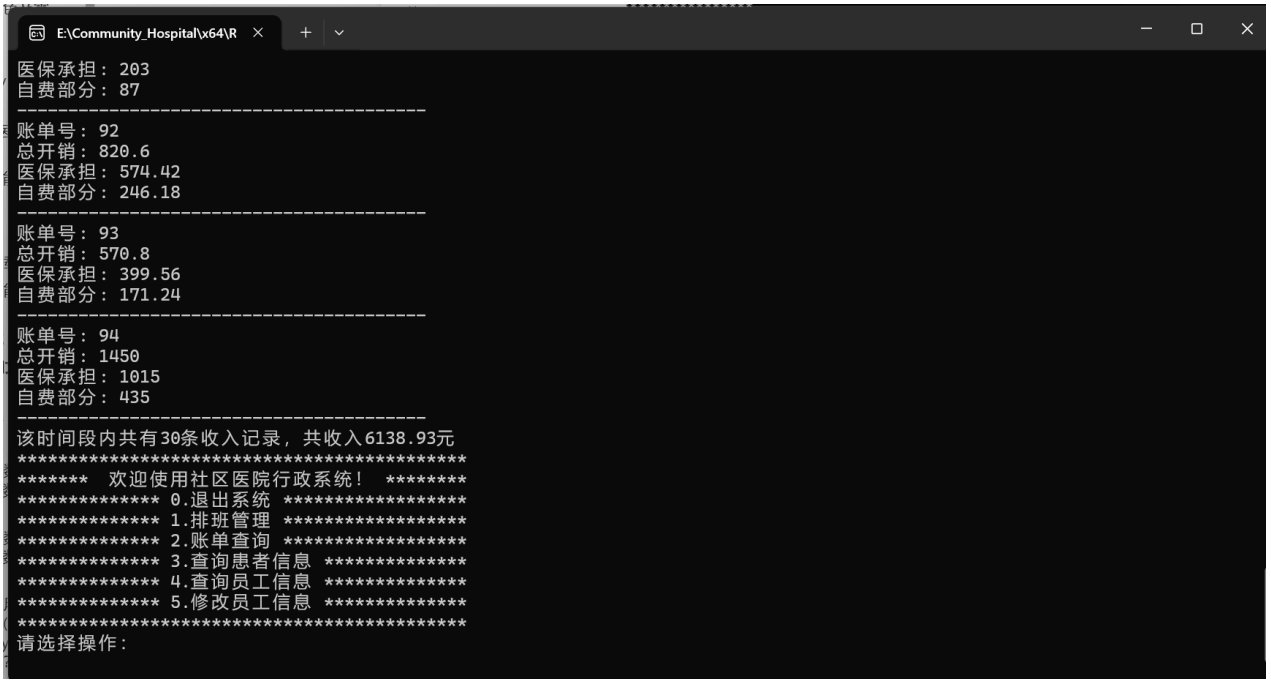


- 行政管理主页面



- 行政管理账单查询功能查询过程

- 行政管理账单查询功能统计结果



6. 应用软件、数据库和文档提交

- 打包所有源码、数据库脚本和文档进行归档，详见(https://github.com/Nitroglycerine-X/Community_Hospital)。

7. 应用系统演示和汇报

- 详见测试录屏与PPT内容。

五、实验思考题

1. 功能与数据的关系：数据库应用系统的功能设计对数据库设计有何影响?

- 数据查询功能对数据库设计的影响。
  索引设计：频繁的查询功能是索引设计的核心依据。例如，用户登录的 “账号密码验证” 功能，会要求在用户表的账号字段上建立唯一索引，以提升查询效率。反之，若某字段仅用于数据录入而极少被查询，则无需建立索引，避免增加写入开销。
  视图与物化视图设计：复杂的统计查询功能会促使设计人员创建视图，将多表关联、聚合计算的逻辑封装在视图中，简化应用程序的查询代码；对于超大规模数据的统计查询，还可能设计物化视图（如 MySQL 的汇总表），提前缓存计算结果以提升查询性能。
  分表分库策略：系统存在 “按时间范围查询不同医生/科室收入” 的功能，且订单数据量极大，会采用按时间分表（如按年、按月分表）的设计；若存在 “按地区查询用户” 的功能，可能采用按地区分库的设计，降低单表 / 单库的数据量，提升查询速度。
- 业务逻辑复杂度对数据库结构的影响。
  表结构设计：复杂的业务逻辑会直接改变表的结构和关系。例如，电商系统的 “订单支付” 功能若支持多种支付方式（微信、支付宝、银行卡），则需设计支付方式表与订单表关联，而非在订单表中直接用字段存储支付方式；若业务要求记录订单的 “创建、支付、发货、完成” 等状态流转，需在订单表中增加状态字段，并可能设计订单状态日志表记录状态变更历史。
  冗余字段设计：为简化复杂业务逻辑的实现，可能会在表中增加冗余字段。例如，社交系统的 “朋友圈动态” 功能，若频繁需要显示发布者的昵称和头像，会在动态表中冗余用户昵称和头像URL字段，而非每次查询都关联用户表，以减少联表查询的复杂度。

存储引擎选择：若业务逻辑涉及事务（如转账、订单支付），需选择支持事务的 InnoDB 存储引擎；若仅为日志记录等无需事务的功能，可选择 MyISAM 存储引擎以提升写入性能。

- 数据操作功能对数据库设计的影响。
  写入 / 更新频率：高频写入的功能（如系统日志记录）会影响数据库的存储策略，例如采用批量插入、分区表等方式降低写入压力；高频更新的功能（如商品库存修改）会要求表结构尽量精简，避免大字段（如 TEXT、BLOB）存在于频繁更新的表中，以减少 IO 开销。
  数据删除策略：若功能要求 “软删除”（如用户注销但保留数据），则需在表中增加删除标记字段（如 is_deleted），而非物理删除数据；若功能要求 “定期清理过期数据”，则需设计定时任务，并结合分表策略简化删除操作。

- 权限与安全功能对数据库设计的影响。
  若系统有 “按角色分配操作权限” 的功能，需设计用户表、角色表、权限表及多对多的关联表（用户-角色表、角色-权限表），以实现细粒度的权限控制；若功能要求记录用户的操作日志，需设计操作日志表，记录操作人、操作时间、操作内容等信息。

2. 协调设计：如何协调数据库应用系统的功能设计与数据库设计？

- 前期：需求驱动的整体规划，奠定协同基础。
  统一需求分析：先通过需求调研明确系统的核心功能模块（如用户管理、订单管理、商品管理）和核心数据实体（用户、订单、商品），绘制用例图和实体关系草图（E-R 草图），让功能设计和数据库设计的人员对系统有统一的认知。
  核心实体优先设计：针对核心功能对应的核心数据实体，先完成概念结构设计（E-R 图）和初步的逻辑结构设计（关系模式），确定核心表的主键、主要字段和关联关系，为功能模块的开发提供基础数据模型。
  技术选型协同：功能设计的技术栈（如 Java Spring Boot、Python Django）和数据库选型（如 MySQL、PostgreSQL）需同步确定，避免因技术栈差异导致后续数据库设计调整（例如 Django ORM 对 MySQL 数据类型的适配要求）。

- 中期：迭代式开发，动态协调调整。
  在敏捷开发模式下，功能设计和数据库设计通常以迭代的方式推进，而非 “一次性定版”，具体流程为：
  小步快跑：将项目划分为多个迭代周期（如 2 周一个迭代），每个迭代完成一个小的功能模块（如 “用户注册登录”）。
  同步设计与开发：针对当前迭代的功能模块，开发人员先明确功能的输入输出、业务逻辑，DBA 同步设计对应的数据库表结构、索引等；开发人员基于初步的数据库设计编写代码，若在开发中发现数据模型无法满足功能需求（如缺少字段、关联关系不合理），及时与 DBA 沟通调整。
  原型验证：针对核心功能，可先搭建原型系统，通过实际的功能测试验证数据库设计的合理性（如查询效率、表结构是否满足业务逻辑），并快速迭代优化。
  这种 “先定核心数据模型，再迭代优化” 的方式，既避免了 “先定表结构再写代码” 的僵化（可能导致表结构无法适配功能变化），也避免了 “先写代码再设计表结构” 的混乱（可能导致数据模型不规范、冗余严重）。

- 后期：团队协作与文档同步，保障一致性。
  建立沟通机制：设立 DBA 与开发人员的日常沟通渠道（如专门的沟通群），及时解决功能设计与数据库设计的冲突；对于重大的设计变更，需组织评审会，确保所有相关人员达成一致。
  文档同步更新：功能设计文档（如功能规格说明书）和数据库设计文档（如数据字典、E-R 图）需同步更新，记录每次变更的原因和内容，避免因文档不一致导致后续开发混乱。
  数据库重构：在系统开发过程中，若功能需求发生重大变化，可通过数据库重构（如增加字段、修改索引、调整表关联关系）适配功能需求，但需注意通过数据迁移脚本保证现有数据的兼容性。

- 特殊场景：分阶段侧重不同设计。
  小型项目：可采用 “先设计核心表结构，再开发功能” 的方式，简化流程，提高效率。
  大型项目：需成立专门的设计团队，功能设计和数据库设计同步推进，通过领域驱动设计（DDD） 将业务领域模型转化为数据模型和功能模块，实现二者的深度协同。

3. 类型映射：数据库应用开发中使用的程序设计语言(C++)的数据类型与数据库（MySQL）的数据类型如何互操作?

- MySQL 官方提供的 C++ 封装库，封装性好，易用性高，自动处理部分类型转换。
  面向对象接口：`Connection`、`Statement`、`ResultSet` 等类
  自动类型转换：`ResultSet::getInt()`、`getString()`、`getDouble()` 等方法直接返回 C++ 类型
  空值处理：`ResultSet::isNull()` 判断字段是否为 `NULL`
- 在使用上述Connector/C++库时，处理数据库中的`DATE/TIME/DATETIME/TIMESTAMP`等类型数据需要使用`getString()`。

  例如，本系统中设计`排班时间` `就诊时间` `支付时间`时用到数据库中的`DATETIME`类型，使用C++中的`String`类型传入时间需要按照`XXXX-XX-XX_XX:XX:XX`的格式。

六、自由探索任务

1. 版本控制（Git）

- 在GitHub上建立仓库，使用Git进行代码管理。

2. Mock数据生成

- 使用大语言模型生成体现测试功能的多条数据。

实验总结

1. 总结

本次实验是对本学期数据库课程内容的全面验收。综合应用数据库语句与程序开发语言，从数据（Data）和功能（Function）两个维度协调设计一个完整的系统。

2. 改进方向

本系统在权限控制与管理方面，仍主要依赖于程序设计过程中的接口限制，对于数据库自主用户权限控制方面还可以继续细化，做到权限精准分配，从源头上杜绝越权操作。