

包头市防震减灾知识竞赛智能出题系统的设计与应用

张瑞华*, 李嘉欣, 蔡宗文, 任 忠

包头市地震台, 内蒙古 包头

收稿日期: 2026年7月7日; 录用日期: 2026年8月11日; 发布日期: 2026年8月20日

摘 要

针对防震减灾知识竞赛人工出题效率低下、试题标准不统一、难度缺乏动态校准、题库资源复用性差等痛点, 依托包头地震信息服务平台, 设计实现基于B/S架构的地震科普竞赛智能出题系统。系统采用PHP + MySQL轻量化技术栈, 构建数据、逻辑、服务、表现四层解耦架构, 搭建包含二级知识点标签、难度系数等字段的标准化结构化题库, 搭建兼具题型、难度双重约束的智能组卷引擎, 实现试题自动筛选、跨卷去重与批量快速组卷, 建立五级难度自适应校准机制, 通过滑动窗口汇总多场答题数据, 依据正确率动态迭代更新试题难度系数。本文构建了一套面向资源有限的地方基层科普场景的轻量化智能出题闭环理论框架, 小规模科普赛事的简易自适应评估算法, 提出基于滑动窗口的多场次试题难度动态迭代校准方案, 弥补现有科普出题系统缺少本地化自适应难度调节机制的研究空白, 为市县级小型应急科普活动提供低成本、可快速部署、具备长效动态评估能力的标准化智能出题解决方案。该系统目前运行结果良好, 可轻量化易部署, 后续拓展可适配各类应急科普竞赛, 为智慧防灾数字科普提供实践参考。

关键词

防震减灾知识竞赛, 智能出题系统, 智慧防灾数字科普

Design and Application of Intelligent Question Generation System for Earthquake Prevention and Disaster Reduction Knowledge Competition in Baotou City

Ruihua Zhang*, Jiaxin Li, Zongwen Cai, Zhong Ren

Baotou Earthquake Observatory, Baotou Inner Mongolia

*通讯作者。

文章引用: 张瑞华, 李嘉欣, 蔡宗文, 任忠. 包头市防震减灾知识竞赛智能出题系统的设计与应用[J]. 计算机科学与应用, 2026, 16(8): 160-166. DOI: 10.12677/csa.2026.168271

Received: July 7, 2026; accepted: August 11, 2026; published: August 20, 2026

Abstract

Addressing the pain points of low efficiency, inconsistent question standards, lack of dynamic difficulty calibration, and poor reusability of question bank resources in earthquake prevention and disaster reduction knowledge competitions, this paper designs and implements an intelligent question generation system for earthquake science popularization competitions based on a B/S architecture, relying on the Baotou Earthquake Information Service Platform. The system adopts a lightweight PHP + MySQL technology stack, constructing a four-layer decoupled architecture of data, logic, service, and presentation. It builds a standardized structured question bank containing fields such as secondary knowledge point tags and difficulty coefficients, and establishes an intelligent question generation engine with dual constraints of question type and difficulty. This engine enables automatic question selection, cross-question deduplication, and batch rapid question generation. A five-level adaptive difficulty calibration mechanism is established, and multiple rounds of answer data are aggregated through a sliding window, dynamically updating the question difficulty coefficient based on the accuracy rate. This paper constructs a lightweight intelligent question-generating closed-loop theoretical framework for local grassroots science popularization scenarios with limited resources, proposes a simplified adaptive evaluation algorithm for small-scale science popularization competitions, and establishes a multi-session dynamic iterative calibration scheme for question difficulty based on a sliding window. This fills the research gap in existing science popularization question-generating systems, which lack a localized adaptive difficulty adjustment mechanism. It provides a standardized intelligent question-generating solution for small-scale emergency science popularization activities at the city and county levels that is low-cost, rapidly deployable, and possesses long-term dynamic evaluation capabilities. The system is currently running well, is lightweight and easy to deploy, and can be further expanded to adapt to various emergency science popularization competitions, providing practical reference for smart disaster prevention digital science popularization.

Keywords

Earthquake Disaster Prevention and Mitigation Knowledge Competition, Intelligent Question-Generating System, Smart Disaster Prevention Digital Science Popularization

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地震具有突发性强、破坏力大的特点,严重威胁人民生命财产与社会安全。2008 年汶川特大地震警示我们,公众防震知识匮乏、应急能力不足,会进一步加剧灾害损失,因此常态化科普是防灾减灾工作的重要基础。建立健全应急科普协调联动机制,显著提升基层科普工作能力[1]。地震知识竞赛作为互动式科普形式,已在各地常态化开展,成为普及防震知识的有效载体。但目前竞赛出题多依靠人工完成,不仅效率低、人力成本高,还存在试题标准不统一、资源难以复用等问题,制约科普工作规范化发展。立足智慧防灾与数字科普发展趋势,本文依托包头地震信息服务平台,研发防震减灾智能出题系统。该系统依托标准化题库、智能组卷与难度自适应机制,实现试题自动生成与管理,有效解决传统模式的各类短板,降低

赛事筹备成本。研究成果可为地方防震减灾科普提质增效、推进智慧防震建设提供实践参考。

2. 相关工作与理论基础

2.1. 智能组卷系统研究现状

当前智能组卷系统研究主要分为高校标准化考试系统、线上职业测评系统两类。赵忠平等(2023)[2]设计通用科普竞赛组卷平台,仅实现静态固定难度组卷,不具备赛后动态试题校准能力;温海等(2022)[3]基于项目反应理论(IRT)搭建在线自适应考试系统,但依赖大规模考生样本、高性能服务器,部署成本高,不适配市县基层科普资源受限场景。现有成熟商用组卷平台多面向规模化校内考试,内置复杂 IRT 模型,对答题样本量、硬件算力要求高,无法适配每年仅开展 3~8 场、单场参与人数千人以内的地方防震减灾科普竞赛活动。面向应急科普细分领域的智能出题工具研究较少,现有成果普遍忽略基层赛事样本分散、经费有限、运维人员技术薄弱的现实约束,缺少轻量化、低样本量适配的难度自适应方案,为本研究留下创新空间。

2.2. 自适应测试核心理论

(1) 经典测试理论(CTT)。经典测试理论以试题正确率、试卷平均分作为核心评价指标,模型简单、计算量小、对样本数量无硬性要求[4],适合中小规模测评场景。CTT 以通过率直接表征试题难易度,无需复杂参数标定,轻量化计算逻辑完全契合本系统 PHP + MySQL 低算力部署需求[5]。本文以 CTT 为底层理论支撑,采用答题正确率作为难度迭代核心依据,规避 IRT 模型对大量考生样本、多维参数估计的严苛要求。

(2) 项目反应理论(IRT)。IRT 通过区分度、难度、猜测度三维参数刻画试题特征,自适应精度更高[4],但需要数千份以上稳定答题样本完成参数收敛,且涉及非线性拟合,运算开销大。基层防震科普竞赛场次少、样本分散,无法满足 IRT 模型训练条件,因此本文暂不采用,将其作为后续模型优化方向。

3. 系统总体设计

本章从系统架构设计、核心功能定位及技术选型三个维度,对地震科普智能出题系统的总体方案进行详细阐述。系统以“标准化题库支撑、智能化组卷驱动、自适应难度调节”为设计理念,旨在实现防震减灾知识竞赛出题的全流程自动化。

3.1. 系统架构设计

系统采用 B/S 架构,自下而上分为数据层、逻辑层、服务层和表现层四个层级[6],各层之间通过层间解耦,便于功能扩展与维护。

(1) 数据层:负责数据的持久化存储,包括试题数据库、组卷规则库、答题日志库和用户信息库。其中试题数据库存储题干、选项、答案、知识点标签、难度系数等字段;答题日志库记录每道试题的答题正确率,为难度自适应调整提供数据基础。

(2) 逻辑层:封装系统核心业务逻辑,包括出题引擎(实现题型匹配、知识点覆盖控制、难度筛选)、难度自适应引擎(基于答题数据动态更新难度系数)和题库管理引擎(支撑试题的日常维护)。

(3) 服务层:面向外部提供标准化接口,包括组卷服务接口、数据导出接口(支持 Word、PDF、JSON 等格式)。

(4) 表现层:用户交互界面,采用 B/S 架构,提供组卷配置、题库管理、数据统计等功能界面。

3.2. 核心功能定位

系统围绕“多题型适配、难度动态校准、批量自动组卷”三大核心功能进行设计,各项功能的具体

定位如下。

多题型适配：支持判断题、单选题、多选题三类竞赛常用客观题型的统一存储与组卷适配。判断题选项固定为“正确/错误”；单选题存储四个选项；多选题答案以数组形式存储，支持多个正确答案。

难度动态校准：建立“初始评定 - 答题数据采集 - 动态迭代更新”的闭环机制，使试题难度系数与实际答题表现逐步匹配。

批量自动组卷：用户设置组卷参数后，系统在 1 分钟内生成多套不重复的标准化试卷，支持人工微调后导出。

3.3. 技术选型

系统采用轻量化技术栈：后端使用 php 服务框架，数据库采用 MySQL 8.0，前端 Bootstrap 框架构建，支持 Sass 变量和 mixin、响应式栅格系统、自带大量组件和众多强大的 JavaScript 插件。试卷导出使用 PHPWord。上述选型兼顾开发效率与部署便捷性，能够满足市、县级科普竞赛的出题需求。

4. 核心模块详细设计

4.1. 结构化题库模块

结构化题库模块是整个系统的基础数据层，承担试题的标准化存储、多维分类与使用状态管理功能。该模块的设计目标是解决传统出题模式下试题分散、格式不统一、复用困难等问题，为上层智能出题引擎提供高质量、高可用的数据源。

4.1.1. 试题字段结构设计

每道试题在题库中以标准化记录形式存储，核心字段设计如下表 1，图 1。

Table 1. Statistics of core fields in system test questions
表 1. 系统试题核心字段统计表

字段名称	字段类型	说明
题目	文本	试题题目内容，支持图文混排
答案	字符串/数组	判断题与单选题存储单个答案标识，多选题存储多个答案标识
选项	JSON 数组	存储各选项内容，判断题存储两个选项，单选与多选题存储四个选项
知识分类	字符串	标注试题所属的知识点分类，采用二级标签体系
题目类别	字符串	表示试题的类别，分为判断题、单选题与多选题
难度	浮点数(1.0~5.0)	表示试题的相对难度，1.0 为极易，5.0 为 0 极难

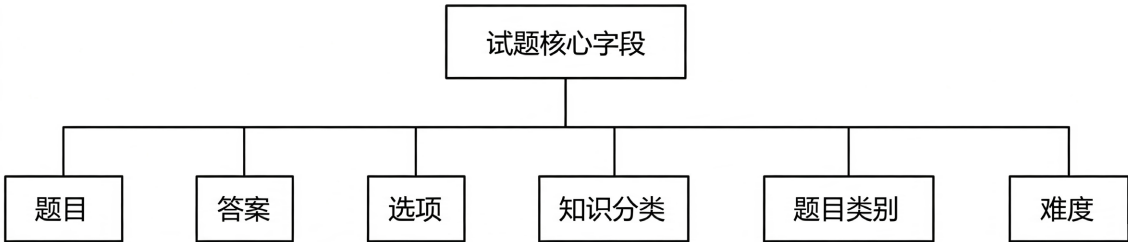


Figure 1. Structure diagram of core fields in the test questions
图 1. 试题核心字段结构图

4.1.2. 知识点标签体系

知识点标签体系是控制试卷内容覆盖度的重要工具。本文构建了两层递进的标签结构(图 2)。

第一层(大类): 地震基本知识和地震避险常识。

第二层(小类): 每大类下细分 3~6 个小类。以“地震基本知识”为例, 细分为“基础知识”“监测预报”“震害防御”“紧急救援”等; 以“地震避险常识”为例, 细分为“震前准备”“地震避险”“震时自救”“震后救援”等。

每道试题被映射至第二层(小类)标签, 系统可通过标签聚合统计试卷在不同层级上的知识点覆盖情况, 确保组卷时满足预设的知识点覆盖要求。

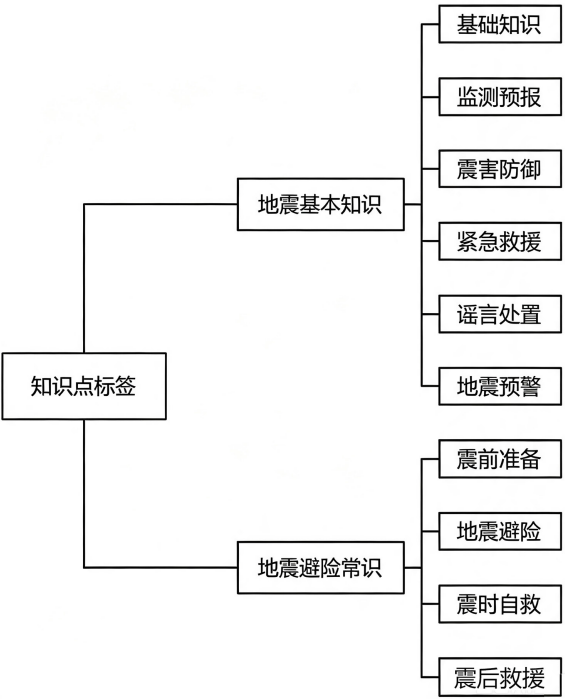


Figure 2. Knowledge point tag structure
图 2. 知识点标签体系结构

4.2. 智能出题引擎设计

出题引擎是系统的核心功能层, 负责接收组卷参数, 通过算法自动完成试题筛选与组合。

4.2.1. 组卷约束模型

用户在进行组卷时需设置两类约束条件:

(1) 题型数量约束: 设试卷总题量为 N , 判断题、单选题、多选题的数量分别为 n_1 、 n_2 和 n_3 , 满足 $n_1 + n_2 + n_3 = N$ 。引擎从各题型分类中抽取对应数量试题, 若某题型可用试题不足则发出预警。

(2) 难度区间约束: 用户设定期望的试卷平均难度系数 D_{target} 及允许误差 δ (如 0.2)。引擎在筛选过程中实时计算已选试题的平均难度, 并以此约束后续试题的难度选择范围, 使最终试卷的平均难度控制在 $D_{target} \pm \delta$ 范围内[7]。

4.2.2. 试题去重与随机化策略

为防止同一知识点在同一试卷中重复出现, 引擎在抽取过程中实时记录已选试题的知识点标签, 当

候选试题标签与已选试题存在重合时，优先跳过并从同题型、同难度区间中选取其他试题[8]。生成多套试卷时，系统记录已选试题 ID，避免各套试卷之间的试题重复。

4.3. 难度动态自适应机制

难度动态自适应机制是系统实现智能化的核心特征。该机制通过收集实际答题数据，持续迭代更新每道试题的难度系数，使难度标注逐渐逼近受众的真实认知水平。

4.3.1. 五级难度系数量化标准

系统采用五级难度系数体系，具体标准如下表 2。

Table 2. System test question difficulty level classification table
表 2. 系统试题难度等级分级表

难度等级	系数范围	行为描述
1 级(简单)	1.0~1.8	绝大多数参赛者(正确率 > 90%)可正确回答
2 级(一般)	1.8~2.6	大部分参赛者(70%~90%)可正确回答
3 级(中等)	2.6~3.4	约半数参赛者(50%~70%)可正确回答
4 级(较难)	3.4~4.2	少数参赛者(30%~50%)可正确回答
5 级(很难)	4.2~5.0	极少数参赛者(正确率 < 30%)可正确回答

国内科普竞赛、线上答题平台普遍采用 3~7 级难度划分，五级划分兼顾区分度与管理简洁性；若分级过少(3 级)，难度区间跨度大，细微答题差异无法体现；若分级过多(7 级及以上)，基层少量答题样本难以支撑精细区分，易出现难度频繁跨级波动。

4.3.2. 基于答题正确率的动态调整规则

每场竞赛结束后，系统自动统计每道试题在本场竞赛中的答题正确率。设某试题当前难度系数为 d_{old} ，本场正确率为 p ，则新的难度系数 d_{new} 按如下规则计算(表 3)。

Table 3. System test question difficulty level adjustment rules
表 3. 系统试题难度等级调整规则

正确率范围	判断	调整规则
$p \geq 0.9$	偏易	$d_{new} = \max(1.0, d_{old} - 0.2)$
$0.7 \leq p < 0.9$	略易	$d_{new} = d_{old} - 0.1$
$0.5 \leq p < 0.7$	适中	$d_{new} = d_{old}$
$0.3 \leq p < 0.5$	略难	$d_{new} = d_{old} + 0.1$
$p < 0.3$	过难	$d_{new} = \min(5.0, d_{old} + 0.2)$

调整步长设为 0.1 或 0.2，避免单次调整过大导致难度系数剧烈波动。

4.3.3. 多次迭代的校准机制

系统采用滑动窗口机制，仅统计最近 5 场竞赛中每道试题的答题正确率，避免因参赛者群体差异造成的单场异常波动[9]。当试题累计使用场次不足 3 场时，以初始评定为主；使用场次达 3 场及以上时，以答题数据为调整依据，初始系数权重逐渐降低。

通过多轮竞赛的持续迭代，试题难度系数逐步收敛至与其真实难度相匹配的数值。在包头市

2022~2026 年应用实践中, 经过 5 场的迭代, 题库中约 85% 的试题难度系数趋于稳定, 未发生跨等级的剧烈调整, 验证了该校准机制的有效性。

5. 应用成效

2022~2026 年, 本系统成功应用于包头市地震局防震减灾知识有奖竞答活动, 累计举办 5 场, 参与人数达万人次。通过多轮应用, 单套试卷生成时间从传统模式的 3 个工作日缩短至 1 分钟以内, 出题效率提升 87%, 人力成本显著降低。赛后用户调研显示 90% (数据源自竞赛组织人员抽样调查结果) 的参赛者认为试题难度“适中, 符合自身知识水平”。所有竞答未出现因试题难度失衡、试题重复引发的投诉, 竞赛组织方满意度达 100%。

对比传统人工出题模式, 本系统标准化程度高, 避免了人工出题的主观偏差, 试卷难度、知识点覆盖的稳定性大幅提升。本系统资源复用性强, 试题统一存储在结构化题库中, 可根据需求随时调用、迭代, 避免了重复出题的资源浪费, 同时适配性更强, 可快速生成不同难度、不同题型占比的试卷, 满足多场次、多层级的竞赛需求。实践结果同时验证了本文提出的轻量化智能出题与动态评估框架在地方基层科普场景下的可行性与有效性, 为同类资源受限地区科普数字化落地提供实证依据。

6. 讨论与展望

6.1. 当前系统的优势与可优化空间

本系统的核心优势在于轻量化、易部署、适配性强, 无需复杂的定制开发即可快速应用于各类知识竞赛场景。但本系统目前仅支持三类客观题型, 后续可增加简答题、案例分析题等主观题型的智能判分、题库管理功能。本系统难度自适应算法目前仅基于答题正确率调整, 后续可引入知识点掌握程度等维度数据, 进一步提升难度匹配的精准度。

6.2. 推广展望

本系统具备较强的通用性, 后续通过调整题库的知识点标签体系与难度评定标准, 可快速适配应急安全、防灾减灾、科学常识等其他科普领域的竞赛需求。同时既可以支持市级、省级大型科普竞赛的批量组卷需求, 也可以适配社区、学校等小型科普活动的轻量化出题需求。

基金项目

本文为内蒙古自治区地震局局长基金课题资助项目(编号: 2025QN28)的成果。

参考文献

- [1] 国务院关于印发全民科学素质行动规划纲要(2021—2035 年)的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-06/25/content_5620813.htm, 2021-06-25.
- [2] 赵忠平, 杨浩. 智能组卷系统的设计与实现[J]. 山西师范大学学报, 2008, 22(2): 28-32.
- [3] 温海. 自适应考试系统组卷算法的研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2009.
- [4] 修美丽, 柴省三, 鲍杰. 自适应语言测试题库 CTT 与 IRT 参数估计对比研究[J]. 首都师范大学学报(社会科学版), 2024(3): 180-189.
- [5] 王伊, 黄韵欣, 刘晋泽, 等. 基于共享题库的云考试系统设计与实现[J]. 电脑与信息技术, 2021, 29(4): 38-41.
- [6] 尹逸铎, 陈科. 基于 B/S 架构的网络考试系统的设计与实现[J]. 现代信息科技, 2021, 5(14): 21-23+28.
- [7] 王友仁, 张焱, 崔江. 智能组卷系统的建模与算法研究[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(9): 85-89+97.
- [8] 张清富, 倪子伟. 基于动态自适应技术遗传算法的智能组卷策略[J]. 电脑与电信, 2009(7): 42-44.
- [9] 吕静, 陈春晓. 滑动窗口策略在自适应测试系统中的应用研究[J]. 计算机工程与应用, 2019, 55(12): 112-117.