

万语智教

系统设计与实现说明书

设计版本 V1.1 需求基线 V1.2 2026 年 10 月 19 日

界面采用深蓝学研视觉规范，按章节配置横向设计图。图号与配套图片目录一致；人物、金额、日期及开通状态为示例，业务规则和准入条件以正文及批准记录为准。

本说明书面向架构、客户端、后端、测试及运维人员，定义自主学习、教师撮合与实时课堂、数字教学资源站的实现方案。学生使用 Android 与 iOS，教师使用基础电脑网页端及同一 APP 内的教师身份，运营使用 Web 后台。系统以模块化单体和单一商业 RTC 供应商作为首版实现基线。

本文件用于设计评审、开发拆分、接口联调和测试验收。文中的技术参数是待验证的设计值；首发国家、课堂人数与回放、教师自营或独立撮合模式仍按需求基线列为签约前决策。供应商账号、服务准入与实测通过后才能开放对应业务。

业务规则以《需求与技术方案 V1.2》为准，设计不得自行扩大 P0。首发国家、交易模式、录制回放及 HTML5 范围未确认时，按需求第 20 章门槛关闭相应销售、接单或执行能力；方案须与批准记录保持一致。

阅读导航

主题	章节
设计边界与总体架构	第 1 至 3 章
数据模型与业务实现	第 4 至 10 章
国际支付与教师结算	第 11 至 12 章
API 安全与工程组织	第 13 至 15 章
部署 监控与验证	第 16 至 19 章
需求追踪与参考依据	附录 A 至附录 C

1 设计基线与关键决策

1.1 范围与实现原则

P0 包含在线课程、章节练习、客观题模考、选师预约、一对一课堂、静态课件与基础白板、数字资源授权和下载、内购及一条获准的跨境收款路径、教师应付记录、基础教师网页端、运营后台。复杂动态 PPT、桌面屏幕共享、小班、自动录制与回放、自动续订、机构多席位及实物物流均不作为默认交付。

功能是否可售由商品、分发渠道、商店地区、运营主体、支付准入共同决定。APP 自选国家和设备 IP 仅用于体验与风控，不作为绕过商店支付规则的授权依据。首版一对一且不录制，是报价与系统配置基线，可以经重新设计后调整。

决策	当前设计基线	确认或验证要求
学生端	Flutter Android 与 iOS	音视频 内购 音频路由和系统中断须真机验证
教师端	Web 常规授课 APP 辅助及基础授课	基础网页端纳入 P0；不复用所有移动 UI
后端	Java 21 与 Spring Boot 模块化单体	选择签约时受支持的稳定版本并锁定依赖

决策	当前设计基线	确认或验证要求
数据库	PostgreSQL 17 与数据库迁移工具	排课排斥约束与事务为一致性基础
缓存与任务	Redis 缓存; PostgreSQL Outbox 任务	Redis 丢失不能丢订单、预约、权益或应付记录
内容与媒体	对象存储 CDN 异步文档处理	私有原文件 签名访问 鉴权下载
实时课堂	腾讯 TRTC 或声网 Agora 二选一	完成目标国家 APP 与 Web 样机后锁定
开源备选	LiveKit 自部署	独立工作包，不默认与商业 RTC 同时上线
支付模式	数字内容默认商店内购	一对一例外、地区项目及渠道准入分别确认
教师资金	自营应付或独立撮合分别设计	未确定交易关系前不启用普通商户全球分账

1.2 非功能目标

设计容量暂按 1,000 在线用户、100 间一对一课堂及 200 名媒体参与者；WebSocket 连接、API 请求和媒体并发分别核算。目标区域普通读接口 P95 不高于 800 毫秒、关键页面内容 P95 不高于 3 秒；课堂进房、弱网及延迟按第 18 章验证。以上均为建议验收目标，不能由云产品宣传直接推定已满足。

首版业务可用性月目标 99.9%，试运行无崩溃会话比例目标 99.5%；RPO 不超过 1 小时，RTO 不超过 4 小时。指标需写明统计窗口、测试网络、服务边界及第三方依赖，不将服务等级目标作为既有运行成绩。

图 UI49 后台首页概览

运营后台 需求索引 需求第 9 章



后台首页汇总业务待办 各模块保持同一套全局菜单

2 总体架构与系统边界



媒体不经业务 API 中转；数据库是订单与预约的权威写入点。

图 1 总体架构。实线表示主要业务或数据调用，RTC 音视频由终端直连供应商媒体网络。订单、鉴权、课堂状态及教学交互由业务系统控制。

2.1 部署与调用职责

终端通过 HTTPS 调用 API，通过 WSS 订阅预约通知、课堂事件与聊天。音视频不经普通业务 API 中转；课程视频和资源经对象存储与 CDN 分发。媒体回调、商店通知及支付回调进入独立受控入口，验证后落入 Inbox，再交由业务处理。

API 与 Worker 可使用同一代码仓库、同一领域模型，但以不同运行角色部署。API 保持无状态；Worker 执行超时释放、支付查单、媒体处理、通知与结算任务。课堂 WebSocket 服务可作为同一应用的独立实例池，使用 Redis 做多实例消息分发，数据库保存可恢复状态。

2.2 模块边界

模块	拥有的业务数据	对外提供的能力
identity	用户 登录身份 设备 教师资料 角色	登录验证 访问控制 审核状态
catalog	商品 SKU 价格 内容版本 授权模板	可售商品 价格快照 内容发布
learning	课程 进度 试卷版本 答题与成绩	学习同步 练习 计时考试与判卷
scheduling	教师规则 可约时段 预约及变更	查时段 锁位 改期 取消
classroom	会话 设备租约 课件 白板 聊天	入室凭证 教学同步 履约事件
commerce	订单 支付尝试 退款 权益	支付确认 发权 撤权 对账

模块	拥有的业务数据	对外提供的能力
settlement	教师应付 调整 付款批次	结算审批 付款与冲正
operations	工单 举报 审计 配置 发布记录	客服处置 地区开关 风控与报表

模块通过应用服务调用，禁止客户端直接修改订单、成绩或教师应付。跨模块的强一致操作在同一数据库事务中完成；通知、文档转换和第三方调用通过 **Outbox** 异步完成。不得为首版预先拆分大量数据库和微服务。

3 技术栈与实现约定

3.1 终端与服务端

移动端建议采用 Flutter、路由与状态管理库、SQLite 本地队列及平台适配插件。教师网页端及后台采用 TypeScript 与 React，按独立路由和权限组织；RTC 使用所选供应商支持的 Web SDK，不以 Flutter Web 直接替代全部教师端适配。状态管理及具体 UI 库由团队统一选型并锁定。

服务端采用 Spring Boot、Spring Security、数据库迁移工具及 OpenAPI；普通请求可使用 ORM，排课约束、批量任务和关键锁使用明确 SQL。依赖使用锁定清单和软件物料清单，构建环境和生产环境固定版本；禁止把“最新版”写成不可复现的构建要求。

3.2 数据和接口统一规范

对象	实现约定
主键	UUID；外部可读订单号与数据库主键分开
时间	数据库存 timestampz；接口使用带 Z 或偏移的 RFC 3339；业务排课另存 IANA 时区
金额	最小货币单位的整数；API 用十进制字符串传输，附 ISO 币种与精度；禁止浮点计算
汇率	独立保存来源 时间及精度；仅财务换算，不能覆盖原始币种金额
并发更新	version 字段和条件更新；关键业务行锁及数据库约束
删除	内容下架与账号停用优先保留业务引用；法定记录按保留策略处理
分页	按时间与主键的游标分页；交易列表避免 offset 深分页
可追踪性	request_id trace_id actor_id 及业务实体 ID；日志不得带凭证全文或证件原文

4 数据模型与约束设计

4.1 主要实体及关系

一个用户可有多个登录身份及一个教师资料。课程与可售商品分别建模，商品通过内容关联及授权模板发放权益。服务订单可关联历次改期预约，但同一时刻仅一个有效履约预约；一次订单可有多次支付尝试。每个预约最多对应一个业务课堂会话，允许多次 RTC 连接和设备接管。

表或实体	关键字段	约束和关联
user_account	id status locale country time_zone	国家 语言 时区分别存储；停用不删除订单
login_identity	user_id provider subject normalized_email	provider 与 subject 唯一；邮箱规范化后按登录策略判重

表或实体	关键字段	约束和关联
user_device	user_id device_id refresh_hash revoked_at	刷新令牌仅存散列；设备注销撤销会话
teacher_profile	user_id review_status teaching_status	教学审核与结算准入分开，不公开证件
payout_profile	teacher_id country provider status	敏感字段加密；变更须复核
product	id type status entitlement_template_id	type 为 COURSE RESOURCE LIVE_SESSION
channel_sku	product_id channel storefront sku	渠道 商户或应用 环境及 SKU 建唯一映射
product_price	product_id currency amount version	下单保存快照，不用现价回算旧单
content_asset	id storage_key mime version checksum	私有原件与预览分开；版本不可静默覆盖
course 与 lesson	course_id chapter_id asset_id	章节排序及课时内容版本明确
learning_progress	user_id lesson_version watched_ranges	用户与课时版本唯一；合并有效观看区间
question_version	question_id version payload answer	版本不可变；答案不随题干下发给考生
paper_version	paper_id version scoring_rule	锁定题目版本及顺序规则
exam_attempt	user_id paper_version deadline status	一次考试独立 attempt；服务端计时
exam_answer	attempt_id item_id revision payload	attempt 与 item 唯一；旧 revision 不覆盖新答案
availability_rule	teacher_id zone recurrence exceptions	规则与已生成时段分开；保留 DST 策略
booking	teacher_id student_id starts_at ends_at	活跃状态的教师及学生时间范围不得重叠
booking_change	old_booking_id new_booking_id status	新时间以 HELD 预约占位；确认前保留旧预约
class_session	booking_id provider room_id state	预约唯一；供应商房间号不暴露为授权依据
class_device_lease	session_id actor_id epoch device_id	session 与 actor 唯一；epoch 单调增加
classroom_event	session_id seq event_id payload	session 与 seq 唯一；event_id 去重
order_header 与 order_item	user_id state currency snapshots	订单商品、金额、授权和售后快照不可后改
payment_attempt	order_id provider capture_id status	商户 环境 provider capture_id 唯一
payment_event_inbox	provider event_id raw_hash verified	渠道事件唯一；保留验证及处理状态
entitlement_grant	user_id scope source_id valid_until	来源唯一，不因一笔退款撤销另一来源权益
refund_request	payment_id refund_key amount status	请求唯一；累计成功与处理中退款不超实收
teacher_payable	booking_id contract_version amount	应付事件来源唯一；冲正另记，不覆盖历史
settlement_batch 与 item	payee_id currency amount status	付款项唯一纳入有效批次；重试不重新出款
outbox_event	event_key aggregate_id payload next_at	event_key 唯一；至少一次投递，消费端去重
audit_log 与 support_case	actor action target reason	敏感操作及争议证据可追溯

4.2 索引与版本快照

预约建立 `teacher_id`、`starts_at` 和 `student_id`、`starts_at` 查询索引；活跃预约增加 GiST 排斥约束。订单按 `user_id`、`created_at`、`id` 建游标索引；支付查单按 `provider`、`merchant_id`、`environment`、`capture_id` 唯一索引。后台对状态与时间建立组合索引，不为每个筛选字段盲目建索引。

考试保存题目版本、题序、分值与评分规则快照。订单保存商品名称、合同卖方、币种、实付、佣金规则及授权范围快照。课堂保存课件版本；资源授权保存允许下载、打印、编辑和展示的权限快照。新规则只影响新单，历史修正必须有明确重算或冲正记录。

4.3 排课数据库约束示例

以下 SQL 演示首版的关键约束，不代替完整建表迁移；生产迁移须补齐用户、订单外键、枚举检查、审计与权限。PostgreSQL 的范围类型和 `btree_gist` 可用于时间重叠排斥约束。[T01]

```
CREATE EXTENSION IF NOT EXISTS btree_gist;
CREATE TABLE booking (
    id uuid PRIMARY KEY,
    teacher_id uuid NOT NULL,
    student_id uuid NOT NULL,
    starts_at timestamptz NOT NULL,
    ends_at timestamptz NOT NULL,
    state text NOT NULL,
    hold_expires_at timestamptz,
    version bigint NOT NULL DEFAULT 0,
    CHECK (starts_at < ends_at)
);
ALTER TABLE booking ADD CONSTRAINT teacher_no_overlap
EXCLUDE USING gist (
    teacher_id WITH =,
    tstzrange(starts_at, ends_at, '[') WITH &&
) WHERE (state IN ('HELD', 'CONFIRMED', 'IN_CLASS'));
ALTER TABLE booking ADD CONSTRAINT student_no_overlap
EXCLUDE USING gist (
    student_id WITH =,
    tstzrange(starts_at, ends_at, '[') WITH &&
) WHERE (state IN ('HELD', 'CONFIRMED', 'IN_CLASS'));
```

不将 `now()` 或“TTL 未到期”写进索引谓词。过期占位由事务显式改成 **EXPIRED** 后释放。缓存过期只影响查询体验，不改变数据库预约状态。时间使用左闭右开区间，前一节结束时刻可作为后一节开始时刻；若需备课缓冲，应将缓冲时间纳入占用范围并在界面说明。

5 登录 权限与终端组织

5.1 账号和会话

P0 使用邮箱验证码注册和登录。验证码短期有效、一次使用、服务端散列保存，按邮箱、IP 和设备限流；成功与失败提示避免暴露账号是否存在。用户邮箱按明确规范化规则处理，不把第三方同名邮箱自动合并；新增 Apple 或 Google 登录时以供应商 `subject` 绑定既有账号。

建议访问令牌有效 15 分钟、刷新会话最长 30 天，作为可配置安全设计值。刷新令牌轮换并保存散列，检测旧令牌重用后撤销对应设备会话。教师资质、管理员权限及账号停用必须在线校验或使用可失效的短期缓存，不能等长效 JWT 自行过期。管理员启用多因素认证与更短会话。

5.2 授权模型

采用 RBAC 加对象归属校验：学生只能读本人成绩和订单；教师只能操作本人课表、获准预约和收益；教务不具有付款权；财务审批与执行分离。数据库查询始终包含授权范围，不能仅依赖前端隐藏按钮。签名资源 URL 和 RTC 凭证均在服务端完成对象授权后签发。

5.3 客户端状态与本地数据

移动端按 identity、learning、booking、classroom、resource、commerce、teacher 功能组织。页面状态只表达界面过程，订单、考试和预约最终状态来自服务器。SQLite 保存待同步进度和答题草稿，系统安全存储保存刷新令牌；退出或切换账号后隔离本地内容，避免读取前一用户数据。

大陆 Android 与 Google Play 使用渠道构建配置；APP 从服务端获取符合当前渠道及账号地区的功能和支付能力。推送采用平台适配，站内消息为可靠入口。教师网页使用安全 Cookie 与 CSRF 防护或受控短期令牌，不把长期凭证写入可被任意脚本读取的持久存储。

图 UI26 教师资料审核与准入

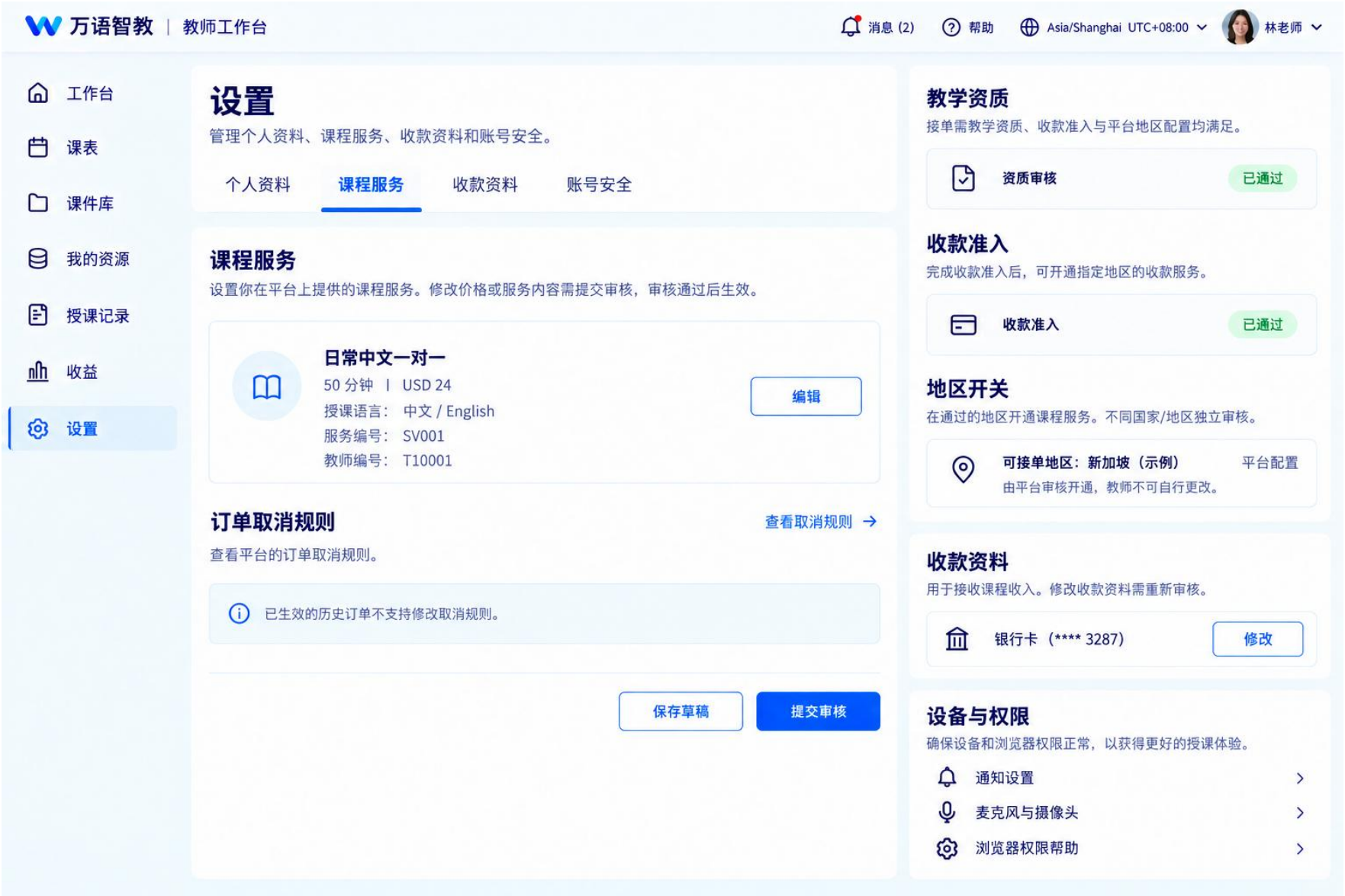
运营后台 需求索引| TC01 / TC02 / BK06 / LV07



教学审核只更新资质状态 不单独开放接单和资金能力

图 UI46 教师网页设置与课程服务

教师网页端 需求索引 TC04 / ACC02 / ACC03



教师资料 服务和收款设置分开 地区业务权限由平台配置

6 自主学习与题库实现

6.1 内容处理流水线

后台申请上传 → 服务端生成受限上传凭证 → 对象存储完成通知 → Worker 检查真实 MIME、大小、校验值和安全扫描 → 视频转码或文档预览 → 人工确认预览 → 发布不可变内容版本。处理任务以 `asset_id` 加 `version` 幂等；失败进入可重试状态，正式商品不能指向未完成的预览。

视频使用分片、签名和 CDN，源文件及密钥权限分离。P0 在线点播；离线 DRM 作为独立扩展，需要端许可、缓存到期及设备限制。HLS 加密与短期 URL 不能被表述为杜绝录屏。PDF 预览、资源下载和课堂课件可复用处理后的资产，但分别校验用途授权。

6.2 学习进度与观看时长

客户端定期上报 `lesson_version`、`device_id`、`event_id`、连续播放区间及媒体位置。服务端按事件去重，将经校验的观看区间求并集，再计算完成比例；单纯拖动、暂停心跳和多设备同时播放不重复计时。异常倍速、客户端时钟跳变或过量增长仅作风控线索，不能由单一信号直接处罚用户。

建议有效覆盖达到 90% 计完成，阈值按课程规则配置；字幕、倍速、记忆播放位置及关联练习纳入首版。客户端支持断网暂存事件，联网后带序列补交，服务端返回已接受进度。图文课采用阅读标记和确认完成，不推断知识掌握程度。

6.3 模考状态与判卷

状态	进入条件	允许动作和不变量
CREATED	仅建立草稿和试卷版本，不下发可作答试题、不设置运行中的 <code>deadline</code>	开始事务成功后设置 <code>started_at</code> 与 <code>deadline</code> 并迁移；若不提供草稿流程可直接创建 <code>IN_PROGRESS</code>
IN_PROGRESS	服务器成功受理首次开始；重复开始返回同一次结果	一个有效写入租约；答案 <code>expected_revision</code> 条件更新，接管旧端失效
SUBMITTING	用户交卷或到期任务命中	锁定可评分答案集合；重复请求返回同一结果
SCORED	服务端按规则评分完成	成绩不可由客户端修改；评分规则版本可追溯
INVALIDATED	管理员按明确规则作废	保留原因及历史，不静默删除成绩

截止时间由服务端创建且不断网暂停。答题保存事务记录 `received_at`；交卷先锁定 `attempt`，再冻结已成功接收答案并评分。补交窗口默认关闭；若业务允许宽限，须定义服务端接收截止、证据及最大延迟，不能信任客户端自报的答题时间。评分失败可重跑同一版本，产生唯一成绩记录。

客观题答案及解析在允许查看之前不下发。数学公式保留结构化源数据，净化富文本后渲染，禁止题干注入脚本。首版单选、多选与判断按显式评分规则实现，填空、综合题与主观评分须基于样题扩展。

6.4 EX07 考试并发事务协议

建议以 `POST /v1/exam-attempts` 作为确认开始动作，必须携带 `Idempotency-Key`；事务锁定服务端 `attempt_slot` 或等效唯一守卫，防止同一开始请求并发创建两次。首次成功设置 `started_at`、`deadline`、试卷与题序快照、答题租约 `epoch`，状态直接 `IN_PROGRESS`；`CREATED` 仅供可选草稿流程，说明页不下发整套可答试题。重复幂等请求返回既有开始时间，不重置 `deadline`。

保存答案、主动交卷、接管和到期任务都先 `SELECT FOR UPDATE` 锁定同一 `exam_attempt`，再按固定题目 ID 顺序锁答案。锁后使用数据库实际当前时间校验状态、`deadline`、`actor` 和 `epoch`；不能使用事务开始

前或排队前时间绕过截止。保存事务校验 `expected_revision` 等于当前服务端 `revision`，再由服务器加一；初始版本为 0，版本不符返回 409 和当前版本，不采用“客户端更大版本自动覆盖”。

答题保存带 `client_event_id`、`device_id`、`epoch`、`expected_revision` 与请求摘要；唯一键为 `attempt_id`、`client_event_id`。完全相同重试返回既有结果，不同摘要返回冲突。`received_at` 记录通过 `attempt` 锁后校验的服务器接收时刻。进程故障未提交视为未接收；本地草稿应标记待同步，拒绝或截止后不能显示保存成功。

同一次考试默认建议一台可写设备，`POST /v1/exam-attempts/{id}/takeover` 须显式确认并携带幂等键，在 `attempt` 锁内递增 `epoch`，旧端可读但不能写或交卷；重试同一接管不再递增。交卷在同一锁内冻结已提交答案及 `frozen_revision_set`，迁移 `SUBMITTING` 并写评分任务；此后拒绝答案修改。评分读取冻结集合，成绩按 `attempt_id` 唯一；评分失败只重跑同一快照。到期任务复用交卷路径，过早执行则重新调度；迟执行不接受 `deadline` 之后的答案。

测试 **E-START** 验证说明页不计时、重复开始不延长；**E-RACE** 并发保存与手动或到期交卷，验证冻结前成功提交答案全部纳入、冻结后写入全部拒绝；**E-LEASE** 验证双端问题、旧 `epoch`、网络重试与进程崩溃不覆盖新答案。单端写入和时点口径须按需求 EX07 批准后冻结。

图 UI32 课程目录与课时编辑

运营后台 需求索引 ST02 / ST04 / ST05 / ST07



W 万语智教

CSCA 中文基础 (20课) 草稿

视频课程 | 20 课时 | USD 48 | 180天
最后保存: 2026-10-18 14:22

基本信息 课时资源 商品设置 售后模板

课程编号 C001 课程名称 * CSCA 中文基础 (20课)

课程简介
面向零基础学习者的中文入门课程，涵盖日常交流、校园生活等实用场景。
28/200

商品设置

售价 (USD) * 48 有效期 * 180天

商店 SKU ② iOS 端 SKU 安卓端 SKU
ioscourse.c001 playcourse.c001

售后模板
数字课程已确认售后规则

发布状态 ② ☒ 草稿 ☐ 提交审核

保存草稿 提交审核

课程 课时和商店商品分开映射 预览和审核完成后方可发布

图 UI30 题库导入与错误处理

运营后台 需求索引 EX01 / EX06 / 旧系统迁移

W 万语智教 | 运营后台

?

帮助

🔔

👤

运营管理员
超级管理员

🏠 首页概览

👤 用户管理

📁 内容管理

📖 题库模考

👥 教师管理

📅 预约课堂

💰 交易财务

🎧 客服运营

📊 数据报表

⚙️ 系统设置

题库模考

+ 新增题目

管理题库资源，支持题目维护、批量导入、试卷配置与考试记录。

题目管理

导入任务

试卷配置

考试记录

🔍 搜索题目编号、题干内容或知识点...

全部题型

全部知识点

全部状态

重置

☐	题目编号	题干内容	题型	知识点	状态	操作
☐	Q012	哪个词表示“前往某地”？	单选	方向地点	📝 草稿	编辑 ⋮
☐	Q011	他每天工作几个小时？	单选	时间表达	✅ 已发布	编辑 ⋮
☐	Q010	这是我的书。	单选	代词	✅ 已发布	编辑 ⋮
☐	Q009	你喜欢什么运动？	单选	兴趣爱好	✅ 已发布	编辑 ⋮
☐	Q008	天气怎么样？	单选	日常用语	✅ 已发布	编辑 ⋮

共 125 条 10条/页 < 1 2 3 4 5 ... 13 >

导入任务

任务编号	导入时间	总题数	成功数	失败数	成功率	状态	操作
IMP20261018001	2026-10-18 14:10	200	198	2	99%	✅ 已完成	下载错误项 重试失败项

题目编辑

草稿

题目编号 版本

Q012 v1.2

题型

单选

题干内容 *

哪个词表示“前往某地”？

选项 *

☐ A

在

☒ B

去☐ C☐ D

正确答案 *

B

解析

去表示前往某地。

知识点 *

方向地点

版权

自有授权

📘 保存为新版本，不会影响已发布的试卷及考试结果。

取消 保存新版本

题目和导入任务保存版本及错误明细 失败项可独立重试

图 UI31 模考配置与试卷版本

运营后台 需求索引 | EX03 / EX05 / EX06 / EX07

W 万语智教 | 运营后台

帮助

通知

运营管理员
超级管理员

首页概览

用户管理

内容管理

题库模考

教师管理

预约课堂

交易财务

客服运营

数据报表

系统设置

题库模考

创建和管理模拟试卷，配置试卷结构、题目、考试规则及发布设置。

题目管理

导入任务

试卷配置

考试记录

基本信息

试卷名称 *
模拟卷A

版本
v1.2

试卷类型
中文

考试时长 *
60 分钟

总题数 *
40 题

总分 *
100 分

试卷结构

题型	题目数量	每题分值	小计分值
单选题	20	2	40
多选题	10	4	40
判断题	10	2	20
合计	40	-	100

考试规则

1

 点击开始且服务器受理成功后计时；阅读说明不计时。

2

 网络中断时计时继续；答案暂存并在恢复后同步。

3

 同次考试仅一个有效答题端；新设备接管须本人确认，旧端转只读。

多选题判分规则

漏选、错选均不得分（得0分）

考生需全部选对才得分，漏选或错选均记为0分。

试卷预览

第 12 题 / 共 40 题 单选题 2 分

下列哪个词表示“前往某地”？

A. 在

B. 去

C. 是

D. 有

发布设置

计时规则与单端作答策略尚待批准，暂不可发布。

发布试卷

需完成计时规则与单端作答策略的审批后，方可发布。

其他操作

保存草稿

提交审核

题目分值与试卷总分一致 计时和单端策略须经批准

第 15 页

7 教师排课与预约事务

7.1 时区与时段生成

教师使用 IANA 时区和每周规则设置空闲，指定日期例外优先。服务端向未来有限窗口生成可约时段，首版建议 8 周；已售预约不会因规则重建而被覆盖。夏令时不存在时刻默认不生成，重复时刻需选择偏移并显示给教师确认。预约保存 UTC 起止、教师与学生时区、显示快照和规则版本。

教师位于其他国家不代表商店地区改变；排课所在地、支付地区、税务居民身份分别保存。时区数据库更新后只重建未售时段，对已售时段是否调整由教务确认并通知双方。

7.2 锁位与支付前置

创建预约使用 Idempotency-Key，并由服务端校验教师可授课、学生可购买、时间未过、币种与取消规则。按第 7.5 节统一守卫顺序锁定学生与相关教师，清理阻挡目标预约的过期 HELD 后，插入新 HELD、待支付订单及 Outbox，同一事务提交。占位建议 10 分钟，具体由签约规则配置。

教师与学生的时间冲突由数据库双排斥约束兜底。全部排课写路径使用第 7.5 节同一套用户守卫，不能有仅锁教师的旧路径；冲突与死锁只对幂等事务有限重试。不得在持有数据库事务锁时等待支付平台网络响应。

7.3 支付回调和过期竞争

支付核验网络调用在事务外完成；落账前按第 7.5 节统一顺序取得全部守卫、预约、订单及支付行锁。若占位仍可恢复，支付成功与预约 CONFIRMED、课堂权益及 Outbox 同一事务提交；若已被其他预约占用，如实记录资金状态 PAID、履约状态 EXCEPTION 及 SLOT_CONFLICT 原因，启动改约或原路退款，不覆盖后来预约。

定时任务释放过期占位时必须重新检查数据库状态，不能使用缓存中的旧状态。释放与支付确认相互竞争时，由行锁确定先后；一旦 CONFIRMED，过期任务不再改回 EXPIRED。已经真正收款的迟到通知不能因订单曾超时而被忽略。

7.4 改期 取消与履约

预约状态	合法后继	控制要求
HELD	CONFIRMED EXPIRED CANCELLED	确认须有可信付款或有效赠送来源
CONFIRMED	IN_CLASS CANCELLED	只有符合时间窗且获准的用户能入室
IN_CLASS	PENDING_COMPLETION	断线不直接结束；结束事件与到点任务幂等
PENDING_COMPLETION	COMPLETED	保存履约证据，按规则处理异议
COMPLETED	保持原完成事实	争议 退款及教师付款用独立对象处理
EXPIRED	经校验可恢复为 CONFIRMED	仅处理迟到真实付款，重新验证空闲与约束并记录恢复原因
CANCELLED	保持取消事实	迟到付款转异常履约；重新预约创建新记录

改期创建 booking_change，并在同一 booking 表生成关联的 HELD 新预约，让新时间同样受双排斥约束保护；每个原预约只允许一个待确认改期。首版只支持同一教师且与原时间不重叠的改期，重叠微调交教务按单事务修改并保留变更记录。双方确认时先锁定相关预约，在一个事务中将旧预约取消并标注 RESCHEDULED、确认新预约、更新订单的当前履约引用及提醒；订单历史关系保留，不产生第二次支付或重复应付。新占位超时只撤销改期，旧预约继续有效；旧课堂关闭后为新预约生成对应课堂。

取消规则按下单快照执行。教师取消、学生迟到、双方网络故障和旷课分别留原因。预约结束进入待完课与争议观察流程；累计进房时长不足以自动证明教学完成，需合并双方重叠在线区间、教学事件及投诉。退款状态、预约状态、课堂状态与教师付款状态分别维护。

7.5 BK07 统一守卫与跨教师占位清理

采用 `scheduling_guard(user_id 主键)` 作为参与者守卫，学生和教师共用稳定 UUID 锁顺序。创建、释放、支付确认、改期、取消及后台调课全部适用：先按 UUID 排序锁定相关用户守卫，再按预约 UUID、订单 UUID、支付 UUID 排序锁行。资料审核状态在守卫取得后重新检查，不能继续混用旧的“先教师再学生”顺序。

创建前预读该学生目标区间内的过期 HELD 及其教师，构造学生、目标教师和相关旧教师的守卫集合。取得完整集合后再查冲突和数据库实际时间；发现新的关联守卫则回滚并重新收集，禁止持锁后追加乱序守卫。清理的是 `hold_expires_at` 已到且状态仍 HELD 的记录，按 UUID 锁行并更新 EXPIRED，再插入新预约。数据库排斥约束仍是最终兜底。

独立清理任务同样先取得该预约双方守卫，再重读状态和到期时间；已 CONFIRMED 的预约不释放。迟到付款恢复使用同一协议重新验证教师和学生空闲；若新预约已占用，旧款只记异常履约，不挤占。改期涉及旧、新预约及学生、教师，预收集全部守卫并按同一顺序获取；网络验证一律在事务外。

有限重试建议初值 3 次并加入随机退避，属于待压测配置。持续竞争返回 `retryable` 冲突或暂不可用，不能无限重试，也不能把后台清理延迟显示为永久占用。测试 B-EXPIRE 暂停清理 Worker，让 A 占位过期后预约 B；同时重放旧付款与到期任务，验证无旧占位假冲突、无重叠确认、无资金丢失。

图 UI33 教师周课表与批量排课

教师网页端 需求索引 TW01 / BK01 / BK04 / BK05

W 万语智教 | 教师工作台

消息 (2) 帮助 Asia/Shanghai UTC+08:00 林老师

工作台

课表

课件库

我的资源

授课记录

收益

设置

课表

设置可约时间 预览发布

管理每周规则与例外日期；已售及待确认时段不可覆盖。

2026年10月19日 - 10月25日 星期一至星期日

10/19 星期一

10/20 星期二

10/21 星期三

10/22 星期四

10/23 星期五

10/24 星期六

10/25 星期日

17:00

18:00

19:00

20:00

21:00

22:00

18:00 - 18:50 Alex 日常中文一对一 BK20261020018

20:00 - 20:50 Sara 商务中文 BK20261020022

20:00 - 20:50 Sara 待确认改期

待处理请求 1

Sara 请求更改上课时间

原上课时间 2026-10-20 星期二 20:00 - 20:50

申请更改为 2026-10-22 星期四 20:00 - 20:50

在您确认前，原上课时间仍然保留。

拒绝 同意

可预约时间 (未来日期)

10/20 星期二 19:00

10/22 星期四 18:00 19:00

10/27 星期二 18:00 19:00 20:00

10/29 星期四 休息，不可约

已排课、待确认改期的时间不显示为可预约。

每周规则和例外日期共同生成时段 已售及待改期时段不可覆盖

8 实时课堂与供应商适配

8.1 供应商选择与接口

腾讯 TRTC 与声网 Agora 使用同一目标国家、课件和设备矩阵进行概念验证，再选择一家实施。腾讯旧实时互动教育版停止新购不等于 TRTC 停售；RoomKit 是否包含白板与课件能力须单独确认。声网 RTC、白板与 Flexible Classroom 分别核实端支持及授权。LiveKit 自部署需另估 SFU、TURN、Redis、媒体服务及跨国带宽，不作为零成本替换。[T05–T08]

内部接口	输入	返回与控制要求
createRoom	class_session_id region_policy	provider_room_id；重复调用不重复创建业务会话
issueJoinCredential	session actor role epoch	绑定身份 房间 发布权限与有效期
removeParticipant	room provider_user_id reason	记录执行状态；供应商移除能力须验证
closeRoom	session reason	停止入室与发布；失败进入补偿任务
verifyProviderEvent	headers raw_body	校验后的统一事件及供应商原始事件 ID
querySessionEvidence	room time_range	供应商日志引用与质量数据，不直接决定收费

凭证按厂商支持能力续期；建议签发短期凭证并在有效课堂内刷新。服务端预约校验不能替代媒体平台的房间权限：TRTC 需验证高级权限控制及 PrivateMapKey 等房间绑定机制，不能只发一个可进入任意房间的 UserSig；其他供应商验证等效房间授权。[T06]

8.2 入室和设备接管

入室接口检查账号状态、教师审核、本人预约、已收款或获赠权益、入室时间窗、课堂状态及地区能力。服务端创建或读取唯一 ClassSession，取得 actor 的设备租约，再签发媒体凭证与教学 WSS 凭证。提前 10 分钟仅为建议课前窗口，超出窗口不给正式课堂权限。

教师从电脑切到手机须显式确认，服务端将租约 epoch 加一，旧端收到退出发布事件，新端获取当前课件与白板快照。旧端携带旧 epoch 的教学写入一律拒绝。媒体旧凭证是否仍可发布取决于厂商能力，必须执行服务端移除、发布权限回收或经验证的等效方案；仅靠客户端提示与 JWT 过期不能保证立即踢出。

8.3 媒体与业务状态分离

ClassSession 业务状态为 SCHEDULED、OPEN、ENDED；每个连接另有 CONNECTING、CONNECTED、RECONNECTING、LEFT。短时断线不结束业务课堂；教师点击结束需二次确认并调用服务端关闭。开关摄像头、静音、蓝牙与来电恢复由终端适配，切后台不承诺持续拍摄。

首版最高摄像头质量建议 720p，自适应降到低清或纯音频；课件通过文档页同步，不能用模糊摄像头拍屏代替。管理员不默认隐身进入；客服介入有授权、提示和审计，并重新评估是否改变服务参与人数及支付分类。

图 UI37 课堂设备接管与权限恢复

跨端流程 需求索引 TW03 / TW05 / LV01 / LV06



接管只保留一个有效发布端 权限拒绝提供系统设置恢复入口

9 课件 白板 聊天与教师网页端

9.1 课件和白板事件模型

教师上传 PDF 或图片，Worker 产生预览页与尺寸信息，课件通过 `asset_version` 固定。教师发布翻页、画笔、橡皮、撤销、清空与学生标注权限变更；服务端按房间授权验证并分配递增 `seq`，写入事件记录后广播。客户端 `event_id` 去重；回声和重发不得重复画线。

坐标采用课件页宽高归一化的 0 至 1 值；事件携带 `page_id`、`asset_version`、`object_id`、`operation` 及 `epoch`。画笔轨迹分批发送，限制点数、频率和消息大小。服务端每隔固定事件数或时间生成快照，建议初值 100 事件或 30 秒，压测后调整；重连获取 `snapshot_seq` 及后续事件，发现序号缺口主动补拉。

对同一图形的撤销与删除按对象版本执行，教师有课堂管理权，学生只能在获准页面标注。基础白板使用服务端排序即可，首版不引入全功能 CRDT 编辑器。若采购厂商白板，则将上述不变量映射至其房间、权限和快照能力，避免同时维护两套相互矛盾的白板权威状态。

9.2 聊天与课后资料

消息先鉴权、净化与持久化，再确认送达；基于 `client_message_id` 去重，服务端时间排序。支持举报、屏蔽和与预约关联的文本消息；上传文件必须经过内容安全检查。保留期按目的及市场确定，不在日志复制聊天全文。

课后小结、建议练习与课堂结果单独存储，只有本预约师生可见；不录制基线下，这些文字资料不等同录像回放。录制默认关闭，后台不得通过绕过前台开关偷偷启用云端自动录制。

9.3 教师网页端实现

网页分为课表、课件库、课前检查、课堂和收益五个功能区。课堂组件包括媒体区、课件区、工具条、聊天与连接状态，布局以课件可读为优先。首次权限和自动播放失败有明确恢复入口，刷新重新读取服务端会话，不创建第二个课堂。

兼容建议 Windows Chrome、Edge 和 macOS Chrome 最近两个稳定主版本，签约锁定具体版本；Safari 及 iPad 浏览器另列兼容范围。浏览器休眠、关闭标签页和设备省电会中断授课，不以后台心跳承诺持续在线。桌面屏幕共享、系统声音及动态 PPT 作为 P1 独立验证。

图 UI20 教师网页工作台

教师网页端
 需求索引 TW01



图 UI21 课件上传与备课

教师网页端 需求索引 TW02



自上传材料归课件库 购买授权资源从我的资源引用

图 UI22 网页课前设备检查

教师网页端 需求索引 TW03 / LV01



设备与课件检查分别记录 麦克风未授权时不可进入授课

图 UI23 网页课堂与基础白板

教师网页端 需求索引 TW04 / LV03 / LV04 / LV05



全屏授课隐藏全局侧栏 教师工具与学生权限分开

图 UI19 教师授课 小结与应付

教师手机端 需求索引 TW05 / TW06 / LV07 / PY05



手机接管后旧端停止发布 课后小结不自动触发付款

图 UI24 授课记录与课后小结

教师网页端 需求索引 TW06 / LV07 / PY05

W 万语智教 | 教师工作台

消息 (2) 帮助 Asia/Shanghai UTC+08:00 林老师

工作台

课表

课件库

我的资源

授课记录

收益

设置

授课记录

查看历史授课记录，撰写课程小结。

2026-10-01 ~ 2026-10-31

全部课程类型

全部状态

上课时间	学生	课程名称	订单号	价格 (USD)	预约时长 (分钟)	实际授课 (分钟)	状态	操作
2026-10-20 18:00 – 18:50	AL Alex	日常中文一对一	BK20261020018	24	50	48	已完成	查看 >
2026-10-18 20:00 – 20:50	SA Sara	商务中文	BK20261018012	24	50	50	已完成	查看 >
2026-10-15 19:00 – 19:50	JI J***	HSK备考	BK20261015007	26	50	50	已完成	查看 >
2026-10-12 18:00 – 18:50	MI M***	日常中文一对一	BK20261012031	24	50	47	已完成	查看 >
2026-10-10 20:00 – 20:50	DA D***	旅游中文	BK20261010019	24	50	50	已完成	查看 >

共 5 条记录

授课详情

AL Alex

查看该课收益

U10001 · *****

订单号 BK20261020018

上课时间 2026-10-20 (星期二) 18:00 – 18:50

课程名称 日常中文一对一

价格 USD 24

预约时长 50 分钟

实际授课 48 分钟

状态 已完成

课堂事件时间线

18:00

学生进入教室

18:22

学生网络断线

18:24

学生重新进入教室

18:50

课堂结束

教师手动小结

本节学习校园生活与图书馆相关表达，练习前往某地的词语；建议完成关联练习Q012。

64 / 500

关联练习 (可选)

Q012 方向与地点专项练习

提交小结

授课记录保存履约事件与手动小结 收益进入独立模块

图 UI45 教师网页消息中心

教师网页端 需求索引 ACC04 / TC06 / LV05



顶栏消息入口常驻 预约卡和聊天角色保持一致 失败消息可重试

10 数字资源站与授权实现

商品与文件分别管理。资源可包含多个版本及预览，购买后发放授权快照，明确个人学习或个人教师授课，是否允许打印、编辑、课堂展示及下载。原文件 PPTX 可交付给教师使用，APP 只承诺已约定的预览，不承诺原生编辑或还原所有动画。

请求下载时服务端校验用户、有效权益、`license_scope`、文件版本和风险状态，创建 `download_grant` 后签发短期 URL；建议 URL 5 分钟、下载授权 10 分钟，可按文件大小调整。CDN 不能绕过源站私有权限，日志及错误页不能泄漏永久地址。

过期 URL 可重新鉴权签发；断点续传要求签名、`Range` 和文件版本稳定。预览文件可加可见水印；原文件是否添加水印需保证可用性并事先授权。原文件下载后无法保证远程撤回，退款只撤销后续访问或按授权协议处理，不能承诺删除用户已存文件。

版权投诉下架保留历史商品与授权证据，已购用户的后续访问按协议及法律处置。平台上传审核纳入 P0；第三方卖家入驻、机构多席位和任意脚本资源运行不在首版。

10.1 RS08 HTML5 条件交付与安全边界

按需求 RS08 保留 HTML5 范围待确认，原生练习和静态媒体能力不变。资产模型增加 `execution_type`、`approved_origins`、`content_version`、`review_status`、`capability_profile`；未批准 HTML5 时后台禁止发布可执行版本，终端只展示受控静态预览。批准首版交付时须提供样例、支持端、转换限制、授权和新增费用，不能仅凭 MIME 类型放行。

HTML5 使用独立低信任来源和隔离容器，不携带业务登录 Cookie、刷新令牌或可直接访问私有内容的长效凭证。Web iframe 限制 `sandbox`、CSP 与导航，避免同源下同时允许脚本及解除隔离；移动 WebView 关闭文件与本地资源访问，禁止任意 URL 跳转、下载和原生桥接，外部通信按精确来源白名单校验，不能只信任消息 `payload`。

确需与宿主通信时定义最小消息协议、`origin` 与会话校验、消息大小和频率；仅开放已批准练习事件，不暴露支付、账号、文件系统或任意网络代理。资产版本及审核结果固定，更新须重审；扫描不能替代运行隔离。测试 R-HTML 覆盖 Cookie/令牌读取、父页面访问、跨域跳转、原生桥接、外链付款、恶意脚本和超量事件，任一严重缺陷未解决则关闭执行能力。

图 UI25 内容与资源管理

运营后台 需求索引 ST01 / ST02 / RS01 / RS02 / RS06 / RS07

W 万语智教

运营后台

帮助

通知

运营管理员

超级管理员

首页概览

用户管理

内容管理

题库模考

教师管理

预约课堂

交易财务

客服运营

数据报表

系统设置

内容管理

管理课程相关的教学资源，支持多种格式上传、审核、发布与授权销售。

课程目录

课时素材

资源商品

版权授权

搜索资源名称、编号、作者或描述...

全部版本

全部状态

全部类型

重置

编号	资源名称	类型	版本	文件大小	页数	价格	适用权限	有效期	状态	操作
R001	生活中文练习册	PDF	v1.2	12.8 MB	48	USD 8	个人学习	180天	已发布	
R002	校园中文词卡	PDF	v1.2	8 MB	32	USD 8	个人教师授课	365天	已发布	
R003	日常会话课件	PPTX	v1.2	85 MB	120	USD 24	个人教师授课	180天	待审核	
R005	日常会话视频	MP4	v1.2	-	-	USD 12	仅在线	-	已发布	

原图示例数据，仅用于界面展示

生活中文练习册

已发布

R001 | PDF | v1.2 | 12.8 MB | 48 页

2026-10-18 14:22 发布

基本信息

授权销售

版本记录

资源编号

R001

资源名称

生活中文 练习册

类型

PDF

版本

v1.2

文件大小

12.8 MB

页数

48

作者 / 来源

万语智教教研团队

价格 (USD)

8

有效期

180天

适用权限

个人学习 (购买后可用于个人自主学习)

允许阅读

允许打印

允许下载

课堂使用 (仅限教师在课堂中展示，不可编辑或再次销售)

允许课堂展示

允许编辑

允许再次销售

版权证明

版权授权书.pdf

2.4 MB

已上传

重新上传

数字文件说明

下载后原文件无法远程撤回，请合理使用。

保存草稿

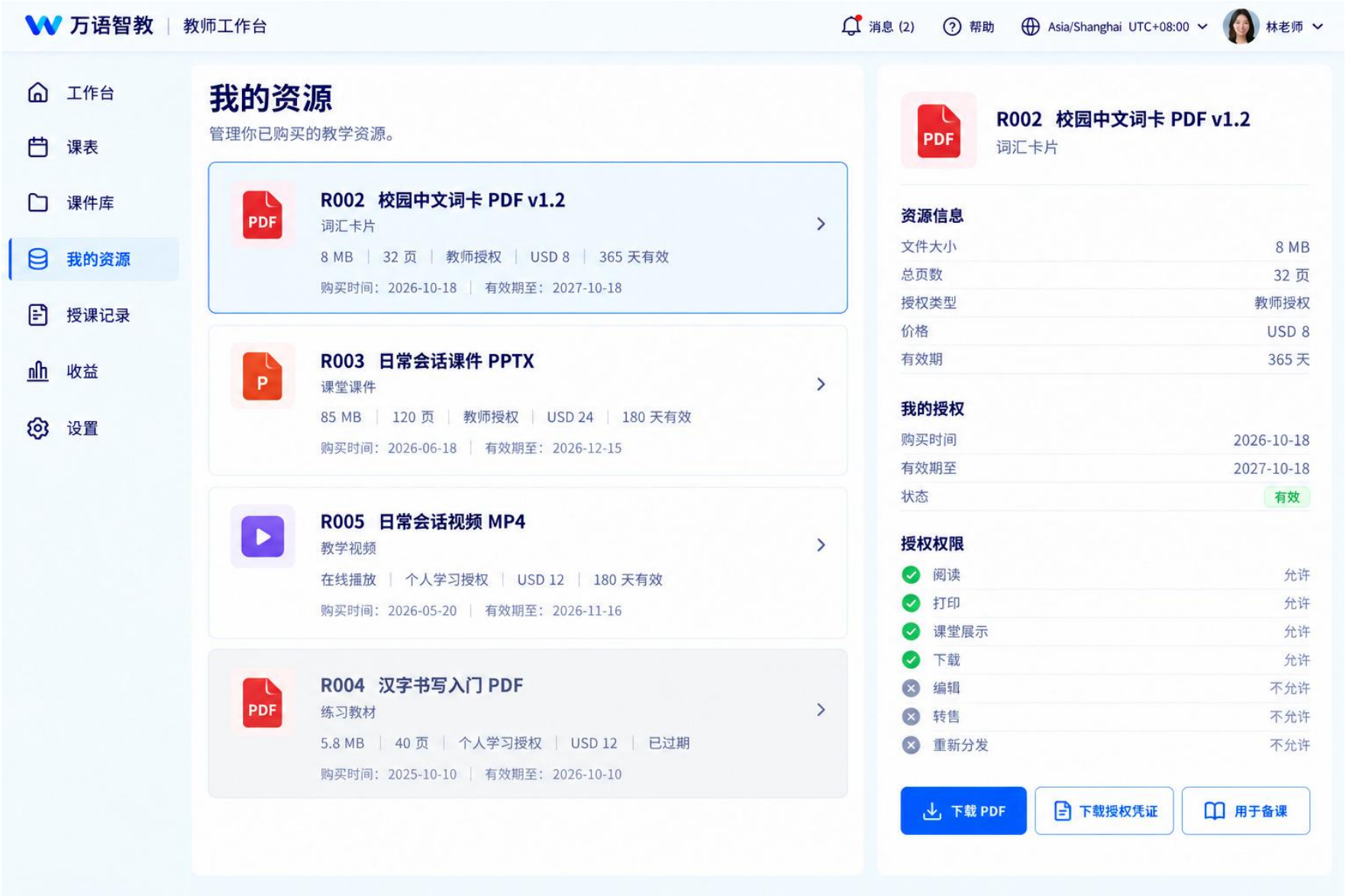
提交审核

内容管理使用固定模块页签 资源编辑遵守发布与版权流程

第 30 页

图 UI38 教师资源库与授权凭证

教师网页端 需求索引 RS04 / RS05 / RS06



教师资源库展示合法授权及有效期 备课引用不扩大使用范围

图 UI42 资源商品 授权与发布检查

运营后台 需求索引 RS02 / RS03 / RS05 / RS06 / RS08

W 万语智教

运营后台

帮助

通知

运营管理员

超级管理员

首页概览

用户管理

内容管理

题库模考

教师管理

预约课堂

交易财务

客服运营

数据报表

系统设置

返回资源商品

编辑资源商品

完善资源商品信息，上传资源文件并设置版权授权，提交审核后方可发布。

课程目录

课时素材

资源商品

版权授权

基本信息

资源名称

资源编号

校园中文词卡

R002

类型

PDF

版本

v1.2

文件大小

8 MB

页数

32

资源封面

校园中文词卡

重新上传

支持 JPG、PNG，建议尺寸 600×800px

资源文件

校园中文词卡.pdf

8 MB

已上传

重新上传

价格与授权

价格 (USD)

8

有效期

365天

授予权限

个人教师授课

iOS 资源 SKU

ios.resource.r002

Android 资源 SKU

play.resource.r002

允许的使用方式

允许在个人教学中展示

允许打印

允许下载

禁止的使用方式

编辑：不允许

转售：不允许

复制分发：不允许

资源预览

校园中文词卡

1 / 32

版权授权

版权授权书.pdf

2.4 MB

已上传

重新上传

使用条款

使用条款.pdf

1.1 MB

待审核

HTML5 执行

关闭 (待范围审核)

当前仅提供静态预览，暂不支持在线执行。

版本历史

版本	文件大小	页数	价格 (USD)	有效期	操作
v1.2	8 MB	32	8	365天	当前版本
v1.1	6 MB	28	8	365天	-

保存草稿

提交审核

资源格式 商店映射和授权限制明确 条款审核完成后方可发布

第 32 页

11 订单 权益与国际支付

11.1 商品和支付路由

服务端的 **PaymentPolicy** 根据商品类型、是否实时一对一、录制回放、分发渠道、**storefront**、卖方主体、渠道商户能力和规则版本，返回允许的支付方式。客户端仅展示返回结果，服务端创建支付时再次验证。教师电脑端不作为 **APP** 无条件外链付款入口。

商品	实现基线	重要约束
录播 题库 模考 数字资料	App Store IAP 或 Play Billing	地区替代方案按获准项目配置，不按 IP 放行
两名个人实时一对一 无录制回放	经审核可用第三方收单	Google 例外包含不录制不可回放；Apple 是可用其他方式而非必须
小班或大班	默认数字服务内购路径	不沿用两名个人一对一例外
一对一附回放	独立审核商品与支付路径	Google 不沿用无回放例外；Apple 条文条件分别分析
大陆 Android	独立商店与商户配置	不混同 Google Play 构建及规则

大陆主体的收单、人民币结算与海外教师付款是不同能力。首期仅启用完成真实教育业务准入及生产小额验证的渠道。**PayPal** 或其他候选渠道以书面确认的产品为准；**Stripe** 不作为大陆普通企业默认可直接开户方案，境外实体也不意味着自动获得分账与全球付款资格。[T02、T09–T10]

11.2 状态分解

对象	主要状态	不变量
订单资金状态	UNPAID PAID PARTIAL_REFUND REFUNDED	按实收和成功退款计算，不由支付页面决定
订单履约状态	WAITING READY DELIVERED EXCEPTION CLOSED	PAID 不必然已履约；超时收款可进入 EXCEPTION
支付尝试	CREATED PENDING SUCCEEDED FAILED CANCELLED	不同渠道状态保留原值；超时查单不能直接判失败
退款	REQUESTED PROCESSING SUCCEEDED FAILED	请求成功不等于资金已退，成功后才最终冲正
拒付争议	OPEN WON LOST CLOSED	与退款并列；冻结相关应付并保留证据
权益来源	ACTIVE SUSPENDED REVOKED EXPIRED	一个来源撤销后，其他有效来源仍可授权

11.3 可靠确认支付与发权

客户端向服务端创建业务订单，价格和币种来自可信快照。服务端创建 **payment_attempt**，再以稳定幂等键调用渠道。付款批准、**3DS** 完成或跳回成功页均不直接发权；服务端验证最终交易、商户、应用、环境、金额、币种和业务绑定。

已验证事件先以 **provider**、**merchant**、**environment**、**event_id** 唯一落入 **Inbox**，可靠保存后再向渠道确认接收。业务消费者锁定相关对象，写实收、权益来源及 **Outbox**，在同一事务提交。任何消息均按至少一次投递处理；不可宣称外部支付与本地数据库能实现一个跨系统原子事务。

重复同一 **capture** 只返回既有结果。若同一订单确实被不同支付尝试成功扣款两次，第二笔仍须如实入账，标为重复实收并进入退款，不得因订单已 **PAID** 而丢弃。补偿查单覆盖回调遗漏、进程崩溃和响应丢失；退款使用稳定 **refund_key** 并单独去重。

11.4 Apple 与 Google 内购

Apple 使用 **StoreKit 2** 购买与交易更新，服务端校验交易签名与应用、环境、商品及账号绑定，结合 **App Store Server API** 和 **Notifications V2** 处理恢复、退款及撤销；使用官方服务器库验证，禁止客户端“**verified=true**”作为信任依据。[T03]

Google 使用服务端验证 **purchaseToken** 与 **package**、**product**、状态及账号关联，**PENDING** 不发权；**PURCHASED** 后完成持久化授权，再按商品类型确认或消耗。确认时限按官方规则处理并建立重试与预警；当前普通购买的三日期限从 **PURCHASED** 开始，不能只靠前端在线确认。**RTDN** 视为重新查单信号，不能将通知负载直接当完整购买事实。[T04]

商店恢复交易与业务账号绑定分开。**Apple appAccountToken**、**Google obfuscatedAccountId** 等账号关联能力按官方接口使用，不写明文邮箱。已绑定其他业务账号的交易转人工核验，不按新登录账号自动转移。商品按非消耗或可重复购买等真实行为配置，不以一种内购类型覆盖所有商品。

11.5 对账与异常池

每日对业务实收、渠道 **capture**、商店通知、退款、手续费、结算批次和银行净入账分层核对。商店多单汇总结算，不能要求银行净额逐单等于商品售价。异常池包含无业务订单的收款、重复收款、未发权、未确认内购、退款未完成、拒付和结算差异，均有负责人、处理期限和审计。

11.6 PY07 部分退款与权益分配

退款记录包含 **reason_code**、**original_payment_id**、**policy_version**、**amount_minor** 和 **currency**；**refund_allocation** 按 **refund_id**、**order_item_id**、**grant_source_id**、**allocation_type** 保存金额和权益动作。订单项及币种必须属于原交易，分配合计等于退款总额；退款与支付按确定顺序加锁，成功及处理中累计不得超过该笔实收。失败重试复用 **refund_key**，未知结果先查单，不提前释放退款额度。

权益动作显式取 **KEEP**、**REVOKE_SOURCE** 或经批准的 **REDUCE_SCOPE**；未批准的部分授权缩减禁止自动执行。全退只撤销对应来源，其他有效来源保留；部分退订单项不撤整单权益。授课补偿退款默认保留履约事实，权益与教师分担须读合同和已批准退款策略；重复实收退款 **allocation_type** 为 **DUPLICATE_RECEIPT**，权益动作固定 **KEEP**，不触碰正常交易形成的预约与授权。

可信退款成功后，事务写累计实退、分配执行状态、对应来源权益动作及账本冲正，再写 **Outbox**；消费以 **refund_id**、**allocation_id**、**action_version** 去重。**refund.succeeded** 仅通知刷新或驱动同一幂等应用服务，不允许第二条消费者路径再无条件撤权。商店退款无法由业务指定订单项时，先按商店交易映射既有授权；无法映射进入人工异常池，不猜测分配。

教师影响保存原应付引用、合同版本、分担基数和调整原因；平台补贴、教师承担与渠道费分开记录，不一律按退款比例扣教师款。已付记录不可改写，追加冲正和合同追偿；拒付与退款关联去重，累计资金及应付影响不可对同一损失重复扣减。测试 **P-PARTIAL** 覆盖多来源权益、多订单项、重复扣款退款、部分补偿、已付后退款及退款与拒付并发。

图 UI27 交易 退款与结算

运营后台 需求索引| PY01 / PY04 / PY05 / PY06 / PY07

W 万语智教 | 运营后台

帮助

通知

运营管理员
超级管理员

首页概览

用户管理

内容管理

题库模考

教师管理

预约课堂

交易财务

客服运营

数据报表

系统设置

交易财务

管理课程订单、支付对账、退款拒付及教师应付，支持财务流程审批与记录查询。

订单

支付对账

退款拒付

教师应付

付款审批

交易总额 (USD)

80

实际净收 (USD)

76

历史应付余额 (独立口径)

120

搜索订单号、用户名称、资源编号或描述...

全部类型

全部状态

全部渠道

重置

订单号	用户/账号	类型	资源信息	金额 (USD)	渠道	支付状态	订单状态	操作
BK20261020018	Alex / U10001	一对一 预约	日常中文 一对一	24	示例渠道	已支付	预约已确认	查看渠道说明
DG20261020001	Alex / U10001	数字课程	CSCA中文基础 C001	48	App Store	已支付	权益有效	查看渠道说明
DG20261015001	Alex / U10001	数字资源	生活中文 练习册 R001 PDF v1.2	8	App Store	已支付	退款处理中	查看渠道说明

退款详情

订单信息

订单号 DG20261015001

用户账号 Alex / U10001

资源名称 生活中文 练习册

资源编号 R001

类型 数字资源

文件信息 PDF | v1.2

退款信息

退款金额 (USD) 8

申请状态 申请已记录

资金处理状态 资金渠道处理中

用户权益状态 权益有效，待资金成功

退款申请已记录，资金正在由原支付渠道处理中。
在资金处理成功前，用户仍可正常使用该资源。

操作

查看退款分配

查看渠道说明

前往教师应付

订单 退款与账务分开 资金成功后处理对应购买来源

图 UI40 退款分配与权益处理

运营后台 需求索引| PY04 / PY06 / PY07

W 万语智教 | 运营后台

?

 帮助

🔔

运营管理员
超级管理员

🏠 首页概览

👤 用户管理

📁 内容管理

📖 题库模考

👩 教师管理

📅 预约课堂

💰 交易财务

🎧 客服运营

📊 数据报表

⚙️ 系统设置

交易财务

管理订单、支付对账、退款拒付、教师应付及付款审批。

订单

支付对账

退款拒付

教师应付

付款审批

示例 1：商户渠道已批准的部分退款

已批准部分退款 示例商户渠道

订单编号
DG20261018020

支付单号
PAY20261018020

支付渠道
示例商户渠道

已实收金额
USD 20

☐

资源编号

资源名称

类型

单价 (USD)

数量

小计 (USD)

退款金额 (USD)

退款后金额 (USD)

☒

R001

生活中文 练习册

PDF

8

1

8

8

0

☐

R004

汉字书写入门

PDF

12

1

12

0

12

合计

-

-

USD 20

USD 8

USD 12

示例 2：重复实收：仅退重复支付

存在重复支付 示例商户渠道

订单编号
DG20261018021

支付单号 (有效)
PAY20261018021A

支付单号 (重复)
PAY20261018021B

支付渠道
示例商户渠道

重复支付金额
USD 24

☐

支付单号

支付金额 (USD)

订单状态

处理方式

☐

PAY20261018021A

24

支付成功 (有效)

不退款 (保留正常权益)

☒

PAY20261018021B

24

重复支付

仅退款此笔重复支付

退款处理进度

平台审核通过

2026-10-18 14:22

资金渠道处理中

已提交至示例商户渠道，处理中

资金成功

待示例商户渠道处理完成

对应资源购买来源撤销

待资金成功后自动处理，其他资源权益不受影响

渠道处理中，请勿重复提交

退款处理进度

平台审核通过

2026-10-18 15:30

资金渠道处理中

已提交至示例商户渠道，处理中

资金成功

待示例商户渠道处理完成

其他资源权益不受影响

原支付订单仍然有效，学员权益不变

渠道处理中，请勿重复提交

已批准商户部分退款与重复实收分案 正常支付权益不误撤

12 教师应付与资金控制

12.1 自营与撮合分支

真实自营时，平台承担销售与履约责任，教师按劳动或服务合同形成应付；独立撮合时，教师作为卖方，需要渠道支持相应平台商户、子商户或其他获准安排。代码保留 `transaction_model`、`seller_entity_id`、`payee_id` 及 `contract_version`，未通过审核的模式和国家不开放接单。

`teacher_payable` 记录应付事实，不能形成可充值、转账或购买的通用钱包。课堂完成后进入约定观察期，建议基线 7 天；已满足合同及争议条件才转为可结算。观察期不是阻止后续消费者争议或拒付的法律期限。

12.2 账本与付款批次

每一应付、手续费分担、税费及退款冲正均产生不可变的 `ledger_entry`，按 `source_event_id` 唯一。更正使用反向记录与新记录，不覆盖既有金额。首版至少保证教师应付与付款子账可核对；法定总账、收入确认及 VAT/GST 等由财务规则与外部财务系统衔接。

付款批次按收款人、币种、渠道及合同分组。选取条目时加锁并标记批次，审批人与执行人分离；调用渠道使用固定 `payout_reference`，超时先查单再重试。只有可靠回执确认成功后记 `PAID`，失败条目可回待处理，未知状态禁止重复出款。

海外教师按国家、居民身份、税务资料、渠道和币种独立准入。已付后退款或拒付产生应付冲正及合同约定的追偿，不能自动扣其他教师款。教师修改收款账户须复核和风险冷却策略，不能通过修改个人资料立即替换当前付款批次账户。

图 UI44 教师网页收益与付款记录

教师网页端 需求索引 PY05 / TW06



订单实收和教师应付分开 冻结账单不列为已付款记录

图 UI41 教师应付与付款复核

运营后台 需求索引| PY05 / PY06 / PY07 / 需求第 15 章

W 万语智教 | 运营后台

帮助

通知

运营管理员
超级管理员

首页概览

用户管理

内容管理

题库模考

教师管理

预约课堂

交易财务

客服运营

数据报表

系统设置

交易财务

管理课程订单、支付对账、退款拒付、教师应付与付款审批。

订单 支付对账 退款拒付 教师应付 付款审批

本期应付 (USD) 1,200 (包含冻结金额)

争议冻结 (USD) 240

可提交 (USD) 960

本期付款申请列表

教师姓名 教师编号 应付金额 (USD) 冻结金额 (USD) 可提交金额 (USD) 履约状态 准入状态 付款状态 操作

林老师 T10001 480 0 480 已完成 已通过 未付款

陈老师 T10002 480 0 480 已完成 已通过 未付款

李老师 T10003 240 240 0 已完成 已通过 已冻结

付款历史记录

批次号 付款时间 付款金额 (USD) 类型 付款状态 备注

PAYOLD20261010001 2026-10-10 15:20 480 教师应付 已付款

ADJ20261018001 2026-10-18 11:08 -24 退款冲正 已冲正 关联PAYOLD20261010001

付款流程

1 初审 已完成 申请人 王会计 2026-10-18 10:15

2 复核 待处理 审核人 张主管

3 付款 未发起

提交复核

本期汇总

本期应付 (USD) 1,200

其中: 争议冻结 (USD) 240

可提交金额 (USD) 960

冻结应付不进入可提交金额 复核批准不等于资金付款成功

第 39 页

13 API 与事件协议

13.1 HTTP 契约

API 使用 /v1, JSON 字段统一 snake_case。客户端提交 X-Request-Id, 服务端回传 trace_id; 创建预约、订单、退款和付款动作必须带 Idempotency-Key。幂等键范围包含 actor、操作和请求摘要, 重复同摘要返回同结果, 不同摘要返回冲突; 记录保留期限不得短于对应渠道重试窗口及业务恢复需要。

错误码统一: 401 未登录、403 无权限、404 在授权范围不可见、409 状态或时段冲突、422 业务参数不合法、429 限流、503 依赖暂不可用。响应含 machine_code、可展示 message、retryable 和 trace_id, 不包含堆栈、密钥或第三方完整凭证。

能力	方法与路径	权限与关键结果
账号登录	POST /v1/auth/email/verify	邮箱验证码换会话; 限流与单次使用
商品列表	GET /v1/products	返回当前渠道可售商品和价格标识
学习凭证	POST /v1/lessons/{id}/playback	权益校验后返回签名播放信息
学习同步	POST /v1/progress/batch	事件去重, 返回已接受序列
开始考试	POST /v1/exam-attempts	确认开始且幂等; 首次锁定版本 started_at 与 deadline
保存答案	PUT /v1/exam-attempts/{id}/answers/{item}	归属 epoch 截止校验; expected_revision 冲突返回 409, 服务端递增
提交考试	POST /v1/exam-attempts/{id}/submit	幂等冻结答案并返回同一结果
教师时段	GET /v1/teachers/{id}/availability	UTC 时段 IANA 时区 可售课长
创建预约	POST /v1/bookings	锁位 订单与付款能力, 不接受客户端价格
改期申请	POST /v1/bookings/{id}/changes	新占位与双确认, 保留旧预约
入室	POST /v1/classes/{id}/join	鉴权 设备租约 房间凭证及快照游标
接管设备	POST /v1/classes/{id}/takeover	显式确认并递增 epoch
创建支付	POST /v1/orders/{id}/payments	返回允许渠道的托管结账或内购信息
交易核验	POST /v1/purchases/verify	服务端查单, 账号绑定与去重
资源下载	POST /v1/resources/{id}/download-grants	按授权范围返回短期地址
申请退款	POST /v1/orders/{id}/refunds	按商品与渠道规则生成售后申请

回调入口分别使用 /webhooks/apple、/webhooks/google、/webhooks/payments/{provider} 和 /webhooks/rtc/{provider}。这些入口不依赖用户 JWT, 而使用厂商签名、身份断言及消息来源校验; IP 白名单只作为辅助。原始报文以必要范围加密留证, 日志只存摘要。

13.2 创建预约响应示例

以下时间和金额仅演示协议字段, 不表示首发国家、正式售价或课程时间。

```
{
  "booking_id": "<uuid>",
  "booking_state": "HELD",
  "starts_at": "2026-11-01T08:00:00Z",
```

```
    "ends_at": "2026-11-01T09:00:00Z",
    "display_zone": "Asia/Shanghai",
    "hold_expires_at": "2026-10-17T13:50:00Z",
    "order_id": "<uuid>",
    "price": {"amount_minor": "1500", "currency": "USD"},
    "payment_policy_version": "<configured-version>",
    "payment_options": ["<approved-provider>"]
}
```

13.3 WSS 与领域事件

连接时使用短期票据，服务端绑定 actor、session、role、device_epoch。事件 envelope 包含 event_id、type、aggregate_id、seq、occurred_at、schema_version、trace_id 和 payload。教学事件按 session 排序，通知允许按用户游标恢复；Redis Pub/Sub 丢失后由数据库或快照补拉，不以其保证永久送达。

事件	生产方	消费方与幂等键
booking.confirmed	scheduling	通知与课堂准备；booking_id 加事件版本
payment.succeeded	commerce	权益及预约衔接；已核验的 capture 唯一标识
entitlement.changed	commerce	客户端刷新与访问缓存失效；grant_id 加版本
classroom.asset.changed	classroom	师生教学状态；session_id 加 seq
classroom.lease.changed	classroom	旧端退出和新端恢复；session actor epoch
class.completed	scheduling	应付评估与课后通知；booking_id 加完成版本
refund.succeeded	commerce	按已批准 allocation 更新对应权益和应付；refund_id 加 allocation_id 去重，重复实收退款不撤正常权益

14 一致性 任务与故障恢复

14.1 Outbox 与 Inbox

业务事务同时写状态和 Outbox，Worker 使用 FOR UPDATE SKIP LOCKED 领取可执行任务并设置 lease_until，提交后在事务外调用第三方。成功标记完成，失败按指数退避并加随机扰动；租约过期可被重新领取，因此每个外部动作必须幂等。不能因 Worker “领到一次”就假设任务只执行一次。

Inbox 将验证结果和处理状态分开，回调在可靠落盘前不能返回成功。厂商超时前无法完成重验证时先保存待验证事件，Worker 查单后才入账。超过重试阈值进入人工异常队列并告警，不直接丢弃；财务任务与普通邮件采用不同优先级与重试策略。

14.2 关键故障处理

故障	系统行为	恢复与证据
付款成功但 APP 闪退	回调或查单完成入账；客户端重进查订单	capture 与业务订单关联，不要求用户再次支付
回调重复或乱序	Inbox 去重；查渠道最终状态，按合法迁移处理	不重复发权，不将成功改回旧 PENDING
锁位释放后到账	如实记收款，预约可恢复才确认	占用冲突转异常履约并改约或退款
Redis 故障	预约与支付走数据库；限流保守降级	缓存重建；课堂取快照，不丢交易
WebSocket 断开	媒体尽可能继续，教学显示同步中	重新连接后快照与 seq 补拉

故障	系统行为	恢复与证据
RTC 故障	提示音频降级或暂停，记录线路证据	客服按规则处理，不自动判定教师旷课
付款 API 超时	保留 UNKNOWN 或 PROCESSING，暂停该项再次出款	使用相同引用查单，确认后再迁移状态
处理任务宕机	租约到期后重新执行同一任务	asset_version 和任务键去重

14.3 支付确认伪代码

```
fact = provider.verify_or_query(event) // network outside transaction
assert merchant, environment, sku, currency, amount, account_match
begin transaction
  lock all scheduling guards in UUID order if booking applies
  lock bookings, orders, payments in documented order
  if this capture was applied: return existing_result
  append verified receipt fact; update receipt_state from all receipts
  if order already has another successful capture:
    create duplicate_receipt_case and refund_outbox
  else if booking cannot be recovered:
    mark fulfillment EXCEPTION; create refund_or_reschedule_case
  else:
    confirm booking if applicable
    insert entitlement_grant with unique source
    insert outbox events using unique event keys
commit
```

渠道交易唯一约束处理并发重入，事务失败后由 Inbox 重试；上面是业务算法，不应把第三方网络调用放进数据库长事务。完整实现还需退款累计校验、内购确认任务与结算账本更新。

15 安全 数据保护与后台审计

15.1 安全边界

身份令牌、RTC 密钥、支付密钥与对象存储签名私钥仅存服务端密钥管理系统，按环境隔离与轮换；客户端仅获取最小权限短期凭证。传输使用 TLS，证件、收款资料和必要留证加密，管理员下载与查看敏感材料有审计。应用不保存完整卡号、CVV 或支付密码，使用官方 SDK 或托管结账。

重点测试对象级越权、付款金额串改、伪造回调、考试答案泄漏、资源链接泄漏、富文本 XSS、文件上传绕过与 SSRF。网页端配置 CSP、Cookie 安全属性、CSRF 与输出转义；服务端限制外部媒体抓取域名和重定向，禁用任意 URL 文件转码。

15.2 数据生命周期

数据	收集和访问原则	删除或保留处理
账号与设备	最小注册信息，设备用于会话与风控	注销后撤会话，履行删除请求
教师证件及收款资料	审核及财务最小访问，学生端不可见	按合同 监管及必要性确定期限
学习与考试记录	仅本人和获准教务访问	到期删除或匿名化，保留期由业务确认
课堂事件与聊天	师生和获准客服按工单访问	不无限期保留；与争议冻结区分
订单 实收 退款与应付	财务及审计访问，不等同可删业务偏好	法定留存到期后处理；注销先去关联非必要资料
录制音视频	首版不采集	启用前另定授权 地区 权限 保存与删除规则

生产日志、监控、备份、客服远程访问及第三方 SDK 都纳入数据流向清单。首发国家和主体确定后评估个人信息出境、未成年人、消费者与税务义务。没有批准的保留期限和数据区域时，先保持相关功能关闭，而不是写成默认永久保存。

15.3 后台操作保护

商品上架、题目修改、教师停用、手工授权、改期、退款、付款及权限调整记录操作者、原因、前后值、时间和关联工单。财务双人审批，禁止一个管理员修改收款账户后自行付款。审计日志追加写，限制数据库管理员直接修业务数据；紧急修复使用审批脚本并保留执行回执。

15.4 搜索 练习 评价与注销

EX02: `learning_error_item` 以 `user_id`、`question_id` 唯一，保存最近错误 `attempt`、题目版本及解决状态；错误由服务端评分事件幂等更新，移出策略保存版本，不删除历史答题。`learning_favorite` 按同一归属键唯一，重复收藏幂等。提供 `GET /v1/me/wrong-questions`、`GET /v1/me/favorites` 和 `PUT/DELETE /v1/me/favorites/{question_id}`，不得读取他人收藏或未授权解析。

ST01、TC05、RS01：首版采用 PostgreSQL 全文或受控条件查询，按内容类型分开检索并组合展示；教师先过滤审核、接单准入和真实可约时间，价格携带币种。分页稳定，排序规则与筛选默认值写入接口，不默认引入搜索集群。课程知识点及素材关系用稳定 ID 关联，不因搜索索引同步失败改变内容权益。

TC06: `teacher_review` 以 `booking_id`、`student_id` 唯一，仅本预约学生且授课完成后可提交，评价状态和内容版本可追溯；举报生成 `support_case`，屏蔽、审核隐藏和申诉保留审计，不直接抹除历史。`POST /v1/bookings/{id}/review`、`POST /v1/reports` 以及后台审核接口校验对象归属，停用或隐藏规则不能由客户端指定。

ACC03: `account_closure_request` 保存状态、规则版本与待办清单，入口 `POST /v1/me/closure-requests`，查询 `GET /v1/me/closure-requests/{id}`；近期身份验证后受理，显示未完预约、退款及应付处理方式。受理与最终关闭分开，进入关闭流程后限制新增交易，按批准流程撤销会话、处理第三方及备份数据并出具结果。法定交易留存不等于无限保留全部个人信息；延期须有依据、期限和客服入口，不能用余额或交易记录永久阻止注销。

相关实体须纳入数据字典和迁移，API 须完整定义 OpenAPI 的请求、响应、错误和分页契约。接口定义不代表代码已经实现。测试 F-P0 覆盖重复收藏、错题移出、不可售搜索过滤、非本人评价、举报审核、注销未完单提示与跨账号隔离。

图 UI39 用户管理与账号安全

运营后台 需求索引 | ACC01 / ACC02 / ACC03 / 需求第 9 章

W 万语智教 | 运营后台

帮助

通知

运营管理员
超级管理员

首页概览

用户管理

内容管理

题库模考

教师管理

预约课堂

交易财务

客服运营

数据报表

系统设置

用户管理

管理平台用户的账号信息，支持查看详情、冻结账号及处理注销申请。

账号列表

注销申请

安全记录

搜索用户名、邮箱或姓名...

全部身份

全部状态

全部国家/地区

重置

	用户编号	用户名	姓名	身份	国家/地区	状态	待履约	操作
☐	U10001	Alex	Alex	学生 + 教师	新加坡	正常	1	
☐	U30002	stu***02	张**	学生	中国	正常	0	
☐	U30003	tea***03	李**	教师	马来西亚	正常	2	
☐	U30004	stu***04	王**	学生	中国	正常	0	
☐	U30005	tea***05	陈**	教师	澳大利亚	正常	0	
☐	U30006	stu***06	刘**	学生	英国	正常	1	
☐	U30007	stu***07	黄**	学生	加拿大	正常	0	
☐	U30008	tea***08	赵**	教师	美国	正常	0	

共 8 条

<

1

>

20 条/页

Alex

U10001 | alex@example.com

基本信息

预约与交易

注销申请

用户名

Alex

姓名

Alex

身份

学生 + 教师

国家/地区

新加坡

语言

简体中文

时区

Asia/Singapore (UTC+8)

邮箱

alex@example.com

主预约

BK20261020018

查看详情

退款单

DG20261015001

查看详情

未完成预约

1

查看详情

注销申请

待处理

查看详情

冻结账号

编辑用户信息

冻结账号需填写原因，并遵守审核与法律留存要求。

账号 冻结与注销按对象权限处理 关键操作记录原因与审计

图 UI28 运营 客服与举报处理

运营后台 需求索引| ACC03 / ACC04 / TC06 / RS07

W 万语智教

运营后台

首页概览

用户管理

内容管理

题库模考

教师管理

预约课堂

交易财务

客服运营

数据报表

系统设置

客服运营

处理用户咨询与售后问题，跟踪工单进度，提升服务质量。

售后工单

评价举报

消息模板

搜索工单编号、用户姓名、问题描述...

全部状态

全部问题类型

重置

☐	工单编号	用户	关联预约	问题描述	状态	创建时间	操作
☒	CS20261020001 U10001	Alex alex@example.com	BK20261020018 10/20 18:00-18:50 50分钟	上课时网络断连 需要核实	处理中	2026-10-20 18:30	
☐	CS20261020002 U20002	张同学 zhang@example.com	BK20261020035 10/20 16:00-16:50 50分钟	无法进入课堂 提示加载失败	待处理	2026-10-20 16:12	
☐	CS20261020003 U20003	李同学 li@example.com	BK20261020011 10/20 14:00-14:50 50分钟	课程视频无法播放	待用户回复	2026-10-20 14:20	
☐	CS20261020004 U20004	王同学 wang@example.com	BK20261020009 10/20 11:00-11:50 50分钟	课堂声音有杂音	已解决	2026-10-20 11:05	

工单编号: CS20261020001

处理中

×

基本信息

用户姓名
Alex

联系邮箱
alex@example.com

问题类型
课堂技术问题

关联预约
BK20261020018
10/20 18:00-18:50 (50分钟)

创建时间
2026-10-20 18:30

工单状态
处理中

问题描述
上课时网络断连
需要核实

相关证据

断线截图.png
1.2 MB

课堂日志.txt
328 KB

处理进展

工单提交 2026-10-20 18:30
用户提交了售后工单。

客服处理 2026-10-20 18:35
客服已受理，正在核实情况。

处理操作

分派

请求补充

回复并更新

工单与预约及证据关联 客服处置不自动推定责任或退款

图 UI29 地区 权限与审计设置

运营后台 需求索引 需求第 9 / 17 / 20 章

W 万语智教 | 运营后台

?

帮助

通知

运营管理员

超级管理员

首页概览

用户管理

内容管理

题库模考

教师管理

预约课堂

交易财务

客服运营

数据报表

系统设置

系统设置

管理平台的地区开关、角色权限、审计日志及系统参数。

地区开关

角色权限

审计日志

参数

地区开关

设置不同地区、用户类型、授课模式及收付款方式的使用开关。

地区	用户类型	授课模式	收款方式	付款方式	状态
新加坡	学生	一对一	USD 收款	待验证	待验证 关闭
中国	老师	一对一	USD 收款	待验证	待验证 关闭
美国 / 中国	全部	所有模式	-	-	未批准组合 关闭

测试环境

测试环境仅内部账号可访问，用于功能测试与验证。

测试环境

仅限内部账号登录和使用，不对外开放。

仅内部账号

功能开关

控制平台主要功能的启用状态。

录制回放

关闭

小班

关闭

HTML5执行

关闭

未成年人业务

关闭

角色权限

配置不同角色的系统功能访问权限。

角色	内容管理	教务管理	财务管理	客服运营	系统设置
超级管理员 (root)	☒	☒	☒	☒	☒
内容运营	☒	☐	☐	☐	☐
教务工作人员	☐	☒	☐	☐	☐
财务人员	☐	☐	☒	☐	☐
客服人员	☐	☐	☐	☒	☐

审计日志

记录系统设置相关的操作日志。

时间	操作人	操作内容
2026-10-18 16:24	admin	更新地区开关: 新加坡 学生 一对一
2026-10-18 14:08	admin	更新功能开关: 录制回放
2026-10-18 10:33	admin	调整角色权限: 财务人员

地区开关 角色权限与审计统一管理 未获批组合保持关闭

第 46 页

16 部署 运维与发布设计

16.1 环境及网络

开发、测试、预生产与生产隔离，分别使用商店沙箱、支付沙箱、RTC 应用和对象存储桶。生产密钥不进入个人电脑或镜像。目标国家确定后选择海外业务区或境内外分区，单一区域不承诺全球网络质量；RTC 媒体线路与 API/CDN 访问分别测试。

运行单元	首版部署建议	扩展或恢复方式
入口与静态网页	HTTPS 负载均衡 WAF 静态站点 CDN	配置和证书自动更新；源站访问控制
API	至少两实例，无本地会话依赖	按延迟 CPU 和连接池扩容，滚动发布
WSS	至少两实例，按课堂连接与房间负载监控	优雅排空；断线按快照恢复
Worker	独立进程池，财务与媒体任务分组	租约领取；失败隔离，不阻塞所有通知
PostgreSQL	托管高可用 单一权威写入点	自动备份 WAL 归档与恢复演练
Redis	托管高可用或可恢复配置	缓存可重建；不承载唯一业务事实
对象存储	私有原文件 预览分桶或分前缀	版本控制 生命周期与受控跨区备份

实例规格与连接数由压测决定，不用未经测量的固定机型承诺 100 间课堂。RTC 费用按媒体参与者与订阅流计量，屏幕共享、机器人和录制会改变用量。API 扩容前检查数据库连接池总量，避免实例增加导致数据库过载。

16.2 发布和数据库迁移

CI 执行格式检查、单元测试、契约验证、依赖与密钥扫描，构建固定版本镜像和 APP 包，生成校验值。预生产执行迁移与核心流程，生产经受控发布。增加字段先兼容读取与双写，再迁移数据和移除旧字段；不得发布新 APP 后立即删除旧 APP 依赖接口。

RTC、支付路由和地区能力均有服务端功能开关，但关闭销售不能删除已付预约。数据库回滚以兼容迁移或前向修复为主，不承诺任意回退不可逆数据变更。移动商店审核和用户更新不可即时回滚，后端需兼容在用版本。

16.3 备份与故障演练

数据库使用定期全量备份及 WAL 归档，达到 RPO 目标；对象存储保留关键内容版本，配置与基础设施脚本纳入版本管理。恢复顺序为数据库及密钥访问、API、支付与任务、课堂控制、内容分发。恢复后先核对未知支付与付款，再开放财务写操作，避免灾备重放导致重复出款。

每季度或重大变更后演练到隔离环境，记录可恢复时间点、耗时、数据缺口和第三方重放影响。跨区备份仅在已确认数据区域与合规方案后开启。

17 可观测性与容量成本

17.1 指标与告警

监控对象	指标	处理建议
API	P95 延迟 错误率 权限失败 数据库连接	分地区和版本定位；异常时限流与回滚

监控对象	指标	处理建议
预约	冲突率 过期积压 支付迟到 确认失败	关注锁位与收款不一致的异常池
支付	核验失败 未发权 内购未确认 查单积压	未发权立即告警；确认时限前升级处理
教师付款	UNKNOWN 数量 重试与重复引用	未知结果冻结重发，财务人工复核
课堂	进房成功率 首音频 重连 断音 质量	按国家 运营商 端及供应商版本分组
内容	首帧 CDN 命中 403 转码失败	区分权限问题与网络问题
任务	最老待执行时长 重试和死信	财务优先；暂停故障渠道防止风暴

日志、指标与追踪统一 `trace_id`，支付与课堂包含业务关联 ID，但不带 `token`、证件或完整聊天。报警阈值通过试运行校准，必须配置通知接收人与处理手册；只有仪表盘而无人响应不算运维闭环。

17.2 成本估算方法

RTC 月量=每节时长 × 各订阅端计费流数 × 节数，按档位和采购合同计算；白板、IM、录制、存储和播放分别列项。内容成本按转码次数、存储容量、CDN 出流和请求计算；教师原文件下载需计入资源站带宽。

业务服务按 API、WSS、Worker、数据库和缓存分别核算。跨境支付另计收单费、换汇差、固定费、退款与拒付；商店佣金按实际地区和计划，不统一假定为 15% 或 30%。成本报表按课程订单、课堂会话和资源交付关联，供应商总账与业务分摊允许有明确差额项。

图 UI48 后台数据报表

运营后台 需求索引 需求第 9 章 / QA01



18 测试设计与验收场景

18.1 关键验证矩阵

场景	操作	通过条件
教师时段竞争	多学生同时抢同一时间；同学生抢不同老师	活跃占用最多一个，其他明确冲突；无重复确认
支付与过期竞争	释放占位和成功回调同时执行	有且只有合法确认或异常履约，不挤占其他预约
重复支付事件	重复 乱序 重放；两笔不同实收	同 capture 不重复发权；第二笔真实收款进入退款
事务故障恢复	入账前后强制进程退出	Inbox Outbox 重试后收款 权益 预约可对账
内购生命周期	PENDING 恢复 退款 撤销 确认失败	状态正确、不提前发权，账号绑定不串单
题库与考试	断网 闪退 交卷重试 截止边界	时钟不暂停，旧答题不覆盖新版本，成绩唯一
课堂鉴权	未预约 换房 旧 epoch 过期凭证	业务与媒体权限均拦截，无越权旁听或发布
教师设备接管	电脑与手机竞争 刷新 重连	一个有效授课端，课件白板恢复，不重复结算
资源授权	退款 链接过期 越权原件请求	对应来源撤权，其他来源保留；无永久公开链接
教师付款	API 超时 批次重试 修改账户	先查后重试，无重复出款，审批可追溯
灾备恢复	恢复数据库并重放未完成任务	达 RPO RTO 目标；不因重放重复付款

18.2 跨国音视频与终端测试

在实际首发线路进行教师 Web 对 iOS、Android 及手机对手机的 30 至 60 分钟授课；正常网络进房成功率建议至少 99%，不少于 200 次有效样本，P95 首音频 3 秒内、首画面 5 秒内。端到端语音 P95 目标 400 毫秒，不能用 ping 代替测量。

模拟 10% 丢包、低带宽、Wi-Fi 与蜂窝切换、校园 UDP 受限；重连 P95 目标 10 秒内并优先保音频。检查来电、蓝牙、权限拒绝、锁屏、大字体、横竖屏、后台与浏览器刷新。网络目标无法达到的国家需调整供应商、区域或发布范围，不以总平均通过掩盖局部不可用。

18.3 支付与数据迁移验收

支付完成沙箱全流程后，按首发主体、渠道和国家做生产小额支付、退款、境内结算及教师付款，保留回执；沙箱成功不作为已能经营收款的证据。旧题库先盘点版权与源码授权，试迁移逐题型、公式及样卷校对，记录 ID 映射、数量、失败项和新旧评分差异，再演练正式切换、增量同步与回滚。

18.4 QA01 压测模型与统计协议

正式执行前冻结 workload_version：各国家及端的用户数、活跃比例、接口 RPS 分布、WSS 连接数与消息频率、白板每秒点数及批次大小、上传下载并发、数据库及资产规模、冷暖缓存、实例规格、预热和稳态时长。压测报告附数据集校验值与脚本版本，未批准的数值保留待确认，不把 1,000 在线直接等同请求吞吐。

课堂按教师国家、学生国家、运营商、浏览器或机型分层；事前分配总计不少于 200 次有效进房样本，并给每组最低样本和代表线路，禁止测试后剔除失败或只给整体 P95。开始点为用户确认入室，成功点分别为首个可听音频与可见对端画面；拒绝权限、鉴权错误、超时与供应商失败分别计数。小样本分组标明局限，未覆盖线路不得声称通过。

弱网记录上下行带宽、往返时延、抖动、丢包分布和持续时间、UDP 阻断及切网方式；10% 丢包只是模型之一，不能代替全部受限网络。API 延迟、点播首帧和 RTC 首画面分别统计，不混用 3 秒点播与 5 秒课堂目标。

可用性依据冻结服务窗口与探测协议计算，不可用分钟按关键用户流程失败判定；API、支付确认、预约和课堂分别报告，第三方故障另分原因但不自动从用户影响剔除。探测间隔、故障阈值、维护与豁免项由业务批准。无崩溃会话单独定义会话起止和采样，不与月可用性混算。

恢复验收在隔离环境记录故障点、可恢复提交点及服务恢复时刻，分别验证 RPO、RTO；重放前核对渠道实收、退款、内购确认及未知教师付款，稳定业务引用去重。E-START、E-RACE、E-LEASE、B-EXPIRE、P-PARTIAL、R-HTML、F-P0 与第 18.1 节场景共同纳入正式测试计划；未执行均标待测试，不填写通过。

19 工程实施与交付

19.1 仓库和任务拆分

建议采用 monorepo 或受控多仓库均可，但目录边界一致：mobile、teacher-web、admin-web、backend、contracts、infra、docs。backend 内按领域模块组织，adapter 隔离商店、收单、RTC 和存储。OpenAPI 与事件 schema 纳入 contracts，在 CI 中检查兼容性。

工作阶段	主要产物	完成条件
设计冻结	决策记录 原型 数据模型 API 与安全边界	国家 课堂模式 交易关系和报价假设明确
技术验证	腾讯及声网样机 支付准入 迁移样例	APP 与 Web 互通；渠道能力有确认材料
基础实现	身份 商品 订单 权益 预约及任务	数据库约束和失败恢复通过集成验证
业务实现	学习 题库 资源站 教师网页与课堂	三业务各有从购买到消费及售后闭环
联调试运营	真机 网络 生产小额 监控与恢复报告	无未解决严重缺陷，运营完成培训
交付	源码 构建部署说明 账号与运行手册	业务方可独立构建部署并接管账号

总排期承接需求基线约 14 至 20 周的讨论窗口，按实际团队、并行度和第三方依赖细化。上述工作包不能简单相加得到固定保证工期；境外教师撮合分账、回放、小班和自部署媒体另行估算。

19.2 上线前必须交付

完整移动端、教师网页端、后台与服务端源码，依赖锁与许可证，数据库迁移、OpenAPI、事件 schema、状态迁移规则、测试证据、构建与发布脚本、环境变量清单、密钥轮换说明、备份恢复与故障处置手册。敏感凭证用安全方式交接，不写入文档正文。

业务方持有域名、云账号、商店开发者账号、支付商户与 RTC 账号。交接后演示从源码构建、数据库初始化、一次真实课堂、支付退款及异常对账。尚未确认的国家、渠道及教师付款能力保留关闭状态并列未开放清单。

附录 A 需求与设计追踪

需求基线 V1.2	本说明书设计位置	主要验证证据
ACC01 至 ACC04	第 5 13 15 章	登录限流 账号隔离 注销与权限报告
ST01 至 ST07	第 6 10 11 章	课程试看 进度合并 权益及退款
EX01 至 EX06	第 4 6 18 章	题目版本 截止边界 并发保存与迁移

需求基线 V1.2	本说明书设计位置	主要验证证据
TC01 至 TC06	第 5 7 12 15 章	教师审核 接单资格 评价与结算准入
TW01 至 TW06	第 8 9 18 章	网页与 APP 互通 课件及设备接管
BK01 至 BK06	第 4 7 14 章	DST 排斥约束 过期支付竞争与改期
LV01 至 LV07	第 8 9 17 18 章	房间权限 白板恢复 网络与履约事件
RS01 至 RS07	第 6 10 15 章	预览 版本 授权下载 版权投诉
PY01 至 PY06	第 11 至 14 章	查单 去重 发权 退款 对账及付款
性能与交付	第 16 至 19 章	压测 恢复演练 构建部署与账号交接

A1 单条需求实现与验证索引

下表每条对应需求 V1.2 的独立编号。页面与数据定位用于开发交接；API 清单在第 13 章及 15.4 节继续细化。所有条目当前状态均为待实现和待验证，不因已有章节说明而标记完成；测试负责人须回填用例、结果及证据 URI 或文件校验值。

需求与功能	设计及页面	主要数据	权限与验收证据
ACC01 邮箱验证码登录	5 13 15.4 章；账号 设置 消息	user_account / audit	身份与归属 限流 注销；按本条验收细则
ACC02 国家语言时区	5 13 15.4 章；账号 设置 消息	user_account / audit	身份与归属 限流 注销；按本条验收细则
ACC03 协议客服举报 注销	5 13 15.4 章；账号 设置 消息	user_account / audit	身份与归属 限流 注销；按本条验收细则
ACC04 站内消息推送 邮件	5 13 15.4 章；账号 设置 消息	user_account / audit	身份与归属 限流 注销；按本条验收细则
ST01 课程列表与筛选	6 10 11 15.4 章；课程 学习 报告	course / progress / grant	按科目 等级 语言 免费或付费筛选；无结果时可清除筛选
ST02 课程详情与试学	6 10 11 15.4 章；课程 学习 报告	course / progress / grant	展示目录 讲师 学习语言 有效期 售后及售价；仅开放指定试学课时
ST03 视频学习	6 10 11 15.4 章；课程 学习 报告	course / progress / grant	播放 暂停 倍速 清晰度 全屏 字幕 断点续播；失败可重试并显示原因
ST04 图文与讲义	6 10 11 15.4 章；课程 学习 报告	course / progress / grant	图片 PDF 图文 数学公式可读；小屏放大不遮挡内容
ST05 关联互动练习	6 10 11 15.4 章；课程 学习 报告	course / progress / grant	从知识点进入练习；完成后返回原课时并保留播放位置
ST06 我的学习与报告	6 10 11 15.4 章；课程 学习 报告	course / progress / grant	跨设备同步已学时 有效时长 进度 练习正确率和模考成绩
ST07 内容与权益校验	6 10 11 15.4 章；课程 学习 报告	course / progress / grant	试看和正课分离；每次获取播放凭证或资源时服务端校验权益

需求与功能	设计及页面	主要数据	权限与验收证据
EX01 章节练习和专项练习	4 6 15.4 18 章；练习 模考 错题收藏	question / attempt / favorite	首版支持单选 多选 判断；答题后反馈 答案 解析及知识点可关联
EX02 错题与收藏	4 6 15.4 18 章；练习 模考 错题收藏	question / attempt / favorite	错误提交进入错题；再次做对的移出规则可配置；不重复生成记录
EX03 模考配置	4 6 15.4 18 章；练习 模考 错题收藏	question / attempt / favorite	科目 试卷 时长 题量 分值 题序规则由后台配置；考试说明明确为模拟
EX04 考试恢复与交卷	4 6 15.4 18 章；练习 模考 错题收藏	question / attempt / favorite	服务器时间计时 自动存答；崩溃重开可恢复；到时自动交卷
EX05 评分与成绩	4 6 15.4 18 章；练习 模考 错题收藏	question / attempt / favorite	服务端评分；多选漏选和错选规则事先确定；成绩展示分项与解析
EX06 版本可追溯	4 6 15.4 18 章；练习 模考 错题收藏	question / attempt / favorite	每次考试锁定试卷与题目版本；修题后旧成绩不被静默重算
TC01 教师入驻申请	5 7 12 15.4 章；教师申请 主 页 评价	teacher / review / case	姓名 所在国家 时区 语言 履历 资质 介绍材料；敏感证件不对学生公开
TC02 审核与整改	5 7 12 15.4 章；教师申请 主 页 评价	teacher / review / case	待提交 待审核 驳回 通过 停用；记录原因和操作人；停用后处理既有课
TC03 教师主页	5 7 12 15.4 章；教师申请 主 页 评价	teacher / review / case	展示审核标识 擅长内容 教学语言 价格 可约时间和有效评价
TC04 课程服务设置	5 7 12 15.4 章；教师申请 主 页 评价	teacher / review / case	课程类型 时长 教学语言 单价 取消规则；首版建议单节购买
TC05 教师搜索与筛选	5 7 12 15.4 章；教师申请 主 页 评价	teacher / review / case	按教学语言 科目 价格区间 可约时间筛选；无匹配结果可调整条件
TC06 评价与投诉	5 7 12 15.4 章；教师申请 主 页 评价	teacher / review / case	完成授课的学生才能评价；每节课一次；举报 留证 平台处理
TW01 登录与课表	8 9 18 章；教师网页备课与 课堂	class / asset / lease	仅展示本人已获准预约；未审核或停用账号不能进入授课状态
TW02 备课与材料	8 9 18 章；教师网页备课与 课堂	class / asset / lease	上传 PDF 或图片，显示处理状态；创建课件版本并关联预约，失败可重传
TW03 课前检查	8 9 18 章；教师网页备课与 课堂	class / asset / lease	选择摄像头、麦克风与扬声器；预览并检查权限、网络、耳机回声
TW04 授课与板书	8 9 18 章；教师网页备课与 课堂	class / asset / lease	与 iOS、Android 双向音视频，翻页同步，画笔、橡皮、撤销、清空及学生标注授权

需求与功能	设计及页面	主要数据	权限与验收证据
TW05 刷新与设备接管	8 9 18 章；教师网页备课与课堂	class / asset / lease	刷新后恢复当前课件页及白板；同一教师只保留一个有效授课端，接管需显式确认
TW06 结束与课后小结	8 9 18 章；教师网页备课与课堂	class / asset / lease	区分暂离与结束；记录结束原因、教学摘要与建议练习，避免误结束即结算
BK01 可约时间发布	4 7 14 18 章；可约时段 预约售后	rule / booking / change	教师按自己的 IANA 时区设置，支持例外休息日；服务器统一存 UTC
BK02 学生选时与价格确认	4 7 14 18 章；可约时段 预约售后	rule / booking / change	展示学生当地日期 时间 时区 课长 币种 总额和取消规则
BK03 临时锁位和支付	4 7 14 18 章；可约时段 预约售后	rule / booking / change	建议锁位 10 分钟；数据库约束和事务防止同时售出同一时段
BK04 改期和取消	4 7 14 18 章；可约时段 预约售后	rule / booking / change	保存原预约记录；改期需双方确认，不直接覆盖已付款时间
BK05 提醒和入室	4 7 14 18 章；可约时段 预约售后	rule / booking / change	建议开课前 24 小时及 15 分钟提醒；提前 10 分钟允许课前检查
BK06 完成与争议	4 7 14 18 章；可约时段 预约售后	rule / booking / change	授课日志与投诉共同确认履约；自动完成进入争议观察期再结算
LV01 课前检查	8 9 17 18 章；课堂与课后记录	session / event / lease	检测麦克风 摄像头 扬声器 网络及权限；拒绝权限有恢复入口
LV02 预约鉴权进房	8 9 17 18 章；课堂与课后记录	session / event / lease	服务端校验本人 预约 时间及状态，签发短期凭证；未预约不能旁听
LV03 双向音视频	8 9 17 18 章；课堂与课后记录	session / event / lease	开关麦克风 摄像头 前后摄像头 扬声器与蓝牙；优先保语音
LV04 课件展示与简易白板	8 9 17 18 章；课堂与课后记录	session / event / lease	静态课件翻页同步；画笔 橡皮 撤销 清空；学生标注需教师授权，重连恢复快照
LV05 课堂文字消息	8 9 17 18 章；课堂与课后记录	session / event / lease	发送文本及课程链接；消息有服务端留存与举报，失败可重发
LV06 断线恢复与结束	8 9 17 18 章；课堂与课后记录	session / event / lease	网络切换重连 提示对方状态；主动离开与结束课程区分
LV07 授课记录	8 9 17 18 章；课堂与课后记录	session / event / lease	记录双方进出房 有效重叠时长 网络异常及结束原因
RS01 资源浏览与搜索	6 10 15 18 章；资源站与我的资源	asset / grant / download	教材 讲义 视频 音频 互动资源按分类 语言 等级或科目筛选
RS02 详情与样例预览	6 10 15 18 章；资源站与我的资源	asset / grant / download	类型 格式 大小 设备要求 作者 授权范围 有效期 售后及价格
RS03 免费或付费领取	6 10 15 18 章；资源站与我的资源	asset / grant / download	免费领取也记权益；付费商品须服务端核实支付后授权

需求与功能	设计及页面	主要数据	权限与验收证据
RS04 我的资源	6 10 15 18 章；资源站与我的资源	asset / grant / download	已购 未下载 可更新 到期分别展示；课程附赠资料不重复收费
RS05 在线消费	6 10 15 18 章；资源站与我的资源	asset / grant / download	APP 预览或授权下载；商品显示格式及设备要求，不承诺原生编辑所有课件
RS06 安全访问与版本	6 10 15 18 章；资源站与我的资源	asset / grant / download	短期地址 下载鉴权 水印 版本记录；删除公开入口不能破坏已购记录
RS07 内容反馈与版权投诉	6 10 15 18 章；资源站与我的资源	asset / grant / download	缺页 无法打开 侵权均可反馈，后台下架与订单处置可追溯
PY01 服务器验签 查单和交易唯一性	11 12 14 18 章；订单退款财务异常池	payment / refund / ledger	伪造通知被拒绝；重复 乱序 重放通知不重复发权
PY02 金额 币种 商品账号及环境核对	11 12 14 18 章；订单退款财务异常池	payment / refund / ledger	沙箱交易不能激活生产权益；串改金额不能低价解锁
PY03 待定状态与补偿任务	11 12 14 18 章；订单退款财务异常池	payment / refund / ledger	支付中断 3DS 超时 延迟到账可恢复；订单超时仍能查到账
PY04 内购恢复与生命周期	11 12 14 18 章；订单退款财务异常池	payment / refund / ledger	换机 重装恢复账号权益；按要求确认或完成交易；退款 撤销生效
PY05 退款与拒付闭环	11 12 14 18 章；订单退款财务异常池	payment / refund / ledger	退款成功才最终冲正；拒付冻结相关应付并保存举证记录
PY06 对账与人工处理	11 12 14 18 章；订单退款财务异常池	payment / refund / ledger	业务订单 渠道交易 商店结算与银行净入账可追溯，不强行按单等额匹配
EX07 开始与并发答题	6.4 18.4；考试	attempt / lease / frozen_set	E-START E-RACE E-LEASE
BK07 过期占位	7.5 18.4；预约	scheduling_guard / booking	B-EXPIRE
RS08 HTML5 范围	10.1 18.4；内容发布	capability_profile / asset	R-HTML；未批准执行关闭
PY07 部分退款	11.6 12 18.4；财务	refund_allocation / ledger	P-PARTIAL
QA01 验收口径	18.4；测试计划	workload_version / evidence	负载 分组 监控与恢复

接口级追踪记录格式固定为 requirement_id、page_or_action、operation_id、entity、permission、test_case_id、evidence、status、owner。上述字段须在详细设计冻结前逐条回填。完整请求响应、数据库约束和可执行测试作为配套交付，追踪矩阵不能替代完整规格与测试证据。

附录 B 待确认配置与扩展点

配置或扩展	建议初值	冻结时的责任方
首发学生与教师国家	待确认，先选少数实际市场	业务 支付服务商 网络验证负责人
课堂人数与回放	一对一 不录制 不回放	业务 产品 支付与隐私评审
教师交易模式	待确认，自营和独立撮合分别设计	业务 法务 财务与支付服务商
占位与入室	占位 10 分钟 提前 10 分钟检查	教务与产品，服务端配置

配置或扩展	建议初值	冻结时的责任方
取消与观察期	提前 24 小时取消 7 天争议观察基线	教务 财务及目标地区规则评审
用户年龄	成人基线，未成年人另行评估	业务及目标市场合规负责人
资源授权与保留期限	内容方逐项配置；期限待确认	内容 版权 隐私与财务负责人
RTC 及白板组件	腾讯或声网验证后二选一	技术与采购，锁定版本及费用
后续录制与小班	独立商品 支付与数据设计工作包	产品 架构 支付与隐私评审

附录 C 依据与官方实现参考

需求依据：《国际中文教育 APP 需求与技术方案 V1.2》，2026 年 10 月 18 日。业务范围以需求 V1.2 为准，技术方案及参数经评审和验证后冻结，未确认项受需求第 20 章门槛约束。

以下资料核查日期为 2026 年 10 月 17 日。官方文档描述的是产品或接口能力，不代表本项目已经接通、获准开户、满足全部市场规则或完成生产验证。

T01 PostgreSQL 范围类型与排斥约束

<https://www.postgresql.org/docs/17/rangetypes.html>

T02 Apple 与 Google 商店支付规则

<https://developer.apple.com/app-store/review/guidelines/>

<https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/10281818?hl=en>

T03 Apple App Store Server API 与 Notifications

<https://developer.apple.com/documentation/appstoreserverapi>

<https://developer.apple.com/documentation/appstoreservernotifications/receiving-app-store-server-notifications>

T04 Google Play Billing 接入与交易安全

<https://developer.android.com/google/play/billing/integrate>

<https://developer.android.com/google/play/billing/security>

T05 腾讯产品调整与 Flutter 接入

<https://cloud.tencent.com/announce/detail/2380>

<https://cloud.tencent.com/document/product/647/116547>

T06 TRTC 高级权限控制

<https://trtc.io/document/35157>

T07 Agora RTC 与互动白板

<https://docs.agora.io/en/realtime-media/rtc>

<https://www.agora.io/en/products/interactive-whiteboard/>

T08 LiveKit 自部署与组件边界

<https://docs.livekit.io/transport/self-hosting/>

T09 PayPal 请求幂等与 Webhook 验证

<https://developer.paypal.com/api/rest/requests/>

<https://developer.paypal.com/api/webhooks/overview/>

<https://www.paypal.cn/portal/merchant/rmb-transfer/faq>

T10 Stripe 开户地区与 Connect 跨境付款

<https://stripe.com/global>

<https://docs.stripe.com/connect/cross-border-payouts>

附录 D 界面设计索引

各端导航与页面层级

学生 APP：学习 / 找老师 / 资源站 / 课表 / 我的

教师 APP：工作台 / 课表 / 消息 / 收益 / 我的

教师网页：工作台 / 课表 / 课件库 / 我的资源 / 授课记录 / 收益 / 设置

运营后台：首页概览 / 用户管理 / 内容管理 / 题库模考 / 教师管理 / 预约课堂 / 交易财务 / 客服运营 / 数据报表 / 系统设置

详情、付款、考试和阅读器使用返回入口；全屏课堂采用角色专属工具栏。教师网页消息固定从顶栏进入。界面权限只表达操作入口，服务端仍须执行角色与对象归属校验。

全部界面与正文位置

配套图片总览：<pics/index.html>。目录中的图号可跳转本文件插图；原图保留完整分辨率。

图号	页面主题	正文位置	需求索引
UI00	学习首页、找老师与资源站	需求与技术方案 第 3 章	ST01 / TC05 / RS01
UI01	邮箱验证码登录与注册	需求与技术方案 第 2 章	ACC01
UI02	偏好、搜索与通知	需求与技术方案 第 2 章	ACC02 / ACC04
UI03	课程详情与我的课程	需求与技术方案 第 3 章	ST01 / ST02 / ST07
UI04	视频、讲义与练习返回	需求与技术方案 第 3 章	ST03 / ST04 / ST05 / ST06
UI05	练习、错题与收藏	需求与技术方案 第 4 章	EX01 / EX02
UI06	模考开始、作答与恢复	需求与技术方案 第 4 章	EX03 / EX04 / EX07
UI07	交卷与成绩分析	需求与技术方案 第 4 章	EX04 / EX05 / EX06
UI08	教师主页与预约	需求与技术方案 第 5 章	TC03 / TC05 / BK02
UI09	课表与改期	需求与技术方案 第 6 章	BK01 / BK04 / BK05
UI10	支付确认与恢复	需求与技术方案 第 16 章	BK03 / PY01 / PY02 / PY03 / PY06
UI11	课前检查、课堂与重连	需求与技术方案 第 7 章	LV01 / LV02 / LV03 / LV04 / LV05 / LV06
UI12	课后记录、评价与沟通	需求与技术方案 第 7 章	LV07 / TC06 / BK06 / ACC03
UI13	资源详情、授权与我的资源	需求与技术方案 第 8 章	RS02 / RS03 / RS04
UI14	资源阅读、下载与反馈	需求与技术方案 第 8 章	RS05 / RS06 / RS07
UI15	订单、退款与恢复购买	需求与技术方案 第 9 章	PY03 / PY04 / PY06 / PY07
UI16	个人资料、隐私与注销	需求与技术方案 第 17 章	ACC02 / ACC03
UI17	教师入驻与审核状态	需求与技术方案 第 5 章	TC01 / TC02
UI18	教师工作台、排课与服务设置	需求与技术方案 第 5 章	TC04 / BK01 / BK05
UI19	教师授课、小结与应付	本文件 第 9 章	TW05 / TW06 / LV07 / PY05
UI20	教师网页工作台	本文件 第 9 章	TW01
UI21	课件上传与备课	本文件 第 9 章	TW02
UI22	网页课前设备检查	本文件 第 9 章	TW03 / LV01
UI23	网页课堂与基础白板	本文件 第 9 章	TW04 / LV03 / LV04 / LV05

图号	页面主题	正文位置	需求索引
UI24	授课记录与课后小结	本文件 第 9 章	TW06 / LV07 / PY05
UI25	内容与资源管理	本文件 第 10 章	ST01 / ST02 / RS01 / RS02 / RS06 / RS07
UI26	教师资料审核与准入	本文件 第 5 章	TC01 / TC02 / BK06 / LV07
UI27	交易、退款与结算	本文件 第 11 章	PY01 / PY04 / PY05 / PY06 / PY07
UI28	运营、客服与举报处理	本文件 第 15 章	ACC03 / ACC04 / TC06 / RS07
UI29	地区、权限与审计设置	本文件 第 15 章	需求第 9 / 17 / 20 章
UI30	题库导入与错误处理	本文件 第 6 章	EX01 / EX06 / 旧系统迁移
UI31	模考配置与试卷版本	本文件 第 6 章	EX03 / EX05 / EX06 / EX07
UI32	课程目录与课时编辑	本文件 第 6 章	ST02 / ST04 / ST05 / ST07
UI33	教师周课表与批量排课	本文件 第 7 章	TW01 / BK01 / BK04 / BK05
UI34	帮助、工单与关键异常	需求与技术方案 第 6 章	ACC01 / ACC03 / BK04
UI35	学习报告与历史成绩	需求与技术方案 第 3 章	ST06 / EX05 / EX06
UI36	预约到期、迟到支付与跨时区改期	需求与技术方案 第 6 章	BK02 / BK03 / BK04 / BK07 / PY02
UI37	课堂设备接管与权限恢复	本文件 第 8 章	TW03 / TW05 / LV01 / LV06
UI38	教师资源库与授权凭证	本文件 第 10 章	RS04 / RS05 / RS06
UI39	用户管理与账号安全	本文件 第 15 章	ACC01 / ACC02 / ACC03 / 需求第 9 章
UI40	退款分配与权益处理	本文件 第 11 章	PY04 / PY06 / PY07
UI41	教师应付与付款复核	本文件 第 12 章	PY05 / PY06 / PY07 / 需求第 15 章
UI42	资源商品、授权与发布检查	本文件 第 10 章	RS02 / RS03 / RS05 / RS06 / RS08
UI43	学生横屏课堂	需求与技术方案 第 7 章	LV03 / LV04 / LV05 / LV06
UI44	教师网页收益与付款记录	本文件 第 12 章	PY05 / TW06
UI45	教师网页消息中心	本文件 第 9 章	ACC04 / TC06 / LV05
UI46	教师网页设置与课程服务	本文件 第 5 章	TC04 / ACC02 / ACC03
UI47	教师手机消息、收益与我的	需求与技术方案 第 5 章	ACC03 / ACC04 / TC04 / PY05
UI48	后台数据报表	本文件 第 17 章	需求第 9 章 / QA01
UI49	后台首页概览	本文件 第 1 章	需求第 9 章