

特殊教育学校盲文试题译制的困境与协同优化研究

Research on the Dilemmas and Collaborative Optimization of Braille Test Paper Translation in Special Education Schools

陈婉淇^{1*}, 周家齐¹, 李嘉¹, 郑嘉琪¹

¹ 华南师范大学教育信息技术学院

* 2025020843@m.scnu.edu.cn

【摘要】 特盲文试题译制质量是保障视障教育公平的关键。本研究通过实地考察与访谈，解构了文、理及复合学科三种译制场景，诊断出技术适配不足、协作机制不畅及排版适配失衡三大困境。据此，构建“AI 双模块赋能-人工核心-协同管控”的人机协同方案：利用 AI 提升语义翻译与触觉排版效能，强化多岗分工决策，并通过数字化平台打通管控闭环。专家评估显示，该方案能显著提升译制效能并规避内容生成风险，为高利害考试公平提供可落地的路径参考。

【关键词】 特殊教育；盲文试题；人机协同；人工智能；教育公平

Abstract: Braille exam translation is vital for educational equity. Through field research, this study deconstructs translation scenarios across humanities, sciences, and composite disciplines, identifying dilemmas in technical adaptation, collaboration, and tactile layout. We propose a human-machine collaborative framework comprising an "AI Dual-Module Empowerment Layer," a "Human Core Layer," and a "Collaborative Management Layer." This scheme integrates AI-driven semantic translation and adaptive formatting with professional human decision-making. Expert evaluation confirms the framework significantly improves efficiency and mitigates content generation risks. This research offers a scalable path to ensure equity in high-stakes examinations for visually impaired students.

Keywords: Special Education, Braille Examination Papers, Human-Machine Collaboration, Artificial Intelligence, Educational Equity

1.引言

我国特殊教育进入内涵式发展关键期，盲文试题译制直接决定考试信息的准确性与等值性，是维护教育公平的核心环节。

现有研究已围绕盲文翻译与触觉交互展开探索：通过双任务拆分提升汉盲翻译准确率(Yu et al.,2024)；提出盲文触觉排版适配原则（焦阳 & 徐迎庆，2023）；构建人工智能与特殊教育融合框架（郭利明等，2019）。但现有成果多聚焦单一技术或宏观框架，对多学科试题场景化适配、学校岗位分工、实操痛点与人机协同落地需求关注不足，与一线实践存在脱节。为此，本研究立足盲校真实译制流程，解构学科场景、诊断现实困境，构建可落地的人机协同方案，为提升译制效能、保障考试公平提供支撑。

2.研究方法及过程

本研究采用实地考察法与深度访谈法相结合的质性研究范式，以广东某大型盲校为调研场域，系统开展现状调查、困境分析及人机协同方案设计相关研究。

2.1. 研究对象

研究采用目的抽样法，选取广东某大型盲校为调研对象。采用目的抽样法选取 24 名访谈对象，涵盖译制全流程核心参与主体：学科教师 14 名，覆盖语文、数学、生物、地理等不同学科；选取盲文老师 6 名，从业年限 5-15 年；选取制卷管理人员 4 名，均参与过盲文试题译制相关工作。

2.2. 研究方法

本研究采用半结构化访谈法，围绕工作职能、译制现状、现实困境、人机协同需求及优化建议五个维度展开。半结构化访谈由研究者事先准备好访谈提纲，以确保访谈能够正常有序地进行，同时可根据教师、学校负责考卷的工作人员等受访者的实际情况灵活调整计划（闵芳芳，2020）。同步开展实地考察，形成“观察还原流程+访谈挖掘本质”的互补研究模式，发挥“访谈补证”的质性研究优势，

2.3. 数据收集与分析

本研究构建多源数据互补验证体系，确保资料的全面客观，为后续分析提供坚实实证支撑。资料收集涵盖三类：一是实地考察资料，包括译制全流程记录、工具手册及管理规范；二是访谈资料，涵盖 24 名受访者的访谈录音及约 3 万字的标准化转录文本；三是辅助案例资料，选取 12 份含原始卷、译制稿及校验记录的典型学科译制案例。资料分析采用质性主题分析法，经开放式编码提取 218 个初始概念标签，通过语义整合与范畴凝练形成 12 个核心范畴，最终归纳出学科差异化场景、全流程译制困境、人机协同重构路径三大分析框架，为研究结论提供实证支撑。

3.现状分析

基于实地考察获取的过程日志、深度访谈文本及主题分析结果，本研究对当前盲文试题译制的作业现状进行了系统解构。研究发现，盲文试题译制并非单一的线性转换，而是需融合学科专业性、盲文规范性、触觉适配性及考试公平性的复杂协同工作；目前已形成基于学科特性的三种典型作业场景，如表 1 所示。

表 1 盲文试题智能译制现状表

场景类型	代表学科	内容特征	协同模式	技术介入度与局限
场景一：文科类	语文、政治、英语	文字占比 >90%，格式单一，少量基础符号。	机器初译+人工校对。学科教师与盲文老师联合校验语义。	高：分词连写准确率 80%-90%，核心痛点在于语义精细化校准。
场景二：理科类	数学、物理	符号密集、公式嵌套，文字仅起引导作用。	学科教师拆解语义+盲文老师逐号人工录入与编码。	低：现有 OCR 难以识别复杂嵌套公式，人工负担极重。
场景三：复合类	生物、地理	文字、符号、专业代码及复杂图表混合。	学科、盲文及制图三方深度协同，需进行触觉图像简化。	中：仅能辅助处理文字。核心挑战在于触觉排版标准缺失导致信息过载。

3.1. 场景差异化分析

三类场景的译制效率呈梯度递减。文科场景已初步实现自动化，但理科与复合场景受限于特殊符号识别能力不足与触觉空间布局复杂性，仍高度依赖人工经验，导致译制周期长、容错率低。

4.困境分析

4.1. 翻译技术适配不足

通用智能盲文翻译技术对理科非线性文本识别能力弱，上下标、嵌套公式等易被误读为乱码，只能依赖手工录入。不同学科盲文编码存在规则冲突，机器无法自动预判规避，显著提升人工纠错成本，影响试题信息准确性与考试公平性（秦书生 & 闫萍，2025）。

4.2. 协作合作机制不畅

盲盲文试题译制需多岗位协同，但当前协作分散、缺乏数字化平台，主要依靠面对面口述核对，沟通成本高（柴永生 & 琚四化，2021）。学科教师与盲文教师存在专业壁垒，加之教师工作量饱和，难以支撑大规模、高标准考试的译制要求。

4.3. 点位排版适配失衡

盲文点位固定不可缩放，机器机械换行易拆分完整语义单元，破坏摸读连贯性；图形与文字点阵密度接近易造成触觉混淆，产生“触觉噪音”，干扰学生识别（Etezzad et al., 2025）。现有系统无法适配触觉阅读规律，难以满足视障学生核心阅读需求。

5.人机协同方案设计

针对前述困境，本研究构建“AI 双模块赋能-人工核心-协同管控”三层协同方案如图 1 所示。方案以“人工主导、AI 赋能、场景适配、闭环管控”为逻辑，旨在利用人工智能优势为视障学生提供精准支持（范文翔等，2025）

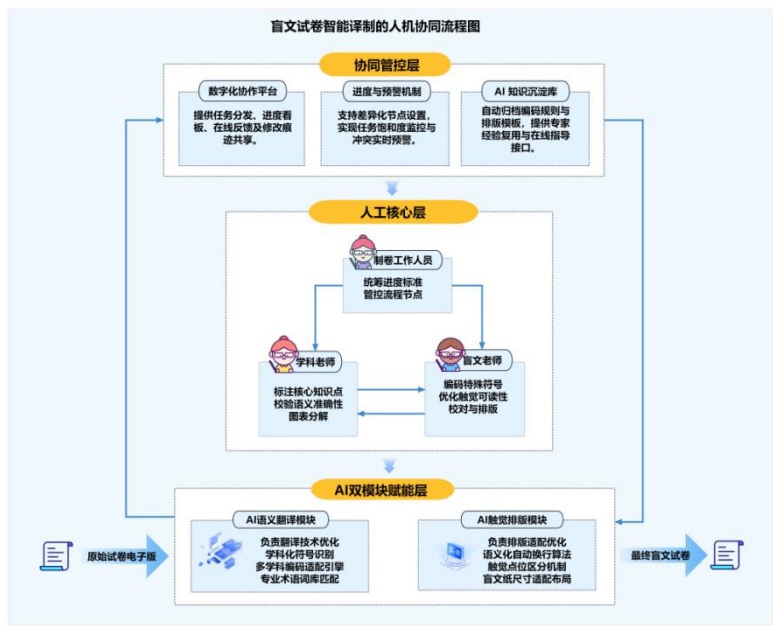


图 1 盲文试卷智能译制的人机协同流程图

5.1. AI 双模块赋能层

AI 赋能层作为技术核心，靶向解决翻译与排版困境。语义翻译模块基于卷积神经网络（CNN）实现理科符号“图像识别+语义匹配”，其基准测试显示对复杂符号识别率具备达到百分之九十以上的潜力，并内置多学科编码规则库以预判冲突，实现“缺陷补偿”功能（郭利明

等, 2019)。触觉排版模块融入语义分析与触觉感知模拟算法, 利用语义化自动换行算法保障化学式等单位不被机械拆分; 同时借助密度调控算法设置阈值, 通过“粗点位+差异化间距”区分图形与文字点位, 减少“触觉噪音”(焦阳 & 徐迎庆, 2023), 平衡信息完整性与阅读舒适度。

5.2. 协同管控与人工决策

人工核心层承担复杂决策与质量兜底。学科教师负责语义终审与图表拆分; 盲文专家负责编码校验与摸读把关; 制卷人员统筹跨岗衔接。协同管控层依托数字化平台打通“沟通墙”, 支持修改痕迹实时共享与进度预警, 并自动归档排版模板以形成复用资产。初步评估显示, 该协同模式可使跨岗位流转时间有效缩短。此外, 方案建立了“人工终审问责制”, 有效规避了AI在高利害考试中的内容生成风险, 在提升效能的同时筑牢教育公平底线。

6. 结论与展望

本研究通过深度调研解构了三类盲文译制场景, 诊断出技术适配不足、协作机制不畅及排版失衡三大核心困境, 并据此构建了“AI 双模块赋能-人工核心-协同管控”的人机协同方案。该方案通过AI与人工的差异化分工, 实现了译制质量、效率与公平性的协同提升, 契合特殊教育的精准化需求。

展望未来, 大语言模型(LLM)的演进为方案迭代提供了新路径。例如 BrailleLLM 的相关研究已证实, 通过注入盲文知识的指令微调, 能显著提升模型在复杂公式与混合文本处理中的性能 (Huang et al., 2025)。后续研究将聚焦于将 LLM 集成至协同架构中, 通过技术赋能与制度优化的双向驱动, 进一步筑牢教育公平底线, 为特殊教育数字化转型提供可复用的协同方案。

参考文献

- 柴永生 & 琚四化.(2021).盲生参加选拔性考试: 问题、理念及策略.中国特殊教育,(07),46-50.
- 范文翔,施昌阳,李珂琳 & 杨俊锋.(2025).人工智能赋能特殊教育学生发展: 应用逻辑与实践路径.现代远距离教育,(01),34-47.<https://doi.org/10.13927/j.cnki.yuan.20241219.002>.
- 郭利明,杨现民,段小莲 & 邢蓓蓓.(2019).人工智能与特殊教育的深度融合设计.中国远程教育,(08),10-19+92-93.<https://doi.org/10.13541/j.cnki.chinade.20190226.003>.
- 焦阳 & 徐迎庆.(2023).无障碍设计研究: 面向视障人群的触觉图形显示设备.科技导报,41(08),65-73.
- 闵芳芳.(2020).半结构化访谈法在计算思维教学评价中的应用.中国信息技术教育,(Z4),48-49.
- 秦书生 & 闫萍.人工智能赋能特殊教育的逻辑理路与困境纾解.当代教育论坛,1-16.<https://doi.org/10.13694/j.cnki.ddjylt.20250714.002>.
- Etezzad, M., Joshi, R., & Cibrian, F. L. (2025). Advancements in refreshable Braille display technology: A comprehensive survey.Displays,*90*, 103133.<https://doi.org/10.1016/j.displa.2025.103133>
- Huang, T., Zhu, Z., Xing, H., Shao, Z., Yu, Z., Yang, C., He, J., Liu, X., & Bu, J. (2025). BrailleLLM: Braille Instruction Tuning with Large Language Models for Braille Domain Tasks.ArXiv, abs/2510.18288.

Yu, H., Su, W., Liu, L., Zhang, J., Cai, C., Xu, C., Quan, H., & Xie, Y. (2024). Enhancing Chinese-Braille translation: A two-part approach with token prediction and segmentation labeling. *Displays*, 84, Article 102819. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2024.102819>