

Content Planning for Mathematics, Physics, and Chemistry Publishing for Blind Students: An Inclusive Publishing Perspective

Liying Liu

China Braille Press, Beijing, 100050, China

Abstract

With the advancement of inclusive education and the growing emphasis on educational equity, the learning needs of students with visual impairments—particularly blind students—in mathematics, physics, and chemistry have become increasingly prominent. These disciplines pose substantial challenges due to their abstract nature, dense symbolic systems, and strong reliance on spatial reasoning and graphical representation. In China, the current supply of such learning resources for blind students remains insufficient, especially with regard to systematic, multimodal materials aligned with their sensory-compensatory cognitive characteristics. Against this backdrop, this paper proposes a learner-centered integrated publishing framework based on print–digital convergence and multimodal complementarity. Centered on high-quality instructional content, the framework integrates tactile and print texts, structured audio and video explanations, accessible digital platforms, and supporting physical learning aids such as tactile assistive tools and braille learning cards. Finally, the paper outlines future directions for content planning, focusing on precise topic selection, graded learning systems, innovation in publishing formats, and the establishment of user feedback mechanisms. The study aims to contribute practical strategies for developing more inclusive, effective, and sustainable learning resources for blind students in STEM education.

Keywords

blind students education; braille code for STEM; inclusive publishing; multimodality; accessible design; tactile graphics; print–braille books

面向盲生的数理化出版内容策划——基于融合出版的视角

刘丽莹

中国盲文出版社，中国·北京 100050

摘要

随着融合教育理念的深入与教育公平进程的不断拓展，视障学生尤其是盲生在数学、物理、化学等自然科学领域的教育需求日益凸显。这些学科因其抽象性、符号密集性以及空间想象和图形理解的深度依赖，是学习过程中盲生面临的核心挑战之一。当前我国盲教育领域的资源供给现状显示，契合盲生多感官代偿认知特点的系统化、多模态学习资源体系的内容严重匮乏，因此，探索并构建一种新型的、以盲生为中心的融合出版模式，具有现实紧迫性。本文提出构建“纸数融合、多模态互补”的融合出版核心框架。该框架以出版内容为核心，有机整合文本、结构化音频讲解、数字交互平台、配套盲文教具与明盲对照学习卡等多形态资源。最后，本文将从内容选题的精准性、分级化、出版形式的创新性、用户反馈机制的构建等角度展望未来，以期为我国盲生提供更优质、更包容、更高效的学习资源解决方案。

关键词

盲生教育；数理化盲文；融合出版；多模态；无障碍设计；触觉图形；明盲对照

1 引言

教育公平是现代社会的核心价值目标，而对视障学生而言，公平不仅意味着“可进入”的教育机会，更意味着“可理解、可参与、可发展的”学习过程。当前，我国针对数理化等学科的盲文学习资源仍存在显著缺口。因此，从出版策划的源头进行创新，设计并开发出真正符合盲生认知特点、能够有效支持其数理化学习的融合出版内容，亟待教育者、

出版工作者和科技开发者共同解决。

2 现状分析：盲生数理化学学习的认知挑战与媒介演进

2.1 盲生学习数理化的认知特点与迫切需求

由于视觉信息输入渠道的欠缺或严重受限，盲生认知世界、构建知识体系的方式与健视学生存在本质差异。在数理化学学习中，空间概念与图形理解的障碍最为突出。平面几何中的复杂图形关系，立体几何中的空间结构，物理中的力学图示、电路图，化学中的分子三维构型、实验装置图，这些对健视学生而言可以通过视觉直观把握的内容，盲生必

【作者简介】刘丽莹（1991-），女，中国内蒙古赤峰人，硕士，编辑，从事盲人读物出版、融合出版研究。

须完全或主要依靠触觉来逐步探索、拼合与想象。然而，触觉认知具有顺序性、局部性和分辨率有限的特点（刘亚娟，2009）。盲生通过触觉感知一个图形时，只能从局部特征开始，通过手指的连续移动将信息在头脑中进行整合，难以瞬间形成整体知觉，这导致他们难以把握图形全局关系和隐含几何性质。其次，抽象符号与复杂公式的认知负荷沉重。数理化语言高度符号化、形式化，且符号间关系紧密。盲文虽然提供了转写这些符号的可能，但盲文点字符号本身是线性排列的，复杂的上下标、分式、根式、矩阵、化学方程式等二维结构，需要借助大量额外的标识符在一条线上表达。这不仅大幅增加了盲文文本的体量和复杂度，也使得盲生在阅读时需要投入巨大的认知资源进行语法解析和结构重建，容易顾此失彼，影响对核心数学思想或科学原理的理解。再者，实验操作与现象观察的缺失严重影响了物理、化学学科的深度学习。许多科学概念的建立依赖于对实验现象的观察与分析，盲生虽然可以通过听觉（如声音变化）、触觉（如温度、振动）和嗅觉获取部分信息，但对颜色变化、沉淀生成、气泡产生速率、复杂的光学或电磁现象等关键视觉线索则无法直接感知，这限制了他们从直观经验上升到科学理论的完整过程。

尽管面临诸多挑战，数理化知识对于盲生的个人发展和社会参与却具有不可替代的重要性。从现实角度看，它是盲生应对普通高考或单招单招考试的关键科目，也是接受高等教育（尤其是理工、医学、社会科学等领域）的必备知识。从长远发展看，数理思维和科学素养是信息时代公民核心素养的重要组成部分，能够帮助盲生更理性地认识世界、分析问题、进行决策，提升其独立生活与职业发展的潜力。

2.2 盲文数理化编码体系的现状与挑战

数理化盲文编码体系的设计直接决定了内容表达的准确性与学习效率。我国当前使用的数理化盲文符号体系，基于国际通用符号，结合汉语盲文特点经过多年发展而形成。它包含了大量专用符号，基本覆盖了从基础教育到高等教育的数理化内容需求。然而，功能符号的使用规则相对复杂，容易混淆，增加了初学者的记忆负担和教材编校的难度。且从出版角度看，盲文纸质教材制作成本高昂、周期长、常常导致盲生使用的教材内容相对滞后。

放眼国际，盲文编码的整合与统一已成为重要趋势。以英语世界为例，近年来，以美国、英国为代表的国家开始推行统一英语盲文（UEB），旨在用一套代码覆盖所有内容领域。对于数理化内容，目前存在在UEB文本中嵌入聂美兹盲文（Nemeth）代码块（即“UEB with Nemeth”模式），或尝试完全用UEB扩展符号来处理等不同模式。然而，最新研究指出，双码并存的模式导致了教师困惑、教材转换错误率高以及学生适应困难等问题（O'Brien等，2026）。相比之下，澳大利亚、加拿大等国家采取了更为彻底的统一策略，全面采用UEB作为唯一标准，并通过持续的教育培

训和资源开发来支持过渡。Herzberg & McBride (2023) 通过对教师的访谈研究发现，尽管学习新代码存在短期困难，但从长远看，一套统一的代码简化了教学、出版和技术开发流程，对学生最终是有益的。

3 多模态融合出版框架的构建：纸数融合、多模态互补

针对盲生数理化学习的认知特点，本文提出构建一个以优质内容为核心，层次清晰、相互支撑的资源体系，该体系以文本为知识锚点，其他形态的资源作为配套、延伸与补充，旨在深理解、丰富体验、提供支持。在该框架中，经过优化设计的文本承担权威性与基础性功能；结构化音频资源用于对复杂概念和推导过程进行补充讲解；数字平台则提供可搜索、可交互的学习环境；配套盲用教具与明盲对照学习卡等，将抽象概念转化为可操作的感知经验。各类资源围绕统一的数理化学习目标进行组织，避免碎片化与重复建设。

核心文本与音频资源的协同设计：核心文本（包括盲文与明文对照版本）作为知识传递的基石，已在当前技术条件下能够确保内容的准确性与完整性。未来深化发展的重点，在于推动音频资源从“可听”向“善导”演进，即发展结构化、层次化、教学引导型音频。这类音频应围绕学习难点展开，例如对抽象概念进行多角度阐释、对数学推导进行步骤拆解、对实验现象进行口语化重构等。为实现学习路径的灵活组织，音频可按“预习引导-核心讲解-复习强化”进行分层。同时，为增强学习的情境融合性与获取便捷性，可在纸质教材中嵌入二维码，学生扫描后即可收听对应音频，或观看教师讲解与操作演示的配套微视频，形成“视听联动、即扫即学”的学习闭环。

数字平台作为资源集成与学习支持环境：一个具备无障碍设计理念的数字平台，应成为聚合多模态资源、支持个性化学习的中枢。探索设立独立的“数理化学习”模块，集成以下功能：（1）电子资源中心，提供可检索、可朗读的盲文/明文对照文本及配套习题；（2）多媒体学习区，系统集成配有详细音频描述的教学视频与讲解录音；（3）虚拟交互空间，开发依赖听觉与触觉反馈的模拟实验；（4）学习社区，支持作业提交、答疑与协作。值得指出的是，此类平台的建设已具备一定基础，例如中国盲文出版社运营的“数字听海”平台，已为视障用户提供数字资源服务，未来可在该基础上进一步拓展数理化专题内容模块，形成可持续运营的公益性学习支持体系。

盲用教具的创新开发：基于包容性设计理念（胡新明等，2020），教具应直接对应于特定知识点或技能训练。例如，与几何章节配套的可拼接立体几何模型，与化学分子结构内容配套的带有不同纹理的组件模型，与物理测量单元配套的带有触觉刻度和声音提示的仪器模型。同样，配套的触觉

题卡或学习卡应明盲对照，一面是清晰的印刷题目与图示，另一面是对应的盲文和凸起的触觉图形，便于课堂练习和巩固。触觉图形的设计需遵循特征识别、部件识别、大小适用等科学原则（卞文瀚，2013；罗梅氏等，2018），确保信息传递的有效性。这些教具还应兼顾安全性与耐用性，适合课堂与家庭使用。

明盲对照学习材料：包括题卡、关系图、实验流程图等多种形式，其设计需同时满足视觉与触觉的双通道认知需求。例如，题目卡片正面为印刷图文，背面为盲文与凸起图形；化学实验流程图可同时呈现彩色图示与对应的触觉符号序列。

构建以内容为核心、多模态协同的融合出版体系，在技术层面已具备充分可行性。3D打印等柔性制造技术为盲用教具的小批量定制与快速原型制作提供了可能；明盲对照出版流程在国内已具备规模化的经验，可拓展深化至数理化专用图表、题卡等领域，为资源的大规模生产奠定基础。未来的关键，在于围绕盲生的学习需求，开展出版策划端的教学设计整合，推动该体系从理论框架走向教育实践。

4 未来融合出版内容策划的战略方向

4.1 内容优选与分级体系构建：以学生发展轨迹为中心

内容策划从“翻译”思维转向“创作”思维。选题内容上，建立与一线盲校教师、盲生的常态化调研机制，精准识别各学段、各章节中盲生普遍反映的知识难点，如函数图像的变换、立体几何的截面问题、化学平衡的动态过程等，将这些难点作为核心内容开发与配套资源设计的重中之重。分级体系的构建至关重要。需根据盲生的认知发展水平，设计螺旋上升的内容序列及其配套资源。在学前和小学低段，探索开发以触觉游戏和听觉故事为载体的数前概念、基础形状等内容及配套玩具、教具激发学习兴趣。目前与明眼儿童相比，盲童相关的游戏及玩具都较为缺少。小学高段至初中，系统开发与主流教材配套的、融合触觉图形和音频讲解的核心概念资源与基础练习套件。高中阶段，则侧重与高考要求对接的专题深化资源、综合题型分析套件和备考策略指导。

4.2 自主创新与引进版权双轨并行

坚持“自主开发+引进转化”双轨并行。一方面开展贴合中国盲文语境与本土教学实践的内容研发；另一方面，根据需求引进国际优质盲用数理化教育资源。积极参与相关国际交流，系统总结我国在盲用教具开发、明盲对照出版等方面的实践经验，提升国际影响力。

4.3 强化盲用教具与明盲材料的设计创新与反馈迭代

推动“纸质载体+二维码+数字资源+盲用教具”的

轻量化融合模式尝试，通过二维码链接触发结构化音频、教学视频及拓展练习。重点开发符合学科认知特点的盲用教具，如几何拼插模型、分子结构组件、非视觉测量仪器等，以及支持明盲对照题卡、关系图与实验流程图，实现信息跨通道等价传递。建立以数字平台为枢纽的用户反馈机制，持续收集使用数据，形成“设计-应用-评估-优化”的动态迭代闭环，推动资源持续进化。

5 结论

面向盲生的数理化教育内容的融合出版，是一项兼具教育使命、人文关怀与技术挑战的系统工程。它要求我们从根本上转变思维，从单一提供文本，转向构建以优质内容为核心、以多形态配套资源为支撑的学习支持生态；从关注单一感官通道，转向设计多模态融合的学习体验；从完成静态的内容生产，转向运营动态的、可迭代的资源服务。本文通过分析盲生认知特质与媒介现状，提出了以“纸数融合、多模态互补”为核心、强调资源配套性的出版框架，并围绕内容、形式、机制与交流等维度勾勒了未来的策划路径。其终极目标，是让每一位盲生都能通过适宜的内容和配套工具，无障碍地探索数理化的世界，从而真正享有平等的教育机会和出彩的人生可能。实现这一愿景，需要教育界、出版界、科技界和社会各界的持续关注与协同努力。前方的道路虽非坦途，但以包容之心和创新之力，必能逐步填平知识的沟壑，照亮视障学子通往科学殿堂的道路。

参考文献

- [1] Herzberg, T. S., & McBride, C. R. Experiences of Teachers of Students With Visual Impairments in Learning and Teaching a New Braille Code for Mathematics and Science[J]. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 2023, 117(6): 429-439.
- [2] O'Brien, S., Pogrud, R., & Rudinger, B. Current Perspectives on Unified English Braille as a Complete Code in the United States for Literary and Technical Content[J]. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 2026, 120(1): 87-94.
- [3] 卞文瀚. 基于视障儿童认知的盲文辅助教具设计实践研究[D]. 中国美术学院, 2013.
- [4] 胡新明, 徐伶俐, 王剑, 王伟. 包容性设计视域下学龄前视障儿童玩教具设计研究[J]. *包装工程*, 2020, 41(20): 139-144.
- [5] 刘亚娟. 视障学生数学教学的认识与实践研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2009.
- [6] 罗梅氏, 杨世峰. 《触摸图形设计指南及图例》国家标准的研制[J]. *标准科学*, 2018(07): 166-169.
- [7] 中华人民共和国教育部. 盲校义务教育课程设置实验方案[S]. 2007.