产品技术白皮书 · WHITE PAPER

ZL-IA86-B 智慧黑板白皮书

面向教育数字化与信创国产化的教学交互终端

86 英寸	4K	40 点	RG0
16:9 主屏	3840×2160	触控识别	蓝光危害等级

五段式一体化结构 · 国产计算平台 · 离线语音控制

四川泽莱无线技术有限公司

2026 年 06 月

本白皮书所载指标为产品设计指标，实际交付以合同约定为准

概要

ZL-IA86 系列智慧黑板是面向基础教育与职业教育教学场景设计的一体化教学交互终端。它以 86 英寸 4K 主屏为视觉与交互核心，以左右四段副板延伸传统书写空间，构成"粉笔书写 + 数字显示"物理连续的五段式工作面；在显示、触控、计算、网络、音视频与结构六个层面同时满足教育信息化建设与信创国产化替代的要求。

3840×2160	≥40 点	≤25ms	RG0
4K 主屏分辨率	同时触控	触摸延迟	蓝光危害等级

本白皮书的技术主张可概括为四点。第一，把"亮室可用"作为显示设计的第一约束：在亮度 ≥300cd/m²、对比度 ≥1000:1 的基础上，同时约束亮室对比度 ≥15:1、亮室色域衰减 ≤30%、防眩 DOI ≤60、镜面反射率 ≤12%，使开灯上课成为常态而非例外。第二，把视觉健康做成可检测的双指标：蓝光危害等级达到 RG0，闪烁 ≤-30dB，且主屏采用直流背光源，保证调暗时依然无频闪。第三，把计算平台解耦为"长寿命基座 + 可迭代模块"：显示与触控构成十年期的物理基座，OPS 模块承载 8 核 12 线程国产 CPU 与 16GB DDR4 内存并预装满足《桌面操作系统政府采购需求标准（2023 年版）》要求的正版桌面操作系统，性能不足时只需更换模块。第四，把语音交互做成离线可用的本地能力：便携式外置麦克风支持领夹、胸挂、耳戴三种佩戴方式，在无网络状态下完成开关机、通道切换、计时、音量、课件与录音控制等操作，不依赖云端、不因网络波动而降级。

在工程可靠性上，整机通过五段式结构、上下独立滑轨、静音金属缓冲垫与双排下滑轮解决推拉式黑板的长行程稳定性问题；副板光泽度 ≤8 抑制侧向眩光，板面甲醛释放量 0mg/L，背板采用镀锌钢板；整机防尘不低于 IP5X、防水不低于 IPX4，并针对高海拔、低气压、高低温及温差剧变等复合环境提出显示、触控、结构、清洁全功能稳定运行的要求。

一、编写说明

1.1 编写目的

本白皮书面向教育主管部门、学校用户、系统集成商与招标评审专家，系统阐述 ZL-IA86 系列智慧黑板的技术架构、关键性能指标、可靠性设计与软件生态能力，说明该产品如何在"显示—触控—计算—网络—音视频—结构"六个层面同时满足当前教育信息化建设与信创国产化替代的双重要求。

与常见产品手册不同，本白皮书不仅罗列参数，更着重说明参数背后的技术路径与工程取舍：为什么是 86 英寸 4K 而非 75 英寸；为什么蓝光防护要做到 RG0 而非 RG1；为什么触控报点率要区分单点与十点；为什么要在无网络状态下实现本地语音控制。这些设计决策共同构成了 ZL-IA86 系列在实际教室环境中的可用性边界。

1.2 适用范围

本白皮书所载技术描述与性能指标，适用于 ZL-IA86 系列智慧黑板整机及其配套的 OPS 计算模块、视频展台、便携式外置麦克风与预装软件套件。文中所列指标均为产品设计指标，实际交付以合同约定及具备国家认可的第三方检测机构出具的

检测检验报告为准。

1.3 术语与缩略语

表 1-1 术语与缩略语

术语/缩略语	全称或含义	说明
OPS	Open Pluggable Specification	开放式可插拔计算模块规范，实现计算单元与显示整机的标准化分离
DOI	Distinctness of Image	图像清晰度（防眩指标），数值越低表示反射成像越模糊、眩光越弱
RG0	Risk Group 0	蓝光危害等级中的"无危险类"，为 IEC 62471 体系下最严等级
SJ/T	电子行业标准	色域覆盖率测试所依据的电子行业标准体系
报点率	Report Rate	触控模组每秒向主机上报触点坐标的次数，单位为 Hz
掌擦	Palm Rejection	通过接触面积差异识别手掌误触并予以抑制的技术
STA / AP 并发	Station / Access Point	同一无线网卡同时作为客户端接入上游网络与作为热点发射信号
信创	信息技术应用创新	以自主安全 CPU、操作系统与基础软件为核心的国产化技术体系

二、行业背景与技术需求演进

2.1 政策驱动：从"多媒体教室"到"数字化教学空间"

过去十余年，基础教育信息化建设经历了三个清晰的阶段：第一阶段解决"有没有"，即以投影加幕布实现课件播放；第二阶段解决"用不用"，即以交互式电子白板实现触控书写；当前阶段解决"好不好用、安不安全"，即要求终端设备在显示质量、视

觉健康、交互精度、国产化程度与运维可控性上同时达标。

与此对应的政策脉络同样清晰：《教育信息化 2.0 行动计划》提出"三全两高一大"目标；教育数字化战略行动强调优质资源共建共享与教学场景深度融合；大规模设备更新政策推动教育领域存量显示设备集中替换；而《桌面操作系统政府采购需求标准（2023 年版）》则从采购侧明确了桌面操作系统的功能、性能与安全要求。这意味着今天的一台教学终端，必须同时是一台高质量显示设备、一台高精度交互设备和一台合规的国产计算设备。

2.2 传统"投影 + 白板"方案的四项技术瓶颈

在真实教室环境下，投影方案的局限已被反复验证：

亮度与对比度受环境光支配。教室通常需要开灯或利用自然采光，投影画面在环境光下的对比度急剧下降，暗部细节丢失，后排学生辨识困难。要维持可用画质，往往需牺牲采光、拉窗帘，反而影响学生视力健康与课堂氛围。

分辨率与清晰度不足。主流投影仍以 1080P 或更低分辨率为主，投射 100 英寸以上画面时像素颗粒明显，细密表格、小字号公式、复杂电路图难以清晰呈现。

书写与显示两张皮。投影无书写能力，白板无显示能力，二者通过"投影打在白板上"的方式拼接，导致书写反光、笔迹与画面错位、擦拭后残留，教师需在两套系统间来回切换。

维护成本高且分散。投影灯泡/光源寿命有限、光路积灰导致亮度衰减、白板表面划伤、书写笔耗材持续支出，多项设备分别维护，故障定位困难。

2.3 信创国产化对教学终端的刚性要求

教学终端是教育数据产生与呈现的入口，其计算平台的自主可控程度直接关系到教育数据安全。ZL-IA86 系列在计算层采用自主安全 CPU（≥8 核、≥12 线程）、≥16GB DDR4 内存、≥512GB 固态存储，并预装满足《桌面操作系统政府采购需求标准（2023 年版）》要求的正版桌面操作系统（含授权）。这一配置使整机在满足日常教学负载的同时，具备明确的国产化属性，可直接响应信创采购要求。

2.4 需求演进对照

表 2-1 传统方案与 ZL-IA86 系列的需求演进对照

维度	传统投影+白板方案	ZL-IA86 系列智慧黑板	教学价值
显示尺寸与比例	100 英寸投影，受光路限制	86 英寸及以上，16:9 原生	全班可视，后排无死角
分辨率	1080P 为主	3840×2160（4K）	小字、公式、图表清晰可辨
环境光适应	依赖遮光	亮度 ≥300cd/㎡、亮室对比度 ≥15:1、环境光自适应	开灯上课不掉画质
书写体验	白板独立书写，反光明显	全屏触控书写，防眩 DOI ≤60、AG 表面	书写即显示，无错位
视觉健康	频闪、高能蓝光	RGO 蓝光、闪烁 ≤-30dB、护眼模式	长时间用眼负担更低
计算平台	外接 PC，架构不统一	OPS 模块化，国产 CPU + 国产 OS	信创合规，易于统一管理
运维	多设备分散维护	一体化整机 + 集中运维	故障定位快，生命周期成本低

三、产品总体架构

3.1 系统组成

ZL-IA86-B 系列采用五段式一体化结构：以中央主屏段为视觉与交互核心，左右两侧各配置两段副板，共同构成一块连续完整的黑板平面。整机在关闭主屏时即为一块常规教学黑板，开启主屏后形成"黑板书写 + 数字显示"双工作区，二者物理连续、视觉统一，避免了屏幕与黑板拼接产生的割裂感。

在结构细节上，中央主屏与副板之间通过上下独立滑轨连接，副板可推拉移动；滑道内侧隐形安装静音金属材质缓冲垫，实现缓冲止动与安全防护；下滑轮采用双排结构，保证推拉过程的稳固与顺滑。这一设计使副板在频繁推拉的教学场景下仍能保持长期稳定，避免单排轮易出现的卡滞与晃动。

3.2 技术分层

表 3-1 六个技术层级与关键指标分布

层级	主要构成	承载的关键指标	对应章节
显示层	86 英寸 4K 液晶面板、直流背光、AG 防眩表面	4K 分辨率、300cd/㎡、RG0、DOI ≤60、178° 可视	第四章
触控层	红外触控模组、40 点识别、智能掌擦算法	首点 35ms、延迟 25ms、抗光 50000lux	第五章
计算层	嵌入式安卓/鸿蒙系统 + OPS 计算模块	8 核 12 线程、16GB DDR4、512GB SSD	第六章
网络层	有线网口、Wi-Fi 6 双频网卡、蓝牙	2.4/5GHz 双频、STA+AP 并发	第七章
音视频层	60W 扬声器、4 麦克风阵列、1300 万摄像头、外置麦克风	12m 拾音、180° 拾音角、离线语音控制	第八章

层级	主要构成	承载的关键指标	对应章节
结构层	五段式黑板、滑轨缓冲、镀锌钢板背板、副板	光泽度 ≤8、甲醛 0mg/L、IP5X/IPX4	第十章

3.3 关键能力总览

- 显示：86 英寸 4K，亮度 ≥300cd/m²，对比度 ≥1000:1，色域覆盖率 ≥72%（SJ/T），蓝光 RG0，闪烁 ≤-30dB。
- 触控：≥40 点触控，首点响应 ≤35ms，触摸延迟 ≤25ms，点击寿命 100 万次、书写寿命 10 万字。
- 计算：Android 14 及以上（≥4GB+16GB）或鸿蒙系统；OPS 模块国产 CPU ≥8 核 12 线程、16GB DDR4、512GB SSD，预装正版国产桌面操作系统。
- 网络：Wi-Fi 6 及以上双频，支持自定义 AP 热点与 Wi-Fi 上网并发，具备无线投屏能力。
- 音视频：扬声器总功率 ≥60W；4 麦克风、180° 拾音、≥12m 拾音距离；1300 万像素摄像头。
- 结构：五段式一体化，上下独立滑轨 + 静音金属缓冲垫 + 双排下滑轮，副板磁吸可书写。

四、显示系统：大屏、护眼与亮室可用性

4.1 4K 大屏的尺寸与像素决策

主屏采用 ≥86 英寸液晶显示屏，显示比例 16:9，分辨率 ≥3840×2160，刷新频率

≥60Hz。选择 86 英寸而非更小尺寸，是因为在典型 60～70 平方米标准教室内，86 英寸可保证最后一排学生在 6～8 米视距下仍能清晰辨识 24 像素以上的文字笔画；而 4K 分辨率使 PPI 维持在教室场景下的舒适区间，避免 1080P 在同等尺寸下产生的像素颗粒感。

16:9 比例与主流课件、视频资源、录播系统原生匹配，无需缩放或加黑边即可全屏呈现，减少了教师在备课环节的二次排版工作量。

4.2 视觉健康：从"低蓝光"到"RG0 + 无频闪"的双重达标

教学终端是学生日均注视时长最长的电子设备之一，视觉健康不能停留在营销概念层面。ZL-IA86 系列在两个方面给出了可检测、可验收的答案：

蓝光危害等级达到 RG0。RG0 是 IEC 62471 蓝光危害分级中的"无危险类"，意味着在标准观察条件下，屏幕蓝光辐射不构成光生物安全风险。相比市面上常见的 RG1（低危险类）方案，RG0 对背光光谱的设计要求更高，需要在保证色域与白点准确性的前提下压减 415～455nm 波段的高能短波成分。

闪烁 ≤-30dB（60Hz）。频闪是导致视觉疲劳与注意力下降的隐性因素。主屏采用直流背光源，从根本上消除了 PWM 调光带来的高频闪烁，实测闪烁指标 ≤-30dB，达到"显示画面无频闪"的水平。这一点在低亮度场景下尤为关键——许多方案在高亮度时无频闪，一旦调暗便切换为 PWM 调光，闪烁随之出现。

在此基础上，主屏支持书写护眼、纸质护眼等智能护眼模式，并可通过前置按键直接切换。书写护眼降低色温与蓝光占比，适合长时间读写；纸质护眼模拟纸张底色与反射特性，适合长文阅读与试卷讲评。

4.3 亮室可用性：环境光自适应与光学指标协同

教室不可能为了一块屏幕而长期遮光。ZL-IA86 系列通过一组相互配合的光学指标，保证"开灯上课"时的画质：

- 最大屏幕亮度 ≥300cd/㎡，亮度对比度 ≥1000:1，为亮环境下的层次表现提供基础；
- 亮室对比度 ≥15:1，这是衡量真实教室环境下画面通透度的关键指标，直接决定暗部细节是否可辨；
- 亮室色域衰减 ≤30%，控制环境光漫反射对色彩饱和度的影响，避免"开灯后画面发灰"；
- 防眩（DOI）≤60，镜面反射率 ≤12%，通过 AG 防眩表面将入射光打散，抑制灯管、窗户在屏面上的镜像反射；
- 亮度均匀性 ≥70%，避免画面出现明暗斑块，保障全班观看一致性；
- 环境光自适应，整机根据环境照度自动调节背光与画面参数，在节能与可视性之间取得平衡。

亮度可视角度为水平 ≥120°、垂直 ≥60°，综合可视角度 ≥178°。前者描述的是"亮度衰减到可接受范围内的角度"，后者描述的是"可辨识画面的角度"，二者共同保证教室边缘位置（如靠墙侧位、讲台斜侧）学生看到的画面不出现明显色偏或亮度骤降。

4.4 表面工艺与画质基础

主屏表面硬度 ≥9H，可抵御日常教学中的粉笔灰摩擦、板擦滑动、意外磕碰，长期使用不易产生细密划痕——划痕在亮环境下会形成散射光斑，是画质劣化的主要

来源之一。透光率 ≥90%，保证背光能量高效穿透，避免为追求硬度而牺牲亮度。灰度等级 ≥256 级，确保渐变、阴影、医学与地理影像类素材过渡自然，不出现色带。

静态清晰度达到水平 ≥2160 线、垂直 ≥2160 线，意味着 4K 面板的解析力被完整释放，而非"4K 面板 + 1080P 处理链路"的伪 4K。

4.5 显示性能指标汇总

表 4-1 显示性能指标

序号	指标项	设计要求
1	显示屏尺寸	≥86 英寸，16:9
2	分辨率 / 刷新率	≥3840×2160 / ≥60Hz
3	最大亮度 / 对比度	≥300cd/m² / ≥1000:1
4	亮度均匀性	≥70%
5	蓝光防护等级	RG0
6	闪烁	≤-30dB（60Hz）
7	亮度可视角	水平 ≥120°，垂直 ≥60°
8	色域覆盖率	≥72%（SJ/T）
9	静态清晰度	水平 ≥2160 线、垂直 ≥2160 线
10	防眩（DOI）/ 镜面反射率	≤60 / ≤12%
11	亮室对比度 / 色域衰减	≥15:1 / ≤30%
12	表面硬度 / 透光率	≥9H / ≥90%
13	综合可视角度	≥178°
14	灰度等级	≥256 级
15	护眼功能	书写护眼、纸质护眼，支持按键切换

五、触控系统：精度、速度与容错

5.1 四十点触控与低时延链路

触控是智慧黑板区别于"大屏电视"的核心。ZL-IA86 系列支持 ≥40 点同时触控，可满足小组协作、多人同时板书、双人 PK 答题等教学组织形式的实际需要——多人在同一屏面同时书写时，触点数不足会表现为"后来者抢不到笔"。

时延方面，首点响应时间 ≤35ms、触摸延迟 ≤25ms。这两个数字背后是整条链路的协同优化：触控扫描频率、坐标解算、笔迹预测算法与显示刷新节拍的匹配。教师板书时的"跟手"感受，本质上取决于这条链路的端到端时延，而非单一环节的规格。

报点率方面，单点报点率 ≥100Hz、十点报点率 ≥80Hz。单点高报点率保证快速书写时笔迹连续无折线；十点仍有 80Hz 则保证多人同时书写时不掉笔、不粘笔。

5.2 抗光干扰与极端光照适应性

教室光照条件远比展厅复杂：靠窗位置可能有数万勒克斯的直射或漫射光，投影幕被阳光直射时整机往往出现"触控漂移"甚至失效。ZL-IA86 系列的抗光干扰能力≥50000lux，且在试验全过程中触摸屏不得出现触摸无反应、触摸反馈不准确或反馈异常等现象。这一要求排除了"强光下能识别但坐标跳变"的伪达标情形，对红外接收管的动态增益控制与抗饱和设计提出了实质要求。

5.3 精度、线性度与抖动性指标体系

触控精度不能只看一个"±2mm"的数字，而应区分边缘与非边缘、区分静态精度与动态抖动。ZL-IA86 系列给出的是一套完整指标体系：

表 5-1 触控精度指标体系

指标	非边缘区域	边缘区域	教学意义
点击精度（最大偏移）	≤2.0mm	≤3.0mm	点选菜单、拖拽对象不误触
线性度（最大偏移）	≤2.0mm	≤3.0mm	画直线不弯、写长横不断
抖动性（最大偏移）	≤3.0mm	≤4.0mm	悬停不抖，落笔稳定

边缘区域指标适度放宽是工程现实的体现——红外触控在边框附近的信号交叠区更

难解算，公开这一差异比笼统宣称全屏一致更为诚实，也便于使用方在验收时按区域分别测试。

触摸高度 ≤3.5mm、最小识别物 ≤φ3mm，意味着即使笔尖较细的专用笔或学生手指轻触也能被识别，书写不必"用力按压"。最小触摸间距：红外式触控模组 ≤30mm，保证相邻触点可被区分，避免多人书写时的坐标合并。

5.4 寿命与耐久性验证

触控层是全生命周期中机械磨损最集中的部位。ZL-IA86 系列明确了两项寿命基线：点击寿命 100 万次后屏幕触摸功能正常，书写寿命 10 万字后屏幕触摸功能正常。以每天 2000 次点击、每节课 300 字书写计，该指标覆盖了远超设备设计寿命的使用强度。

此外，触控模组具备静电防护能力与抗遮挡能力。抗遮挡能力针对教学现场的真实痛点：粉笔盒、板擦、手掌、教具长期停放在屏面某处时，传统红外方案会把该区域判定为"持续触摸"从而屏蔽局部触控。具备抗遮挡能力后，局部长期遮挡不影响其他区域正常使用。

5.5 书写与擦除的智能区分

整机支持板擦识别，可智能区分书写与擦除操作；同时支持不同大小掌擦，实际尺寸差异长宽 ≤30%。这两项能力共同构成"自然的书写体验"：教师无需切换到"橡皮模式"再切回"书写模式"，直接用手掌或板擦擦除即可，系统依据接触面积与形态自动判定意图，且对大手掌、小学生手掌等不同尺寸都保持一致的识别率。

六、计算平台：双系统架构与信创适配

6.1 嵌入式系统与 OPS 计算模块的分工

ZL-IA86 系列采用"嵌入式系统 + OPS 模块"的双计算架构，这是当前智慧黑板最务实的技术路线：

- 嵌入式系统承担"开机即用"的教学入口职责。整机安装嵌入式安卓系统（版本不低于 Android 14，内存 ≥4GB，存储空间 ≥16GB）或鸿蒙系统，开机快速进入白板书写，满足"老师进教室就能写"的高频需求。

- OPS 模块承担完整的桌面计算职责。采用标准 OPS 方式，OPS 与大屏无单独接线，通过卡扣或螺丝固定，OPS 与整机复用接口，实现"一块屏、一根电源线"的整洁部署，也便于后期单独升级计算单元而不更换整机。

这种分工的价值在于：显示与触控（寿命最长、更换成本最高）与计算（迭代最快、性能需求增长最快）解耦，整机生命周期内可按需升级计算性能，避免"屏幕还好好的但电脑跑不动了"导致的整机报废。

6.2 国产计算平台配置

OPS 模块配置自主安全的 CPU 处理器，核心数 ≥8 核，线程数 ≥12，内存 ≥16GB DDR4，存储空间 ≥512GB 固态硬盘。8 核 12 线程的多核架构可支撑"课件播放 + 白板书写 + 录播推流 + 安全软件常驻"并行运行；16GB 内存避免了多标签浏览器与大型课件同时打开时的频繁换页；512GB 固态存储为本地课件库、录播文件与教学资源缓存提供了充裕空间。

预装正版桌面操作系统，操作系统满足《桌面操作系统政府采购需求标准（2023

年版）》相关要求（含授权）。这使整机在信创采购场景下无需二次适配即可交付。

6.3 接口与前置扩展

整机具备前置按键（含触摸键），至少具备开关机、息屏、唤醒等操作功能，教师无需绕到机身侧面即可完成最常用的三项操作。

前置接口不少于 3 路 USB 输入（至少包含 1 路 Type-C 接口、2 路 USB 3.0 接口），不少于 1 路 HDMI 功能，或前置 Type-C 接口具备音视频传输功能。前置化设计的实际意义在于：教师自带笔记本上课时，插拔动作全部在正面完成，不必探身到侧后方摸索接口，也避免了线缆长期弯折导致的接口松动。

七、网络与无线协同

7.1 有线与 Wi-Fi 6 双频接入

整机支持有线网络接入，支持蓝牙连接，内置 Wi-Fi 6 或以上标准的无线网卡，支持 2.4GHz 与 5GHz 双频。Wi-Fi 6 引入的 OFDMA 与 MU-MIMO 技术，在一间教室内数十台学生终端并发接入的场景下，显著降低了排队时延与丢包率——这正是"全班同时打开同一个教学平台"时体验差异的来源。5GHz 频段提供高带宽低干扰通道，2.4GHz 频段保证穿墙与兼容性，双频并存而非二选一。

7.2 STA 与 AP 并发：一个网卡两种角色

内置系统支持自定义 AP 无线热点名称和密码，可同时实现 Wi-Fi 无线上网连接和 AP 无线热点发射。这一能力的教学价值常被低估：当教室所在区域仅有有线网络、或校园 Wi-Fi 无法为访客与学生设备提供接入时，整机可先以有线方式接入

校园网，同时以自定义 SSID 发射热点，让全班学生终端接入并访问本机教学资源。热点名称与密码可自定义，便于按班级、按课程设置独立网络空间。

7.3 无线投屏与多端协同

整机具备无线投屏功能，支持教师手机、平板、笔记本的屏幕内容无线投射至大屏，也支持将大屏画面反向分发。在小组汇报、学生作品展示、跨设备演示等场景中，无线投屏消除了"换人就要换线"的课堂中断。

八、音视频系统：从"听得见"到"听得清、控得住"

8.1 声学设计

内置扬声器 ≥2 个，总功率 ≥60W，工作噪声声压级 ≤30dB(A)，声压级 ≥80dB。60W 的总功率保证了在 60～70 平方米教室内，即使门窗开启、学生讨论，语音与视频音频仍能覆盖至最后一排；而 ≤30dB(A) 的工作噪声则约束了功放与电源的底噪，避免安静自习时出现持续的"电流声"——这是许多大功率方案容易被忽略的指标。

8.2 四麦克风阵列与远程拾音

内置麦克风数量 ≥4 个，最大拾音角度 180°，最大拾音距离 ≥12m，信噪比 ≥60dB，麦克风频率范围不窄于 125Hz～8000Hz。

12 米的拾音距离覆盖了标准教室的对角线，意味着学生在座位上回答问题时无需走到讲台；180° 拾音角度覆盖讲台正前方半场，配合阵列波束形成可抑制后方噪声；125Hz～8000Hz 的频率范围完整覆盖人声基频与主要辅音能量区，保证语音清

晰度而非仅仅"能录到声音"；≥60dB 的信噪比则为录播、远程互动课堂、AI 语音识别提供了干净的音源。

8.3 摄像头

内置摄像头拍摄像素数 ≥1300 万，传感器尺寸 ≥1/3.2 英寸，分辨率 ≥1920×1080，对角线视场角 ≥120°。

1300 万像素与大尺寸传感器的组合，核心价值不在于"拍照清楚"，而在于弱光画质与数字变焦余量：教室后排照度通常低于前排，1/3.2 英寸传感器可在同等照度下获得更高信噪比；高像素则为远程教研中的局部放大（如放大板书细节、放大实验操作）保留了可用的解析力。120° 对角线视场角可覆盖整间教室前场，适合课堂全景录播。

8.4 便携式外置麦克风：离线语音控制

这是 ZL-IA86-B 在交互方式上最具差异化的设计。配置的便携式外置麦克风采用可拆卸模块，实现领夹、胸挂、耳戴三种佩戴方式，教师可根据授课风格与着装自由切换；模块同时具备语音控制指令发射与扩声功能，并可在其屏幕显示问候语、音量、电量、对频方式等信息。

其关键能力在于无网络状态下的本地语音控制。指令覆盖范围包括：

表 8-1 语音控制能力分类

指令类别	具体能力
开关机	语音控制主屏开机上课 / 关机下课
信号通道	安卓 / 电脑视频信号通道切换
显示状态	时间 / 音量显示状态切换

指令类别	具体能力
计时	触发秒级、分钟级、小时级显示屏计时
音量	0～100 百分比调节
教学软件	授课软件打开 / 关闭
录音	开始 / 停止录音
课件	课件打开 / 关闭 / 切换 / 黑白屏
翻页	支持触控 PPT 翻页

并且支持语音控制指令的编辑与写入，即学校可按本地习惯自定义指令词；指令执行后伴随语音播放反馈，形成"说了—做了—确认了"的闭环，避免教师不确定指令是否生效而重复喊话。

九、软件生态与教学应用

9.1 交互效率设计

半屏模式与降屏功能。整机支持通过手势及触摸快捷按键等方式快捷调用半屏模式，具备降屏功能。半屏模式使主屏仅使用下半部分显示区，上半部分露出后方黑板供板书，实现"数字内容与手写板书同屏并存"；降屏功能则在需要完全回归传统板书时快速让出视野。这类看似细小的设计，实际决定了教师在"讲课件"与"写板书"之间切换的成本。

快捷按键。前置按键与触摸键提供开关机、息屏、唤醒的同时，也是护眼模式切换、信号源切换等高频操作的直达入口，避免教师逐层翻菜单。

9.2 视频展台

配置视频展台，摄像头像素 ≥800 万，传感器尺寸 ≥1/3.2 英寸，分辨率 ≥1920×1080，支持自动对焦；展示区域不小于 210mm×297mm（即完整 A4 幅面）；视频预览帧率 ≥30 帧/秒；具备 LED 补光灯；托板可收起。

A4 展示区域是一个务实的设计基准——作业本、试卷、教材、实验记录表均以 A4 为基本幅面，展示区小于 A4 意味着教师摆放时需要反复调整位置。30 帧/秒的预览帧率保证翻页、翻书、手写演示时不出现拖影。托板可收起则让展台在不使用时收回机身，不占用讲台空间、不易被碰撞。

软件能力方面，支持对画面进行放大、缩小、旋转、满屏、截屏操作，截屏内容可复制到 PPT、白板等界面直接使用；支持对比教学，可二分屏、四分屏及以上多屏对比，并可在对比屏幕上直接批注；支持展台画面实时批注。对比教学在作业讲评、实验方案比较、错误示例辨析等场景中价值突出：教师可将四份学生作业并排展示，直接在画面上圈画点评。

9.3 办公软件套件

整机提供运行在国产操作系统上的办公软件产品（授权服务期 ≥1 年），覆盖教学文档处理的全流程：

- 格式兼容：可生成和编辑 .doc/.docx/.dot/.wps/.xls/.xlsx/.xlt/.et/.ppt/.pptx/.pps/.dps 等格式，保证教师从其他环境带来的课件可直接打开、编辑、保存，不因格式转换丢失版式。

- 文字模块：支持智能目录导航，自动识别文档结构与实时调整文档目录；标题格式无需调整样式即可自动生成目录。这对编写校本教材、教研课题报告的教师是

实质性减负。

- 表格模块：支持表格快速合并，一键选择合并居中、合并单元格、合并相同单元格、合并内容、取消合并单元格、拆分并填充内容。

- 演示模块：支持智能图形，至少包含层次结构、列表、循环、流程等多种图示类型，教师无需借助外部工具即可绘制结构化示意图。

- 云端协同：具备后台管理功能与公网云存储空间，可通过账号登录使用；云文档支持外链分享、文档多终端漫游，支持历史版本、全文检索，支持文档实时跟踪与备份恢复；云文档空间具备 ≥300GB/台 的存储容量，管理员可根据用户使用情况分配。

- 即时通讯：支持一对一单聊与群聊会话，支持消息免打扰、聊天列表置顶等设置。

- 全文检索：支持对文字、表格、演示等文档内容进行检索，通过高精度全文检索帮助用户快速定位目标文件，支持基于关键词的全文搜索。

- 在线会议：可基于文档发起会议并邀请成员参与；也可单独创建会议，通过会议 ID 或链接加入，提供云文档共享、屏幕共享等多种内容共享方式。

9.4 终端安全防护

教学终端承载学籍、成绩、教研资料等敏感数据，且长期处于校园网这一相对开放的环境中。整机配套的终端安全产品（授权服务期 ≥1 年）在架构与能力上做了针对性设计。

管理与部署形态。产品可纯软件交付，包含管理控制中心软件及终端客户端软件；管理控制中心支持云化部署，同时也支持硬件管理平台交付，适应不同规模学校的

IT 基础条件。管理控制中心采用 B/S 架构，具备终端安全可视、终端统一管理、统一威胁处置、统一漏洞修复、威胁响应处置、日志记录与查询等功能。

风险可视化。支持全网风险展示，包括未处理的勒索事件数量、高级威胁、Web 入侵、待处置漏洞、钓鱼攻击及其各自影响的终端数量。提供勒索病毒整体防护体系入口，直观展示最近七天勒索病毒防护效果，包括已处置的恶意文件数量、已拦截可疑行为次数、已阻止的未知进程操作次数、已阻止的暴力破解攻击次数。这种"以效果而非以功能"的呈现方式，使管理者能快速判断当前安全水位。

威胁情报联动。支持跳转至云端威胁情报中心，针对已发生的威胁提供威胁分析、网络行为、静态分析、分析环境和影响分析等详细结果。具备全量威胁情报能力，POP 点威胁情报至少千万级，文件 MD5 威胁情报数十亿级，URL 威胁情报千万级；支持 DNS、IP、URL 流量的实时检测与拦截，可有效应对挖矿、C2 和恶意软件威胁。

资产发现与策略治理。支持按扫描网段、扫描方式、扫描协议、扫描端口对终端进行扫描，及时发现尚未纳入管控的终端——这是校园网中"影子资产"治理的关键手段。支持安全策略一体化配置，通过单一策略即可实现终端病毒查杀的文件扫描配置、文件实时监控参数配置、WebShell 检测与威胁处置方式、暴力破解威胁处置方式以及 Windows 白名单信任目录等配置，避免多策略叠加导致的策略冲突与运维负担。

账号风险梳理。支持对系统账号信息进行梳理，了解账号权限分布概况及风险账号分布情况，可按隐藏账号、弱密码账号、可疑 root 权限账号、长期未使用账号、夜间登录、多 IP 登录进行账号分类查看，并支持统计最近一年未修改密码的账户。

应急响应与应用管控。具备云端下发通道，支持在管理端批量下发专杀工具到内网各终端，快速响应终端威胁。提供应用自定义能力，可基于进程名称、应用签名、

图标 SHA256 等参数自定义应用，可管控自定义应用的文件外发行为而不影响其他功能；可基于应用资源的风险点配置准入防护策略，对用户访问应用的全过程进行实时检测，触发策略条件时执行对应防护动作，包括选择策略适用的用户及应用、配置策略判定条件、自定义用户提示、配置策略基本信息等，便于管理员管理策略状态、启用或禁用。

安全运营报告。支持月度安全运营报告自动化导出，报告内容包括整体安全运营概览（威胁概况、风险终端）及风险趋势，挖矿、木马远控、僵尸网络、黑客工具、恶意 URL 等类型的威胁拦截数；新型威胁最新动态及最新威胁情报 TOP30；重点事件运营，包括 TOP10 威胁事件和 TOP10 风险终端。对教育主管部门的检查与学校的年度安全总结而言，这类可直接归档的报告显著降低了材料准备成本。

十、结构与工艺

10.1 五段式一体化与滑轨系统

如 3.1 节所述，整机以中央主屏段搭配左右各两段副板构成五段式一体化结构。与中心主屏搭配的内置静音金属材质缓冲垫，隐形安装于黑板滑道内侧，实现缓冲止动与安全防护；上下采用独立滑轨，确保推拉侧板时滑动稳固与顺滑；下滑轮采用双排结构。

这套结构解决了推拉式黑板的三个传统问题：单轨结构在长行程推拉时易发生摆头；无缓冲设计使副板到位时产生金属撞击噪声与结构应力累积；单排滑轮在粉尘环境中磨损后出现卡滞与偏斜。双排轮加分体滑轨加静音缓冲的组合，针对的正是这些长期使用中的劣化路径。

10.2 副板材料与环保指标

副板板面光泽度不高于 8 光泽度，以避免产生眩光。低光泽度使副板在侧向采光或顶灯照射下不形成镜面亮斑，保证学生从斜侧角度观看板书时不刺眼。

副板板面甲醛释放量为 0mg/L。教学空间人员密集、通风条件有限，板材的甲醛释放是室内空气质量的重要变量。0mg/L 的释放量意味着副板材料在甲醛指标上不构成室内空气污染源，这对新建校舍、密闭教室以及低龄学段教室尤为重要。

副板支持普通粉笔、液体粉笔、水溶性粉笔等直接书写，支持磁吸。多种粉笔兼容使学校无需因更换设备而改变既有教学耗材体系；磁吸能力则使教具、挂图、学生作品可直接固定于板面。背板采用镀锌钢板材质，具备良好的强度、平整度与防锈性能，为板面提供稳定支撑，避免长期使用后的鼓包与变形。

10.3 防护等级与清洁维护

适应教学环境下的清洁与使用需求，防尘不低于 5 级，防水不低于 4 级。IP5X 防尘意味着粉尘进入量不足以影响设备正常运行——粉笔灰是教室中最具侵蚀性的颗粒物，长期积累会侵入散热通道与接口；IPX4 防水意味着可承受各方向溅水，支持湿布擦拭、喷雾清洁等日常保洁方式，而不必担心清洁过程中的液体侵入。

十一、可靠性与环境适应性

11.1 复合环境下的稳定性要求

我国幅员辽阔，教育装备需面对从沿海湿热到高原干冷、从南方高湿到北方温差剧变的全谱系环境。ZL-IA86 系列针对特殊自然条件提出明确要求：在高海拔、低气

压、高低温及温差剧变等复合环境下，整机显示画面、触控响应、滑动操作、无尘清洁模式及主机各项功能均需保持稳定运行。

"复合环境"而非单一环境，是这项指标的技术难点所在。高海拔叠加低气压会降低空气绝缘强度与散热效率；低温叠加温差剧变会在不同材质界面产生凝露与热应力；低气压还会影响触控器件的响应特性。要求在上述叠加条件下显示、触控、结构、清洁等功能同时稳定，实质上是要求整机通过系统级的环境应力筛选，而非单点指标的实验室验证。这一特性使产品可直接服务于高原地区、边远地区学校以及无恒温条件的教学建筑。

11.2 静电与电磁防护

触控模组具备静电防护能力，可抵御干燥季节人体静电放电对触控信号的干扰；整机在设计与测试中兼顾电磁兼容要求，避免在教室内多设备密集使用环境下产生相互干扰。

11.3 能效与节能

整机具备高效节能模式，能效不低于 2 级。主屏采用直流背光源，在实现无频闪的同时，也避免了 PWM 调光方案在低亮度时的效率损失。结合环境光自适应功能，整机可根据教室照度动态调节背光强度，在保证可视性的前提下降低功耗。对于一所拥有数十间教室的学校，整机日间连续运行 8 小时以上的功耗差异，在一个学年内会形成可观的电费差额。

十二、典型应用场景

12.1 标准教室日常授课

中央主屏 4K 显示课件与视频，半屏模式下与板书同屏并存；副板承接延续性板书与课堂演算；教师佩戴便携麦克风，以语音完成开关机、切换通道、控制课件与计时，全程不离开讲台。粉笔与触控笔在同一工作面上自然衔接，避免了传统方案中"转身写板书、回头点电脑"的往返。

12.2 录播教室与远程教研

1300 万像素、120° 视场角摄像头提供课堂全景，4 麦克风阵列以 180° 拾音角、12m 拾音距离捕捉师生对话，信噪比 ≥60dB 保证远端听感清晰。视频展台以 30 帧/秒实时呈现学生作业与实验操作，支持在展台画面上实时批注并同步至录播流。无线投屏支持远端教研员将本地画面推送到大屏进行对比讲评。

12.3 会议室与教师培训

OPS 模块的国产 CPU（≥8 核 12 线程）与 16GB 内存可流畅运行办公套件、在线会议与多文档协同；办公软件的文档发起会议、云文档共享、屏幕共享等能力，使一间普通教室即可承担小型研讨与集体备课。终端安全产品提供统一的威胁处置与月度安全运营报告，满足学校对会议终端的安全管理要求。

12.4 高海拔与边远地区学校

针对高海拔、低气压、温差剧变的复合环境适应性设计，使整机在无恒温、无稳定供电质量保障的教室中仍能保持显示、触控与结构的稳定。离线语音控制不依赖网

络，在宽带条件有限的地区同样可用，保证核心交互方式不因网络质量而降级。

12.5 特殊教育与低龄学段

纸质护眼模式与书写护眼模式降低长时间注视的视觉负担；RGO 蓝光与无频闪背光适应低龄学生的用眼特点；副板 0mg/L 的甲醛释放量契合低龄学段对室内空气质量的更高要求；手势与掌擦的智能识别降低了操作学习成本。

十三、合规性与检测认证

13.1 主要执行标准与依据

表 13-1 主要执行依据与对应产品能力

类别	依据/要求	对应产品能力
显示与视觉健康	蓝光危害分级（RGO）、频闪测试方法、色域覆盖率（SJ/T）	蓝光 RGO、闪烁 ≤-30dB、色域 ≥72%
触控性能	触控点数、响应时间、精度、线性度、抖动性、报点率	40 点、35ms、±2.0mm、100Hz/80Hz
电气安全与能效	音视频设备安全要求、能效等级	能效不低于 2 级
防护等级	外壳防护等级（IP）	防尘 ≥IP5X，防水 ≥IPX4
电磁兼容	电磁发射与抗扰度	整机 EMC 设计与测试
有害物质与环保	甲醛释放量、有害物质限值	副板甲醛释放量 0mg/L
国产化合规	《桌面操作系统政府采购需求标准（2023 年版）》	预装正版国产桌面操作系统（含授权）

13.2 应提供的检测与证明材料

- 显示性能（亮度、对比度、亮度均匀性、蓝光 RGO、闪烁、亮度可视角）——提供国家认可的第三方检测机构出具的检测检验报告并加盖公章，履约验收时一并提供。

- Wi-Fi STA 与 AP 并发能力——提供国家认可的第三方检测机构出具的检测检验报告并加盖公章，履约验收时一并提供。

- OPS 计算模块配置（CPU 核心数/线程数、内存、存储）——提供产品彩页、产品说明书、官网参数页截图或权威机构检测报告复印件等证明材料，履约验收时一并提供。

- 预装桌面操作系统——提供正版授权证明，并说明其满足《桌面操作系统政府采购需求标准（2023 年版）》的对应条款。

- 办公软件与安全软件——提供授权服务期证明（≥1 年）及云文档空间容量（≥300GB/台）说明。

十四、部署与运维

14.1 安装要点

五段式结构对安装精度要求高于单屏方案：需保证主屏与副板在同一平面内、滑轨平行度满足推拉顺畅性要求、缓冲垫位置与副板行程匹配。建议由经过培训的实施团队按标准作业流程安装，并在交付时现场演示滑轨推拉、缓冲止动、副板磁吸与书写性能，形成验收记录。

OPS 模块采用卡扣或螺丝固定、与整机复用接口、无单独接线，安装时只需将模块

推入仓位上锁，避免教室内出现第二套电源与信号线缆。

14.2 集中运维

通过终端安全产品的 B/S 管理控制中心，可实现终端安全状态可视、策略统一下发、漏洞统一修复、威胁统一处置与日志统一查询；通过网段/协议/端口扫描发现未纳管终端，消除管理盲区；通过月度安全运营报告自动化导出，形成可持续的安全运营档案。办公软件的云文档后台支持按用户分配 ≥300GB/台 的存储容量，便于学校统一规划资源空间。

14.3 生命周期管理

显示与触控构成整机的长寿命基座，计算能力则由 OPS 模块承载。当教学软件对算力的需求提升时，仅需更换 OPS 模块即可完成性能升级，无需更换整机；当触控模组或背光出现异常时，可通过模块化部件更换恢复功能。这种"长寿命基座 + 可迭代计算"的结构，使设备的全生命周期成本显著低于一体化不可升级方案。

十五、结语：一台教学终端的技术底线

回看 ZL-IA86 系列的全部指标，可以看到一条清晰的设计主线：把每一项能力都落到可检测、可验收、可长期维持的水平上，而不是停在参数表的漂亮数字里。

- 显示上，不满足于"4K + 高亮度"，而是把亮室对比度、色域衰减、防眩 DOI、镜面反射率一并纳入指标体系——因为这些才是开灯上课时学生真实看到的画面。
- 视觉健康上，不停留在"低蓝光"，而是要求 RGO 与闪烁 ≤-30dB 同时达标，并要求主屏采用直流背光源，保证调暗时依然无频闪。

- 触控上，不满足于"多点触控"，而是区分单点与十点报点率、区分边缘与非边缘精度、公开抖动性与线性度、明确点击与书写寿命，并要求强光下不出现"能识别但坐标漂移"的伪达标。

- 计算上，不让显示与算力互相拖累，以 OPS 模块化实现解耦，并以国产 CPU 与满足 2023 年版政府采购需求标准的桌面操作系统完成信创适配。

- 交互上，把语音控制做成离线可用的本地能力，而不是依赖云端的演示功能——因为教室的网络从来不是理所当然的。

- 结构上，用双排滑轮、独立滑轨、静音金属缓冲垫、低光泽副板、0mg/L 甲醛与 IP5X/IPX4 防护，回应的是走廊里的粉笔灰、教室里的侧光、以及一间教室要用十年的现实。

教育装备的价值最终不体现在招标文件的技术偏离表上，而体现在一节课四十五分钟里，教师是否愿意用它、学生是否能看清它、以及三年之后它是否还和第一天一样好用。ZL-IA86 系列的全部设计取舍，都指向这个标准。

附录 A 主要技术参数总表

表 A-1 主要技术参数总表

类别	项目	指标要求
显示	屏体尺寸/比例	≥86 英寸，16:9
显示	分辨率/刷新率	≥3840×2160 / ≥60Hz
显示	最大亮度/对比度	≥300cd/㎡ / ≥1000:1
显示	亮度均匀性	≥70%
显示	蓝光防护	RGO
显示	闪烁	≤-30dB（60Hz）
显示	亮度可视角	水平 ≥120°，垂直 ≥60°
显示	色域覆盖率	≥72%（SJ/T）
显示	静态清晰度	水平 ≥2160 线，垂直 ≥2160 线
显示	防眩 DOI / 镜面反射率	≤60 / ≤12%
显示	亮室对比度/亮室色域衰减	≥15:1 / ≤30%
显示	表面硬度/透光率	≥9H / ≥90%
显示	综合可视角度/灰度等级	≥178° / ≥256 级
显示	护眼功能	书写护眼、纸质护眼，按键切换；支持环境光自适应
触控	触摸点数	≥40 点
触控	首点响应/触摸延迟	≤35ms / ≤25ms
触控	最小触摸间距	红外模组 ≤30mm
触控	抗光干扰	≥50000lux，无无反应/反馈异常
触控	触摸高度/最小识别物	≤3.5mm / ≤Φ3mm
触控	点击精度（非边缘/边缘）	≤2.0mm / ≤3.0mm
触控	线性度（非边缘/边缘）	≤2.0mm / ≤3.0mm

类别	项目	指标要求
触控	抖动性（非边缘/边缘）	≤3.0mm / ≤4.0mm
触控	报点率	单点 ≥100Hz，十点 ≥80Hz
触控	点击寿命/书写寿命	100 万次 / 10 万字后功能正常
触控	掌擦/板擦	支持不同大小掌擦（长宽差异 ≤30%），支持板擦识别
计算	嵌入式系统	Android ≥14（≥4GB+16GB）或鸿蒙系统
计算	OPS CPU	自主安全处理器，≥8 核、≥12 线程
计算	OPS 内存/存储	≥16GB DDR4 / ≥512GB SSD
计算	操作系统	预装正版桌面操作系统，满足《桌面操作系统政府采购需求标准（2023 年版）》（含授权）
网络	有线/蓝牙	支持 / 支持
网络	无线网卡	Wi-Fi 6 或以上，2.4GHz + 5GHz 双频
网络	AP 热点	支持自定义名称与密码，STA 上网与 AP 发射并发
网络	投屏	支持无线投屏
音视频	扬声器	≥2 个，总功率 ≥60W，噪声 ≤30dB(A)，声压 ≥80dB
音视频	麦克风	≥4 个，拾音角 180°，距离 ≥12m，信噪比 ≥60dB，125Hz～8000Hz
音视频	摄像头	≥1300 万像素，传感器 ≥1/3.2 英寸，≥1920×1080，对角视场角 ≥120°
音视频	外置麦克风	可拆卸，领夹/胸挂/耳戴三种佩戴，离线语音控制，含扩声与指令发射
音视频	视频展台	≥800 万像素，≥1/3.2 英寸，≥1920×1080，自动对焦，幅面 ≥210×297mm，≥30fps，LED 补光，托板可收起
结构	整机构成	五段式一体化；滑道内侧隐形静音金属缓冲垫；上下独立滑轨；双排下滑轮

类别	项目	指标要求
结构	副板板面	光泽度 ≤8；甲醛释放量 0mg/L；支持普通/液体/水溶性粉笔；支持磁吸
结构	背板	镀锌钢板
结构	防护等级	防尘 ≥IP5X，防水 ≥IPX4
接口	前置按键	开关机、息屏、唤醒等
接口	前置 USB	≥3 路（≥1 路 Type-C、2 路 USB 3.0）
接口	前置视频	≥1 路 HDMI，或 Type-C 具备音视频传输
节能	能效	不低于 2 级；直流背光源，无频闪
环境	适应性	高海拔、低气压、高低温、温差剧变复合环境下功能稳定
软件	办公软件	授权服务期 ≥1 年；云文档空间 ≥300GB/台
软件	安全软件	授权服务期 ≥1 年；B/S 架构管理控制中心，可云化或硬件平台交付

附录 B 便携式外置麦克风语音指令清单

表 B-1 语音指令清单

序号	指令功能	说明
1	开机上课	语音控制主屏开机并进入上课状态
2	关机下课	语音控制主屏关机
3	安卓通道	切换至安卓视频信号通道
4	电脑通道	切换至电脑（OPS）视频信号通道
5	显示时间	屏幕显示状态切换为时间
6	显示音量	屏幕显示状态切换为音量
7	秒级计时	触发秒级显示屏计时
8	分钟计时	触发分钟级显示屏计时
9	小时计时	触发小时级显示屏计时
10	音量调节	0～100 百分比调节
11	打开授课软件	教学授课软件启动
12	关闭授课软件	教学授课软件退出
13	开始录音	启动录音
14	停止录音	结束录音
15	打开课件	课件打开
16	关闭课件	课件关闭
17	切换课件	课件切换
18	黑白屏	屏幕转为黑白屏状态
19	PPT 翻页	支持触控 PPT 翻页