

团体标准

T/JYBZ XXX—202X

智能化备授课系统技术规范

Technical specifications for intelligent lesson preparation and
teaching systems

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国教育装备行业协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原则与架构 2

5 功能要求 4

6 性能要求 12

7 质量要求 14

8 测试方法 17

9 持续改进 20



前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由安徽省电化教育馆和科大讯飞股份有限公司联合提出。

本文件由中国教育装备行业协会归口。

本文件起草单位：XXXX、XXXX、XXXX、……。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX、……。

本文件为首次发布。



智能化备授课系统技术规范

1 范围

本文件给出了智能化备授课系统的原则与架构，规定了功能、性能、质量等要求，并描述了相应的测评方法。

本文件适用于基础教育阶段智能化备授课系统的设计、开发、应用和测评，其他教育阶段可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
GB/T 35273 信息安全技术 个人信息安全规范
GB/T 37668 信息技术 互联网内容无障碍可访问性技术要求与测试方法
GB/T 41479 信息安全技术 网络数据处理安全要求
GB/T 43697 数据安全技术 数据分类分级规则
GB 45438 网络安全技术 人工智能生成合成内容标识方法
GB/T 46483 信息技术 客服型虚拟数字人通用技术要求
JY/T 0607 基础教育教学资源元数据 信息模型
JY/T 0650 智慧教育平台 数字教育资源技术要求
JY/T 0661 教育数据分类分级指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能化备授课系统 intelligent instructional preparation and teaching system

以教与学理论与认知规律为学理根基，综合运用人工智能、教育数据挖掘与学习分析技术，贯通资源生成、课堂实施、效果评估与反思改进的完整闭环，为教师提供持续改进支持的人机协同平台。

3.2

教学资源库 instructional resource repository

依据学科知识体系与课程标准，对教学资源进行采集、标引、存储、管理与分发，具备检索、浏览与下载等基础服务，并支持用户反馈与资源动态更新的系统性资源体系。

注：资源类型包括但不限于教学课件、习题库、多媒体素材、虚拟仿真实验、教案及微课等。

3.3

教学智能体 teaching agent

基于人工智能技术，以赋能教学为宗旨，能够感知教学环境与用户需求，分析课堂师生行为数据，理解任务意图，提供决策辅助并自主执行特定教学任务的智能化软件实体。

注：教学智能体的运行应在教师监督或预设规则约束下进行，其核心特征包括自然语言交互、个性化适应及人机协同能力。

4 原则与架构

4.1 设计原则

系统架构设计应遵循以下原则：

a) 教学适配：符合国家课程标准与基础教育教学规律，灵活适配不同学段、学科的差异化教学需求；坚持技术辅助教学定位，通过高可用、易用性设计保障教师教学主体地位。

b) 分层解耦：采用分层模块化架构，遵循“高内聚、低耦合”原则；定义标准化接口与数据交互规范，确保各层级、模块可独立演进与替换，避免功能交叉及强依赖。

c) 高可用与容错：核心教学业务链路具备冗余设计与故障自动转移能力，支持异常场景下服务降级，保障教学业务不中断。

d) 安全合规与隐私优先：遵循“最小必要”原则，实施数据分类分级管理，建立数据全生命周期安全防护体系，满足国家网络安全等级保护、教育数据安全及未成年人个人信息保护等相关法规与标准要求。

e) 可扩展与可演进：具备松耦合特性，支持计算资源弹性伸缩及功能组件独立部署与升级；预留标准化算法模型接入和业务扩展接口，适应教育技术迭代与教学需求动态变化。

f) 可迁移性与兼容性：遵循开放式技术标准与规范，支持异构环境下的部署与运行，具备良好的跨平台适配能力；兼容主流数据格式、终端设备及第三方教育应用，降低系统迁移与异构集成的技术成本。

4.2 总体架构

系统采用横向分层、纵向保障的总体架构，如图1所示，自底向上依次为：基础设施层、数据与资源层、智能能力层、业务应用层、用户交互层；安全保障体系与运维保障体系纵向贯穿各层级。各层级之间应通过标准化接口进行数据交换、能力调用和状态反馈，避免跨层强耦合。

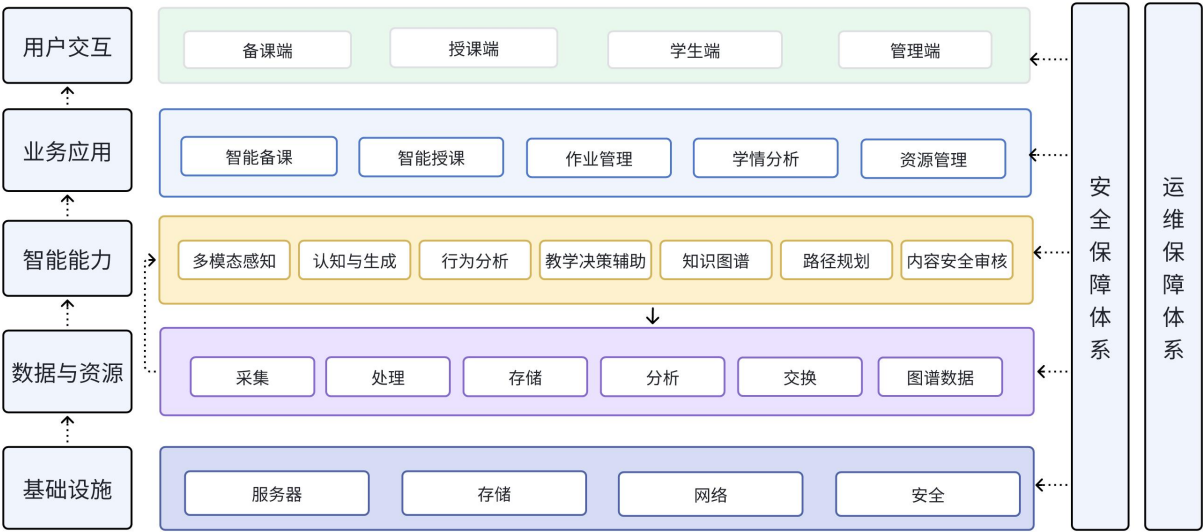


图1 系统总体架构图

a) 基础设施层

提供服务器、存储、网络与基础安全资源支撑，应符合下列要求：

- 服务器与部署：支持公有云、私有云、混合云及本地化部署，兼容统信UOS、麒麟等主流国产操作系统。
- 存储与算力调度：具备容器化编排、弹性计算、分布式存储、负载均衡及异构算力统一调度能力。
- 边缘协同：支持边缘节点离线承载备课、授课等核心业务，具备网络恢复后的端云数据自动同步与冲突解决机制。
- 网络与基础安全：支持高带宽低延迟传输，具备弱网环境下的连接优化、丢包重传、访问控制、传输加密和基础安全防护能力。

b) 数据与资源层

负责教育数据与数字资源的采集、处理、存储、分析、交换及图谱数据管理，应符合下列要求：

- 数据处理与分析：提供结构化与非结构化数据的清洗、脱敏、建模及分析服务化能力；构建学生学情画像时，仅限于教学诊断、资源推荐和学习支持，不应设置排名标签、负面标签或歧视性标签，严禁采集与教育教学无关的未成年人个人信息。
- 资源与图谱数据：提供数字资源的存储、转码、标引、检索与版权审核服务，支持知识点、教材章节、课程标准、教学场景等图谱数据的管理与关联，元数据规范应符合JY/T 0607、JY/T 0650的规定。
- 数据交换与安全管控：提供统一加密的数据访问接口，支持跨层级安全共享、交换审计与数据一致性保障；具备数据分类分级、备份恢复、脱敏展示、授权撤回和到期不可逆销毁的全生命周期管控能力。

c) 智能能力层

- 以微服务形式提供多模态感知、认知与生成、行为分析、教学决策辅助、知识图谱、路径规划和内容安全审核等原子化能力，核心能力应封装为标准API，并支持高并发异步处理。
- 多模态感知：支持语音识别、图像识别、板书OCR及课堂教学行为识别；设计情绪、注意力等学习状态推断功能的，应明确数据来源、适用场景和人工复核机制。

——认知与生成：支持教学场景自然语言理解、教育领域知识推理、教学内容生成及知识图谱关联应用；生成内容应经安全审核和教师确认，并提供科学性评估、来源引用或生成过程追溯机制。

——教学决策辅助与路径规划：支持学情诊断、个性化资源推荐、自适应学习路径规划及教学行为优化分析；相关结果应作为教师决策参考，不应作为学生评价、分班、奖惩的唯一依据。

——内容安全审核：支持AI生成内容实时审核、意识形态校验、学科科学性校验及违规拦截，全流程可追溯审计。

d) 业务应用层

——覆盖智能备课、智能授课、作业管理、学情分析、资源管理等核心模块，模块间应通过标准化接口互通，并围绕课前、课中、课后形成教学全流程闭环。

e) 用户交互层

面向备课端、授课端、学生端和管理端提供一致的人机交互界面，实现跨终端数据同步和权限隔离，应符合下列要求：

——多端适配：适配教师、学生、管理人员等核心用户的权限界面与功能入口，支持备课端、授课端、学生端和管理端在个人计算机、智能交互大屏、平板及移动设备上的一致访问。

——无障碍设计：宜具备无障碍与适老化设计能力，符合 GB/T 37668 的规定。

f) 安全与运维保障体系

——安全保障：覆盖全层级的身份认证、权限管控、数据加密、入侵检测、内容审核、AI生成内容标识、未成年人隐私保护及全链路安全审计能力，符合GB/T 22239、JY/T 0661等相关要求。

——运维保障：具备全链路日志采集、性能监控、故障告警、自动化部署、灰度发布、容灾备份、容量管理及应急响应能力，并支持对核心教学业务优先保障。

5 功能要求

5.1 智能备课

5.1.1 资源检索与推荐

系统应具备教学资源检索与推荐功能，并符合下列要求：

a) 支持按学科、年级、教材版本、单元、章节、知识点等维度，检索并推荐相关教学资源。

b) 支持依据国家课程标准、大单元教学等维度，检索与推荐资源。

c) 支持基于教学进度与班级学情数据，推荐相关教学资源。

d) 支持按资源类型、文件格式、上传时间、使用频次等维度，对检索结果进行二次筛选。

5.1.2 教学设计生成

系统应具备基于人工智能的教学设计辅助生成、编辑与优化功能，并符合下列要求：

a) 智能生成：支持依据课程主题、教材章节、主流版本、预设教学目标及学情特征等输入条件，自动生成教学设计；生成的内容应涵盖教学目标、教学重难点、课时安排、教学过程、课堂总结等模块，且教学设计框架应符合国家课程标准基本要求。

b) 诊断与优化：支持对教师上传的教学设计进行智能分析，并提供优化建议，建议内容应涵盖教学方法策略、教学资源运用、教学环节设计等。

c) 编辑与导出：提供在线编辑功能，支持对生成内容进行修改、格式排版及资源嵌入；支持将教学设计导出为.docx、.pdf等通用格式，导出后的内容与版式应保持完整。

5.1.3 课件制作

系统应具备基于人工智能的课件辅助生成与创编功能，并符合下列要求：

- a) 模板库：提供课件模板库，支持将模板应用于教学内容，并根据内容体量自动调整版式与布局。
- b) 课件生成：
 - 支持依据学科、学段、课程主题、课程标准或结构化教学设计，自动生成包含教学目标、教学重难点、教学过程、课堂总结等模块的课件；生成的课件内容应与输入条件相关，结构要素完整，版式布局符合教学规范。
 - 支持解析上传的教学设计文档（如.docx、.pdf等常见格式），自动提取关键信息并生成课件。
- c) 内容智能增强：支持根据课件上下文，智能推荐或自动生成与教学内容相关的图片、音频、思维导图、表格等多媒体素材；生成的素材应符合国家相关法律法规及教育内容规范要求，不应包含无关或违规信息。
- d) 格式兼容与编辑：
 - 支持将课件导出为.pptx等通用格式，导出后的版式布局、页面元素、数学公式等应与原课件保持一致，无明显错位或丢失。
 - 支持导入.pptx等通用格式课件进行解析与二次编辑，编辑保存后的课件应保持原有版式与元素的完整性。

5.1.4 智能组卷

系统应具备基于人工智能的试卷与练习辅助生成及管理功能，并符合下列要求：

- a) 组卷方式
 - 自然语言组卷：支持通过自然语言描述组卷需求（如考查范围、题型分布、难度要求等），自动生成试卷或练习草稿；生成的试卷或练习内容应与描述需求相关。
 - 参数化组卷：应提供单元测验、期中期末、专项练习等预设模板；支持基于课程名称、知识点、题型、班级学情数据及难度分布等多维参数，自动组合生成试卷或练习。
- b) 试卷与练习编辑
 - 在线编辑：支持对生成的试卷或练习进行二次编辑，功能应包括试题增删、相似试题替换、题目顺序调整等。
 - 解析生成：支持为试题或练习提供标准答案；支持为客观题及主观题自动生成包含解题思路、考查知识点等内容的解析，生成的解析内容应准确、无明显事实性错误。
- c) 组卷管理
 - 版本管理：支持组卷过程的自动保存与版本管理，支持历史版本的回溯查看与复用。
 - 格式导出：支持将试卷或练习导出为.docx、.pdf等通用格式，导出后的内容与版式应保持完整。

5.1.5 协同备课

系统应具备线上协同备课、教学研讨及成果共享功能，并符合下列要求：

- a) 备课组织与资源管理
 - 组织与权限管理：支持创建协同备课项目并配置参与人员；支持基于角色分配编辑、审阅及管理权限；支持基础备课资源的上传与共享。
 - 资源检索与引用：提供系统内资源库检索功能，支持参与人员检索并引用教材、课件、习题等数字素材至备课项目。
 - 组织模式：支持跨年级、跨学校的协同备课组织模式。

b) 在线协同编辑

——实时协同编辑：支持多用户同时对同一份教案、课件或文档进行在线编辑，内容应实时同步，多端保持内容一致。

——批注与讨论：提供文档级批注、讨论与回复功能，支持针对特定文本片段或对象发起讨论。

——版本管理：支持编辑过程的自动保存与完整的修订历史留痕；支持历史版本查看与内容还原；版本还原时应具备冲突检测或审核确认机制，防止内容丢失或逻辑冲突。

c) 研讨与交流

——同步研讨：支持内置或集成音视频会议工具，开展同步线上研讨。

——录制与回放：支持研讨过程的全程录制与音视频回放。

——语音转写：支持研讨语音实时转写为文字。

d) 备课成果管理

——成果整合与导出：支持将协同编辑的定稿内容、批注信息及研讨记录进行结构化整合，生成标准化备课成果文件；支持在线预览与多格式导出。

——审核与推荐：支持自定义备课成果审核工作流（如初审、复审）；具备优质成果的遴选与推荐功能。

——跨平台共享：支持通过数据接口与区域教育资源公共服务平台对接，将审核通过的优质备课成果推送至区域平台，实现跨校共享与复用。

5.2 智能授课

5.2.1 课堂展示

系统应具备课堂教学内容展示与处理功能，并符合下列要求：

a) 电子白板基础能力

——书写与擦除：支持流畅书写与手势擦除；支持多色笔触及笔触粗细调节。

——内容编辑：支持对书写内容进行撤销、选择、缩放、移动、复制、删除及局部擦除操作。

b) 学科专用工具

——学科工具集：应内置数学、理化生、语言类等学科教学工具，支持相关学科的教学演示与互动。

——数学工具：支持函数图像、几何图形、立体图形的绘制与动态操作；支持图形属性编辑与动态演示。

——理化生工具：支持电路图绘制与仿真、化学仪器模型展示、虚拟仿真实验操作；支持实验参数调整与结果观察。

——语言类工具：支持四线三格书写、字母卡片展示、字词听写、朗读与发音评测；支持语音识别与发音评分。

c) 智能识别与推荐

——内容识别：支持对白板上手写文本、数学公式、化学方程式、几何图形等内容进行实时识别与解析，并将识别结果转换为可保存的标准数字格式。

——资源推荐：支持基于识别内容，智能推荐与教学内容相关的多媒体资源（如图片、视频等），并支持快速调用。

d) 教学资源交互

——支持在.pptx、.pdf、.jpg等通用格式文件上进行批注与编辑。

5.2.2 课堂互动

系统应具备课堂互动工具与智能辅助功能，并符合下列要求：

a) 多元化互动工具

——互动工具集：应提供随机点名、限时抢答、投票表决、小组讨论及主题辩论等互动工具，支持教师按教学场景进行配置与调用。

——弱网与离线支持：具备网络自适应能力；在弱网或离线环境下，核心互动功能应支持本地运行并缓存互动数据；网络恢复后应支持自动同步与校验，保障数据一致性。

b) 学情实时诊断

——学情数据采集与展示：支持实时采集学生互动行为数据与结果数据，生成可视化诊断报告；支持按个人、小组、班级等维度进行查看。

——教学策略推荐：支持基于诊断结果，智能推荐讲评策略或配套教学资源，辅助教师调整教学节奏。

5.2.3 教学智能体

系统宜具备教学智能体功能，支持环境感知、教学决策辅助与多模态交互。具备教学智能体功能的系统，除参考 GB/T 46483 的相关技术要求外，还应满足教育教学、未成年人保护、教师主导和内容安全专项要求：

a) 形象与角色定制

——形象资源库：应提供覆盖基础教育主要学科的虚拟形象资源库，支持按学科、风格等维度进行检索与调用。

——形象生成与安全过滤：支持通过文本描述生成定制化虚拟形象；系统应具备内容安全过滤机制，自动拦截涉及未授权公众人物、违背公序良俗、意识形态违规、侵害人格权益或对未成年人产生不良引导的生成请求。

——语音定制与声纹保护：支持自定义智能体角色音色及语速；支持教师本人声音复刻，复刻前须获得个人单独同意并进行授权验证；系统应建立声纹信息保护机制，严禁采集、存储或处理未成年人声纹信息。

——多模态联动：智能体的口型、表情及肢体动作应与语音语义实时联动，保持音画同步。

b) 自适应内容讲解与演示

——内容动态生成：支持依据教学进度与班级学情数据，动态生成或重组讲解内容；生成内容应符合国家课程标准及教材版本要求，经教师确认后方可面向学生正式发布或持续调用。

——自适应讲解：支持对复杂知识点进行结构化拆解、类比解释及多视角阐述；支持基于学生认知水平自动调整讲解深度、广度及语言风格，提供学习路径引导。

——讲演同步：支持在讲解过程中自动关联并演示匹配的多媒体教学素材，实现讲演同步。

c) 启发式交互与学习引导

——多轮交互：支持基于自然语言处理的多轮交互，具备课堂场景下的上下文记忆与语义理解能力。

——启发式引导：针对学科习题与概念提问，默认采用启发式引导策略，通过反问提示、知识点关联、步骤拆解等方式引导学生自主思考；除教师明确指令外，不应直接输出完整答案或解题全过程。

——学习状态反馈：支持基于课堂交互数据识别学生学习状态，并据此生成适配的激励性提示与反馈内容。

d) 内容安全合规

——双重审核机制：具备教育领域专项内容安全过滤能力，对智能体生成的文本、语音、图像等内容实施生成前预检与输出前实时审核机制。并记录审核策略、模型版本、输入输出和人工干预结果。

——违规内容拦截：具备违规内容识别能力，应有效拦截并阻断违背社会主义核心价值观、存在学科科学性错误、违法违规、违背教育伦理及未成年人保护相关规定的内容。

e) 运行管控与异常处置

——教师强制干预：提供教师紧急干预功能，支持教师随时终止智能体的当前输出与自主交互，并切换至手动控制模式。

——异常监测与处理：具备运行时异常监测与自动处置能力；当检测到内容失实、违规输出或干扰正常教学秩序等异常行为时，应触发自动阻断机制，停止输出并切换至安全模式。

——运行策略配置：支持教师自定义智能体运行策略（如发言频次、交互场景权限等），保障智能体在教学过程中的辅助定位。

f) 界面布局适配

智能体交互窗口应适配课堂教学场景，支持嵌入式、独立显示等多种显示模式切换，且不应遮挡核心教学内容。

5.2.4 课堂录制

系统应具备课堂教学音视频录制功能，支持基于人工智能的智能处理、多模态结构化分析及跨终端分享，且符合下列要求：

a) 录制与回放

——多路录制：支持同步录制屏幕画面与教师/学生画面，生成多路独立的高分辨率视频流。

——回放与切换：支持多路视频流的切换与同步回放。

b) 内容结构化与联动定位

——内容结构化：支持将录制内容解析为视频流、同步转写文本、关键帧缩略图等形式，并进行结构化存储与呈现。

——联动定位：具备多模态内容联动定位功能；在视频、文本或目录中选择任意时间点或片段时，其他模态内容应自动跳转并高亮显示对应内容。

c) 语音转写与校对

——语音转写：支持对录制内容中的中文、英文及中英文混合语音进行自动识别与转写，生成带时间戳的文本记录。

——字幕同步与校对：支持在播放实录视频时同步显示转写文本作为字幕；应提供人工校对工具，支持对转写文本进行修正与编辑。

d) 智能标记与内容分析

——教学环节切分：支持基于视频画面与音频语义分析，自动识别并标记课堂教学典型环节（如导入、讲授、互动、练习、讨论）；支持在时间轴上生成可视化导航条，并支持快速跳转。

——课程知识结构生成：支持提取教学内容的核心关键词与知识点，自动生成反映课程逻辑结构的可视化纲要（如思维导图）；支持教师对生成的纲要进行可视化编辑与调整。

e) 成果分享与查看

——分享生成：支持将课堂录制视频及相关分析报告生成可分享的链接或二维码。

——跨终端访问：通过分享链接或二维码访问时，系统应支持在主流浏览器及移动端操作系统上正常播放，并支持页面自适应布局显示。

5.2.5 教学分析

系统应基于课堂实录、教学设计、师生行为等多源数据，提供多维度、结构化的智能分析功能，并

自动生成支持教学反思与改进的专业化分析报告。系统应满足以下要求：

a) 分析报告生成

应能自动融合音视频、文本及行为数据，生成覆盖教学结构、师生互动、策略应用等维度的综合分析报告。报告应结合学科特性与核心素养培养要求，提供定性定量相结合的分析结论及可操作的改进建议。

b) 教学环节分析

——应能基于课堂实录自动识别并切分课堂教学环节，为每个环节自动生成内容摘要。

——应能统计各环节实施时长及占比，依据教学规律评估时间分配合理性，并提供结构性优化建议。

c) 师生行为分析

——应能自动识别并分类教师教学行为（如讲授、板书、互动、巡视等）与学生学习行为（如听讲、讨论、发言、书写）。

——应统计各类行为的频次、时长与时间分布，通过可视化图表呈现；图表应具备与实录视频时间轴的联动能力，支持点击定位。

——应能基于行为序列数据自动生成S-T行为曲线、Rt-Ch图等分析图表，判定课堂教学模式类型（如练习型、讲授型、混合型），并提供师生互动优化策略。

d) 教学语言与问答分析

——教师语言分析：应能分析教师语速与高频词汇，评估语言表达的清晰度与规范性。

——问题链分析：应能识别教学中的问题序列，分析其逻辑结构、情境创设层次与思维类型分布。

——提问与回答深度：应能提取教师提问内容，支持按布鲁姆认知目标分类学、4MAT等模型分析提问的认知层级；应能对学生回答内容的思维层次进行识别与评价。

——反馈机制分析：应能统计教师反馈类型（如鼓励性、评价性）与高频用语，提供示例性反馈建议。

e) 教学目标与内容达成度分析

——教案执行一致性：应能关联预设教案，自动分析实际教学在目标落实、环节执行及内容覆盖上与预设方案的偏差度。

——知识点定位：应能自动识别本节课涉及的核心知识点，并支持定位播放对应的视频片段。

——素养支撑度评估：应能关联学科核心素养维度，识别本节课重点培养素养的教学行为证据，并推荐相应教学片段作为素养达成的佐证。

f) 智能辅助与交互

——典型片段智能标记：应能基于规则或模型自动识别并标记课堂中的典型教学片段（如高互动片段、思维碰撞），支持快速检索与回放。

——数据智能问答：应提供基于本课分析数据的自然语言问答能力，支持用户通过对话方式查询分析结论或获取数据解读。

——反思辅助引导：应能基于分析结果自动生成关键反思问题，并提供针对性的教学改进策略建议，辅助教师完成教学反思。

5.3 作业管理

5.3.1 作业设计与发布

系统应具备作业设计与发布功能，并符合下列要求：

a) 作业智能生成

——智能组卷：支持依据知识点、难度系数、题型结构、预估时长等条件，从题库中智能筛选试题

或自动组合生成作业。

——素养作业生成：支持依据国家课程标准与学业质量评价要求，智能生成或推荐指向核心素养的主观题、探究性及实践类作业题目。

b) 作业发布与管控

——发布与规则配置：支持按班级、小组或个人维度发布作业；支持设置截止时间、提交形式、补交与订正规则。

——分层作业推送：支持基于学生学情数据，向学生推送差异化分层作业。

——时长预警与调控：具备作业时长预估与总量调控功能；支持按学段设定时长预警阈值；当监测到班级当日各学科作业总时长超过预设阈值时，应自动发出作业超时预警并提示调整。

c) 题型支持与质量反馈

——题型支持：支持常见题型的在线作答，包括客观题（如选择、填空、判断等）与主观题（如解答、作文等）。

——题库质量反馈：支持用户对题目的科学性、准确性、时效性等问题进行标记与反馈；提供反馈处理状态查询与结果通知功能。

5.3.2 作业提交与批改

系统应具备作业提交与批改功能，并符合下列要求：

a) 作业数据采集

——在线数据采集：支持在线作答数据的实时采集、存储与版本管理。

——纸质作业数字化：支持纸质作业的数字化采集，具备光学字符识别（OCR）能力，支持手写内容的识别与文本转换。

b) 智能化批改支持

——客观题自动批改：支持客观题的自动批改与判分，并生成统计数据。

——主观题辅助批阅：支持主观题的智能辅助批阅，提供评分建议、典型错误标注及评语推荐；支持教师对批阅结果进行在线修订、确认与签发。

——批改痕迹留存：支持保留批改痕迹，确保批改过程可追溯。

5.3.3 作业分析与诊断

系统应具备作业分析与诊断功能，并符合下列要求：

a) 班级整体分析

支持自动生成班级作业分析报告，内容应涵盖平均分、得分率、题目正确率分布、高频错误选项分析及完成时长统计等。

b) 学生学情档案

支持为每位学生构建个人学情档案，持续追踪作业完成情况、知识掌握度变化轨迹及能力薄弱点。

c) 错题自动归集

支持自动收集学生错题并生成个人错题本；支持错题与对应知识点的自动关联映射，并提供变式训练与相似题推送功能。

5.3.4 作业讲评与巩固

系统应具备作业讲评与巩固功能，并符合下列要求：

a) 智能讲评辅助

支持基于高频错题与共性问题分析，辅助生成讲评课件；课件内容应包含错因分析、题目讲解、知识点梳理与变式练习推荐。

b) 个性化巩固路径

支持基于学生薄弱知识点，自动推荐或生成个性化订正任务与强化练习路径，支持自适应学习。

5.4 学情分析

系统应支持基于教学全过程必要数据构建学生数字画像，提供学情分析服务，辅助教师开展个性化支持与教学决策优化。系统应符合下列要求：

a) 数据采集与汇聚

——多源数据采集：支持自动采集学生在课前、课中、课后各环节的过程性与结果性数据。采集维度应涵盖学习行为数据（如资源浏览时长、互动频次、作答时长等）与学业表现数据（如任务完成率、答题正确率、作业质量等）。

——数据合规与安全：数据采集应遵循最小必要原则，不应采集与教育教学无关的个人信息；涉及生物识别等敏感数据的采集与处理，应符合国家相关法律法规及标准要求，并实施数据脱敏处理。

b) 学情诊断与评估

——多层级分析报告：支持生成班级、小组、个体等多维度学情分析报告，内容应涵盖知识点掌握度、错题分布等。

——核心素养评估：支持依据国家课程标准，基于学生表现性数据，对各学科核心素养维度的发展状况进行评估与可视化呈现。

——学业风险预警：支持基于历史数据趋势分析，识别可能存在学业滑坡或学习异常风险的学生，并向授权教师发送分级预警信息；预警结果应支持人工复核、原因查看、纠错和撤回。

——综合素质成长记录：宜支持在合法授权和最小必要前提下记录学生在教学场景中的非学业表现（如协作能力、创新实践等），辅助构建综合素质成长档案，不宜形成负面标签或隐性排名。

c) 数据可视化呈现

——支持通过多维度图表呈现学情特征与发展趋势，图表类型应包括但不限于班级整体概览图、个体/群体对比图、知识点掌握热力图及素养发展雷达图。

d) 个性化支持与教学建议

——学生个性化推荐：支持根据学生学情画像与知识图谱，自动推荐与学情特征相匹配的学习资源（如微课、习题、拓展材料等），并支持规划个性化学习路径。

——教师教学建议：宜支持基于班级共性薄弱点与教学关联分析，为教师提供教学重难点强化策略、分层教学分组建议及针对性辅导方案。

5.5 资源管理

系统应具备教学资源全流程管理功能，支持资源的汇聚、治理、标引、应用与归档，并符合下列要求：

a) 资源汇聚与入库

——多源资源汇聚：支持通过本地上传、批量导入、云端同步及标准化接口对接等方式汇聚多源异构资源；资源来源应覆盖国家及区域教育资源公共服务平台、第三方合规资源库及教师自建资源等。

——多级存储与管理：支持构建“国家/区域—学校—个人”多级资源存储架构；具备校本资源库建设能力，支持多级共建共享、分级审核审批与资源全生命周期管控。

b) 资源治理与审核

——资源查重与清理：具备资源查重能力，支持对入库资源进行重复性检测，自动识别并提示重复或高度相似资源，支持合并或清理操作。

——多版本管理：支持资源多版本管理，自动记录历史版本变更信息与操作日志，并支持版本回滚。

——内容安全审核：支持“机器智能初审+人工复审”的内容安全审核机制。系统应依据相关法律法规、教育行业标准及学科规范，自动识别并拦截违法违规、违背公序良俗或存在学科知识性错误的内容，并提供人工复核与干预接口。

c) 资源智能标引与关联

——智能标引：宜支持基于人工智能技术对入库资源进行自动解析，提取并标注学科、学段、教材版本、关联知识点、难度系数、适用年级等核心元数据；支持对自动标引结果进行人工校验与修正。

——教学标签关联：支持资源与课程标准、学科知识图谱、学业评价体系的关联映射，自动生成核心素养指向、考试评价适配度等教学标签。

——资源知识图谱：支持基于标引结果构建资源知识图谱，实现资源与知识点、教学场景的语义关联映射，支撑智能检索、精准推荐及自适应推送。

d) 资源应用与效能分析

——使用数据统计：支持统计并分析资源使用数据，指标应涵盖浏览量、下载量、收藏数、引用次数等。

——用户互动与反馈：支持用户对资源进行评分、评论、纠错与推荐。

——效能分析与优化：支持基于资源效能数据，识别优质资源与低效资源，为资源优化更新、校本资源建设及区域资源配置提供数据依据。

6 性能要求

6.1 交互响应时间

6.1.1 基础界面与操作响应

系统应满足下列要求：

a) 页面加载

——常规页面加载：常规教学页面首屏加载时间应 ≤ 2.0 s。

——复杂页面加载：首次访问或包含复杂多媒体元素的页面，平均加载时间应 ≤ 3.0 s。

b) 书写与绘图反馈

——书写反馈延迟：电子白板书写、擦除及图形绘制等操作的视觉反馈延迟应 ≤ 100 ms。

——图形识别响应：手绘图形智能识别与标准化转换响应时间应 ≤ 500 ms。

6.1.2 核心业务功能响应

系统应满足下列要求：

a) 资源检索

——单一关键词检索：单一关键词检索响应时间应 ≤ 1.0 s。

——组合条件检索：多条件组合检索（如学科、知识点、题型、难度等）响应时间应 ≤ 1.5 s。

b) 协同同步

——协同操作同步：在多人协同备课场景下，文本编辑、批注等操作的状态数据同步至其他在线用户的端到端延迟应 ≤ 500 ms。

6.1.3 智能交互功能响应

系统应满足下列要求：

a) 生成式任务

- 教案、课件、习题等智能生成任务，系统反馈初始进度或预览内容的时间应 ≤ 30 s。
- 完整内容生成与渲染时间应 ≤ 90 s；若预计耗时超过90 s，系统应显示预计等待时间、实时进度条，并支持任务自动重试。

b) 语音交互

- 语音识别性能：课堂场景下语音识别端到端延迟应 ≤ 300 ms；在标准测试环境下，针对标准普通话的语音识别准确率应 $\geq 95\%$ 。

c) 教学智能体

- 语义理解与合成：对简单语音指令的语义理解与响应延迟应 ≤ 1.5 s；语音合成首包延迟应 ≤ 1.5 s，并支持长文本分段播报。
- 音画同步：交互过程中音画同步误差应 ≤ 40 ms，无丢帧、卡顿现象。
- 问答响应延迟：简单问答场景端到端响应延迟应 ≤ 3.0 s，复杂生成任务首包响应延迟应 ≤ 5.0 s；超过阈值时应提供进度提示、排队状态或降级响应。

d) 教学分析

- 分析报告生成：单节课课堂分析报告生成时间应 ≤ 10 min。

6.2 并发负载能力

系统应具备高并发处理能力与弹性扩展机制，并符合下列要求：

a) 并发容量

- 单实例并发：在标准配置节点和明确用户行为模型下，单服务实例应支持不少于1 000个在线用户同时常规操作。
- 集群并发：集群部署模式下，应支持不少于5 000个在线用户开展备课、授课、作业提交、实时互动等核心业务，系统资源利用率保持在安全阈值内。

b) 弹性扩展能力

- 动态扩容：支持通过增加服务节点提升并发处理能力，扩容过程业务不中断。
- 负载均衡：内置负载均衡机制，支持多种调度算法，确保请求在各可用节点均匀分布。

c) 高负载性能表现

- 并发调用量达设计峰值的80%时，核心业务平均响应时间增幅应 $\leq$ 正常负载的20%，服务成功率应 $\geq 99\%$ 。
- 具备任务排队与优先级调度机制，高负载下优先保障课堂教学、实时互动等核心业务资源分配，非核心业务可进入排队或降级处理。

d) 稳定性与可用性

- 成功率与一致性：高并发负载下，核心教学业务请求成功率应 $\geq 99.9\%$ ；保证核心教学业务请求数据的事务一致性与完整性，无数据丢失、错乱或不一致。
- 故障转移：单节点故障时，系统应能自动检测并在30 s内完成故障转移与服务恢复。
- 稳定性测试：系统应完成设计峰值负载下不少于4 h的压力测试，并完成设计峰值80%负载下不少于72 h的稳定性测试，测试期间无内存泄漏、服务崩溃、数据错乱或性能显著下降。

6.3 资源处理性能

系统应满足下列要求：

a) 文件传输

——大文件传输：支持单文件大小 ≥ 5 GB的稳定上传与下载，传输过程无数据损坏（教学资源常规场景）；宜支持 ≥ 20 GB的大文件传输（高清录播视频等特殊场景）。

——断点续传：具备断点续传功能，网络中断恢复后从断开点继续传输，保证数据完整性。

——传输速率：独占带宽环境下，文件上传平均速率应 $\geq$ 可用带宽的75%，下载平均速率应 $\geq$ 可用带宽的80%；多任务并发传输时，单任务平均传输速率应 $\geq$ 独占环境下的80%。

b) 音视频处理

——视频转码性能：主流格式（MP4、MOV、AVI 等）视频转码为系统标准格式的平均速度应 ≥ 5 MB/s，转码后视频质量不应低于原视频码率。

——实时语音转写：教学实录音视频的实时语音转写端到端延迟应 ≤ 3.0 s；在标准测试环境下，针对标准普通话的转写准确率应 $\geq 92\%$ 。

——视频点播性能：点播分辨率 $\geq 1080P$ 的视频时，首帧加载时间应 ≤ 1.0 s，播放过程中音画同步误差应 ≤ 40 ms，无卡顿及频繁缓冲现象。

c) 文档解析与录制

——文档解析性能：针对页数 ≤ 50 页的常见格式文档（如 PDF、Word、PPT），纯文本类解析或转换时间应 ≤ 2.0 s，图文混排类应 ≤ 5.0 s，扫描件OCR解析应 ≤ 15.0 s；解析成功率应 $\geq 99\%$ ，复杂公式、低清晰度扫描件等场景应单独记录失败原因。

——多路视频录制性能：多路高清视频同步录制时，写入存储介质的持续稳定吞吐量应 ≥ 20 MB/s；录制成品应完整连续，无丢包、帧丢失、音画不同步或卡顿现象。

7 质量要求

7.1 兼容性

7.1.1 运行环境兼容

系统核心功能应在以下主流环境中正常运行，界面展示完整、功能交互一致：

a) 桌面端操作系统：兼容 Windows 10及以上版本，以及主流国产操作系统的最新稳定版本。

b) 移动端操作系统：兼容 iOS 14.0及以上版本、Android 10.0及以上版本。

c) Web 浏览器：兼容Chrome、Edge、Firefox、Safari等主流浏览器的最新稳定版本，无插件模式下核心教学功能完全可用。

d) 硬件终端：兼容智能交互大屏、教师机、学生平板等教育场景常用终端。

7.1.2 数据与集成兼容

系统应支持标准化数据交换与第三方系统集成，符合下列要求：

a) 数据格式兼容：支持常见教学资源格式的导入与导出；系统生成的教案、课件等成果应能导出为通用开放格式。

b) 标准协议集成：提供标准化API接口，支持通过LTI 1.3、xAPI、cmi5以及向下兼容SCORM 2004等主流标准，与主流教育管理平台进行数据交换；正常网络环境下数据交换完整性应 $\geq 99\%$ 。

c) 接口生命周期管理：开放接口调用成功率 $\geq 99.5\%$ ，版本升级应至少向下兼容一个主版本，并提供不少于6个月的过渡期。

7.2 易用性

系统易用性应符合下列要求：

- a) 界面一致性：全平台界面布局、控件样式、操作反馈及术语定义应保持一致，导航结构清晰，核心功能页面的访问路径层级不超过3级。
- b) 操作便捷性：教案生成、作业发布、课件编辑等核心业务流程的操作步骤数（从功能入口点击起算至任务提交完成）应 ≤ 5 步。
- c) 信息可理解性：功能图标、按钮及菜单项应配有清晰文字标识或悬停提示；错误提示应明确原因并提供可执行的解决建议或引导链接。
- d) 帮助与支持：内置上下文敏感的在线帮助系统，提供可检索的操作指南、视频教程及常见问题解答，并支持一键反馈。

7.3 可靠性

系统应具备高可用性、容错能力及异常网络环境下的健壮性，并符合下列要求：

- a) 服务稳定性
 - 服务可用性：全年服务可用性应 $\geq 99.9\%$ ，计划外停机时间每月累计应 ≤ 43.2 min。
 - 故障恢复能力：平均修复时间（MTTR）应 ≤ 30 min，关键业务模块应具备自动故障转移能力，切换过程应做到用户无感知或提供友好提示。
- b) 网络环境适应性
 - 弱网模式自动切换：当检测到网络带宽低于10 Mbps 或丢包率高于5%时，系统应自动切换至弱网模式。
 - 弱网模式表现：弱网模式下，备课编辑、课件翻页、基础互动等核心功能应保持可用，静态资源加载延迟应 ≤ 5.0 s，并支持断点续传。
- c) 数据可靠性
 - 数据持久性：教学业务数据的存储持久性应 $\geq 99.9\%$ ，确保数据不丢失、不损坏。
 - 容灾备份：建立“本地实时备份+异地容灾备份”机制，支持数据秒级快照，核心业务数据支持分钟级恢复。

7.4 可扩展性

系统应采用松耦合架构，支持功能、规模及业务场景的灵活扩展，并符合下列要求：

- a) 功能与业务扩展
 - 采用微服务或插件化架构，支持功能模块独立部署、热加载与平滑卸载。
 - 预留标准化模型接入接口，支持无缝替换或升级AI算法模型。
 - 支持通过配置化方式快速适配新课程标准、教材版本。
- b) 部署与规模扩展
 - 支持从单校部署到区域级大规模部署的平滑扩展，扩展过程业务零中断。
 - 支持公有云、私有云及本地化混合部署模式，支持不同部署模式间的数据迁移与服务互通。
 - 支持多区域、多学校的层级化管理架构，可灵活配置组织架构、角色权限及数据隔离策略。

7.5 信息安全性

7.5.1 网络安全

应根据系统部署范围、承载数据级别和服务对象确定网络安全等级保护级别；面向区域级集中部署或承载大量未成年人个人信息的系统，宜按不低于第二级的安全保护要求建设和测评，并符合 GB/T 22239的相关规定；

7.5.2 数据安全

应符合GB/T 41479的相关规定，并符合下列要求：

a) 传输与存储加密

——敏感数据传输过程应采用 TLS 1.3及以上安全协议；

——敏感数据存储应采用AES-256或更高级别算法保护；

——建立密钥全生命周期管理机制，确保密钥生成、存储、轮换及销毁过程安全可控。

b) 备份与恢复验证

——建立定期数据备份机制和恢复演练制度，备份数据在本地和异地双重冗余存储；

——依法依规定期清理或归档过期数据，备份数据留存期限符合教育行业监管与业务合规要求。

c) 数据分类分级与防护

——依据GB/T 43697建立数据分类分级管理制度，对核心教学数据和个人隐私数据实施重点防护与访问审计。

d) 数据删除与追溯

——提供安全的数据销毁机制，在用户停止使用、撤回授权或达到数据留存期限时，确保数据及其副本彻底、不可恢复地删除；

——全程记录数据删除操作关键日志，包括操作主体、时间、范围、数据量级及结果，确保可追溯、可审计。

7.5.3 应用与内容安全

系统应符合下列要求：

a) 权限控制

——最小权限原则：根据用户角色分配功能与数据权限，默认拒绝未授权访问。

——越权防护：具备横向与纵向越权防御机制，确保用户仅访问授权范围内的资源。

——权限审计：记录所有权限变更及敏感操作日志，支持定期审计与追溯，日志留存时间符合法律法规要求。

b) 内容安全审核机制

——多重审核流程：建立“机器自动初审+人工复核”双重审核机制，自动拦截违法违规、暴恐色情、违背公序良俗及重大科学性错误的内容。

——价值观与伦理合规：设立专项审核规则库，确保内容符合社会主义核心价值观及教育伦理要求。

——AI生成内容标识：对AI生成文本、图片、音视频、课件、试题等内容添加显式或隐式标识，并符合GB 45438的规定；标识信息应随内容导出、分享、发布等流转过程保持可识别。

7.5.4 隐私保护

应符合《未成年人网络保护条例》《儿童个人信息网络保护规定》、GB/T 35273，以及个人信息保护的要求，并符合下列要求：

a) 遵循合法、正当、必要、最小化原则收集信息，公开隐私政策并依法获得用户（或未成年人监护人）授权。

b) 支持用户查询、更正、删除其个人信息；账号注销后15个工作日内完成删除或匿名化处理。

c) 未成年人专项保护

——处理未成年人个人信息前，依法获取监护人明示同意。

——涉及学生生物识别信息的视频或图像数据，存储和使用前进行去标识化或加密处理。

——未成年人信息存储期限原则上不超过学生毕业后3年，到期后应自动触发销毁或匿名化，并保留可审计记录。

7.6 可维护性

7.6.1 运维监控

系统应符合以下要求：

a) 日志与审计：记录完整的操作日志、系统日志及安全审计日志，保存时间应 ≥ 180 d，支持多维度检索与分析。

b) 监控告警：提供可视化监控仪表盘，实时展示资源利用率、服务状态及异常告警信息。

c) 专项保障机制：建立教学关键期专项运维保障预案，配备7 $\times$ 24 h应急响应团队。

7.6.2 更新与维护

系统应符合下列要求：

a) 平滑升级：支持在线热更新或灰度发布机制，实现版本无缝切换与快速回退，确保业务连续性与数据完整性。

b) 持续迭代：建立基于用户反馈、教学数据分析的系统迭代优化机制，定期发布功能更新与安全补丁。

c) 文档与支持：提供完整的技术文档、部署手册及运维手册，并明确技术支持服务等级协议。

8 测试方法

8.1 试验环境

8.1.1 硬件环境

应在以下三类硬件环境中进行测试，验证系统的兼容性与鲁棒性。

a) 标准测试环境

——PC端：CPU Intel Core i5-8400或同等性能，内存 ≥ 8 GB，硬盘 ≥ 256 GB SSD，操作系统 Windows 10 教育版（64位）及以上或主流国产化操作系统，数量 ≥ 1 台。

——移动端：iOS 14.0及以上、Android 10.0 及以上智能手机各至少1台。

——网络设备：具备千兆以太网接口及双频（2.4 GHz/5 GHz）无线功能的无线接入点（AP）或无线路由器 ≥ 1 台。

b) 低配基准环境

CPU Intel Core i3（或同等老旧处理器），内存4 GB，机械硬盘（HDD）。备课、授课、作业查看等核心教学功能应正常运行，关键操作响应时间允许放宽至标准值的1.5倍以内。

c) 服务器端环境

与生产环境架构一致，采用集群部署，节点数量应不少于3个。

8.1.2 软件环境

软件环境要求如下：

a) 浏览器：Chrome、Edge、Firefox、Safari最新稳定版本。

b) 测试工具

——性能测试：JMeter 5.4及以上、LoadRunner或同等工具；

——自动化/兼容性：Selenium 3.141及以上、Appium；

——安全测试：OWASP ZAP 2.11及以上、Burp Suite、Nmap；

——网络分析：Wireshark 3.4及以上、Network Emulator（网络损伤仪）；

——代码分析：SonarQube（静态代码扫描）。

c) 辅助工具：病毒查杀软件、数据加密验证工具、日志分析系统、网络带宽测试工具、屏幕录制工具。

d) 测试数据

——资源数据：覆盖各学段学科的课件、试题、音视频等（含4K视频、大文件），总量 ≥ 500 GB；

——用户数据：模拟管理员、教师、学生账号 ≥ 100 个；

——行为数据：模拟历史课堂互动、作业作答等数据。

8.1.3 网络环境

网络环境要求如下：

a) 正常网络：内网带宽 ≥ 1 Gbps，延迟 ≤ 5 ms，丢包率 $\leq 0.1\%$ ；外网带宽 ≥ 100 Mbps，延迟 ≤ 50 ms。

b) 弱网模拟：利用网络损伤仪模拟带宽限制（下行 ≤ 10 Mbps，上行 ≤ 2 Mbps）、高延迟（ ≥ 200 ms）及高丢包率（ $\geq 5\%$ ）场景。

c) 安全协议：全链路强制启动HTTPS协议，配置有效SSL证书。

8.2 功能测试

功能测试应按业务应用层模块建立测试矩阵，覆盖智能备课、智能授课、作业管理、学情分析、资源管理及其调用的智能能力、数据与资源服务、安全保障和运维保障能力。

a) 测试策略

采用黑盒为主、白盒为辅的策略：

——黑盒测试：基于5功能要求，通过等价类划分、边界值分析、错误推测法设计测试用例，验证输入输出及业务逻辑。

——白盒测试：针对智能生成算法、数据加密、权限控制等核心模块进行代码走查与逻辑覆盖。

b) 测试用例设计

测试用例应建立“要求条款—测试用例—判定准则—证据材料”追踪矩阵，覆盖5功能要求，覆盖以下场景：

——正常场景：验证标准业务流程的完整性与正确性。

——异常场景：非法输入、网络中断、服务超时、并发冲突、越权访问等，验证容错能力与提示机制；

——专项场景：针对AI生成内容质量、语音识别、教学智能体交互、多模态识别等，设计涵盖不同口音、光照、书写习惯、学科场景的多样化用例。

c) 测试执行

——自动化测试：对资源检索、接口调用、数据同步等高重复功能执行自动化脚本，回归测试覆盖

率应 $\geq 80\%$ 。

——人工测试：对协同编辑、课堂互动、AI生成内容质量等进行人工验证，每项核心功能测试用例执行次数应 ≥ 30 次。

——场景化验证：组织 ≥ 30 名真实用户（教师、学生）模拟完整备授课流程，端到端验证功能适配性与可用性，收集并验证用户反馈。

8.3 性能测试

性能测试要求如下：

a) 响应时间测试

使用性能测试工具模拟单用户及100并发用户场景，对页面加载、资源检索、AI生成、音视频播放等操作进行测试，每个测试场景重复执行 ≥ 100 次，记录平均响应时间及95分位响应时间。

b) 并发负载测试

——阶梯加压：使用性能测试工具模拟多用户同时访问系统，逐步增加并发用户数至设计峰值，每级持续10分钟，监测事务成功率、平均响应时间、资源利用率。

——稳定性测试：在设计峰值80%负载下持续运行 ≥ 72 小时，监测系统运行状态，无崩溃、内存泄漏、服务中断或数据错乱，核心业务请求成功率应 $\geq 99.9\%$ ；同时应按6.2要求开展峰值负载不少于4 h的压力测试。

c) 智能交互响应测试

——AI生成任务测试：使用标准测试数据集，对教案、课件、习题等智能生成任务进行测试，每个场景重复 ≥ 30 次，记录初始响应时间及完整内容生成时间，符合6.1.3要求。

——语音交互测试：在安静环境（背景噪声 ≤ 35 dBA）及标准普通话条件下，对语音识别、语音合成进行测试，每个场景重复 ≥ 50 次，记录端到端延迟及识别准确率，符合6.1.3要求。

——教学智能体交互测试：模拟真实课堂教学场景，对教学智能体的语义理解、多轮对话、音画同步进行测试，每个场景重复 ≥ 30 次，记录响应延迟及同步误差，符合6.1.3要求。

——教学分析测试：提交不同时长（30 min、45 min、60 min）的课堂实录数据，记录分析报告生成时间，每个场景重复 ≥ 5 次，符合6.1.3要求。

d) 资源处理能力测试

——大文件传输：分别上传/下载100 MB、1 GB、5 GB文件，记录传输速率、断点续传成功率、数据完整性，每个场景重复测试10次。

——转码与解析：批量提交不同格式、时长的音视频及文档，统计转码速度、解析成功率、资源占用率，每个场景重复测试20次。

——录制压力：模拟多路1080P高清视频同时录制2 h，监测磁盘I/O吞吐量、写入稳定性，验证录制成品完整性。

8.4 质量测试

质量测试要求如下：

a) 兼容性测试

——软硬件适配：在8.1.1规定的各类终端、操作系统、浏览器、分辨率下，逐条款验证界面显示一致性、功能可用性、数据交互正确性，无功能缺失、格式错乱、兼容性报错。

——第三方集成：验证与国家/区域教育资源平台、第三方教学平台的接口连通性、数据交换准确性、协议兼容性，数据交换成功率应 $\geq 99\%$ 。

b) 易用性测试

——任务效率：选取教案生成、课件制作、作业发布、课堂互动4项典型任务，记录新手用户完成时间及步骤数，符合7.2要求。

——可用性量表：采用系统可用性量表（SUS）对 ≥ 30 名真实用户进行调查，系统可用得分应 ≥ 75 分。

——错误恢复：人为制造误操作、非法输入、流程中断等场景，验证错误提示清晰度、撤销/恢复功能有效性。

c) 可靠性测试

——长时间运行：满负荷连续运行 7×24 h，监测系统运行状态，无崩溃、死锁、内存泄漏、数据错乱，记录 MTBF 值。

——故障恢复测试：采用混沌工程方法，模拟服务器宕机、网络断开、数据库锁死、服务进程崩溃等故障，验证自动告警、故障转移（Failover）、数据恢复能力，记录MTTR值。

d) 可扩展性测试

——横向扩展：动态增加服务节点，验证并发处理能力的线性提升，扩容过程业务无中断、数据无丢失。

——功能插拔：安装/卸载非核心插件或微服务模块，验证对主系统无影响，核心功能正常可用。

——数据增长：模拟业务数据量增至设计容量120%，验证性能衰减幅度、数据归档机制有效性。

e) 信息安全性测试

——漏洞扫描：使用自动化安全扫描工具进行全量扫描，高危漏洞应为0，中危漏洞应完成修复，确无法立即修复的，应形成风险评估、补偿措施和限期整改记录。

——渗透测试：由具备资质人员模拟SQL注入、XSS攻击、越权访问、目录遍历等攻击，验证防御能力。

——数据加密验证：抓包分析传输数据及存储文件，验证敏感数据传输与存储加密算法有效性，符合法规要求。

——隐私合规测试：验证未成年人信息保护机制、数据最小化收集、监护人授权、用户权利响应、数据销毁机制有效性。

f) 可维护性测试

——代码审查：检查核心代码的注释率、模块化程度、圈复杂度。

——升级演练：模拟在线升级与版本回退，验证平滑性、业务连续性、数据完整性。

——日志审计测试：验证日志记录完整性、不可篡改性、检索效率、留存时间，符合7.6要求。

9 持续改进

应建立基于数据反馈的动态迭代机制，结合政策、技术发展与用户反馈持续优化系统，重大修订周期建议不超过2年。