

摘 要

随着计算机技术的飞速发展、现代教育思想和教学手段的不断变革,计算机题库系统越来越受到重视。试题库系统是保证考试具有较高质量、保持水平稳定、更好地达到测试目的的重要手段。近几年来,随着网络技术以及人工智能在教育领域应用的深入,题库系统出现了新的需求,开发具有网络环境下的通用自适应题库系统是目前的发展趋势。

本文根据计算机题库系统的应用特点,结合实际的需求,在网络数据库技术支持下,讨论了自适应题库系统的结构,对通用自适应题库系统进行了设计和实现,并在组卷工作、题库建设工作、系统实现的关键技术和算法方面有所创新。

本文主要完成了以下工作:

1. 介绍通用自适应题库系统的概念和结构,讨论了传统题库系统存在的主要问题,给出组卷方案,并给出用优化的随机选题算法解决自动组卷问题;
2. 针对通用试题库建设面临的主要问题,采用 COM 技术、OLE 技术,使用户在进行通用试题库建设时,可以通过 Word 软件方便、规范地录入试题及相关的知识点信息,并导入试题库进行存储;
3. 通过 tag 标记和模板技术,用户能够自定义试卷模板文件,导出满足各种实际需要的试卷;

本文以实际软件项目为工程背景,对系统进行了实现。目前,该系统已经在客户单位试运行,反映良好,并在此基础上,对下一阶段研究工作的目标做出了展望。

关键词: 通用自适应、网络试题库系统,组卷算法、优化的随机选择算法、用户自定义模板

ABSTRACT

Due to the rapid development of computer technologies and the effective reforms of teaching thoughts and tools, there is a tendency of growing popularity in Item Bank System. It is an important measure to guarantee highly qualified tests with stability and achieve the testing goal better. In recent years, the application of Internet Technology and Artificial Intelligence in education system imposes new requirements in Item Bank System. And now it is the trend of the industry to develop an General Adaptive Item Bank System based on Web.

According to the features of this system and its practicality, with the support of network database technology, in this paper, a General Adaptive Item Bank System is introduced, designed and implemented. Especially, there are a great amount of creative contributions in the terms of generating test, constructing databases, key technologies and algorithms.

This paper consists of following three parts:

1. After extensive discussion about the main problems of traditional Item Bank System, the definition and structure of the General Adaptive Item Bank System are presented. The scheme of generating test papers is proposed. A new random selection algorithm solving the problem of generating test paper is optimized.

2. As for the main problems involved, difficult stages in General Adaptive Item Bank, such as make papers, opening set questions are analyzed in detail. And resolving methods related to the system using COM、OLE technology have been put forward.

3. Tag marks and template technology can help the users accomplish the work of test paper.

Currently, the system has been run in client organizations. And its performances are quite promising and effective. At last, the dissertation summarized the work in the past, and brought out proposals for the future work.

Key Words: General Adaptive, Network Item Bank System, optimization random selection algorithm, algorithm of generating test paper, user-define template technology

第1章 绪论

1.1 问题的提出与背景

随着经济和社会的发展,终身教育观念的普及和计算机技术的发展,出现了试题库系统。它是目前迅速发展的计算机辅助教学的有利的工具,是计算机科学、教育测量理论科学相结合的产物。试题库是按照一定的教育测量理论,在计算机系统中实现的某个学科题目的集合,是严格遵循教育测量理论,在精确的数学模型基础上建立起来教育测量工具^[1]。

试题库与计算机技术相结合就是电子试题库,这种试题库便于海量试题的存储、使用和修改,更便于试题和试卷的难度划分、采分点(又称知识点)的运用和试后分析等^[2]。试题库的出现和发展显示出强大的生命力,在教学活动中发挥了重要作用,不仅弥补了传统教学的部分缺陷,而且将计算机在教学管理中的应用推向了一个新的阶段,引起了计算机界和教育界广泛的兴趣和重视。目前,在国外,试题库系统已开始应用于各个教学阶段^[3 4 5],特别是大、中学的考试和作业以及正迅猛发展的远程教育等方面的应用,收到了显著的效果。

试题库不仅是一项网络数据库技术,而且是一种实实在在的产品,一项很有前途的有利于促进教育发展的服务,也是竞争非常激烈的一个领域。现在的试题库都是以专业应用为主,其技术一般都是保密的,所以在试题库领域存在各自为战的局面。目前试题库系统存在的种种缺陷已经不能适应需求。

目前,国内外基于网络远程教学的迅速发展,迫切需要一个支持远程教学的专用平台,网络试题库系统是实现这种教学平台的基础和工具。网络试题库系统为试题的保存、分类和检索提供了科学、有效的方式,为编制科学、公正的试卷提供了高效率 and 低成本的手段。

本文研究的意义在于为各教育单位提供一个生成试卷的平台,采用开放使用、开放建设的策略,对试题库进行科学、高效、经济、灵活的管理,最终使试题能够集中管理,共享使用;采用统一的评价体系,有效地实施其教育测量功能;在这个基础上,还可以深入的研究,可以根据学习者的学习特点,进行有针对性地辅导,提出相应的学习建议;还可以全方位地

反馈教学过程中的各种信息,帮助教师发现、改进教学过程中存在的问题。

1.2 课题的发展和现状

试题库在教育活动中具有十分重要的意义,试题库经过发展已经逐步形成了自己的理论、原则和方法,发展成一种新的教育管理手段,即计算机辅助教学的一个方面。它在教学实践中的优越性体现在:一是教学管理上的,试题库具有高效、经济、灵活和保密的特点;二是教学测量上的,由试题库生成的试卷具有质量高、可控等特点^[6]。

运用计算机进行试题管理是计算机辅助测试 CAT (Computer Assisted Testing)中首要项目,最早运用这项技术的是 1968 年 IBM 公司和美国洛杉矶学区共同开发的一个 CTSS^[9](Classroom Teacher Supporting System)。CTSS 系统最初管理一个美国历史题库,其中贮存有 800 道题目,能为中学教师生成测验、家庭作业、课堂讨论题以及课外辅导材料等。CTSS 采用批量处理方式,先由教师填写申请表,标明所需题目的数量,类别及有关属性,经光电扫描机输入电脑。CTSS 即能自动选取题目,复印所需的份数,还能自动输入答案单、核对答案和评分等。后来,加利福尼亚州开发了一个拥有 11 个题目库的系统,大的试题库装有万个以上的试题,如美国历史题目库,小的题目库也有数百道题目,如心理学题目库。计算机辅助教学能编制出各种测验^[10],如自我测验、定位测验、诊断性练习、学期测验和综合测验等。

试题库在实际的教育工作中有很多的应用。最常用、最传统的试题库是各种习题集及其解答、分析类的图书,一般用于学生的平时训练。其次比较常用的是以套题形式出现的试题库,这类题库往往掌握在教师手中,一般用于阶段性测试或各种竞赛。

在我国虽然计算机参与教学管理已经有比较长的时间,但是过去,教育工作者们先把试题抄写在卡片纸上,再分别放置于不同的试题柜中,采用这种方式进行管理,不仅复制极其困难,而且更新、查找也十分麻烦,效率极其低下。现在随着信息技术的发展,不少对计算机程序不怎么精通的人士也学会了采用计算机进行现代化模式管理试题。如利用 Office 组件做成 Word 文档类型的试题,分门别类进行管理,将“试题柜”搬到电脑当中来^[11]。但是,这种方式仅是试题媒体的变更,其分类和检索仍然十分麻烦。

我国试题库系统的研究和应用最广泛的领域是考试和组卷方面。由于我国教学手段现代化建设十分迅速，其电子试题库的发展也呈现了品种多样、方便实用、网上传输、多媒体显示、统计分析功能完善等诸多的特点^[2]。但真正能囊括试题库各种优点的试题库并不多见，特别是已开发的试题库，存在专用性较强，网上功能较弱，交互界面不丰富等缺点。

试题库的发展趋势是^[14]：

- 专业化、个性化：专题性的网络试题库系统是为了专门测试某一专业、某一主题和某一地区的考试而建立，非常实用。
- 智能化：智能化就是自动成卷、智能的查询和统计分析。利用人工智能中合理的知识库和高效的知识推理模型来完成组卷、查询和统计分析的一种手段。
- 简单化：网络试题库系统体现人的思维和思想，用户只要通过浏览器，连上网络，便可轻松使用，无需复杂的配置、安装和管理，大大降低了对题库使用者的技术要求。
- 网络化：与基于网络的远程教学平台进行集成，实施远程自适应测试。
- 加强统计与分析功能：提供更加丰富的教学测量指标分析。

1.3 课题的主要内容及创新点

课题主要完成了以下工作：

- (1) 在学习和研究了国内外各种现有的试题库系统和先进的网络数据库技术的基础上，通过查阅文献资料，对试题库的背景、定义、分类、评价标准等给出了详细的总结和描述。
- (2) 对试题库的建设方案进行了研究。从通用自适应网络试题库的实际需求出发，在分析了试题库设计的一般性原则的基础上，重点考虑了试题库各个环节的需要，对其建设的详细步骤进行了详细论述，并对试题库的结构进行了设计和分析。
- (3) 自动组卷算法的设计和实现。通过分析常见的几种自动组卷方法，在保证选题的随机性、无重复性、科学性的基础上，设计了适用于工程需求的自动组卷算法，并给出了详细的实现方案。
- (4) 对系统的设计和实现进行了详细的介绍，对各功能模块进行了详

细的介绍;

- (5) 针对题库建设的实际问题,提出了通用的命题系统,并对应用程序与 WORD 融合的技术进行实现,给出了详细的方案;

与其它题库系统相比,本文在技术上和理论上都有所改进,主要体现在以下几个方面:

- (1) 试题建设以及试卷导出问题。系统通过 VBA 技术、OLE 技术和 COM 技术,开发 Word 插件,把应用程序代码嵌入到 WORD 软件中,利用 Word 进行试题的编辑、采集,并与应用程序融合,将试题及相关的知识点库导入试题库;并可以方便地把组好的试卷以灵活可定义的模板方式导出至 Word 中,方便教师的使用;
- (2) 自动组卷问题。系统在分析了相关的组卷算法后提出了一套自己的组卷策略。该策略由用户输入相关的信息后,自动从题库中选择试题,组成满足用户要求的试卷。
- (3) 分析问题。试题库系统结合学科知识点信息,可以利用知识点描述试题的考察范围,可以进行试题、试卷所相关的知识点信息的统计和分析;

由于作者能力有限,系统还存在一些不足之处,文章中也难免存在一些差错,敬请读者批评指正。

1.4 本文主要内容安排

本文第一章是对试题库系统的概述,简要的介绍试题库系统的基本理论,总结了试题库系统目前的发展状况,以及今后的发展趋势,并且给出本课题的研究背景、研究目标以及本文的主要内容和创新点。

第二章介绍了试题库建设的相关的理论,并给出本课题中题库的设计原则以及试题库的结构;

第三章介绍了自动组卷算法的设计;

第四章介绍了题库建设的实现技术;

第五章从软件工程的角度介绍了本课题的系统的设计和实现;

第六章是系统一些功能界面的介绍。

最后,对本文进行总结。

通过本系统的设计和实现,能够对试题库理论、技术有一个全面的了解和掌握,对于试题库系统的一些技术进行了研究和实现,这些研究,将会

对计算机辅助教育、考试系统及远程教育和现代教育领域的研究和实践具有一定的参考价值。

第2章 试题库建设相关理论

自试题库问世以来,已经得到了很大的发展。它是以教学测量理论为基础,利用数据库技术实现的计算机辅助教学工具。通用自适应网络题库系统是在网络的基础上实现试题维护 and 管理的,通用和自适应的网络化系统。

2.1 试题库的基本理论概述

2.1.1 试题库的定义

迄今为止,尚不存在一个公认的试题库定义。题库是英文 Item bank 的意译^[1]。在英国,人们也常使用 Question bank 来表达同一个意思^[12],也有人认为,使用 Item library 更为恰当。甚至有人认为,将已经出版的习题集以及各种考试中用过的题目,存入计算机的软盘中,称之为“题库”。

试题库的明确定义是:“题库是按照一定的教育测量理论,利用计算机技术在计算机系统中实现的某个学科题目的集合,它是严格遵循教育测量理论,在精确的数学模型基础上建立起来的教育测量工具^[13]。”题库,就是按一定原则组织起来的,技术质量已经验明的,能为一定考试目的服务的大量优良试题的集合,凡是入库的试题都是经过严格筛选,并且按合理的原则组织,其技术参数、质量指标是经过测定的。试题库的明确定义比较容易使人接受。这个观点被许多论文引用,且阐述的比较全面、严密,得到了一定的认可。

2.1.2 分类

在试题库的发展过程中,出现了很多类型的试题库。根据试题库系统的使用方向来划分,可以分为:专业的试题库系统和通用的试题库系统;根据试题库系统的考试方式来划分,可以分为:单机的试题库系统和网络的试题库系统;根据试题库系统的研制时间来划分,可以分为:传统的试题库系统和现代的试题库系统等等。

(1)按试题库系统的使用方向和作用分类可以分为专业试题库系统和通用试题库系统;

目前各教育部门和科研单位所提供的题库,一般都汇集了全国各省市

近年来的高考考试题、毕业会考题、高考模拟题和高考试题等，试题有一定的代表性。所谓专业试题库就是指建立试题库的目的是为了某个专业使用，具有一定的针对性。如：结构力学试题库，高等教育基础学科系列试题库，劳动部职业技能鉴定试题库，国家医学水平考试试题库，基础教育系列试题库等^[2]。

通用试题库不是针对某一学科专业而设计，它对不同的学科领域有普遍的适用性。首先，试题库应制定关于数据格式和数据属性的规范。各科目需要按规范进行试题信息的组织和维护。其次，通用试题库应包含较全面的试题类型，以适应不同科目的需求。最后，试卷的组织方式、评测标准可由用户自由设置。这样才能保证在通用的前提下，组织体现各专业学科特点的试题库管理系统。计算机化通用试题系统作为教学手段现代化的重要组成部分，与数据库技术相结合，具有良好的发展前景^[15]。这种通用试题库增加了计算机辅助教学方面的智能性，体现出计算机辅助教学的高效性，可以减轻教师的工作负担，最终将彻底改变传统的命题、考试和评分方法。迄今为止，已经有不止一种试题库投入使用。这些试题库，有的为特定的学科而开发，有的适用于某一种特定的考试。

因此，一般意义上所谓通用试题库就是指所建立的试题库是有一定限制的通用。这类通用也是有本质的区别的，如：小学、中学、高中试题库，中考、高考试题库，考研试题库等等，这是以其使用目的为分类来说是通用的。还有一种就是没有学校、学科、题型的限制，适用于所有学校及考试机构的通用试题库系统^[17]。

通用试题库具有通用性、灵活性、安全性、智能性的特点^[16]。

(2)按试题库系统的考试方式分类可分为网络的试题库系统和单机的试题库系统

开发一个基于网络的题库系统，该系统在一个网络的服务器上运行，通过浏览器或客户端程序访问，它提供了传统题库系统不具备的一些特点。此处讨论的网络试题库是基于“客户机、网络系统服务器、数据库服务器”这种三层结构，其中每两层之间都涉及多用户多线程共同处理的问题。有些数据库服务器如大量使用的 Microsoft SQL Server 平台就已经提供了处理多用户多线程的固定方案。

网络自适应题库的特点是^[13]:集中管理, 共享使用;开放使用;集中存储测试数据;提供联机考试、个人自测、联机评卷等多项功能, 使无纸化考试成为可能;提供强大的统计与分析功能, 揭示全方位的教学过程信息, 帮助教师发现教学过程中的问题;简单易用:用户只要通过浏览器, 连上网络, 便可在图形用户界面的引导下, 轻松使用, 无需复杂的配置、安装和管理, 大大降低了对题库使用者的技术要求。

单机的题库从成卷要求到数据库响应到生成试卷, 都是单用户单线程模式。

2.1.3 评价标准

题库的评价对题库资源建设质量进行把关, 在题库资源建设和使用过程中, 是一个不可缺少的重要环节。一般从以下几个方面来对它们进行评价:

(1)内容的教育性:考虑题库资源的教育意义, 看它是否对学生的身心发展起到正面的促进作用, 是否符合教学大纲和课程标准, 是否有利于激发学生的学习动机和提高学习兴趣, 内容是否及时更新, 用学生应用题库的次数和频率作为题库是否符合学习者要求的依据。

(2)科学性:题库是否客观、科学, 所提供的知识性是否比较强, 能否为日常的教学活动提供相关参考, 是否有错别字或使人产生歧义的科学性错误。

(3)技术性:题库提供的清晰度与文本等运行的技术要求是否与现行浏览器相符, 题库是否安全可靠, 是否易于使用;好的题库系统对学习者的技术要求不高, 能充分利用了网络技术的优势, 能支持不同学习策略, 获取信息、处理加工信息便捷, 能适于个别化异步学习, 页面、图标的设计协调一致。

(4)交互性:交互响应及时, 能满足教师、学生不同的交互需要, 对交互的参与度能进行记录。

(5)界面友好性。软件界面要美观;操作要简单, 不需要大量的预备技能;提示信息要详细、准确、恰当。

2.2 题库设计所依据的测试理论^[18]

所谓测试是指通过一定的仪器和试题对受测者的行为样本进行测试的

系统程序。考试作为一种教育测量与评价的术语，是用于较正式场合下的测试，完全适用测试理论。目前广泛应用的测试理论主要有两种：经典测试理论(Classical Test Theory)和项目反映理论(Item Response Theory)，与之相对应的，就是现今所广泛采用的标准化测试和自适应测试。

2.2.1 经典测试理论

经典测试理论是从 20 世纪发展起来的，至 50 年代趋于完善。它采用真分数原理，通过长期的测验实践逐渐形成的传统测试理论，被广泛使用。

2.2.1.1 经典测试理论的基本内容

经典测试理论建立在以下三条假设之上：

(1)某学生实际知识水平即真实分数 X_r 与误差分数 X_e 之间的关系是线性的：

(2)该生在大量测验中的误差分数统计平均值为 0；

(3)任意两次测验中的误差互为独立。

以上假设得出的基本结论是，多次测试的平均分数接近真分数。从 CTT 理论来看，心理测试和教育测试所得到的测量值，即所谓的观察分数 X 是真分数 X_r 与误差分数 X_e 的和，即 $X=X_r+X_e$ 。且假定误差分数与真分数相互独立，在多次重复时呈正态分布。在这一理论模型基础上，提出了有关测验信度、效度和题目区分度的整套理论与方法。比如用测试通过率来定义难度，用题目分数和总分来代表区分度等，都是经典测试理论的应用。

传统的考试都是以经典测试理论(CCT)为指导的，老师根据学习的内容出一份试卷，对考生进行考评。对于每个考生而言，试卷中的题目只有一部分是符合自己真实能力的，其余题目或者简单，或者太难，因而，这样的考试存在着明显的弊端，其效度(考试的有效程度)较低，不能快速、有效地测试出考生的真实水平。

2.2.1.2 经典测试理论的优点与不足

经典测试理论有着比较明显的优点：经过近百年的发展，它具有系统的理论与方法体系；它建立在弱假设条件之上，使应用具有广泛性；它的题目

和测验的统计分析方法比较简单,容易被广大工作者接受和掌握;建立了一系列题目分析的公式,如表示难度的 P 值,表示区分度的题目与测试相关系数,估计分数真值的标准误差及由此推算出来的信度公式等。经典测试理论对建立试卷、考分转换与等值均有一套较为完整的方法。

由于经典测试理论具有以上的优越性,使得它的应用十分普遍。目前大部分题库管理系统都采用经典测试理论((CTT)为指导。但是,经典测试理论也有许多不足之处,主要表现在:测试参数过分依赖具体样本;测试结果的可比性差。题目的参数和所得的结果直接受制于具体测试和被测情况,被测试水平和测试题目参数之间没有明确的关系,不同测试间所得分数可比性差;不能适应各种被测试的具体情况,缺乏个性。如考生分数和题目难度有着密切关系,即题目难度是相对于考生而言的。为使题目参数稳定,不受测样本影响,项目反应理论应运而生。

2.2.2 项目反映理论

项目反应理论起源于 20 世纪初的现代测量技术,真正建立于 50 年代,在 70 年代得到了迅猛发展。从 70 年代起到现在,项目反应理论已成为美国、欧洲、日本以及澳大利亚等西方国家心理与教育测量专家们研究工作中的一个主要课题。

2.2.2.1 项目反映理论的基本内容

项目反映理论也称潜在特质理论,又称题目特征曲线理论。它主要基于以下三条假设:

- (1)他认为对题目 i 作答的正确概率 U_i 是其能力标度 O 的函数。
- (2)单维性。被测结果只取决于一种能力,其他能力的影响可以忽略。
- (3)局部独立性。被测者对某个题目的反应只与题目本身有关,不受其他题目影响。

能力的单维性:按照这个假定,一个测试所测量出来的能力变量是处在单维的空间之中,可表示在一个量表里。如在这个量表里可直接对考生 A 和考生 B 作比较。A 与 B 之所以能够相比,是因为它们同在一个单维的量表里面。

局部独立性(Local Independence):一个考生对试卷里各个题目的反应在统计上是独立的。这就是说,他对某个题目的反应不影响他对其它题目

的反应;一个题目的内容不应对回答其它题目提供任何帮助。

项目特征曲线(Item Characteristic Curve):项目特征曲线是将一个题目的答对率和包括这个题目的整份试卷所测量出来的能力值相联系的数学函数。简单地说,这是一个题目分数对能力的非线性回归函数。

完成测试时间的充分性:考生有充分的时间完成测试。他答错一个题目因为他的能力有限,而不是因为时间不够,没有机会去回答该题目。

2.2.2.2 项目反映理论的特点

使用项目反应理论建立题库有以下优点:

- (1) 它具有题目难度不受样本影响(Sample-free),能力不受题目影响(Item-free)的特点。这就是说,我们只要从题库中抽出一部分题目,即能根据考生的答题情况估算出其能力,而且还可以算出这种估算的精确程度,即每个能力值的标准误差。
- (2) 它可以对题目和考生作适应性检验,从而能够了解由抽选出来的试题组成的试卷的效度。
- (3) 它可以经济而有效地扩充题库,使在不同场合、不同样本中测试的题目都能进入题库,并能及时调整题目的难度值。

项目反应理论的发展虽然已经经历了很长的一段时间,但是仍然存在着许多问题没有解决。第一,理论上来说,IRT方法确定题库项目参数时,由于计算公式复杂,需要进行大量的计算;第二,由于教育教学改革的不断深入,教学方法和教学重点也在不断变化,这种频繁变化导致考试题目参数经常变化,不易确定;第三,虽然IRT与CTT相比,有着显著的先进性,但是以该理论为基础的考试系统在国内外的考试中的应用不够广泛,系统的可靠性还有待实践考证。

由于基于项目反映理论的考试系统的稳定性还有待考证,所以本系统是基于经典测试理论而建立的。在以后的功能扩展中,我们计划将其过渡到项目反映理论,建立自适应考试系统与传统考试系统相结合的模式,以期获得更好的效果。

2.3 题库建设的步骤

题库建设理论是指整个题库工作的基本理论,其涵义是广泛的、全面

的，主要包括如下几个部分：学科体系与教育、目标层次分类理论、题型功能与命题技术理论、题目分析理论、参数等值理论以及试题与试卷统计性质关系的理论等^[19]。

因此题库建设是一项相当艰巨的系统工程。要建设一个题库，一般要包括以下几个步骤：

第一，题库的结构设计，也包括题目的各属性值的设置及度量标准等。

第二，试题的收集与编制。前面的分析中已经指出，为了使题库更加科学化、标准化，题库必须具有大量的、高质量的试题。题目的来源主要有两个方面：一是收集正在大量使用的优秀试题，二是组织专家专门命题。

第三，确定各个试题的属性值。这一步是题库开发中极为重要的一步，因为以后试卷的生成主要依靠题目的这些属性值来确定选择哪些题目加入到试卷中。生成的试卷的质量在很大程度上取决于题库中各个试题指标的可靠性。

第四，题目入库存储工作。一般题库的规模都比较大，少则几千道题，多则上万道题，这就要求我们使用紧凑、安全、高效的题目存储方式，并且要设计一个方便灵活的题目输入界面，以便方便的把试题存储到数据库中。

第五，题库中的题目维护。题库应具有动态性，应随情况的变化而变化。这是因为各门学科都在发展变化，学科内容也应不断更新。需要不断的删除、修改、增添试题。另一方面，考生水平也在不断地变化，这样考试参数及考核能力层次也会有所变化。因此要使题库能更好的服务，就应该提供试题的增加、修改、删除功能。

2.4 题库的设计

系统的数据组织结构是整个考试系统的基石，对组卷的质量和组卷的效率都有着重要的影响。

2.4.1 题库的设计原则

(1) 理论模型

所有学科的网络题库，都应遵循经典测量理论的指导，要严格按照经典测量理论的数学模型开发题库管理系统、组织试题；

(2) 试题组织

试题的组织与编写必须以学科的知识点结构为依据,建设题库之前,必须首先确定学科的知识点结构,在按学科知识点结构组织试题时,还须注意各学科知识点结构的区别。整个学科知识点之间逻辑性不强,每一个教学单元都包括很多的知识点,知识点之间具有严密的逻辑性,而且一个知识点往往代表某章或某节的内容,不会被包含在其它章节之中。在组织试题时,尤其是在设计题库管理系统时,要充分考虑并适应这种学科知识点结构的区别。

(3) 试题的分布结构

试题数量要足够多,在各指标属性区间内均衡分布,以知识点、难度与认知分类这三个属性为核心,形成三维立体交叉网络,如表 2-1 所示。网络上的每个交叉节点上都有合理的试题量,在保证这个核心结构的基础上,还应保证试题在题型和区分度上的分布要合理,整个结构处于基本均衡状态。

表 2-1 知识点、难度、认知分类三维立体交叉网络

	知识点 1	知识点 2	……	知识点 n
难度	容易	中等	……	容易
认知分类	了解	知道	……	运用

(4) 试题质量要求

试题内容要科学,无学术性错误;无歧义性,表述简单明确;无关联性,试题之间不能相互提示,不能相互矛盾;试题参数标注要尽可能符合客观实际。

(5) 试题必须经过筛选

题库是大批优良试题的存储仓库,所有题库中的试题都是经过严格筛选组织起来的。

(6) 试题维护

试题维护是指试题的修改、编辑和删除等操作。其中试题的修改和编辑是这个模块的主要功能。试题的编辑是以一些辅助查询(如试题编号、试题类型和试题的出题人、知识点等查询)为基点,通过查询找到要编辑的试题,然后对试题进行修改和编辑。试题的编辑必须有一定权限的用户才可以完成的,不是所有的教师用户都可以编辑试题,也不是试题的所有项目

都能被编辑，对于试题编号就不能更改和编辑。对于那些入选到试卷中的试题也不能进行编辑和修改。也就是说，试题一旦入选某份试卷，其修改权限就被禁用。当该试卷释放所有试题后才可用。

试题的查询是指用户可以通过一定的条件浏览题库中的试题。具体做法是：可以使用试题编号、试题类型、出题人、章节、难度等来查询一些用户自己需要的试题，并且可以浏览和打印出来。

2.4.2 试题库的结构

题库是由许多适用于不同目的、技能和任务需要，且具有必要参数的大量优质题目组成的集合。题库具有一定的结构，其结构愈完善，功能愈强。

研究和实际工作中发现，题库建设在试题汇集阶段有很多难点。就试题库的结构来说，必须设计合适的题库结构，以保证其对教学内容的完整覆盖，体现教学目的，反映教学大纲，并使试题难度和区分度符合目标参照考试的要求和其它考试确定的要求。一个题库系统的性能评价主要取决于自动组卷算法和相对于算法的试题的库结构、试卷的库结构。数据库库结构的设计是设计组卷算法的重要依据。

一般来说试题的属性项分为^[20]：试题基本参数、试题描述。前者是说明试题所属篇、章、知识点、试题编号、试题类型、题类、难度、区分度、认知分类、操作说明、答题时间、建议分数、使用总次数、最近使用时间、出题人、出题日期、归档时间、试题来源、测试对象、审核人员、批改方式等。后者是对某一试题内容(题干)和答案的描述，主要有题干、标准答案、图片、公式。答案是对某一试题答案项和正确答案的描述。以下只对一些主要的属性做简要的说明：

试题编号：试题的唯一标识，只要知道某个试题编号，便可唯一确定一道试题。

考察知识点：试题在学科的教学大纲中所属的知识点，是教师用来确定考试范围的重要依据之一，通常上面还有课程、章节等。

难度：是衡量试题难易水平的数量指标，通常以试题的答错比率来表示；答对的人数越多，试题就越容易，难度就低。难度在题库中的作用主要是筛选试题。试题难度的选取需要考虑到测验的目的和性质。比如，用于选拔录用人员的测验，就应该比较多地采用那些难度值接近录取率的题

目。

试题类型: 试题的类型,如选择(单选,多选)、填空题、判断题、名词解释、简答题、综合题等;可以把它们分为三类:

- **客观性试题:**由考生从已提供的若干个答案中选择正确答案的试题,包括:选择题(单项选择、多项选择)、判断题、匹配题等。
- **主观性试题:**由学生自主提供答案的试题,包括:论述题、证明题、作文等。
- **限制性试题:**它是介于主观和客观之间的试题,包括:名词解释、简答题、填空题等。我们也常常把这类试题归于客观性试题之列。

区分度:是衡量试题对不同水平被试人员的心理特质的区分程度的指标,如果试题的区分度高,那么水平高的测试区的得分就会高,而水平低的测试区就会得分低,这样就可以把不同水平的测试区分开来。区分度属性在题库中的作用也是挑选试题。试题区分度越高,它分辨学生的知识水平和素质高低的能力就越强,因此对于相对评价的考试来说,试题区分度是很重要的参数。此外,对诊断类型的测验,区分度越高,就越能够快速而精确地定位学生问题之所在,为采取补救措施提供依据和方向;而使用区分度低的题目组成的诊断试卷,则在分析考试情况时容易产生误判的情况。

认知分类:学科体系与教育目标分类理论将决定整个题库及生成试卷的内容效度,是甄选试题的根本依据,试题库的整个框架结构就要按照这个要求来设计与建造的。教育目标的分类一般是采用布卢姆的六类方法。美国教育家 B·S·布卢姆将认知活动的教育目标划分为六类。(1)识记:指认知和回忆事实、规则或概念的能力。(2)理解:指理解事实和概念的能力。它包括解释事实和原理、法则、图表、图象,对要点作出分类、摘要、归纳,将材料由一种形式转换成另一种形式。(3)应用:指利用事实和概念解决新问题的能力。它包括将概念、原理、法则、定律等应用到实际中,解答试题,绘制图表和图象,方法和程序的正确使用与演示等。(4)分析:指辨别整体中的各个局部并认识其相互联系的能力。它包括对各组成部份的辨认,对各部份之间相互关系的分析,对把各部份组合起来的原理法则的识别等。(5)综合:指把有关局部综合成新的整体能力。包括综合运用知识以解答问题,制定计划或提出方案等。(6)评价:指判断,比较不同方法、结果等的能

力,是认知学习的最高水平。包括评价书面材料中的逻辑一致性,评价证明结论的材料是否适当、充分,评价材料和方法的价值等。

试题的使用总次数和最近使用时间:用来控制试题的使用率。为了试卷的保密性、公平性和安全性起见,在抽取题目组成试卷的时候,需要控制试题的使用率。控制试题的使用率有两方面的考虑,一是如果题目在规定的日期范围之后被使用过,本次就不再使用;二是如果有几个同时都满足条件的题目可供选择,那么在抽取试题的时候应该选择使用次数少的题目,以达到使用上的平衡和控制试题的使用率的目的。

本题库考试系统在具体实现时,对题库字段的设计进行了合理简化,每道试题,归纳为以下基本属性,如表 2-2 所示:

表 2-2 试题的属性

属性名	相关描述
试题编号	试题的唯一标识(可以采用 GUID 由系统自动生成,保证唯一性);
适用年级	试题所适合年级
适用学科	试题所适合的学科
题类	客观题/非客观题;客观题包括客观性试题和限制性试题,可以程序自动判卷;非客观题为主观性试题或其它由学生自主提供答案的试题
知识点	试题在学科的教学大纲中所属的知识点,可以涵盖多个知识点;
难度	试题题的难易程度,分五级,难:1~0.8;较难:0.8~0.6;中:0.6~0.4;较易:0.4~0.2;易:0.2~0;
区分度	学生学科能力的鉴别力,分五级:优:1~0.8;良:0.8~0.6;中:0.6~0.4;较差:0.4~0.2;差:0.2~0;
认知分类	学科的教学目标分类,分类依据建立题库的学科大纲;
考试要求	试题的考试要求说明;
试题正文	试题的具体内容;即题干部分;
参考答案	试题的评分细则(客观题为答案,多个答案用分隔符隔开,主观题写评分细则);
建议的考试时间	做完试题所需的时间;
建议的考试得分	试题在百分制的试卷中的建议得分;

属性名	相关描述
出题人	出题人的单位、姓名等信息;
出题日期	本试题的出题日期, 格式为 年/月/日, 如 2000/01/12;
审订人	审订试题的审订人姓名、单位等信息;
审订日期	审订试题的日期, 格式为 年/月/日, 如 1999/01/12;
备注信息	关于试题的备注信息

题库运行时生成如下参数(系统自动生成, 出题人无需提供):

使用次数	试题的正式使用次数;
最后曝光时间	试题的最后使用时间, 格式为 年/月/日, 如 1999/01/12;
实测难度	经过抽样测试和试题库的实际运行后, 实测的试题难度;
实测区分度	经过抽样测试和试题库的实际运行后, 实测的试题区分度;

2.5 本章小结

本章介绍了试题库建设的一些相关理论, 给出了试题库的定义、分类、评价标准、以及所依据的测试理论, 并了解了题库建设的步骤。在介绍了基本理论的基础上, 提出了通用自适应试题系统的设计原则以及所采用的试题库的结构。

第3章 组卷算法的设计与实现

组卷是试题库系统的一个重要组成部分,是指从庞大的试题库中按给定的抽题策略抽选试题组成试卷的过程,组出的试卷既要满足给定的题型要求,又要使试卷中各试题的难度分配满足试卷的平均难度,同时又使试卷中的知识点不重复^[21]。从题库中既可能组出不止一份满足所有组卷要求的考卷,也可能组不出任何一份满足所有组卷要求的考卷,其主要取决于题库的结构和数量、质量及组卷算法的优劣。

组卷算法直接影响试卷的知识覆盖面、难易程度以及组卷成功率等问题,影响到考试系统的推广使用。组卷遇到的主要难题是如何保证生成的试卷能最大程度的满足用户的不同需要,并具备随机性、科学性、合理性的特点。尤其在网络交互式环境下,用户对组卷速度的要求较高,而一个理论上能搜索到全局最优的算法可能会以牺牲时间作为代价,往往不能达到预期的效果。因此,选择一个高效、科学、健壮算法是自动组卷的关键。

现在已投入使用的试题库系统或考试系统,其功能模块的划分与封装、实现方法等,都有其相似性,试题库系统的核心是它采用的智能化的自动组卷算法,其算法优劣决定系统是否高效、实用。

各种计算机组卷系统(包括商品化的)在实际使用中仍然存在一些不足。例如有些系统存在所选试题的难度系数相同时每次组卷的试题重复率较高,组卷系统的试卷排版功能不强,人机界面不够友好等,这就需要在开发组卷系统时不仅对其功能进行设置,更重要的是对系统功能进行优化,使其适应用户的实际需求。本章将以通用自适应网络题库系统中所采用的组卷算法为例,对组卷算法的功能设置及其功能优化的相关实现技术作一些探讨,并提出一种优化的随机选卷算法。依据该算法组出的试卷基本已经满足了题型、分数和答题时间的要求,本组卷算法将对今后组卷系统的开发设计有一定的借鉴作用。

3.1 考试学理论

理论来源于实践,又对实践起着指导作用,下面对考试学方面的有关理论进行学习,这是研究组卷相关算法和策略的理论基础。

3.1.1 衡量试卷质量的主要指标

组卷就是按照给定的组卷策略，从题库中抽取适当的试题，组成一份合适的试卷。衡量试卷质量的基本指标是试卷信度和试卷效度^[24]。

3.1.1.1 试卷的信度

信度是反映测量稳定性和可靠性的指标。考试的信度高低代表了测验分数的稳定与否，是评估测验质量的一个重要指标。一次考试的信度，就是这项考试的一组成绩，和对同一组考生实施等价考试所得的另一组成绩的相关系数。实际工作中，常用的是库-李信度和克朗巴赫 Q 信度^[24]。

试卷的信度是表示试卷作为测试工具的可靠性程度的指标。任何一项有效的测量，如果能对同一对象实施多次，各次所测的结果应该是一致的、比较稳定的；一致性程度越高，稳定性越大，这项测量就越可靠。

3.1.1.2 试卷的效度

效度是反映一次考试实现其既定目标的成功程度的指标。考试效度指的是根据考试分数做出推论或预测的准确性程度，是程度上的概念。

考试的信度和效度，是表示考试质量的两个重要指标，但两者并不是并列的、无关的、相互独立的。信度是考试实施过程中(从命题到评分)准确性的量度，而效度则是包括考试设计、实施、测试数据使用的整个考试测量真实性的度量。信度是反映多次实施相同测试其结果的稳定性、一致性的指标，而效度则是反映考试符合的目的性、考试结果实现目标的程度的指标^[24]。

3.1.2 衡量试题质量的主要指标

在第 2 章中，我们已经提到试题所应具有的基本属性，衡量试题质量的基本指标是试题的难度和区分度。

3.1.2.1 难度

一道试题的难度是表示考生解答该题的难易程度的指标。试题的难度值是用考生对该题的失分率来表示的，失分率越高，难度也就越大，其计

算公式是^[24]:

$$q = 1 - \bar{x} / x_{\max} \quad (3-1)$$

式中:q 是试题的难度;

\bar{x} : 一组考生在该题上得分的平均值;

x_{\max} : 该题的满分量。

我们一般把试题题的难易程度,分五级,其值分别为:难:1~0.8;较难:0.8~0.6;中:0.6~0.4;较易:0.4~0.2;易:0.2~0;

3.1.2.2 区分度

试题的区分度是表示试题区分能力大小的指标。试题的区分能力,就是试题在用于考试时,使水平高的考生得高分、水平低的学生得低分的倾向力。即:区分度反映的是某题的得分与考生总分之间某种相关关系。

一般区分度的积差相关计算公式为:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{nS_x S_y} \quad (3-2)$$

式中:

D: 某题的区分度;

x_i : 第 i 个考生在该题上的得分;

\bar{x} : n 个考生对该题得分的平均得分;

S_x : n 个考生该题得分的标准差;

y_i : 第 i 个考生的总分;

\bar{y} : n 个考生的平均总分;

S_y : n 个考生试卷总分的标准差;

试题的区分度与试卷的信度有密切的关系。试题的区分度越高,试题的质量就越好,对提高整份试卷信度的贡献就越大。

试题的难度和区分度有密切的关系,调整试题的难度是提高试题区分度的重要方法。一般地,试题具有中等程度的难度(0.3-0.6),试卷的区分度较大。具有良好区分度的试卷,试卷难度增加,掌握差的学生将感觉更难,得分更低;试卷难度降低,掌握好的学生将感觉更容易,得分更高。

试题的难度不仅影响着试题的区分度,影响考生成绩的相对分布,还直

接决定着考生成绩的绝对值，决定全体考生平均分数的高低。

3.2 常见组卷算法

常见的组卷算法归纳起来，主要有随机函数法和回溯法，以及基于遗传的组卷算法。目前国内的考试系统组卷模块所采用的方法多为随机函数法和回溯法^[25]。

3.2.1 基于随机策略的组卷算法

基于随机策略的组卷算法，其核心是利用计算机提供的随机函数或随机量，根据组卷状态空间的控制指标，不断抽取符合控制指标的试题放入试卷中，直到组卷成功，或再也无法从题库中抽取满足控制指标的试题为止^[26]。

3.2.1.1 普通随机函数组卷法及其存在的弊端

对于随机选题，目前通常选用随机函数法来实现。使用随机函数可以得到指定范围内的一个随机数，然后按照该数到题库中取题。然而，在采用这种方法的时候，可能会面临以下三个问题。

其一，组卷时，系统为用户最终选出的试题应该是无重复的，即随机数应该是无重复的，所以，在选题的过程中必须对所有已使用过的随机数加以记录，并且在每产生一个新的随机数时与它们进行比较，舍去所有重复的随机数。当所选试题数增大时，尝试次数就会急剧增加。

其二，在产生了一个不重复的随机数之后，就要以该随机数为题号到库中去取题，但是库中是否真的存在以该随机数为题号的题目呢？如果不存在的话，就要放弃这个随机数，而重新取一个随机数。假如仍然找不到新随机数所对应的题目，则必须再调用随机函数。如此往复，尝试的次数是无法预料的，而且每次尝试都必须通过访问数据库来确定是否成功，反复调用随机函数的时间、进行比较的时间以及多次访问数据库的时间等累加起来，使得程序的效率大为降低。

其三，在这种组卷模块中，为了能搜索出符合组卷条件的试题，往往还需要大量的高价值信息，如区分度、难度。高价值信息是指不能从试题直接得到，需要专家知识或专业人员归纳整理得到的信息。这样的信息是

必需的，但大量的高价值信息大大增加了系统开支，同时系统也难以从全局优化角度组织试卷。在这种策略下，组卷算法需要协调若干控制指标，但这些控制指标之间是相互限制的，甚至可能造成在当前组卷要求下，不能形成满足要求的试卷。

利用随机函数抽题，组卷结构简单，对于单道题的抽取运行速度较快，但是这种方法的效率不高，最主要的问题是要求试题库不但试题量大，而且要分布良好。随机组卷算法通常需要搜索一段较长的时间，这对于网络考试是不可忍受的^[27,28,29]。

3.2.1.2 改进的随机组卷算法

在实践中发现，按照随机产生的序列来确定题目序列是问题的关键，但如何高效地产生有效序列呢？“冒泡排序”算法给了我们一些启示。该算法的主要思想是经过有限次相邻元素的“两两交换”，使无序序列转变为有序序列，而我们需要的是将题库中原本按题号顺序排列的题目，即有序序列，转变为无序序列后输出。这可以看作是“冒泡”排序的逆过程。

以在题库中选取 N 道某类试题为例，首先定义一个动态数组 $Disorder$ ，元素类型为整型，用于存放各个题目的编号，在执行选题过程时， $Disorder$ 的大小为题库中试题的总数，将其设为 M ，将 $Disorder$ 中各元素的值依次初始化为 $1, 2, 3, \dots, M$ 形成一个有序序列，代表库中题目的原始顺序，然后调用随机函数产生 $1-M$ 之间的整数，假设第 i 次调用时产生一个随机整数 R ，就将 $Disorder(R)$ 与 $Disorder(i)$ 的值交换，以此类推，循环 M 次。这样可以保证 $Disorder$ 中的每个元素都被交换过，此时，各个元素的值所组成的序列可以看成是一个无序序列，系统只要按照 $Disorder$ 的前 N 个元素所对应的题号到库中把题目取出，并输出给用户即可。

我们把 $Disorder$ 称为“乱序数组” ($Disorder$ Array)，把生成乱序数组的子程序称为“乱序引擎” ($Disorder$ Engine)。通过以上分析可知，生成含有 N 个元素的无序序列只需要调用 M 次随机函数并进行 M 次数据交换即可，其效率是非常高的。而且同时可以产生人为可控制重复试题数量的多套试卷。

从表面上看，乱序数组似乎是占用了较多的存储空间，但是计算一下：一个数组元素存放一个代表题号的整数，占用 2 个字节，那么 1000 道题大约占用 2K，当有 10000 道题时也仅仅需要 20K 左右的存储空间，这对于

硬件技术高度发达的今天来说是可以接受的。更重要的是，通过牺牲有限的存储空间就可以换来高效的程序，这还是值得的。这种方法尤其适合于要求选出的题数与库中题目总数非常接近的情况，可避免因为一些恶意的要求而造成系统崩溃。

采用乱序引擎方式进行随机选题，对题库数据维护提出了新的要求。题目的添加、删除和更新等维护工作都可能引起“断号”现象，也就是试题的题号不连续。如果出现这种情况，就会发生所选题号题库中不存在，这将造成程序效率的降低。为了克服这一缺陷，在系统实现中需要进行题库维护的程序设计，其中题库中最大题号(设为 Max)的更新是使系统能够自动保持题号的顺序性与连续性的关键。如果被删除题目的题号(设为 M，如果是最大值，那么可以直接删除该题;如果不是最大值，可以先记住该题号(M)，然后删除该题，再将原题号为最大值为 Max 的题目的题号改为该题号 (M)，然后 Max 减 1。在追加新题时只要将新题的题号置为原题号最大值加 1，然后 Max 加 1 即可。

然而这种改进的随机组卷算法没有考虑组卷对考察点、难度系数等约束条件的满足，因而组出的试卷很难满足用户的要求。当然我们可以在执行选题过程时，只抽取考察点符合要求的试题组成 Disorder 数组，Disorder 数组的大小为符合要求的试题总数，将其设为 $N(N < M)$ ，然后方法同上，不过这种方法仍不能满足对试卷难度系数的要求。

3.2.2 回溯组卷算法

回溯法有“通用的解题法”之称。它可以系统地搜索一个问题的所有解或任一解。回溯法是一个既带有系统性又带有跳跃性的搜索算法。它在包含问题的所有解的解空间树中，按照深度优先的策略，从根节点出发搜索解空间树。算法搜索至解空间树的任一节点时，总是先判断该节点是否肯定不包含问题的解，如果肯定不包含，则跳过对以该节点为根的子树的系统搜索，逐层向其祖先节点回溯;否则，进入该子树，继续按深度优先的策略进行搜索。回溯法在用来求问题的所有解时，要回溯到根，且根节点的所有子树都已被搜索遍才结束。回溯法在求问题的任意解时，只要搜索到问题的一个解就可结束。这种以深度优先的方式系统地搜索问题的解的算法称为回溯法，它适合于解一些组合数较大的问题^[30]。

回溯方式是一种碰壁回头的方式。即在问题求解过程中允许先试一试某条规则，如果以后发现这条规则不合适，则允许退回去，再另选一条规则来试。使用回溯策略需要解决两个主要问题：一是如何确定回溯条件，二是如何减少回溯次数。

下面以回溯法抽取单选题为例，给出伪语言描述^[30]：

表 3-1 回溯组卷算法

```
.....  
/*以回溯法抽取单选题*/  
n=单选题题型所抽取的题目数;  
select 单选题 from 单选题题库  
把得到的结果按随机顺序存放在一个临时表 temp_table 中;  
建立一个临时表 casual_Table 用于存放正在抽取的单选题;  
k=1;/*当前正在抽取第 k 道题*/  
do {  
    j=1;/*第 k 道单选题将从临时表 casual_table 的第 j 题抽取*/  
    while (j<=n){/*未取遍题库中所有单选题*/  
        从临时表 temp_table 中取出第 j 道题目;  
        if (该题目满足全部约束条件 R){  
            将该题目加入到临时表 casual_Table;  
            if (k<n) k=k+1;/*深度优先*/  
            break;  
        }  
        else j=j+1;  
    }  
    if (j>n){/*已取遍题库中的所有单选题,回溯*/  
        删除临时表 casual_Table 中的第 k-1 道题准备重新抽取;  
        k=k-1;  
    }  
    if (k == n) break;/*已经找到一个解,结束整个组卷过程*/  
}while k>0;/*未回溯至根*/  
if (临时表 casual_Table 中的题目数不等于 n){报告组卷失败}  
else 将临时表 casual_Table 中的题目的题号加到试卷库中;  
删除临时表 casual_table 中的所有数据;  
.....
```

回溯法是属于有条件的深度优先算法,对于约束集 R 维数小的组卷模型即组卷指标简单的试卷而言,组卷成功率较高。但是在实际到一个应用时发现这种算法对内存的占用量很大,程序结构相对比较复杂,而且选取试题缺乏随机性,组卷时间长。

分析上述两种算法的优缺点,不难发现,在限制条件状态空间的控制下,随机选取法有时能够抽取出一组令用户满意的试题,不过由于它随机选取试题的范围太大,无法确定目前条件下哪些区域能够抽取合适的试题,反而可能在那些已经证明是无法抽取合适试题的区域内反复选题,进行大量的无效操作进入死循环,最终导致组卷失败。回溯试探法组卷成功率高,但它是牺牲大量的时间为代价的。因此,必须结合以上两种方法寻找一种新的改进算法。

3.3 组卷模型的建立

3.3.1 问题的提出

从动态题库中每选一道题,都要根据某些约束条件对其进行筛选,这些条件包括对题型、内容、难度、知识点等的约束,如果把每一项看作是局部约束,那么试卷最终要达到各项指标间的平衡,构成了整卷的全局约束条件。从这个意义上讲,可以把计算机智能组卷描述成一个约束满足问题,自动组卷就是在局部约束与全局约束协调一致的前提下对每个试题是否可以选进行判断^[22]。这个问题可以表示成一个五元组 $\langle V, L, S, R, C \rangle$, 其中:

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 是一个有限变量集,它们对应着每道试题的属性变量。(如适用年级,适用科目、题目内容、难度、知识点等,详见 2.4.2 节的内容);

$L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$, 是一个有限数字集,它们对应着每种属性变量的取值范围;

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$, 是一个有限规则集,它们对应着各试题属性变量的取值之间的约束关系;

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, 是一个有限规则集,它们对应着用户需求的约束关系;

$C=\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, 是一个试题序列, 它们对应着从动态试题库中选择出来的满足约束的试题。

组卷系统要做的是从试题库中随机选出一组试题 C , 使得它们所有的属性变量 V 在 L 的取值范围内都满足 S 与 R 的约束, 是一个多重约束目标的问题求解, 且目标状态不是惟一的。经验指出, 指标过多会对增加组卷问题难度, 降低效率。

3.3.2 试题难度和区分度分析

在智能组卷模块中试题难度分布设计的是否合理, 是影响生成试卷质量的重要因素之一。因此, 确定考题的难度系数和试卷的难度分布, 以此作为组卷的框架, 使整张试卷的难度分布满足设计要求, 是组成一份既满足考试要求又符合用户要求的考卷的重要条件之一。

根据经典测试理论, 题目的难度是指题目的难易程度, 是被试总体在该题平均得分率, 即:

得分率(d)=(平均分/该题满分),

难度 P =失分率=1-得分率=1-(平均分/该题满分)。

可以看出得分率越高的试题难度越低。我们把难度级别分四级:容易题(得分率 0.8-1)、中等题(得分率 0.6-0.8)、较难题(得分率 0.3-0.6)、难题(得分率 < 0.3)。

衡量试题难易程度的指标一般来说, 客观性试题用答对率表示, 主观题用得分率表示, 难度 P 在 0 到 1 之间, P 值越大试题越容易; P 值越小试题越难。

试卷的难度作为试卷的特征指标, 它反映的是组成试卷的题目的总体平均难度水平。试卷的难度值可以通过对组成它的所有题目的难度进行加权平均的计算方法获得。试卷的平均难度(ND):

$$ND = \frac{\sum_{i=1}^m p_i d_i}{\sum_{i=1}^m p_i} \quad (i=0,1,\dots,m) \quad (3-3)$$

其中 m 是试卷所含的题目数, p_i 、 d_i 分别是第 i 道题的难度和分数。组卷时用户可以指定所抽取试卷的平均难度(为某一确定值)。

试题区分度的计算采用两端分析法: $D=(R_h - R_L)/n$, 其中 R_h 为高分组(前 27%的被试者)合格人数, 凡为低分组(后 27%的被试者)合格人数^[32]。通过对难度约束和区分度约束进行分析, 可以预测试卷的整体难度和区分度。

教育测量学家认为:如果考试的目的是要在全体考生间进行最充分的比较, 要求分数能够最大程度地区分考生, 则此时考试的平均难度应控制在 0.5 左右较为适宜。若要达到这一难度要求, 试卷中的试题难度最好分布在[0.3, 0.7]范围之间, 超出此范围的试题都要谨慎选用, 全卷平均难度为 0.5 时能最好地发挥考试的甄选作用。一般认为区分度在[0.3, 1]为较好的题, [0.15,0.3]可修改后使用, [0, 0.15]者应予以废弃。计算机组卷时将优先选用区分度高的题目, 整个试卷中区分度高的题目越多, 试卷的信度越高。从而针对不同的测试目的, 适当的提高或降低难度和认知度达到预期的目的^[32]。

3.3.3 试卷难度控制量的数学模型

在各种组卷方案中, 各类题型的试题量和各章的试题量都可以很容易地设定, 但是试卷的难度控制量即试卷平均难度如何设定呢? 如上节所述, 试卷平均难度与各试题的难度以及每级难度的试题量之间存在一定的关系。由于随机抽取的试题出现的概率都不依赖于其他抽题的结果, 对于每道试题而言只有两种可能, 即被抽出或不被抽出, 并具有随机性。因此, 随机抽题事件符合离散型随机变量的二项分布函数 $B(n,p)$ ^[31],

$$p_n(k) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k} \quad (3-4)$$

其中 $k=0, 1, 2, \dots, n$, n 为正整数, $p>0, q>0, p+q=1$;

上式可写成:

$$p_n(k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad (3-5)$$

二项分布的均值为:

$$Q = n \times p \quad (3-6)$$

在此模型中, k 表示难度级别, P^k 表示难度级别为 k 的概率(即难度级别为 k 的题目在总题数中所占的比例), Q 表示试卷的平均难度级别。对于

n, p 固定的二项分布 $B(n, p)$, 当 n 单调增加时, 概率 $P\{x=k\}$ 先是单调增加至最大值, 然后单调减少, 两头的概率很小可以忽略。这种特性正好符合我们对试卷难度分布的大致期望, 即: “中间大, 两头小”。

在实际的应用中, 如果设定难度级别为四级, 就取 $n=5$ 共 4 级难度。由式(3-6)求出 P , 将 n, p, k 代入式(3-5), 即可求出每级难度的试题在试卷总题数中所占的比例 $P(k)$, 再将 $P(k)$ 乘以总题数即可得到每级难度应该抽取的试题数。

采用二项分布函数, 既能使试题平均难度系数接近理想值, 又能使试题不过于集中在个别难度系数上, 这在很大程度上避免了缺题现象的出现。

在衡量组卷质量好坏的指标中, 只有难度系数可以通过以往的考试定量地获得, 而试卷的区分度、信度和效度只有在考试后才有可能获得。一样的试卷对于不同的考试群体来说是不确定的, 所以, 用后几个指标来判断也是不现实的。本系统考虑了这方面的因素, 只以难度为整个试卷的核心指标进行选题。

3.3.4 组卷模块设计方案

现有的试题库系统, 基本上都采用计算机自动组卷和人工组卷两种模块设计方案^[33], 其中计算机自动组卷是由授权用户输入试题的科目、类型等参数, 系统根据这些参数随机抽取相应的试题组织成卷。这种方案在后半段完全由计算机自动控制, 用户无法对组卷后试题进行修改, 所以一般只用于学生进行自测。人工组卷方案在参数输入部分与计算机自动组卷是一样的, 但试题的读取是采用系统先显示符合条件的试题, 再由授权用户选择合适的试题组织成卷。这种方案需要用户在大量符合条件的试题中进行筛选, 过程繁琐。

结合了以上两种组卷模块设计方案, 本课题提出由人工提供组卷参数, 交由计算机控制进行智能提取, 其组卷结果允许人工调整, 即自动组卷和人工组卷相结合的设计方案。该模块提供参数输入界面让授权用户输入相关限制条件参数(科目、类型、知识点范围、难度系数、题型数量等), 系统根据这些参数从各类型的试题表中随机调出符合条件的试题保存到试卷表里, 并将保存后的结果以试卷初稿的形式显示。在试题列表里, 每道小题均可以供用户更换试题, 用户可以根据实际需要更换多道试题, 并将更

换后的试题覆盖以前的试题，保存到原有的试卷表里。最后，系统将调用试卷表内组织好的试卷内容，以试卷预览的方式显示。保存好试卷表后，提供灵活的模块方式导出试卷。该方案既发挥了计算机自动组卷速度快、智能化的优点，也允许用户根据需要对试题进行调整与配置，增加了组卷的灵活性与能动性，提高了试卷质量。

3.4 组卷方案的设计与实现

3.4.1 方案设计

对各种算法进行比较后，系统结合用户的实际需求以及工作的特点，采用了一种优化的随机组卷算法，描述如下：

(1)根据用户输入的信息如考试范围、满分值等，初始化试卷的基本信息。本系统根据试题的使用次数、难度等级、章节分布、知识点分布、试题类型等参数进行组卷。

(2)根据用户输入的抽题信息进行优选，从题库中选取满足条件的全部试题，取得非空试题集合 Q 。 Q 必须满足抽题信息中的条件：试题类型、难度、知识点范围、使用次数等约束条件。

(3)使用随机函数或手工操作从非空试题集合 Q 中选中一道试题 k 。

(4)把 k 与本试卷中已抽中的其他试题进行控制条件的比较:知识点比较(保证在一份试卷中每个知识点互异)。若两者知识点不互异，则回到(3)，从 Q 中再次选题，并重复本次操作。

(5)否则，说明两者知识点互异，则把试题 k 加入到试卷中。对选入试卷的试题，在试题库中需加一个此题已用的标志。保证此试题下次不会被选中。

(6)判断是否满足结束条件:组卷要求是否都满足，或组卷策略的要求是否满足用户需要。如不满足，则返到(2)重新搜索试题集合;否则执行(7)。

(7)最后对生成的试卷中每道试题进行赋分处理，统计总分数和满足各类条件试题的分布，组卷结束。

如图 3-1 所示：

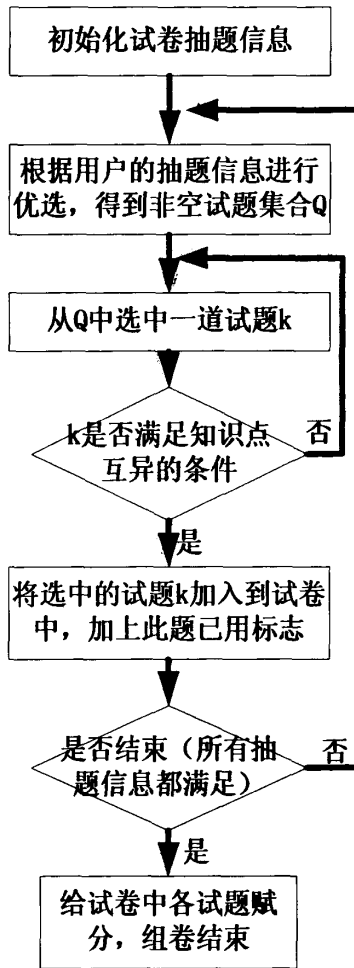


图 3-1 组卷方案

下面以伪语言描述通过 SQL 语言存储过程的实现过程:

表 3-2 用伪语言描述组卷算法

```

.....
传入知识点范围信息变量@KnowfidStr
传入抽题信息变量@ChooseQuestionStr

分拆抽题信息以便依次处理
建立临时抽题表#Result

SET @Count=抽题信息总数
SET @i=1 //循环变量@i 赋初值

While @i<=@Count//循环，处理每一条抽题信息
BEGIN
    取出第@i 条抽题信息，取出信息，包括：题型@Type,低难度题目数量@Num1,中
    难度题目数量@Num2,高难度题目数量@Num3,赋分@Score;
    随机取出@Num1 道在知识点范围@KnowfidStr 内而且不重复的类型为@Type 难度
    为低难度[0,0.4)的题目编号插入临时抽题表#Result 中；
    随机取出@Num2 道在知识点范围@KnowfidStr 内而且不重复的类型为@Type 难度
    为中等难[0.4,0.6)的题目编号插入临时抽题表#Result 中；
    随机取出@Num3 道在知识点范围@KnowfidStr 内而且不重复的类型为@Type 难度
    为中等难[0.6,1.0]的题目编号插入临时抽题表#Result 中；

    Set @i=@i+1//下一条抽题信息
END
根据临时抽题表#Result 的题目编号，查出试题集合，并进行排序
显示抽题结果
.....

```

3.4.2 组卷方案的实现

试卷组卷完成后，生成了试卷，提交给用户。用户根据实际的试卷来判断是否满足自己的要求，可以进行手工调整，替换试题，直到得到一份

满意的试卷。

自动组卷实现有以下几个步骤，如图 3-2 所示：

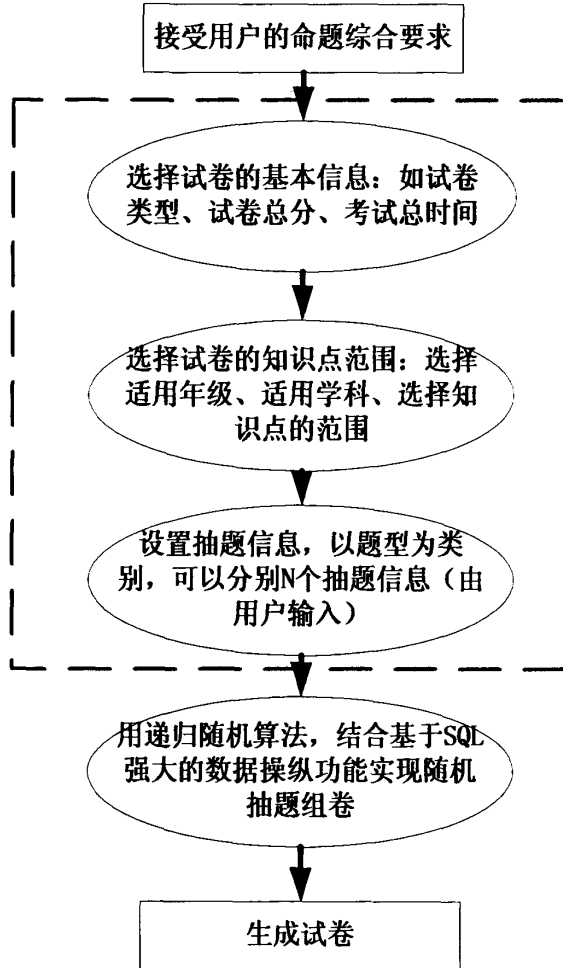


图 3-2 组卷步骤框图

1. 输入组卷的一些基本参数，如试卷的类型，试卷的总分，考试总时间等等，考虑到用户的实际需求，试卷的类型分为“考试试卷”、“课堂测试”、“课堂练习”等三种类型。用户在进行组卷的时候，必须选择适用的年级和适用的学科，以确定试卷的知识点范围。如图 3-3 所示：

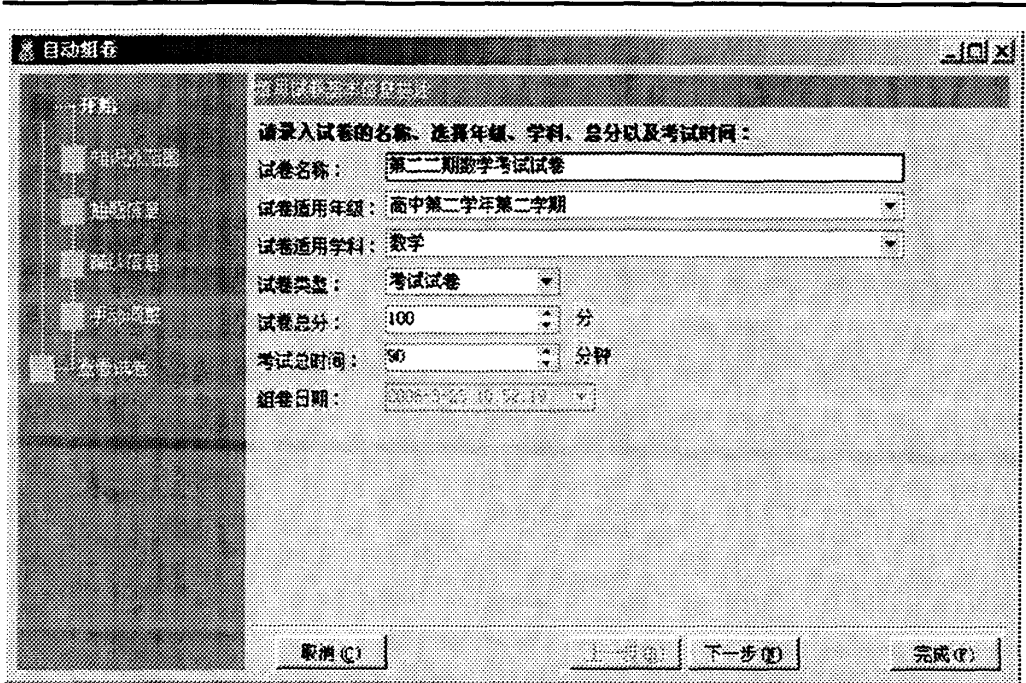


图 3-3 自动组卷基本信息

2. 选择知识点的范围，系统自动计算出相关的年级、学科的知识点类，用户可以选择试卷所要涵盖的知识点范围，每个知识都计算出考核该知识点的试题数。如图 3-4 所示，列出了初中第二学年第二学期数学科目的知识点结构库，该学期该科目的试题为 32 道，树状结构中叶子节点的文字即为知识点内容，后面的括号内的数字为考核该知识点的试题数：

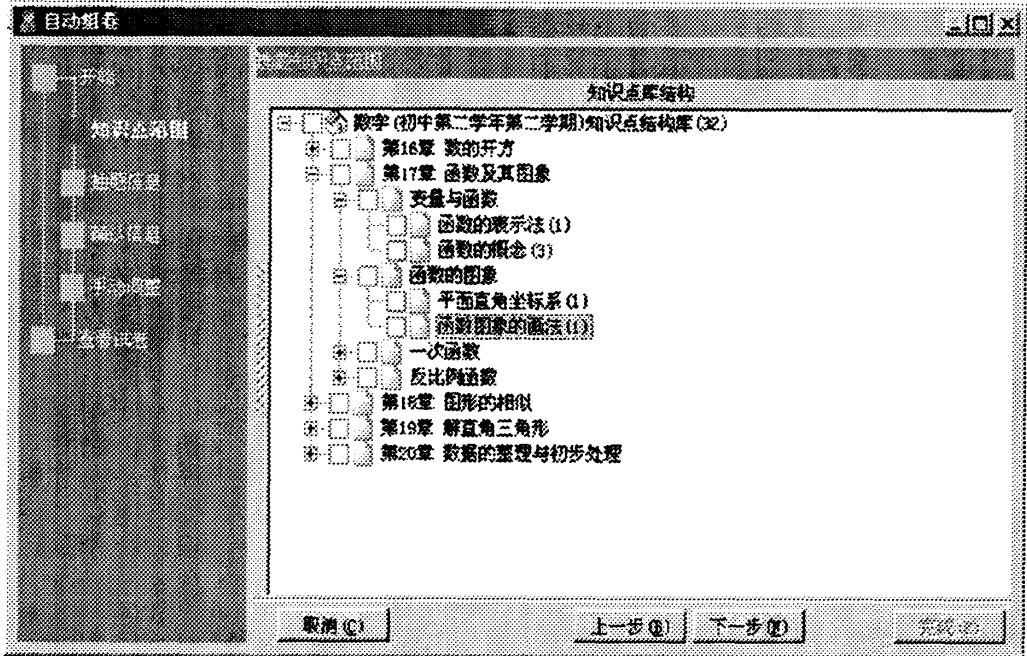


图 3-4 选择知识点范围

3. 设置抽题信息。可以设置无数条抽题条件以供组卷使用，用户可以添加、修改、删除抽题信息。抽题信息必须选择题型，系统自动计算出选定知识点范围内该题型的三种不同难度的题目总量，用户输入的抽题信息包括：题目类型；低难度题量；中难度题量；高难度题量；赋分等参数用户输入的抽题信息将形成抽题信息矩阵以供自动组卷程序使用；如图 3-5 所示。

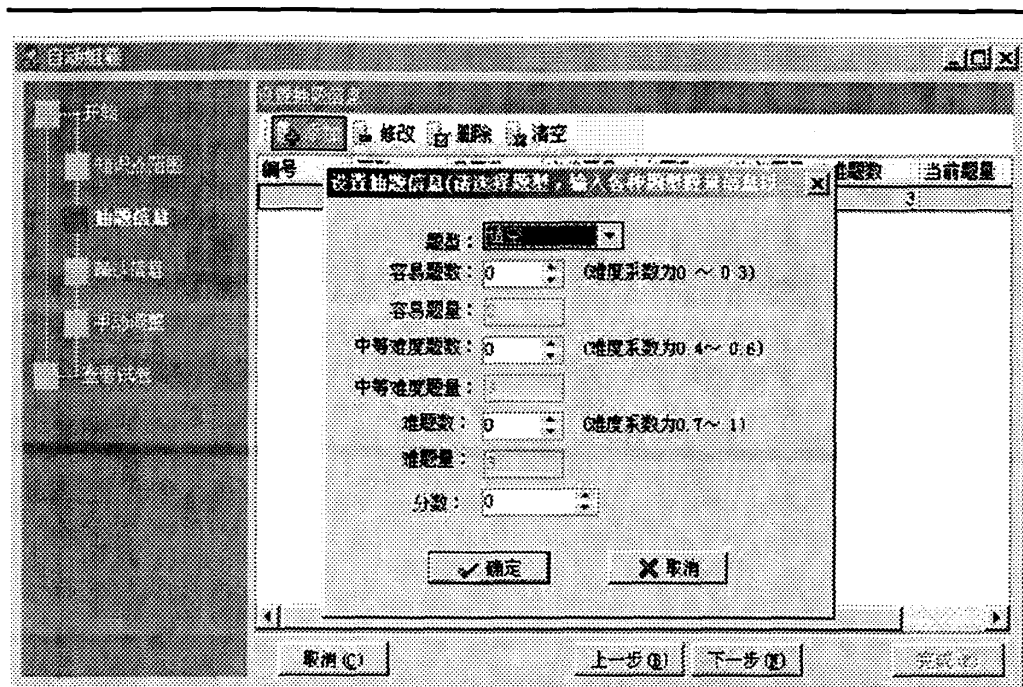


图 3-5 设置抽题信息

4. 确认抽题信息之后，系统自动进行抽题。采用递归随机算法，结合 Sql 强大的数据操纵功能快速取得试题，列出抽题试题列结果。如图 3-6 所示。用户可以进行手动调整，可以手工选择试题加入到试卷中，也可以编辑试题的分数、考试时间等，还可以替换试题。

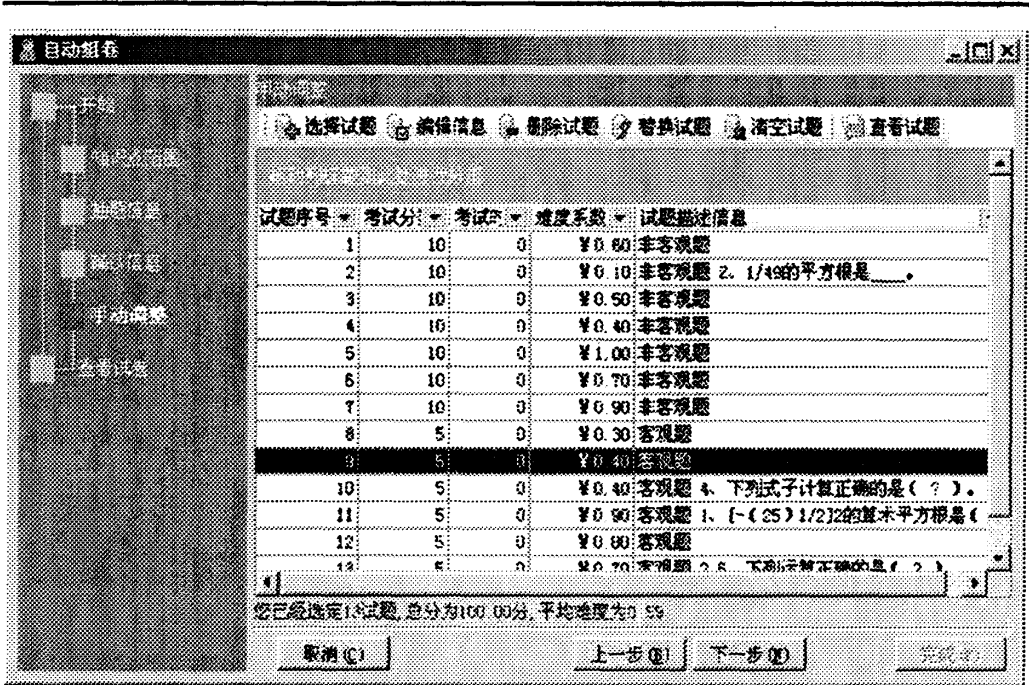


图 3-6 组卷结果

替换试题如下图所示 3-7 所示，选中要替换的试题，然后点击工具栏“替换试题”按钮，就可以根据查询该试题同知识点的其它试题，用户可以进行选择适当的试题进行替换。

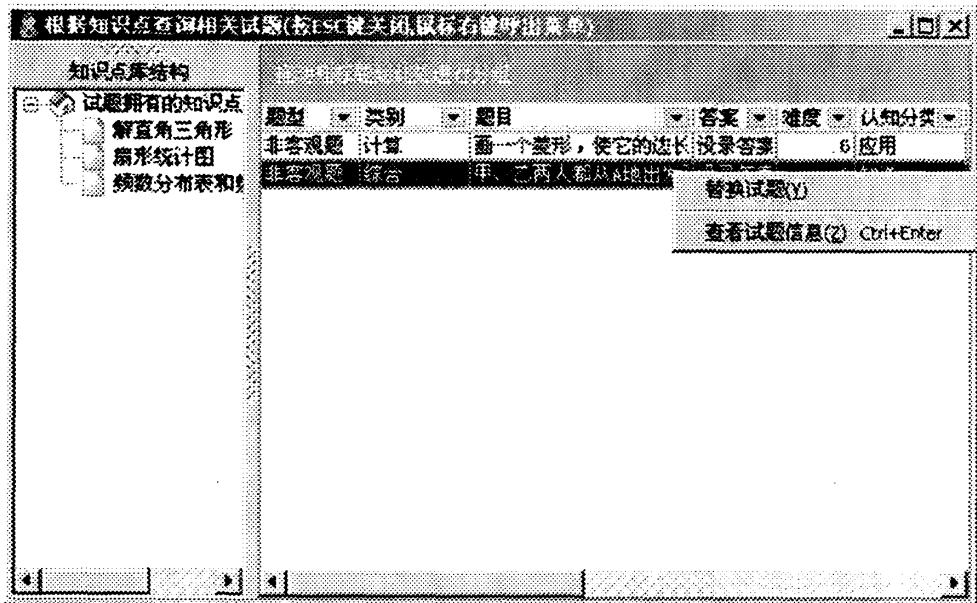


图 3-7 替换试题

5. 组卷结束后，用户可以查看试卷的结果。用户可以将试卷存在试卷

库中，再以多种方式进行考试，或进行在线测试。

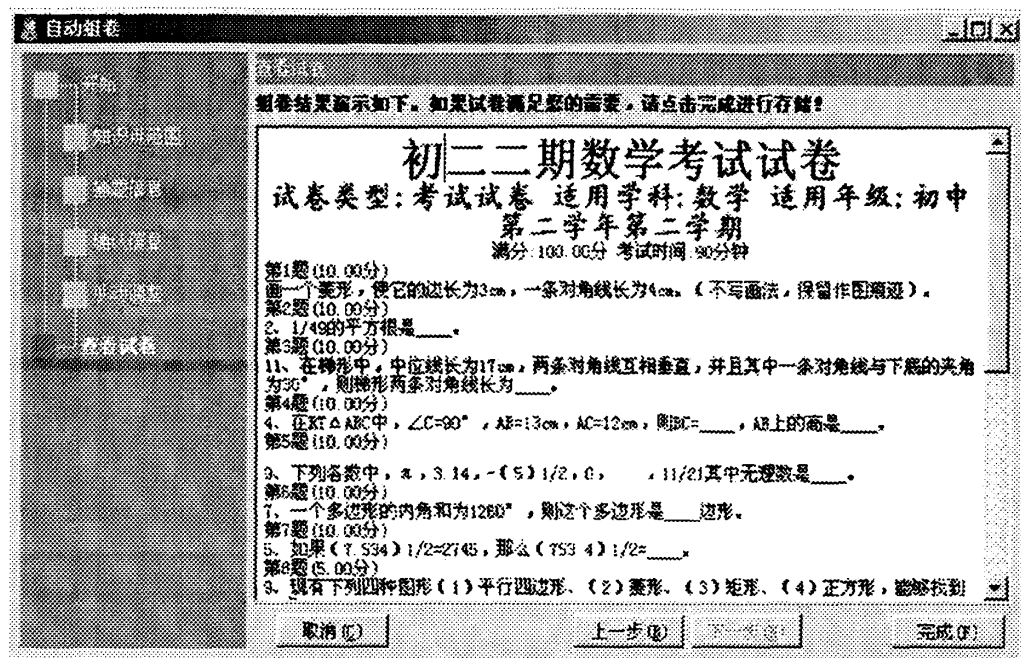


图 3-8 试卷预览

3.5 本章小结

本章介绍了衡量试卷、试题质量的一些主要指标，并讨论了一些常用的组卷算法，如基于随机策略的组卷算法，回溯组卷算法等，并针对通用自适应试题库系统的组卷模型进行了讨论，针对组卷模型的问题，进行了难度和区分度的分析，并提出难度控制量的数学模型，设计了组卷的模块设计方案，并对自动组卷模块的详细步骤进行了介绍，提出了解决方案并加以实现。

第4章 题库建设的实现技术

通用试题库的系统必须具备可以使用各种学科、各种题型、各种类型的题目内容（如文本、图片、公式等）的要求，系统必须具备一种开放式的命题系统。

4.1 通用的命题系统研究

4.1.1 命题者要完成的工作

命题者在命题系统中要完成以下工作：

(1) 试题内容和答案的录入、编辑、查询

由于各学科都有各自特殊的符号、公式、图形、图像，试题中也就可能包含各种特殊符号、公式、图形、图像，因此系统要具备特殊符号、公式、图形、图像的处理能力。这种处理能力必须是通用的、开放的，而不能是自我封闭的。试题与试题之间必须是相通的，所有试题的文字、符号、公式、图形、图像必须有机的融合在一起。只有这样，试题内容和答案的录入、编辑、查询才能够为普通教师所接受。

(2) 试题参数灵活设置并按需进行组卷

根据教育测量学的理论，试题具有多项参数。一般情况下，普通教师没有能力和精力将这些参数设置完整。在题量不足的情况下，过多的参数限制往往使组卷失去随机性，甚至不能完成组卷任务。针对普通教师的题库系统，必须精心选择试题参数，标注方法要尽可能简便，从而方便组卷工作。

(3) 命题系统的知识点

命题系统中命题的知识点范围由系统决定，开发者应充分考虑到教学的需要，以及教学大纲的要求。同时将及时更新版本，提高命题题型的范围、知识点的范围。

(4) 友好的人机操作界面，使用户易学易用

题库系统必须有友好的人机操作界面。例如，使用大多数人都习惯使用的向导式界面，只需要简单的操作就可以完成复杂的功能，遵循界面开

发的标准，向有着优秀界面的软件学习。如 Microsoft 的 Office 软件，其界面非常直观，很多人几乎未经培训的用户就可以比较熟练地使用 Microsoft Office^[11]。

(5) 使用方便，可以脱离系统自由编辑

普通教师可以在脱离网络，脱离题库系统的情况下进行命题工作，命题结束之后，经过审核再把试题导入题库。

4.1.2 相关研究的现状

有的研究者提出采用微软公司 Office 套件里面的 Word 软件作为题库系统的平台，把 Microsoft Word 文档作为题库、卷库、试卷的载体。题库、卷库、试卷的编辑均在 Microsoft Word 中进行，做到图文并茂。这样，试题指标简洁、组卷方便，受到普通教师的欢迎^[34]。

但是这种方式的缺点就在于 Microsoft Word 文档的特点，题目试卷都是一个一个的文件，不适用于网络环境，不便于再利用，不便于组建标准化的题库。

4.2 应用程序与 WORD 的融合技术

前面的章节中已经指出题库建设的步骤，其中，命题者采集试题，输入试题的各个指标，同时还要进行题目入库存储工作。而一般题库的规模都比较大，少则几千道题，多则上万道题，这就要求我们使用紧凑、安全、高效的题目存储方式，并且要设计一个方便灵活的题目输入界面，以便方便的把试题存储到数据库中。

考虑到实际需要，题库系统采用应用程序与 WORD 的融合技术来实现通用的命题系统，实现了题库的建设，具有通用性、灵活性的特点。

在 Word 软件来制作试题，在处理文字和图形试题时很方便。例如利用公式编辑器实现公式及特殊符号的生成，字体的选择，图形图片图像的插入，试卷的排版等等。更重要的是 Word 软件对于大多数用户来说不需要重新再学习，易于软件的使用。

4.2.1 相关的技术介绍^[35]

4.2.1.1 VBA 技术

Microsoft Word 是一个集成化环境，是美国微软公司的字处理系统，

但是它不仅仅是一个字处理系统，它集成了 Microsoft Visual Basic，可以通过编程来实现对 Word 功能的扩展。

Microsoft Visual Basic 在 Word 中一种应用即 Word 的宏，通过编写 Word 宏，可实现一些文档处理的自动化，如实现文档的自动备份、存盘等，可扩展 Word 文档的功能，因此，能够充分利用 Word 的特性，甚至使 Word 成为自己软件的一部分。

Word 的宏既有有利的一部分，因为它能够帮助我们实现文档的自动化，同时它可能危害我们的文档、计算机系统甚至网络，有些病毒就是利用“宏”进行开发，称为“宏病毒”，如 Taiwan No1 宏病毒到后来的 Melissa 宏病毒等。

此外，应用程序可以通过调用 VBA 对 WORD 软件的所有功能进行调用，完成大多数的操作，可以在应用程序中很方便地访问 Word 文档里面所有的内容，如段落，文档，表格，单元格等，然后再进行相应的处理。

4.2.1.2 COM Addins for Word

在 Office 2000 以上版中提供了基于 COM 的插件开发框架，这使得我们可以利用编程工具如 Delphi、Visual Basic 等来扩展 Office 的功能。利用这个 Com 框架，可以开发出 Word 的 Com 插件(Com Addins for Word)。

一个 Office2000 下的内部 COM 插件必须实现一个 _IDTExtensibility2 派发接口（又可以称之为自动化对象），_IDTExtensibility2 派发接口被定义在 MSAddin Designer 类型库(MSADDNDR.dll/MSADDNDR.tlb)中。_IDTExtensibility2 接口中必须实现下面五个接口函数(一般只需编写 OnConnection 和 OnDisconnection 的代码)，分别如下^[36]：

1. OnConnection: 当应用程序连接到插件时会调用这个函数。插件在函数中接收下列初始化信息——应用程序对象模型进入点的指针，连接模式(是手工加入还是通过命令行载入)，应用程序的对象模型指针和用户自定义的信息。
2. OnDisconnection: 当应用程序断开插件时被调用，插件应该在这里清除先前分配的资源，删除它添加到应用程序的界面元素。
3. OnAddinsUpdate: 当注册的插件列表被改变后会被调用。如果我们的插件不依赖于其他插件，这个函数可以为空。

4. OnStartupComplete: 这个函数是当应用程序自动启动插件时被调用的。调用时,其他的插件都已经被加载到了内存,这时可以同其他插件进行通信。这个函数还适合添加用户界面元素,如在 WORD 软件中开发一些自己的窗口元素,如按钮,菜单,工具栏等,可以来完成特定的功能。

5. OnBeginShutdown: 当应用程序准备关闭并将要断开插件时会被调用,这时插件应该停止接收用户输入。

应用程序可以按照这个规范来编写 Com Addins,以便于将自己的功能集成进行 Word 中,达到应用程序与 WORD 融合的效果。

如图 4-1 所示,便是本题库系统实现的试题采集工具栏。

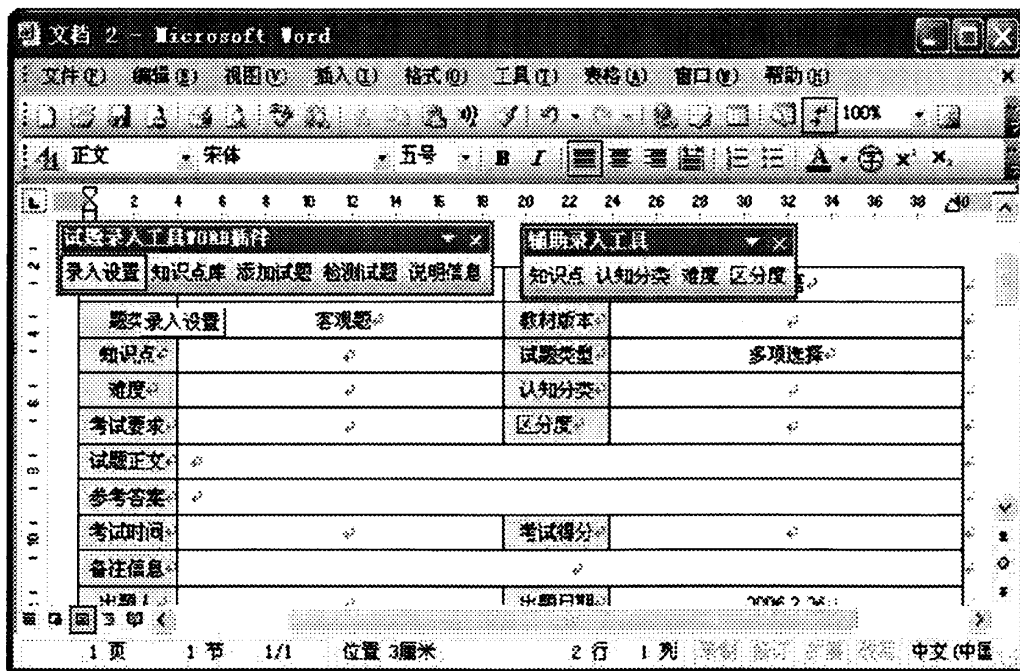


图 4-1 试题采集工具 Word 插件

4.2.1.3 OLE 技术

对象链接和嵌入(Object Linking and Embedding,简称 OLE)是一组服务功能,它提供了一种用来把源于不同应用程序的信息创建成复合文档的强有力方法。通过把图像、图形、表格、声音、注解,文件和其他表示手段描述成对象,用它能在不同软件厂家提供的应用程序中更为容易地交换合成和处理数据,它使应用程序的集成更为容易。OLE 支持直观编辑,用户

不需切换到不同窗口就能在文档中直接对对象进行操作,改进了操作环境,用户不用再关注应用程序和操作环境,只需关注于使用对象技术的数据和文件,便能完成全部上作。OLE 已成为操作系统功能上的一大标准,各大软件厂商纷纷在开发工具中支持 OLE 规范。

编程语言如 Delphi、Visual Basic 等,一般都提供访问 OLE 的方法,使实现 OLE 自动化变得比较简单。而 Microsoft Office 应用程序提供了自动化的支持,因此,在应用程序的开发中调用对象方法就可以调用 OLE 自动化服务器。

4.2.1.4 RichView 控件

RichView 是一套 Delphi 组件,用于显示、编辑和打印超文本文档。超文本可以包括字符样式、表格、图像等等内容,可以很方便地将里面的内容导出为图像、HTML 文档、RTF 文档等^[37]。

在本系统中应用 RichView 以实现将试题文件的试题正文和答案转换成图像的功能。

4.2.1.5 系统剪贴板

利用 OLE 技术,以系统剪贴板为桥梁取出 Word 文档的段落内容,经过处理可以直接存入,这样实现了试题内容的存储。

实现方法如下:以系统剪贴板为桥梁,利用 OLE 技术将试题内容复制出来,应用程序粘贴内容到 RichView 或直接取出内容,这样可以将图片、文本、公式等题目内容保存为一个图片,以方便网上呈现试题,将试题内容存入数据库。

4.3 在题库建设部分的应用

4.3.1 题库建设 Word 插件

为了解决一般题库系统在采集试题所体现出来的缺陷,我们对通用的命题系统进行了研究,采用了 COM 技术开发了 COM Addins for Word 插件,从而可以在 WORD 软件中进行试题的采集工作。

安装 Word 插件之后,界面如图 4-1 所示,采用这个工具可以方便编辑试题批量录入文件。所谓批量录入指将利用字处理软件将大量的试题处

理成一定格式的文档，在后期的处理中，程序处理此格式的文档，一次性将所有试题录入题库中。

有关于该部分功能的使用方法以及详细界面，请参看第 6 章。

4.3.2 试题采集功能的实现

通过“题库建设 Word 插件”，用户可以将试题信息变成一个个的表格，并以 Word 文件的方式存储。题库建设人员拿到试题表格文件和知识点表格文件之后，通过系统将试题的内容汇入题库。

系统采用 VBA、OLE 技术将 Word 相关的文本内容导入试题库，同时将试题题干、试题答案等可能含有非文本内容的信息转换为图片也存入试题库，方便进行网上测评。

4.3.2.1 准备知识点库和试题文件

在进行试题入库之前，首先必须准备好已经输入的知识点库文件和试题文件，由于采用 Word 进行采集，题库建设人员可以很方便地把电子版的试题直接复制过来就可以快速完成文件的准备工作。典型的知识点库文件例子和试题文件如下：

表 4-1 知识点文件例子

学科知识点结构表

请您输入适用年级，适用学科，以及输入姓名相关信息后，按级录入知识点。

适用年级	初中第二学年第二学期	适用学科	数学
输入者	周希	输入日期	2005-7-2
审订人	史卫宏	审订日期	2005-8-2
一级知识点	二级知识点	三级知识点	四级知识
第 16 章 数的开方			
	平方根立方根		
		平方根	
		立方根	
	二次根式		
		二次根式概念	
		二次根式乘除法	
		二次根式加减法	
	实数与数轴		
		无理数 有理数	
第 17 章 函数及其图象			
	变量与函数		
		函数的概念	
		函数的表示法	
	函数的图象		
		平面直角坐标系	
		函数图象的画法	
	一次函数		
		一次函数的概念	
		一次函数的图象	

.....

表 4-2 试题文件例子

试题文件			
初中第二学年第二学期数学苏教版测试题			
适用年级	初中第二学年第二学期	适用学科	数学
题类	客观题	教材版本	苏教版
知识点	解直角三角形	试题类型	单项选择
难度	0.9	认知分类	熟练应用
考试要求		区分度	0.5
试题正文	1、 $[-(25)^{1/2}]^2$ 的算术平方根是()。 A、25 B、5 C、 $(5)^{1/2}$ D、 ± 5		
参考答案	A		
考试时间		考试得分	
备注信息			
出题人	史卫宏	出题日期	2005-12-26
审订人		审订日期	2005-12-26
.....			
适用年级	初中第二学年第二学期	适用学科	数学
题类	客观题	教材版本	苏教版
知识点	扇形统计图	试题类型	单项选择
难度	0.4	认知分类	熟悉
考试要求		区分度	0.4
试题正文	2、菱形是轴对称图形，它的对称轴共有()。 A、二条 B、四条 C、六条 D、八条		
参考答案	C		
考试时间	1	考试得分	2
备注信息			
出题人	史卫宏	出题日期	2005-12-26
审订人		审订日期	2005-12-26

4.3.2.2 导入题库

题库建设人员准备好知识点库文件和试题文件后，可以利用系统将这些知识点库和试题批量导入。

导入知识点库和导入试题库的界面非常友好，采用向导式界面，用户只需要点击“上一步”、“下一步”等按钮即可完成所有操作。

如图 4-2 所示是系统的知识点库导入向导的界面，浏览了知识点库文件后，即建立树结构的知识点结构树，供用户审阅：

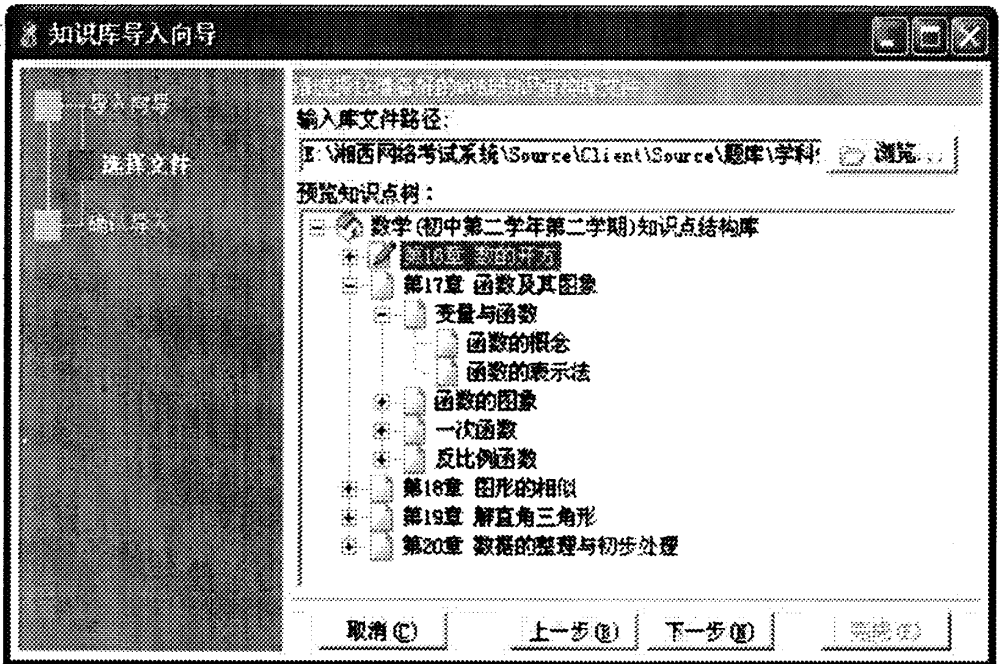


图 4-2 知识库导入向导

通过这些向导可以很方便地把知识点库的相关内容导入到题库中进行存储。

知识点库文件导入的算法如所示：

表 4-3 知识点库文件导入算法

```
初始化 WordAPP (OLE 自动化对象, 通过它可以访问控制 WORD, 控制 WORD 的功能), 连接 WORD 软件
打开选中的知识点库文件
取得第一个表格 M_Table
得出 M_Table 的行列数及其内容, 并判断是否符合知识点库文件的规则
BEGIN
    循环表格的行列, 依次取出 M_Table.Cell(行, 列).Range.Text 并存储入临时变量
END
将知识点库信息存储进入题库
断开与 WORD 软件的连接
```

试题文件的导入, 比知识点库文件稍显复杂, 这是由于试题的题目和答案可能含有非文本的内容如公式、图片等, 在进行导入的时候, 除了将这些内容转换为文本存储入试题库之后, 还需要将其转换为图像(为了节约空间, 一般转换为 JPEG 图像格式)存储入试题库, 以方便在进行网络测评时进行显示。例如在表 4-2 中, 第 1 个试题表格的里面的试题正文包括格式信息以及公式, 在存储的时候, 就必须将这些内容转换成图片进行存储。

试题库文件导入的算法如所示:

表 4-4 试题库文件导入算法

```
初始化 WordAPP (OLE 自动化对象, 通过它可以访问控制 WORD, 控制 WORD 的功能), 连接 WORD 程序
打开选中的试题库文件
取得试题表格总数 QItem_Count
针对每一个试题表格进行循环
BEGIN
    检查第 i 个试题表格, 判断里面的试题信息是否符合规则, 判断知识点库是否存在以及知识点信息是否有效
    对于有效试题表格, 利用 M_Table(i).Cell(行, 列).Range.Text 取出所有的试题属性
    将试题正文转换为图片
    将答案转换为图片
    存储第 i 道试题进入题库
END
断开与 Word 软件的连接
```

其中将试题表格部分单元格转换为图片的算法描述如下:

表 4-5 Word 单元格转换为图片算法

```
根据传入的参数 (行, 列) 选择单元格范围 MyRange
将选择的范围复制到剪贴板中, WordApp.Selection.Copy
把剪贴板内容粘贴到 RichView 中
调用 RichViewtoImage 将内容转储成点阵图像
将点阵图像转换成 JPEG 图像
返回 JPEG 图像
```

将试题存储入题库后的效果如图 4-3 所示:

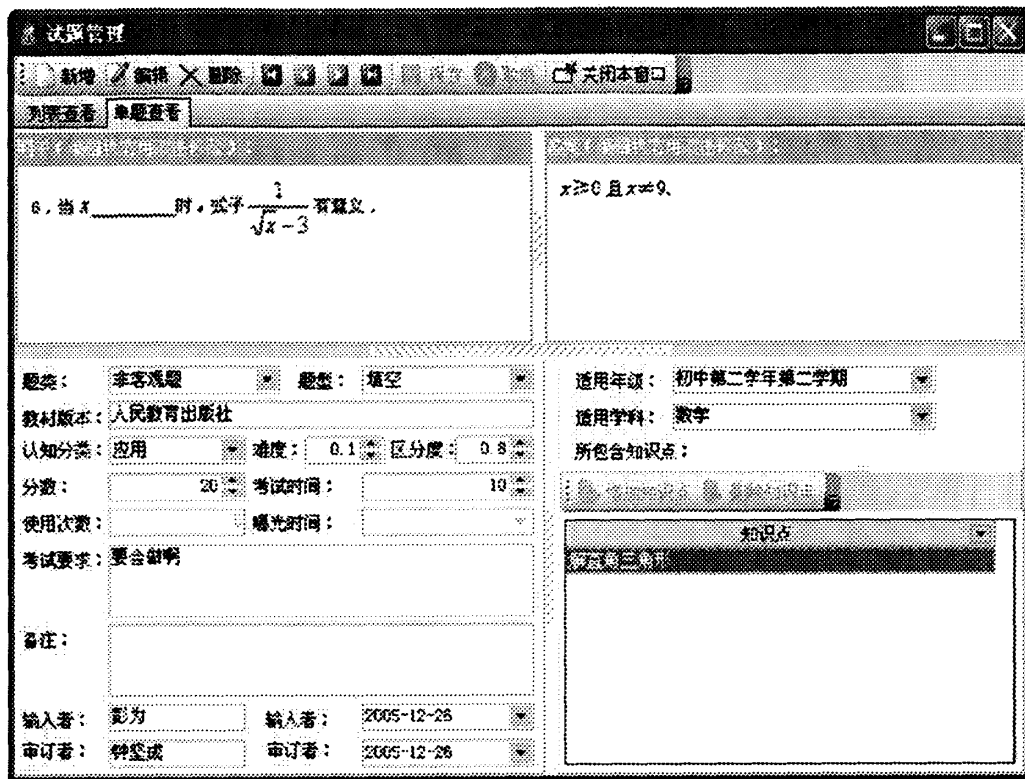


图 4-3 试题管理

4.4 在试卷导出部分的应用

为了解决试卷库灵活导出试卷的问题,我们对 WORD 的模板和试卷的格式进行了研究,对文件格式进行自定义,很好地实现了试卷的灵活导出。

导出试卷,从实现的角度来说,就是把试题库中关于试卷以及试题、知识点库的相关字段的内容读取出来再以一定的格式转存到文件中,如存到 WORD 文件中,供教师存档、考试等用途。

如果是“硬”编码的导出的话,会造成导出的格式是固定的,从而不能满足用户多样化的需求。如有的教师只需要导出题目,有的教师则要导出题目和答案,有的还要加上知识点,有的要加上大题的参数等。因此,研究一种灵活、方便、可自定义的导出算法就很有必要了。

4.4.1 试卷、试题的导出参数

经过分析,我们把试卷、试题有关的字段用参数来描述,定义如表 4-6

所示，表有三列，第一列表示各参数所属的类别。如“试卷”等，第二列是说明信息，第三列是相应的参数代码，以对应相应类别的相应参数信息。

之所以使用参数代码，是为了方便易于程序进行处理和用户记忆，可以理解为“模板”标记符。

表 4-6 试卷、试题的参数

类别	说明	参数代码
试 卷	以下内容是试卷的参数	[Paper]
	试卷名称	@PaperName
	试卷类型	@PaperType
	试卷适用学科	@PaperCourse
	试卷适用年级	@PaperGrade
	试卷满分	@PaperScore
	试卷考试时间	@PaperTime
大 题	以下内容为大题的参数	[Big]
	大题号	@BigNo
	大题题型	@BigKind
	大题总分	@BigScore
	大题描述信息	@BigContent
小 题	以下内容为小题的参数	[Question]
	小题类型	@Kind
	小题考试时间	@time
	小题分数	@score
	小题难度系数	@Difficulty
	小题认知分类	@CognizeKind
	小题区分度	@DiffDegree
	小题题目要求	@Requirement
题 目	以下内容为题目的参数	[Content]
	题目内容（题干）	@Content
	题目答案	@Answer
其	以下为其它的参数	[Other]

试题的唯一编号	@no
试题相关的知识点列表	@Knowledge

4.4.2 试卷的结构及模板

一份试卷来分析它的结构，寻找规律性的东西，并用上节介绍的参数对内容进行替换。典型的试卷举例如下图所示：

湖南省 XX 中学初二二期数学考试试卷

试卷类型: 考试 适用学科: 数学 适用年级: 初二二期

满分 100 分 考试时间 90 分钟

第一题 单项选择题 请选择合适的答案填在题目后面的括弧中 (50 分)

第 1 题 (单项选择 2 分钟 5 分)

试题正文:

已知 a, b 均为单位向量, 它们的夹角为 60 度, 那么 $|a+3b|=()$

(A) {2} (B) {2,3} (C){3} (D) {1,3}

.....

图 4-4 典型试卷

从上面的例子试卷中可以看到典型的试卷的一些基本结构，标题是“湖南省 XX 中学初二二期数学考试试卷”，试卷类型是“考试”等；

我们把这份典型的试卷根据上节所说的参数做成模板，那模板就类似于下图所示的样子：

@PaperName

试卷类型: @PaperType 适用学科: @PaperCourse 适用年级: @PaperGrade

满分 @PaperScore 分 考试时间 @PaperTime 分钟

第@BigNo 题 @BigKind @BigContent (@BigScore 分)

第@no 题 (@Kind @time 分钟 @score 分)

试题正文:

@Content

图 4-5 典型试卷的模板

因此，如果我们采用如图 4-5 所示的模板，把实际的内容将参数进行替换，就可以得到图 4-4 的试卷。因此，用户只需要根据实际需要，制作相应的模板，就可以顺利地导出成形式多样的 WORD 试卷了。

系统中默认提供两种模板，用户可以添加更多的查勘板文件满足实际的需要。图 4-6 和图 4-7 分别表示“试题、答案模板”和“试题模板”，前者可以用于老师组好试卷以后导出以方便查阅使用；后者可以用于学生考试用。

@PaperName
试卷类型: @PaperType 适用学科: @PaperCourse 适用年级: @PaperGrade 满分 @PaperScore 分 考试时间 @PaperTime 分钟
第@BigNo 题 @BigKind @BigContent (@BigScore 分)
第@no 题 (@Kind @time 分钟 @score 分)
试题正文:
@Content
参考答案:
@Answer
难度: @Difficulty, 认知分类: @CognizeKind, 区分度: @DiffDegree
相关知识点:
@Knowledge
考试要求: @Requirement

图 4-6 试题、答案模板

@PaperName
试卷类型: @PaperType 适用学科: @PaperCourse 适用年级: @PaperGrade 满分 @PaperScore 分 考试时间 @PaperTime 分钟
第@BigNo 题 @BigKind @BigContent (@BigScore 分)
第@no 题 (@Kind @time 分钟 @score 分)
试题正文:
@Content
难度: @Difficulty, 认知分类: @CognizeKind, 区分度: @DiffDegree
相关知识点:
@Knowledge
考试要求: @Requirement

图 4-7 试题模板

4.5 本章小结

本章对通用的命题系统的技术进行了研究, 对研究现状进行了调查, 并采用了应用程序与 WORD 相融合的技术进行题库建设和试卷导出, 很好地达到了设计要求。

第5章 系统的设计与实现

试题库系统不仅是一项技术，而且是一项实实在在的产品。本文通过研究大量的试题库系统，认真分析了试题库系统的原理，选择了组卷方案和算法，从而完成了通用自适应网络题库系统。

5.1 用户角色定义

表 5-1 用户角色定义

角色名称	角色职能
试题维护人员	对学科知识结构库、标准化题库进行维护
组卷人员	从题库中抽取试题组织成试卷，并对试卷库进行维护
系统管理员	可以对试题、试卷、知识点库等数据库进行维护，同时可以进行相应的统计、分析功能。这种统计分析可以对各项指标（对象），在不同的范围内进行一定的统计分析（计数，求和，平均等），同时可以有审核功能

5.2 总体设计方案

通用自适应网络题库系统包括网络题库管理、网络虚拟考场及考试管理、考试分析等三大子系统。系统采用 C/S 和 B/S 相结合的系统结构。

系统采用框架设计，系统的各个子模块之间功能独立，可根据用户的需要动态进行组合，各个子模块之间没有直接耦合，而是通过数据库之间的联系由框架进行组合，子模块的修改只是模块内的局部修改，不会导致修改的蔓延，从而使系统的抗修改能力大大提高，降低了系统开发的风险。

框架程序采用 COM 技术、面向对象的设计方法，PnP（即插即用）的设计理念，在框架的组织下，程序员无需了解项目的流程等细节，只需关心其负责的功能模块，对程序员的要求大大降低，也避免了由于程序员的个人理解能力对系统造成不必要的影响，大增强了了系统的可维护性，降低了维护的风险。

5.3 运行环境

本系统现采用 C/S 方式进行开发,数据库服务器采用 Microsoft 的 SQL Server 2000, 开发工具采用 Borland 公司的 Delphi 7.0, 网络测评的功能考虑用 B/S 的方式实现。

5.4 系统结构

题库系统的用户分为教师和学生两种, 工作流程分为题库与组卷、考试及批阅和统计分析三个阶段; 支持系统的数据库分为: 标准化题库、试卷库、答卷库、统计信息库和学科知识结构库。系统的功能模块分别为: 试题编制、试题管理、试卷生成、身份确认、考试与提交、试卷批阅、统计分析、成绩归档、成绩发布等。

整个题库系统包含了用户管理、权限认证, 试题与试卷资源建设与维护, 在线考试和统计分析、信息反馈等四大部分, 分别由各自的数据库支持, 包括用于用户管理、权限认证的教师信息库和学生信息库, 支持试题与试卷资源建设与维护的试题库和试卷库, 考试过程控制中涉及的答卷库, 统计分析信息反馈中涉及的统计信息库以及在组卷和统计分析中起辅助作用的学科知识结构库等。系统的结构图如下:

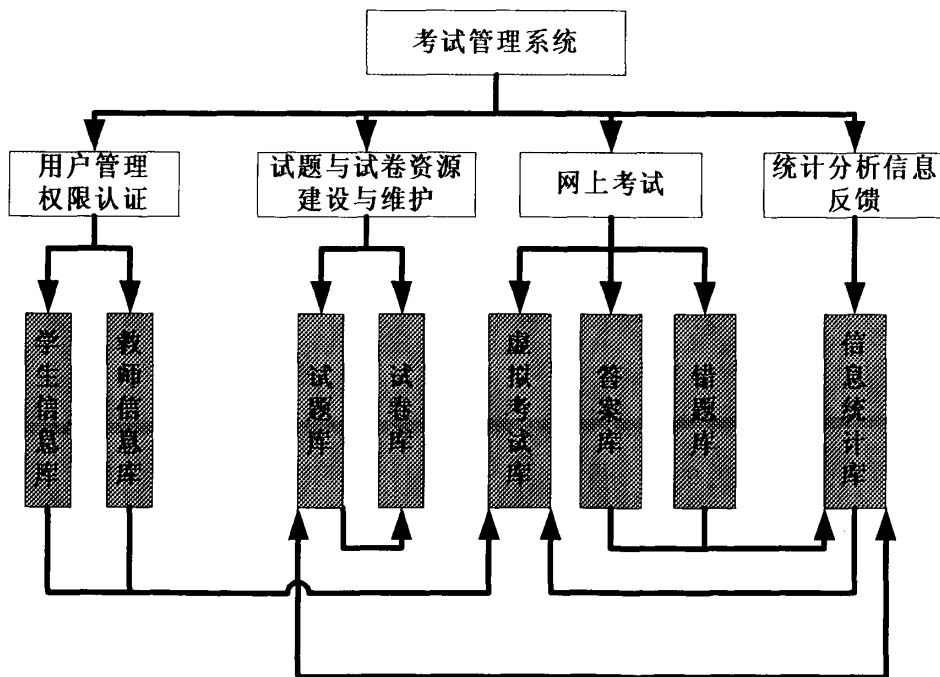


图 5-1 系统结构图

系统的主要功能模块如下所示：

表 5-2 主要功能模块划分

模块名称	功能描述
用户管理权限认证	对学生信息、班级信息、教师信息进行维护；对使用本系统的用户权限进行控制。使用本系统的人员有试题维护人员、组卷人员、系统管理人员、考试人员（学生）；
试题与试卷资源建设与维护(网络题库)	题库包括试题库、试卷库和学科知识结构库；本功能要求能对学科知识结构库、试题库、试卷库进行维护； 显示学科知识结构库内容，生成知识点树形目录，并与试题对应起来； 以多种方式较为方便地导入试题库和知识点库（有批量录入和单题录入两种方式）； 进行自动组卷或手动组卷生成试卷；； 用户对于试题库，知识点库，试卷库均可以方便查询、浏览、修改、输出、删除、审核；
网上考试	设置虚拟考场并控制考试的过程，存储学生提交的考试答案生成该次虚拟考场的答案库； 可对答案进行自动判阅或人工判阅，并得出成绩，并得出成绩，根据考试结果动态修正试题的有关参数。
统计分析和信息反馈	对成绩信息进行管理，可进行统计和分析，并考试结果对学生信息进行信息反馈,生成成绩报表，知识点相关表格

5.5 系统功能模块的划分

系统的主要功能流程图如图 5-2 所示：

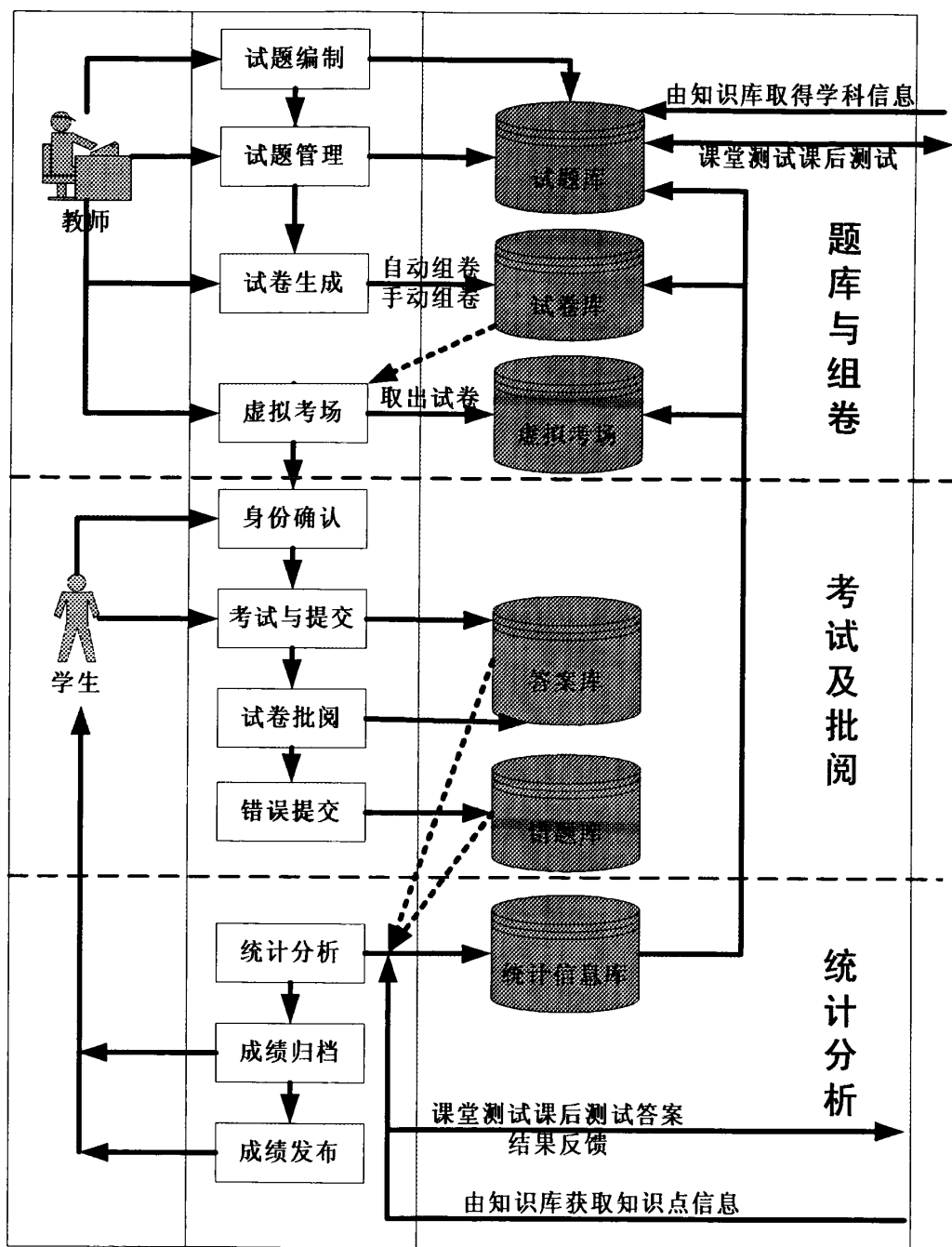


图 5-2 考试系统流程图

5.5.1 权限认证功能模块

用户管理、权限认证是属于权限系统的相应功能。在权限系统中我们设置多个用户角色，教师、学生分配的角色为：试题维护人员、组卷人员（试卷维护人员）、考试人员等。

本系统设计了一套很完备的权限控制体系，实现了严格的用户组与权限管理，对每一个子功能（窗体）的添加、修改、删除、打印等权限均可对用户进行授权，有效加强了系统的严密与安全性。

本系统在操作员的管理上进行操作分组，即操作员必须属于某一操作组，在该组内的所有员工可以继承组内的权限。这样就对权限进行了分级，可以对权限进行更好的管理。用户可以隶属于多个权限组，用户自动继承所属权限组的所有权限。组的权限可以精确到某一学科，某一个适用年级，这样可以实现各年级、各科目的普通教师的权限可以自由灵活地定义。

5.5.2 题库建设功能模块

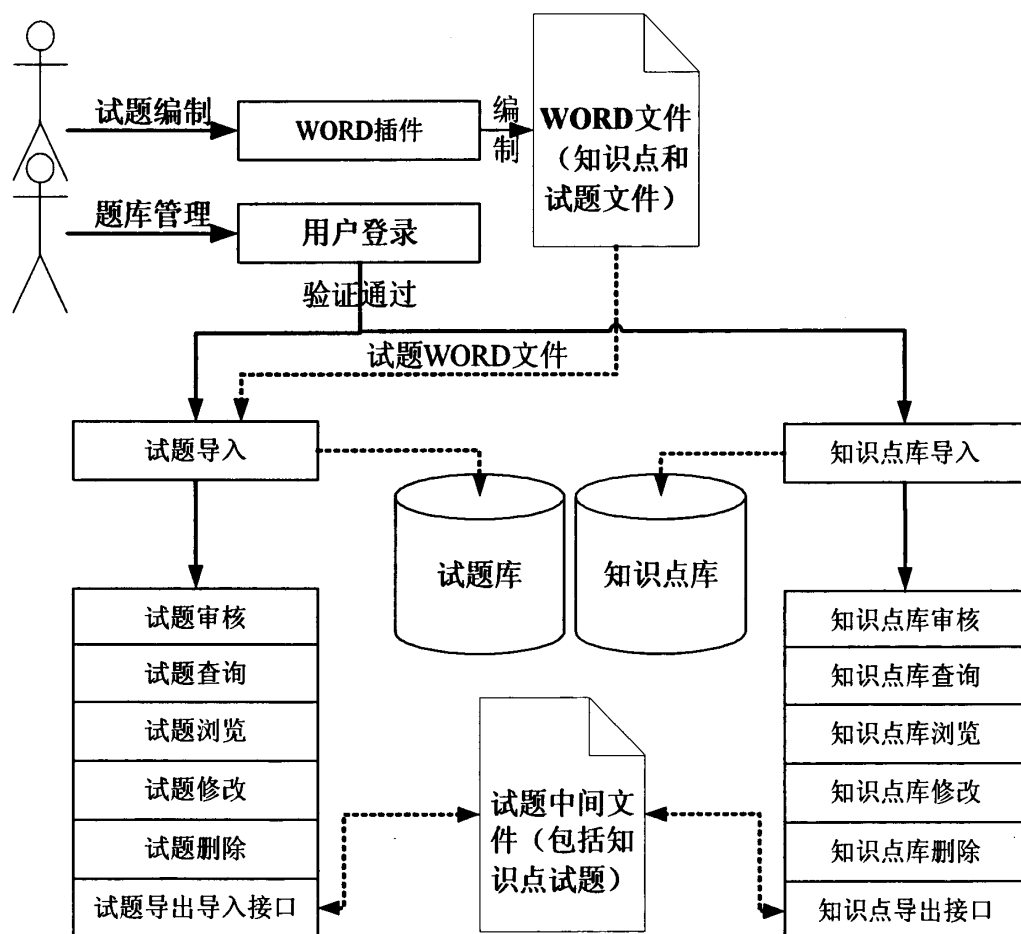


图 5-3 试题和知识点库管理处理流程图

用户使用 WORD 插件,可利用 WORD 软件以规范的方式采集试题和知识点库,然后再通过试题库系统将 Word 试题文件和 Word 知识点库文件里面的内容导入到试题库中进行存储,完成题库建设的工作。

知识点是主要是用于描述试题的考察范围,在本系统中它定义为试题的一个属性,一道试题对应着一个或多个知识点。在录入一道试题的时候可以通过对知识点的比较来作为判断系统中是否已存在该试题的,再加上对试题的关键字进行的比较可用来防止重复录入试题。教师选择知识点考核范围生成了试卷后,可对试卷的涉及的知识点做统计。学生在测评考试完后通过对错误试题信息的自动提取,可以得自己哪些知识点掌握不好,系统可以生成未掌握的知识点和其它题目对学生进行小测验,加强学生对该知识点的掌握的能力,达到考核的效果。

知识点定义分为三级,格式如:知识点所属学科、知识点所属大类、知识点内容。如学科分为:数学、几何、三角函数,大类如“第一章 三角函数”等。

知识点库管理模块包括知识点录入,知识点的删除,知识点的修改,知识点的查询等功能。

试题采集部分采用 VBA、OLE 技术和 COM 技术实现了以下两个功能:

一、支持文字和图片的试题内容,同时可以将试题的文字部分存储下来以供检索。

二、防止重复试题的录入(知识点,文字部分,答案部分均相同给予提示让教师选择是否进入题库)

试题的相关信息包括:试题题干(客观题应包括答案项),试题答案(主观题应为要点),分值(是否需要),相关知识点,难度系数,试题类型(主观题,客观题等)等信息;

导入试题库后,教师可以修改试题的信息或调整相关的参数,如题干,答案,知识点,难度系数等,也可以从库中删除某试题。

教师可以通过多种方式对试题库中的试题进行查询,如根据知识点,难度系数,课程,章节,学科,教材版本,试题中的关键字等。

学科知识结构库包含了知识点信息和相关课程信息。知识点是组成课程结构的基本单元,知识点库保存了大量的知识点信息。通过对知识点的分类,如:知识点所属学科、知识点所属大类、知识点小类,这样能够把

整个课程学科的知识点有机的组合起来，便于组卷决定知识范围和归纳试题所涵盖的知识点。

每道题在入库时都注明该题所涉及的知识点，从而在试题与学科知识结构之间建立联系。

5.5.3 试卷生成及试卷库管理模块

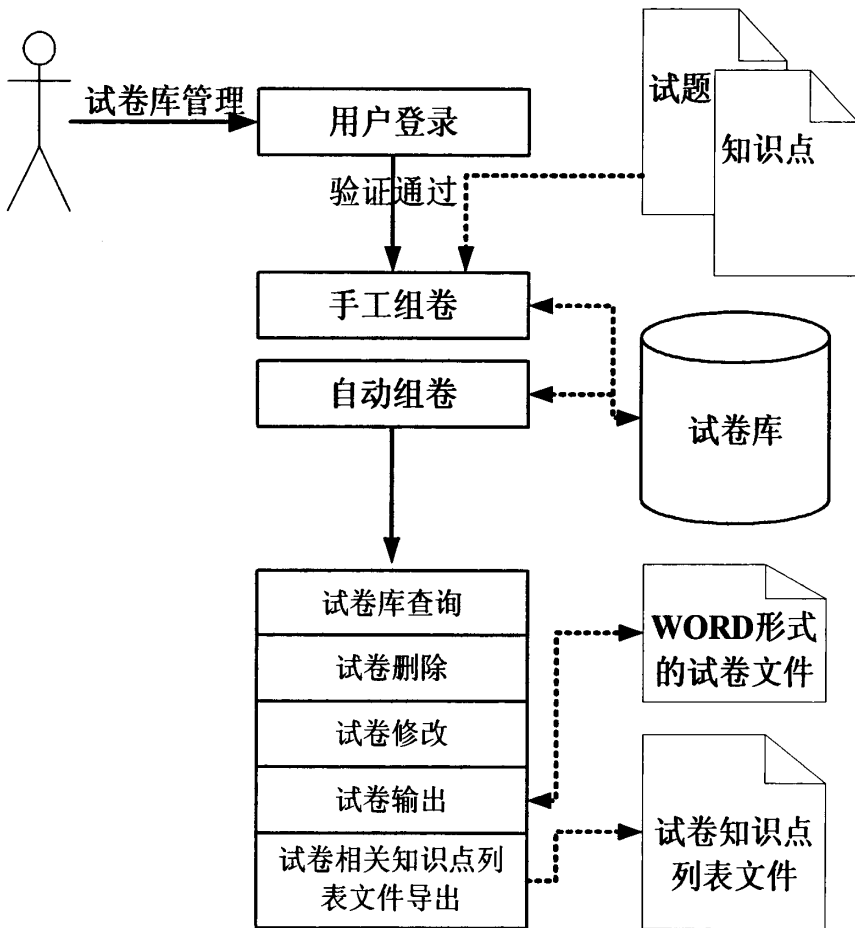


图 5-4 试卷库处理流程图

本模块的功能是进行手工组卷和自动组卷，并将组好的试卷存入试卷库；对试卷进行修改，并输出为 WORD 形式的试卷文件（供传统考试中使用），同时输出试卷知识点列表文件，可以清楚地看到每道试题所对应的知识点，方便教师进行测评。

手工组卷的特点在于为教师提供方便的查询试题和分析试卷的功能。一般教师进行组卷时，希望能够有一个清晰的知识结构图，在此基础上能够清楚地了解试题的知识点分布。本系统组卷按照学科-知识点大类-知识点-试题的层次关系进行。试题库中试题和知识点相对应，这样就可以把题库和知识点结合起来，教师选择知识点，自动查询试题库并列出了所选知识点所对应的试题，供选择。

自动组卷可指定试卷的基本信息和知识点范围，设置抽题信息、通过组卷模块生成试卷，生成试卷后，可以手工进行调整。

在自动生成了试卷的过程中，如果出现重复题目，教师可以根据重复题目的知识点选取另外的该知识点的相关题目进行替换，也可以加入其它的题目。

试卷库保存了所有的试卷及其信息，为以后的组卷提供依据：教师可以调出试卷库中的试卷或直接使用，或作参考，或在此基础上稍加改动形成新试卷；

5.5.4 考试管理及统计分析模块

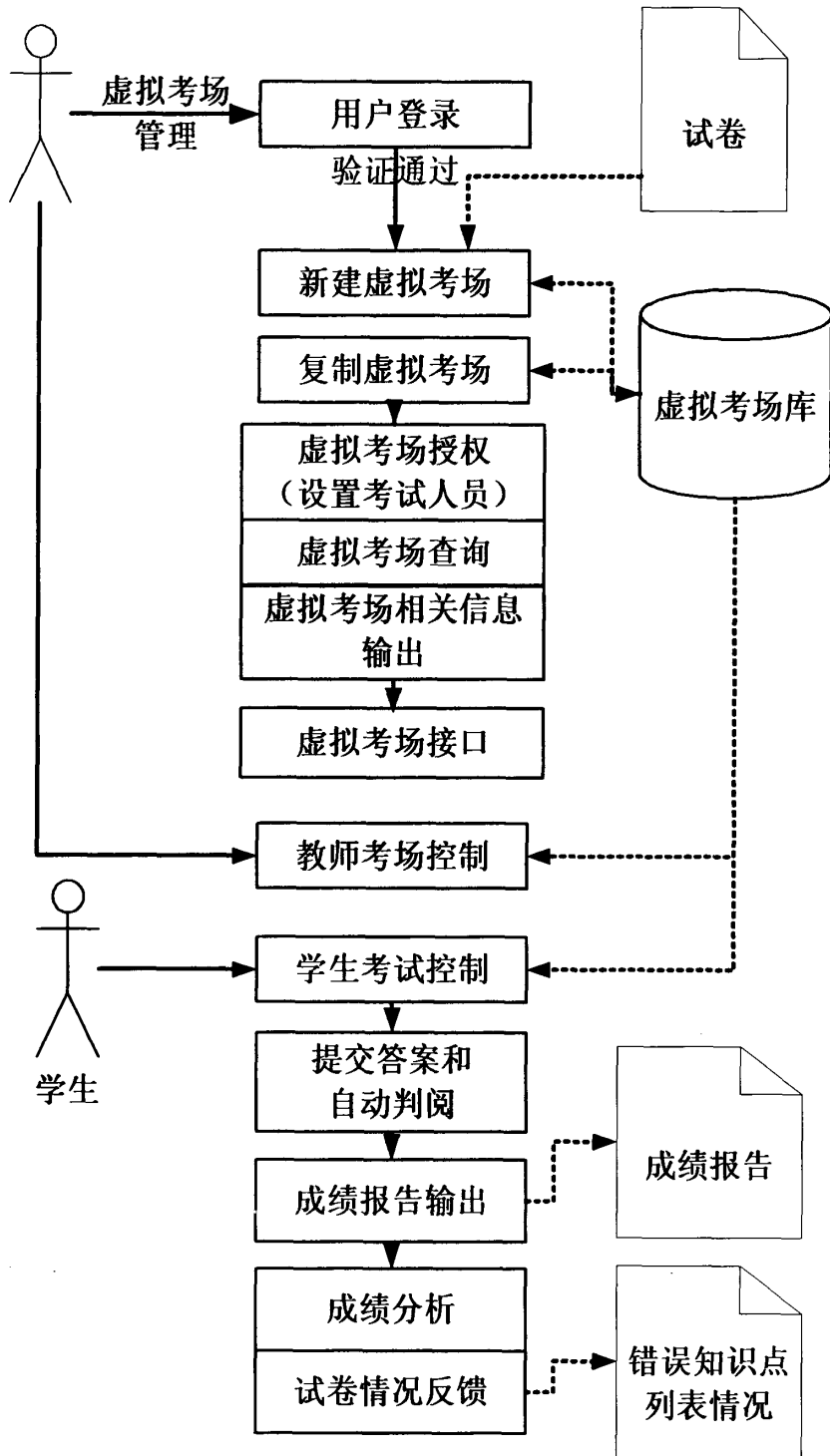


图 5-5 虚拟考场管理及统计分析处理流程

为了便于进行测评考试，把每次测评的结果都保存下来以方便日后进行对照分析，系统中引入了“虚拟考场”的概念。

设置虚拟考场目的是便于存储日志、考试的成绩以及考试的总结信息，同时可以查看关于某套试卷的历次的考试情况，便于考试后进行试卷分析和讲解；同时每次学生作答的情况都可以根据需要重新修正试题库中试题的参数，如修正实测难度等参数；

教师选择组好的试卷，建立虚拟考场，学生可在网络上进入虚拟考场进行测评考试；同一套试卷可以组建多个虚拟考场以方便对多个班级的测评比较。

考试结束以后，学生可以得到自己的测评情况，系统对客观题自动判卷，主观题提交给教师进行判阅，教师得到试题的对错情况统计情况，如该道题各选项的选择人数，以及选择的学生名单等，以便于针对性的讲解；对于主观题，自动提交所有的答案给教师，用于判阅，最后生成成绩报告(包括判卷者姓名，阅卷时间)，试题库进行反馈，修正试题的参数；

统计功能是统计学生总体的得分情况，计算各分数段的学生人数，从而了解学生对知识点范围的掌握情况；分析功能是分析单个学生各知识点的得分，从而了解其对于各知识点的掌握情况；可根据在各知识点上的解答情况，再生成一些试题供学生测试巩固。

5.6 题库数据库设计

系统在实现阶段，我们遵循数据库的设计原则设计了物理模型，下面列出试题库和知识点库部分以及试卷库部分的设计 ER 图以及主要表格的物理结构。其中数据表字段的类型均为 Microsoft SQL Server 2000 的数据类型。

5.6.1 试题库和知识点库部分

5.6.1.1 ER 图

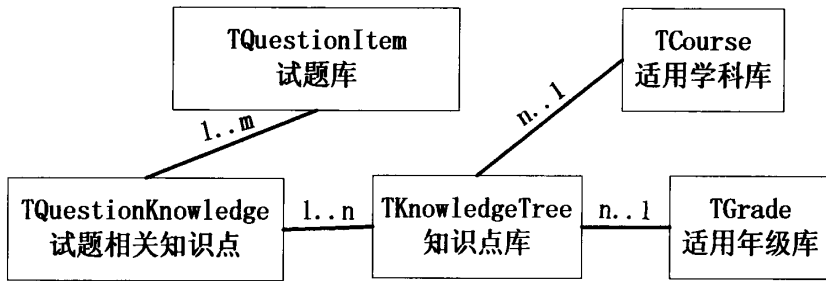


图 5-6 试题库和知识点库部分的 ER 图

5.6.1.2 相关数据表的结构

表 5-3TKnowledgeTree 知识点库

序号	字段名称	字段说明	字段类型	大小	主键	允许空	备注
(1)	fID	fID 知识点库唯一 ID	uniqueidentifier		PK		
(2)	fCourse	fCourseId 学科	uniqueidentifier		FK		
(3)	fGrade	fGradeId 适用年级	uniqueidentifier		FK		
(4)	fName	fName 知识点库名称	nvarchar	100			
(5)	fCreator	fCreator 输入者	nvarchar	50		√	
(6)	fCreateTime	fCreateTime 输入时间	datetime			√	
(7)	fEditor	fEditor 审订者	nvarchar	50		√	
(8)	fEditTime	fEditTime 审订时间	datetime			√	

TknowledgeTree 用来建立一个知识点库，要求选择学科，年级，输入知识点库名称，各知识点信息存放在 TknowledgeTreeDetail 中。

表 5-4TKnowledgeTreeDetail 知识点信息

序号	字段名称	字段说明	字段类型	大小	主键	允许空	备注
(1)	fid	fid 知识点唯一ID	identity		PK		
(2)	TKnowTreeID	TKnowTreeID 知识点库唯一ID	uniqueidentifier		FK		
(3)	fParentId	fParentId 父级ID	int		FK		
(4)	fContent	fContent 知识点内容	nvarchar	500			
(5)	fNotes	fNotes 知识点相关介绍	nvarchar	1000		√	

TKnowledgeTreeDetail 用来存储知识点库的知识点信息。

表 5-5tQuestionItem 试题库

序号	字段名称	字段说明	字段类型	大小	主键	允许空	备注
(1)	fID	fID 试题唯一ID	uniqueidentifier		PK		
(2)	fGradeId	fGradeId 适用年级	uniqueidentifier		Fk		
(3)	fCourseId	fCourseId 学科	uniqueidentifier		FK		
(4)	fType	fType 题类	Varchar	20			(“客观题”,“非客观题”)
(5)	fBookVersion	fBookVersion 教材版本	varchar	200			
(6)	fKind	fKind 题目类型	varchar	20			(如单项选择,多项选择等)
(7)	fDifficulty	fDifficulty 难度	numeric	2			between 0 and 1

通用自适应网络题库系统的设计与实现

(8)	fCognizeKind	fCognizeKind 认知分类	varchar	20			
(9)	fDiffDegree	fDiffDegree 区分度	numeric	2			between 0 and 1
(10)	fRequirement	fRequirement 考试要求说明	varchar	500		√	
(11)	fBodyTxt	fBodyTxt 试题正文文本	varchar	1000		√	
(12)	fBodyImg	fBodyImg 试题正文图片	image			√	
(13)	fBody	fBody 试题正文(WORD)	image			√	
(14)	fAnswerTxt	fAnswerTxt 答案	varchar	1000		√	
(15)	fAnswerImg	fAnswerImg 答案图片	image			√	
(16)	fAnswer	fAnswer 答案(WORD)	image			√	
(17)	fTime	fTime 考试时间	numeric			√	fTime >= 0
(18)	fScore	fScore 考试得分	numeric			√	between 0 and 100
(19)	fNotes	fNotes 备注信息	varchar	100		√	
(20)	fCreator	fCreator 输入者	varchar	50		√	
(21)	fCreateTime	fCreateTime 输入时间	datetime			√	
(22)	fEditor	fEditor 审订者	varchar	50		√	
(23)	fEditTime	fEditTime 审订时间	datetime			√	
(24)	fUseTimes	fUseTimes 使用	int	4		√	

		次数					
(25)	fLastTime	fLastTime 最后 曝光时间	datetime			√	
(26)	fTrueDiffDegree	fTrueDiffDegree 实测区分度	numeric	2		√	between 0 and 1
(27)	fTrueDifficulty	fTrueDifficulty 实测难度	numeric	2		√	between 0 and 1

TQuestionItem 存放试题信息。有关该试题的相关知识点信息存放在 tQuestionKnowledge 中。

表 5-6 tQuestionKnowledge 试题相关联的知识点信息

序号	字段名称	字段说明	字段类型	大小	主键	允许空	备注
(1)	fID	fID 试题唯一 ID	uniqueidentifier		FK		
(2)	TKnowID	TKnowID 知识 点唯一 ID	Int		FK		
(3)	TKnowTreefID	TKnowTreefID 知识点库唯一 ID	uniqueidentifier		FK		
(4)	fContent	fContent 知识 点内容	nvarchar	500			

TQuestionKnowledge 存放试题相关联的知识点，存储知识点库的 ID，知识点 ID，以及知识点的内容。

5.6.2 试卷库部分设计

5.6.2.1 实体关系图

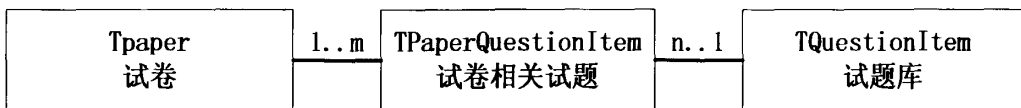


图 5-7 试卷库部分的 ER 图

5.6.2.2 物理结构

表 5-7TPaper 试卷

序号	字段名称	字段说明	字段类型	大小	主键	允许空	备注
(1)	fId	fId 试卷唯一 ID	uniqueidentifier		PK		
(2)	fGradeId	fGradeId 适用 年级	uniqueidentifier		FK		
(3)	fCourseId	fCourseId 学科	uniqueidentifier		FK		
(4)	fType	fType 试卷类型	varchar	20		√	
(5)	fBookVersion	fBookVersion 教材版本	varchar	200		√	
(6)	fDifficulty	fDifficulty 平均 难度	numeric	2		√	between 0 and 1
(7)	fRequirement	fRequirement 试卷说明	varchar	500		√	
(8)	fTime	fTime 考试总时 间	numeric			√	fTime >= 0
(9)	fScore	fScore 考试总 分	numeric			√	between 0 and 100
(10)	fNotes	fNotes 备注信 息	varchar	100		√	
(11)	fCreator	fCreator 输入者	varchar	50		√	
(12)	fCreateTime	fCreateTime 输 入时间	datetime			√	Default GetDate()
(13)	fEditor	fEditor 审订者	varchar	50		√	
(14)	fEditTime	fEditTime 审订 时间	datetime			√	
(15)	fUseTimes	fUseTimes 使用 次数	int			√	
(16)	fLastTime	fLastTime 最后	datetime			√	

		使用时间					
(17)	fWordPaper	fWordPaper Word 试卷	image			√	

TPaper 存放试卷的相关信息,试卷的试题存储在 tPaperQuestionItem 中。

表 5-8 tPaperQuestionItem 试卷的试题

序号	字段名称	字段说明	字段类型	大小	主键	允许空	备注
(1)	fId	fId 试卷试题唯一 ID	uniqueidentifier		PK		
(2)	fQuestoinID	fQuestoinID 试题 ID	uniqueidentifier		FK		
(3)	fPaperId	fPaperId 试卷 ID	uniqueidentifier		FK		
(4)	fTime	fTime 实际考试时间	numeric			√	
(5)	fScore	fScore 实际考试得分	numeric			√	
(6)	fNotes	fNotes 备注信息	Varchar	100		√	

tPaperQuestionItem 存放试卷的试题的编号,分数等信息,实际使用时根据编号将试题从试题库中检索出。

5.7 本章小结

本章详细阐述了试题库系统的设计和实现的过程,首先定义了系统的用户角色和运行环境,并就系统的主要功能模块有功能流程图和数据流图进行了阐述,进行了系统的数据库设计。本系统通过使用 Microsoft SQL Server 作为后台数据库,使用 Delphi 来编程实现。对系统进行实现,才使题库系统在实际工作中能发挥作用,才能够不断的完善和发展。

第6章 系统运行的部分界面

软件系统的各种功能都是通过人机界面来与用户进行交互的，界面设计的优良直接关系到系统是否易于使用，易于学习。因此，系统的界面需要系统开发人员精心构思和设计，同时在应该经常和用户交流，不断的改进系统的界面。

本系统在设计时注意了一般用户的使用习惯，界面的设计和一般 Windows 应用软件的布局相似，并大量采用向导式界面，使用户学习和使用。

本章介绍系统运行的部分界面。

6.1 试题建设 Word 插件

为了解决一般试题库系统在采集试题所体现出来的缺陷，我们对通用的命题系统进行了研究，采用了 COM 技术开发了 Word COM Addins 插件，从而可以在 WORD 软件中进行试题的采集工作。可以方便用户进行试题的批量录入。所谓批量录入指将利用字处理软件将大量的试题处理成一定格式的文档，在后期的处理中，录入程序处理此格式的文档，一次性将所有试题录入题库中。

安装 Word 插件之后，界面如图 4-1 所示。

6.1.1 录入设置

工具条的“录入设置”按钮可以设置批量录入试题的一些信息，在用户录题时可以快捷地输入试题信息，界面如图 6-1 所示。

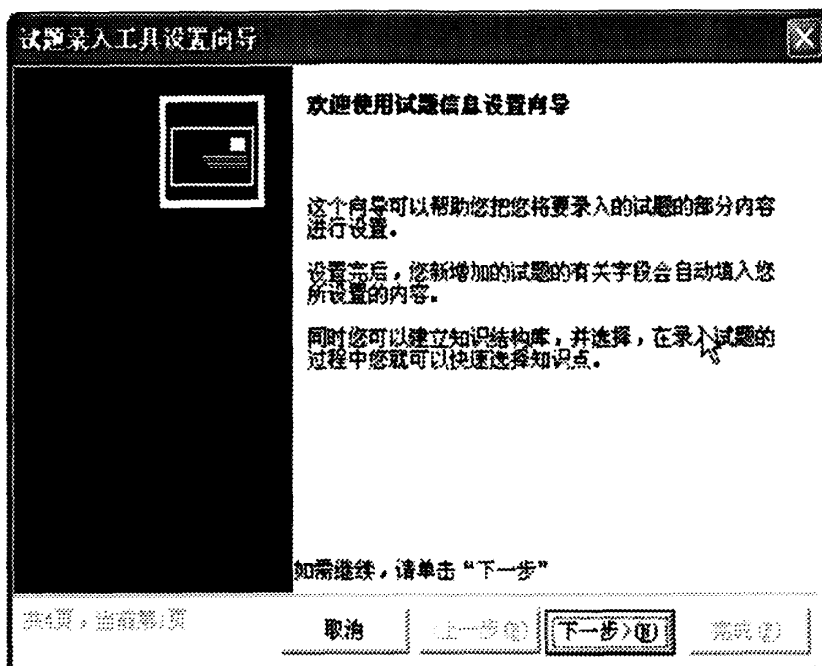


图 6-1 录入设置窗口

“基本试题信息”的设置如图 6-2 所示。

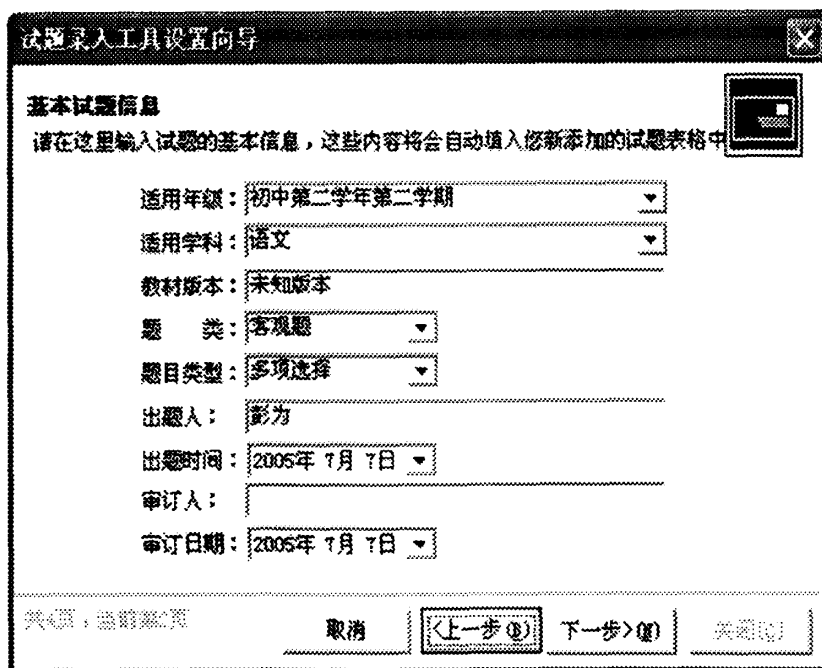


图 6-2 基本试题信息

用户可以选择或输入适用年级,适用学科,教材版本,题类,题目类型,

出题人，出题时间，审订人，审订日期等信息。这些信息会在用户添加试题或知识点库时自动汇入。如果下拉列表中未出现合适的选项，用户也可以自己输入。

下一步将设置此次录题的学科知识库信息，如图 6-3 所示。

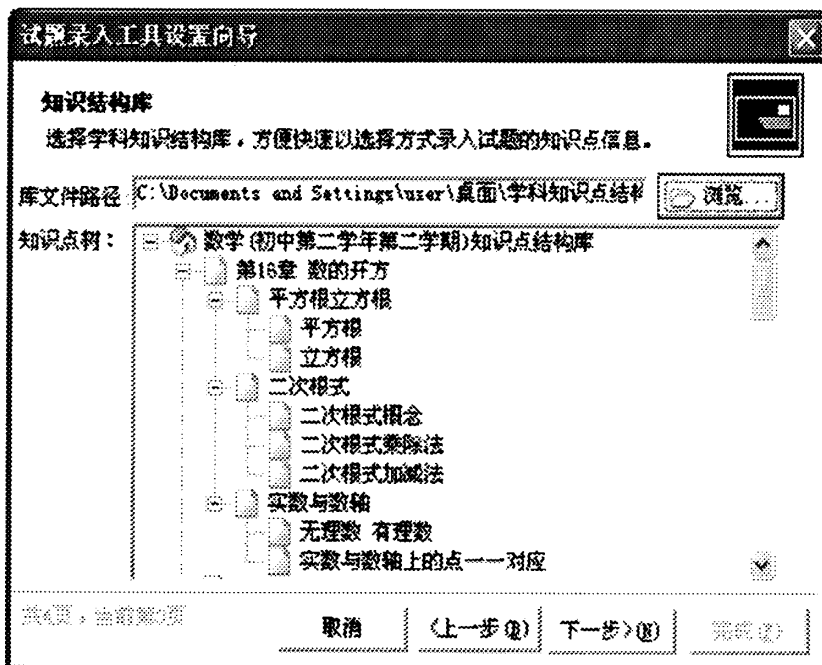


图 6-3 设置学科知识库

6.1.2 知识点库

点击工具条的“知识点库”按钮，即出现如图 6-4 所示，这是根据模板自动生成的知识点库模板。

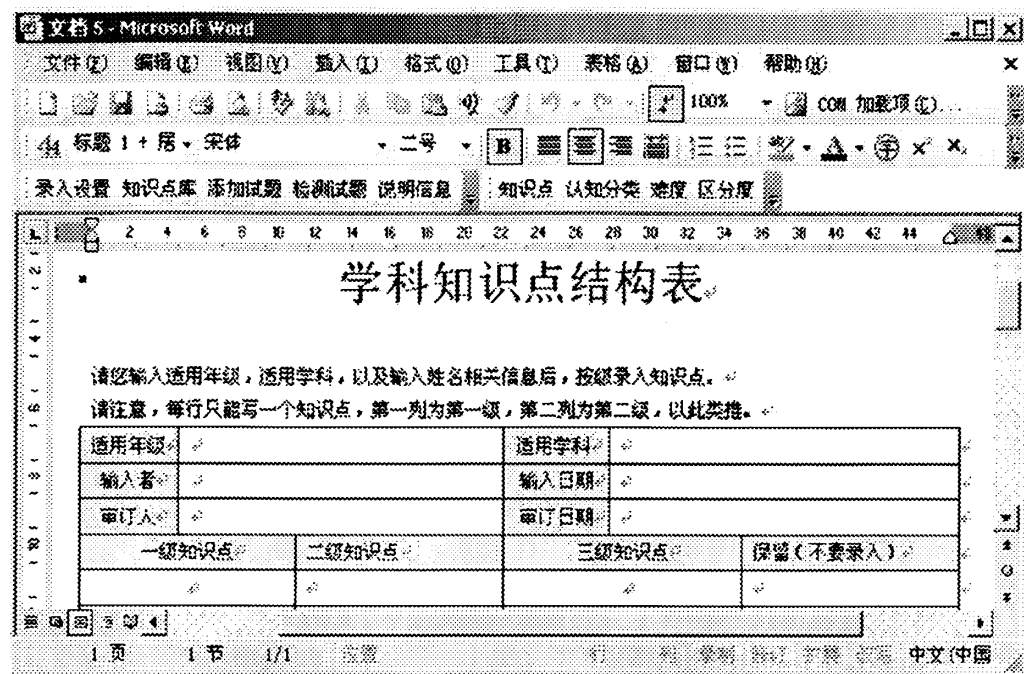


图 6-4 知识点库

知识点库结构的 WORD 模板, 如表 6-1 所示:

表 6-1 知识点库结构示例

适用年级		适用学科	
输入者		输入日期	
审订人		审订日期	
一级知识点	二级知识点	三级知识点	保留(不要录入)
第 16 章 数的开方			
	二次根式		
		二次根式概念	
		二次根式乘除法	
		二次根式加减法	
	实数与数轴		
		无理数 有理数	

6.1.3 添加试题

点击工具条上的“添加试题”，则可以在文档光标所在处加入一个新的试题表格，如表 6-2 所示：

表 6-2 试题表格示例

适用年级	初中第二学年第二学期	适用学科	语文
题类	客观题	教材版本	未知版本
知识点		试题类型	多项选择
难度		认知分类	
考试要求		区分度	
试题正文			
参考答案			
考试时间		考试得分	
备注信息			
出题人		出题日期	2005-7-7
审订人		审订日期	2005-7-7

用户只需要将表格填入适当的内容即可完成一道试题的录入。每一个表格就是一道试题。有关于该试题表格的详细参数及设置请参考 2.4.2 相关内容。

6.1.4 辅助录入工具

系统提供辅助录入工具栏供辅助录入试题表格的相关表格项，以保证规范统一。

6.1.4.1 录入知识点

用户在录入试题的知识点的时候，光标位于知识点的单元格中，点击“知识点”按钮，即可出现“知识点库结构”列表，选择该试题的知识点，便

可以自动录入至文档中。

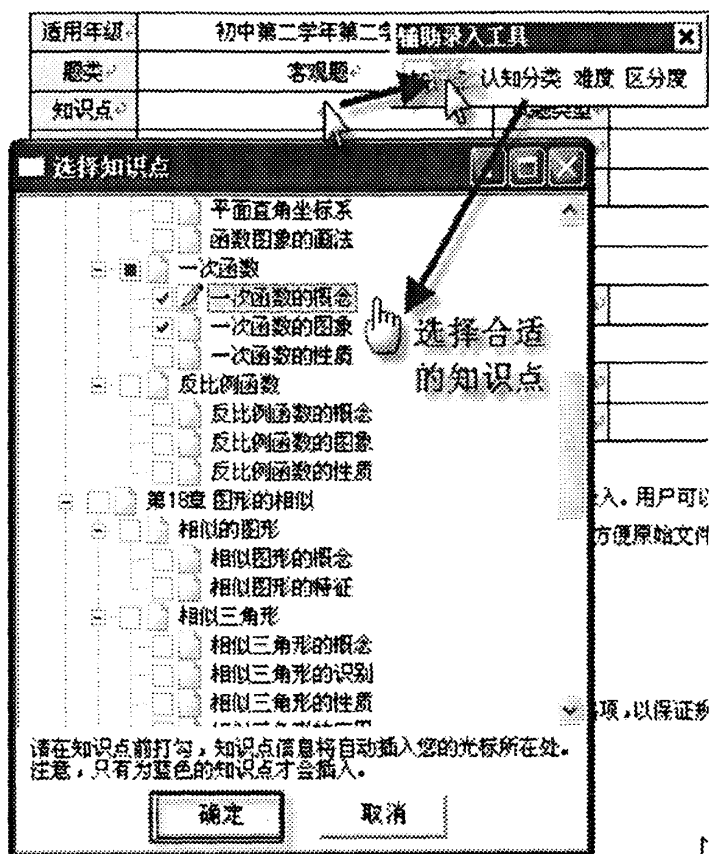


图 6-5 辅助录入知识点

6.1.4.2 认知分类、难度、区分度

用户在录入试题的认知分类、难度、区分度时，光标位于相应的的单元格中，点击工具栏相关的按钮，即可出现对话框。用户进行选择即可自动录入至文档中。

6.2 题库管理

题库管理主要包括知识点库管理和试题库管理两部分。

6.2.1 知识点库管理

如图 6-6 所示为知识点库管理主界面。在该界面中，可以对知识点库进行编辑和删除，编辑的方式包括“添加同级知识点”，“添加子知识点”，“编辑知识点”，“删除知识点”等操作；在列出知识点结构的同时，将该知识点相关联的试题数量也相应的显示出来了。如图中“函数图像的画法

(1)”表示，考核“函数图像的画法”知识点的题目数量为1。

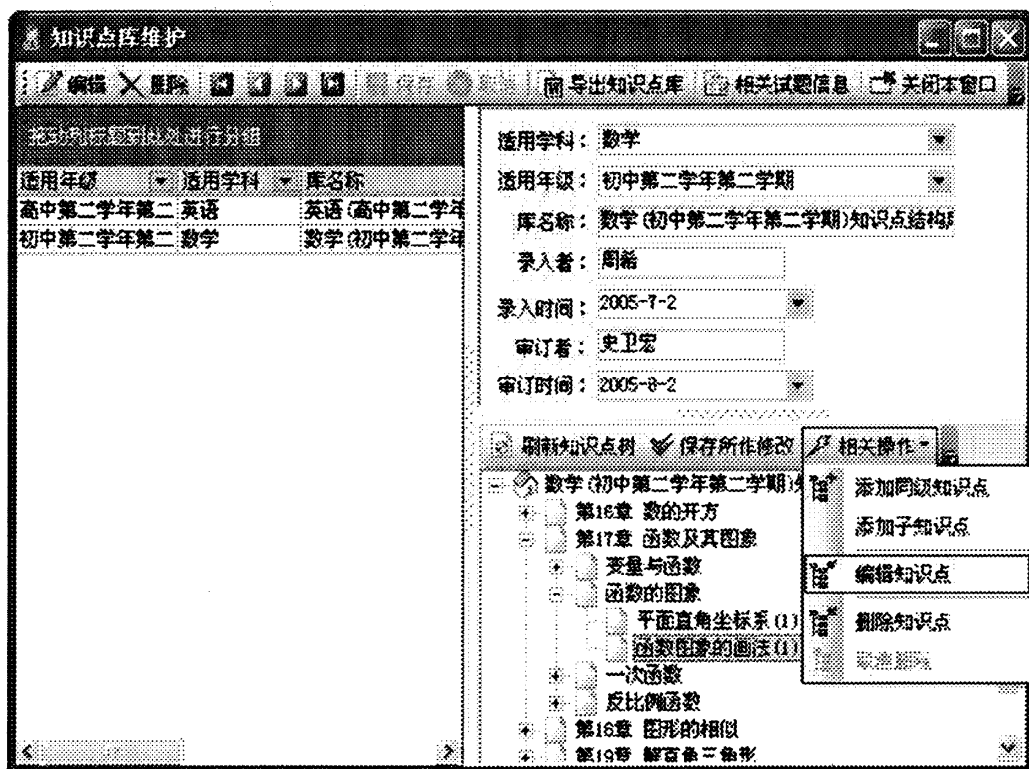


图 6-6 知识点库管理

此外，在工具栏上还有“导出知识点库”为 WORD 文件的操作，以及察看相关试题信息的“相关试题信息”功能，“相关试题信息”功能的界面如图 6-7 所示：

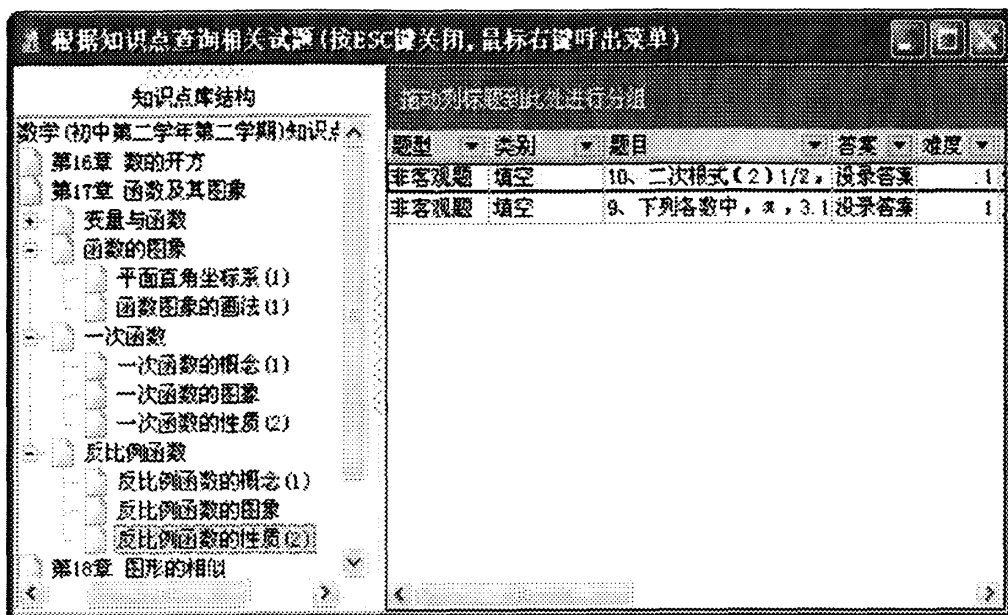


图 6-7 查询知识点的相关试题信息

6.2.2 试题库管理

试题库管理的界面如图 4-3 所示。在该界面中, 可以进行试题的新增、编辑、删除工作, 并可以改变试题所考察的知识点, 如下图所示:

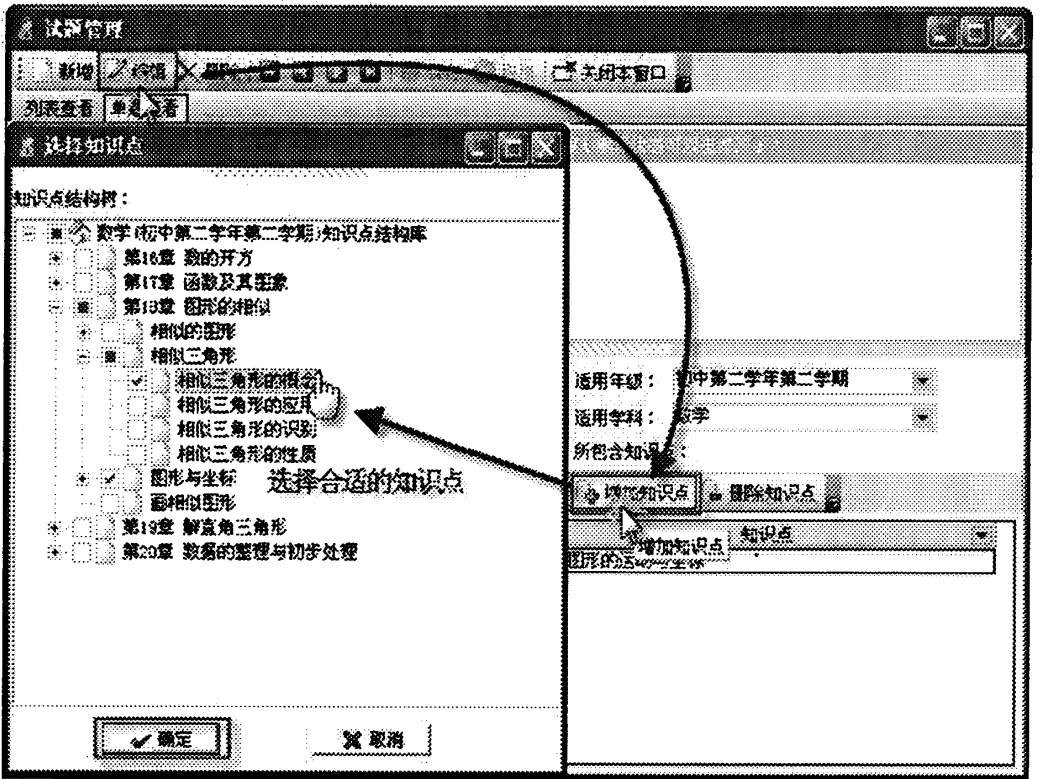


图 6-8 维护试题考察的知识点

用户可以修改试题的内容, 并进行存储, 如图 6-9 所示:

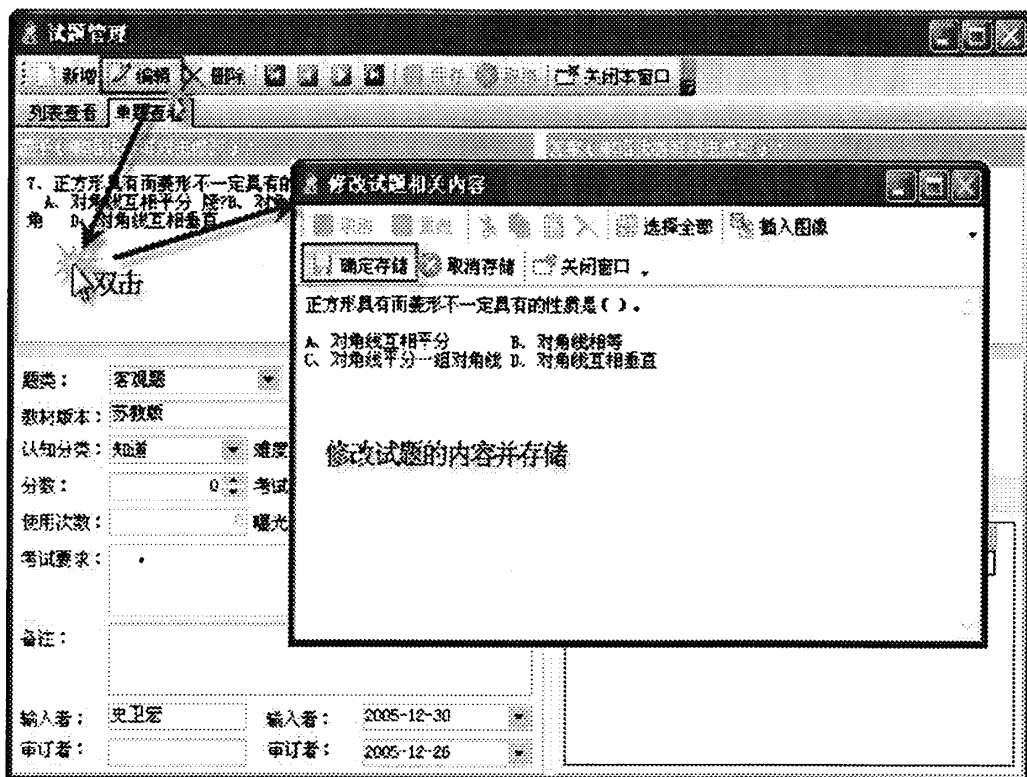


图 6-9 修改试题的内容并存储

6.3 试卷管理

试卷管理的功能包括自动组卷、手动组卷和试卷管理、试卷导出等。

试卷由自动组卷、手动组卷进行生成，由试卷管理进行维护，试卷导出可以导出 Word 形式的试卷用于传统考试。

6.3.1 自动组卷

自动组卷的界面已于“3.4.2 组卷方案的实现”节进行了介绍，请参考相关章节。

6.3.2 手动组卷

手工组卷，可以根据需要组出部分试题进行测试，提高了教师组卷的灵活性。首先由用户输入一些试卷的基本信息，然后进入手动选题界面，如图 6-10 所示。用户可以“选择试题”，“编辑信息”，“删除试题”，也可以进行“替换”和“清空”操作。

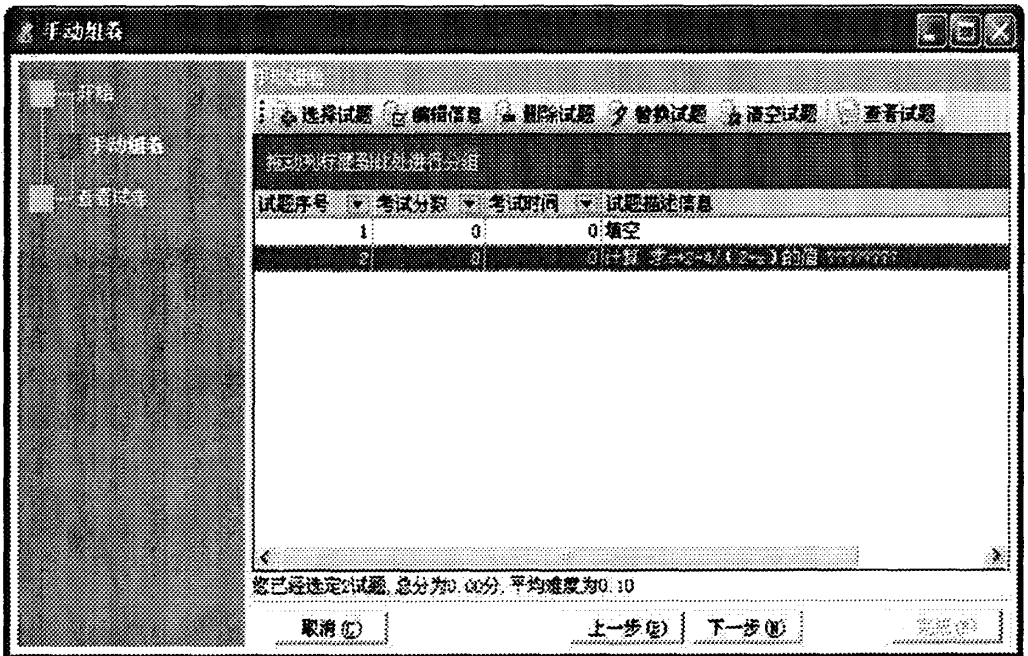


图 6-10 手动组卷

“选择试题”的操作如图 6-11 所示：

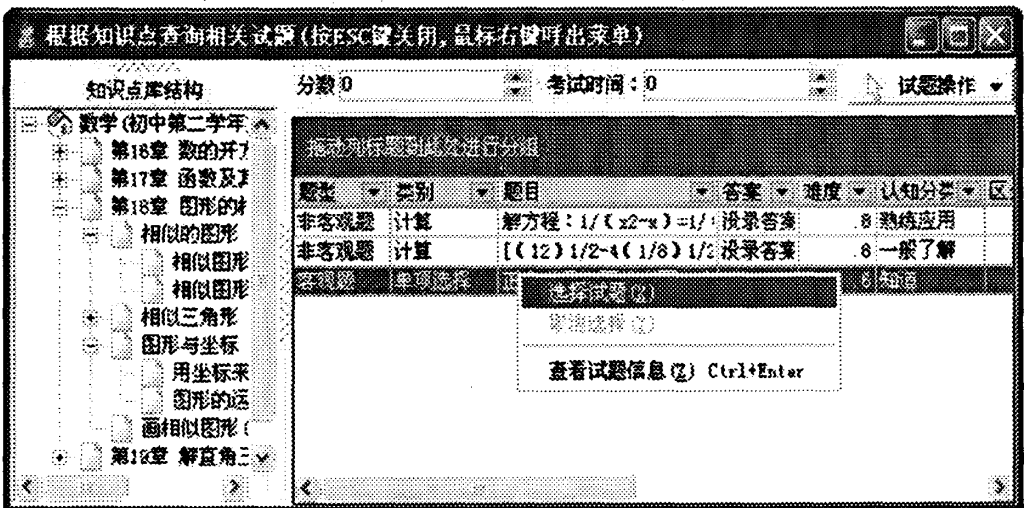


图 6-11 手动组卷选择试题

图中红色的字体表示该题已经被选过，黑色的则是可选项。可以根据左边的知识点结构树进行试题的筛选。输入分数和考试时间后，“选择试题”即可将试题加入试卷中。

选题结束后，可以将试卷存储入试卷库。

6.3.3 试卷管理

试卷管理运行的界面如所示。可以看到系统中的试卷以及试卷的相关试题情况，如图 6-12 所示。

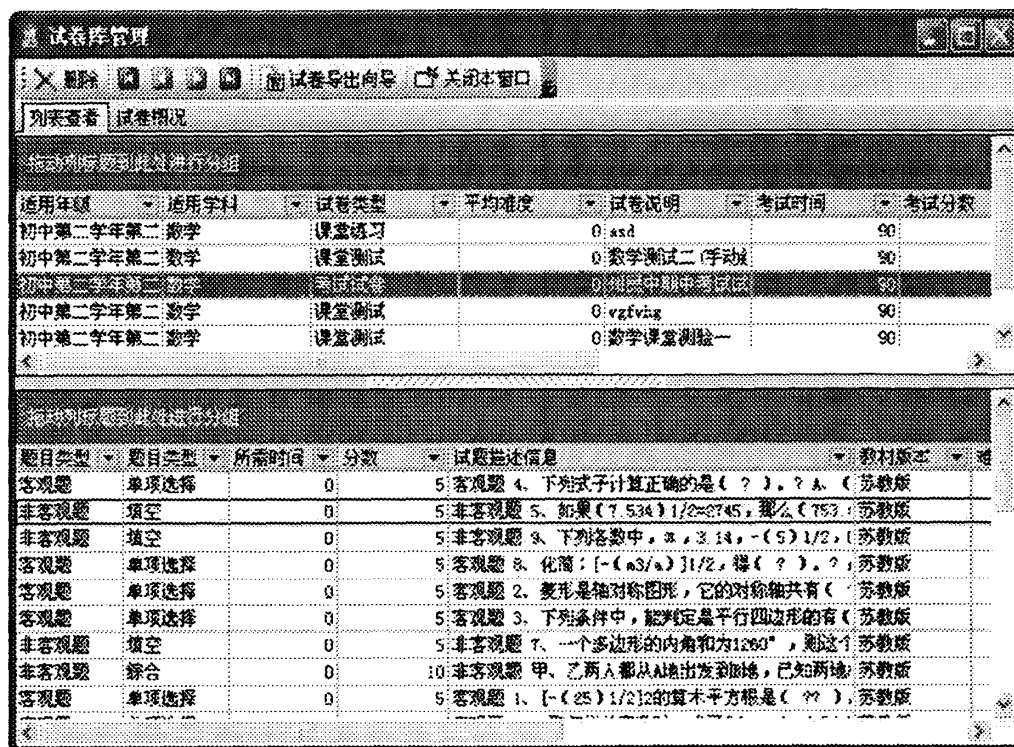


图 6-12 试卷管理界面

6.3.4 试卷导出

使用试卷导出功能可以导出灵活的试卷样式供传统考试之用。用户首先选择要导出的试卷，再使用“试卷导出向导”。如图 6-13 所示，试卷导出向导自动根据题目的类型列出大题，用户可以自由修改题型的描述。



图 6-13 试卷管理界面

用户可以选择适当的模板进行导出。如图 6-14 所示。

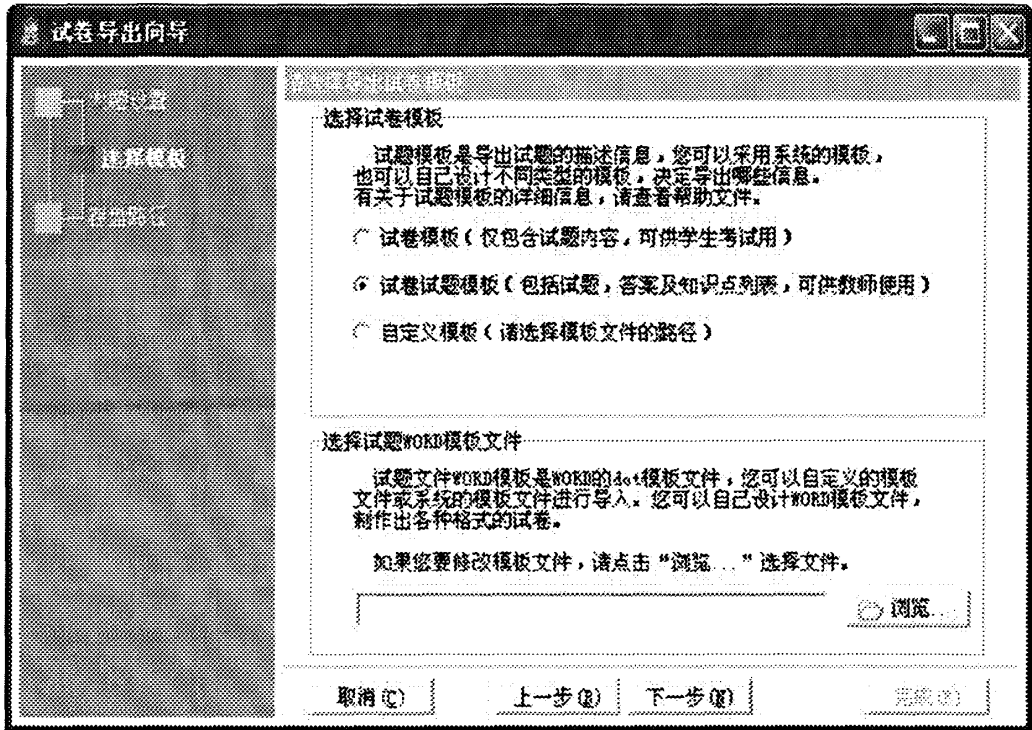


图 6-14 选择试卷模板

选择输出之后的试卷文件名, 即可进行导出。

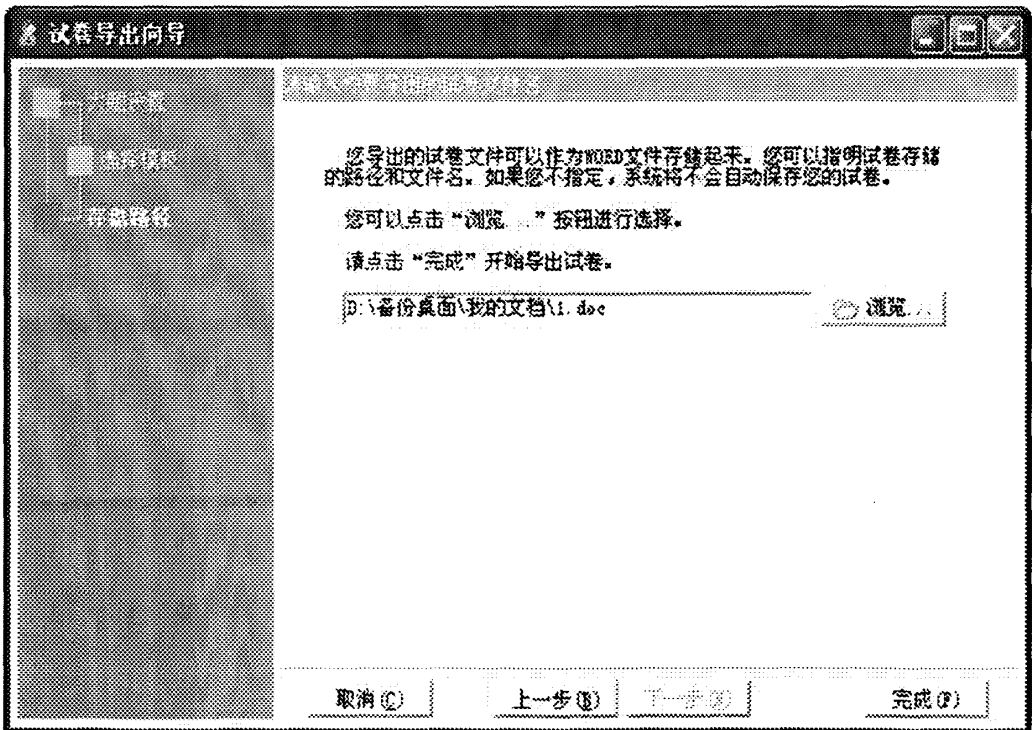


图 6-15 试卷管理界面

6.4 本章小结

本章介绍了系统运行的部分界面。开发的系统具有用户界面友好，操作简单，功能强大等特点。

第7章 总结和展望

笔者在开题后一年多的工作中，深入研究了通用自适应网络试题库系统的原理，从实现的角度完成了整个系统的设计，并进行了编码和调试工作。在整个系统的设计过程中，查阅了大量的资料，参考了其他一些先进的系统，吸收了国内外在相关领域的研究成果。特别是在系统的自动组卷和结合 VBA、OLE、COM 技术通过 WORD 进行题库建设上，进行了大量的分析和研究工作，使本系统在以下几点上有突破：

1. 本系统从试题录入、知识点录入、题库管理、试卷管理、自动组卷、测评分析，彻底实现了无纸化，并提供了一套行之有效的方案，同时又兼容传统的考试，即能按命题需求自动产生笔试试卷。
2. 在设计时采用了通用的命题子系统及与之配套的测评子系统，实现了不同科目的测评，保证了其通用性、开放性和可扩充性。
3. 在数据库技术支持下，通过面向对象的文件系统及 VBA 编程，很好地解决了复杂题目进入试题库的问题。
4. 采用自定义的 tag，使用户可以自定义试卷模板文件，实现试卷导出的工作。

由于时间短，工程大，工期短，本系统还存在着许多不足，如灵活性不够，测评分析模块尚未能全部完成。自动组卷算法还可以继续改进，尚待完善，今后会进一步修改，并开发 Web 版的组卷系统，以利于更好的推广应用。

参考文献

- [1] 张厚粲, 刘昕,《考试改革与标准参照测验》, 1992年9月版, 辽宁教育出版社.
- [2] 马瑞民, 顾洪博, 韩玉祥.基于 Word 界面的网络试题库系统的设计与实现[J].大庆石油学院学报. 2003-12, 27 (4):54-57.
- [3] John A. Gretes and Michel Green. Improving Undergraduate Learning with Computer-Assisted Assessment[J/OL].Journal of Research on Computing in Education. 2000, 33 (1).<http://d-2.virt.pciwest.net/jrte/33/1/abstracts/gretes.htm1>,2002-10-20.
- [4] Bence, David and Ursula Lucas. The use of objective testing in first-year undergraduate accounting courses[J/OL]. Accounting Education.1996.5:121 — 130.
- [5] Stephens, Derek. Computer assisted assessment within the Department of Information and Library Studies at Loughborough University[EB/OL].INFOCUS, 1997, 8. 2 (2), 7 — 8. <http://~.lboro.ac.uk/departments/ls/cti/CAA.html>, 2003-8-7.
- [6] 余胜泉, 姚顾波, 何克抗.通用试题库组卷策略算法[M/CD] . 1999, 6. <http://www.etc.edu.cn/a-cademist/ysq/tong-gong.htm>, 2002-10-19.
- [7] Brown, Sally, Phil Race and Joanna Bull, eds. Computer assisted assessment in higher education[EB/OL].London: Kogan Page, 1999, 113-120.
- [8] Scott W. Bonham and Robert J. Beichner. Education Research Using Web-Based Assessment Systems[J/OL].Journal of Research on Computing in Education. 2000. 33 (1).<http://d2.virt.pciwest.net/jrte/33/1/abstracts/bonham.htm1>,2002-10-20.
- [9] 黄佩珊.题海探索者[EB/OL]. <http://www.rd.js.cn/hps/eqms01.htm>, 2004-10-19
- [10] Cox, Kevin Computers and David Clark.The Use of Education. 1998. 30 (3/4):Formative Quizzes for Deep Learning[J/OL].157-V 167.
- [11] 王业根,孙明.Word 平台题库卷库系统的开发与研究 [J].甘肃农业.2005.8(229):135-135
- [12] Derek Stephens,David Percik.Constructing a Test Bank for Information Science based upon Bloom's principles[EB/OL].Innovations in Teaching And Learning in Information and Computer Sciences.<http://ics.ltsn.ac.uk/pub/italics/issue1/stephens/9.html>, 2002.
- [13] 余胜泉, 何克抗.网络题库系统的设计与实现.[J].教育技术通讯.2000. (6) :23-28.
- [14] 顾洪博.智能化网络试题库系统的研究与实现.[D].大庆石油学院硕士学位论文.2004.1.
- [15] 王新, 赵文国, 马瑞民等.一个通用试题库系统的分析与设计[J].大庆石油学院学报.1999.

23(4):40~44

- [16] 段锦.通用题库系统的设计方法研究[J].长春光学精密仪器学院学报.2001, 3.24(1): 46~50
- [17] 于晓强.硕士学位论文.[D].大连海事大学.2004.2
- [18] 杨小萍.硕士学位论文.[D].基于 JAVA/XML 的三级网络教学平台下网络考试研究与实现.2005.5
- [19] 张建虎.硕士学位论文.[D].职业安全卫生题库及管理系统设计与开发.2002.4
- [20] 现代远程教育资源建设技术规范(试行).http://www.cve.com.cn/biao_zhun_gui_fan/jishuguifan.htm
- [21] 王灿辉, 2001, 计算机自动组卷算法研究, 福州大学学报(自然科学版), 29(8)
- [22] 王明宝, 洪力奋, 陈凯明, 2003, 基于 web 的智能组卷的研究与应用, 计算机应用, 23(8)
- [23] 陈大平.硕士学位论文.[D].自动组卷算法的研究.2003.11
- [24] 张敏强著,《教育测量学》, 2001 年 5 月第 2 次印刷, 人民教育出版社
- [25] 董敏, 霍剑青, 主晓蒲, 2004, 基于自适应遗传算法的智能组卷研究.[J].小型微型计算机系统, 25(1)
- [26] 李小勇, 王瑛, 2002, 题库管理系统中的自动化组卷算法[J].西北师范大学学报(自然科学版), 38(4)
- [27] 董跃武, 黄凯东等, 2002, 遗传算法与题库自动组卷[J].中国远程教育.第 8 期总 187 期。
- [28] 王晓荣, 王萌, 2002.10, 基于自适应的智能组卷方案研究[J], 荆州师范学院学报(自然科学版), 25(5)。
- [29] 张红梅, 2004, 多媒体远程教学课件中智能组卷的设计与实现[J], 现代电子技术, 第 3 期总第 170 期。
- [30] 王晓东, 2003.2, 计算机算法设计与分析[M], 北京:电子工业出版社。
- [31] 应继儒, 胡立新等, 题库库随机选题数学模型的构建及实现, 计算机应用, 2001 年 1 月
- [32] 钟咏兵, 冯金富, 张瑞昌, 2002, 自适应题库的设计与实现, 计算机世界网, <http://www.ccw.co-m.cn/>
- [33] 周娟, 2004, 网络考试系统组卷模块的优化方案闭, 安徽工业大学学报, 21(1)
- [34] 张文, 陈世强. WORD 文档的内容与数据库互联及其应用.[J].现代计算机.2005.7:83-85
- [35] 刘秀娟. Delphi 与 Word 之间的融合技术.[J].渤海大学学报(自然科学版), 2004 年 01 期
- [36] 使用 VC++ ATL 实现 Office 的 COM 插件[<http://www.vckbase.com/document/viewdoc/?id=1388>]
- [37] RichView 控件 <http://www.trichview.com/>
- [38] 周宁, 黄春英, 龙侃用 VBA 在 WORD 中二次开发题库.[J].井冈山学院学报(自然科学).2005.08:43-44
- [39] 田民格. Delphi 开发无纸化考试系统.[J].三明学院学报.2005.06
- [40] 庞英智. 电子题库管理系统的与实践.[J].现代情报.2005.9
- [41] 张书云, 范伟, 李颜儒. 基于 ADO 技术的图片试题管理的实现.[J].计算机时代.2005.6

- [42] 温子梅.基于 UML 的题库题目的难度智能修正实现[J].广东教育学院学报.2005.6
- [43] 倪应华,陈怀化.基于 XEDB 开放式题库资源共享的架构与实现.[J].微机发展.2005.9
- [44] 徐东霞,王旭初.基于教育统计学的考试系统的研发.[J].昆明大学学报(综合版).2005.1
- [45] 谭汉松,侯水英.基于局域网的通用考试系统的设计与开发.[J].中南工业大学学报.2000.4
- [46] 蔡国民.基于遗传算法的智能题库设计.[J].巢湖学院学报.2005.7
- [47] 李丽娟.题库管理及组卷系统的开发.[J].实验室研究与探索.2005(vol 24 sup.)
- [48] 陈金西.题库计算机管理系统的设计与开发.[J].鹭江职业大学学报.2005.6.
- [49] 李莉,陈未如,王翠青,韩建华.通用智能题库管理系统的研究与实现.[J].沈阳化工学院学报.2005.9
- [50] 田翔.一个改进的通用成卷模型及其智能算法.[J].华南理工大学学报(自然科学版).2004.7
- [51] 陈晓东.一种基于改进遗传算法的组卷算法[J].哈尔滨工业大学学报.2005.9(37)
- [52] 周文胜,潘中柱.一种实用的随机组卷算法的设计思想[J].湖南科技学院学报.2005.11(26)

致 谢

在文章的最后，我要感谢那些在我人生道路上给过我支持和鼓励的人们。

首先要衷心感谢我的导师杨家红老师，在我的学习期间，杨老师不但为我提供了宽松的学习科研环境，更培养了我独立从事科研的能力。他严谨的治学态度和求实的工作作风以及孜孜以求的钻研学术的精神为我树立了榜样，不仅使我收益匪浅，同时杨老师博大宽广的胸怀和高度的责任感也必将使我获益终身。

另外，我还要感谢湖南湘西自治州天健网络有限公司总经理史卫宏先生，通过天健公司的委托，使我有对试题库项目进行研究和开发的机会。他在我整个系统研发过程中，进行了许多沟通和合作，给予了我许多有益的指导和帮助。

同时还要感谢我的师弟钟坚成，在系统设计和实现期间，我们一起并肩战斗，共同努力，如期将项目完成。系统从需求到设计到编码，费时将近一年时间，特别是2005年5月至6月和2005年底，我们在湘西土家族苗族自治州首府吉首市，进行了需求分析和关键代码开发；时间紧，任务重，那是我最难以忘记的日子。

在此衷心感谢我的父母，正是他们多年来无私的支持和不断的鼓励使我能够圆满完成学业。由衷地感谢我的妻子曾娅萍，她始终如一的关心、鼓励与支持，使我能够坚定地克服每一个困难。

特别感谢朱杰瑛老师对我的论文进行的审订，感谢我所有的亲人和朋友，是他们在精神上和生活上给予我莫大的支持！

最后，谨向百忙之中审阅本文的专家和老师表示感谢！

攻读硕士学位期间发表的论文和著作

- [1]. SVM分类器的风险评估算法研究.计算机工程与应用 2006年2月
- [2]. 彭为, 黄科, 《基于以太网的DNC 系统的设计与实现》科技广场(信息科学) 2006年1月
- [3]. 《DELPHI7/8程序设计基础教程与上机指导》(合著)ISBN: 7-302-09154-4清华大学出版社 2004年
- [4]. 《电脑装机、设置、组网、维护终极解析》(合著) ISBN: 7-121-00385-6 电子工业出版社2004年
- [6]. 《WINDOWS安装、操作与维护终极解析》(参与) ISBN: 7-121-00398-8 电子工业出版社 2004年
- [7]. 《单片机典型系统设计实例精讲》(合著) 电子工业出版社 2006年(正在出版)

湖南师范大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：彭为

2006年6月9日

湖南师范大学学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权湖南师范大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

- 1、保密，在-----年解密后适用本授权书。
- 2、不保密。

(请在以上相应方框内打“√”)

作者签名：彭为 日期：2006年6月9日

导师签名：杨冠仁 日期：2006年6月4日