浙江大學
ZHEJIANG UNIVERSITY

实验 5　图书管理系统

2024-2025 春夏学期 数据库系统

课程实验报告

姓名　王浩雄

学号　3230106032

年级　2023 级

专业　混合班（计算机科学与技术）

班级　混合 2303 班

2025 年 4 月 2 日

目录

实验 5　图书管理系统

1　实验综述

1.1　实验目的

1. 设计并实现一个基于 MySQL（或 OpenGauss, SQL Server）精简的图书管理程序，要求具有图书入库、查询、借书、还书、借书证管理等功能。该图书管理程序应具备较好的可扩展性、鲁棒性和安全性，并且在高并发场景下仍能正确运行。

2. 使用前端框架，完成图书管理系统的前端页面，使其成为一个用户能真正使用的图书管理系统。

3. 通过本实验，提高学生的系统编程能力，加深对数据库系统原理及应用的理解。

1.2　实验内容

1. 完成类 `LibraryManagementSystemImpl` 中各功能模块的函数，实现新增图书、修改图书信息、修改图书库存、删除图书、新增借书证、修改借书证信息、删除借书证、借书、还书等功能，并通过所有测试样例。

2. 使用提供的前端框架，正确完成图书管理系统的前端页面，使其成为一个用户能真正使用的图书管理系统。

2　实验环境

- 操作系统：
  Windows 11 Pro 24H2（64 位操作系统，基于 x64 的处理器）

- DBMS 版本：
  SQL Server Developer（64-bit）v16.0.1135.2
  SQL Server Management Studio v20.2.30.0

- 集成开发环境：
  IntelliJ IDEA 2024.3.4.1 (Ultimate Edition)

- JDK 版本：
  Amazon Corretto 18.0.2

- NPM 版本:
  10.9.2

3　后端设计

本项目的后端使用 SQL Server 和 Java 实现，接收来自前端的请求，调用实现的接口实现处理逻辑，并作出响应。

3.1　数据库接口定义

LibraryManagementSystem 接口定义了图书馆管理系统的核心功能，主要包括以下方法：

- `storeBook(Book book)`: 新增单本图书
- `incBookStock(int bookId, int deltaStock)`: 调整图书库存
- `storeBook(List<Book> books)`: 批量新增图书
- `removeBook(int bookId)`: 删除图书
- `modifyBookInfo(Book book)`: 修改图书信息
- `queryBook(BookQueryConditions conditions)`: 多条件复合查询图书
- `borrowBook(Borrow borrow)`: 处理借书操作
- `returnBook(Borrow borrow)`: 处理还书操作
- `showBorrowHistory(int cardId)`: 查询借书证下所有借阅记录
- `showBorrowHistory()`: 查询全部借书证所有借阅记录
- `registerCard(Card card)`: 新增借书证
- `removeCard(int cardId)`: 删除借书证
- `showCards()`: 查询所有借书证
- `modifyCardInfo(Card card)`: 修改借书证信息
- `resetDatabase()`: 重置数据库

3.2　方法实现细节

系统通过 LibraryManagementSystemImpl 类实现核心功能，并针对并发访问情形进行特殊处理。下面以 borrowBook 方法为例具体阐述关键实现要点。

1. **排他锁控制库存访问**

```
String checkStockSql = "SELECT stock FROM book WITH (XLOCK)
    WHERE book_id = ?";
PreparedStatement checkStockStmt = conn.prepareStatement(
    checkStockSql);
```

- 使用 SQL Server 的 WITH (XLOCK) 提示获取排他锁，防止其他事务同时修改同一图书库存
- 防止出现多个事务同时进行借书操作，导致库存为负的情况发生

2. **库存可用性验证**

```
if (checkStockRs.next()) {
        int stock = checkStockRs.getInt("stock");
        if (stock <= 0) {
                rollback(conn);
                return new ApiResult(false, "库存不足");
        }
}
```

- 检查库存是否大于 0，保证借书操作的库存有效性

3. **借阅状态验证**

```
String checkBorrowSql = "SELECT return_time FROM borrow ...";
if (checkBorrowRs.next() && checkBorrowRs.getLong("return_time")
    == 0) {
        rollback(conn);
        return new ApiResult(false, "存在未归还记录");
}
```

- 通过 return_time=0 标识未归还状态
- 防止同一用户在未归还的情况下重复借阅同一图书

4. **原子事务操作**

```
insertBorrowStmt.executeUpdate();  // 插入借阅记录
updateStockStmt.executeUpdate();   // 更新库存
commit(conn);  // 事务提交
```

- 借阅记录与库存更新保持原子性
- 显式提交，保证操作持久化
- 异常时执行完整回滚

5. **时间格式管理**

```
insertBorrowStmt.setLong(3, borrow.getBorrowTime());  // Unix时间戳
```

- 数据库采用整型存储 Unix 毫秒时间戳,而前端使用”YYYY-MM-DD HH:MM”的格式存储时间字符串
- 通过两种时间格式的转换，实现时间的正确处理

该实现方案通过排他锁 + 事务隔离保障并发安全，其操作时序可表示为：

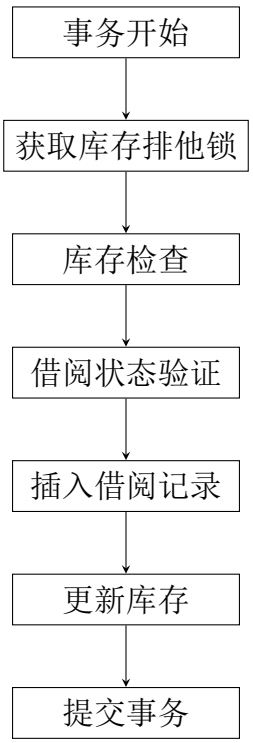


图 1: 借书操作事务流程图

3.3　数据库模式

核心表结构如下：

```
create table book (
book_id int not null identity,
category varchar(63) not null,
title varchar(63) not null,
press varchar(63) not null,
publish_year int not null,
author varchar(63) not null,
price decimal(7, 2) not null default 0.00,
stock int not null default 0,
primary key (book_id),
unique (category, press, author, title, publish_year)
);

create table card (
card_id int not null identity,
name varchar(63) not null,
department varchar(63) not null,
type char(1) not null,
primary key (card_id),
unique (department, type, name),
check ( type in ('T', 'S') )
);

create table borrow (
card_id int not null,
book_id int not null,
borrow_time bigint not null,
return_time bigint not null default 0,
primary key (card_id, book_id, borrow_time),
foreign key (card_id) references card(card_id) on delete cascade on
    update cascade,
foreign key (book_id) references book(book_id) on delete cascade on
    update cascade
);
```

4　前端设计

本项目的前端使用 Vue3 为框架，并使用 Element Plus 组件库，与用户进行交互，向后端发出请求并处理响应。前端由三个页面组成，分别对应图书管理与借书操作功能、借书记录查询与还书操作功能、借书证管理功能。

4.1　图书管理 & 借书操作页面

该页面实现如下功能：

1. 按检索条件查询图书信息
2. 新增图书，支持单本添加与 CSV 批量导入
3. 编辑图书信息，修改图书库存
4. 删除图书
5. 进行借书操作

图 2: 图书管理 & 借书操作页面

4.2　借书记录查询 & 还书操作页面

该页面实现如下功能：

1. 按检索条件查询借书记录，支持按借书证 ID 与图书 ID 进行查询
2. 在检索结果中，展示图书名，使操作更加直观便捷
3. 进行还书操作

图 3: 借书记录查询 & 还书操作页面

4.3　借书证管理页面

该页面实现如下功能：

1. 按检索条件查询借书证信息
2. 新增借书证
3. 编辑借书证信息
4. 删除借书证

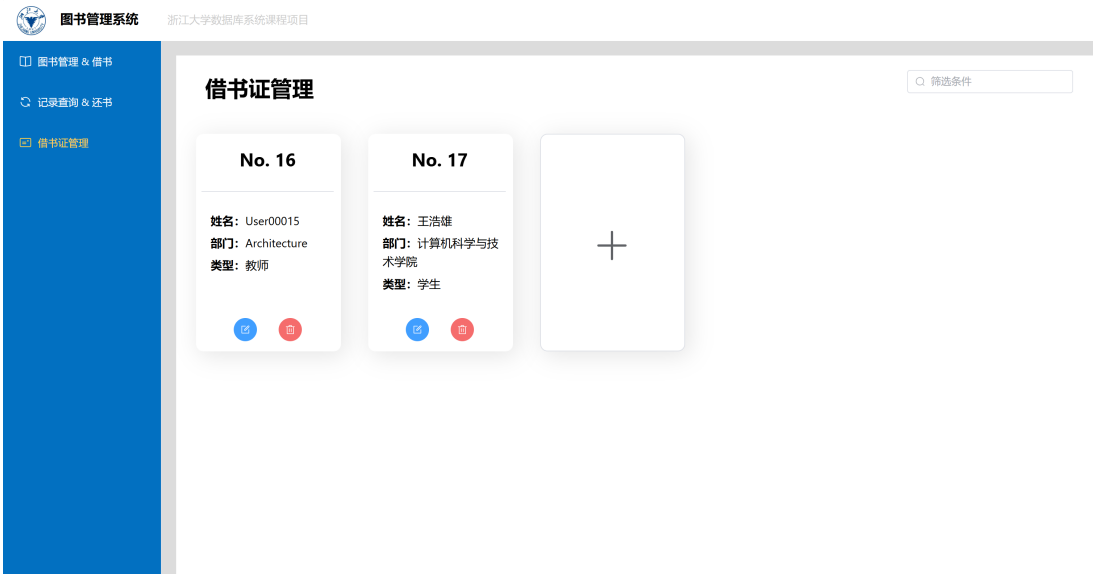


图 4: 借书证管理页面

5　系统功能验证与测试

5.1　正确性测试

正确性测试通过测试用例进行评判。本地测试中，程序已通过全部 9 组测试用例，验证了其功能实现的正确性。

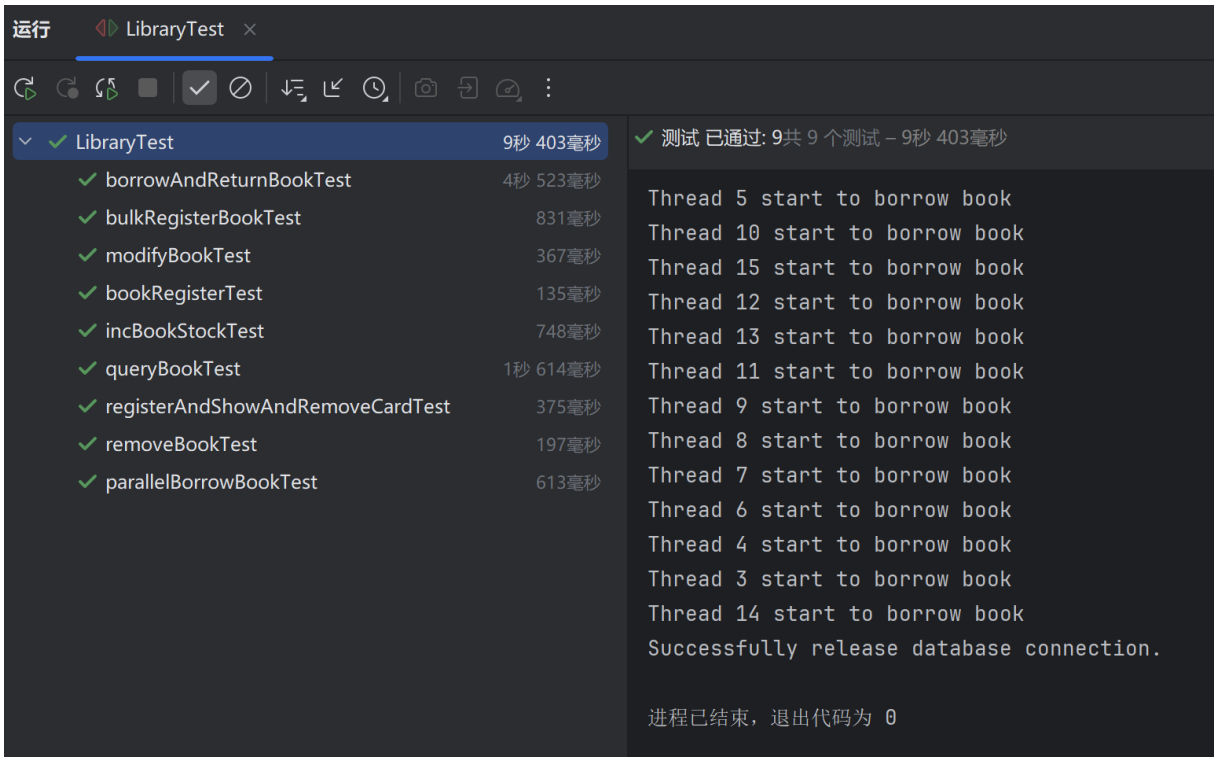


图 5: 测试用例执行结果

5.2　功能性测试

功能性测试通过随机运行模拟场景的结果进行评判，考察软件使用时的交互友好程度、效率、正确性等指标。完成前端实现后，我对下述几种典型使用场景进行了测试。在测试中，程序已通过全部测试场景，验证了其功能实现的正确性。

5.2.1　图书入库

在“图书管理 & 借书操作”页面单击“新增图书”按钮，在弹窗内输入新增图书的相关信息，然后单击“提交”按钮，可以观察到新增图书对应的检索条目。

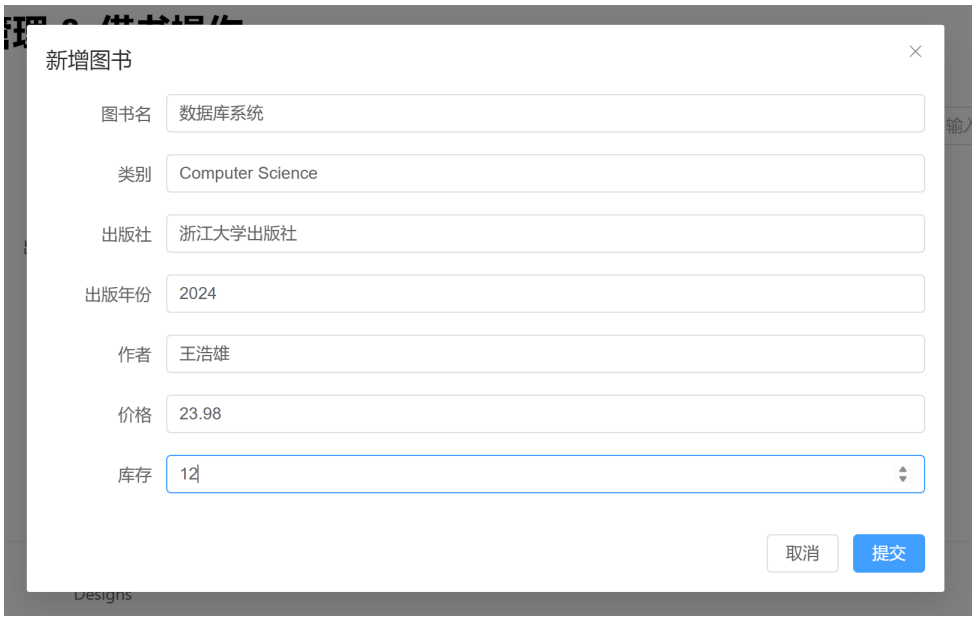


图 6: “新增图书”弹窗

图书ID	图书名	类别	出版社	出版年份	作者	价格	库存	操作
2	数据库系统	Computer Science	浙江大学出版社	2024	王浩雄	23.98	12	借书 编辑信息 修改库存 删除

图 7: 图书检索条目

5.2.2　图书批量入库

在“图书管理 & 借书操作”页面单击“批量导入”按钮，在弹窗内按指定格式上传 CSV 格式文档，然后单击“提交”按钮，可以观察到新增图书对应的检索条目。测试时上传的 CSV 文件内容如下：

```
title,category,press,author,publishYear,price,stock
Database System,Computer Science,Zhejiang University Press,Wang Haoxiong,2022,128.88,21
Algorithms in C++,Computer Science,China Machine Press,Chen Yue,2018,39.99,12
```

图 8: “批量导入”弹窗

图 9: 图书检索条目

5.2.3　增加图书库存

在“图书管理 & 借书操作”页面单击图书条目右侧的“修改库存”按钮，在弹窗内输入库存增量，然后单击“提交”按钮，可以观察到图书库存量的变更。

图 10: 图书库存修改前

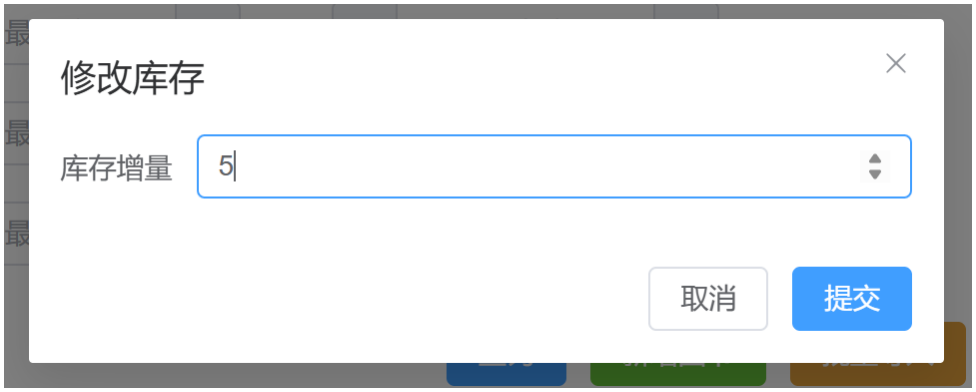


图 11: “修改库存”弹窗

图 12: 图书库存修改后

5.2.4　修改图书信息

在“图书管理 & 借书操作”页面单击图书条目右侧的“编辑信息”按钮，在弹窗内修改图书信息，然后单击“提交”按钮，可以观察到图书信息的变更。

图 13: 图书信息修改前

图 14: “编辑信息”弹窗

图 15: 图书信息修改后

5.2.5　查询借书证

在“借书证管理”页面右上角的“筛选条件”文本框内输入筛选条件“3”，可以观察到筛选后的借书证卡片结果，它们的姓名都包含字符“3”。

图 16: “筛选条件”文本框

图 17: 筛选结果

5.2.6　添加借书证

在“借书证管理”页面单击加号卡片，在弹窗内输入新借书证的信息，然后单击“确定”按钮，可以观察到新增的借书证卡片。

图 18: “新建借书证”弹窗

图 19: 新增的借书证卡片

5.2.7　删除借书证

在“借书证管理”页面单击借书证卡片下方的“删除”按钮，在弹窗内单击“确定”按钮进行二次确认，可以观察到借书证卡片被移除。

图 20: 借书证删除前

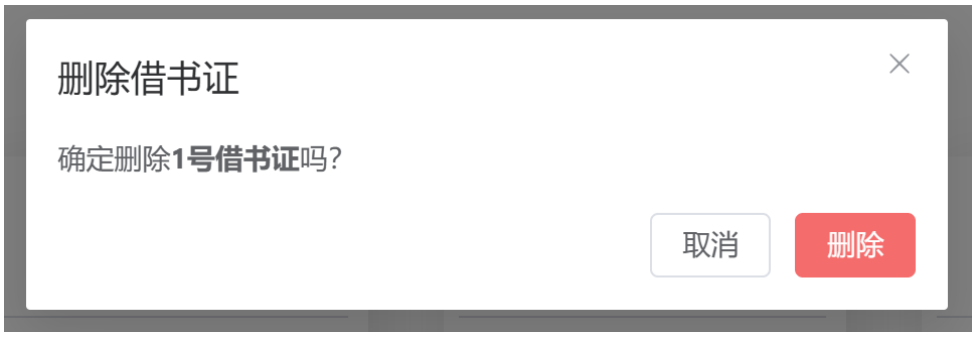


图 21: “确认删除”弹窗

5.2.8　图书查询与借书操作

在“图书管理 & 借书操作”页面键入若干检索条件，然后单击“查询”按钮，可以观察到图书对应的检索条目，条目右侧显示一个“借书”按钮，单击后在弹窗内输入借书证 ID 即可完成借书。

图 22: 检索条件输入栏

图 23: 图书检索条目

图 24: “借书”弹窗

5.2.9　借书记录查询与还书操作

在“图书管理 & 借书操作”页面键入若干检索条件，然后单击“查询”按钮，可以观察到借书记录对应的检索条目。在检索时，同时支持按借书证 ID 和图书 ID 进行检索。若图书未归还，则对应的检索条目右侧显示一个“还书”按钮，单击即可完成还书。

图 25: 按借书证 ID 进行的检索

图 26: 按图书 ID 进行的检索

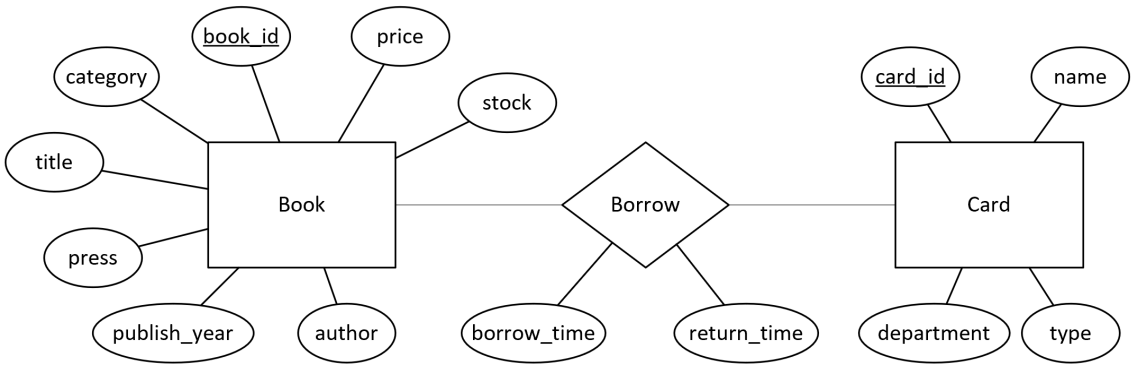
图 27: 已还书和未还书的条目区别

6　思考题

第一题

题目

绘制该图书管理系统的 E-R 图。



第二题

题目

描述 SQL 注入攻击的原理并简要举例。在图书管理系统中，哪些模块可能会遭受 SQL 注入攻击？如何解决？

SQL 注入攻击原理：

SQL 注入是通过将恶意 SQL 代码插入用户输入的参数中，利用应用程序未正确过滤输入的漏洞，欺骗数据库执行非授权操作。

假设一个管理系统的登录场景，登录功能的 SQL 语句为：

```
SELECT * FROM users WHERE username = '$user' AND password = '$pass'
```

若用户输入的用户名为 `admin' --`，密码任意，则进行 SQL 语句拼接后，得到的语句为：

```
SELECT * FROM users WHERE username = 'admin' --' AND password = '
    $pass'
```

由于--表示注释，因此该语句可视同为如下语句，从而跳过了对 password 的检验。

```
SELECT * FROM users WHERE username = 'admin'
```

易受攻击的模块：

- **图书查询接口：**联合查询注入攻击（如 `红楼梦'; DROP TABLE books; --`）可能导致数据被破坏。
- **借书证查询接口：**若将本系统的功能进一步扩展，存储借书证密码等敏感信息，非法的查询注入攻击可能导致个人信息泄露。
- **借还书操作接口：**使用注入攻击，可能导致借还书记录被篡改或删除，导致图书不可追踪，造成财产损失。

解决办法：

- **使用参数化查询：**本系统使用 JDBC 的参数化查询语句，自动对注入攻击行为进行屏蔽。
- **正则表达式匹配：**若必须使用 SQL 语句拼接，可在输入框等处使用正则表达式匹配非法符号，限制非法符号的输入。
- **设置最小权限：**数据库连接账号仅授予必要权限（如禁止 DROP、DELETE 等高风险操作）。
- **错误处理：**避免暴露数据库错误详情、表的定义、SQL 语句构造方法等信息，防止被攻击者利用。

第三题

题目

在 InnoDB 的默认隔离级别（Repeated Read）下，当出现并发访问时如何保证借书结果的正确性？

本程序使用 SQL Server 排他锁控制相关表的访问，使用 SQL Server 的 `WITH (XLOCK)` 提示获取排他锁，防止其他事务同时修改同一图书库存，导致库存为负的情况发生。

```
1 String checkStockSql = "SELECT stock FROM book WITH (XLOCK) WHERE
     book_id = ?";
2 PreparedStatement checkStockStmt = conn.prepareStatement(
     checkStockSql);
```