DESIGN CALCULATION REPORT • SJAVL

广州市培英中学（科技城校区）阶梯教室
音频及灯光系统　声学与灯光设计计算书

设计阶段指标定标、反推与校核　|　260 座多功能报告厅　V = 1 550 m³　台口 10.0×5.0 m

项目名称	广州市培英中学（科技城校区）阶梯教室音频及灯光系统采购项目
项目地点	广州市白云区白云湖数字科技城（石门街）
编制单位	广州赛佳声学灯光工程有限公司
文件性质	设计阶段计算书（设计计算值 / 设计目标值，非检测报告、非实测数据）　设计文件 · 不作为验收依据
版本 / 日期	V1.0　2026 年 11 月

主要依据标准

GB/T 50356-2005 剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范

GB 50371-2006 厅堂扩声系统设计规范

GB/T 4959-2011 厅堂扩声特性测量方法

GB/T 28048-2011 厅堂、体育场馆扩声系统验收规范

WH/T 97-2022 舞台灯光系统验收检测规范

GB/T 14218-2018 电子调光设备性能参数与测试方法

GB 50034-2013 建筑照明设计标准

GB 50118-2010 民用建筑隔声设计规范

GB 50099-2011 中小学校设计规范

GB 55024-2022 建筑电气与智能化通用规范

GB 50303-2015 建筑电气工程施工质量验收规范

JGJ 57-2016 剧场建筑设计规范

> **计算口径声明**　本计算书为设计阶段的计算复盘：几何与构造参数取设计假定值（正文中以“假定”标注），全部指标均为设计目标值或设计计算值，与竣工实测数据分属不同口径；本项目实测数据以竣工验收资料为准。本文件不含第三方检测结论，不引用任何检测报告编号；文中图表均为设计计算图，不替代施工图。

复盘要回答的问题只有一个：这套阶梯教室的声学与灯光指标，是怎么从房间条件一步步推出来、又怎么被反过来校核的。所以下面不按系统罗列设备，而按“输入—定标—反推—校核—取舍”的顺序展开，每个数字都要能指出它由哪个上游参数决定。

3.1 把房间条件翻成设计输入：几何、容积与六个面

设计输入不是“教室有多大”，而是三组可以直接进公式的量：净尺寸与净容积、六个面各自的做法与展开面积、观众人数与座椅类型。本厅按 18.0 m（进深）×15.0 m（开间）×6.0 m（平均净高）建模，台口 10.0 m×5.0 m、主台进深 8.0 m；外接体积 1 620 m³，扣除台口以内空腔与阶梯起坡实体后取净容积 1 550 m³。这一步的意义在于把体积折算成每座容积：1 550÷260 = 5.96 m³/座，落在报告厅 4–6 m³/座的常用区间上沿——每座容积越大，达到同一混响时间所需的吸声量越多，这是后面所有吸声面积的分母。

- 吊顶 270 m²：石膏板基层 + 灯槽 215 m²，局部吸声带（矿棉板 50 + 150 空腔）55 m²；
- 侧墙 216 m²：左右各 108 m²，其中竖条纹吸声造型（穿孔木饰面 15 + 50 空腔）各 45 m²，其余为木饰面与抹灰基层；
- 后墙 90 m²：布艺吸声软包 40 m² + 木扩散体与基层 50 m²；后墙角另设膜式低频吸声腔 30 m²（按展开面积计）；
- 地面 270 m²：观众席阶梯面层 190 m² + 台口内架空舞台木地板 80 m²；台口墙面（台口两侧及上方木饰面）50 m²；

六面展开合计 926 m²，与 18×15×6 的几何表面积 936 m² 相差 1.1%，属台口开口扣减的正常量级——这条自洽性检查必须先过，否则体积与吸声量来自两套几何，算出来的混响时间不会有任何报错，却全是错的。环境取广州夏季 26 ℃、65 %RH，空气吸声按 ISO 9613-1 逐频带计入，8 kHz 一项就贡献 106 m² 吸声量，这也是高频混响天然短于中频的原因之一。

需要强调的是，上述尺寸、构造与吸声系数均为设计假定（示意），竣工以图纸与实测为准；但假定之间必须互相咬合，这正是复盘的入口。

3.2 目标混响：从预设区间到可校核的定标值

报告厅 / 阶梯教室在用途预设里对应中频目标 0.95 s、允许区间 0.75–1.20 s，目标曲线的频率形状是低频略长、高频略短（63 Hz 为中频的 1.20 倍，8 kHz 为 0.85 倍）。这个预设给了区间，但没给“本厅取哪一个点”，而定标值直接决定吸声预算，必须先定死。

定标时用两条约束夹：第一条是使用性质——全校集会、年级级会、公开课都以语言为主，清晰度优先，应取区间偏干一侧；第二条是空场上限——260 座织物软椅在空场与满场之间的吸声量差极大，若只按满场定标，空场混响会顶破 1.20 s 的上限，每次活动前都要在调音台上重新找补。两条约束一起算，本厅中频定标值落在 0.85 s，比预设中心低 0.10 s，位置在区间下半段而不是中心——这是有意的：宁可牺牲一点音乐丰满度，换空场不必大改参数。

背景噪声同法定标。报告厅按 NR 25 控制，本厅的噪声源主要是外墙一侧的城市道路与相邻教学用房，计算按控制频带（125 Hz）逐带反算外墙与门窗所需隔声量；最终满场 NR 22、空场 NR 24，均低于目标值。语言传输指数按调制传递函数法核算得 0.59（等级“中”），高于 0.50 的可懂度门限，说明“0.85 s + NR 25”这组定标在清晰度上是站得住的。

表 1　设计指标定标表：从标准依据到可校核的目标值

指标	依据	设计目标	设计计算值	结论
中频混响 T60（500/1 000 Hz）	GB/T 50356-2005 报告厅预设	0.85 s（区间 0.75–1.20）	0.83 s / 0.78 s（满场）	达标
空场混响 T60（500 Hz）	同上，空场作第二约束	≤1.20 s	1.14 s	达标
每座容积	报告厅工程经验 4–6 m³/座	5.5–6.0 m³/座	5.96 m³/座	达标
背景噪声	GB/T 50356-2005、NR 评价曲线	NR 25	满场 NR 22 / 空场 NR 24	达标
语言传输指数 STI	IEC 60268-16 调制传递函数法	≥0.50	0.59（等级 C）	达标
声场不均匀度（1 kHz）	GB 50371-2006	≤6 dB	4.7 dB	达标
观众席照度（会议模式）	GB 50034-2013	200 lx	196 lx	达标（−2%）
与相邻教学用房空气声隔声	GB 50118-2010、GB 50099-2011	≥50 dB（Rw+C）	51.6（组合）/ 50.0（现场）	达标（弹性节点）

注：表中 T60 为统计声学计算值，声压级与照度为工程算法计算值，隔声为构件库典型值加节点修正；均非实测。

3.3 反推吸声量：从 1.42 s 到 0.83 s 的四步

把六个面的做法代入 T = 0.161V/A，先得到一个“什么都不做”的基线：满场 500 Hz 混响 1.42 s，总吸声量 175.2 m² sabin，其中观众 119.6、表面仅 50.6、空气 5.0；同一构造的空场是 2.71 s。基线与 0.85 s 的差距，就是需要补的吸声量。

第一步按预设 0.95 s 定标反推：所需 ΣA = 0.161×1 550÷0.95 = 262.7 m² sabin，缺口 87.5 m²。第二步检验“能不能一面墙解决”：若全部用竖条纹吸声造型（穿孔木饰面，α500 = 0.70）贴单侧墙，可用面积 108 m² 最多供给 75.6 m² 吸声量，距 87.5 仍

差 11.9 m²——引擎据此判定“单面不可达”，必须分区。这正是竖条纹造型不能只做在一侧、也不能只靠墙面的原因。

第三步加空场约束。若只补 87.5 m²，空场 ΣA = 175.2 - 119.6 + 87.5 + 36.4 = 179.5 m²，空场混响 1.39 s，超出 1.20 s 上限。把空场上限当作第二个方程反解：要求空场 ΣA≥208 m²，即表面吸声不低于 166.6 m²，对应新增不少于 116 m² sabin。第四步取实施值：表面吸声做到 176.9 m²（新增 126.3，留约 8% 余量），满场 ΣA = 301.4 m²，T60(500) = 0.161×1 550÷301.4 = 0.83 s。

126.3 m² 的新增吸声量按“谁的面积大、谁的做法合适”分摊：吊顶吸声带 55 m² 贡献 43.5（相对基层净增），左右侧墙各 45 m² 竖条纹造型合计贡献 60.3，后墙软包 40 m² 贡献 12.0，后墙角低频腔 30 m² 贡献 10.5。这里有一处刻意的取舍：侧墙吸声只做到 45 m²/侧（覆盖率 42%），没有铺满——竖条纹本身是这套空间的立面语言，覆盖率超过一半，墙面的竖向比例就被打断；欠下的吸声量交给吊顶吸声带与后墙软包，二者在视觉上更“隐形”。



图 1　吸声构造展开图与吸声量构成：逐面做法、面积、中频吸声系数与反推四步　D-04 / 1:1 图面

3.4 空场与满场：0.31 s 的差从哪里来

同一套构造跑两个工况，逐频带结果如下表。满场中频（500/1 000 Hz）0.83/0.78 s，空场 1.14/1.08 s，两者在 500 Hz 相差 0.31 s；基线构造的同口径差值是 1.29 s（2.71 对 1.42）。这个压缩倍数不是靠“多加吸声”堆出来的，而是靠把观众吸声的占比降下来：满场 ΣA 里观众占 39.7%，表面吸声占 58.7%，空场时观众项从 119.6 掉到 36.4，表面那部分不动，总吸声量的相对跌幅因此被摊薄。

表 2　逐频带混响时间与吸声量（设计计算值）

频带 (Hz)	目标 T60 (s)	满场 Sabine	满场 Eyring	空场 Sabine	满场 ΣA (m² sabin)
63	1.50	1.88	1.83	2.46	132.5
125	1.20	1.36	1.30	1.82	184.2
250	1.00	1.01	0.96	1.40	246.4
500	0.85	0.83	0.78	1.14	301.4
1 000	0.85	0.78	0.73	1.08	320.1
2 000	0.80	0.77	0.73	1.08	322.3
4 000	0.75	0.73	0.70	1.01	339.6
8 000	0.72	0.62	0.59	0.81	403.5

注：V = 1 550 m³、S = 926 m²、260 座；数据为统计声学计算结果，非实测。

表里有两处必须交代。一是 63–125 Hz 偏长（满场 1.88 / 1.36 s）：这是轻质吸声构造的固有特征——穿孔板与矿棉板在低频吸声系数只有 0.10–0.20，而观众在 63 Hz 每人仅贡献 0.20 sabin。要把 63 Hz 压到 1.20 s，需再补 132 m² sabin，相当于再贴 130 m² 低频吸声腔，与可用墙面和造价都不匹配；语言用途的主控频带是 250–4 000 Hz，低频按“不追平、只压降”处理，30 m² 膜式低频腔把空场 63 Hz 从 3.1 s 量级压到 2.46 s。二是 Sabine 与 Eyring 在中频相差 6%（0.83 对 0.78 s），吸声系数越高的频带差得越多（8 kHz 差 5%），按偏保守的 Sabine 取值；平均吸声系数峰值 0.19，尚未越过 0.20 的 Eyring 建议线，两式并行只作交叉校核。

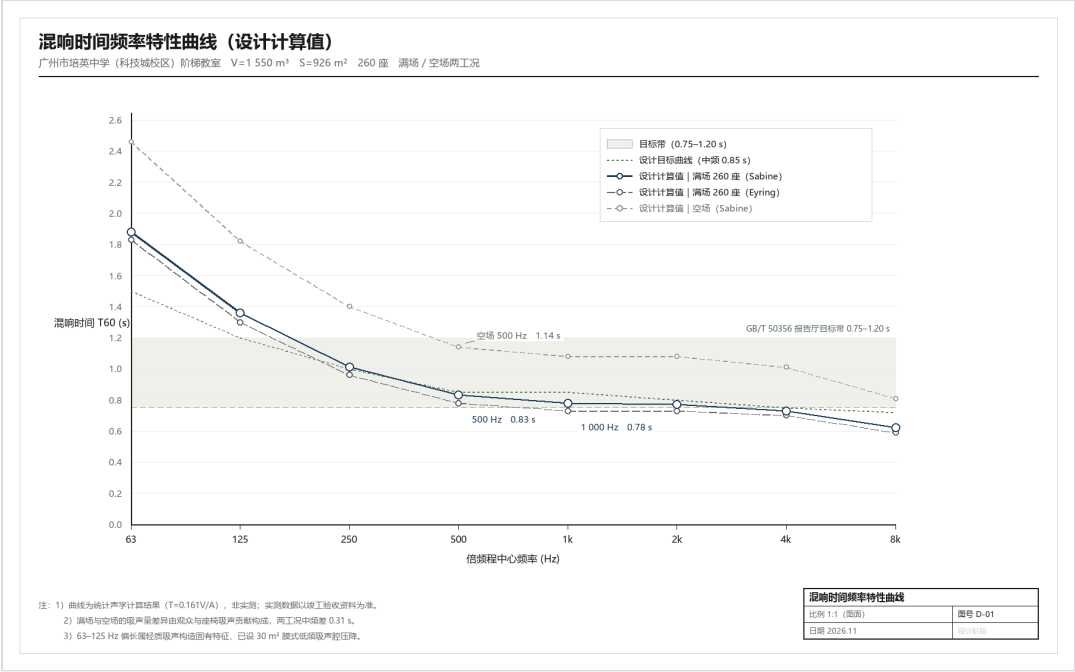

图 2　混响时间频率特性：设计计算值与 GB/T 50356 目标带对照　　D-01 / 1:1 图面

3.5 视线、座位排布与主屏几何

260 座按 12 排×900 mm 排距布置，首排眼位距台口线 3 500 mm，末排 13 400 mm，每排 19–24 座（共 260 座）、座距 570 mm、末排净宽 13 680 mm，两侧各留 660 mm 边通道。排距取下限 900 mm 是因为进深只有 18 m：排距每加 100 mm，12 排就多吃 1.1 m，后区疏散与横走道就没有余量了。

视线计算的第一件事不是算升起，而是定视点。台口线、大幕线、台唇线三根基准线里只能用台口线（台唇线在台口线靠观众一侧 1.5–8 m，会把全部俯角算小）；视点高度则有两种口径——演出常用的“台面标高”，与报告厅常用的“台面以上 1.0–1.1 m（讲话者面部高度）”。本厅取后者，即 +1 600 mm，理由是这里的日常活动是讲话、讲课与看屏，观众注视目标是人的上半身和屏体下半部，不是舞台地板。这个选择不是 aesthetics，而是算得出来的：若按台面（+600）取视点，每排所需升起升到 292–435 mm，末排地面被推到 4.23 m，与 6.0 m 平均净高冲突；按 +1 600 取视点，逐排升起降到 120–320 mm，末排地面 2.60 m，末排站立净空仍有 3.4 m。

升起按“后排视线擦过前排头顶（留 120 mm 眼至头顶）”逐级递推，并把每级升起向上取整到 10 mm，取整只会抬高不会降低，C 值因此构造性保持为正。逐排地面标高为 0 / 120 / 270 / 450 / 650 / 880 / 1 120 / 1 390 / 1 670 / 1 970 / 2 280 / 2 600 mm，实际 C 值 52–68 mm，最低出现在第 7 排（52 mm），全部满足 C≥50 mm 的校核口径；俯角从首排的 −7.3°（略仰视）渐变到末排 +9.1°，始终在 ±30° 的舒适区内。

同一套台阶还要做反向校核：若改按台面（+600）取视点复核贴地动作，第 2–12 排全部出现遮挡，C 值为 −137 至 −12 mm；把视点内移 1.0 m（对应演员主要表演区在台口线以内 1 m）后，遮挡量收敛到 −112 至 +3 mm，第 10 排以后不再遮挡。这条结论要写进交底：本厅台阶是按讲学工况定标的，演出时段贴地动作在前区存在遮挡，处理办法是把前区两排作为机动席、并把画面主体内容控制在屏体中下部，而不是把整套台阶再抬高 1.6 m。

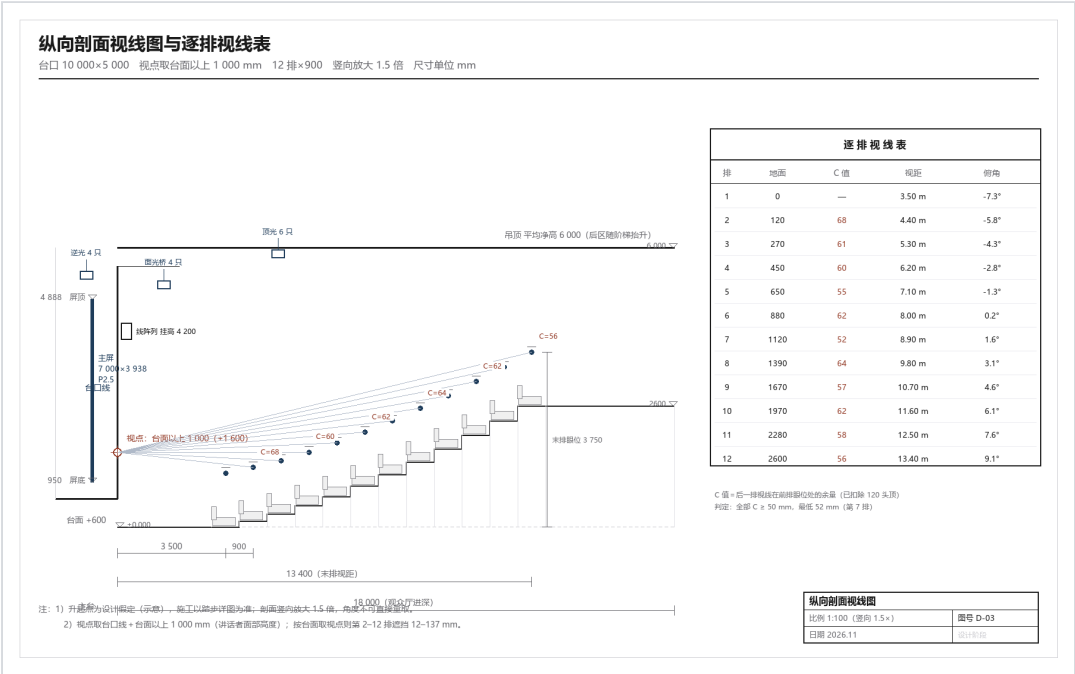

图 3　纵向剖面视线图：视点、逐排升起、C 值标注与逐排视线表　　D-03 / 1:100（竖向 2.1×）

屏体尺寸用两头夹的办法定。一头从视距反算：末排距屏 14.20 m，要求末排看屏的垂直张角不小于 12°，得屏高 2 985 mm、16:9 时屏宽 5 307 mm——这是“看得清”的下限。另一头从台口比例反算：屏宽宜取台口宽的 0.75–1.00，即 7.5–10.0 m——这是“压得住台口”的下限。两个下限差了一倍多，取舍点落在中间：取 7 000×3 938 mm（16:9），屏宽 / 台口宽 0.70，略低于建议带。

为什么不再往大做？因为屏高会同步上涨。屏宽做到 7.5 m（比例 0.75）时，16:9 屏高 4 219 mm，屏底 950 mm 时屏顶到 5 519 mm，首排看屏顶的仰角从 41.0° 升到 45.4°——本来就已经超限的仰角更救不回来。为什么不再往小做？因为末排屏高张角会掉到 12° 附近，后排看字幕与图表开始吃力，且 5.3 m 宽的屏在 10 m 台口里显得单薄。7.0 m 是这两条约束的交点。

首排仰角是这套屏体方案唯一“不满足”的项：屏顶标高 4 888 mm，首排眼位 1 150 mm、距屏 4.30 m，仰角 41.0°，超过 30° 的舒适区。三级修法按顺序试过：屏底从台面以上 700 降到 350（仰角 43.6°→41.0°，收益 2.6°）、屏高压缩（与台口比例冲突）、首排后移（每后移 1 m 只换回 3° 左右，且座位数掉得快）。最终按“第 3 排起

达标”处理：第 2 排 36.1°、第 3 排 27.1°，前两排定为主席台与机动席，并把画面主体内容限制在屏体中下部 70% 区域，实际仰角落在 28° 以内。这条结论连同标高一并进施工图，避免竣工后才发现首排要仰头。

副屏为什么是窄长条，是几何决定的：台口净宽 10 000 mm 减去主屏 7 000 mm，两侧各余 1 500 mm；宽度被主屏占满后，副屏只能在竖向延伸，做成 1 500×3 400 mm（约 1:2.27）的竖条，用于会标竖排文字、计时与提示信息，恰好也是既有三屏格局的接口条件。像素间距选 P2.5，最小清晰距离 2.5 m，小于首排距屏 4.30 m，任何一排都不会看到像素颗粒；末排屏高张角 15.8°，高于 12° 的可用下限。

表 3　视线与屏体关键指标校核表

校核项	设计计算值	判据	结论
首排水平视角	110.0°	≤120°（JGJ 57-2016）	通过
末排水平视角	40.9°	≥30°	通过
末排视距	13.40 m（边座 15.12 m）	≤33 m	通过
逐排 C 值	52–68 mm	≥50 mm（报告厅口径）	通过
逐排升起	120–320 mm/级	≥120 mm 眼至头顶	通过
末排俯角	9.1°	≤30°	通过
首排看屏顶仰角	41.0°	≤30°	第 3 排起达标
末排屏高张角	15.8°	≥12°	通过
屏宽 / 台口宽	0.70	0.75–1.00	偏紧（取舍值）

注：判据为 JGJ 57-2016 与报告厅工程口径；30° 仰角为舒适注视区上限，非强制条文。

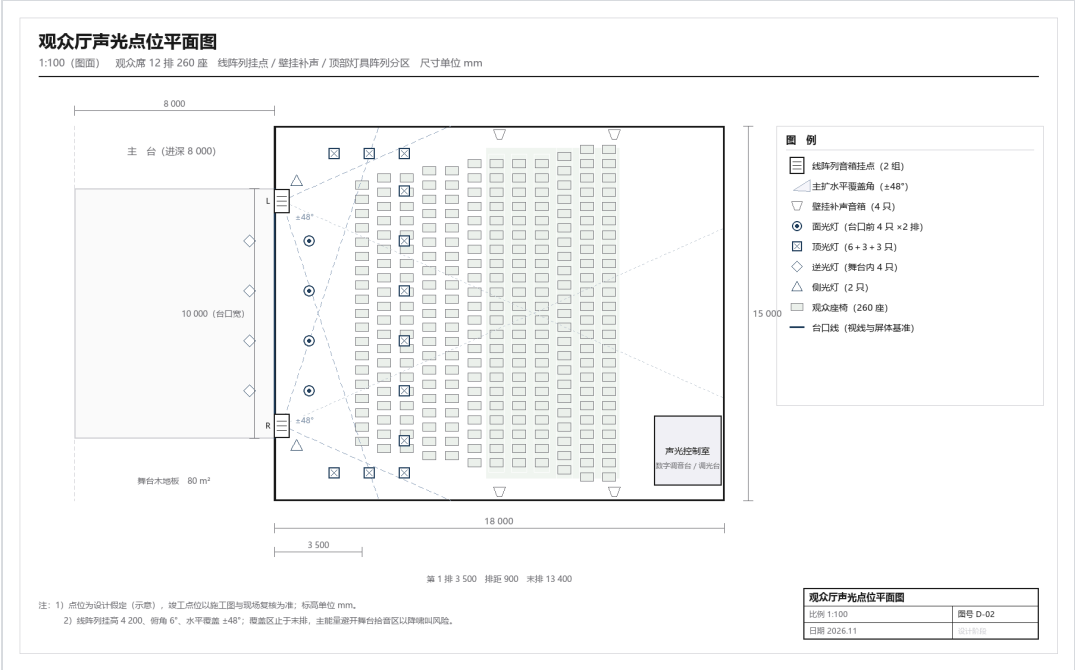

图 4　观众厅声光点位平面图：座位分区、线阵列挂点与覆盖角、壁挂补声与顶部灯具阵列　D-02 / 1:100

3.6 扩声覆盖：把“前排不炸、后排不虚”算成一条曲线

主扩用两组线阵列，挂高 4 200 mm、俯角 6°、水平覆盖 ±48°，挂点退到台口线以内 300 mm，使主能量落在观众席而不是舞台拾音区。覆盖计算取 1 kHz，逐排轴线距离从首排 4.42 m 到末排 13.11 m（已计入末排升起 2 600 mm 对高差的抵消）。两种模型对照：按自由场点声源 −6 dB/倍距，首排 102.0 dB 到末排 92.6 dB，落差 9.4 dB，超出 6 dB 的允许不均匀度；按线阵列近场柱面衰减 −3 dB/倍距，末排 97.3 dB，落差 4.7 dB，进入允许带。

这 4.7 dB 不是音箱参数给的，是“垂直指向性控制”换来的：线阵列把声能压在观众席所在的垂直窄带里，远处的衰减率从球面扩散的 6 dB 降到约 3 dB，代价是覆盖带以外的区域（吊顶、侧墙上部）声压级更低——这恰好也降低了这些界面的反射激发与混响激发。俯角不能一味下压：继续压到 10° 以上，前区 3–5 排会进入阵列的强覆盖瓣，声压级反而高出后区，同时前区入射角变陡，地板反射与话筒拾音区的耦合增强，啸叫风险上升。6° 是本厅“前区不过压、后区不欠压”的折中。

声压级预算按单侧 4 只、每只 100 W 计：灵敏度 100 dB/W/m，400 W 对应 126 dB@1 m，两侧叠加 +3 dB 得 129 dB；首排 4.42 m 几何衰减 −12.9 dB，首排最大能力 116 dB，设计工作点 102 dB，留 14 dB 峰值与反馈余量。这个余量不是浪费：校园活动常见童声合唱、现场乐器与无线话筒同时开，峰值因子远高于稳态语言，余量不足时只能靠压限器硬压，音色会先塌。

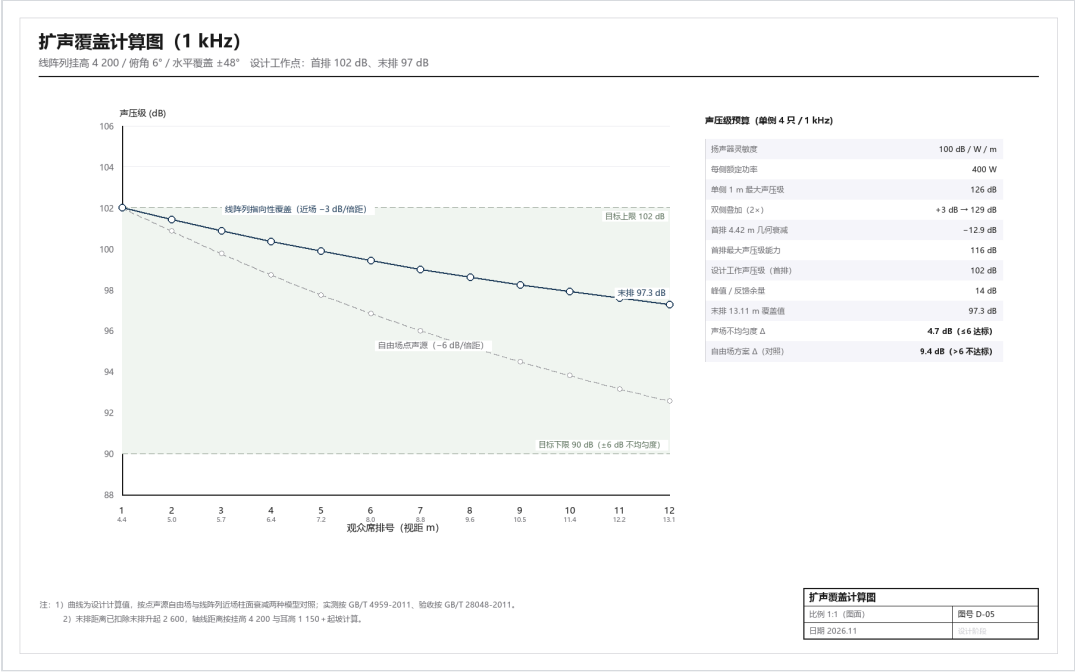

图 5　扩声覆盖计算图：自由场与线阵列指向性覆盖的声压级落差对照及预算表　D-05 / 1:1 图面

3.7 灯光照度：双模式不是两套灯，是两套算法

会议模式与演出模式的差别，表面看是“亮与暗”，实质是两套评价对象：会议模式考核观众席水平照度（0.75 m 高，看笔记与课件）、讲台垂直照度（1.2 m 高，看人脸）、均匀度与眩光；演出模式考核表演区垂直照度（把人物从背景里托出来）、色温可调范围与显色指数。同一批灯具通过配光、角度与调光曲线承担两套目标，而不是各买一套。

计算用流明法 E = Φ·N·CU·MF/A，参数全部写进图里以便复核。会议模式：观众席 24 只 LED 帕灯（5 000 lm）/ CU 0.55 / MF 0.80，除 270 m² 得 196 lx（目标 200）；讲台 12 只 LED 面光（6 000 lm）/ CU 0.36 得 518 lx（目标 500）；舞台 12 只顶光（4 000 lm）/ CU 0.50 得 240 lx（目标 250）。演出模式：观众席降到 8 只帕灯、65 lx；表演区 12 面光 + 8 侧光、CU 0.38，32 m² 上得 912 lx（目标 800–1 000）；天幕 8 只逆光得 108 lx 作背景辉光。

有一处常见做法被刻意否掉：会议模式不靠“把灯调暗”来凑照度。调光只做场景过渡，照度由灯具数量与配光决定——低亮调光会同时带来色温漂移（LED 在 10% 以下输出时色偏明显）、频闪深度上升与显色指数下降，摄像机拍出来人脸发青、屏幕拍摄出现扫描条纹。所以会议模式的 4 000 K、Ra≥90 是“满功率下的单色温”，演出模式的 3 200–5 600 K 才是“调光下的可调色温”，两套口径分开写进验收表。灯具合计 64 台、11.56 kW，调光走 DMX512、0–100% 16 bit，回路按 12 路×16 A 配置并预留 20% 余量。

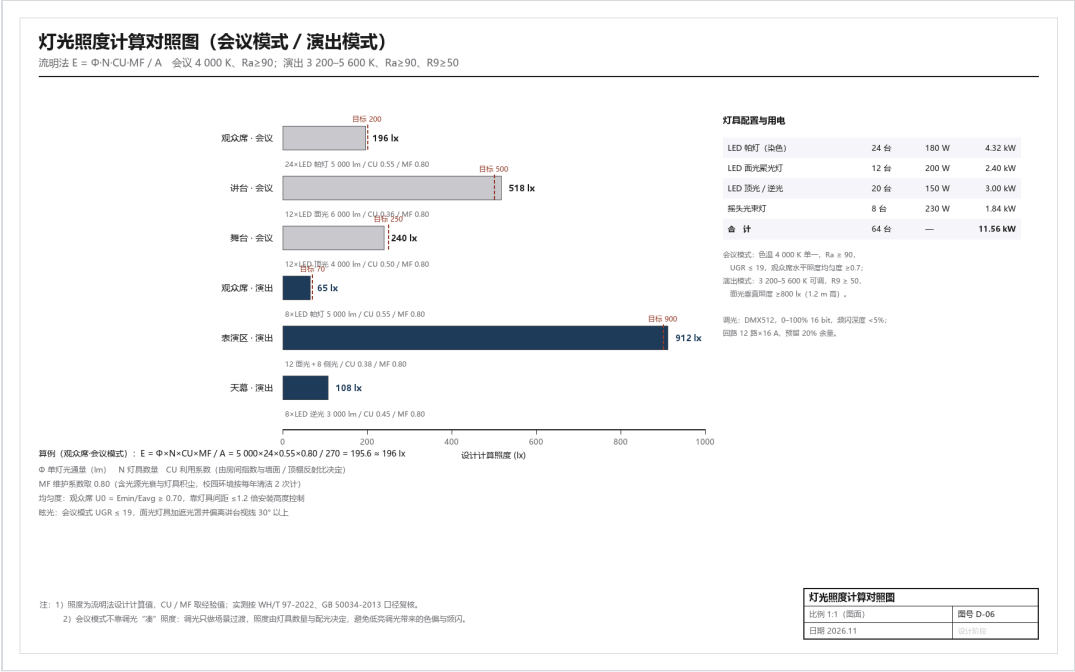

图 6　灯光照度计算对照图：会议模式与演出模式的区域照度、目标线与灯具配置　D-06 / 1:1 图面

3.8 隔声：把“不被细节击穿”算成数字

校园厅堂的隔声问题很少出在墙上，多半出在门、窗、套管和节点上。本厅与相邻普通教室的分隔墙按 240 砖墙双面粉刷（面密度 512 kg/m²，总厚 280 mm），实验室计权隔声量 Rw 56 dB、Rw+C 55.2、Rw+Ctr 53.4；后墙 1 樘 1.5×2.1 m 钢质隔声门（Rw 41）占墙面积 3.15/90 = 3.5%，却贡献了 69.5% 的透射能量，把整墙表观隔声量从 56 拉到 Rw,app 53（+C 51.6、+Ctr 49.3）。这就是“弱构件控制整墙”的量化版本：只提高墙体等级而不处理门，整体不会有改善。

现场值还要再打折。刚性连接节点按侧向传声扣 5 dB，现场 R'w 只有 48.0 dB，低于 50 dB 的目标；把节点改为弹性减振垫（扣 3 dB）后 R'w = 50.0 dB 达标，DnT,w 57.6 dB；若做浮筑断开可到 52.5 dB。楼板一侧：120 现浇板裸板 Ln,w 77.9 dB，做 30 mm 弹性垫层 + 50 mm 细石混凝土浮筑面层后 ΔLw 29.9 dB，设计 Ln,w = 48.0 dB，低于 60 dB 的目标。

最容易忽视的是穿墙套管。按面积加权透射率估算：90 m² 组合墙（含门）的 τS 合计 4.68×10^{-4}，对应 Rw,app 52.8 dB；若有一个 φ100 套管未封堵（面积 0.00785 m²、τ≈1），τS 增加到 8.32×10^{-3}，整墙表观隔声量跌到 40.3 dB——一个拳头大的洞，抵掉 12.7 dB，等于把 240 砖墙做成了 100 加气块墙。所以本项目把“套管填岩棉 + 密封胶、线缆间隙封堵、桥架穿墙处做弹性密封”单列为隐蔽验收项，与吊挂点位复核同批检查；隔声门内侧另做 1.2 m 声闸，两道门不同时开启。

表 4　隔声构造比选：同一目标下的五种做法

构造做法	主体 Rw (dB)	组合 Rw,app (dB)	现场 R'w (dB)	结论
240 砖墙＋钢质隔声门（刚性节点）	56	53	48.0	不达标（−2.0）
240 砖墙＋钢质隔声门＋弹性减振垫	56	53	50.0	达标（采用）
双层龙骨石膏板＋钢质隔声门	52	50	45.0	不达标
200 混凝土墙＋钢质隔声门	59	54	49.0	不达标
240 砖墙＋实木复合门	56	44	39.0	不达标

注：目标为与相邻教学用房空气声隔声 ≥50 dB（Rw+C）；现场值按节点 K 系数估算，非实测。

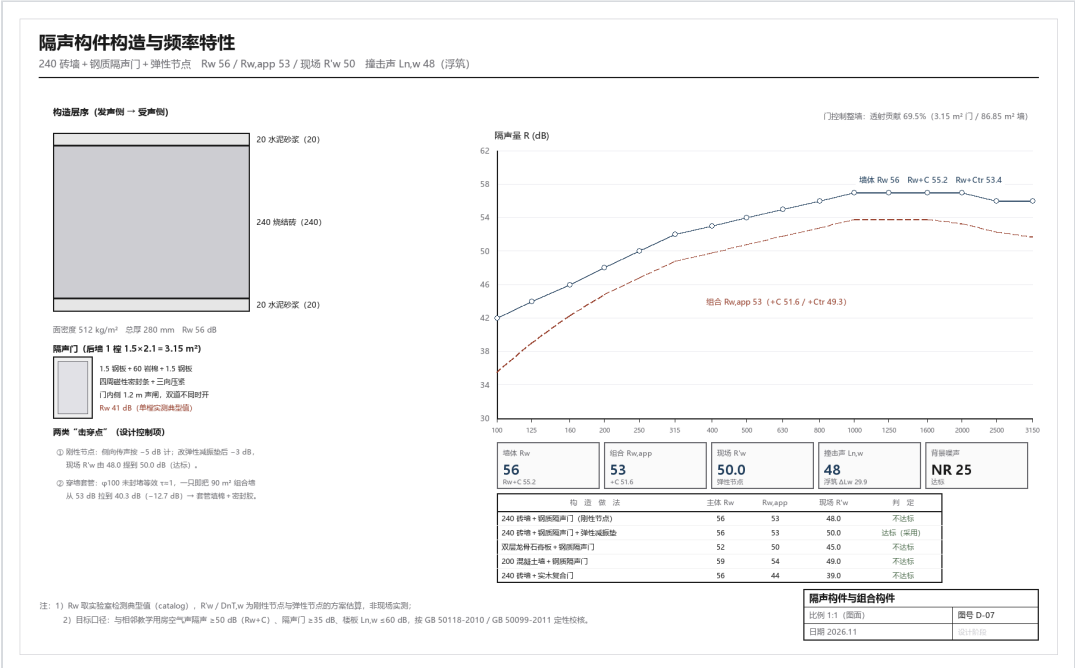

图 7　隔声构件构造与频率特性：层序、Rw 曲线、组合构件与构造比选　　D-07 / 1:1 图面

3.9 这条链子的末端：哪些数字要进施工图

把这章的数字按“谁在下游用”归一次类，交接就清楚了。几何与构造类（926 m² 展开面积、逐面做法与吸声系数、台阶逐排标高）进建筑与装修深化图，作为材料下单与踏步放线的依据；点位类（线阵列挂点标高 4 200 与俯角 6°、灯具分区与吊挂点、控制室位置）进声光点位图，与吊顶龙骨、桥架、检修口同批对齐；界面类（屏底 950、屏顶 4 888、台口线、套管封堵做法）进接口清单，在装修封板前完成隐蔽验收。

更值得记住的是这条链的传导关系：每座容积 5.96 m³ 决定吸声预算的量级，空场上限 1.20 s 反过来把中频定标从 0.95 s 压到 0.85 s，定标值再决定 126.3 m² 的新增吸声量和四面分摊；视点取台面以上 1.0 m 决定了逐排升起 120–320 mm 与末排 2.60 m，进而决定末排视距 13.4 m，再决定屏高下限 2 985 mm 与首排仰角 41.0°；屏体与台口的比例又反过来限定了副屏只能是 1 500 mm 宽的竖条。任何一环单独改，下游都会失配——这也正是设计阶段必须先算、后画、再交底的原因。

编制：广州赛佳声学灯光工程有限公司 | 地址：广州市白云区黄园路 135 号（3 栋）615 房 | Email：saijia.avl@gmail.com | WhatsApp：+1 3142036465

附：本计算书全部计算过程与图纸可由随附文件复核——房间声学引擎输出（房间声学设计说明书.docx、工程物料清单.xlsx、混响曲线 / NR 曲线 / 平面布置图 SVG）、视线与 LED 屏校核报告（逐排视线表 CSV）、隔声设计与声学校核报告（result.json 与 HTML）。图纸原图见 figs 目录 D1–D7（PNG，1800×1125）。