

SQL 能力生长链：数据库课程实验教学的递进重构与实践

周光宏, 刘涛, 孔超, 王维, 杨磊, 杨文斌

安徽工程大学 计算机与信息学院, 安徽 芜湖 241000

摘 要 《数据库原理及应用》是计算机类和数据科学类专业的重要基础课程, SQL 实践能力是学生开展数据库设计、复杂查询分析和信息系统开发的重要支撑。针对传统实验教学中理论与实践衔接不足、实验任务碎片化、错误反馈不及时以及评价方式单一等问题, 本文构建面向 SQL 能力培养的递进式实验教学体系, 将实验内容划分为基础验证型、综合应用型和项目设计型三个层次, 并融入 SQL 错题反馈、典型案例库和多元化过程评价机制, 引导学生由基础语法训练逐步过渡到复杂查询分析和数据库项目设计。教学实践结果表明, 改革后数据科学与大数据技术专业学生综合达成度由 69.46% 提升至 77.81%, 辅修专业学生由 60.40% 提升至 64.75%。结果表明, 该教学模式能够有效提升学生 SQL 实践能力和数据库综合应用能力, 为数据库课程实验教学改革提供参考。

关键字 数据库原理及应用; SQL 实践能力; 递进式实验; 错题反馈; 实践教学

SQL Capability Growth Chain: A Progressive Reconstruction and Practice of Experimental Teaching in Database Courses

Zhou Guanghong, Liu Tao, Kong Chao, Wang Wei, Yang Lei, Yang Wenbin

School of Computer and Information,
Anhui Polytechnic University,
Wuhu 241000, China;
guanghong0108@163.com

Abstract—*Database Principles and Applications* is an important foundational course for computer-related and data science majors, and SQL practical competence is essential for database design, complex query analysis, and information system development. To address the problems of insufficient integration between theory and practice, fragmented experimental tasks, delayed error feedback, and single-dimensional assessment in traditional laboratory teaching, this study constructs a progressive experimental teaching framework oriented toward SQL competence development. The experimental content is organized into three successive levels: basic verification, comprehensive application, and project-based design. Meanwhile, SQL error feedback, a typical case repository, and diversified process-based assessment are incorporated to guide students from basic syntax training to complex query analysis and database project design. Teaching practice results show that, after the reform, the overall attainment rate of students majoring in Data Science and Big Data Technology increased from 69.46% to 77.81%, while that of minor students increased from 60.40% to 64.75%. The results indicate that the proposed teaching approach can effectively improve students' SQL practical competence and comprehensive database application ability, providing a practical reference for experimental teaching reform in database courses.

Keywords—Database Principles and Applications; SQL Practical Competence; Progressive Experiments; Error Feedback; Practical Teaching

1 引言

《数据库原理及应用》是高校计算机类专业课程体系中的重要基础课程, 也是学生学习软件工程、数

据挖掘、大数据处理和信息系统开发等课程的重要支撑。该课程内容涵盖数据库系统基本概念、关系数据模型、SQL 语言、数据库完整性与安全性、数据库设计、关系规范化、事务管理、并发控制和数据库恢复等知识模块, 具有理论性、实践性和工程性相结合的特点。与一般程序设计课程相比, 数据库课程更强调数据组织方式、业务逻辑抽象和系统化设计思维, 学

* **基金资助**: 本文得到安徽省高等学校省级质量工程项目 (2024jyxm0271); 安徽省教育厅质量工程项目 (2024fwxx025); 安徽工程大学校级本科教学质量提升计划项目 (2025gzgxyth06, 2025jyxm35, 2025wkc04)

生不仅要掌握语句写法，还要理解数据表之间的联系以及查询结果背后的逻辑含义^[1]。

在课程教学中，SQL 语言既是实践教学的核心内容，也是学生将数据库理论应用于实际问题的重要工具^[2]。学生只有掌握 SQL 语句的基本语法、查询逻辑和数据操作方法，才能进一步理解关系模型、完整性约束、视图、索引、事务等知识点，并具备数据库系统开发的基本能力。然而，在实际教学过程中，学生往往会出现“概念能背、SQL 不会写”“单条语句会写、综合查询不会分析”“实验能完成、项目不会设计”等问题。这些现象说明，学生对数据库知识的掌握还停留在局部知识点层面，缺少从业务需求出发分析数据、组织表结构和编写查询语句的完整训练。

传统《数据库原理及应用》课程实验教学通常按照教材章节安排实验内容，例如数据表创建、数据插入、单表查询、多表查询、视图创建、索引设计、触发器和事务管理等^[3]。该方式有利于学生分步骤掌握知识点，但也容易导致实验任务之间缺乏连续性，学生难以从整体上理解 SQL 语句在真实业务场景中的应用。同时，由于学生基础差异较大，在实验过程中产生的 SQL 错误类型复杂，教师很难在有限时间内对每位学生进行个性化指导。基于此，本文以 SQL 实践能力培养为核心目标，提出递进式实验教学改革思路，通过构建“基础验证型实验—综合应用型实验—项目设计型实验”的三层实验体系，引导学生逐步完成从基础语法训练到综合业务查询、再到数据库项目设计的能力提升。

2 实践教学问题分析

理论教学与 SQL 实践存在衔接不足。数据库课程中许多理论知识需要通过 SQL 实践加深理解。例如，关系模型中的主键、外键、实体完整性和参照完整性，可以通过建表语句和约束定义进行验证；关系代数中的选择、投影、连接、并、差等操作，可以通过 SELECT 查询语句体现；事务的 ACID 特性和并发控制机制，也可以通过事务操作和隔离级别实验进行观察。但在传统教学过程中，理论课堂重点讲解概念和原理，实验课堂重点完成操作任务，二者之间缺少充分衔接^[4]。部分学生在课堂上能够理解概念定义，但在实验中不知道如何将理论知识转化为 SQL 操作，导致理论学习和实验训练相互割裂。

实验任务碎片化导致综合训练不足。现有数据库实验通常按照知识点逐项展开，例如建表实验、查询实验、视图实验、索引实验和事务实验等。这种安排能够帮助学生掌握单个知识点，但如果缺少贯穿式任务和综合性训练，学生容易形成碎片化学习。在实际情况中，很多学生能够完成单表查询、简单条件查询

和基本排序，但面对综合业务问题时，往往不知道如何分析。例如，当题目要求统计每个学院学生的平均成绩，并查询平均成绩高于 80 分的学院，同时按照平均成绩降序排列时，学生需要综合使用多表连接、聚合函数、GROUP BY、HAVING 和 ORDER BY 等知识点。若前期实验训练过于孤立，学生就难以建立完整的 SQL 分析思路。

SQL 错误类型多样，反馈不够及时。SQL 学习过程中的错误具有多样性和个体差异性，常见错误包括语法错误、字段引用错误、连接条件缺失、分组条件错误、聚合函数使用不当、WHERE 与 HAVING 混淆、子查询逻辑错误和表结构设计不合理等。不同学生的错误原因也不相同，有的是语法掌握不牢，有的是业务需求理解不清，有的是缺少调试经验。在传统实验教学中，教师通常需要在机房中逐一查看学生代码并进行指导。当班级人数较多时，教师难以及时处理所有学生的的问题。部分学生在遇到错误后，由于长时间得不到反馈，容易产生挫败感，甚至直接复制他人代码完成实验。

实践教学评价方式较为单一。一些课程实验评价主要依据实验报告是否提交、代码运行结果是否正确等进行判断，对学生的分析过程、调试过程、错误修改过程和综合设计能力关注不足^[5]。这种评价方式容易导致学生重结果、轻过程。部分学生只关注最终 SQL 是否能够运行，而忽视了查询逻辑是否合理、表结构设计是否规范、代码书写是否清晰、是否能够解释自己的设计思路。对于数据库课程而言，学生不仅要完成实验结果，还应能够说明“为什么这样设计”“为什么这样查询”“错误是如何定位并修正的”。因此，实践教学评价应逐步从结果性评价转向过程性评价和能力导向评价相结合。

表 1 2024 级学生 SQL 实践学习问卷统计

调研维度	统计结果
实践重要性	95.8%认为实践操作比单纯理论讲授更有助于掌握课程内容
递进实验需求	93.8%希望实验任务由基础查询逐步过渡到综合项目
复杂SQL难点	59.4%认为难点集中在表间关系和查询条件分析
反馈及时性	74%认为实验反馈不及时会影响学习效率
错题复盘需求	95.8%希望增加典型错题讲解和错题复盘

为进一步了解学生在 SQL 实践学习中的真实感受，本文以 2024 级数据科学与大数据技术专业学生（117 人）为调研对象开展问卷调查。问卷围绕课程学习方式、SQL 实验难点、错误反馈需求和实践评价方式等

内容设置题项,共发放问卷 117 份,回收有效问卷 96 份。统计结果如表 1 所示,95.8%的学生认为实践操作比单纯理论讲授更有助于掌握数据库课程内容;93.8%的学生希望 SQL 实验按照由浅入深的方式逐步展开;59.4%的学生认为复杂查询的主要困难在于表间关系和查询条件分析;74%的学生认为实验过程中反馈不及时会影响学习效率;95.8%的学生希望教师增加典型错题讲解和错题复盘。这些结果说明,学生对实践训练、过程反馈和综合应用任务具有较强需求,也为递进式实验教学改革提供了现实依据。

从问卷结果看,学生并不排斥数据库理论学习,但更希望理论内容能够通过可操作、可验证、可迁移的实验任务得到巩固。实践教学改革的重点不应只是增加实验次数,而应围绕 SQL 能力形成过程重组实验

内容,使学生在连续任务中逐步建立查询分析和数据库设计思维。

3 递进式实验教学体系构建与实施

3.1 递进式实验教学总体框架

为增强实验教学对学生 SQL 实践能力和数据库应用能力的支撑作用,本文在分析现有实践教学问题的基础上,构建了递进式实验教学体系^[6]。该体系以能力培养为主线,将实验内容划分为基础验证型实验、综合应用型实验和项目设计型实验三个层次,并将 SQL 错题反馈、分阶段实施路径和多元过程评价贯穿其中,从而形成“问题分析—体系构建—过程实施—效果评价”的闭环改革思路。其整体结构如图 1 所示:



图 1 递进式实验教学体系

3.2 三层递进式实验内容设计

结合课程实验学时和能力培养目标,三类实验内容按照 3 : 4 : 3 的比例进行配置。基础验证型实验约占 30%,主要用于夯实建库建表、完整性约束、数据维护、单表查询和常用函数等基本操作,使学生掌握 SQL 基础语法和数据库基本操作规范。该阶段应重点关注语句书写、数据类型选择、主外键设置和查询条

件表达等基础问题,引导学生理解约束条件对数据一致性的影响,避免只会机械编写语句而缺乏设计意识。

综合应用型实验约占 40%,主要面向课程中期,重点训练学生分析复杂查询需求和解决实际业务问题的能力。该阶段不再局限于单一知识点,而是围绕具体业务场景组织实验任务。教师结合学生成绩管理、图书借阅管理、实验室设备管理等案例,设计多表连

接查询、分组统计查询、嵌套查询、视图与索引、事务处理等内容。在任务安排上,采用“基础任务—进阶任务—拓展任务”的方式逐步提高难度。例如,先要求学生统计每门课程平均成绩,再进一步筛选平均成绩高于一定阈值的课程,最后加入学院、教师、学期等条件进行综合分析。通过连续性任务设计,学生能够逐步理解表间关系、聚合统计和业务筛选之间的逻辑联系。

项目设计型实验约占 30%,主要安排在课程后期,目标是培养学生数据库综合设计与应用实现能力。该阶段以完整业务项目为载体,引导学生完成从需求分析到数据库实现的全过程。项目主题选择学生较为熟悉的校园生活或实际业务场景,如学生选课管理系统、图书借阅管理系统、校园二手交易平台、实验室设备管理系统等。实验流程按照“需求分析—E-R 图设计—关系模式转换—表结构设计—完整性约束设计—SQL 功能实现—测试与优化—项目报告与答辩”展开,使学生将零散的 SQL 知识转化为完整的数据库应用能力。

3.3 贯穿式案例与递进训练路径

在实验资源组织方面,采用贯穿式案例增强实验教学的连续性。例如,以“学生成绩管理系统”为主线,课程前期围绕学生表、课程表和成绩表开展建表与约束训练;课程中期围绕成绩统计、课程排名和学生选课情况开展综合查询训练;课程后期进一步扩展为包含用户管理、成绩录入、权限控制和数据统计等功能的完整数据库项目。通过在同一业务背景下持续开展递进训练,可以减少不同实验之间的割裂感,使学生在反复使用和不断扩展案例的过程中,加深对表结构、数据关系和查询逻辑的理解。

在教学实施过程中,应体现“先模仿、再改写、后设计”的训练路径。基础阶段提供较为完整的示例语句,帮助学生通过模仿掌握基本语法和操作规范;综合阶段提供部分条件和表结构,引导学生根据业务需求补全查询逻辑;项目阶段则应减少提示,要求学生独立完成数据库结构设计和核心 SQL 功能实现。通过逐步减少教师提示、逐步提高任务开放度,可以促进学生由被动完成实验向主动分析和自主设计转变。

在三个层次实验推进过程中,错题反馈贯穿始终,用于发现学生在基础语法、复杂查询和项目设计中的共性问题,并反向优化后续实验任务设计。

3.4 SQL 错题反馈机制

SQL 错题反馈机制是递进式实验教学的重要支撑。教师在实验教学过程中收集学生常见错误,并按照错误类型进行分类整理,形成 SQL 错题库和典型案例库。错题反馈不仅用于个别学生纠错,也用于课堂共性问题

题讲解和后续专项训练,其基本流程如图 2 所示。与传统“发现错误—当场修改”的方式相比,错题反馈机制更强调错误的积累、归类和再利用。教师可将学生提交的典型错误 SQL 整理为“错误语句、错误原因、正确写法、关联知识点、改进建议”的案例格式,使错题成为后续教学的重要资源。

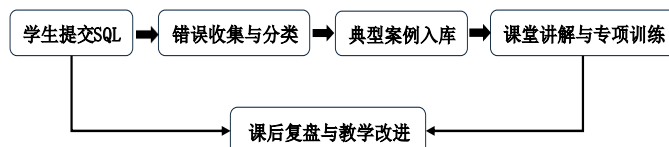


图 2 SQL 错题反馈闭环

从教学实践看,学生常见 SQL 错误主要包括语法错误、字段错误、连接错误、分组错误、聚合错误、子查询错误和设计错误。针对语法错误,应强化基本语法规则;针对字段错误,应引导学生检查表结构;针对连接错误,应重点讲解表间关系;针对分组和聚合错误,应帮助学生区分分组字段、聚合函数和筛选时机;针对子查询错误,应分析子查询执行逻辑;针对设计错误,则应结合范式理论和主外键关系进行讲解。例如,学生常将聚合函数条件写在 WHERE 子句中,教师通过典型案例说明 WHERE 用于分组前筛选普通记录,HAVING 用于分组后筛选聚合结果,从而帮助学生真正理解 SQL 执行逻辑。

表 2 综合 SQL 实验错误类型统计

错误类型	出现次数	占比
连接条件错误	21	17.9%
分组与聚合错误	38	32.5%
子查询逻辑错误	32	27.3%
字段或别名错误	10	8.5%
基本语法错误	18	15.4%

以一次综合 SQL 实验的提交情况为例(117 份实验报告),教师对学生提交语句中的典型错误进行归类,同一份实验报告可能同时包含多类错误。如表 2 所示,学生的主要困难集中在表间关系理解、分组统计逻辑和复杂查询分析上,单纯语法错误所占比例相对较低。这说明后续训练应更多围绕连接条件、GROUP BY/HAVING 和子查询逻辑展开。

3.5 分阶段实施路径与过程评价

在分阶段实施方面,课前阶段由教师根据实验内容发布导学任务,明确本次实验涉及的知识点、实验

目标和预习要求。例如，在多表连接查询实验前，可要求学生提前阅读表结构，理解主键和外键关系，并完成简单连接查询预习题。课堂阶段应减少单纯语法讲解，更多采用案例驱动方式展开教学，以具体业务场景引出 SQL 语句，使学生理解“为什么需要这样写”。实验阶段则根据学生基础差异实施分层指导，对基础薄弱学生重点帮助其掌握基本语法和调试方法，对中等学生重点训练复杂查询分析能力，对能力较强学生布置查询优化、索引设计或复杂业务统计等拓展任务。

为了更好地评价学生 SQL 实践能力，课程考核应从单一结果评价转向多元化过程评价。评价内容由基础实验、综合实验、项目设计、错题复盘和课堂表现五部分构成。其中，基础实验侧重基本语法、建表和数据维护；综合实验侧重连接、分组和嵌套查询；项目设计侧重需求分析、E-R 图、表结构和 SQL 实现；错题复盘侧重错误分析、修改过程和知识总结；课堂表现侧重课堂参与、问题讨论和实验态度。过程性评价的重点不只是记录学生是否完成任务，还要关注其是否能够独立分析问题、定位错误并说明解决思路。通过这种评价方式，可以引导学生从追求“代码能运行”转向关注“逻辑是否正确、设计是否合理、过程是否规范”。

在评价实施中，设置阶段性检查节点。基础实验阶段重点检查语法规则和操作准确性；综合实验阶段重点检查查询思路、连接关系和统计逻辑；项目设计阶段重点检查需求分析是否完整、E-R 图是否合理、关系模式是否满足基本规范化要求、核心 SQL 功能是否覆盖主要业务需求。教师将每个阶段的评价结果反馈给学生，促使学生及时修正前一阶段存在的问题，避免问题累积到课程后期。

此外，错题复盘应作为评价的重要组成部分。学生在每次实验后选择 1 至 2 个典型错误进行记录，说明错误现象、错误原因、修改方法和相关知识点。教师则根据全班错题情况进行统计，选择高频错误在课堂中集中讲解。通过这种方式，实验评价不再只是判断答案对错，而是引导学生反思错误、理解原因并形成可迁移的解决策略。

4 教学改革效果分析

为进一步评估递进式实验教学改革实施效果，本文分别对 2023 级与 2024 级数据科学与大数据技术专业学生，以及 2023 级与 2024 级辅修专业学生的实验成绩、SQL 错误率及项目完成情况进行对比分析。两个年级课程教学大纲、实验学时、主要评价标准保持基本一致，差异主要体现在 2024 级实施了递进式实验教学改革。综合达成度由基础操作、综合查询和数据库应用三个层次的能力评分加权计算得到，并结合错误率和项目完成率等指标较为直观地反映教学改革的实际成效。

从图 3 中结果可以看出，2024 级学生整体表现优于 2023 级学生。其中，数据科学与大数据技术专业学生在基础操作能力、综合查询能力以及项目设计能力三个维度均有明显提升，综合达成度由 69.46% 提升至 77.81%，提升幅度较为显著，说明递进式实验教学能够有效增强学生对数据库知识的综合应用能力。尤其是在综合查询与项目设计环节，学生对 SQL 语句的理解和复杂业务场景的处理能力得到进一步提高，反映出教学改革在强化实践能力培养方面取得了较好效果。

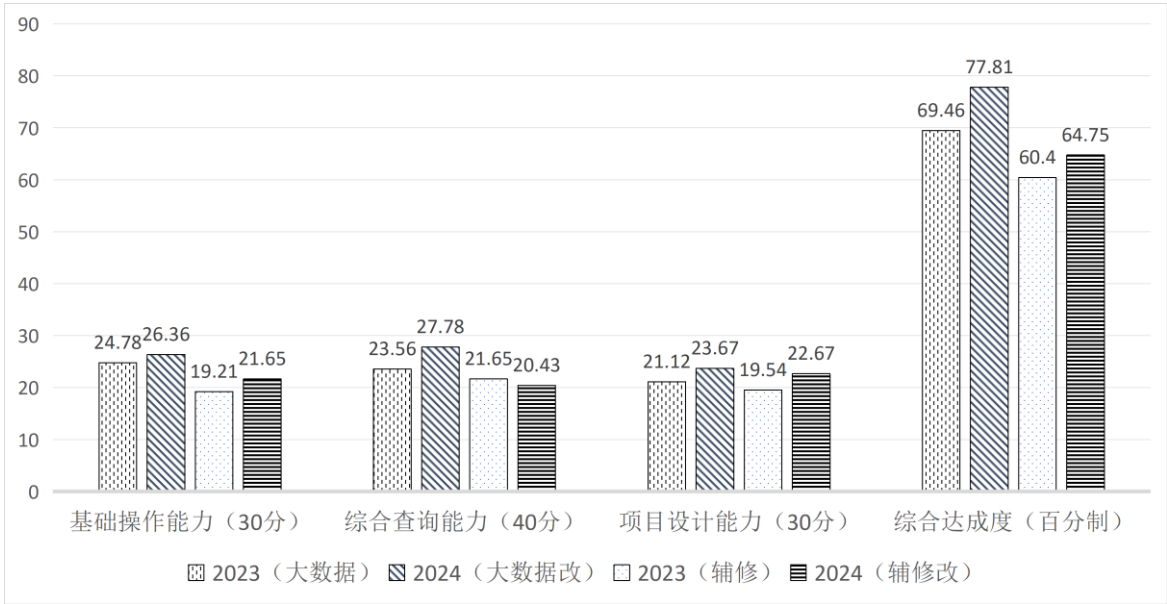


图3：教学改革实践结果图

对于辅修专业学生而言,2024 级学生在基础操作能力和项目设计能力方面同样表现出提升趋势,综合达成度由 60.40% 提升至 64.75%。虽然提升幅度相较主修专业学生略小,但仍说明递进式实验教学对不同基础层次学生均具有一定促进作用。结合项目完成情况可以发现,改革后学生在综合查询和项目设计环节的表现有所改善,项目完成质量和独立实践能力有所提高,表明分层递进、任务驱动的实验教学模式有助于提升学生的工程实践能力与问题解决能力。

总体来看,递进式实验教学改革能够在不同层次学生群体中产生积极效果,不仅提高了学生的实验成绩和综合达成度,也增强了其实践应用能力和自主学习能力,为数据库课程实践教学优化提供了有效参考。

5 结束语

本文针对《数据库原理及应用》课程实践教学中理论与实践衔接不足、SQL 实验任务碎片化、学生错误反馈不及时和评价方式单一等问题,提出了面向 SQL 实践能力培养的递进式实验教学改革思路。该思路以 SQL 实践能力培养为核心,将实验教学划分为基础验证型实验、综合应用型实验和项目设计型实验三个层次,并结合 SQL 错题反馈、典型案例库建设和多元化过程评价机制,促进学生由基础语法掌握向综合应用能力提升转变。递进式实验教学的重点不在于简单增加实验数量,而在于重构实验任务之间的逻辑关系,使每一次实验都能为后续能力形成提供支撑。后续研究将进一步扩大样本范围,结合在线实验平台记录学生 SQL 编写、调试和修改过程,从更细粒度层面分析递进式实验教学对学生实践能力形成的影响。

参考文献

- [1] 朱艳平.《数据库原理与应用》线上线下混合教学模式研究[J]. 模具制造, 2025, 25(08):65-67. DOI:10.13596/j.cnki.44-1542/th.2025.08.022.
- [2] 刘子渊,罗福星.基于 PDCA 模式的 MySQL 数据库课程项目化教学改革[J]. 计算机教育, 2025, (07):165-170. DOI:10.16512/j.cnki.jsjy.2025.07.001.
- [3] 孟迪.基于学习通的数据库原理及应用课程的智慧教学实践[J]. 信息与电脑, 2025, 37(17):200-202.
- [4] 周文英.基于混合教学模式下人工智能专业数据库课程改革研究[J]. 太原城市职业技术学院学报, 2024, (02):104-106. DOI:10.16227/j.cnki.tycs.2024.0082.
- [5] 赵婉君.数据库课程数字化资源建设及教学模式研究[J]. 电脑知识与技术, 2023, 19(22):178-180. DOI:10.14004/j.cnki.ckt.2023.1197.
- [6] 何小卫,叶荣华.基于多层次实验进阶的数据库课程教学[J]. 计算机教育, 2019, (5):54-56+60. DOI:10.16512/j.cnki.jsjy.2019.05.015.