

（施工图设计阶段）

岳阳市教育事务中心
岳阳市第十四中学实验楼拆除重建项目
绿色建筑设计专篇
设计预评价

建设单位：岳阳市教育事务中心

设计单位：岳阳市规划勘测设计院有限公司

2026 年 04 月

绿色建筑施工图审查配套文件清单

序号	文件名称
一	项目概况
二	设计依据
三	设计目标
四	技术体系及方案
五	绿色建筑配套证明材料
附件 1	环境噪声模拟分析报告
附件 2	建筑采光模拟分析报告
附件 3	结露验算计算书
附件 4	隔热计算书
附件 5	室内声环境分析报告
附件 6	纯装饰性构件比例计算书
附件 7	不规则形体判定报告
附件 8	高强度钢使用比例计算报告
附件 9	可再利用和可再循环材料使用比例计算书
附件10	绿色建筑材料的应用比例计算书
附件11	照明计算书
附件12	水资源利用报告
附件13	公交站点分析报告

附件14	室内主要空气污染物浓度降低比例计算书
------	--------------------

一、项目简介

工程名称：岳阳市教育事务中心 岳阳市第十四中学实验楼拆除重建项目

建设地点：湖南省岳阳市

建设规模：项目占地面积 97754.85m²，总建筑面积 21468.83 m²，新建建筑信息如下表。

单体建筑信息一览表

建筑名称	性质	建筑面积	建筑层数	建筑高度	耐火等级	结构
1#配电房	多层 公建	132.84	地上 1 层	4.10	二级	框架
2#楼学生宿舍、学生食堂	多层 公建	6570.20	地上 6 层地 下一层	23.65	二级	框架
3#实验楼	多层 公建	9531.93	地上 5 层	20.55	二级	框架
4#教学楼	多层 公建	5233.86	地上 5 层	20.30	二级	框架

二、设计依据

- 《湖南省绿色建筑发展条例》（湖南人大 2021 第 77 号）；
- 《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378-2019(2024 年版)）；
- 《绿色建筑评价技术细则》（2019）；
- 《湖南省绿色建筑工程设计要点》；
- 《民用建筑热工设计规范》（GB50176-2016）；
- 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB55015-2021）；
- 《建筑采光设计标准》（GB50033-2013）；
- 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- 《民用建筑隔声设计规范》（GB50118-2010）；
- 《民用建筑节水设计标准》（GB50555-2010）；

《建筑照明设计标准》(GB/T50034-2024);
《无障碍设计规范》GB50763-2012;
《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》(GB/T7106-2019);
《湖南省住房和城乡建设厅关于加强我省民用建筑节能与绿色建筑相关管理工作的通知》(湘建科〔2019〕244号);
其它国家、地方相关规范标准等;
本工程其他专业提供的设计资料。

三、设计目标

按《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019(2024年版)规定的**绿色建筑“一星级”**要求,同时要求满足《湖南省绿色建筑工程设计要点》的设计要求。

四、技术体系及方案

本项目绿色设计原则贯穿于设计各阶段,涵盖规划、建筑、结构、给排水、电气及暖通空调等各专业,综合考虑建筑全寿命周期的技术与经济特性,采用有利于促进建筑与环境可持续发展的建筑技术、设备和材料,具体措施如下:

(一) 建筑设计

1.场地安全

项目选用场地范围内无洪涝、滑坡、泥石流等自然灾害的威胁,无危险化学品、易燃易爆危险源的威胁,无电磁辐射、含氡土壤等危害,场地的电磁辐射应符合现行国家标准《电磁环境控制限值》GB 8702的有关规定。

2.环境保护

项目场地内污染源要求合理规划和处理,无超标排放污染源。

3.建筑结构安全、耐久

结构设计满足承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算的要求,建筑外墙、屋面、门窗、幕墙及外保温等围护结构应满足安全、耐久和防护要求,与建筑主体结构连接可靠,且能适合主体结构在多遇地震及各种荷载作用下的变形。

4.建筑内部的非结构构件、设备及附属设施等连接牢固

建筑内部非结构构件、设备及附属设施等满足建筑使用的安全性,建筑部品、非结

构构件及附属设备等采用机械固定、焊接、预埋等牢固性构件连接方式或一体化建造方式与建筑主体结构可靠连接。

5.外门窗抗风压性能和水密性能

建筑外门窗必须安装牢固，其抗风压性能和水密性能应符合国家现行有关标准的规定。

6.防水防潮设计

卫生间地面应设置防水层，墙面、顶棚应设置防潮层。

7.紧急疏散、应急救援

走廊、疏散通道等通行空间应满足紧急疏散、应急救援等要求，且应保持畅通。

8.安全防护的警示和引导标识系统

在场地及建筑公共场所和其他有必要提醒人们注意安全的场所显著位置上设置具有警示和引导功能的安全标志。

9.控制室内主要空气污染物的浓度

项目氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡等污染物浓度低于现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T18883-2002 规定限值。

10.室外吸烟区布局合理

室外吸烟区与绿植结合布置，并合理配置座椅和带烟头收集的垃圾筒，从建筑主出入口至室外吸烟区的导向标识完整、定位标识醒目，吸烟区设置吸烟有害健康的警示标识。

11.室内噪声控制

项目建筑平面、空间布局合理，主要功能房间的室内噪声级满足《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010 中低限标准限值和高要求标准限值的平均值要求。

22.构件隔声性能

项目主要功能房间的外墙、隔墙、楼板和门窗的隔声性能应满足现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010 中低限标准限值和高要求标准限值的平均值。

楼板的撞击声隔声性能需要达到低限标准限值和高要求标准限值的平均值。

23.结露验算

项目在室内设计温度、湿度条件下，建筑围护结构内表面不得结露。

24.隔热验算

项目屋顶和东、西外墙隔热性能应满足现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 的要求。

25.场地无障碍设计

项目室外场地道路广场平整、防滑，满足无障碍设计要求，并与城市道路无障碍设施相连接。场地内人行通道采用无障碍设计，场地内无障碍设施完善，满足《无障碍设计规范》GB 50763-2012 的相关要求。

26.交通便利

场地人行出入口 500m 内应设有公共交通站点。

27.合理设置电动汽车和无障碍汽车停车位

项目按照不低于车位数量 30%的比例配建充电设施或预留建设安装条件，基地内总停车数在 100 辆以下时应设置不少于 1 个无障碍机动车停车位，100 辆以上时应设置不少于总停车数 1%的无障碍机动车停车位。

28.合理设置停车场所

自行车停车场所应位置合理、方便出入，且设置遮阳防雨措施。

29.围护结构热工性能

单体围护结构热工性能满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB55015-2021）的规定要求。

30.设置便于识别和使用的标识系统

项目标识系统应当执行现行国家标准《公共建筑标识系统技术规范》GB/T 51223，在场地内显著位置上设置便于识别和使用的标识系统。

31.生活垃圾分类收集

项目应根据垃圾产生量和种类合理规划和设置垃圾分类收集设施，其中有害垃圾必须单独收集、单独清运。垃圾收集设施规格和位置应符合国家有关标准的规定，其数量、外观色彩及标志应符合垃圾分类收集的要求，并置于隐蔽、避风处，与周围景观相协调。

32.低影响开发设施

项目合理设置下凹式绿地、雨水花园等有调蓄雨水功能的绿地和水体；项目合理衔接和引导屋面雨水、道路雨水进入地面生态设施，并采取相应的径流污染控制措施。

33.乡土植物及复层绿化

项目场地景观植物采用本土植物比例不小于 70%，采用乔、灌、草结合的复层绿化，

种植区域覆土深度和排水能力满足植物生长需求，并不低于 1.2m。

（二）结构设计

1.建筑形体

项目建筑形体未选用《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 中规定的特别不规则和严重不规则形体。

2. 装饰性构件控制

项目建筑造型简约，避免装饰性构件的应用，控制建筑装饰性构件造价不超过建筑造价的 1%。

3.建筑材料

项目不采用国家、湖南省和禁止或限制使用的建筑材料及制品。优先选用新型墙体材料，并且选用本地生产的建筑材料，施工现场 500km 以内生产的建筑材料重量占建筑材料总重量的比例不小于 60%。

4.预拌混凝土

项目现浇混凝土全部采用预拌混凝土。

5.预拌砂浆

项目建筑砂浆全部采用预拌砂浆。

6.高强度钢利用

项目梁、柱纵向受力钢筋均采用强度不低于 400MPa 级的热轧带肋钢筋。400MPa 级及以上高强度钢占全部受力钢筋总量的比例达 85%以上。

7.可再循环与可再利用材料

项目在保证安全的情况下，合理选用可再利用和可再循环材料，其质量之和占建筑材料总重量的比例达到 10%以上。

（三）给排水设计

1.给排水系统设计

项目给排水系统设置合理、完善、安全：给排水系统设计符合现行规范要求；充分利用市政余压供水，合理设计供水压力，避免水压持续高压或压力骤变；实施雨污分流、减少污水受污染几率，合理利用雨水资源。

2.避免管网漏损

项目采取有效措施避免管网漏损：给水系统中使用的管材、管件质量应满足相关行业标准的要求；给水系统应选用高性能阀门、零泄漏阀门等；检修阀门的位置和数量应有利于降低检修时的泄水量；对室外埋地管道应采取保护措施，提出室外管道基础处理方案，控制管道埋深，并对埋深不够的管道提出保护措施；设置水箱、水池溢流报警和进水阀门自动联动关闭装置；安装防水锤的装置；使用成品水箱 使用符合国家现行有关标准要求的成品水箱。

3.用水计量

项目设置用水量远传计量系统，按使用用途，对室外绿化、地面冲洗等用水分别设置用水计量装置，统计用水量。并且按付费单元，每户分别设置用水计量装置，统计用水量。

设计阶段根据水平衡测试的要求安装分级计量水表，给水系统应设置全覆盖分级计量水表，下级水表的设置应覆盖上一级水表的所有出流量，不出现无计量支路。

4.节水器具

项目采用节水器具，用水效率等级达到 3 级。

5.供水压力控制

建筑用水点供水压力不大于 0.20MPa，且不小于用水器具要求的最低工作压力。如用水点压力大于 0.20MPa，需增加减压限流措施降低其压力。

6.节水灌溉

项目绿色植物尽量选择耐干旱植物，同时绿化灌溉采用节水灌溉系统（喷灌、微喷灌等）。

（四）电气专业

1.建筑设备管理系统

本项目建筑设置简易的节能控制措施，如对风机水泵的变频控制、不联网的就地控制器、简单的单回路反馈控制等。

2.建筑信息网络系统

项目设置建筑信息网络系统，且符合现行国家标准《智能建筑设计标准》GB 50314-2015 要求。

3.照明设计参数

项目建筑照明数量和质量符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T50034-2024

的相关规定。项目对于室内全部区域场所照明功率密度值不高于《建筑照明设计标准》GB/T50034-2024 规定的目标值要求，且室内全部区域场所照明功率密度值不应大于《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021 的规范限值要求。

4.照明节能控制

灯具选用 LED 灯、T5 节能灯及高效电子镇流器，走廊、楼梯间、门厅、大堂、大空间等场所的照明系统采取分区、定时、感应等节能控制措施。

5.电梯节能

合理选用电梯，并采取电梯群控、变频等节能控制措施。

（五）暖通空调专业

1.空调机组节能

本项目主要考虑采用的是多联空调，部分考虑采用分体空调，要求能效等级满足现行有关国家标准规定的 2 级要求。

2.空调机组位置

对于采用分体的建筑，统一设置室内外机位置，分体空调的内外机连接管长度要求小于 5 m。

3.风机、水泵节能

项目空调水泵、风机等设备的能源效率等级满足国家相关标准规定的节能评价要求。

4.室内气流组织

通风设计避免卫生间等区域的空气和污染物串通到其他空间或室外活动场所。

五、绿色建筑配套证明材料（详见附件）

室外噪声模拟分析报告

1.项目概况

本项目参与计算的噪声敏感参评建筑物如下表所示：

表 1 参评建筑信息表

名称	建筑高度(米)	底标高(米)
1#	4.20	0.00
2#	23.65	0.00
3#	20.55	0.00
4#	20.30	0.00

2.评价标准

2.1 评价依据

- 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年版）
- 《绿色建筑评价技术细则》2019
- 《声环境质量标准》GB 3096-2008
- 《环境影响评价技术导则 声环境》HJ2.4-2021
- 《声环境功能区划分技术规范》GB/T 15190-2014
- 《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ/T 449-2018

2.2 标准要求

- 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年版）中规定：
 - 5.1.4 场地规划布局 and 建筑平面设计时应合理规划噪声源区域和噪声敏感区域，并进行识别和标注；
 - 8.2.6 场地内的环境噪声优于现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096 的要求，评价总分为 10 分，并按下列规则评分：
 - 环境噪声值大于 2 类声环境功能区噪声等效声级限值，且小于等于 3 类声环境功能区噪声等效声级限值，得 5 分。

2. 环境噪声值小于等于 2 类声环境功能区噪声等效声级限值，得 10 分。

■ 《声环境质量标准》GB 3096 中规定了五类声环境功能区的环境噪声限值，如下表所示。

表 2.2-1 环境噪声限值 单位：dB(A)

声环境 功能区类别		时段		适用范围
		昼间	夜间	
0 类		50	40	指康复疗养区等特别需要安静的区域
1 类		55	45	指以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能，需要保持安静的区域。
2 类		60	50	指以商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂，需要维护住宅安静的区域。
3 类		65	55	指以工业生产、仓储物流为主要功能，需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域。
4 类	4a 类	70	55	适用于高速公路、一级公路、二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通、内河航道两侧一定距离之内，需要防止交通噪声对周围环境产生严重影响的区域。
	4b 类	70	60	适用于铁路干线两侧一定距离之内，需要防止交通噪声对周围环境产生严重影响的区域。

注：

1. 根据《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，“昼间”是指 6:00 至 22:00 之间的时段；“夜间”是指 22: 00 至次日 6:00 之间的时段。
2. 表中 4b 类声环境功能区环境噪声限值，适用于 2011 年 1 月 1 日起环境影响评价文件通过审批的新建铁路（含新开廊道的增建铁路）干线建设项目两侧区域。

3.模拟方法

3.1 模拟软件

本报告采用建筑声环境分析软件 SEDU 进行模拟计算分析。SEDU 是一款可用于噪声计算、评估和预测的软件，计算原理源于国际标准化组织规定的《户外声传播的衰减的计算方法》ISO 9613-2: 1996、国内公布的《声学户外声传播的衰减第 2 部分：一般计算方法》GB/T 17247.2-1998 和《环境影响评价技术导则》HJ2.4-2021、《公路建设项目环境影响评价规范》JTG B03-2006。软件计算严格按照国家相关标准要求编制，室内外可接力计算，室外计算结果可作为噪声边界条件接力进行后续建筑室内隔声性能的计算。

考虑到本项目建成后周边噪声环境情况的复杂性，本报告需要使用软件分别模拟计算昼间和夜间噪声值，包括项目场地的平面噪声分布、噪声敏感建筑的沿建筑物底轮廓线 1.5 米高度处和噪声敏感建筑立面噪声分布，并依据《声环境功能区划分技术规范》GB/T 15190，判断场地内环境噪声

模拟结果是否满足《声环境质量标准》GB 3096 和《绿色建筑评价标准》GB 50378 的相关规定。

3.2 分析模型

本报告根据建筑设计图纸等相关资料建立室外声环境模拟分析模型，主要包括参评目标建筑、周边建筑、声屏障、道路（包括轨道交通）和绿化带等对象。

本项目噪声分析模型如下图所示：



图 3.2-1 模型平面图

场地规划布局 and 建筑平面设计时应合理规划噪声源区域和噪声敏感区域，并进行识别和标注。噪声源（如交通干线、换热站等）、噪声敏感建筑物（如住宅楼、病房楼、客房楼等）、噪声不敏感建筑物（如食堂、商业建筑）、降噪措施（如绿化带、隔声屏障）；应在建筑总平面图中用不同颜色色块进行声学分区标注，噪声源用红色色块标注、噪声不敏感建筑物用黄色色块标注、降噪措施用

蓝色色块标注、噪声敏感建筑物用绿色色块标注。

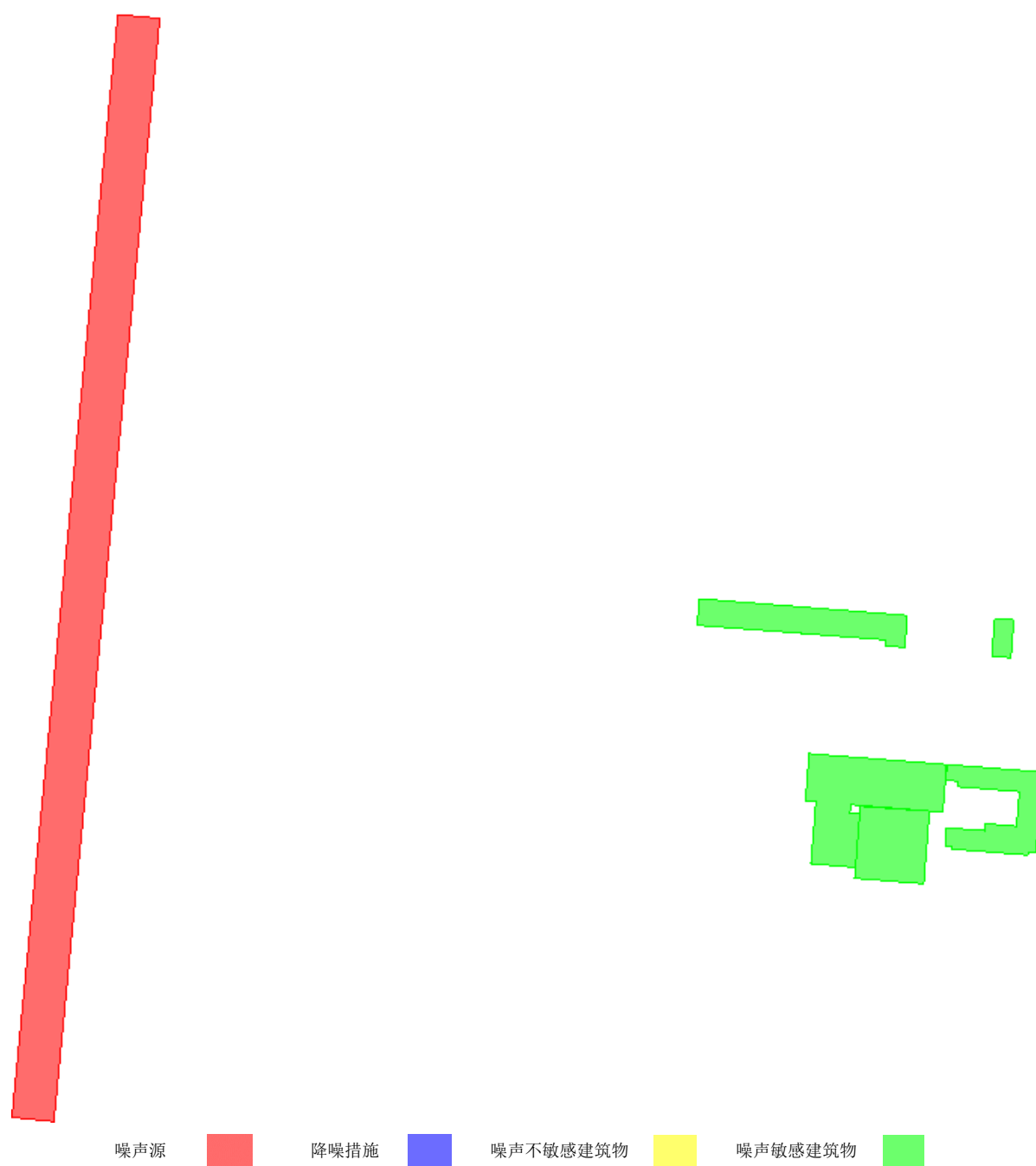


图 3.2-2 室外声区标注图

3.3 计算条件

■ 网格设置

平面网格间距：20×20 米

平面网格离地高度：1.5 米

立面网格间距：3×3 米

■ 地面效应

地面高度：0 米

计算考虑地面效应
地面效应计算方法：导则算法

■ 噪声反射
障碍物考虑的最大反射次数：1

■ 空气吸收
气压：101325Pa 气温：16℃ 湿度：50%

■ 达标统计
建筑物噪声最大值统计方式
 取距离建筑物底标高 1.5 米沿线点
场地环境噪声达标统计方式
 场地内命名参评建筑物全部达标

3.4 参数设置

建筑室外场地噪声目前主要的噪声源为交通噪声，根据项目实际情况还可能考虑周边环境中工业噪声源等。本项目参与计算的噪声源如下表所示，需要指出，噪声源表中的车速、车流量等数据由客户按照项目实际情况设定。

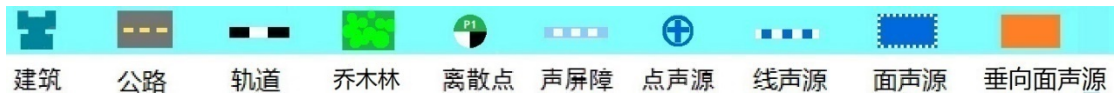
表 3.4-1 公路噪声源单位：dB(A)

路段名称	路面材料	车道数量	时段	设计车速 km/h	小型车 辆/h	中型车 辆/h	大型车 辆/h
公路	沥青 混凝土	4	昼间	60	500	50	0
			夜间	60	100	20	0

4.模拟结果及分析

经过软件模拟计算，预测出昼间和夜间两种时段下的场地噪声分布情况，包括场地噪声平面分布彩图、参评建筑沿建筑底轮廓线 1.5 米高度处噪声分布、参评建筑立面噪声级分布等彩色分析图和数据分析图。

4.1 场地噪声



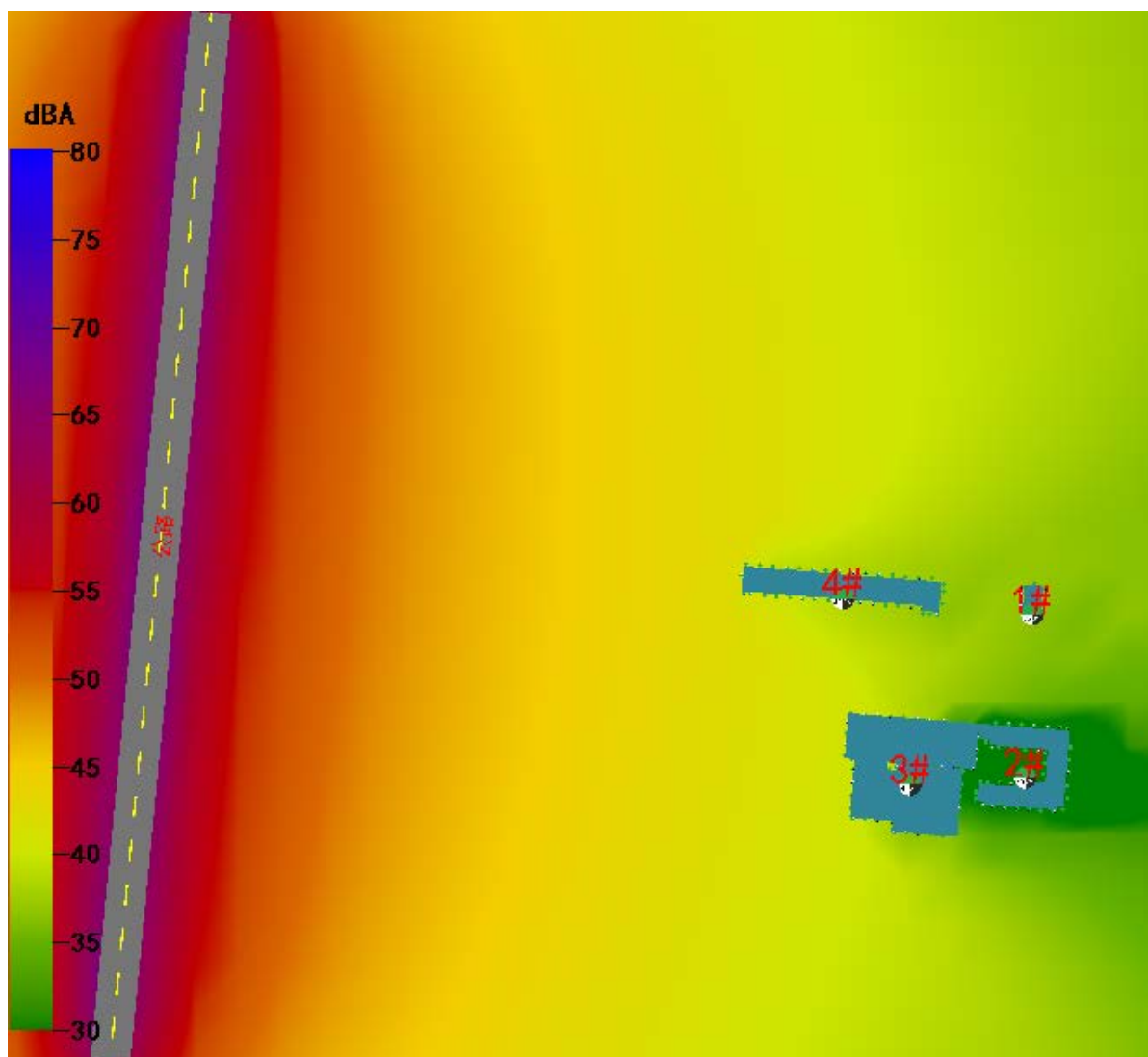


图 4.1-1 场地 1.5m 高度处声压级分布图（昼间）

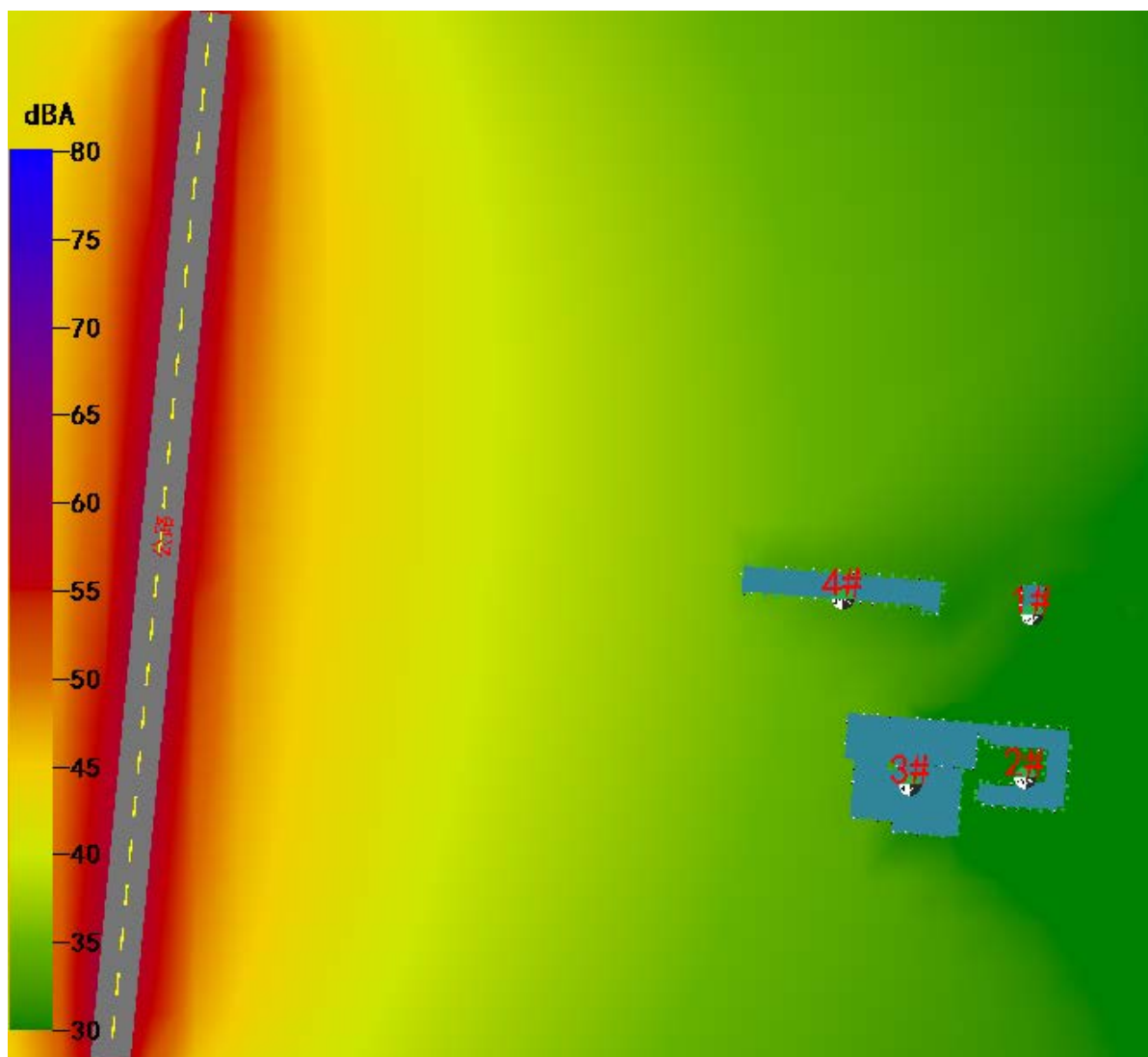


图 4.1-2 场地 1.5m 高度处声压级分布图（夜间）

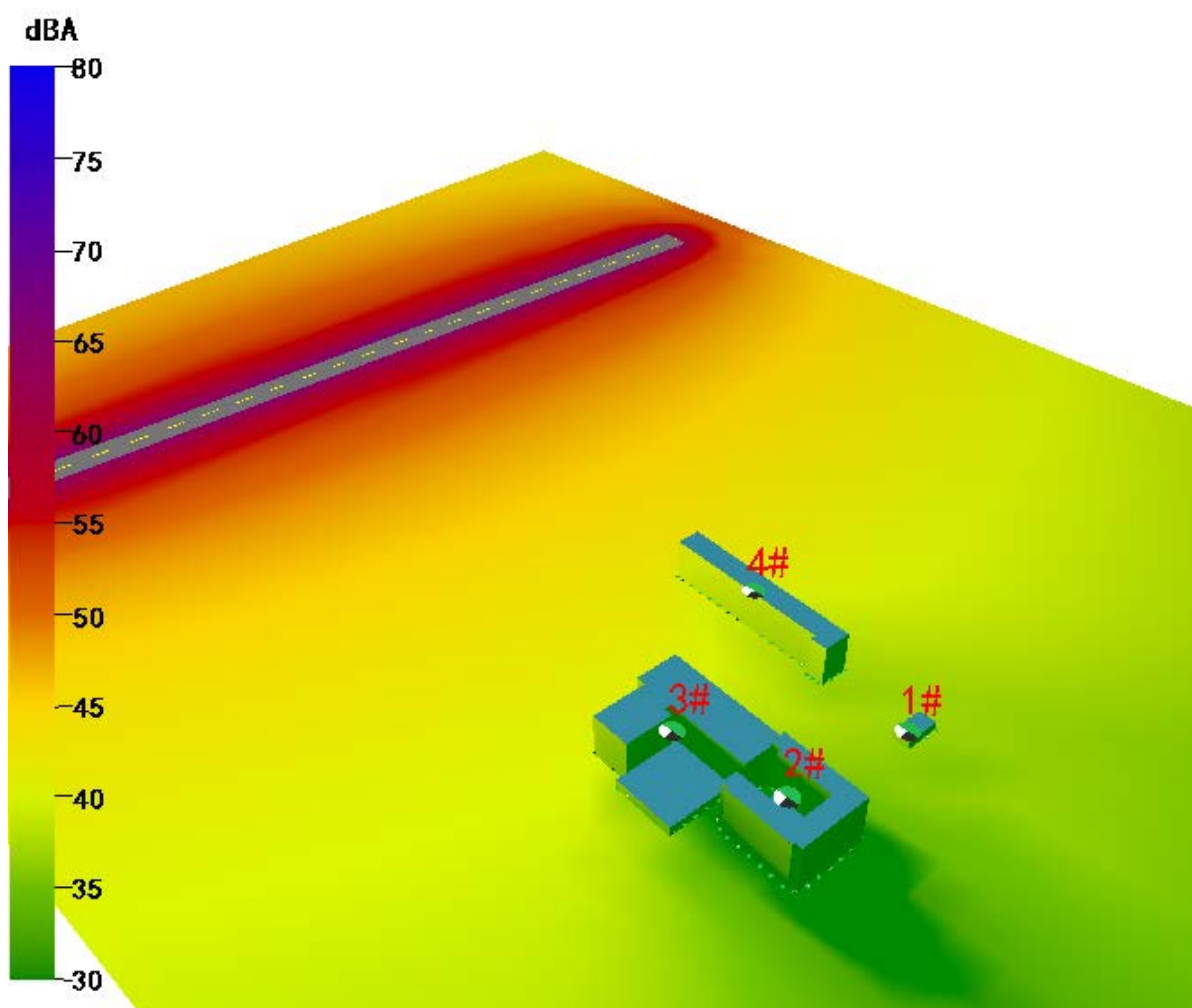


图 4.1-3 场地噪声分布俯瞰图（昼间）

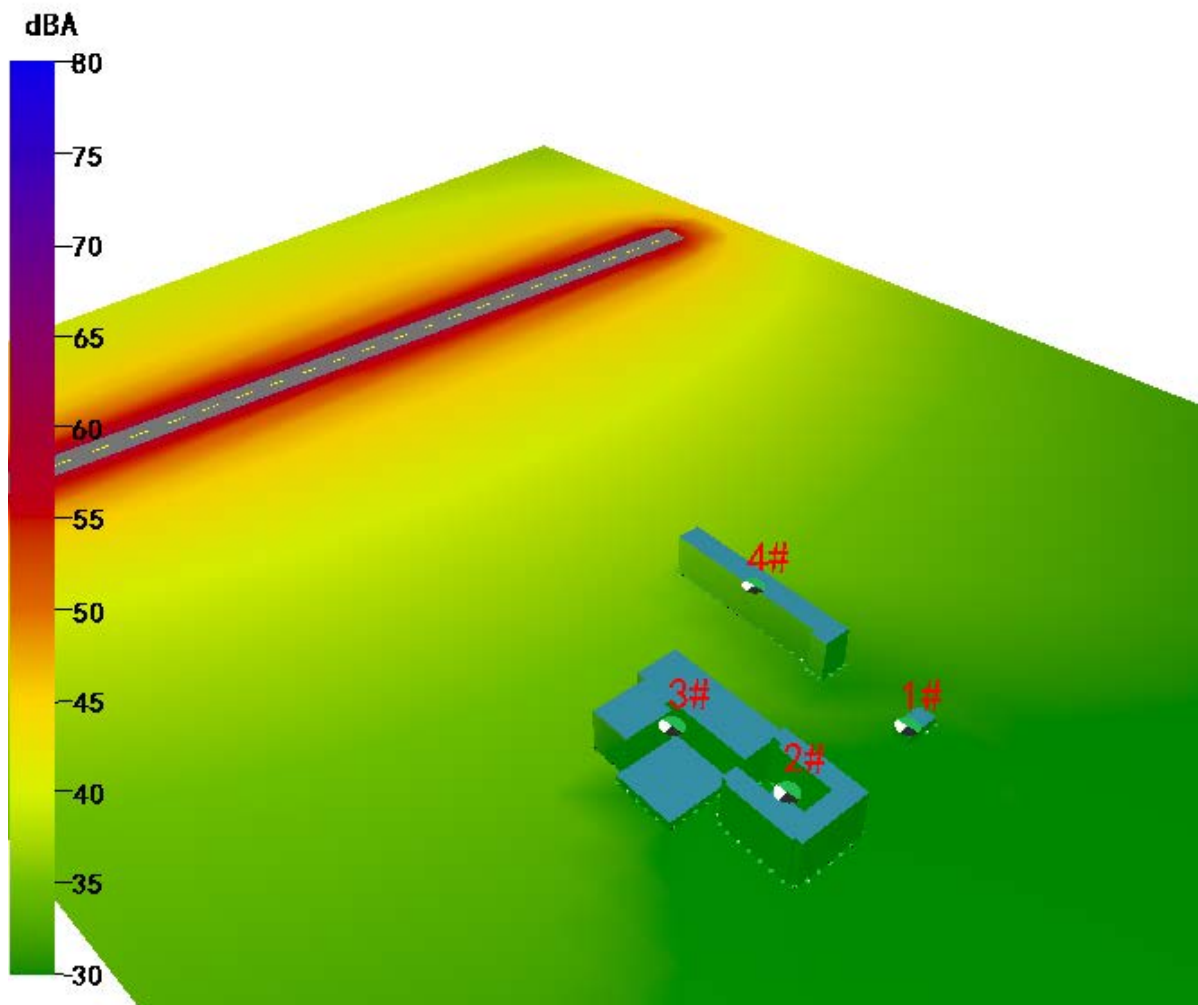


图 4.1-4 场地噪声分布俯瞰图（夜间）

4.2 建筑噪声

参评建筑昼间和夜间沿底轮廓线 1.5 米分析高度处噪声分布情况，每栋参评建筑物俯视图圆圈内上下两个数字分别表示该建筑的昼间和夜间最大噪声值，红色填充代表该建筑昼间或夜间噪声值至少有一项超过三类声功能区限值，黄色填充代表该建筑物昼间或夜间噪声值均小于等于三类声功能区噪声限值，绿色填充代表该建筑物昼间或夜间噪声值均小于等于二类声功能区噪声限值。

本项目室外昼间和夜间噪声分析及达标情况如下：

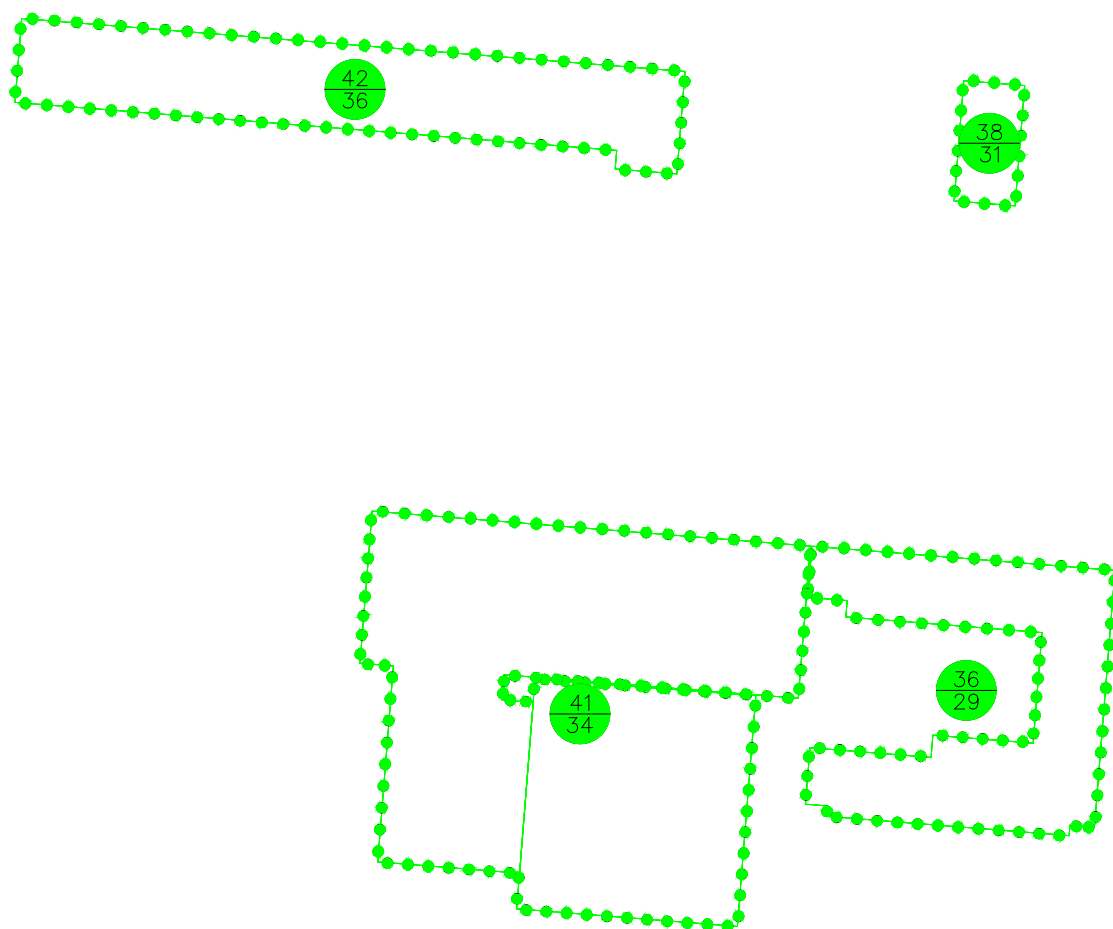


图 4.2-1 参评建筑附近区域 1.5m 高度处声压级平面分布图（昼间）

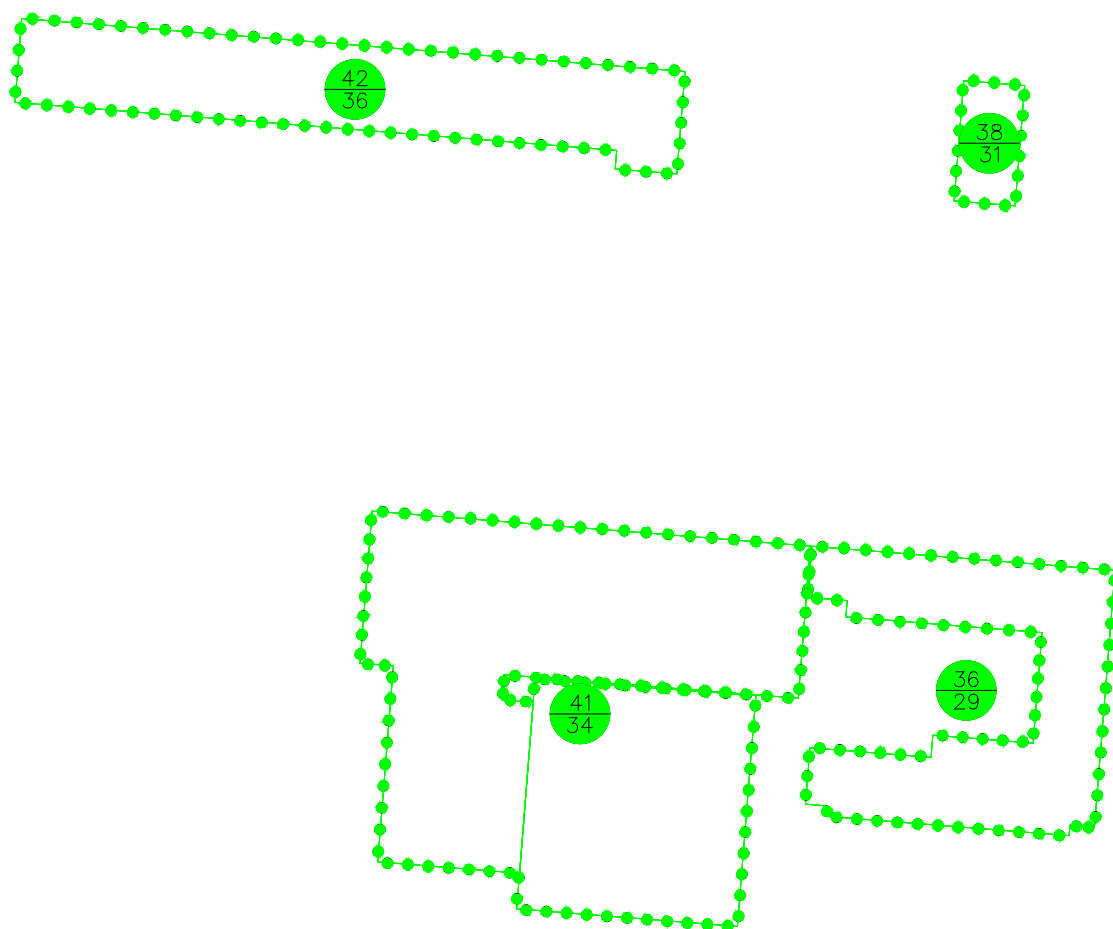
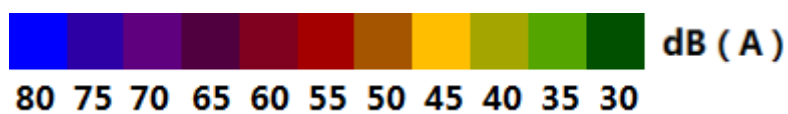


图 4.2-2 参评建筑附近区域 1.5m 高度处声压级平面分布图（夜间）

参评建筑昼间和夜间沿立面噪声分布情况，在每个计算立面上用圆圈标识出该面噪声最大值，昼间和夜间计算情况分别如下：



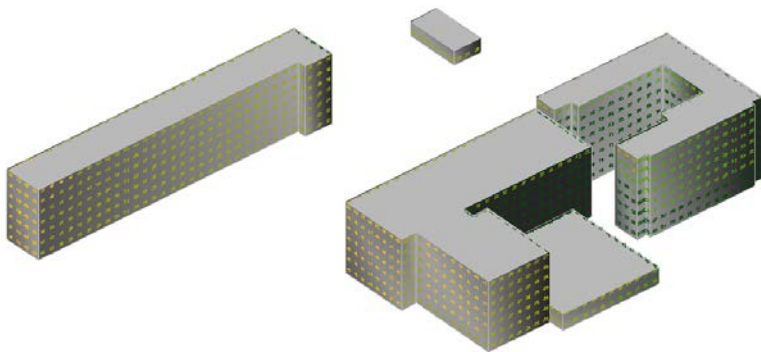


图 4.2-3 参评建筑附近区域声压级鸟瞰分布图（昼间）

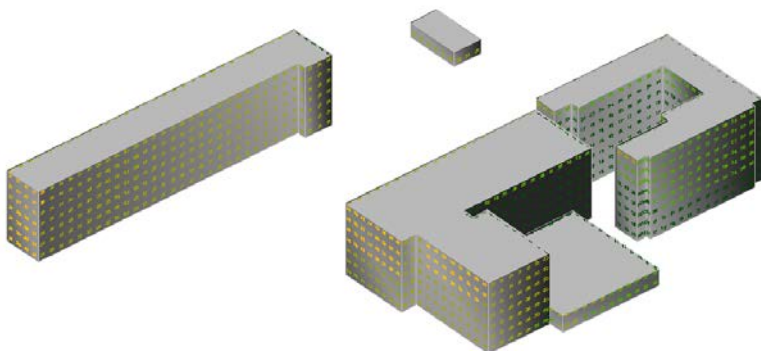


图 4.2-4 参评建筑附近区域声压级鸟瞰分布图（夜间）

综合上述分析，对场地内部每栋噪声敏感建筑物达标情况分别进行了判定统计，本项目内部全部参评建筑达标情况汇总如下：

表 4.2 参评建筑达标统计

单位：dB(A)

建筑名称	时段	1.5 米高度 噪声最大值	2 类 噪声限值	3 类 噪声限值	得分 情况
1#	昼间	38	60	65	10
	夜间	31	50	55	
2#	昼间	36	60	65	10
	夜间	29	50	55	
3#	昼间	41	60	65	10
	夜间	34	50	55	

4#	昼间	42	60	65	10
	夜间	36	50	55	

5.结论

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年版）第 8.2.6 条的要求：

- 1. 环境噪声值大于 2 类声环境功能区噪声等效声级限值，且小于等于 3 类声环境功能区噪声等效声级限值，得 5 分。
- 2. 环境噪声值小于等于 2 类声环境功能区噪声等效声级限值，得 10 分。

表 5-1 环境噪声综合得分表 单位：dB(A)

时段	噪声最大值	2 类噪声限值	3 类噪声限值	得分情况
昼间	42	60	65	10 分
夜间	36	50	55	

综上所述：

- 1) 本项目满足《绿色建筑评价标准》GB 50378-2019（2024 年版）第 5.1.4 条场地规划布局合理规划噪声源区域和噪声敏感区域，并进行识别和标注的要求。
- 2) 经过软件模拟和结果统计分析，最终判定本项目**满足**《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年版）第 8.2.6 条，**得 10 分**。

建筑采光分析报告书

建筑概况

项目所在地	岳阳		
光气候分区	III	光气候系数 K	1.00
建筑面积	地上 3253.39 m ² 地下 0.00 m ²		
建筑层数	地上 5 地下 0		
建筑高度	地上 19.50 m 地下 0.00m		
备注			

设计依据

- 1) 《建筑采光设计标准》 (GB50033-2013)
- 2) 《建筑环境通用规范》 GB 55016-2021
- 3) 《采光测量方法》 GB/T 5699-2007
- 4) 《民用建筑绿色性能计算标准》 JGJT_449-2018

标准要求

本项目为学校建筑，《建筑环境通用规范》GB 55016-2021、《建筑采光设计标准》GB50033-2013 中对各建筑类型的采光标准值做出了明确要求，同时根据标准确定光气候分区、光气候系数 K 值、室外天然光设计照度值 Es 值。

■ 《建筑环境通用规范》GB 55016-2021 相关条文

- 3.2.3 对天然采光需求较高的场所、应符合下列规定：
- 1 卧室、起居室和一般病房的采光等级不应低于IV级的要求；
 - 2 普通教室的采光等级不应低于Ⅲ级的要求；
 - 3 普通教室侧面采光的采光均匀度不应低于 0.5

■ 《建筑采光设计标准》GB50033-2013 条文要求

3.0.4 光气候分区应按本标准附录 A 确定。各光气候区的室外天然光设计照度值应按表 3.0.4

采用。所在地区的采光系数标准值应乘以相应地区的光气候系数 K。

表 3.0.4 光气候系数 K 值

光气候区	I	II	III	IV	V
K 值	0.85	0.90	1.00	1.10	1.20
室外天然光设计照度值 E_s (lx)	18000	16500	15000	13500	12000

4.0.5 教育建筑的采光标准值不应低于表 4.0.5 的规定。

表 4.0.5 教育建筑的采光标准值

采光等级	场所名称	侧面采光	
		采光系数标准值 (%)	室内天然光照度标准值 (lx)
III	专用教室、实验室、阶梯教室、教师办公室	3.0	450
V	走道、楼梯间、卫生间	1.0	150

采光分析概述

天然光环境是人们长期习惯和喜爱的工作环境，各种光源的视觉试验结果表明，在同样照度条件下，天然光的辨认能力优于人工光，从而有利于工作、生活、保护视力和提高劳动生产率。充分利用天然光，对于创造良好光环境、节约能源、保护环境和构建绿色建筑具有重要的意义。

基本原理

《建筑采光设计标准》GB50033-2013 以采光系数平均值作为采光设计的关键性评价指标。

1. 采光系数

在室内参考平上的一点，由直接或间接地接收来自假定和已知天空亮度分布的天空漫射光而产生的照度与同一时刻该天空半球在室外无遮挡水平面上产生的天空漫射光照度之比。

室内某一点的采光系数 C，计算公式为：

$$C = \frac{E_n}{E_w} \times 100\%$$

式中：En—室内照度，lx；

Ew—室外照度，lx。

2. 平均采光系数

通常按单个房间计算平均采光系数，即房间内划分网格上各个交点上的采光系数算术平均

值。

3. 采光系数标准值

在规定的室外天然光设计照度下，满足视觉功能要求时的采光系数值。《建筑采光设计标准》GB50033-2013 中规定的采光系数标准值和室内天然光照度标准值为参考平面上的平均值。在同一室外天然光设计照度值的条件下，对于同一个房间，满足采光系数标准值即满足室内满足天然光照度标准值。

分析软件

本报告采用绿建斯维尔采光分析软件 Dali 进行模拟分析。Dali 是国内首款与国标《建筑采光设计标准》GB 50033-2013 配套的软件，同时也支持《绿色建筑评价标准》的采光指标要求，可对达标率、地下采光、内区采光、视野率、眩光指数等进行快速分析，并根据不同需求生成分析报告书。软件以国际上广泛认可的 Radiance 为计算核心。

Dali 已通过《建筑采光设计标准》GB50033-2013 编制组的鉴定，获得国家建筑工程质量监督检验中心鉴定报告，编号 BETC-GMJC-2014-1。同时，Dali 还通过了住房和城乡建设部科技发展促进中心专家组评审鉴定，获得《建设行业科技成果评估证书》，编号建科评[2014]069，评估委员会认定软件总体已达到国内领先水平。

计算方法

《建筑采光设计标准》GB50033-2013 第 6.0.3 条明确指出，对于采光形式复杂的建筑，应利用计算机模拟软件或缩尺模型进行采光计算分析。本项目采用**模拟法**计算采光系数，用以分析各功能房间（场所）的采光品质和状况。

在 Dali 中，模拟法就是调用计算工具 Radiance 进行采光模拟计算，最后将计算结果返回到 Dali 进行处理分析，这是最真实、最常用的方法。Radiance 是由美国劳伦斯伯克利国家实验室以及瑞士洛桑生态技术联邦局开发的采光模拟核心程序，采用了蒙特卡洛算法优化的反向光线追踪算法，相对于光能传递算法来说光线追踪更适合于精确的建筑采光分析。

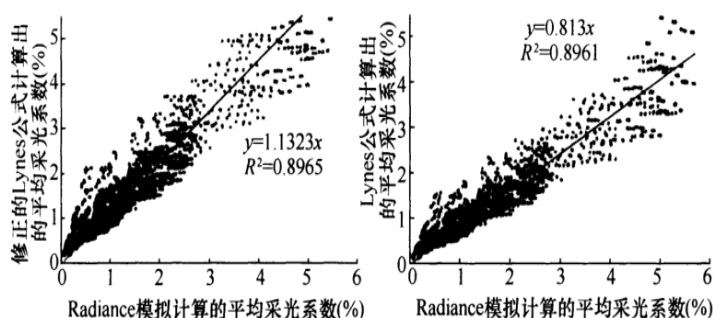


图 5.3 模拟值与理论计算的关系

经过大量的理论计算和软件模拟对比，Radiance 软件模拟出的数值与理论计算的结果基本吻合，说明 Radiance 软件可以提供高精确度的结果。国际上采光标准制定与论文基本上都采用 Radiance 进行模拟，国际上大部分商用采光分析软件也都基于 Radiance 程序内核开发，该程序的分析计算结果受到广泛认可。

采光计算参数取值

模拟分析条件说明

- 天空模型：CIE 全阴天天空；
- 计算光线反射次数：3 次；
- 分析参考平面：功能房间取距地面 0.75m，公共空间取地面；
- 计算网格划分：根据房间面积的情况对网格进行合理划分，如下表所示；

房间面积(m ²)	网格大小（m）
≤10	0.25
10~100	0.50
≥100	1.00

周边环境：根据《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ/T449-2018 第 6.4.4 条要求，考虑周边建筑物等影响。

室内环境：忽略室内家具类设施的影响，只考虑永久固定的顶棚、地面和墙面。

建筑饰面材料参数

室内采光效果受内部和外部两种因素的影响。内表面反射比就是内部重要影响因素之一，外部因素除了天空亮度外，建筑外表面反射情况也是重要的影响因素。本项目中建筑内外饰面材料，如顶棚、墙面、地面、建筑外表面，其材质、颜色对应不同的反射比，给室内光环境带来不同的采光效果，反射比数据参考《建筑采光设计标准》GB 50033-2013 附录 D 中的表 D.0.5 饰面材料的反射比ρ值，具体参数见下表：

建筑饰面材料选用与反射比取值		
部位	反射比材料设计取值	备注
顶棚	0.75	
地面	0.30	
墙面	0.60	
外表面	0.30	

注 1：数据参考自：《建筑采光设计标准》GB50033-2013 附录 D 表 D.0.5；

门窗类型参数

透光的门窗决定了建筑内部的采光水平，工程中常见的采光门窗有侧窗、天窗和透光门等。窗的位置、尺寸、形态等都对室内采光有明显的影响，常用的透光门也有利于自然光的传播，天窗更是解决大空间采光的有效方式。总之，建筑的门窗采光性能参数与采光系数的计算息息相关。

门窗性能参数包括门窗尺寸、挡光系数、窗框类型、玻璃类型、可见光透射比和反射比，本项目的具体参数详见下文。

普通窗

门窗编号	宽度(mm)	高度(mm)	窗框类型	玻璃类型	可见光透射比	玻璃反射比
	1250	2100	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C0709	700	900	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C0721	700	2050	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1221	1200	2050	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1516	1500	1600	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1521	1500	2050	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C1821	1800	2050	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C2721	2700	2050	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
C3321	3300	2050	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
GC1813	1800	1250	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08
JC2721	2700	2050	单层铝窗	普通玻璃	0.89	0.08

注：计算考虑了外窗玻璃的污染折减系数影响，系数取值 0.9。

房间模拟结果

根据《建筑采光设计标准》GB 50033-2013、《建筑环境通用规范》GB 55016-2021 要求，本项目需计算建筑内主要功能房间的平均采光系数，计算结果见下表：

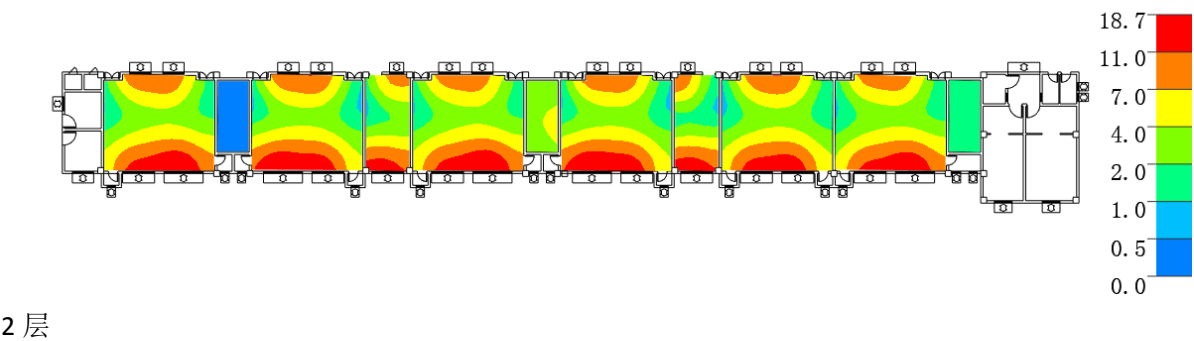
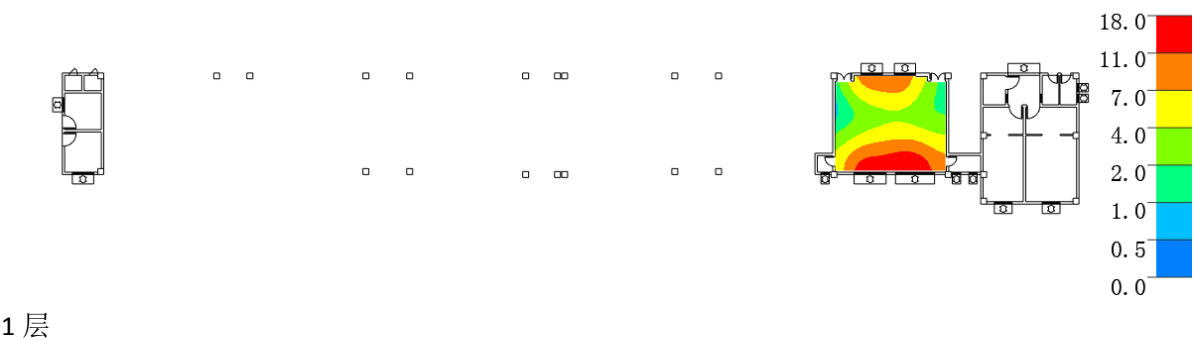
楼层	房间	对标功能	采光等级	采光类型	房间面积	采光系数 C(%)	采光系数标准值 (%)	结论
1	X001[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.68	3.00	满足
2	X001@2[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.59	3.00	满足
	X002@2[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.54	3.00	满足
	X003@2[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.52	3.00	满足
	X004@2[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.53	3.00	满足
	X005@2[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.04	3.00	满足
	X006@2[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.10	4.62	3.00	满足
	X007@2[普通办公]	教师办公室	III	侧面	30.80	4.14	3.00	满足

	室]							
	X008@2[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	30.80	4.18	3.00	满足
	X011@2[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	0.00	3.00	不满足
	X012@2[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	1.51	3.00	不满足
	X013@2[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	3.84	3.00	满足
3	X001@3[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.57	3.00	满足
	X002@3[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.55	3.00	满足
	X003@3[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.51	3.00	满足
	X004@3[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.54	3.00	满足
	X005@3[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.05	3.00	满足
	X006@3[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.10	4.64	3.00	满足
	X007@3[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	30.80	4.15	3.00	满足
	X008@3[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	30.80	4.20	3.00	满足
	X011@3[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	0.00	3.00	不满足
	X012@3[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	0.00	3.00	不满足
	X013@3[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	0.00	3.00	不满足
4	X001@4[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.63	3.00	满足
	X002@4[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.57	3.00	满足
	X003@4[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.48	3.00	满足
	X004@4[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.51	3.00	满足
	X005@4[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.07	3.00	满足
	X006@4[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.10	4.61	3.00	满足
	X007@4[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	30.80	4.18	3.00	满足
	X008@4[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	30.80	4.18	3.00	满足
	X011@4[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	0.00	3.00	不满足
	X012@4[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	0.01	3.00	不满足
	X013@4[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	0.00	3.00	不满足
5	X001@5[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.64	3.00	满足
	X002@5[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.57	3.00	满足
	X003@5[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.56	3.00	满足
	X004@5[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.58	3.00	满足
	X005@5[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.37	4.11	3.00	满足
	X006@5[普通教室]	普通教室	III	侧面	75.10	4.65	3.00	满足
	X007@5[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	30.80	4.22	3.00	满足
	X008@5[普通办公	教师办公室	III	侧面	30.80	4.24	3.00	满足

	室]							
	X011@5[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	0.00	3.00	不足
	X012@5[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	45.05	3.00	过亮不宜
	X013@5[普通办公室]	教师办公室	III	侧面	16.47	45.06	3.00	过亮不宜

采光效果分析彩图

采光系数分析彩图可以直观地反应建筑内各个房间的采光效果，本项目中各楼层中标准要求房间的室内采光情况如下所示：



结论

通过对本建筑的采光模拟和统计分析，根据满足《建筑环境通用规范》GB 55016-2021、《建筑采光设计标准》GB 50033-2013 要求的房间/户型情况汇总如下：

房间/面积	总数	满足要求数量	满足要求比例(%)	不满足非强条的房间	不满足强条的房间
房间(个)	45	36	80.00	X011@2 X012@2 X011@3 X012@3 X013@3 X011@4 X012@4 X013@4 X011@5	
采光面积	2327.27	2179.05	93.63	— —	— —

(m²)					
------	--	--	--	--	--

结露检查计算书

公共建筑

1. 建筑概况

工程名称	新建项目
工程地点	
气候子区	夏热冬冷 A 区
建筑面积 (A ₀)	地上 3253 m² 地下 0 m²
建筑层数	地上 5 地下 0
建筑高度	19.5m
结构类型	
$t_{e \cdot \min}$ 累年最低日平均温度(°C)	-2.3
t_w 采暖室外计算温度(°C)	1.1

2. 评价依据

- 《建筑环境通用规范》GB55016-2021
- 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年版）
- 《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016
- 施工图、设计说明、墙身大样图、节能计算书

3. 评价目标与方法

3.1 评价目标

3.1.1 热桥部位评价目标

- 依据《建筑环境通用规范》GB55016-2021 的要求和规定：

4.4.1 供暖建筑非透光围护结构中的热桥部位应进行表面结露验算，并应采取保温措施确保热桥内表面温度高于房间空气露点温度。

4.4.2 非透光围护结构热桥部位的表面结露验算应符合以下规定：

- 1 当冬季室外计算温度低于 0.9℃时，应对热桥部位进行 内表面结露验算。
 - 2 热桥部位的内表面温度计算应符合下列规定: 1) 室内空气相对湿度应取 60%; 2) 应根据热桥部位确定采用二维或三维传热计算; 3) 距离较小的热桥应合并计算。
 - 3 当热桥部位内表面温度低于空气露点温度时，应采取保温措施，并应重新进行验算。
2. 依据建筑屋面和外墙热桥部分的内表面温度计算，判断是否符合《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024年版）“围护结构的内表面在室内设计温、湿度条件下无结露现象”的要求。

3.1.2 主体部位评价目标

1. 依据《建筑环境通用规范》GB55016-2021 的要求和规定：
- 4.2.2 非透光围护结构内表面温度与室内空气温度的温差应符合下表的规定。
- 非透光围护结构内表面温度与室内空气温度允许温差

非透光围护结构部位	允许温差 Δt (K)
外墙	$\leq t_i - t_d$
楼、屋面	
地面	
地下室外墙	

3.2 评价方法

3.2.1 热桥部位评价方法

- 1. 将本工程热桥节点图集中于热桥表中对应的单元中，包括外墙-屋顶(WR)、外墙-楼板(WF)、外墙-挑空楼板(WA)、门窗上口(WU)、门窗上口(WU)、门窗左右(WS) 、外墙-内墙(WI)等主要位置。
- 2. 按围护结构热惰性指标D值的不同，依据《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第3. 2.2条的规定，计算冬季室外热工计算温度 t_e 。

表3.2.2 冬季室外热工计算温度

围护结构热稳定性	计算温度 (°C)
$6.0 \leq D$	$t_e = t_w$
$4.1 \leq D < 6.0$	$t_e = 0.6t_w + 0.4t_{e \cdot \min}$
$1.6 \leq D < 4.1$	$t_e = 0.3t_w + 0.7t_{e \cdot \min}$
$D < 1.6$	$t_e = t_{e \cdot \min}$

- 3. 热桥节点边界条件依据《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录第C.2.5条进行设定，通过解温度场的方式求解热桥节点内表面的最低温度和每个分块单元的温度。
- 4. 将计算温度与空气露点温度比对，判断是否出现结露现象。

3.2.2 主体部位评价方法

围护结构主体结构内表面温度按如下方法计算：

1) 墙体、楼/屋面内表面温度计算:

$$\theta_i = t_i - \frac{R_i}{R_0}(t_i - t_e)$$

- θ_i ——内表面温度 (℃);
- t_i ——室内计算温度 (℃);
- t_e ——室外计算温度 (℃)
- R_i ——内表面换热阻 (m²*k/W)
- R_0 ——主体传热阻 (m²*k/W)

2) 地面、地下室内表面温度计算:

$$\theta_i = \frac{t_i * R + \theta_e * R_i}{R + R_i}$$

- θ_i ——内表面温度 (℃);
- t_i ——室内计算温度 (℃);
- θ_e ——主体与土壤接触面温度 (℃), 应取《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 A 表 A.0.1 中的最冷月平均温度.
- R_i ——内表面换热阻 (m²*k/W)
- R ——主体传热阻 (m²*k/W)

4. 评价内容

4.1 基础计算条件和露点温度

地点	湖南-岳阳
ai 内表面换热系数 W/(m2.K)	8.7
ae 外表面换热系数 W/(m2.K)	23.0
ti 室内计算温度(℃)	18
te.min 累年最低日平均温度(℃)	-2.30
tw 采暖室外计算温度(℃)	1.10
室内相对湿度 (%)	60
室内露点温度(℃)	10.12

4.2 热桥节点图和内表面温度计算

4.2.1 外墙—屋顶(OW-R5)节点

4.2.1.1 平壁构造做法

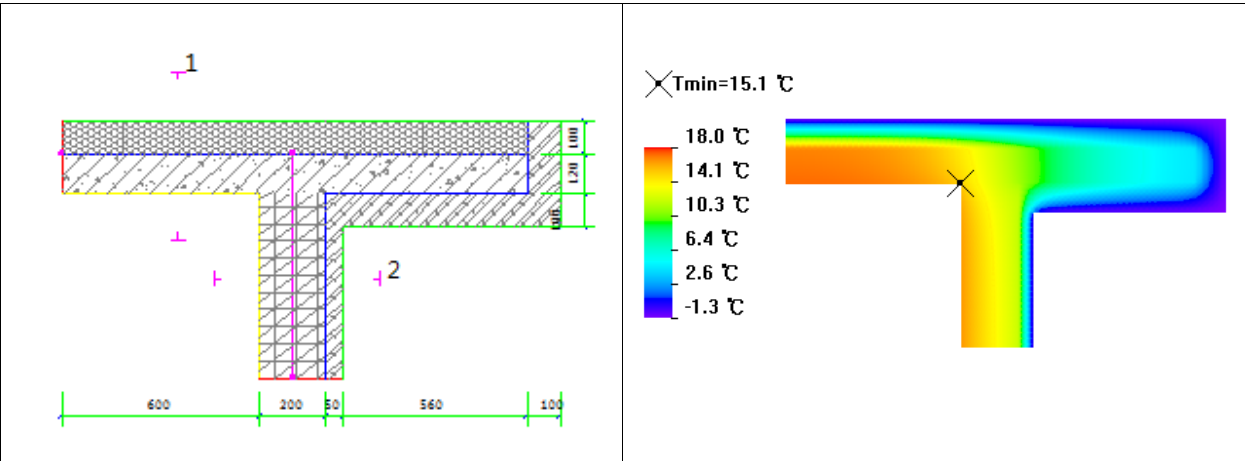
平壁 编号	材料名称	厚度	导热系数 λ	蓄热系数 S	热阻	热惰性 指标
		(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	(m ² .K)/W	D=R*S
1	钢筋混凝土	120	1.740	17.200	0.069	1.186
	难燃型挤塑聚苯板 低烟低毒	100	0.030	0.540	3.333	1.800

	计算厚度 100					
	各层之和 Σ					2.99
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28
	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
2	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28

4.2.1.2 冬季室外热工计算温度 t_e

取平壁部分室外温度的最小值，即： $t_e = -1.28$ 。

4.2.1.3 节点大样图及内表面温度计算

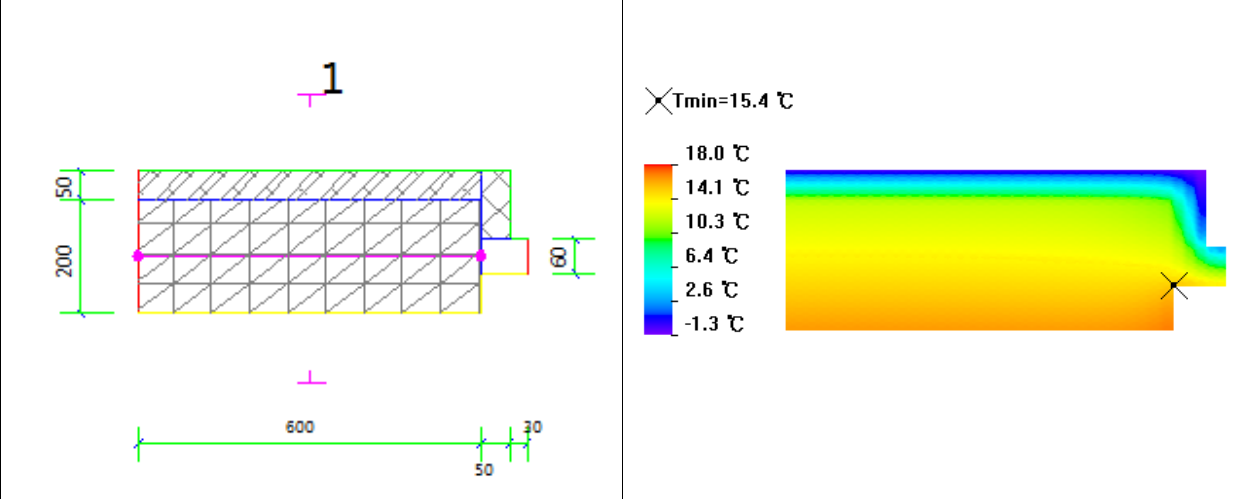


4.2.2 外墙—窗左右口(OW-WR4)节点

4.2.2.1 平壁构造做法

平壁 编号	材料名称	厚度	导热系数 λ	蓄热系数 S	热阻	热惰性 指标
		(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	(m ² .K)/W	D=R*S
1	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28

4.2.2.2 节点大样图及内表面温度计算

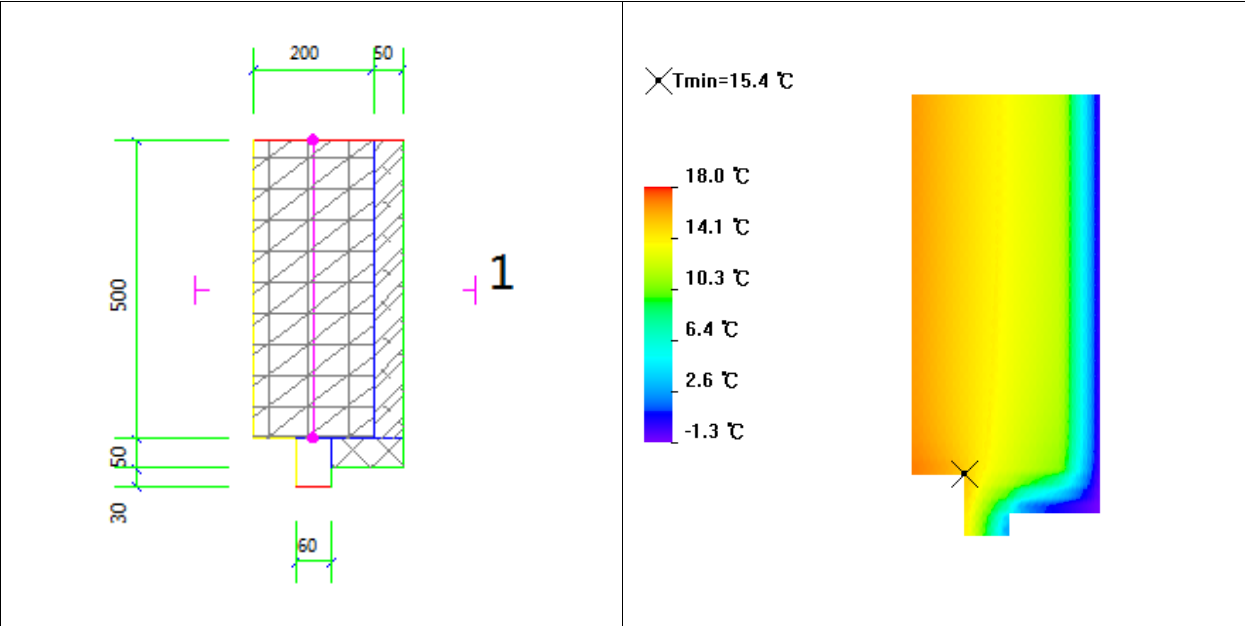


4.2.3 外墙—窗上口(OW-WU4)节点

4.2.3.1 平壁构造做法

平壁 编号	材料名称	厚度	导热系数 λ	蓄热系数 S	热阻	热惰性 指标
		(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	(m ² .K)/W	D=R*S
1	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28

4.2.3.2 节点大样图及内表面温度计算

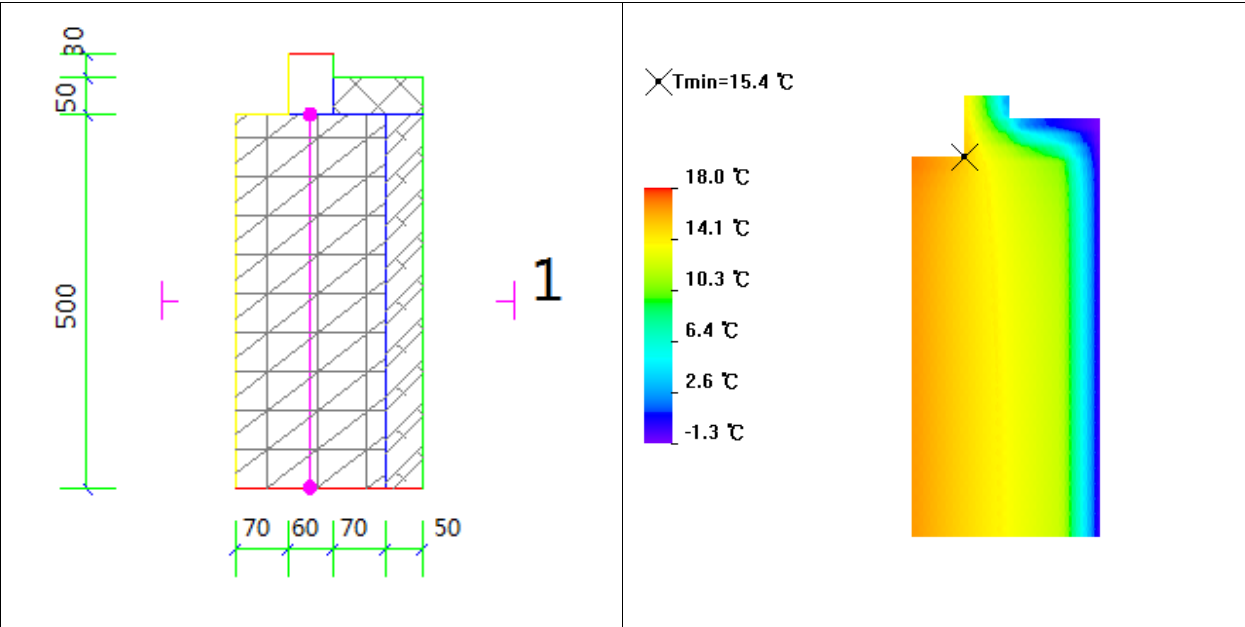


4.2.4 外墙—窗下口(OW-WB8)节点

4.2.4.1 平壁构造做法

平壁 编号	材料名称	厚度	导热系数 λ	蓄热系数 S	热阻	热惰性 指标
		(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	(m².K)/W	D=R*S
1	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28

4.2.4.2 节点大样图及内表面温度计算



4.2.5 外墙—凸墙角(OW-C1)节点

4.2.5.1 平壁构造做法

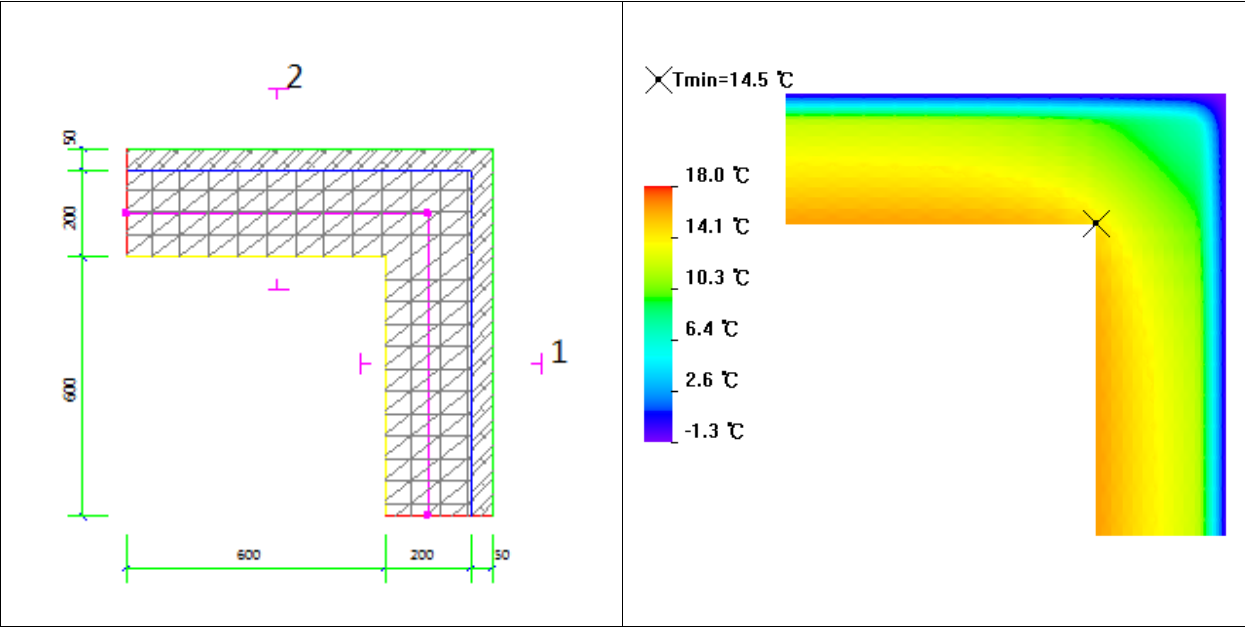
平壁 编号	材料名称	厚度	导热系数 λ	蓄热系数 S	热阻	热惰性 指标
		(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	(m².K)/W	D=R*S
1	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28
2	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850

	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28

4.2.5.2 冬季室外热工计算温度 t_e

取平壁部分室外温度的最小值，即： $t_e = -1.28$ 。

4.2.5.3 节点大样图及内表面温度计算



4.2.6 外墙—凹墙角(OW-C2)节点

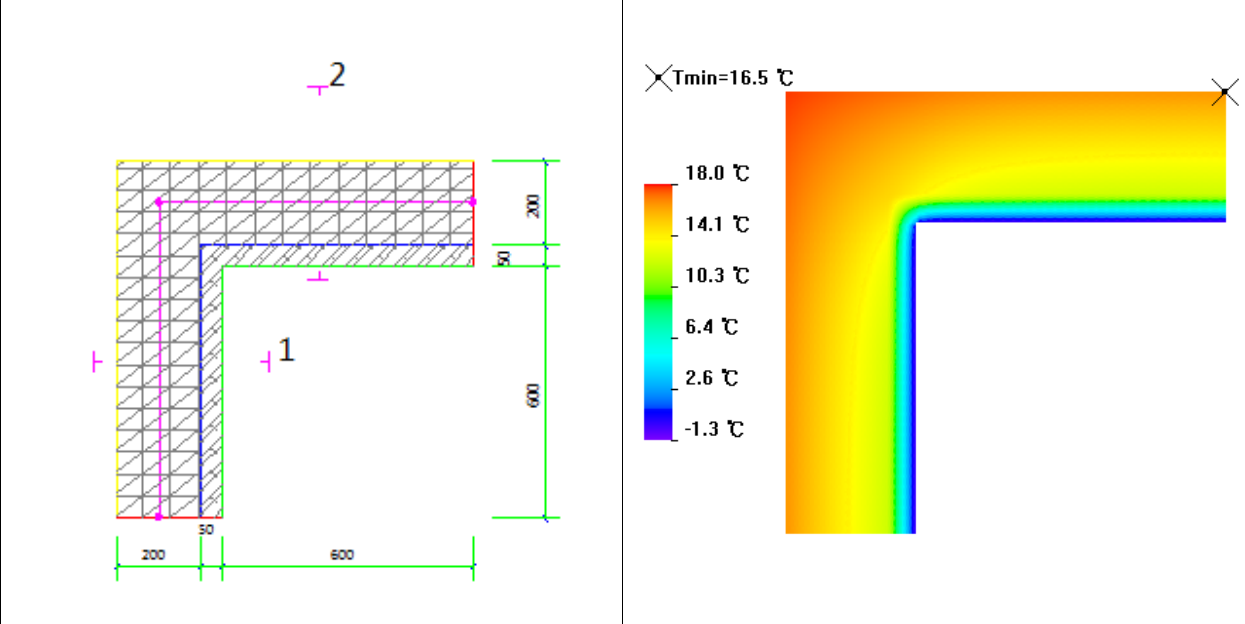
4.2.6.1 平壁构造做法

平壁 编号	材料名称	厚度	导热系数 λ	蓄热系数 S	热阻	热惰性 指标
		(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	(m².K)/W	D=R*S
1	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28
2	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28

4.2.6.2 冬季室外热工计算温度te

取平壁部分室外温度的最小值，即：te = -1.28.

4.2.6.3 节点大样图及内表面温度计算



4.2.7 外墙—楼板(OW-F1)节点

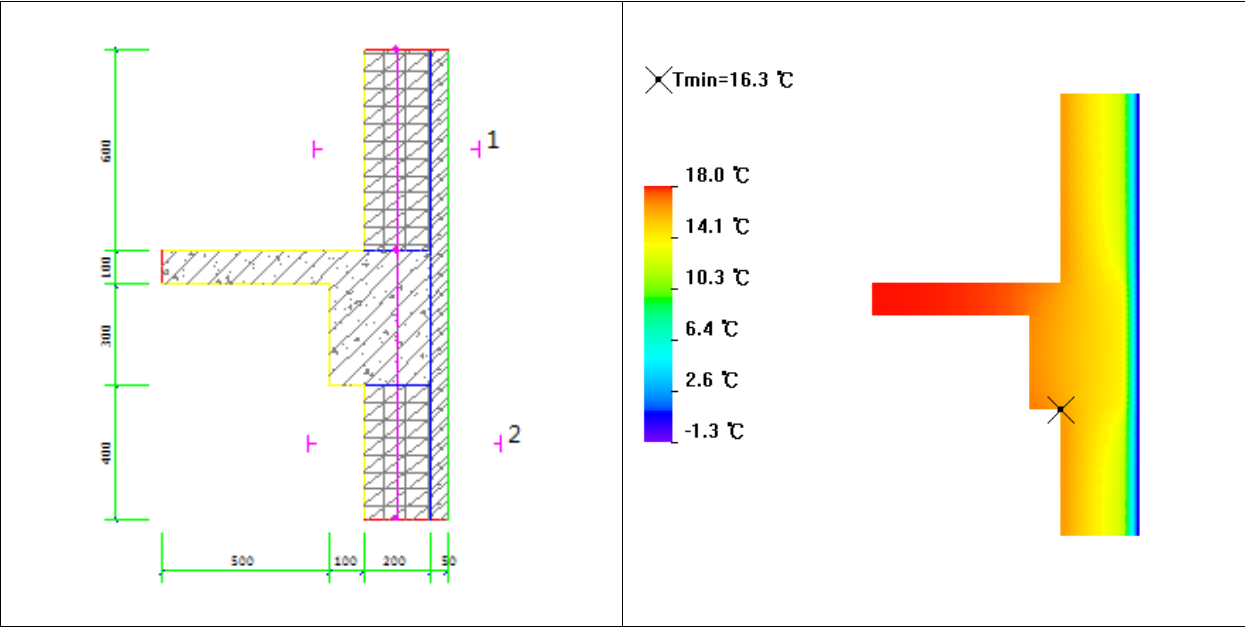
4.2.7.1 平壁构造做法

平壁 编号	材料名称	厚度	导热系数 λ	蓄热系数 S	热阻	热惰性 指标
		(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	(m².K)/W	D=R*S
1	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 te	te=0.3tw+0.7te.min				-1.28
2	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 te	te=0.3tw+0.7te.min				-1.28

4.2.7.2 冬季室外热工计算温度te

取平壁部分室外温度的最小值，即：te = -1.28.

4.2.7.3 节点大样图及内表面温度计算



4.2.8 外墙—挑空楼板(OW-FW2)节点

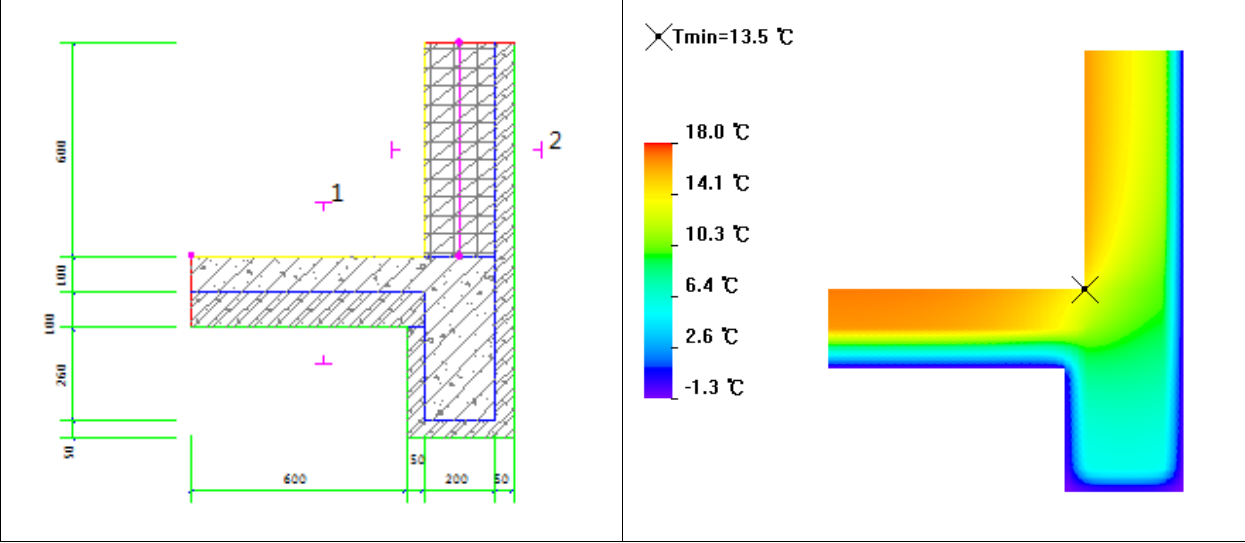
4.2.8.1 平壁构造做法

平壁 编号	材料名称	厚度	导热系数 λ	蓄热系数 S	热阻	热惰性 指标
		(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	(m².K)/W	D=R*S
1	岩棉板	100	0.045	0.750	2.222	1.667
	钢筋混凝土（1）	100	1.740	17.060	0.057	0.980
	各层之和 Σ					2.65
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28
2	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/ 空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装 饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28

4.2.8.2 冬季室外热工计算温度 t_e

取平壁部分室外温度的最小值，即： $t_e = -1.28$.

4.2.8.3 节点大样图及内表面温度计算



4.2.9 外墙—内隔墙(OW-P1)节点

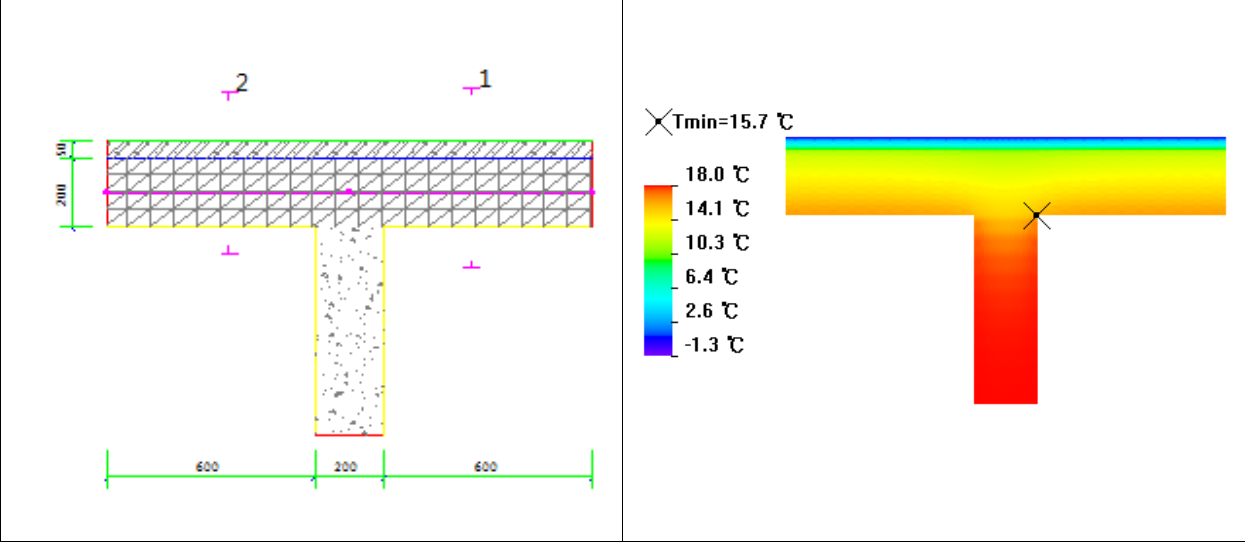
4.2.9.1 平壁构造做法

平壁 编号	材料名称	厚度	导热系数 λ	蓄热系数 S	热阻	热惰性 指标
		(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	(m².K)/W	D=R*S
1	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28
2	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	0.345	2.731
	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.000	0.850
	各层之和 Σ					3.58
	室外热工计算温度 t_e	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$				-1.28

4.2.9.2 冬季室外热工计算温度 t_e

取平壁部分室外温度的最小值，即： $t_e = -1.28$.

4.2.9.3 节点大样图及内表面温度计算



4.3 主体结构做法及内表面温度计算

4.3.1 屋顶

4.3.1.1 屋顶构造

材料名称 (由外到内)	厚度 δ	导热系数 λ	蓄热系数 S	修正系 数	热阻 R	热惰性指 标
	(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	α	(m ² K)/W	$D=R*S$
碎石、卵石混凝土($\rho=2300$)干铺聚 酯纤维无纺布一层	50	1.510	15.360	1.00	0.033	0.509
难燃型挤塑聚苯板 低烟低毒 计 算厚度 100	100	0.030	0.540	1.25	2.667	1.800
SBS 改性沥青防水卷材	3	0.230	9.370	1.20	0.011	0.122
水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	0.810	10.070	1.00	0.002	0.019
水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	0.810	10.070	1.00	0.002	0.019
水泥砂浆找平层	18	0.930	11.370	1.00	0.019	0.220
页岩陶粒混凝土找坡层 干密度 1500	20	0.770	9.650	1.10	0.024	0.251
钢筋混凝土	120	1.740	17.200	1.00	0.069	1.186
石灰水泥砂浆	20	0.870	10.750	1.00	0.023	0.247
各层之和 Σ					2.85	4.37
传热阻 R_o (m ² .K/W)	3.01					
室外热工计算温度 t_e (°C)	$t_e=0.6t_w+0.4t_{e.min}$					-0.26
内表面温度 θ_i (°C)	$\theta_i=t_i-(t_i-t_e)*R_i/R_o$					17.33

4.3.2 外墙

4.3.2.1 外墙构造一

材料名称 (由外到内)	厚度 δ	导热系数 λ	蓄热系数 S	修正系 数	热阻 R	热惰性指 标
	(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	α	(m ² K)/W	D=R*S
热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	0.050	0.850	1.20	0.833	0.850
聚合物水泥防水涂膜	1.5	0.810	10.070	1.00	0.002	0.019
聚合物水泥防水砂浆	5	0.810	10.070	1.00	0.006	0.062
水泥砂浆抹平	15	0.930	11.370	1.00	0.016	0.183
重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	0.580	7.920	1.00	0.345	2.731
石灰水泥砂浆	20	0.870	10.750	1.00	0.023	0.247
各层之和 Σ					1.23	4.09
传热阻 R_o (m ² .K/W)	1.39					
室外热工计算温度 t_e (°C)	$t_e=0.3t_w+0.7t_{e.min}$					-1.28
内表面温度 θ_i (°C)	$\theta_i=t_i-(t_i-t_e)*R_i/R_o$					16.47

4.3.3 周边地面

4.3.3.1 周边地面构造一

材料名称 (由外到内)	厚度 δ	导热系数 λ	蓄热系数 S	修正系 数	热阻 R	热惰性指 标
	(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	α	(m ² K)/W	D=R*S
水泥砂浆(满挂钢丝网)	20	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
钢筋混凝土	120	1.740	17.200	1.00	0.069	1.186
各层之和 Σ					0.09	1.43
热阻 R_g (m ² .K/W)	0.09					
地面与土体接触面温度 θ_e (°C)	5.40					
内表面温度 θ_i (°C)	$\theta_i=(t_i*R_g+\theta_e*R_i)/(R_g+R_i)$					11.09

4.3.4 非周边地面

4.3.4.1 非周边地面构造一

材料名称 (由外到内)	厚度 δ	导热系数 λ	蓄热系数 S	修正系 数	热阻 R	热惰性指 标
	(mm)	W/(m.K)	W/(m ² .K)	α	(m ² K)/W	D=R*S
水泥砂浆(满挂钢丝网)	20	0.930	11.370	1.00	0.022	0.245
钢筋混凝土	120	1.740	17.200	1.00	0.069	1.186
各层之和 Σ					0.09	1.43
热阻 R_g (m ² .K/W)	0.09					
地面与土体接触面温度 θ_e (°C)	5.40					
内表面温度 θ_i (°C)	$\theta_i=(t_i*R_g+\theta_e*R_i)/(R_g+R_i)$					11.09

5. 结论

5.1 围护结构热桥结露验算

热桥部位	热桥类型	冬季室外计算温度(℃)	内表面最低温度(℃)	露点温度(℃)	结论
外墙—屋顶	OW-R5	-1.28	15.09	10.12	不结露
外墙—窗左右口	OW-WR4	-1.28	15.43	10.12	不结露
外墙—窗上口	OW-WU4	-1.28	15.43	10.12	不结露
外墙—窗下口	OW-WB8	-1.28	15.43	10.12	不结露
外墙—凸墙角	OW-C1	-1.28	14.46	10.12	不结露
外墙—凹墙角	OW-C2	-1.28	16.48	10.12	不结露
外墙—楼板	OW-F1	-1.28	16.29	10.12	不结露
外墙—挑空楼板	OW-FW2	-1.28	13.54	10.12	不结露
外墙—内隔墙	OW-P1	-1.28	15.70	10.12	不结露

5.2 围护结构内表面允许温差

主体部位	内表面温度 θ_i (℃)	室内设计温度 t_i (℃)	露点温度 (℃)	设计温差 Δt	允许温差 $t_i - t_d$	结论
屋顶-屋顶构造	17.33	18	10.12	0.67	7.88	不结露
外墙-外墙构造一	16.47	18	10.12	1.53	7.88	不结露
周边地面-周边地面构造一	11.09	18	10.12	6.91	7.88	不结露
非周边地面-非周边地面构造一	11.09	18	10.12	6.91	7.88	不结露

隔 热 检 查 计 算 书

公共建筑

目 录

1	建筑概况	44
2	评价依据	44
3	评价目标与方法	44
3.1	评价目标.....	44
3.2	评价方法.....	44
4	边界条件参数设置	45
4.1	基本设置.....	45
4.2	室外空气温度.....	45
4.3	室外太阳辐射照度.....	45
4.4	室内空气温度.....	46
5	工程材料	46
6	工程构造	47
6.1	屋顶构造.....	47
6.2	外墙（填充墙）构造.....	47
7	验算结论	49
7.1	空调房间.....	49

6. 建筑概况

工程名称	新建项目		
工程地点	湖南-岳阳		
气候子区	夏热冬冷 A 区		
大气透明度等级	5		
建筑面积	地上 3253 m²	地下 0 m²	
建筑层数	地上 5	地下 0	
建筑高度	19.5m		
结构类型			

7. 评价依据

- 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015-2021
- 《建筑环境通用规范》GB 55016
- 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024 年版）
- 《民用建筑热工设计规范》GB50176
- 施工图、设计说明、墙身大样图、节能计算书

8. 评价目标与方法

8.1 评价目标

- 依据《建筑环境通用规范》和《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019（2024年版）的要求和规定，屋顶和外墙的隔热性能应满足要求。
- 通过房间围护结构的内表面温度计算，判断是否不大于《建筑环境通用规范》给出的内表面最高温度。

8.2 评价方法

- 在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，外墙内表面最高温度应符合表3.2.1的要求：

表 3.2.1 外墙内表面最高温度的限值

房间类型	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构 (D≥2.5)	轻质围护结构 (D < 2.5)
内表面最高温度 $\theta_{i,max}$	≤ t _{e,max}	≤t _i +2	≤t _i +3

- 在给定两侧空气温度及变化规律的情况下，屋面内表面最高温度应符合表3.2.2的要求：

表 3.2.2 屋顶内表面最高温度的限值

房间类型	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构 (D≥2.5)	轻质围护结构 (D < 2.5)
内表面最高温度 $\theta_{i,max}$	≤ t _{e,max}	≤t _i +2.5	≤t _i +3.5

表中： $\theta_{i,max}$ —围护结构内表面最高温度（℃），应按《民用建筑热工设计规范》 GB50176-2016附录C.3 的规定计算；

t_i—室内空气温度，（℃）。

t_{e,max}—累年日平均温度最高日的最高温度（℃），应按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016配套软件气象数据取用。

- 外围护结构内表面最高温度按照规范《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016附录C.3 的规定计算：

- 按式 3.2.3-1 建立常物性、无内热源的一维非稳态导热的内部微分方程，微分方程的求解可采用有限差分法：

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \quad (3.2.3-1)$$

式中： $\frac{\partial t}{\partial \tau}$ —温度对于时间的导数，℃/s。

α—材料的导温系数， $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$ ，m²/s。

- 按式 3.2.3-2 建立第三类边界条件隐式差分格式边界节点方程（边界节点 1，节点 n 可参照）：

$$-\frac{\lambda}{\Delta x}(t_1^k - t_2^k) + \alpha(t_f^k - t_1^k) + \rho_s I^k = C_p \rho \frac{\Delta x}{2} \cdot \frac{t_1^k - t_1^{k-1}}{\Delta \tau} \quad (3.2.3-2)$$

式中：C_p—材料的比热，J/(kg·K)；

ρ—材料的密度，kg/m³；

α —材料的导温系数, $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$, m²/s;

Δx —差分步长, m;

λ —材料的导热系数, [W/(m·K)];

t_f^k —对流换热温度, ℃。

3) 按式 3.2.3-3 列出各内部节点和边界点的节点方程, 并求解节点方程组得到外墙、屋顶内表面温度值。

$$t_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} t_j + c_i, i=1,2,\dots,n \tag{3.2.3-3}$$

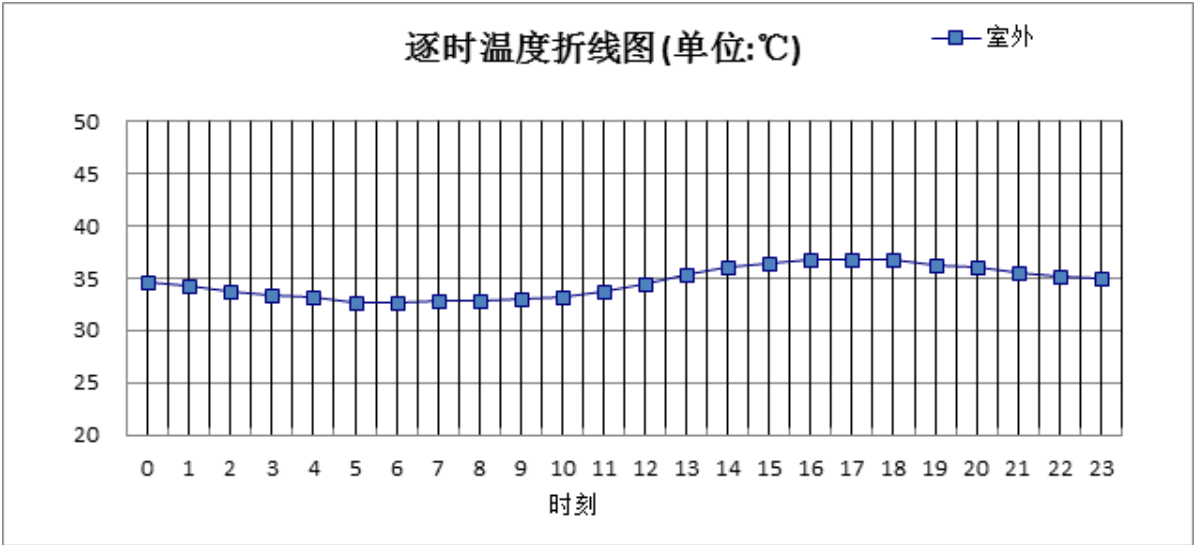
式中: t_i —差分节点温度值, ℃。

9. 边界条件参数设置

9.1 基本设置

公式及变量	变量名	数值	说明
(一) 内表面边界条件 (第三类边界条件)			
$t_{f,1}$	夏季室内温度, ℃		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3.2 条的规定取值。
h_1	室内侧对流换热系数, W/(m ² ·K)	8.7	按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B.4.1, 表 B.4.1-1 取值。
(二) 外表面边界条件 (第三类边界条件)			
h_{n+1}	室外侧对流换热系数, (m ² ·K)	19.0	按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 附录 B.4.1, 表 B.4.1-2 取值。
t_{sh}	室外空气逐时温度, ℃		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 配套软件气象数据取用。
I^k	表面法向太阳总辐射强度, 包括直射和散射, W/m ²		按《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 配套软件气象参数取值。
ρ_s	外表面太阳辐射吸收系数		根据工程构造取值。

9.2 室外空气温度



0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
34.70	34.30	33.80	33.40	33.10	32.70	32.70	32.80	32.80	33.00	33.20	33.70
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
34.50	35.30	36.00	36.40	36.70	36.80	36.70	36.30	36.00	35.60	35.20	34.90

9.3 室外太阳辐射照度

变量	变量名	公式来源
----	-----	------

I^*	表面法向太阳总辐射强度，包括直射和散射，W/ m ²	按《民用建筑热工设计规范 GB 50176-2016》配套软件气象数据取用。
-------	---------------------------------------	--

时刻\朝向	东	南	西	北	水平
0:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6:00	179.97	56.47	62.86	31.25	143.70
7:00	291.78	139.28	122.72	91.14	301.40
8:00	344.70	205.76	159.13	129.06	434.90
9:00	337.61	262.06	184.95	150.92	540.90
10:00	295.35	309.73	207.69	170.04	628.80
11:00	219.93	331.60	219.93	180.03	664.70
12:00	236.31	350.53	333.15	193.23	706.10
13:00	237.51	335.43	429.01	193.64	687.70
14:00	228.44	296.09	505.52	185.53	634.10
15:00	194.32	219.15	485.50	143.62	490.70
16:00	148.85	139.54	391.97	79.24	328.90
17:00	78.65	49.26	240.29	16.30	152.60
18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

9.4 室内空气温度

根据《民用建筑热工设计规范》GB50176-2016 第 3.3.2 条的规定取 26 摄氏度

10. 工程材料

材料名称	导热系数 λ	蓄热系数 S	密度 ρ	比热容 Cp	蒸汽渗透 系数 u	数据来源
	W/(m.K)	W/(m².K)	kg/m³	J/(kg.K)	g/(m.h.kPa)	
水泥砂浆(满挂钢丝网)	0.930	11.370	1800.0	1050.0	0.0210	
水泥砂浆抹平	0.930	11.370	1800.0	1050.0	0.0210	
水泥砂浆找平层	0.930	11.370	1800.0	1050.0	0.0210	
热固复合聚苯乙烯泡沫 保温装饰一体板	0.050	0.850	150.0	4455.3	0.0000	
聚合物水泥防水砂浆	0.810	10.070	1600.0	1075.9	0.0000	
聚合物水泥防水涂膜	0.810	10.070	1600.0	1075.9	0.0000	
水性聚合物沥青类防水 涂膜	0.810	10.070	1600.0	1075.9	0.0000	
石灰水泥砂浆	0.870	10.750	1700.0	1074.4	0.0000	
钢丝网抗裂砂浆	0.930	11.306	1800.0	1050.0	0.0000	
钢筋混凝土	1.740	17.200	2500.0	920.0	0.0158	
碎石、卵石混凝土 (ρ=2300)干铺聚酯纤维无 纺布一层	1.510	15.360	2300.0	920.0	0.0173	
难燃型挤塑聚苯板 低烟 低毒 计算厚度 100	0.030	0.540	28.5	1647.0	0.0162	
页岩陶粒混凝土找坡层 干密度 1500	0.770	9.650	1500.0	1216.1	0.0000	
混凝土多孔砖(190 六孔 砖)	0.750	7.490	1450.0	709.4	0.0000	
薄灰缝(3~5mm)蒸压加 气混凝土砌块墙	0.190	3.010	600.0	1092.9	0.0000	
重砂浆砌筑烧结页岩多	0.580	7.920	1400.0	1062.3	0.0000	

孔砖/空心砖墙						
无机保温板	0.070	1.200	350.0	808.2	0.0000	
岩棉板	0.045	0.750	160.0	1074.3	0.0000	
SBS 改性沥青防水卷材	0.230	9.370	900.0	5832.3	0.0000	
水泥砂浆	0.930	11.370	1800.0	1050.0	0.0210	
钢筋混凝土（1）	1.740	17.060	2500.0	920.0	0.0000	

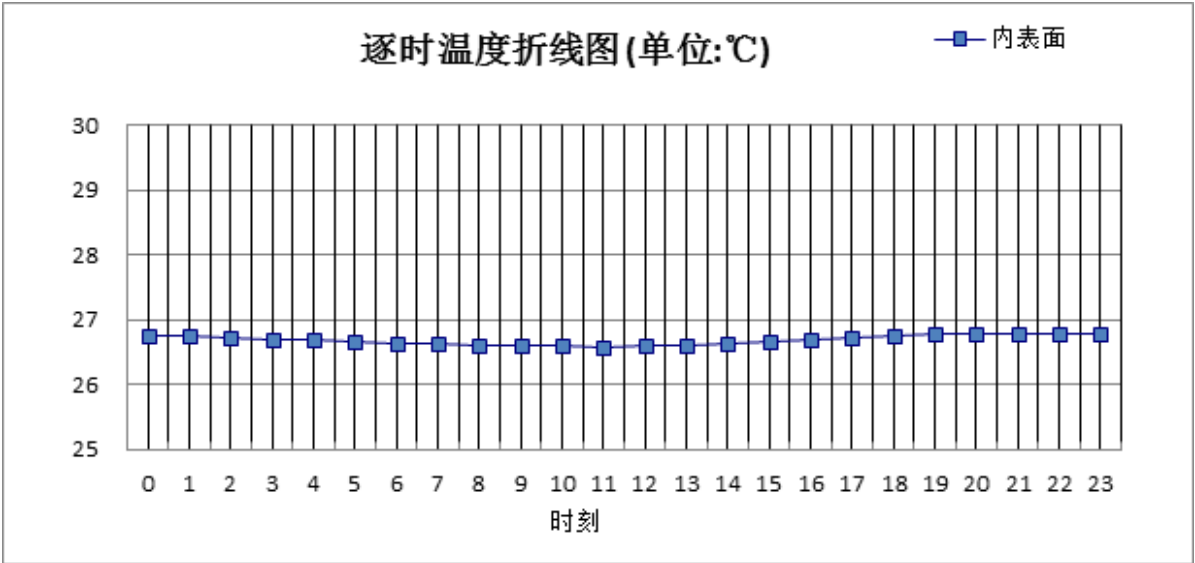
11. 工程构造

11.1 屋顶构造

11.1.1 屋顶构造

材料名称 由外到内	厚度	差分 步长	导热 系数	蓄热 系数	修正 系数	热阻	热惰性 指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	α	(m² K)/W	D=R*S
碎石、卵石混凝土(ρ=2300)干铺聚酯纤维无纺布一层	50	12.5	1.510	15.360	1.00	0.033	0.509
难燃型挤塑聚苯板 低烟低毒 计算厚度 100	100	11.1	0.030	0.540	1.25	2.667	1.800
SBS 改性沥青防水卷材	3	3.0	0.230	9.370	1.20	0.011	0.122
水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	1.5	0.810	10.070	1.00	0.002	0.019
水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	1.5	0.810	10.070	1.00	0.002	0.019
水泥砂浆找平层	18	9.0	0.930	11.370	1.00	0.019	0.220
页岩陶粒混凝土找坡层 干密度 1500	20	6.7	0.770	9.650	1.10	0.024	0.251
钢筋混凝土	120	12.0	1.740	17.200	1.00	0.069	1.186
石灰水泥砂浆	20	10.0	0.870	10.750	1.00	0.023	0.247
各层之和Σ	334	—	—	—	—	2.849	4.372
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.75						
传热系数 K=1/(0.16+ΣR)	0.33						
重质/轻质	重质围护结构						

11.1.1.1 空调房间：逐时温度



0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.76	26.74	26.72	26.70	26.68	26.66	26.64	26.63	26.61	26.59	26.59	26.58
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.59	26.61	26.63	26.66	26.69	26.72	26.75	26.77	26.78	26.79	26.78	26.77

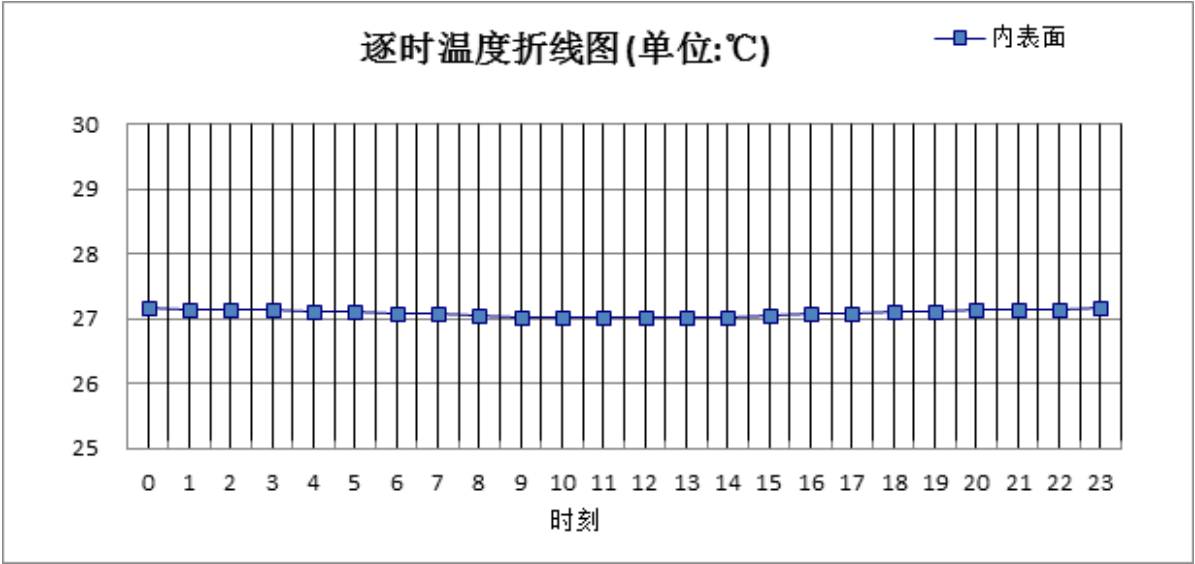
11.2 外墙（填充墙）构造

11.2.1 外墙构造一

材料名称 由外到内	厚度	差分 步长	导热 系数	蓄热 系数	修正 系数	热阻	热惰性 指标
	(mm)	(mm)	W/(m.K)	W/(m².K)	α	(m² K)/W	D=R*S
热固复合聚苯乙烯泡沫保温	50	3.8	0.050	0.850	1.20	0.833	0.850

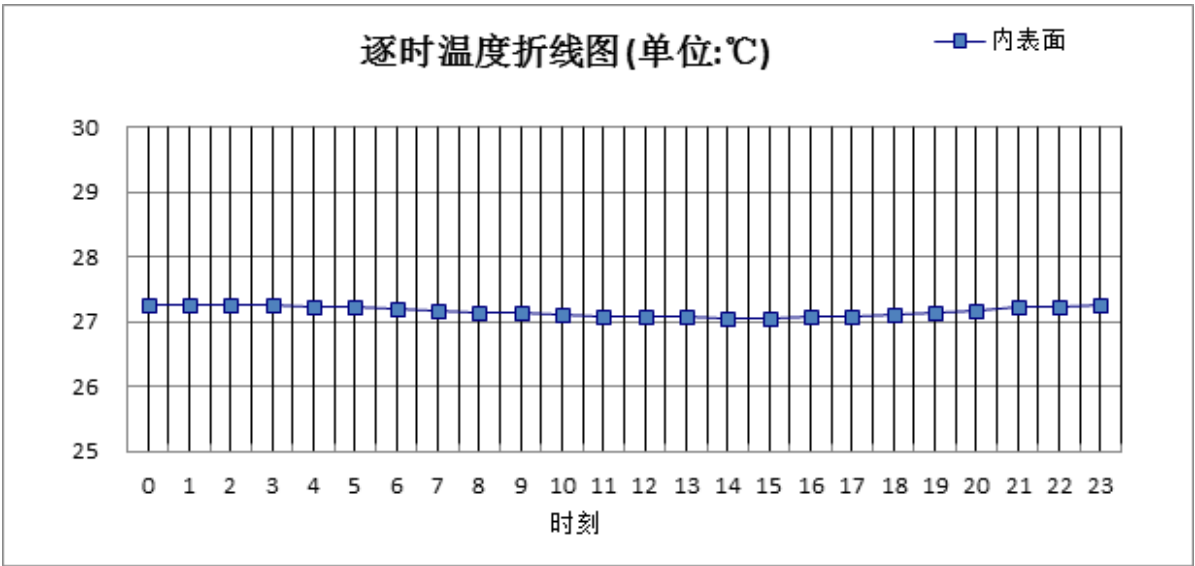
装饰一体板							
聚合物水泥防水涂膜	1.5	1.5	0.810	10.070	1.00	0.002	0.019
聚合物水泥防水砂浆	5	5.0	0.810	10.070	1.00	0.006	0.062
水泥砂浆抹平	15	7.5	0.930	11.370	1.00	0.016	0.183
重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	9.1	0.580	7.920	1.00	0.345	2.731
石灰水泥砂浆	20	10.0	0.870	10.750	1.00	0.023	0.247
各层之和Σ	291.5	—	—	—	—	1.225	4.092
差分时间步长(分钟)	5.0						
外表面太阳辐射吸收系数	0.75						
传热系数 K=1/(0.16+ΣR)	0.72						
重质/轻质	重质围护结构						

11.2.1.1 空调房间：东向逐时温度



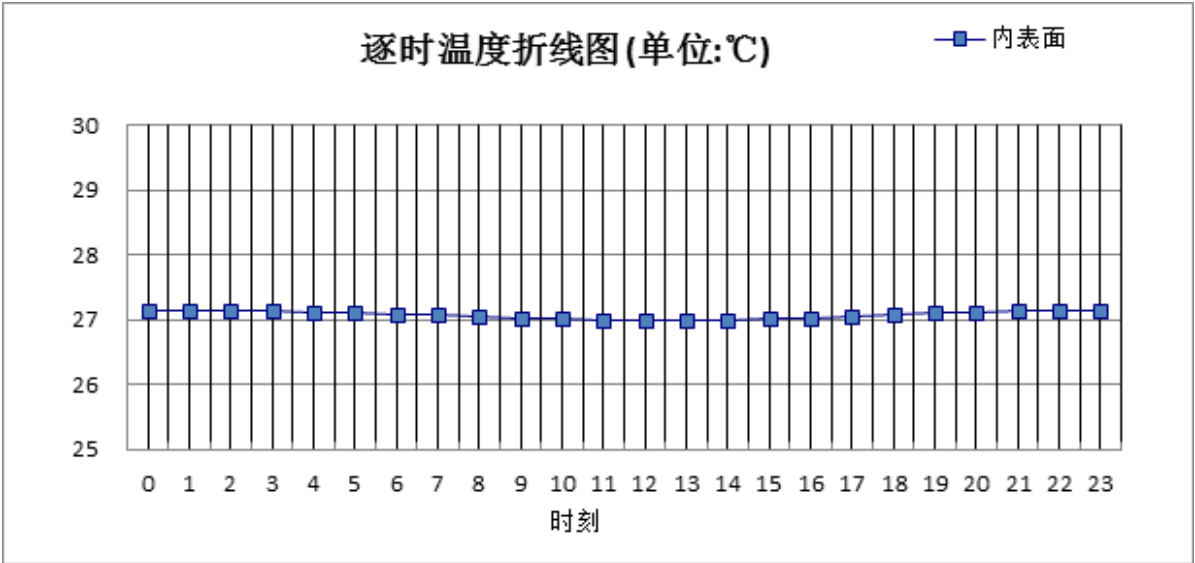
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
27.16	27.15	27.14	27.13	27.12	27.10	27.09	27.07	27.05	27.03	27.02	27.01
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
27.01	27.02	27.03	27.05	27.07	27.08	27.10	27.12	27.13	27.15	27.15	27.16

11.2.1.2 空调房间：西向逐时温度



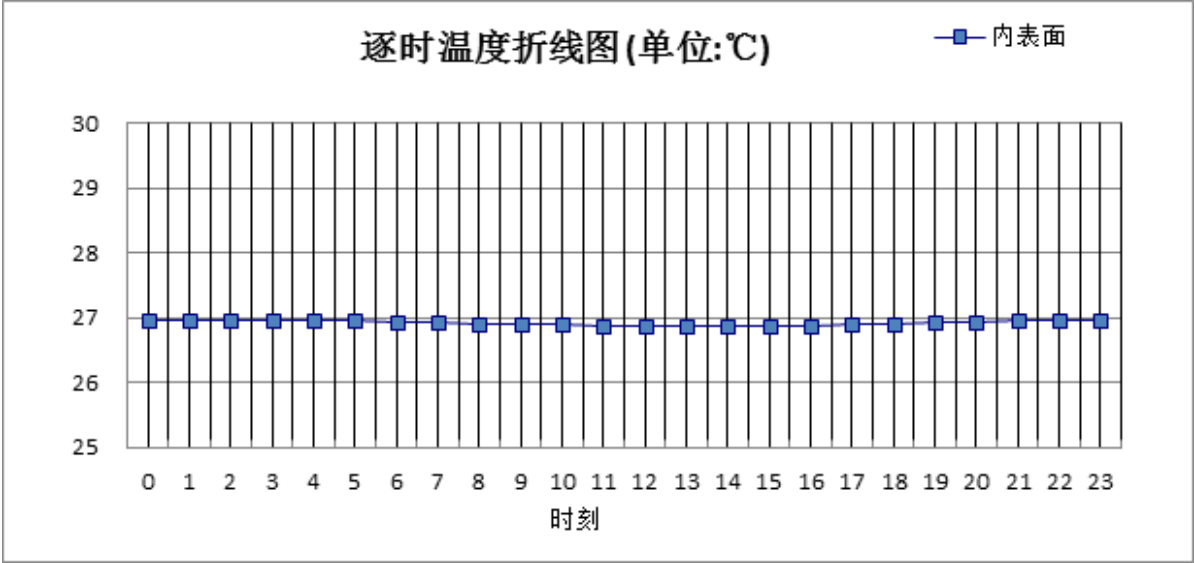
0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
27.27	27.27	27.26	27.25	27.23	27.22	27.20	27.18	27.15	27.13	27.11	27.09
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
27.08	27.07	27.06	27.06	27.07	27.09	27.11	27.15	27.18	27.22	27.24	27.26

11.2.1.3 空调房间：南向逐时温度



0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
27.15	27.15	27.14	27.13	27.12	27.10	27.09	27.07	27.05	27.03	27.02	27.00
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.99	26.99	27.00	27.01	27.02	27.05	27.07	27.10	27.12	27.14	27.15	27.15

11.2.1.4 空调房间：北向逐时温度



0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
26.97	26.97	26.97	26.96	26.95	26.95	26.94	26.93	26.91	26.90	26.89	26.88
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
26.87	26.87	26.87	26.88	26.88	26.90	26.91	26.92	26.94	26.95	26.96	26.97

12. 验算结论

12.1 空调房间

类型	构造	时刻	最高温度(℃)	限值(℃)	结论
屋顶	上:屋顶构造	20:50	26.79	28.50	满足
外墙（填充墙）	东:外墙构造一	23:05	27.16	28.00	满足
	西:外墙构造一	0:30	27.27	28.00	满足
	南:外墙构造一	23:30	27.15	28.00	满足
	北:外墙构造一	0:20	26.97	28.00	满足

室内声环境分析报告

学校建筑 2#学生宿舍

1 项目概况

工程名称	2#学生宿舍		
建筑面积 (m²)	地上 1398	地下 0	
建筑层数	地上 1	地下 0	
建筑高度 (m)	地上 4.2		
北向角度 (°)	90		

请先在[模型观察]命令中保存图片！

图 1-1 建筑模型

2 评价依据

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 (2024 年版)

《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010

《建筑隔声评价标准》GB/T 50121-2005

《建筑声学设计手册》

《建筑隔声设计—空气声隔声技术》

《声学手册》

《噪声与振动控制工程手册 》

《建筑声学设计原理》

《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ/T 449-2018

《建筑设计资料集 (2) 第二版》

3 标准要求

■ 控制项要求：

5.1.4 建筑声环境设计应符合下列要求：

- 场地规划布局和建筑平面设计时应合理规划噪声源区域和噪声敏感区域，并进行识别和标注；
- 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标不应低于现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定，并应根据隔声性能指标明确主要建筑构件的构造做法。

■ 评分项要求：

5.2.6 采取措施优化主要功能房间的室内声环境，评价总分值为 8 分，并按下列规则分别评分并累计：

- 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分；
- 建筑物内部设备传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分。

5.2.7 主要功能房间的隔声性能良好，评价总分值为 10 分，按表 5.2.7 的规则分别评分并累计：

表 5.2.7 主要功能房间隔声性能评分规则

建筑类别	构件或房间名称		评价指标	得分
住宅建筑	卧室含窗外墙		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2mnT,w} + C_{tr} \geq 35dB$	2
	相邻两户 房间之间 隔声	隔墙两侧房间之间	计权标准化声压级差与交通噪声频谱修正量之和 $D_{nT,w} + C_{tr} \geq 50dB$ (卧室与邻户房间之间)	2
		楼板两侧房间之间	且计权标准化声压级差与粉红噪声频谱修正量之和 $D_{nT,w} + C \geq 50dB$ (其他相邻两户房间之间)	2
	卧室、起居室楼板撞击声隔声		计权标准化撞击声压级 $L'_{nT,w} \leq 60dB(55dB)$	2(4)

公共建筑	外围护结构		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2mnL,w} + C_{tr} \geq 30\text{dB}$	2
	房间之间 隔声	隔墙两侧房间之间	比《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 规定限值高 3dB 及以上	2
		楼板两侧房间之间		2
	楼板撞击声隔声		比《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 规定限值高 5dB (10) dB 及以上	2(4)

4 声学原理及计算方法

4.1 原理概要

声音通过围护结构的传播，按传播规律有两种途径。由此可将声音分为：

- 空气声：声源经过空气向四周传播的噪声，如室外交通噪声。
- 撞击声：两物体相互撞击产生的噪声，通过固体来传播，如楼板上行走的脚步声。

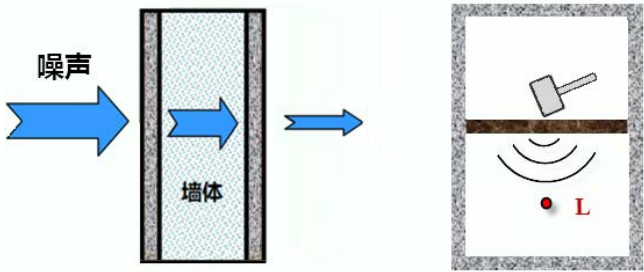


图 4-1 空气声和撞击声

在建筑声学中，这两种声音有时也会相互关联。例如，脚步声既是空气声（直接传播到空气中）又是撞击声（通过楼板结构传递）。以下将分别阐述空气声、撞击声的隔声原理。

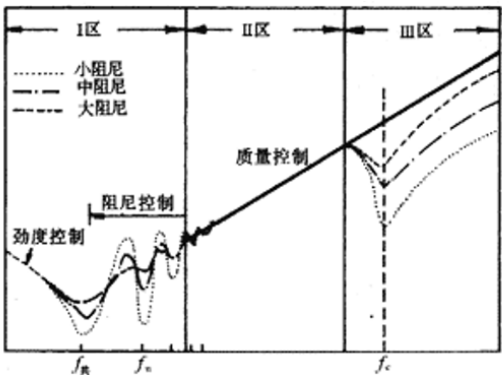
4.1.1 空气声隔声

墙、板、门、窗和屏障等构件，对于入射声波具有较强的反射，使透射声波大大减小，从而起到隔声作用。为了表示材料及构件的空气声隔声性能，常采用隔声量 R 这一指标来体现。

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} \dots\dots\dots \text{公式 4-1}$$

式中：τ — 为构件的透射系数，透射声能与入射声能之比。

构件的透射系数越小，隔声量就越大，隔声性能越好。对于高声阻、刚性、匀质密实的围护结构，通常越密实的材料对应结构的隔声性能越好。单层匀质密实墙的隔声性能和入射声波的频率有关，还取决于墙体的面密度、劲度、材料的内阻尼以及墙边界条件等因素。现在的节能建筑一般采取多层复合墙板达到节能保温的效果，也可以增加墙体的隔声性能。



4-2 单层匀质墙典型隔声频率特性曲线

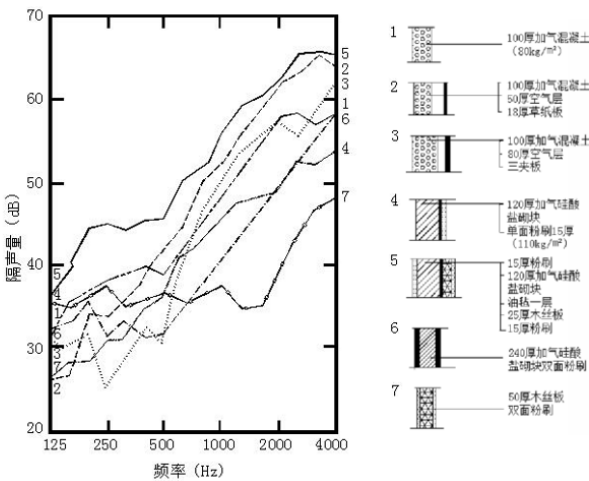


图 4-3 改善多孔材料的隔声特性实例

4.1.2 撞击声隔声

物体的撞击、设备振动、卫生设备及管道使用都会产生固体噪声。根据隔声的质量定律，楼板具有一定的隔绝空气声的能力，但是由于楼板与四周墙体为刚性连接，将使振动能量沿着建筑结构传播。

4.2 计算方法

4.2.1 均质构件的空气声隔声量

一般由混凝土材料组成的单一构造做法的构件，其空气声隔声量按照经验公式进行计算分析¹。砌体材料、保温层材料、轻钢龙骨材料等轻质材料的空气声隔声和撞击声隔声情况无法通过公式直接进行计算，一般采用与典型构造的现场检测值进行对比的形式来确定。

隔声量经验公式，以质量定律²为基本理论，虽然不完全符合质量定律中的假定条件，但经验公式充分考虑了实践的因素（包括实验室测定、现场测定等研究成果）。并且其基本变量还是质量 m，而质量大小控制隔声量。因此，经验公式是理论向实践的延伸，其结果更接近实际。

$$\begin{aligned} R &= 23\lg m + 11\lg f - 41 \quad (m \geq 200\text{kg/m}^2) \\ R &= 13\lg m + 11\lg f - 18 \quad (m \leq 200\text{kg/m}^2) \end{aligned}$$

公式 4-2

4.2.2 组合墙的空气声有效隔声量

组合墙是指含门窗的墙体，其总隔声表现与每个构件的隔声性能有关。组合墙中，单一均质构件，例如墙体，其隔声量依隔声量经验公式计算获得。但组合墙的整体隔声表现需要考虑门窗缝隙、房间吸声量等因素的影响。在等传声度的原则下，单面组合墙的空气声有效隔声量按照下列公式进行计算。

透射系数：

$$\tau_{kj} = 10^{-0.1R_{kj}}$$

公式 4-3

组合墙的平均透射系数：

$$\bar{\tau}_j = \sum_{k=1}^n \tau_{kj} S_k / \sum_{k=1}^n S_k$$

公式 4-4

实际隔声量：

$$R_{jS} = 10\lg \frac{1}{\bar{\tau}_j}$$

公式 4-5

有效隔声量是判断降噪效果的最终指标，它与室内表面吸声状况、构件面积等有关。

$$R_{jV} = R_{jS} + 10\lg \frac{A_j}{\sum_{k=1}^n S_k}$$

公式 4-6

式中： τ_{kj} — 隔声构件 k 在中心频率为 j 时的透射系数；
 R_{kj} — 隔声构件 k 在中心频率为 j 时的空气声隔声量，dB；
 S_k — 隔声构件 k 的面积，m²，如外墙、外窗、外门；
 A_j — 房间在中心频率为 j 时的总吸声量，m²。

4.2.3 房间的总吸声量

各中心频率下的总吸声量，按照下面的公式计算：

$$A_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} S_i$$

公式 4-7

式中： A_j — 房间在中心频率为 j 时的总吸声量，m²；
 α_{ij} — 构件 i 在中心频率为 j 时的吸声系数；
 S_i — 构件 i 的内表面积，m²，这里包括内墙、内窗、地板和天花板。

4.2.4 缝隙对组合墙隔声量的影响

在通常门/窗与墙之间在安装过程中都会留下缝隙³，而一般的缝隙填充材料对降低隔声几乎没有实际的效果，所以该缝隙对组合墙的隔声性能影响较大。

缝隙的影响主要决定于其尺寸和声波波长的比值。如果孔的尺寸大于声波波长时，透过缝隙的声能可近似认为与缝隙的面积成正比。缝隙导致的隔声量降低值用下列公式表示：

$$\Delta R = 10\lg \frac{S_C + S_0 \cdot 10^{0.1R_0}}{S_C + S_0}$$

公式 4-8

¹ 《建筑隔声设计——空气声隔声技术》中推荐经验公式计算混凝土材料组成的建筑构件的空气声隔声量。

² 质量定律是指在声学隔声中，使用质量定律来描述材料对声波的隔离效果。该定律表明，隔声材料的质量密度与其隔声性能有关。其公式为：

$R_0 = 10\lg \left[1 + \left(\frac{\pi m f}{\rho_0 c} \right)^2 \right]$ （式中：m 为面密度，单位 kg/m²；ρ₀ 为空气密度，单位 kg/m³；c 为声音在空气中的传播速度，一般取 344m/s；f 为入射声波的频率）。上述公式表明，单位面积质量每增加一倍，隔声量可增加 6dB。入射声波的频率每增加一倍，隔声量也可增加 6dB。

³ 一般的门/窗与墙之间的缝隙为 0.5cm（装配式）和 1cm（非装配式）。

式中： R_0 — 隔声结构的隔声量；
 S_0 — 缝隙的面积；
 S_e — 组合墙的面积。

4.2.5 撞击声隔声量

本报告参照相近楼板构造的撞击声计权隔声量，依据《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的要求，求得计权规范化撞击声压级来评价楼板的撞击声隔声性能。

4.2.6 单值评价量

单值评价量是表征隔声性能的单值，该值综合考虑了建筑或建筑构件在规定频率范围内的隔声性能。依据《建筑隔声评价标准》GB/T 50121 提供了单值评价量的计算方法。

计权隔声量是表征构件空气声隔声性能的单值评价量，满足不利偏差 P_i 要求的最大值即为空气声隔声计权单值评价量，精确到 1dB。

1) 可采用公式法求得：

$$\sum_{i=1}^5 P_i \leq 10.0$$
$$P_i = \begin{cases} X_W + K_i - X_i & X_W + K_i - X_i > 0 \\ 0 & X_W + K_i - X_i \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots \text{公式 4-9}$$

式中： X_W — 空气声隔声计权单值评价量；
 K_i — 第 i 个频带的基准值；
 X_i — 第 i 个频带的隔声量，精确到 0.1dB；
 i — 频带的序号， $i=1\sim5$ ，代表 125~2000Hz 范围内的 5 个中心频率。

2) 计权规范化撞击声压级是表征构件撞击声隔声性能的单值评价量，满足不利偏差要求的最小值再减 5dB 即为撞击声隔声计权单值评价量，精确到 1dB，可采用公式法求得：

$$P_i = \begin{cases} X_t - K_t - X_W - 5 & X_t - K_t - X_W - 5 > 0 \\ 0 & X_t - K_t - X_W - 5 \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots \text{公式 4-10}$$

式中： X_W — 撞击声隔声计权单值评价量；
 X_i — 第 i 个频带的撞击声压级，精确到 0.1dB。

表 4.1 各频带基准值 K_i 单位：dB

倍频程中心频率	125Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
空气声基准值	-16	-7	0	3	4
撞击声基准值	2	2	0	-3	-16

4.2.7 频谱修正量

频谱修正量是因隔声频谱不同以及声源空间的噪声频谱不同，所需加到空气声隔声单值评价量上的修正值。当声源空间的噪声呈粉红噪声频率特性或交通噪声频率特性时，计算得到的频谱修正量分别是粉红噪声频谱修正量或交通噪声频谱修正量。

《建筑隔声评价标准》GB/T 50121 中明确了频谱修正量 C_j 的算法：

$$C_j = -10lg \sum 10^{(L_{ij}-X_i)/10} - X_W \dots\dots\dots \text{公式 4-11}$$

式中： j — 频谱序号， $j=1$ 或 2 ，1 为计算 C 的频谱 1，2 为计算 C_{tr} 的频谱 2；
 X_W — 空气声隔声计权单值评价量；
 i — 100~3150Hz 的 1/3 倍频程或 125~2000Hz 的倍频程序号；
 L_{ij} — 第 j 号频谱的第 i 个频带的声压级；
 X_i — 第 i 个频带的隔声量，精确到 0.1dB。

频谱修正量在计算时应精确到 0.1dB，得出的结果应修约为整数。

表 4.2 计算频谱修正量的声压级频谱 单位：dB

倍频程中心频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
计算粉红噪声 C 的频谱 1	-21	-14	-8	-5	-4
计算交通噪声 Ctr 的频谱 2	-14	-10	-7	-4	-6

4.2.8 声压级叠加

确定了声源噪声级、构件隔声量、频谱修正量后，即可算得噪声通过围护结构传到室内的噪声级。

$$L_{mW-N} = L_{mW} - R_{mW} \dots\dots\dots \text{公式 4-12}$$

$$L_{W-N} = 10 \lg \sum_{m=1}^n 10^{0.1L_{mW-N}} \dots\dots\dots \text{公式 4-13}$$

式中： L_{mW-N} — 噪声源通过围护结构 m 传到室内的噪声级，dB (A)；
 L_{mW} — 围护结构 m 对应的噪声源噪声级，dB (A)；
 R_{mW} — 围护结构 m 隔声量，dB ；
 L_{W-N} — 噪声源通过多面围护结构传到室内的总噪声级，dB (A)。

4.2.9 声功率级与声压级

室内设备噪声可视为一个室内点声源，假定声场充分扩散，可利用下述公式计算声源至不同距离的声压级 L_p ，再将多个声源产生的噪声叠加，从而获得房间内部噪声源对室内声环境的影响值。计算结果见下表：

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \dots\dots\dots \text{公式 4-14}$$

$$R = \frac{S \times \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}} \dots\dots\dots \text{公式 4-15}$$

式中： L_w — 声源的声功率级，dB ；
 r — 离开声源的距离，m ；
 Q — 声源指向性因数；
 R — 房间常数；
 S — 平均室内总表面面积，m²；
 $\bar{\alpha}$ — 吸声系数。

5 声环境影响评价

5.1 声学分区

本项目中，产生噪声的区域、混合区域、交通区域、噪声敏感区域识别及分区标注参见附录 1。

5.2 主要构件隔声性能

本项目中建筑围护结构详细信息可见下表：

表 5.1 建筑围护结构构造与材料清单

构件	材料	厚度 (mm)	密度 (kg/m ³)	面密度 (kg/m ²)	总面密度 (kg/m ²)
外墙(填充墙)	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	60	150	9	360
	聚合物水泥防水涂膜	1.5	1600	2	
	聚合物水泥防水砂浆	5	1600	8	
	水泥砂浆抹平	15	1800	27	
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	1400	280	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
外墙(剪力墙)	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	60	150	9	360
	聚合物水泥防水涂膜	1.5	1600	2	
	聚合物水泥防水砂浆	5	1600	8	
	水泥砂浆抹平	15	1800	27	
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	1400	280	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
隔墙	石灰水泥砂浆	20	1700	34	188
	薄灰缝(3~5mm)蒸压加气混凝土砌块墙	200	600	120	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
屋顶	碎石、卵石混凝土(ρ =2300)干铺聚酯纤维无纺布一层	50	2300	115	522
	难燃型挤塑聚苯板 低烟低毒 计算	100	29	3	

	厚度 100				
	SBS 改性沥青防水卷材	3	900	3	
	水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	1600	2	
	水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	1600	2	
	水泥砂浆找平层	18	1800	32	
	页岩陶粒混凝土找坡层 干密度 1500	20	1500	30	
	钢筋混凝土	120	2500	300	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
地面	水泥砂浆(满挂钢丝网)	20	1800	36	336
	钢筋混凝土	120	2500	300	

5.2.1 墙、板空气声隔声量⁴

表 5.2 墙板空气声隔声性能计算详表⁵ 单位：

dB

构件	计算过程参数					
教学用房外墙	构造做法	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板 60mm+ 聚合物水泥防水涂膜 1.5mm+ 聚合物水泥防水砂浆 5mm+ 水泥砂浆抹平 15mm+ 重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙 200mm+ 石灰水泥砂浆 20mm				
	参照构造	--				
	面密度(kg/m²)	360				
	隔声量来源	通过经验公式计算				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	40.9	44.2	47.5	50.8	54.1
	不利偏差	0.0	0.0	3.5	3.2	0.9
	计权隔声量	51				
	频谱修正量	-3.0				
	隔声性能	48				
	限值	低限:≥45,高要求:≥50				
	结论	满足平均要求				

5.2.2 门窗的空气声隔声量

由于门窗隔声特性复杂，不适宜参照匀质墙体进行公式计算各频率下隔声量，本项目参考相关声学资料中相近构造的门窗的空气声隔声量进行计算。门窗的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

表 5.3 门窗空气声隔声性能计算详表 单位：dB

构件	计算过程参数					
教学用房的门 1	构造名称	内门				
	参照构造	木门 [示例]60 厚木门				
	隔声量来源	《建筑吸声材料与隔声材料》钟祥璋编著				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	24.0	24.0	31.0	35.0	39.0
	不利偏差	0.0	3.0	3.0	2.0	0.0
	计权隔声量	34				
	频谱修正量	-1.0				
	隔声性能	33				
	限值	低限:≥20,高要求:≥25				
	结论	满足高要求				
教学用房的门 2	构造名称	节能外门				
	参照构造	钢质门 外面板厚 2,空腔厚 80,内面板厚 1.5				
	隔声量来源	《建筑吸声材料与隔声材料》钟祥璋编著				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	40.0	43.0	52.0	58.0	62.0
	不利偏差	0.0	5.0	3.0	0.0	0.0
	计权隔声量	55				
	频谱修正量	-2.0				
	隔声性能	53				
	限值	低限:≥20,高要求:≥25				
	结论	满足高要求				

⁴ 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。
⁵ 表中【隔声量来源】指明了计算采用的方法。”通过经验公式计算“指根据公式 4-2 计算而得。无法通过公式直接进行计算，采用与典型构造的现场检测值进行对比的形式来确定，即“参照相近构造的隔声量数据”。

5.2.3 楼板的撞击声隔声量⁶

参照相近楼板构造的撞击声计权隔声量，求得计权规范化撞击声压级。楼板的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

表 5.4 楼板撞击声隔声性能详表
单位：dB
本工程为单层建筑，撞击声隔声性能直接得 5 分。

5.2.4 小结—构件隔声

根据上述计算可知，本项目围护结构隔声结果如下表所示：

表 5.5 构件空气声隔声性能结果统计
单位：dB

构件	单值评价量+频谱修正量	标准限值	结论
教学用房外墙	48	≥45	满足
教学用房的门	33	≥20	满足

表 5.6 楼板撞击声隔声性能结果统计
单位：dB
本工程为单层建筑，撞击声隔声性能直接得 5 分。

5.3 建筑物外部噪声源对主要功能房间的影响评估

建筑外部噪声传到室内的噪声级计算，以典型房间 X001 房间,房间类型[实验教室]为例，进行逐步计算说明。典型房间所处位置如下图 5-1 所示。

本项目其他主要功能房间建筑外部噪声对室内的影响评估结果参见附录 2。

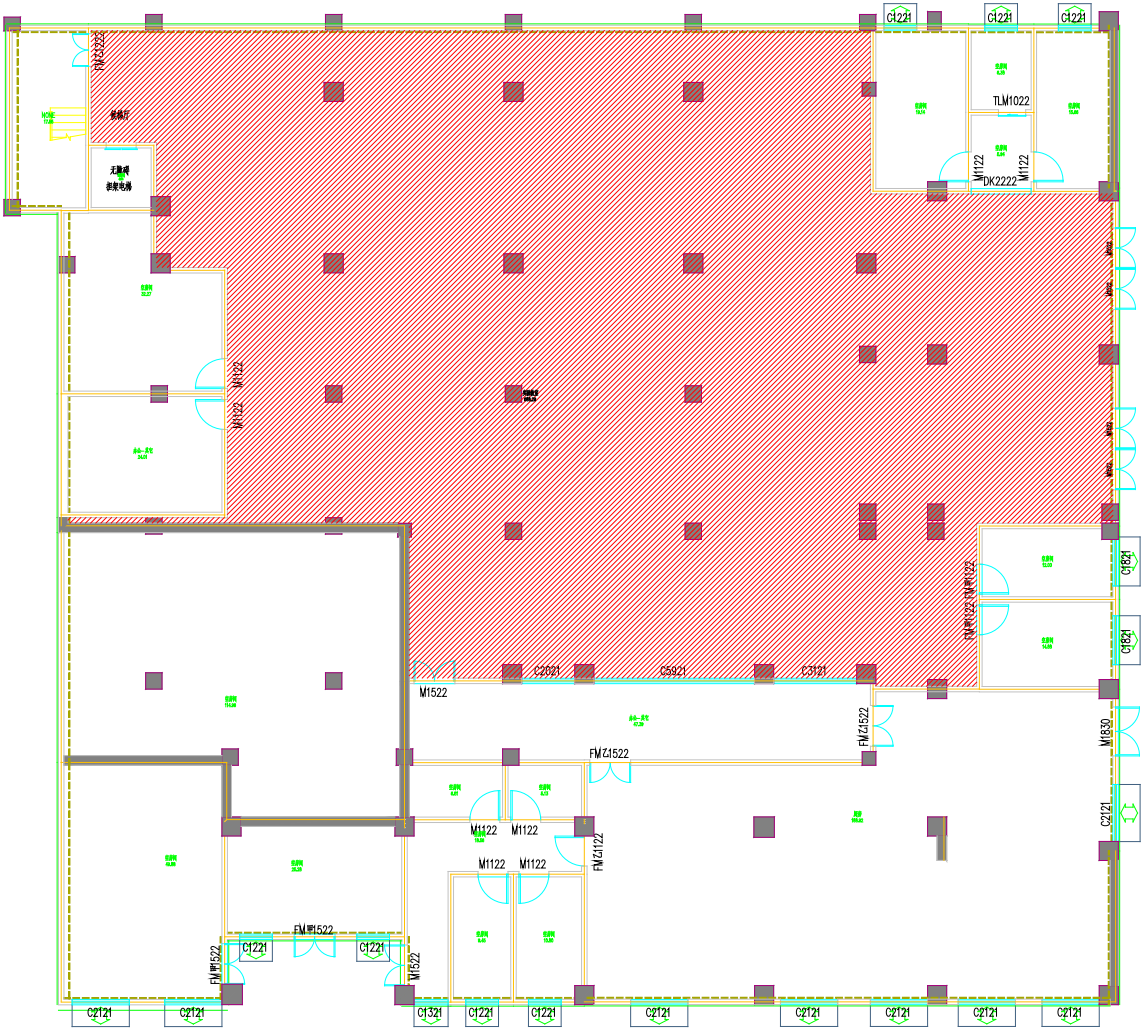


图 5-1 受建筑外部噪声影响的典型房间楼层平面图

5.3.1 典型房间总吸声量

表 5.7 典型房间总吸声量

构件	面积 (m²)	各中心频率下的吸声系数					吸声系数来源
		125	250	500	1000	2000	
内墙	355.9	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
外墙（填充墙）	159.6	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》

⁶ 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

组合墙频谱修正量(dB)	-3				
组合墙隔声量(dB)	49				
组合墙面积(m²)	121.0				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.000				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	0				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	49				
外墙 3					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.9	44.2	47.5	50.8	54.1
组合墙实际隔声量(dB)	40.9	44.2	47.5	50.8	54.1
组合墙有效隔声量(dB)	72.1	72.6	76.6	80.5	84.9
组合墙计权隔声量(dB)	81				
组合墙频谱修正量(dB)	-3				
组合墙隔声量(dB)	78				
组合墙面积(m²)	0.2				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.000				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	0				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	78				
外墙 4+外门(M1522)+外门(M1522)+外门(M1522)+外门(M1522)					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.9	44.2	47.5	50.8	54.1
外门(M1522)隔声量(dB)	40.0	43.0	52.0	58.0	62.0
外门(M1522)隔声量(dB)	40.0	43.0	52.0	58.0	62.0
外门(M1522)隔声量(dB)	40.0	43.0	52.0	58.0	62.0
外门(M1522)隔声量(dB)	40.0	43.0	52.0	58.0	62.0
组合墙实际隔声量(dB)	40.6	43.8	48.3	51.8	55.2
组合墙有效隔声量(dB)	46.5	46.9	52.0	56.1	60.5
组合墙计权隔声量(dB)	56				
组合墙频谱修正量(dB)	-3				
组合墙隔声量(dB)	53				
组合墙面积(m²)	51.7				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.296				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	31				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	22				

5.3.4 典型房间建筑外部噪声传播至室内的噪声级

通过多面组合墙传到室内的噪声进行叠加⁷，可得出建筑外部噪声源传播到本房间的噪声影响：

- 昼间为 33 dB (A)
- 夜间为 23 dB (A)

表 5.9 室外环境噪声通过组合墙传到室内的噪声级

外围护结构	室外噪声级(dBA)		隔声量(dB)		传到室内噪声级 (dBA)	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
外墙 1	55	45	67	67	<5	<5
外墙 2	55	45	49	49	6	<5
外墙 3	55	45	78	78	<5	<5
外墙 4+外门(M1522)+外门(M1522)+外门(M1522)+外门(M1522)	55	45	22	22	33	23

5.3.5 小结—建筑外部噪声影响

本建筑位于 0 类、1 类声环境功能区。按照 5.3.1 节至 5.3.4 节的评估步骤，主要功能房间受建筑外部噪声影响的情况及标准限值小结如下：

表 5.10 本项目主要功能房间受建筑外部噪声影响 单位：dB

房间类型	对标功能	房间编号	最大值		限值		达标判定
			昼	夜	昼	夜	
实验教室	教学医疗办公会议	X001	33	23	37	37	达标

5.4 建筑物内部设备噪声对主要功能房间的影响评估

建筑内部设备噪音主要包括建筑内设备间中设备的运行噪声、房间内新风系统风口噪声等。建筑内声源对目标房间内的噪声影响由两部分构成：房间内的噪声源对本房间的噪声影响、相邻房间的设备噪声通过隔墙、楼板传递的噪声。

⁷ 根据公式 4-12，公式 4-13 计算。

本项目中，以典型房间 **X001 房间,房间类型[实验教室]**为例，依照计算流程，逐步进行计算说明。本项目其他主要功能房间建筑内部设备噪声对室内的影响评估结果参见附录 3。

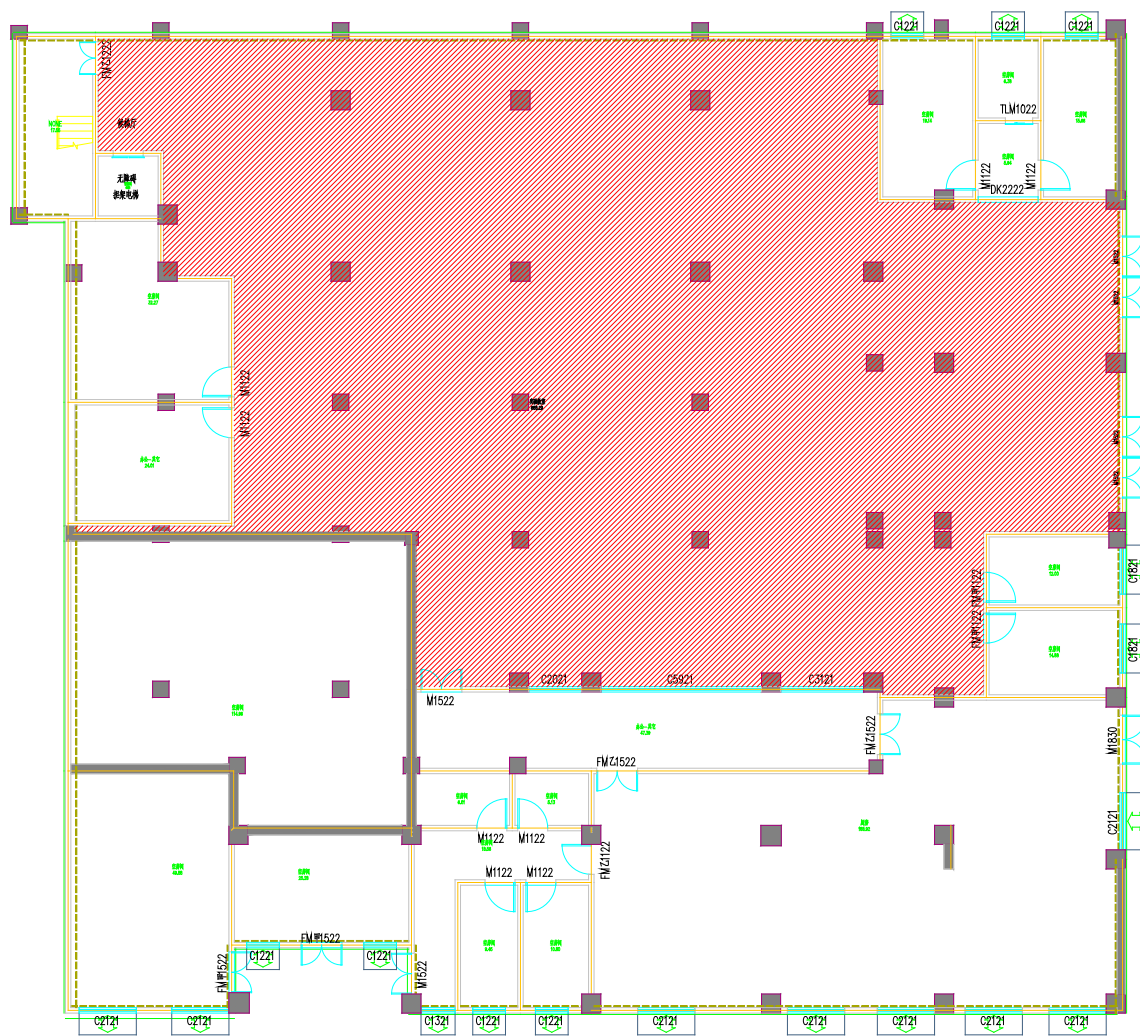


图 5-3 受建筑内设备噪声影响的典型房间楼层平面图

5.4.1 典型房间总吸声量

表 5.11 典型房间总吸声量

构件	面积 (m²)	各中心频率下的吸声系数					吸声系数来源
		125	250	500	1000	2000	
内墙	355.9	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
外墙（填充墙）	159.6	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
外墙（剪力墙）	1.7	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
内窗(C2021)	4.1	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
内窗(C3121)	6.4	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
内窗(C5921)	12.4	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
内门	2.3	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	《声学手册》
内门(FM 甲 1122)	4.8	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
内门(FM 乙 1222)	2.6	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
内门(M1122)	4.8	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
内门(M1522)	3.3	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
外门(M1522)	13.2	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
楼板	702.3	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
屋顶	702.3	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
总吸声量(m²)		201.3	104.4	120.9	140.0	178.3	

5.4.2 典型房间内部设备影响

设备噪声通常使用声功率进行衡量，而声功率描述整个声源系统产生的总声能量，以瓦特（W）为单位。而声压级反映在特定位置上的声音强度，以分贝（dB）为单位。在实际应用中，不同的环境接收点位置不同，所以需将声功率级转换为声压级。

根据公式 4-14，典型房间所受的设备噪声噪声级结果如下：

表 5.12 典型房间内部设备噪声噪声级

参评房间无内部建筑设备

⁸ R_w 作为实验室检测结果, 与实际测量结果 D_{nTW} 存在数值上的差异。若想精确评估可采用根据 ISO 12354 系列标准的方法。

房间	对标功能	结果	标准要求	得分	同类型房间
实验教室[X001]	实验室	48	≥ 30 得 2 分	2	X001

5.5.2 房间之间隔墙的空气声隔声性能

表 5.17 主要功能房间之间隔墙的空气声隔声性能⁹ 单位：dB

房间	对标功能	结果	标准要求	得分	同类型房间

5.5.3 房间之间楼板的空气声隔声性能

表 5.18 主要功能房间之间楼板的空气声隔声性能 单位：dB

5.5.4 楼板的撞击声隔声性能

表 5.19 主要功能房间之间楼板的撞击声隔声性能¹⁰ 单位：dB

6 结论

本项目作为学校建筑，根据《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2024 和《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010 评价要求，本项目声环境影响评价结果及得分如下：

表 6.1 声环境影响评价结果

检查项	评价依据			结论/得分		
控制项	5.1.4 建筑声环境设计应符合下列要求：			——		
	1 场地规划布局 and 建筑平面设计时应合理规划噪声源区域和噪声敏感区域，并进行识别和标注					
	2 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标不应低于现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定，并应根据隔声性能指标明确主要建筑构件的构造做法。		空气声	满足		
			撞击声	满足		
评分项	5.2.6 采取措施优化主要功能房间的室内声环境，评价总分为 8 分，并按下列规则分别评分并累计：			4 分		
	1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分；					
	评价内容	房间的使用功能	噪声限值（dB）			
			0、1 类声功能区		2、3、4 类声功能区	
			2.1.3-1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间室内的噪声限值应符合噪声限值的规定。			
			睡眠		40(昼) 30(夜)	45(昼) 35(夜)
			日常生活		40	45
阅读、自学、思考	35	40				
教学、医疗、办公、会议	40	45				

⁹ 此处若无表格，代表本项目中不存在两户卧室相邻的情况，无需对此项进行评价。
¹⁰ 相同房间使用功能（即对标功能）的主要功能房间，表格中只显示该类房间中隔声量结果最小值。

	2 建筑物内部设备传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分。 <table><tr><th>评价内容</th><th>房间的使用功能</th><th>噪声限值（dB）</th></tr><tr><td rowspan="5">2.1.4 建筑物内部建筑设备传播至主要功能房间室内的噪声应符合噪声限值的规定。</td><td>睡眠</td><td>33</td></tr><tr><td>日常生活</td><td>40</td></tr><tr><td>阅读、自学、思考</td><td>40</td></tr><tr><td>教学、医疗、办公、会议</td><td>45</td></tr><tr><td>人员密集的公共空间</td><td>55</td></tr></table>	评价内容	房间的使用功能	噪声限值（dB）	2.1.4 建筑物内部建筑设备传播至主要功能房间室内的噪声应符合噪声限值的规定。	睡眠	33	日常生活	40	阅读、自学、思考	40	教学、医疗、办公、会议	45	人员密集的公共空间	55	4 分							
评价内容	房间的使用功能	噪声限值（dB）																					
2.1.4 建筑物内部建筑设备传播至主要功能房间室内的噪声应符合噪声限值的规定。	睡眠	33																					
	日常生活	40																					
	阅读、自学、思考	40																					
	教学、医疗、办公、会议	45																					
	人员密集的公共空间	55																					
5.2.7 主要功能房间的隔声性能良好，评价总分值为 10 分，按表 5.2.7 的规则分别评分并累计： <table><tr><th>建筑类别</th><th colspan="2">构件或房间名称</th><th>评价指标</th><th>得分</th></tr><tr><td rowspan="4">公共建筑</td><td colspan="2">外围护结构</td><td>计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{fmax,T,w} + C_{tr} \geq 30dB$</td><td>2</td></tr><tr><td rowspan="2">房间之间隔声</td><td>隔墙两侧房间之间</td><td rowspan="2">比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 3dB 及以上</td><td>2</td></tr><tr><td>楼板两侧房间之间</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="2">卧室、起居室楼板撞击声隔声</td><td>比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 5dB 及以上</td><td>2(4)</td></tr></table>			建筑类别	构件或房间名称		评价指标	得分	公共建筑	外围护结构		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{fmax,T,w} + C_{tr} \geq 30dB$	2	房间之间隔声	隔墙两侧房间之间	比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 3dB 及以上	2	楼板两侧房间之间	2	卧室、起居室楼板撞击声隔声		比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 5dB 及以上	2(4)	10 分
建筑类别	构件或房间名称		评价指标	得分																			
公共建筑	外围护结构		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{fmax,T,w} + C_{tr} \geq 30dB$	2																			
	房间之间隔声	隔墙两侧房间之间	比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 3dB 及以上	2																			
		楼板两侧房间之间		2																			
	卧室、起居室楼板撞击声隔声		比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 5dB 及以上	2(4)																			

室内声环境分析报告

学校建筑

3#实验楼

7 项目概况

工程名称	3#实验楼		
建筑面积 (m²)	地上 9155	地下 0	
建筑层数	地上 5	地下 0	
建筑高度 (m)	地上 20.4		
北向角度 (°)	90		

请先在[模型观察]命令中保存图片！

图 1-1 建筑模型

8 评价依据

- 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 (2024 年版)
- 《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010
- 《建筑隔声评价标准》GB/T 50121-2005
- 《建筑声学设计手册》
- 《建筑隔声设计—空气声隔声技术》
- 《声学手册》
- 《噪声与振动控制工程手册 》
- 《建筑声学设计原理》
- 《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ/T 449-2018
- 《建筑设计资料集 (2) 第二版》

9 标准要求

- 控制项要求：
- 5.1.4 建筑声环境设计应符合下列要求：
- 1 场地规划布局 and 建筑平面设计时应合理规划噪声源区域和噪声敏感区域，并进行识别和标注；

2 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标不应低于现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定，并根据隔声性能指标明确主要建筑构件的构造做法。
- 评分项要求：
- 5.2.6 采取措施优化主要功能房间的室内声环境，评价总分为 8 分，并按下列规则分别评分并累计：
- 1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分；

2 建筑物内部设备传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分。
- 5.2.7 主要功能房间的隔声性能良好，评价总分为 10 分，按表 5.2.7 的规则分别评分并累计：

表 5.2.7 主要功能房间隔声性能评分规则

建筑类别	构件或房间名称		评价指标	得分
住宅建筑	卧室含窗外墙		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2mnT,w} + C_{tr} \geq 35dB$	2
	相邻两户 房间之间 隔声	隔墙两侧房间之间	计权标准化声压级差与交通噪声频谱修正量之和 $D_{nT,w} + C_{tr} \geq 50dB$ (卧室与邻户房间之间)	2
		楼板两侧房间之间	且计权标准化声压级差与粉红噪声频谱修正量之和 $D_{nT,w} + C \geq 50dB$ (其他相邻两户房间之间)	2
	卧室、起居室楼板撞击声隔声		计权标准化撞击声压级 $L'_{nT,w} \leq 60dB(55dB)$	2(4)
公共建筑	外围护结构		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2mnT,w} + C_{tr} \geq 30dB$	2
	房间之间 隔声	隔墙两侧房间之间	比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 3dB	2
		楼板两侧房间之间	及以上	2
	楼板撞击声隔声		比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 5dB (10) dB 及以上	2(4)

10 声学原理及计算方法

10.1 原理概要

声音通过围护结构的传播，按传播规律有两种途径。由此可将声音分为：

- 空气声：声源经过空气向四周传播的噪声，如室外交通噪声。
- 撞击声：两物体相互撞击产生的噪声，通过固体来传播，如楼板上行走的脚步声。

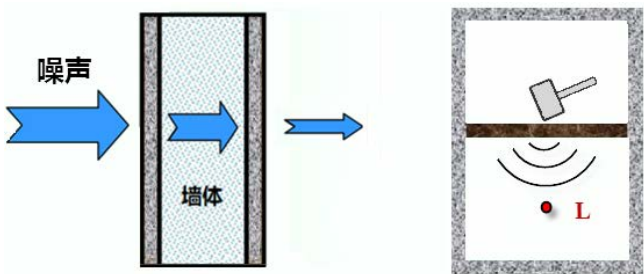


图 4-1 空气声和撞击声

在建筑声学中，这两种声音有时也会相互关联。例如，脚步声既是空气声（直接传播到空气中）又是撞击声（通过楼板结构传递）。以下将分别阐述空气声、撞击声的隔声原理。

10.1.1 空气声隔声

墙、板、门、窗和屏障等构件，对于入射声波具有较强的反射，使透射声波大大减小，从而起到隔声作用。为了表示材料及构件的空气声隔声性能，常采用隔声量 R 这一指标来体现。

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} \dots\dots\dots \text{公式 4-1}$$

式中：τ — 为构件的透射系数，透射声能与入射声能之比。

构件的透射系数越小，隔声量就越大，隔声性能越好。对于高声阻、刚性、匀质密实的围护结构，通常越密实的材料对应结构的隔声性能越好。单层匀质密实墙的隔声性能和入射声波的频率有关，还取决于墙体的面密度、劲度、材料的内阻尼以及墙边界条件等因素。现在的节能建筑一般采取多层复合墙板达到节能保温的效果，也可以增加墙体的隔声性能。

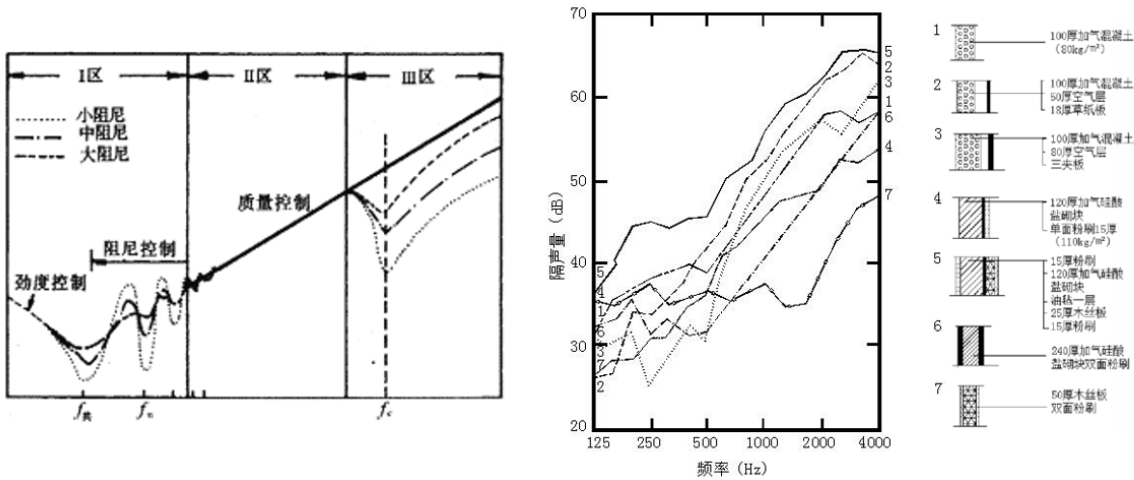


图 4-3 改善多孔材料的隔声特性实例

图 4-2 单层匀质墙典型隔声频率特性曲线

10.1.2 撞击声隔声

物体的撞击、设备振动、卫生设备及管道使用都会产生固体噪声。根据隔声的质量定律，楼板具有一定的隔绝空气声的能力，但是由于楼板与四周墙体为刚性连接，将使振动能量沿着建筑结构传播。

10.2 计算方法

10.2.1 均质构件的空气声隔声量

一般由混凝土材料组成的单一构造做法的构件，其空气声隔声量按照经验公式进行计算分析¹¹。砌体材料、保温层材料、轻钢龙骨材料等轻质材料的空气声隔声和撞击声隔声情况无法通过公式直接进行计算，一般采用与典型构造的现场检测值进行对比的形式来确定。

隔声量经验公式，以质量定律¹²为基本理论，虽然不完全符合质量定律中的假定条件，但经验公式充分考虑了实践的因素（包括实验室测定、现场测定等研究成果）。并且其基本变量还是质量 m，而质量大小控制隔声量。因此，经验公式是理论向实践的延伸，其结果更接近实际。

$$\begin{aligned} R &= 23 \lg m + 11 \lg f - 41 \quad (m \geq 200 \text{kg/m}^2) \\ R &= 13 \lg m + 11 \lg f - 18 \quad (m \leq 200 \text{kg/m}^2) \end{aligned} \dots\dots\dots \text{公式 4-2}$$

10.2.2 组合墙的空气声有效隔声量

组合墙是指含门窗的墙体，其总隔声表现与每个构件的隔声性能有关。组合墙中，单一均质构件，例如墙体，其隔声量依隔声量经验公式计算获得。但组合墙的整体隔声表现需要考虑门窗缝隙、房间吸声量等因素的影响。在等传声度的原则下，单面组合墙的空气声有效隔声量按照下列公式进行计算。

透射系数：

$$\tau_{kj} = 10^{-0.1R_{kj}} \dots\dots\dots \text{公式 4-3}$$

¹¹ 《建筑隔声设计——空气声隔声技术》中推荐经验公式计算混凝土材料组成的建筑构件的空气声隔声量。
¹² 质量定律是指在声学隔声中，使用质量定律来描述材料对声波的隔离效果。该定律表明，隔声材料的质量密度与其隔声性能有关。其公式为：

$$R_o = 10 \lg \left[1 + \left(\frac{mf}{\rho_o c} \right)^2 \right]$$
（式中：m 为面密度，单位 kg/m²；ρ_o 为空气密度，单位 kg/m³；c 为声音在空气中的传播速度，一般取 344m/s；f 为入射声波的频率）。上述公式表明，单位面积质量每增加一倍，隔声量可增加 6dB。入射声波的频率每增加一倍，隔声量也可增加 6dB。

组合墙的平均透射系数：

$$\bar{\tau}_j = \sum_{k=1}^n \tau_{kj} S_k / \sum_{k=1}^n S_k \dots\dots\dots$$
 公式 4-4

实际隔声量：

$$R_{jS} = 10\lg \frac{1}{\bar{\tau}_j} \dots\dots\dots$$
 公式 4-5

有效隔声量是判断降噪效果的最终指标，它与室内表面吸声状况、构件面积等有关。

$$R_{jV} = R_{jS} + 10\lg \frac{A_j}{\sum_{k=1}^n S_k} \dots\dots\dots$$
 公式 4-6

- 式中：
- τ_{kj} — 隔声构件 k 在中心频率为 j 时的透射系数；
 - R_{kj} — 隔声构件 k 在中心频率为 j 时的空气声隔声量，dB；
 - S_k — 隔声构件 k 的面积，m²，如外墙、外窗、外门；
 - A_j — 房间在中心频率为 j 时的总吸声量，m²。

10.2.3 房间的总吸声量

各中心频率下的总吸声量，按照下面的公式计算：

$$A_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} S_i \dots\dots\dots$$
 公式 4-7

- 式中：
- A_j — 房间在中心频率为 j 时的总吸声量，m²；
 - α_{ij} — 构件 i 在中心频率为 j 时的吸声系数；
 - S_i — 构件 i 的内表面积，m²，这里包括内墙、内窗、地板和天花板。

10.2.4 缝隙对组合墙隔声量的影响

在通常门/窗与墙之间在安装过程中都会留下缝隙¹³，而一般的缝隙填充材料对降低隔声几乎没有实际的效果，所以该缝隙对组合墙的隔声性能影响较大。

缝隙的影响主要决定于其尺寸和声波波长的比值。如果孔的尺寸大于声波波长时，透过缝隙的声能可近似认为与缝隙的面积成正比。缝隙导致的隔声量降低值用下列公式表示：

$$\Delta R = 10\lg \frac{S_C + S_0 \cdot 10^{0.1R_0}}{S_C + S_0} \dots\dots\dots$$
 公式 4-8

- 式中：
- R_0 — 隔声结构的隔声量；
 - S_0 — 缝隙的面积；
 - S_C — 组合墙的面积。

10.2.5 撞击声隔声量

本报告参照相近楼板构造的撞击声计权隔声量，依据《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的要求，求得计权规范化撞击声压级来评价楼板的撞击声隔声性能。

10.2.6 单值评价量

单值评价量是表征隔声性能的单值，该值综合考虑了建筑或建筑构件在规定频率范围内的隔声性能。依据《建筑隔声评价标准》GB/T 50121 提供了单值评价量的计算方法。

计权隔声量是表征构件空气声隔声性能的单值评价量，满足不利偏差 Pi 要求的最大值即为空气声隔声计权单值评价量，精确到 1dB。

3) 可采用公式法求得：

$$\sum_{i=1}^5 P_i \leq 10.0$$

$$P_i = \begin{cases} X_W + K_i - X_i & X_W + K_i - X_i > 0 \\ 0 & X_W + K_i - X_i \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots$$
 公式 4-9

- 式中：
- X_W — 空气声隔声计权单值评价量；
 - K_i — 第 i 个频带的基准值；
 - X_i — 第 i 个频带的隔声量，精确到 0.1dB；
 - i — 频带的序号，i=1~5，代表 125~2000Hz 范围内的 5 个中心频率。

¹³ 一般的门/窗与墙之间的缝隙为 0.5cm（装配式）和 1cm（非装配式）。

4) 计权规范化撞击声压级是表征构件撞击声隔声性能的单值评价量 ,满足不利偏差要求的最小值再减 5dB 即为撞击声隔声计权单值评价量 ,精确到 1dB ,可采用公式法求得 :

$$P_i = \begin{cases} X_t - K_t - X_w - 5 & X_t - K_t - X_w - 5 > 0 \\ 0 & X_t - K_t - X_w - 5 \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots \text{公式 4-10}$$

式中： X_w — 撞击声隔声计权单值评价量；
 X_i — 第 i 个频带的撞击声压级，精确到 0.1dB。

表 4.1 各频带基准值 K_i 单位：dB

倍频程中心频率	125Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
空气声基准值	-16	-7	0	3	4
撞击声基准值	2	2	0	-3	-16

10.2.7 频谱修正量

频谱修正量是因隔声频谱不同以及声源空间的噪声频谱不同，所需加到空气声隔声单值评价量上的修正值。当声源空间的噪声呈粉红噪声频率特性或交通噪声频率特性时，计算得到的频谱修正量分别是粉红噪声频谱修正量或交通噪声频谱修正量。

《建筑隔声评价标准》GB/T 50121 中明确了频谱修正量 C_j 的算法：

$$C_j = -10 \lg \sum 10^{(L_{ij}-X_i)/10} - X_w \dots\dots\dots \text{公式 4-11}$$

式中： j — 频谱序号，j=1 或 2，1 为计算 C 的频谱 1，2 为计算 C_{tr} 的频谱 2；
 X_w — 空气声隔声计权单值评价量；
 i — 100~3150Hz 的 1/3 倍频程或 125~2000Hz 的倍频程序号；
 L_{ij} — 第 j 号频谱的第 i 个频带的声压级；
 X_i — 第 i 个频带的隔声量，精确到 0.1dB。

频谱修正量在计算时应精确到 0.1dB，得出的结果应修约为整数。

表 4.2 计算频谱修正量的声压级频谱 单位：dB

倍频程中心频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
计算粉红噪声 C 的频谱 1	-21	-14	-8	-5	-4
计算交通噪声 C_{tr} 的频谱 2	-14	-10	-7	-4	-6

10.2.8 声压级叠加

确定了声源噪声级、构件隔声量、频谱修正量后，即可算得噪声通过围护结构传到室内的噪声级。

$$L_{mW-N} = L_{mW} - R_{mW} \dots\dots\dots \text{公式 4-12}$$

$$L_{W-N} = 10 \lg \sum_{m=1}^n 10^{0.1L_{mW-N}} \dots\dots\dots \text{公式 4-13}$$

式中： L_{mW-N} — 噪声源通过围护结构 m 传到室内的噪声级，dB (A)；
 L_{mW} — 围护结构 m 对应的噪声源噪声级，dB (A)；
 R_{mW} — 围护结构 m 隔声量，dB；
 L_{W-N} — 噪声源通过多面围护结构传到室内的总噪声级，dB (A)。

10.2.9 声功率级与声压级

室内设备噪声可视为一个室内点声源，假定声场充分扩散，可利用下述公式计算声源至不同距离的声压级 L_p ，再将多个声源产生的噪声叠加，从而获得房间内部噪声源对室内声环境的影响值。计算结果见下表：

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \dots\dots\dots \text{公式 4-14}$$

$$R = \frac{S \times \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}} \dots\dots\dots \text{公式 4-15}$$

式中： L_w — 声源的声功率级，dB；
 r — 离开声源的距离，m；
 Q — 声源指向性因数；

R — 房间常数；
S — 平均室内总表面面积，m²；
 $\bar{\alpha}$ — 吸声系数。

11 声环境影响评价

11.1 声学分区

本项目中，产生噪声的区域、混合区域、交通区域、噪声敏感区域识别及分区标注参见附录1。

11.2 主要构件隔声性能

本项目中建筑围护结构详细信息可见下表：

表 5.1 建筑围护结构构造与材料清单

构件	材料	厚度 (mm)	密度 (kg/m³)	面密度 (kg/m²)	总面密度 (kg/m²)
外墙(填充墙)	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	60	150	9	360
	聚合物水泥防水涂膜	1.5	1600	2	
	聚合物水泥防水砂浆	5	1600	8	
	水泥砂浆抹平	15	1800	27	
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	1400	280	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
隔墙	石灰水泥砂浆	20	1700	34	188
	薄灰缝(3~5mm)蒸压加气混凝土砌块墙	200	600	120	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
屋顶 1	碎石、卵石混凝土(ρ =2300)干铺聚酯纤维无纺布一层	50	2300	115	522
	难燃型挤塑聚苯板 低烟低毒 计算厚度 100	100	29	3	
	SBS 改性沥青防水卷材	3	900	3	
	水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	1600	2	
	水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	1600	2	
	水泥砂浆找平层	18	1800	32	
	页岩陶粒混凝土找坡层 干密度 1500	20	1500	30	
	钢筋混凝土	120	2500	300	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
屋顶 2	玻璃棉板、毡	100	40	4	4
楼板	水泥砂浆	20	1800	36	331
	无机保温板	30	350	11	
	钢筋混凝土	100	2500	250	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
挑空楼板	水泥砂浆	20	1800	36	345
	钢筋混凝土（1）	100	2500	250	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
	岩棉板	100	160	16	
	钢丝网抗裂砂浆	5	1800	9	
地面	水泥砂浆(满挂钢丝网)	20	1800	36	336
	钢筋混凝土	120	2500	300	

11.2.1 墙、板空气声隔声量¹⁴

表 5.2 墙板空气声隔声性能计算详表¹⁵

单位：dB

构件	计算过程参数					
教学用房外墙	构造做法	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板 60mm+聚合物水泥防水涂膜 1.5mm+聚合物水泥防水砂浆 5mm+水泥砂浆抹平 15mm+重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙 200mm+石灰水泥砂浆 20mm				
	参照构造	--				
	面密度(kg/m²)	360				
	隔声量来源	通过经验公式计算				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	40.9	44.2	47.5	50.8	54.1
	不利偏差	0.0	0.0	3.5	3.2	0.9

¹⁴ 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

¹⁵ 表中【隔声量来源】指明了计算采用的方法。”通过经验公式计算“指根据公式 4-2 计算而得。无法通过公式直接进行计算,采用与典型构造的现场检测值进行对比的形式来确定,即“参照相近构造的隔声量数据”。

	计权隔声量	51
	频谱修正量	-3.0
	隔声性能	48
	限值	低限:≥45,高要求:≥50
	结论	满足平均要求

11.2.2 门窗的空气声隔声量

由于门窗隔声特性复杂，不适宜参照匀质墙体进行公式计算各频率下隔声量，本项目参考相关声学资料中相近构造的门窗的空气声隔声量进行计算。门窗的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

表 5.3 门窗空气声隔声性能计算详表 单位：dB

构件	计算过程参数					
教学用房的门	构造名称	内门				
	参照构造	木门 [示例]60 厚木门				
	隔声量来源	《建筑吸声材料与隔声材料》钟祥璋编著				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	24.0	24.0	31.0	35.0	39.0
	不利偏差	0.0	3.0	3.0	2.0	0.0
	计权隔声量	34				
	频谱修正量	-1.0				
	隔声性能	33				
	限值	低限:≥20,高要求:≥25				
	结论	满足高要求				
教学用房的其他外窗	构造名称	隔热铝合金 6 中透光三银 LOW-E+12 氩气+6 透明中空玻璃窗				
	参照构造	夹层玻璃隔声窗 [示例]8+0.76PVB+8				
	隔声量来源	《建筑隔声与吸声构造》08J931				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
	不利偏差	0.0	0.0	3.0	5.0	1.0
	计权隔声量	38				
	频谱修正量	-5.0				
	隔声性能	33				
	限值	低限:≥25,高要求:≥30				
	结论	满足高要求				

11.2.3 楼板的撞击声隔声量¹⁶

参照相近楼板构造的撞击声计权隔声量，求得计权规范化撞击声压级。楼板的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

表 5.4 楼板撞击声隔声性能详表 单位：dB
本工程无评价对象

11.2.4 小结—构件隔声

根据上述计算可知，本项目围护结构隔声结果如下表所示：

表 5.5 构件空气声隔声性能结果统计 单位：dB

构件	单值评价量+频谱修正量	标准限值	结论
教学用房外墙	48	≥45	满足
教学用房的门	33	≥20	满足
教学用房的其他外窗	33	≥25	满足

表 5.6 楼板撞击声隔声性能结果统计 单位：dB
本工程无评价对象

11.3 建筑物外部噪声源对主要功能房间的影响评估

建筑外部噪声传到室内的噪声级计算，以典型房间 **X005 房间,房间类型[实验教室]**为例，进行逐步计算说明。典型房间所处位置如下图 5-1 所示。

¹⁶ 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

本项目其他主要功能房间建筑外部噪声对室内的影响评估结果参见附录 2。

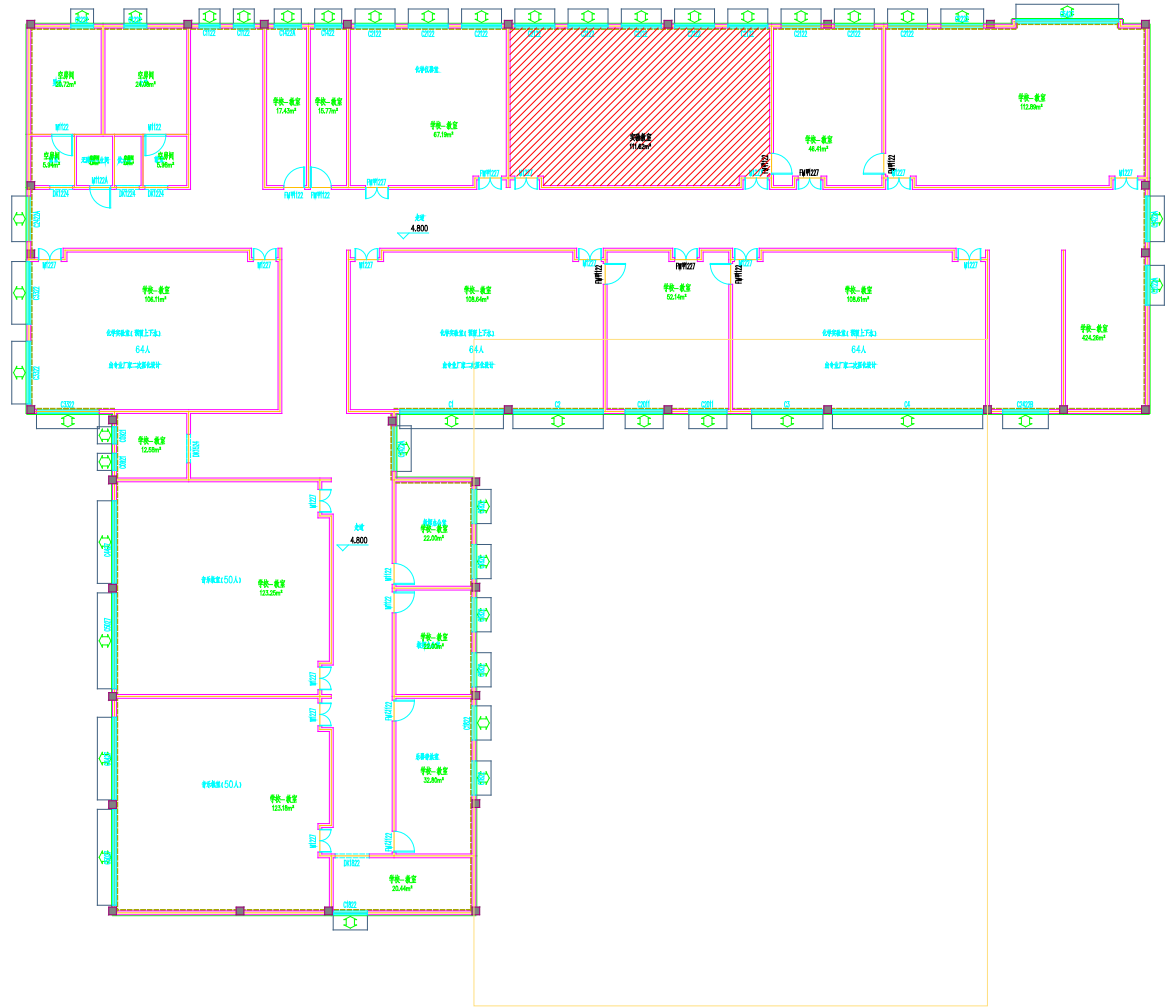


图 5-1 受建筑外部噪声影响的典型房间楼层平面图

11.3.1 典型房间总吸声量

表 5.7 典型房间总吸声量

构件	面积 (m²)	各中心频率下的吸声系数					吸声系数来源
		125	250	500	1000	2000	
内墙	111.4	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
外墙（填充墙）	30.9	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
内门(FM 甲 1122)	2.4	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
内门(M1227)	6.5	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
外窗(C2122)	23.1	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	《声学手册》
楼板	232.1	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
总吸声量(m²)		47.0	25.8	27.5	29.9	36.2	

11.3.2 典型房间室外噪声级

建筑外部噪声即环境噪声，一般指交通运输、社会生活、工业生产中所产生的干扰周围生活环境的[声音](#)。室外环境噪声多来自于交通噪声，通过环境影响评价分析可知外部噪声声压级为：**昼间 55dB(A)， 夜间 45dB(A)**。

11.3.3 典型房间外围护结构隔声量

典型房间外围护结构如下图所示。

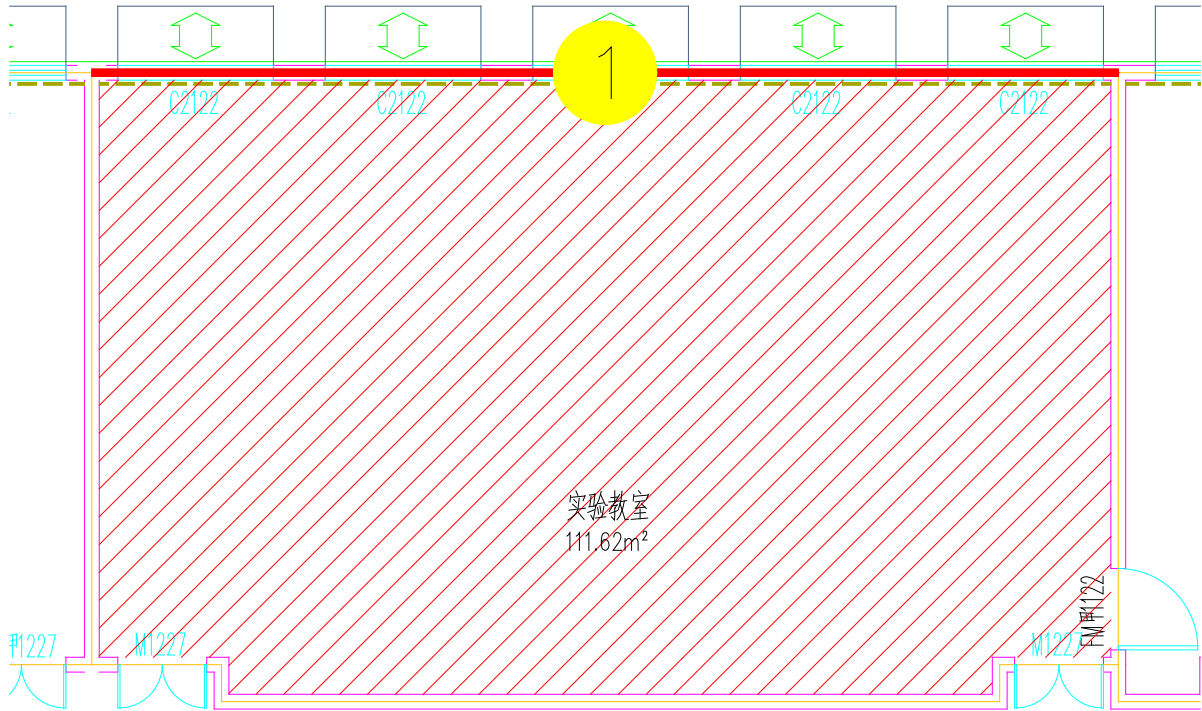


图 5-2 典型房间外围护结构

如果外围护结构为组合墙，其隔声量根据公式 4-4、公式 4-5 计算。在考虑了缝隙的影响以及频谱修正量之后，典型房间的外围护结构隔声量结果如下：

表 5.8 典型房间组合墙隔声量计算表

外墙 1+外窗(C2122)+外窗(C2122)+外窗(C2122)+外窗(C2122)+外窗(C2122)					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.9	44.2	47.5	50.8	54.1
外窗(C2122)隔声量(dB)	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
外窗(C2122)隔声量(dB)	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
外窗(C2122)隔声量(dB)	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
外窗(C2122)隔声量(dB)	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
外窗(C2122)隔声量(dB)	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
组合墙实际隔声量(dB)	26.6	34.4	38.4	39.5	44.4
组合墙有效隔声量(dB)	26.0	31.2	35.4	36.9	42.7
组合墙计权隔声量(dB)	39				
组合墙频谱修正量(dB)	-4				
组合墙隔声量(dB)	35				
组合墙面积(m²)	54.0				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.430				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	14				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	21				

11.3.4 典型房间建筑外部噪声传播至室内的噪声级

通过多面组合墙传到室内的噪声进行叠加¹⁷，可得出建筑外部噪声源传播到本房间的噪声影响：

- 昼间为 34 dB (A)
- 夜间为 24 dB (A)

表 5.9 室外环境噪声通过组合墙传到室内的噪声级

外围护结构	室外噪声级(dBA)		隔声量(dB)		传到室内噪声级 (dBA)	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
外墙 1+外窗(C2122)+外窗(C2122)+外窗(C2122)+外窗(C2122)+外窗(C2122)	55	45	21	21	34	24

11.3.5 小结—建筑外部噪声影响

本建筑位于 0 类、1 类声环境功能区。按照 5.3.1 节至 5.3.4 节的评估步骤，主要功能房间受建筑外部噪声影响的情况及标准限值小结如下：

表 5.10 本项目主要功能房间受建筑外部噪声影响 单位：dB

房间类型	对标功能	房间编号	最大值		限值		达标判定
			昼	夜	昼	夜	

¹⁷ 根据公式 4-12，公式 4-13 计算。

实验教室	教学医疗办公会议	X005,X005@5,X005@4等 4 个房间	34	24	37	37	达标
普通教室	教学医疗办公会议	X009	32	22	37	37	达标

11.4 建筑物内部设备噪声对主要功能房间的影响评估

建筑内部设备噪音主要包括建筑内设备间中设备的运行噪声、房间内新风系统风口噪声等。建筑内声源对目标房间内的噪声影响由两部分构成：房间内的噪声源对本房间的噪声影响、相邻房间的设备噪声通过隔墙、楼板传递的噪声。

本项目中，以典型房间 **X009 房间,房间类型[普通教室]**为例，依照计算流程，逐步进行计算说明。本项目其他主要功能房间建筑内部设备噪声对室内的影响评估结果参见**附录 3**。

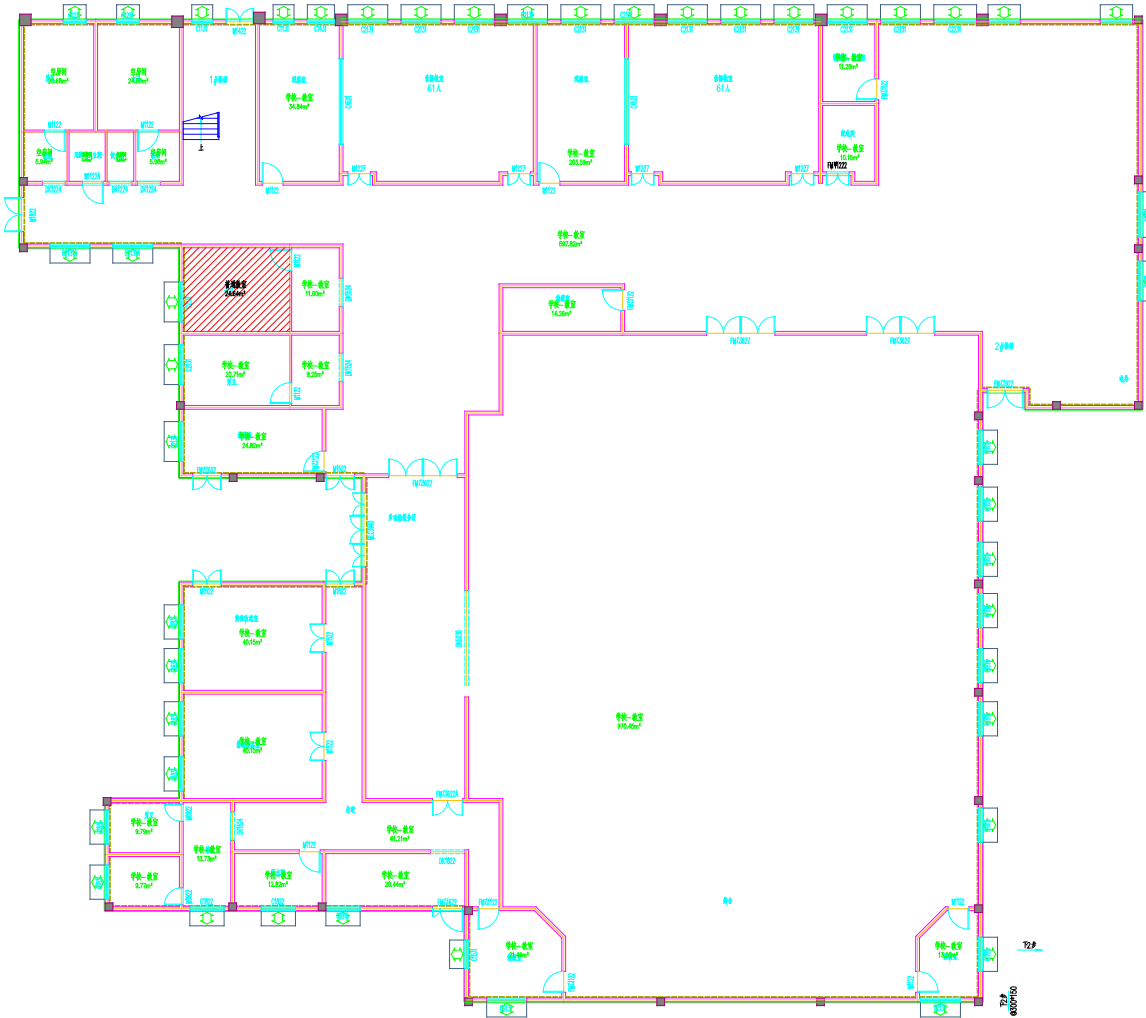


图 5-3 受建筑内设备噪声影响的典型房间楼层平面图

11.4.1 典型房间总吸声量

表 5.11 典型房间总吸声量

构件	面积 (m²)	各中心频率下的吸声系数					吸声系数来源
		125	250	500	1000	2000	
内墙	74.4	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
外墙（填充墙）	15.6	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
内门(M1122)	2.4	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
外窗(C2131)	6.5	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	《声学手册》
楼板	26.2	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
屋顶	26.2	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
总吸声量(m²)		16.9	9.1	10.0	11.0	13.5	

11.4.2 典型房间内部设备影响

设备噪声通常使用声功率进行衡量，而声功率描述整个声源系统产生的总声能量，以瓦特（W）为单位。而声压级反映在特定位置上的声音强度，以分贝（dB）为单位。在实际应用中，不同的环境接收点位置不同，所以需将声功率级转换为声压级。

根据公式 4-14，典型房间所受的设备噪声噪声级结果如下：

表 5.12 典型房间内部设备噪声噪声级

参评房间无内部建筑设备

11.4.3 典型房间受相邻房间设备影响

典型房间分隔结构如下图所示。

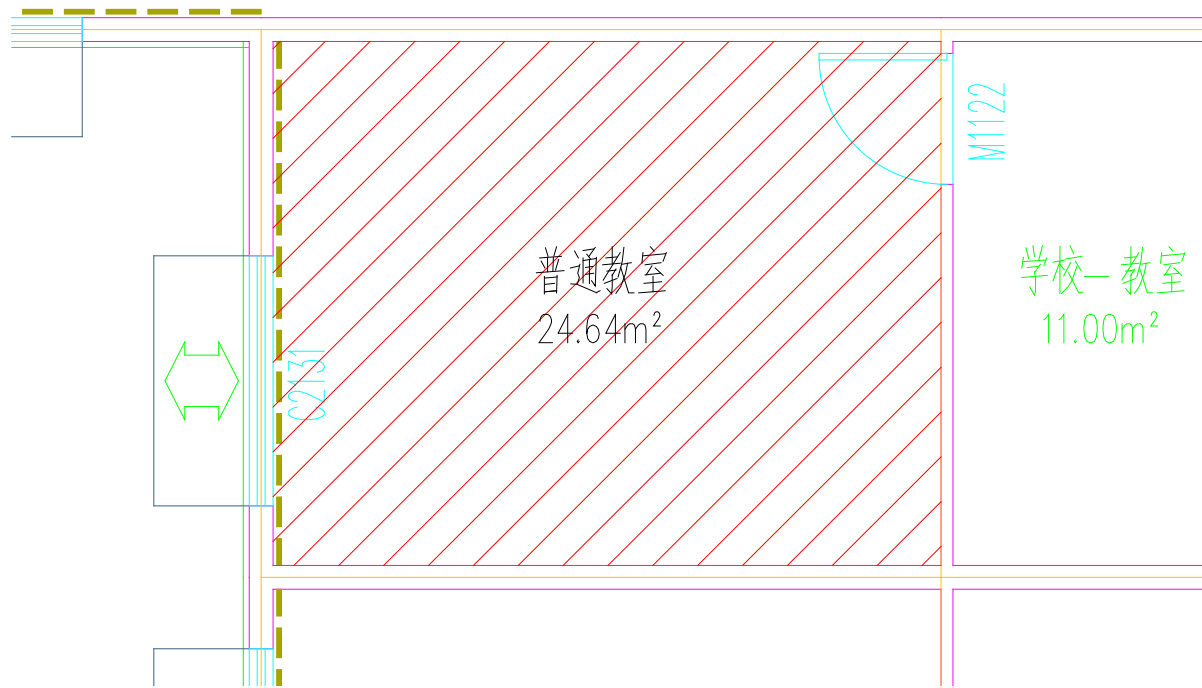


图 5-4 典型房间分隔结构

如果分隔结构为组合墙，其隔声量根据公式 4-4，公式 4-5 获得。在考虑了缝隙的影响以及频谱修正量之后，典型房间的分隔结构隔声量结果如下：

表 5.13 分隔构件做法和隔声量 单位：dB

相邻房间设备噪声经过分隔结构，对典型房间室内噪声级的影响结果如下：

表 5.14 相邻房间建筑设备噪声影响 单位：dB

11.4.4 典型房间室内噪声级受建筑设备噪声的影响

将通过分隔构件到达典型房间的设备噪声，根据公式 4-12、公式 4-13 进行噪声级的叠加，即可得出建筑内部设备对本房间的影响：

- 设备噪声影响：<5 dB(A)。

11.4.5 小结—建筑内设备噪声影响

按照 5.4.1 节至 5.4.4 节的评估步骤，本项目主要功能房间受建筑内噪声影响的情况，小结如下：

表 5.15 本项目主要功能房间受建筑内设备噪声影响 单位：dB(A)
参评房间无内部建筑设备

11.5 主要功能房间隔声性能

根据《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的要求，本项目作为学校建筑，实验室、普通教室识别为主要功能房间。对于主要功能房间的隔声性能，评价标准要求以 $D_{nT,w}$ 为指标进行评价。但是由于 $D_{nT,w}$ 是实际测量结果，在设计阶段，本报告书采用隔声量 R_w 进行隔声性能评估¹⁸。

本项目所有主要功能房间的外围护结构、隔墙、楼板的隔声性能评估结果，分别总结于表 5.16，表 5.17，表 5.18，表 5.19。其中，“结果”栏只显示该类房间（即对标功能相同的房间）的最不利结果，并且只有当最不利结果符合评价标准中的要求时，方能得分。所有主要功能房间的详细结果参见附录 4。

11.5.1 外围护结构的空气声隔声性能

本项目主要功能房间外围护结构的空气声隔声性能结果小结如下：

表 5.16 主要功能房间外围护结构的空气声隔声性能 单位：dB

房间	对标功能	结果	标准要求	得分	同类型房间
普通教室[X009]	普通教室	38	≥ 30 得 2 分	2	X009
实验教室[X005]	实验室	37	≥ 30 得 2 分	2	X005,X005@3,X005@4 等 4 个房间

¹⁸ R_w 作为实验室检测结果，与实际测量结果 $D_{nT,w}$ 存在数值上的差异。若想精确评估可采用根据 ISO 12354 系列标准的方法。

11.5.2 房间之间隔墙的空气声隔声性能

表 5.17 主要功能房间之间隔墙的空气声隔声性能¹⁹ 单位：dB

房间	对标功能	结果	标准要求	得分	同类型房间

11.5.3 房间之间楼板的空气声隔声性能

表 5.18 主要功能房间之间楼板的空气声隔声性能 单位：dB

11.5.4 楼板的撞击声隔声性能

表 5.19 主要功能房间之间楼板的撞击声隔声性能²⁰ 单位：dB

12 结论

本项目作为学校建筑，根据《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2024 和《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010 评价要求，本项目声环境评价结果及得分如下：

表 6.1 声环境评价结果

检查项	评价依据			结论/得分																		
控制项	5.1.4 建筑声环境设计应符合下列要求： 1 场地规划布局 and 建筑平面设计时应合理规划噪声源区域和噪声敏感区域，并进行识别和标注			——																		
	2 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标不应低于现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定，并应根据隔声性能指标明确主要建筑构件的构造做法。	空气声	满足																			
		撞击声	本工程无评价对象																			
评分项	5.2.6 采取措施优化主要功能房间的室内声环境，评价总分值为 8 分，并按下列规则分别评分并累计： 1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分；			4 分																		
	<table><tr><th rowspan="2">评价内容</th><th rowspan="2">房间的使用功能</th><th colspan="2">噪声限值（dB）</th></tr><tr><th>0、1 类 声功能区</th><th>2、3、4 类 声功能区</th></tr><tr><td rowspan="4">2.1.3-1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间室内的噪声限值应符合噪声限值的规定。</td><td>睡眠</td><td>40(昼) 30(夜)</td><td>45(昼) 35(夜)</td></tr><tr><td>日常生活</td><td>40</td><td>45</td></tr><tr><td>阅读、自学、思考</td><td>35</td><td>40</td></tr><tr><td>教学、医疗、办公、会议</td><td>40</td><td>45</td></tr></table>				评价内容	房间的使用功能	噪声限值（dB）		0、1 类 声功能区	2、3、4 类 声功能区	2.1.3-1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间室内的噪声限值应符合噪声限值的规定。	睡眠	40(昼) 30(夜)	45(昼) 35(夜)	日常生活	40	45	阅读、自学、思考	35	40	教学、医疗、办公、会议	40
评价内容	房间的使用功能	噪声限值（dB）																				
		0、1 类 声功能区	2、3、4 类 声功能区																			
2.1.3-1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间室内的噪声限值应符合噪声限值的规定。	睡眠	40(昼) 30(夜)	45(昼) 35(夜)																			
	日常生活	40	45																			
	阅读、自学、思考	35	40																			
	教学、医疗、办公、会议	40	45																			
2 建筑物内部设备传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分。			4 分																			
<table><tr><th>评价内容</th><th>房间的使用功能</th><th>噪声限值（dB）</th></tr><tr><td rowspan="5">2.1.4 建筑物内部建筑设备传播至主要功能房间室内的噪声应符合噪声限值的规定。</td><td>睡眠</td><td>33</td></tr><tr><td>日常生活</td><td>40</td></tr><tr><td>阅读、自学、思考</td><td>40</td></tr><tr><td>教学、医疗、办公、会议</td><td>45</td></tr><tr><td>人员密集的公共空间</td><td>55</td></tr></table>				评价内容	房间的使用功能	噪声限值（dB）	2.1.4 建筑物内部建筑设备传播至主要功能房间室内的噪声应符合噪声限值的规定。	睡眠	33	日常生活	40	阅读、自学、思考	40	教学、医疗、办公、会议	45	人员密集的公共空间	55					
评价内容	房间的使用功能	噪声限值（dB）																				
2.1.4 建筑物内部建筑设备传播至主要功能房间室内的噪声应符合噪声限值的规定。	睡眠	33																				
	日常生活	40																				
	阅读、自学、思考	40																				
	教学、医疗、办公、会议	45																				
	人员密集的公共空间	55																				

¹⁹ 此处若无表格，代表本项目中不存在两户卧室相邻的情况，无需对此项进行评价。
²⁰ 相同房间使用功能（即对标功能）的主要功能房间，表格中只显示该类房间中隔声量结果最小值。

检查项	评价依据				结论/得分	
	5.2.7 主要功能房间的隔声性能良好，评价总分值为 10 分，按表 5.2.7 的规则分别评分并累计：				10 分	
	建筑类别	构件或房间名称		评价指标		得分
	公共建筑	外围护结构		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2mmT,w} + C_{tr} \geq 30dB$		2
		房间之间隔声	隔墙两侧房间之间	比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 3dB 及以上		2
			楼板两侧房间之间			2
		卧室、起居室楼板撞击声隔声		比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 5dB 及以上		2(4)

室内声环境分析报告

学校建筑

4#教学楼

13 项目概况

工程名称	新建项目		
建筑面积 (m²)	地上 3253	地下 0	
建筑层数	地上 5	地下 0	
建筑高度 (m)	地上 19.5		
北向角度 (°)	90		

请先在[模型观察]命令中保存图片！

图 1-1 建筑模型

14 评价依据

- 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 (2024 年版)
- 《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010
- 《建筑隔声评价标准》GB/T 50121-2005
- 《建筑声学设计手册》
- 《建筑隔声设计—空气声隔声技术》
- 《声学手册》
- 《噪声与振动控制工程手册 》
- 《建筑声学设计原理》
- 《民用建筑绿色性能计算标准》JGJ/T 449-2018
- 《建筑设计资料集 (2) 第二版》

15 标准要求

■ 控制项要求：

5.1.4 建筑声环境设计应符合下列要求：

- 1 场地规划布局 and 建筑平面设计时应合理规划噪声源区域和噪声敏感区域，并进行识别和标注；
- 2 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标不应低于现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定，并根据隔声性能指标明确主要建筑构件的构造做法。

■ 评分项要求：

5.2.6 采取措施优化主要功能房间的室内声环境，评价总分为 8 分，并按下列规则分别评分并累计：

- 1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分；
- 2 建筑物内部设备传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分。

5.2.7 主要功能房间的隔声性能良好，评价总分为 10 分，按表 5.2.7 的规则分别评分并累计：

表 5.2.7 主要功能房间隔声性能评分规则

建筑类别	构件或房间名称		评价指标	得分
住宅建筑	卧室含窗外墙		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2mnT,w} + C_{tr} \geq 35dB$	2
	相邻两户 房间之间 隔声	隔墙两侧房间之间	计权标准化声压级差与交通噪声频谱修正量之和 $D_{nT,w} + C_{tr} \geq 50dB$ （卧室与邻户房间之间）	2
		楼板两侧房间之间	且计权标准化声压级差与粉红噪声频谱修正量之和 $D_{nT,w} + C \geq 50dB$ （其他相邻两户房间之间）	2
	卧室、起居室楼板撞击声隔声		计权标准化撞击声压级 $L'_{nT,w} \leq 60dB(55dB)$	2(4)
公共建筑	外围护结构		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2mnT,w} + C_{tr} \geq 30dB$	2
	房间之间 隔声	隔墙两侧房间之间	比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 3dB	2
		楼板两侧房间之间	及以上	2
	楼板撞击声隔声		比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 5dB (10) dB 及以上	2(4)

16 声学原理及计算方法

16.1 原理概要

声音通过围护结构的传播，按传播规律有两种途径。由此可将声音分为：

- 空气声：声源经过空气向四周传播的噪声，如室外交通噪声。
- 撞击声：两物体相互撞击产生的噪声，通过固体来传播，如楼板上行走的脚步声。

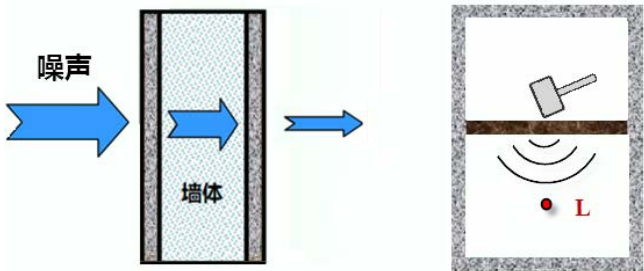


图 4-1 空气声和撞击声

在建筑声学中，这两种声音有时也会相互关联。例如，脚步声既是空气声（直接传播到空气中）又是撞击声（通过楼板结构传递）。以下将分别阐述空气声、撞击声的隔声原理。

16.1.1 空气声隔声

墙、板、门、窗和屏障等构件，对于入射声波具有较强的反射，使透射声波大大减小，从而起到隔声作用。为了表示材料及构件的空气声隔声性能，常采用隔声量 R 这一指标来体现。

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} \dots\dots\dots \text{公式 4-1}$$

式中：τ — 为构件的透射系数，透射声能与入射声能之比。

构件的透射系数越小，隔声量就越大，隔声性能越好。对于高声阻、刚性、匀质密实的围护结构，通常越密实的材料对应结构的隔声性能越好。单层匀质密实墙的隔声性能和入射声波的频率有关，还取决于墙体的面密度、劲度、材料的内阻尼以及墙边界条件等因素。现在的节能建筑一般采取多层复合墙板达到节能保温的效果，也可以增加墙体的隔声性能。

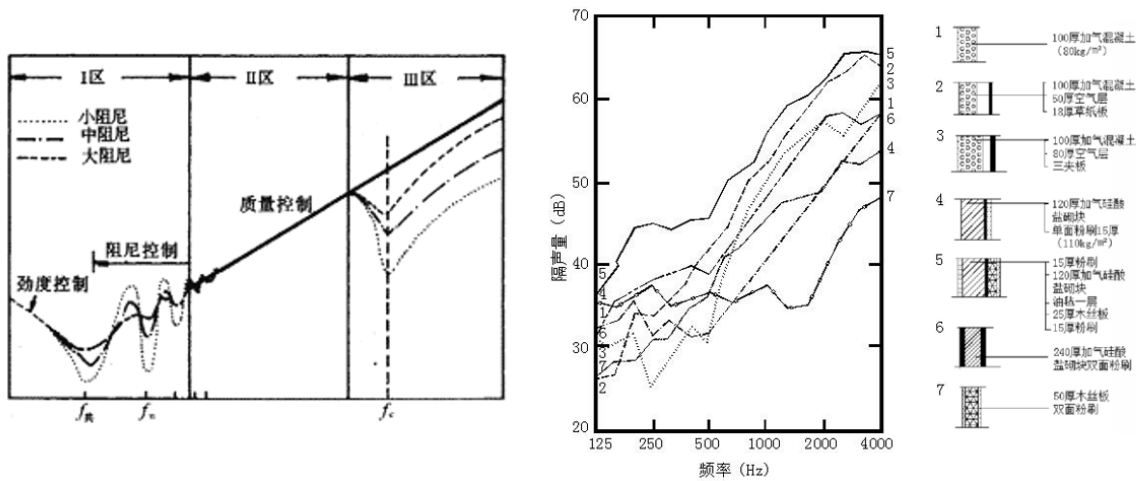


图 4-2 单层匀质墙典型隔声频率特性曲线

图 4-3 改善多孔材料的隔声特性实例

16.1.2 撞击声隔声

物体的撞击、设备振动、卫生设备及管道使用都会产生固体噪声。根据隔声的质量定律，楼板具有一定的隔绝空气声的能力，但是由于楼板与四周墙体为刚性连接，将使振动能量沿着建筑结构传播。

16.2 计算方法

16.2.1 均质构件的空气声隔声量

一般由混凝土材料组成的单一构造做法的构件，其空气声隔声量按照经验公式进行计算分析²¹。砌体材料、保温层材料、轻钢龙骨材料等轻质材料的空气声隔声和撞击声隔声情况无法通过公式直接进行计算，一般采用与典型构造的现场检测值进行对比的形式来确定。

隔声量经验公式，以质量定律²²为基本理论，虽然不完全符合质量定律中的假定条件，但经验公式充分考虑了实践的因素（包括实验室测定、现场测定等研究成果）。并且其基本变量还是质量 m ，而质量大小控制隔声量。因此，经验公式是理论向实践的延伸，其结果更接近实际。

$$\begin{aligned} R &= 23 \lg m + 11 \lg f - 41 \quad (m \geq 200 \text{ kg/m}^2) \\ R &= 13 \lg m + 11 \lg f - 18 \quad (m \leq 200 \text{ kg/m}^2) \end{aligned} \quad \text{公式 4-2}$$

16.2.2 组合墙的空气声有效隔声量

组合墙是指含门窗的墙体，其总隔声表现与每个构件的隔声性能有关。组合墙中，单一均质构件，例如墙体，其隔声量依隔声量经验公式计算获得。但组合墙的整体隔声表现需要考虑门窗缝隙、房间吸声量等因素的影响。在等传声度的原则下，单面组合墙的空气声有效隔声量按照下列公式进行计算。

透射系数：

$$\tau_{kj} = 10^{-0.1R_{kj}} \quad \text{公式 4-3}$$

组合墙的平均透射系数：

$$\bar{\tau}_j = \sum_{k=1}^n \tau_{kj} S_k / \sum_{k=1}^n S_k \quad \text{公式 4-4}$$

实际隔声量：

$$R_{jS} = 10 \lg \frac{1}{\bar{\tau}_j} \quad \text{公式 4-5}$$

有效隔声量是判断降噪效果的最终指标，它与室内表面吸声状况、构件面积等有关。

$$R_{jT} = R_{jS} + 10 \lg \frac{A_j}{\sum_{k=1}^n S_k} \quad \text{公式 4-6}$$

式中： τ_{kj} — 隔声构件 k 在中心频率为 j 时的透射系数；
 R_{kj} — 隔声构件 k 在中心频率为 j 时的空气声隔声量，dB；
 S_k — 隔声构件 k 的面积， m^2 ，如外墙、外窗、外门；
 A_j — 房间在中心频率为 j 时的总吸声量， m^2 。

²¹ 《建筑隔声设计——空气声隔声技术》中推荐经验公式计算混凝土材料组成的建筑构件的空气声隔声量。

²² 质量定律是指在声学隔声中，使用质量定律来描述材料对声波的隔离效果。该定律表明，隔声材料的质量密度与其隔声性能有关。其公式为：

$$R_o = 10 \lg \left[1 + \left(\frac{mf}{\rho_0 c} \right)^2 \right] \quad \text{（式中：} m \text{ 为面密度，单位 } \text{kg/m}^2\text{；} \rho_0 \text{ 为空气密度，单位 } \text{kg/m}^3\text{；} c \text{ 为声音在空气中的传播速度，一般取 } 344 \text{ m/s；} f \text{ 为入射声波的频率）}。$$

上述公式表明，单位面积质量每增加一倍，隔声量可增加 6dB。入射声波的频率每增加一倍，隔声量也可增加 6dB。

16.2.3 房间的总吸声量

各中心频率下的总吸声量，按照下面的公式计算：

$$A_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} S_i$$
 公式 4-7

式中： A_j — 房间在中心频率为 j 时的总吸声量，m²；
 α_{ij} — 构件 i 在中心频率为 j 时的吸声系数；
 S_i — 构件 i 的内表面积，m²，这里包括内墙、内窗、地板和天花板。

16.2.4 缝隙对组合墙隔声量的影响

在通常门/窗与墙之间在安装过程中都会留下缝隙²³，而一般的缝隙填充材料对降低隔声几乎没有实际的效果，所以该缝隙对组合墙的隔声性能影响较大。

缝隙的影响主要决定于其尺寸和声波波长的比值。如果孔的尺寸大于声波波长时，透过缝隙的声能可近似认为与缝隙的面积成正比。缝隙导致的隔声量降低值用下列公式表示：

$$\Delta R = 10 \lg \frac{S_C + S_0 \cdot 10^{0.1R_0}}{S_C + S_0}$$
 公式 4-8

式中： R_0 — 隔声结构的隔声量；
 S_0 — 缝隙的面积；
 S_C — 组合墙的面积。

16.2.5 撞击声隔声量

本报告参照相近楼板构造的撞击声计权隔声量，依据《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的要求，求得计权规范化撞击声压级来评价楼板的撞击声隔声性能。

16.2.6 单值评价量

单值评价量是表征隔声性能的单值，该值综合考虑了建筑或建筑构件在规定频率范围内的隔声性能。依据《建筑隔声评价标准》GB/T 50121 提供了单值评价量的计算方法。

计权隔声量是表征构件空气声隔声性能的单值评价量，满足不利偏差 P_i 要求的最大值即为空气声隔声计权单值评价量，精确到 1dB。

5) 可采用公式法求得：

$$\sum_{i=1}^5 P_i \leq 10.0$$

$$P_i = \begin{cases} X_W + K_i - X_i & X_W + K_i - X_i > 0 \\ 0 & X_W + K_i - X_i \leq 0 \end{cases}$$
 公式 4-9

式中： X_W — 空气声隔声计权单值评价量；
 K_i — 第 i 个频带的基准值；
 X_i — 第 i 个频带的隔声量，精确到 0.1dB；
 i — 频带的序号，i=1~5，代表 125~2000Hz 范围内的 5 个中心频率。

6) 计权规范化撞击声压级是表征构件撞击声隔声性能的单值评价量，满足不利偏差要求的最小值再减 5dB 即为撞击声隔声计权单值评价量，精确到 1dB，可采用公式法求得：

$$P_i = \begin{cases} X_t - K_t - X_W - 5 & X_t - K_t - X_W - 5 > 0 \\ 0 & X_t - K_t - X_W - 5 \leq 0 \end{cases}$$
 公式 4-10

式中： X_W — 撞击声隔声计权单值评价量；
 X_i — 第 i 个频带的撞击声压级，精确到 0.1dB。

表 4.1 各频带基准值 K_i 单位：dB

倍频程中心频率	125Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
空气声基准值	-16	-7	0	3	4
撞击声基准值	2	2	0	-3	-16

16.2.7 频谱修正量

频谱修正量是因隔声频谱不同以及声源空间的噪声频谱不同，所需加到空气声隔声单值评价量上的修正值。当声源空间的噪声呈粉红噪声频

²³ 一般的门/窗与墙之间的缝隙为 0.5cm（装配式）和 1cm（非装配式）。

率特性或交通噪声频率特性时，计算得到的频谱修正量分别是粉红噪声频谱修正量或交通噪声频谱修正量。
《建筑隔声评价标准》GB/T 50121 中明确了频谱修正量 C_j的算法：

$$C_j = -10lg \sum 10^{(L_{ij}-X_i)/10} - X_w$$
 公式 4-11

- 式中：
- j — 频谱序号，j=1 或 2，1 为计算 C 的频谱 1，2 为计算 C_{tr}的频谱 2；
 - X_w — 空气声隔声计权单值评价量；
 - i — 100~3150Hz 的 1/3 倍频程或 125~2000Hz 的倍频程序号；
 - L_{ij} — 第 j 号频谱的第 i 个频带的声压级；
 - X_i — 第 i 个频带的隔声量，精确到 0.1dB。

频谱修正量在计算时应精确到 0.1dB，得出的结果应修约为整数。

表 4.2 计算频谱修正量的声压级频谱 单位：dB

倍频程中心频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
计算粉红噪声 C 的频谱 1	-21	-14	-8	-5	-4
计算交通噪声 Ctr 的频谱 2	-14	-10	-7	-4	-6

16.2.8 声压级叠加

确定了声源噪声级、构件隔声量、频谱修正量后，即可算得噪声通过围护结构传到室内的噪声级。

$$L_{mW-N} = L_{mW} - R_{mW}$$
 公式 4-12

$$L_{W-N} = 10lg \sum_{m=1}^n 10^{0.1L_{mW-N}}$$
 公式 4-13

- 式中：
- L_{mW-N} — 噪声源通过围护结构 m 传到室内的噪声级，dB (A)；
 - L_{mW} — 围护结构 m 对应的噪声源噪声级，dB (A)；
 - R_{mW} — 围护结构 m 隔声量，dB；
 - L_{W-N} — 噪声源通过多面围护结构传到室内的总噪声级，dB (A)。

16.2.9 声功率级与声压级

室内设备噪声可视为一个室内点声源，假定声场充分扩散，可利用下述公式计算声源至不同距离的声压级 L_p，再将多个声源产生的噪声叠加，从而获得房间内部噪声源对室内声环境的影响值。计算结果见下表：

$$L_p = L_w + 10lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$
 公式 4-14

$$R = \frac{S \times \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$$
 公式 4-15

- 式中：
- L_w — 声源的声功率级，dB；
 - r — 离开声源的距离，m；
 - Q — 声源指向性因数；
 - R — 房间常数；
 - S — 平均室内总表面面积，m²；
 - α — 吸声系数。

17 声环境评价

17.1 声学分区

本项目中，产生噪声的区域、混合区域、交通区域、噪声敏感区域识别及分区标注参见附录 1。

17.2 主要构件隔声性能

本项目中建筑围护结构详细信息可见下表：

表 5.1 建筑围护结构构造与材料清单

构件	材料	厚度 (mm)	密度 (kg/m³)	面密度 (kg/m²)	总面密度 (kg/m²)
外墙(填充墙)	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板	50	150	8	359

	聚合物水泥防水涂膜	1.5	1600	2	
	聚合物水泥防水砂浆	5	1600	8	
	水泥砂浆抹平	15	1800	27	
	重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙	200	1400	280	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
隔墙	石灰水泥砂浆	20	1700	34	188
	薄灰缝(3~5mm)蒸压加气混凝土砌块墙	200	600	120	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
屋顶	碎石、卵石混凝土(ρ=2300)干铺聚酯纤维无纺布一层	50	2300	115	522
	难燃型挤塑聚苯板 低烟低毒 计算厚度 100	100	29	3	
	SBS 改性沥青防水卷材	3	900	3	
	水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	1600	2	
	水性聚合物沥青类防水涂膜	1.5	1600	2	
	水泥砂浆找平层	18	1800	32	
	页岩陶粒混凝土找坡层 干密度 1500	20	1500	30	
	钢筋混凝土	120	2500	300	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
楼板	水泥砂浆	20	1800	36	331
	无机保温板	30	350	11	
	钢筋混凝土	100	2500	250	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
挑空楼板	水泥砂浆	20	1800	36	345
	钢筋混凝土（1）	100	2500	250	
	石灰水泥砂浆	20	1700	34	
	岩棉板	100	160	16	
	钢丝网抗裂砂浆	5	1800	9	
地面	水泥砂浆(满挂钢丝网)	20	1800	36	336
	钢筋混凝土	120	2500	300	

17.2.1 墙、板空气声隔声量²⁴

表 5.2 墙板空气声隔声性能计算详表²⁵ 单位：dB

构件	计算过程参数					
教学用房外墙	构造做法	热固复合聚苯乙烯泡沫保温装饰一体板 50mm+聚合物水泥防水涂膜 1.5mm+聚合物水泥防水砂浆 5mm+水泥砂浆抹平 15mm+重砂浆砌筑烧结页岩多孔砖/空心砖墙 200mm+石灰水泥砂浆 20mm				
	参照构造	--				
	面密度(kg/m²)	359				
	隔声量来源	通过经验公式计算				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
	不利偏差	0.0	0.0	3.5	3.2	0.9
	计权隔声量	51				
	频谱修正量	-3.0				
	隔声性能	48				
	限值	低限:≥45,高要求:≥50				
	结论	满足平均要求				
普通教室间隔墙	构造做法	石灰水泥砂浆 20mm+薄灰缝(3~5mm)蒸压加气混凝土砌块墙 200mm+石灰水泥砂浆 20mm				
	参照构造	双层 150 厚加气混凝土中空 150 厚				
	面密度(kg/m²)	188				
	隔声量来源	《建筑隔声设计—空气声隔声技术》				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	42.0	50.0	51.0	58.0	67.0
	不利偏差	0.0	0.0	6.0	2.0	0.0
	计权隔声量	57				
	频谱修正量	-1.0				
	隔声性能	56				
	限值	低限:>45,高要求:>50				
	结论	满足高要求				
普通教室间楼板	构造做法	水泥砂浆 20mm+无机保温板 30mm+钢筋混凝土 100mm+石灰水泥砂浆 20mm				
	参照构造	--				
	面密度(kg/m²)	331				

²⁴ 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

²⁵ 表中【隔声量来源】指明了计算采用的方法。”通过经验公式计算“指根据公式 4-2 计算而得。无法通过公式直接进行计算，采用与典型构造的现场检测值进行对比的形式来确定，即“参照相近构造的隔声量数据”。

	隔声量来源	通过经验公式计算				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	40.0	43.3	46.6	49.9	53.3
	不利偏差	0.0	0.0	3.4	3.1	0.7
	计权隔声量	50				
	频谱修正量	0.0				
	隔声性能	50				
	限值	低限:>45,高要求:>50				
	结论	满足平均要求				

17.2.2 门窗的空气声隔声量

由于门窗隔声特性复杂，不适宜参照匀质墙体进行公式计算各频率下隔声量，本项目参考相关声学资料中相近构造的门窗的空气声隔声量进行计算。门窗的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

表 5.3 门窗空气声隔声性能计算详表 单位：dB

构件	计算过程参数					
教学用房的门	构造名称	内门,节能外门				
	参照构造	木门 [示例]60 厚木门				
	隔声量来源	《建筑吸声材料与隔声材料》钟祥璋编著				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	24.0	24.0	31.0	35.0	39.0
	不利偏差	0.0	3.0	3.0	2.0	0.0
	计权隔声量	34				
	频谱修正量	-1.0				
	隔声性能	33				
	限值	低限:≥20,高要求:≥25				
	结论	满足高要求				
教学用房的其他外窗	构造名称	隔热铝合金 6 中透光三银 LOW-E+12 氩气+6 透明中空玻璃窗				
	参照构造	夹层玻璃隔声窗 [示例]8+0.76PVB+8				
	隔声量来源	《建筑隔声与吸声构造》08J931				
	倍频程频率	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
	分频隔声量	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
	不利偏差	0.0	0.0	3.0	5.0	1.0
	计权隔声量	38				
	频谱修正量	-5.0				
	隔声性能	33				
	限值	低限:≥25,高要求:≥30				
	结论	满足高要求				

17.2.3 楼板的撞击声隔声量²⁶

参照相近楼板构造的撞击声计权隔声量，求得计权规范化撞击声压级。楼板的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

表 5.4 楼板撞击声隔声性能详表 单位：dB

构件	构造参数					
普通教室之间楼板	构造做法	水泥砂浆 20mm+无机保温板 30mm+钢筋混凝土 100mm+石灰水泥砂浆 20mm				
	参照构造做法					
	倍频程频率	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz
	分频隔声量	29.0	36.0	39.0	46.0	54.0
	不利偏差	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
	数据来源					
	计权规范化撞击声压级	55				
	标准限值	低限:<75,高要求:<65				
	结论	满足高要求				

17.2.4 小结—构件隔声

根据上述计算可知，本项目围护结构隔声结果如下表所示：

²⁶ 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标限值参考现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的规定。

表 5.5 构件空气声隔声性能结果统计

单位：dB

构件	单值评价量+频谱修正量	标准限值	结论
教学用房外墙	48	≥45	满足
普通教室间隔墙	56	>45	满足
普通教室间楼板	50	>45	满足
教学用房的门	33	≥20	满足
教学用房的其他外窗	33	≥25	满足

表 5.6 楼板撞击声隔声性能结果统计

单位：dB

构件	计权规范化撞击声压级	标准限值	结论
普通教室之间楼板	55	<75	满足

17.3 建筑物外部噪声源对主要功能房间的影响评估

建筑外部噪声传到室内的噪声级计算，以典型房间 **5 层 X005 房间**,**房间类型[普通教室]**为例，进行逐步计算说明。典型房间所处位置如下图 5-1 所示。

本项目其他主要功能房间建筑外部噪声对室内的影响评估结果参见**附录 2**。

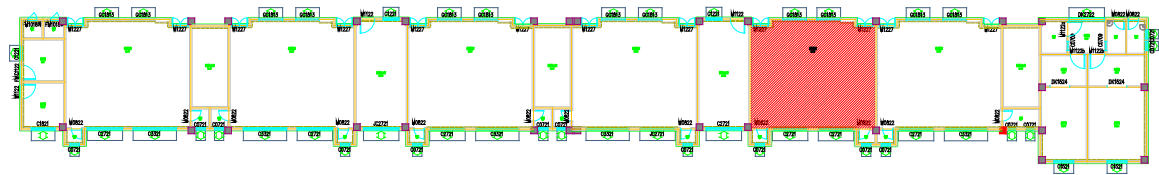


图 5-1 受建筑外部噪声影响的典型房间楼层平面图

17.3.1 典型房间总吸声量

表 5.7 典型房间总吸声量

构件	面积 (m²)	各中心频率下的吸声系数					吸声系数来源
		125	250	500	1000	2000	
内墙	69.8	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
外墙（填充墙）	45.0	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
内门(M0822)	3.5	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
外窗(C2721)	11.1	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	《声学手册》
外窗(GC1813)	4.5	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	《声学手册》
外门(M1227)	6.5	0.16	0.15	0.10	0.10	0.10	《噪声与振动控制工程手册》
楼板	79.0	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
屋顶	79.0	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
总吸声量(m²)		34.3	19.0	20.2	22.0	26.7	

17.3.2 典型房间室外噪声级

建筑外部噪声即环境噪声，一般指交通运输、社会生活、工业生产中所产生的干扰周围生活环境的[声音](#)。室外环境噪声多来自于交通噪声，通过环境影响评价分析可知外部噪声声压级为：**昼间 55dB(A)**，**夜间 45dB(A)**。

17.3.3 典型房间外围护结构隔声量

典型房间外围护结构如下图所示。

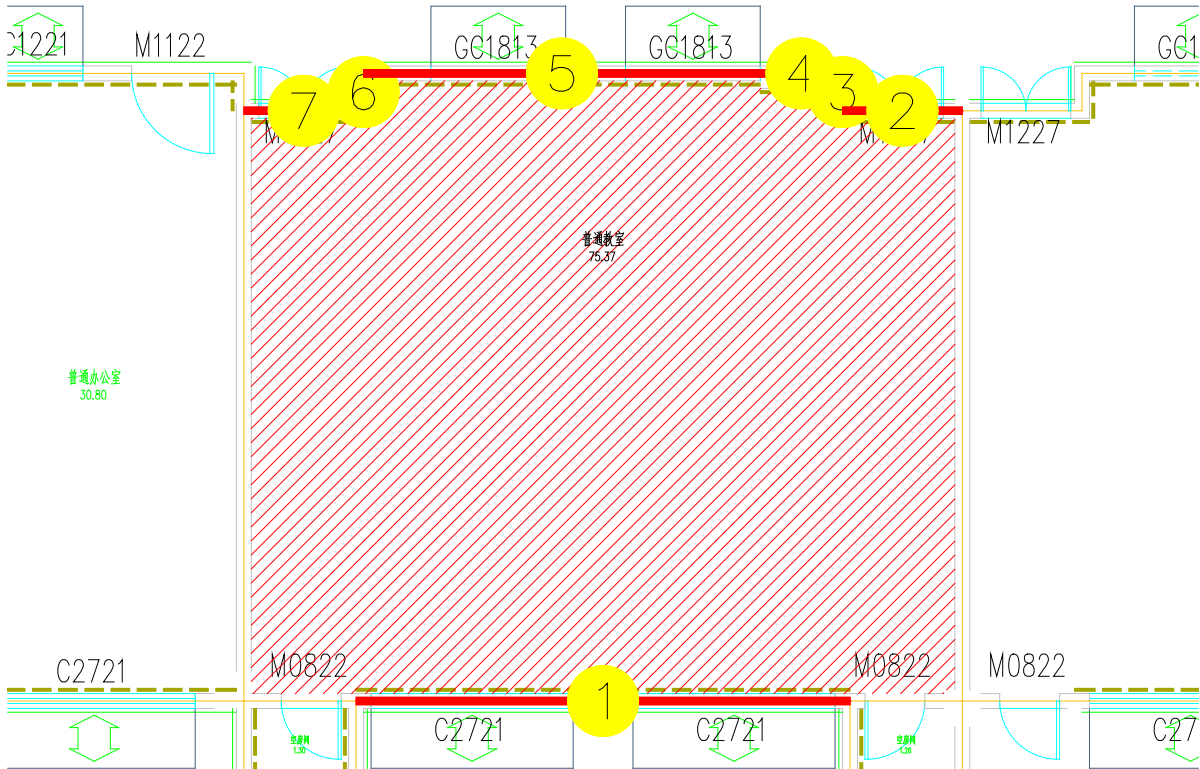


图 5-2 典型房间外围护结构

如果外围护结构为组合墙，其隔声量根据公式 4-4、公式 4-5 计算。在考虑了缝隙的影响以及频谱修正量之后，典型房间的外围护结构隔声量结果如下：

表 5.8 典型房间组合墙隔声量计算表

外墙 1+外窗(C2721)+外窗(C2721)					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
外窗(C2721)隔声量(dB)	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
外窗(C2721)隔声量(dB)	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
组合墙实际隔声量(dB)	26.6	34.4	38.3	39.5	44.4
组合墙有效隔声量(dB)	27.8	33.1	37.3	38.8	44.5
组合墙计权隔声量(dB)	40				
组合墙频谱修正量(dB)	-3				
组合墙隔声量(dB)	37				
组合墙面积(m²)	25.7				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.190				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	16				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	21				
外墙 2+外门(M1227)					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
外门(M1227)隔声量(dB)	24.0	24.0	31.0	35.0	39.0
组合墙实际隔声量(dB)	26.8	26.8	33.8	37.7	41.7
组合墙有效隔声量(dB)	34.2	31.7	38.9	43.2	48.0
组合墙计权隔声量(dB)	42				
组合墙频谱修正量(dB)	-3				
组合墙隔声量(dB)	39				
组合墙面积(m²)	6.2				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.078				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	20				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	19				
外墙 3					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
组合墙实际隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
组合墙有效隔声量(dB)	53.3	54.0	57.6	61.3	65.4
组合墙计权隔声量(dB)	62				
组合墙频谱修正量(dB)	-3				
组合墙隔声量(dB)	59				
组合墙面积(m²)	2.0				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.000				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	0				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	59				
外墙 4					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
组合墙实际隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
组合墙有效隔声量(dB)	49.9	50.6	54.2	57.9	62.0
组合墙计权隔声量(dB)	58				

组合墙频谱修正量(dB)	-3				
组合墙隔声量(dB)	55				
组合墙面积(m²)	4.3				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.000				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	0				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	55				
外墙 5+外窗(GC1813)+外窗(GC1813)					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
外窗(GC1813)隔声量(dB)	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
外窗(GC1813)隔声量(dB)	23.0	31.0	35.0	36.0	41.0
组合墙实际隔声量(dB)	29.4	36.9	40.8	42.1	46.9
组合墙有效隔声量(dB)	31.6	36.6	40.7	42.4	48.0
组合墙计权隔声量(dB)	44				
组合墙频谱修正量(dB)	-4				
组合墙隔声量(dB)	40				
组合墙面积(m²)	20.7				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.122				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	18				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	22				
外墙 6					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
组合墙实际隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
组合墙有效隔声量(dB)	53.3	54.0	57.6	61.3	65.4
组合墙计权隔声量(dB)	62				
组合墙频谱修正量(dB)	-3				
组合墙隔声量(dB)	59				
组合墙面积(m²)	2.0				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.000				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	0				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	59				
外墙 7+外门(M1227)					
倍频程中心频率(Hz)	125	250	500	1000	2000
外墙隔声量(dB)	40.8	44.1	47.5	50.8	54.1
外门(M1227)隔声量(dB)	24.0	24.0	31.0	35.0	39.0
组合墙实际隔声量(dB)	26.8	26.8	33.8	37.7	41.7
组合墙有效隔声量(dB)	34.2	31.7	38.9	43.2	48.0
组合墙计权隔声量(dB)	42				
组合墙频谱修正量(dB)	-3				
组合墙隔声量(dB)	39				
组合墙面积(m²)	6.2				
门/窗与墙缝隙面积(m²)	0.078				
门/窗与墙缝隙对隔声量影响(dB)	20				
计算缝隙后组合墙隔声量(dB)	19				

17.3.4 典型房间建筑外部噪声传播至室内的噪声级

通过多面组合墙传到室内的噪声进行叠加²⁷，可得出建筑外部噪声源传播到本房间的噪声影响：

- 昼间为 41 dB (A)
- 夜间为 31 dB (A)

表 5.9 室外环境噪声通过组合墙传到室内的噪声级

外围护结构	室外噪声级(dBA)		隔声量(dB)		传到室内噪声级 (dBA)	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
外墙 1+外窗(C2721)+外窗(C2721)	55	45	21	21	34	24
外墙 2+外门(M1227)	55	45	19	19	36	26
外墙 3	55	45	59	59	<5	<5
外墙 4	55	45	55	55	<5	<5
外墙 5+外窗(GC1813)+外窗(GC1813)	55	45	22	22	33	23
外墙 6	55	45	59	59	<5	<5
外墙 7+外门(M1227)	55	45	19	19	36	26

17.3.5 小结—建筑外部噪声影响

本建筑位于 0 类、1 类声环境功能区。按照 5.3.1 节至 5.3.4 节的评估步骤，主要功能房间受建筑外部噪声影响的情况及标准限值小结如下：

表 5.10 本项目主要功能房间受建筑外部噪声影响单位：dB

²⁷ 根据公式 4-12，公式 4-13 计算。

房间类型	对标功能	房间编号	最大值		限值		达标判定
			昼	夜	昼	夜	
普通教室	教学医疗办公会议	X005@5,X005@4,X005@3等 25 个房间	41	31	37	37	不达标
普通办公室	教学医疗办公会议	X008@5,X008@4,X008@3等 20 个房间	37	27	37	37	达标

17.4 建筑物内部设备噪声对主要功能房间的影响评估

建筑内部设备噪音主要包括建筑内设备间中设备的运行噪声、房间内新风系统风口噪声等。建筑内声源对目标房间内的噪声影响由两部分构成：房间内的噪声源对本房间的噪声影响、相邻房间的设备噪声通过隔墙、楼板传递的噪声。

本项目中，以典型房间 **5 层 X013 房间,房间类型[普通办公室]**为例，依照计算流程，逐步进行计算说明。本项目其他主要功能房间建筑内部设备噪声对室内的影响评估结果参见**附录 3**。

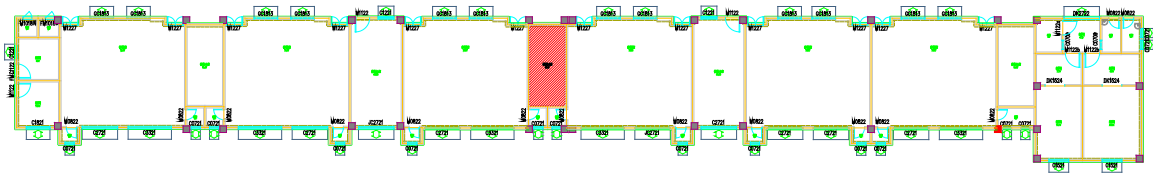


图 5-3 受建筑内设备噪声影响的典型房间楼层平面图

17.4.1 典型房间总吸声量

表 5.11 典型房间总吸声量

构件	面积 (m²)	各中心频率下的吸声系数					吸声系数来源
		125	250	500	1000	2000	
内墙	60.4	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
外墙（填充墙）	11.3	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
楼板	18.2	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
屋顶	18.2	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	《声学手册》
总吸声量(m²)		10.8	5.4	6.5	7.6	9.7	

17.4.2 典型房间内部设备影响

设备噪声通常使用声功率进行衡量，而声功率描述整个声源系统产生的总声能量，以瓦特（W）为单位。而声压级反映在特定位置上的声音强度，以分贝（dB）为单位。在实际应用中，不同的环境接收点位置不同，所以需将声功率级转换为声压级。

根据公式 4-14，典型房间所受的设备噪声噪声级结果如下：

表 5.12 典型房间内部设备噪声噪声级

参评房间无内部建筑设备

17.4.3 典型房间受相邻房间设备影响

典型房间分隔结构如下图所示。

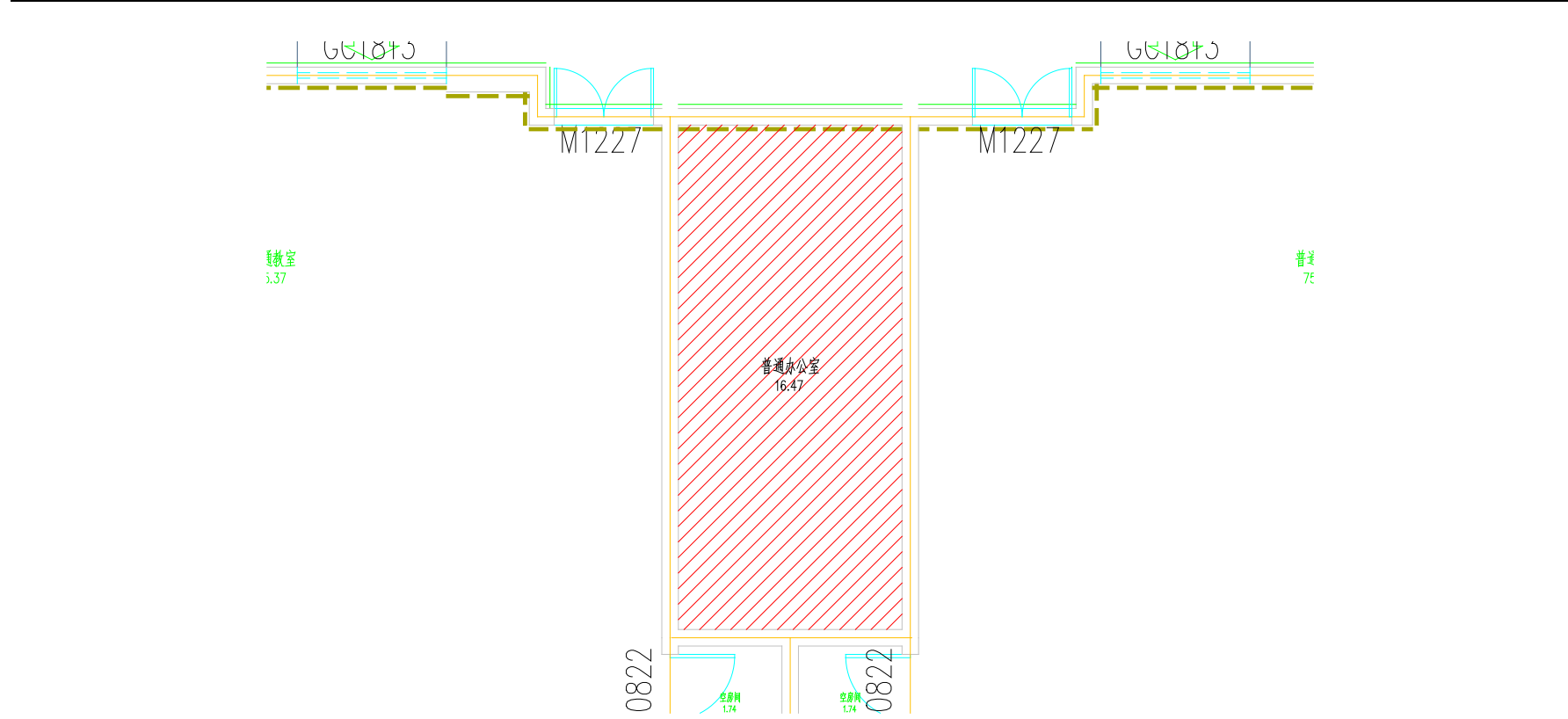


图 5-4 典型房间分隔结构

如果分隔结构为组合墙，其隔声量根据公式 4-4，公式 4-5 获得。在考虑了缝隙的影响以及频谱修正量之后，典型房间的分隔结构隔声量结果如下：

表 5.13 分隔构件做法和隔声量 单位：dB

相邻房间设备噪声经过分隔结构，对典型房间室内噪声级的影响结果如下：

表 5.14 相邻房间建筑设备噪声影响 单位：dB

17.4.4 典型房间室内噪声级受建筑设备噪声的影响

将通过分隔构件到达典型房间的设备噪声，根据公式 4-12、公式 4-13 进行噪声级的叠加，即可得出建筑内部设备对本房间的影响：

- 设备噪声影响：<5 dB(A)。

17.4.5 小结—建筑内设备噪声影响

按照 5.4.1 节至 5.4.4 节的评估步骤，本项目主要功能房间受建筑内噪声影响的情况，小结如下：

表 5.15 本项目主要功能房间受建筑内设备噪声影响 单位：dB(A)

参评房间无内部建筑设备

17.5 主要功能房间隔声性能

根据《民用建筑隔声设计规范》GB50118 的要求，本项目作为学校建筑，普通教室识别为主要功能房间。对于主要功能房间的隔声性能，评价标准要求以 $D_{nT,w}$ 为指标进行评价。但是由于 $D_{nT,w}$ 是实际测量结果，在设计阶段，本报告书采用隔声量 R_w 进行隔声性能评估²⁸。

本项目所有主要功能房间的外围护结构、隔墙、楼板的隔声性能评估结果，分别总结于表 5.16，表 5.17，表 5.18，表 5.19。其中，“结果”栏只显示该类房间（即对标功能相同的房间）的最不利结果，并且只有当最不利结果符合评价标准中的要求时，方能得分。所有主要功能房间的详细结果参见附录 4。

17.5.1 外围护结构的空气声隔声性能

本项目主要功能房间外围护结构的空气声隔声性能结果小结如下：

表 5.16 主要功能房间外围护结构的空气声隔声性能 单位：dB

房间	对标功能	结果	标准要求	得分	同类型房间
普通教室 [X006@2]	普通教室	33	≥ 30 得 2 分	2	X006@2,X001@4,X001 等 25 个房间

²⁸ R_w 作为实验室检测结果，与实际测量结果 $D_{nT,w}$ 存在数值上的差异。若想精确评估可采用根据 ISO 12354 系列标准的方法。

17.5.2 房间之间隔墙的空气声隔声性能

表 5.17 主要功能房间之间隔墙的空气声隔声性能²⁹ 单位：dB

房间	对标功能	结果	标准要求	得分	同类型房间
普通教室[X002@2]	普通教室	56	≥ 51 得 2 分	2	X002@2,X005@2,X002@3 等 8 个房间

17.5.3 房间之间楼板的空气声隔声性能

表 5.18 主要功能房间之间楼板的空气声隔声性能 单位：dB

房间	对标功能	结果	标准要求	得分	同类型房间
普通教室[X001]	普通教室	50	≥ 51 得 2 分	0	X001,X001@2,X002@2 等 19 个房间

17.5.4 楼板的撞击声隔声性能

表 5.19 主要功能房间之间楼板的撞击声隔声性能³⁰ 单位：dB

房间	对标功能	结果	标准要求	得分	同类型房间
普通教室[X001]	普通教室	55	< 70 得 2 分 < 65 得 4 分	4	X001,X001@2,X002@2 等 19 个房间

18 结论

本项目作为学校建筑，根据《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2024 和《民用建筑隔声设计规范》GB 50118-2010 评价要求，本项目声环境评价结果及得分如下：

表 6.1 声环境评价结果

检查项	评价依据			结论/得分	
控制项	5.1.4 建筑声环境设计应符合下列要求： 1 场地规划布局 and 建筑平面设计时应合理规划噪声源区域和噪声敏感区域，并进行识别和标注			——	
	2 外墙、隔墙、楼板和门窗等主要建筑构件的隔声性能指标不应低于现行国家标准《民用建筑隔声设计规范》GB 50118 的规定，并应根据隔声性能指标明确主要建筑构件的构造做法。	空气声	满足		
		撞击声	满足		
评分项	5.2.6 采取措施优化主要功能房间的室内声环境，评价总分为 8 分，并按下列规则分别评分并累计： 1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分；			0 分	
	2.1.3-1 建筑物外部噪声源传播至主要功能房间室内的噪声限值应符合噪声限值的规定。	噪声限值（dB）			
		房间的使用功能	0、1 类声功能区		2、3、4 类声功能区
		睡眠	40(昼) 30(夜)		45(昼) 35(夜)
		日常生活	40		45
		阅读、自学、思考	35		40
	教学、医疗、办公、会议	40	45		

²⁹ 此处若无表格，代表本项目中不存在两户卧室相邻的情况，无需对此项进行评价。
³⁰ 相同房间使用功能（即对标功能）的主要功能房间，表格中只显示该类房间中隔声量结果最小值。

检查项	评价依据	结论/得分																				
	2 建筑物内部设备传播至主要功能房间的噪声比现行强制性工程建设规范《建筑环境通用规范》GB 55016 限值低 3dB 及以上，得 4 分。 <table><tr><th>评价内容</th><th>房间的使用功能</th><th>噪声限值（dB）</th></tr><tr><td rowspan="5">2.1.4 建筑物内部建筑设备传播至主要功能房间室内的噪声应符合噪声限值的规定。</td><td>睡眠</td><td>33</td></tr><tr><td>日常生活</td><td>40</td></tr><tr><td>阅读、自学、思考</td><td>40</td></tr><tr><td>教学、医疗、办公、会议</td><td>45</td></tr><tr><td>人员密集的公共空间</td><td>55</td></tr></table>	评价内容	房间的使用功能	噪声限值（dB）	2.1.4 建筑物内部建筑设备传播至主要功能房间室内的噪声应符合噪声限值的规定。	睡眠	33	日常生活	40	阅读、自学、思考	40	教学、医疗、办公、会议	45	人员密集的公共空间	55	4 分						
评价内容	房间的使用功能	噪声限值（dB）																				
2.1.4 建筑物内部建筑设备传播至主要功能房间室内的噪声应符合噪声限值的规定。	睡眠	33																				
	日常生活	40																				
	阅读、自学、思考	40																				
	教学、医疗、办公、会议	45																				
	人员密集的公共空间	55																				
	5.2.7 主要功能房间的隔声性能良好，评价总分为 10 分，按表 5.2.7 的规则分别评分并累计： <table><tr><th>建筑类别</th><th colspan="2">构件或房间名称</th><th>评价指标</th><th>得分</th></tr><tr><td rowspan="4">公共建筑</td><td colspan="2">外围护结构</td><td>计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2m,T,w} + C_{tr} \geq 30dB$</td><td>2</td></tr><tr><td rowspan="2">房间之间隔声</td><td>隔墙两侧房间之间</td><td rowspan="2">比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 3dB 及以上</td><td>2</td></tr><tr><td>楼板两侧房间之间</td><td>2</td></tr><tr><td colspan="2">卧室、起居室楼板撞击声隔声</td><td>比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 5dB 及以上</td><td>2(4)</td></tr></table>	建筑类别	构件或房间名称		评价指标	得分	公共建筑	外围护结构		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2m,T,w} + C_{tr} \geq 30dB$	2	房间之间隔声	隔墙两侧房间之间	比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 3dB 及以上	2	楼板两侧房间之间	2	卧室、起居室楼板撞击声隔声		比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 5dB 及以上	2(4)	10 分
建筑类别	构件或房间名称		评价指标	得分																		
公共建筑	外围护结构		计权标准化声压级差+交通噪声频谱修正量之和 $D_{2m,T,w} + C_{tr} \geq 30dB$	2																		
	房间之间隔声	隔墙两侧房间之间	比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 3dB 及以上	2																		
		楼板两侧房间之间		2																		
	卧室、起居室楼板撞击声隔声		比《民用建筑隔声设计标准》GB 50118 规定限值高 5dB 及以上	2(4)																		

纯装饰性构件造价比例计算书

1.条文依据

根据《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019(2024 年版)中 7.1.9 条规定：建筑造型要素简约，应无大量装饰性构件。

根据《湖南省绿色建筑工程设计要点》条文 4.1.19 /4.2.2：建筑造型要素简约，无大量装饰性构件。

建筑设计时，应考虑装饰性构件的功能性，避免采用没有功能的纯装饰性构件，造成建筑材料的浪费。对于居住建筑，纯装饰性构件的造价不应高于所在单栋建筑总造价的 2%；对于公共建筑，纯装饰性构件的造价不应高于所在单栋建筑总造价的 5‰。

没有功能的纯装饰性构件主要包括：

- (1)不具备遮阳、导光、导风、载物、辅助绿化等作用的飘板、格栅和构架；
- (2)单纯为追求标志性效果的塔、球、曲面等异型构件；
- (3)高度超过标准要求 2 倍以上的女儿墙。

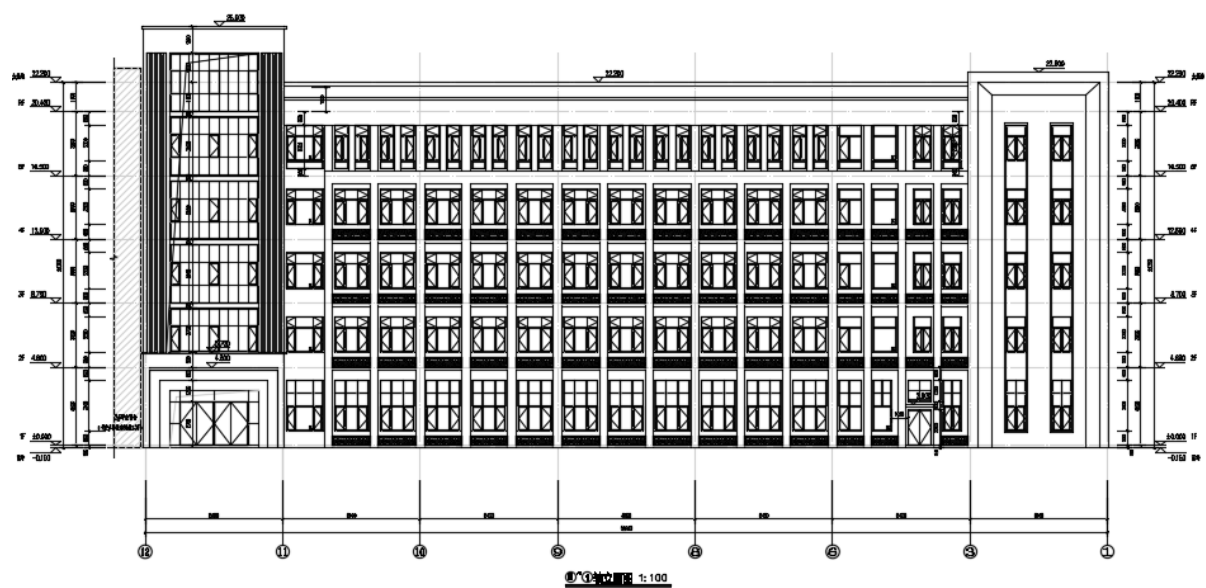
2.装饰性构件应用说明

纯装饰性构件判定

序号	构件名称	主要功能说明	是否为纯装饰性构件
1	女儿墙	女儿墙高度未超过标准规定的 2 倍及以上	否
2	异型构件	无	/
3	飘板、格栅和构架	放置空调	否



2#学生宿舍建筑立面示意图



3#试验楼建筑立面示意图



4#教学楼建筑立面示意图

3.结论

综上，本项目建筑造型要素简约，无大量纯装饰性构件，满足《绿色建筑评 价标准》GB/T50378-2019(2024 年版) 和《湖南省绿色建筑工程设计要点》相关规定要求。

建筑形体规则性判定报告

1.标准规定

根据《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019(2024 年版)中 7.1.8 条规定：不应采用建筑形体和布置严重不规则的建筑物。

根据《湖南省绿色建筑工程设计要点》条文 4.2.3：建筑形体应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的规定，优先选用规则的形体。

除砌体房屋、地下建筑 and 木结构建筑外，其他类型建筑均不得选用国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016 年版）第 3.4 节中规定的特别不规则和严重不规则的建筑形体。

《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016 年版）第 3.4.3 条：建筑形体及其构件布置的平面、竖向不规则性，应按下列要求划分：

1.混凝土房屋、钢结构房屋和钢-混凝土混合结构房屋存在表 3.4.3-1 所列举的某项平面不规则类型或表 3.4.3-2 所列举的某项竖向不规则类型以及类似的不规则类型，应属于不规则的建筑。

2.当存在多项不规则或某项不规则超过规定的参考指标较多时，应属于特别不规则的建筑。

表 3.4.3-1 平面不规则的主要类型

不规则类型	定义和参考指标
扭转不规则	在规定的水平力作用下，楼层的最大弹性水平位移或（层间位移），大于该楼层两端弹性水平位移（或层间位移）平均值的 1.2 倍
凹凸不规则	平面凹进的尺寸，大于相应投影方向总尺寸的 30%
楼板局部不连续	楼板的尺寸和平面刚度急剧变化，例如，有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的 50%，或开洞面积大于该层楼面面积的 30%，或较大的楼层错层

表 3.4. 3-2 竖向不规则的主要类型

不规则类型	定义和参考指标
侧向刚度不规则	该层的侧向刚度小于相邻上一层的 70%，或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%；除顶层或出屋面小建筑外，局部收进的平面向尺寸大于相邻下一层的 25%
竖向抗侧力构件不连续	竖向抗侧力构件（柱、抗震墙、抗震支撑）的内力由水平转换构件（梁、桁架等）向下传递
楼层承载力突变	抗侧力结构的层间受剪承载力小于相邻上一楼层的 80%

2.判定过程

项目的结构类型：☒混凝土结构、☐钢结构、☐混合结构、☐砌体结构、☐其他，建筑形体判定具体如下表所示：

2#宿舍楼

（1）平面不规则类型判定

不规则类型	定义和参考指标	计算结果	判定结论
扭转不规则	在规定的水平力作用下，楼层的最大弹性水平位移或（层间位移），大于该楼层两端弹性水平位移（或层间位移）平均值的 1.2 倍	大于 1.2	不满足
凹凸不规则	平面凹进的尺寸，大于相应投影方向总尺寸的 30%	小于 30%	满足
楼板局部不连续	楼板的尺寸和平面刚度急剧变化，例如，有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的 50%，或开洞面积大于该层楼面面积的 30%，或较大的楼层错层	无	满足

（2）竖向不规则类型判定

不规则类型	定义和参考指标	计算结果	判定结论
侧向刚度不规则	该层的侧向刚度小于相邻上一层的 70%，或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%；除顶层或出屋面小建筑外，局部收进的平面向尺寸大于相邻下一层的 25%	大于 1.0	满足
竖向抗侧力构件不连续	竖向抗侧力构件（柱、抗震墙、抗震支撑）的内力由水平转换构件（梁、桁架等）向下传递	无	满足
楼层承载力突变	抗侧力结构的层间受剪承载力小于相邻上一楼层的 80%	X：大于 0.8 Y：大于 0.8	满足

3#实验楼			
(1) 平面不规则类型判定			
不规则类型	定义和参考指标	计算结果	判定结论
扭转不规则	在规定的水平力作用下，楼层的最大弹性水平位移或（层间位移），大于该楼层两端弹性水平位移（或层间位移）平均值的 1.2 倍	大于 1.2	不满足
凹凸不规则	平面凹进的尺寸，大于相应投影方向总尺寸的 30%	小于 30%	满足
楼板局部不连续	楼板的尺寸和平面刚度急剧变化，例如，有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的 50%，或开洞面积大于该层楼面面积的 30%，或较大的楼层错层	无	满足
(2) 竖向不规则类型判定			
不规则类型	定义和参考指标	计算结果	判定结论
侧向刚度不规则	该层的侧向刚度小于相邻上一层的 70%，或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%；除顶层或出屋面小建筑外，局部收进的水平向尺寸大于相邻下一层的 25%	大于 1.0	满足
竖向抗侧力构件不连续	竖向抗侧力构件（柱、抗震墙、抗震支撑）的内力由水平转换构件（梁、桁架等）向下传递	无	满足
楼层承载力突变	抗侧力结构的层间受剪承载力小于相邻上一楼层的 80%	X：大于 0.8 Y：大于 0.8	满足
4#教学楼			
(1) 平面不规则类型判定			
不规则类型	定义和参考指标	计算结果	判定结论
扭转不规则	在规定的水平力作用下，楼层的最大弹性水平位移或（层间位移），大于该楼层两端弹性水平位移（或层间位移）平均值的 1.2 倍	大于 1.2	不满足
凹凸不规则	平面凹进的尺寸，大于相应投影方向总尺寸的 30%	小于 30%	满足
楼板局部不连续	楼板的尺寸和平面刚度急剧变化，例如，有效楼板宽度小于该层楼板典型宽度的 50%，或开洞面积大于该层楼面面积的 30%，或较大的楼层错层	无	满足
(2) 竖向不规则类型判定			
不规则类型	定义和参考指标	计算结果	判定结论
侧向刚度不规则	该层的侧向刚度小于相邻上一层的 70%，或小于其上相邻三个楼层侧向刚度平均值的 80%；除顶层或出屋面小建筑外，局部收进的水平向尺寸大于相邻下一层的 25%	大于 1.0	满足
竖向抗侧力构件不连续	竖向抗侧力构件（柱、抗震墙、抗震支撑）的内力由水平转换构件（梁、桁架等）向下传递	无	满足
楼层承载力突变	抗侧力结构的层间受剪承载力小于相邻上一楼层的 80%	X：大于 0.8 Y：大于 0.8	满足

3.结论

综上，根据国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016 版）中规定，本项目未采用特别不规则或严重不规则的建筑形体。

高强钢筋使用比例计算书

1.条文依据

根据《湖南省绿色建筑工程设计要点》条文 4.2.6：混凝土结构中受力普通钢筋使用不低于 400MPa 级钢筋的用量占受力普通钢筋总使用量的比例不宜低于 30%。

2.计算过程

根据项目工程量清单，计算结果如下：

高强度钢筋用量比例计算表

序号	材料名称	用量（t）
1	400MPa 级及以上受力普通钢筋用量	906.9
2	钢筋总用量	932.7
3	400MPa 级及以上受力普通钢筋用量占总量的比例	97.2%

Q355B 钢材用量比例计算表

序号	材料名称	用量（t）
1	Q355B 钢材用量	22.5
2	钢材总用量	25
3	Q355B 钢材用量占总量的比例	90.0%

3.结论

综上，本项目为钢筋混凝土结构，其中 HRB400 级受力普通钢筋的用量占总钢筋用量的比例为 30%以上，Q355B 钢材用量占总量的比例为 50%以上。

可再利用和可再循环材料使用比例计算书

1. 条文依据

根据《湖南省绿色建筑工程设计要点》条文 4.2.9：对于公共建筑，当使用可再利用材料和可再循环材料时，其重量占建筑材料总重量的比例不宜低于 10%。

2. 计算过程

可再利用材料主要包括：砌块、砖、瓦、料石、管道、预制混凝土板、木材、钢材、部分装饰材料等。可再循环材料主要包括：金属材料（钢材、铜等）、玻璃、铝合金型材、石膏制品、木材。本项目根据概算表，计算结果如下：

可再利用和可再循环材料使用比例计算表

建筑材料		质量 (t)	密度 (kg/m ³)
不可再利用和再循环材料	混凝土	8378.02	2300
	建筑砂浆	843.76	1800
	漆	7.454	1200
	卷材	13.65	2000
	砌块	2687.7	1000
可再利用和可再循环材料	钢材	932.7	7800
	铜	29.64	8900
	木材	95.54	600
	铝合金	94.38	2700
	玻璃	94.38	2500
可再利用和可再循环材料总质量		1246.65	
建筑材料总质量		11929.66	
可再利用和可再循环材料使用比例 (%)		10.45%	

3. 结论

综上，本项目可再利用材料和可再循环材料重量占建筑材料总重量的比例不低于 10%。

绿色建筑材料的应用比例计算书

$$P = [(S_1 + S_2 + S_3 + S_4) / 100] \times 100\% \quad (2)$$

式中：P——绿色建材应用比例；

S₁——主体结构材料指标实际得分值；

S₂——围护墙和内隔墙指标实际得分值；

S₃——装修指标实际得分值；

S₄——其他指标实际得分值。

表3 绿色建材应用比例计算

计算项		计算要求	计算单位	计算得分
主体结构	预拌混凝土	$80\% \leq P_s \leq 100\%$	m ³	10~20*
	预拌砂浆	$50\% \leq P_s \leq 100\%$	m ³	5~10*
围护墙和 内隔墙	非承重围护墙	$P_s \geq 80\%$	m ³	10
	内隔墙	$P_s \geq 80\%$	m ³	5
装修	外墙装饰面层涂料、面砖、 非玻璃幕墙板等	$P_s \geq 80\%$	m ²	5
	内墙装饰面层涂料、面砖、 壁纸等	$P_s \geq 80\%$	m ²	5
	室内顶棚装饰面层涂料、 吊顶等	$P_s \geq 80\%$	m ²	5
	室内地面装饰面层木地板、 面砖等	$P_s \geq 80\%$	m ²	5
	门窗、玻璃	$P_s \geq 80\%$	m ²	5
其他	保温材料	$P_s \geq 80\%$	m ²	5
	卫生洁具	$P_s \geq 80\%$	具	5
	防水材料	$P_s \geq 80\%$	m ²	5
	密封材料	$P_s \geq 80\%$	kg	5
	其他	$P_s \geq 80\%$	—	5

- 1：主体结构-混凝土全部采用预拌混凝土、砂浆全部采用预拌砂浆，S1=30。
- 2：围护墙和内隔墙-非承重围护墙和内隔墙采用有绿色标识的绿色建材，且两种墙体的绿色建材应用比例均≥80%，S2=15。
- 3：装修-（1）外墙装饰面层涂料、面砖、非玻璃幕墙板等；（2）内墙装饰面层涂料、面砖、壁纸等；（3）室内顶棚装饰面层涂料、吊顶等；上述 3种装修材料采用有绿色标识的绿色建材，且三种装修材料的绿色建材应用比例均≥80%，S3=15。绿色建筑材料的应用比例P=[（30+15+15）/100]X100%=60%

功率密度及照度值计算书

1.条文依据

根据《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019(2024 年版)中 7.1.4 条规定：主要功能房间的照明功率密度值不应高于现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 规定的现行值并应符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015 的规定。

根据《湖南省绿色建筑工程设计要点》条文 4.5.1：室内照明的功率密度（LPD）值应符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 的现行值，并应符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015 的规定。

2.计算过程

功率密度及照度计算表

房间或场所	参考平面及其高度	照度标准值 (lx)		照明功率密度限值 (W/m ²)		UGR	Uo	Ra
		标准值	设计值	照明功率密度限值	设计值			
卫生间	0.75水平面	75	77.35	≤2.0	1.52	25	0.4	80
宿舍	0.75水平面	150	158.36	≤3.5	3.22	25	0.6	80
走廊	地 面	50	53.46	≤1.5	1.13	25	0.4	80
食堂	0.75水平面	100	109.55	≤5.0	1.78	25	0.6	80
消防泵房	0.75水平面	100	110.53	≤2.50	1.13	25	0.6	80

房间或场所	参考平面及其高度	照度标准值 (lx)		照明功率密度限值 (W/m ²)		UGR	Uo	Ra
		标准值	设计值	照明功率密度限值	设计值			
卫生间	0.75水平面	75	77.25	≤2.0	1.78	25	0.4	80
走廊	地 面	50	54.43	≤1.5	1.12	25	0.4	80
实验室	课桌面	300	317.25	≤6.5	5.44	19	0.6	80
美术教室	课桌面	500	522.36	≤9.5	6.75	19	0.6	80
多媒体教室	0.75水平面	300	319.36	≤6.5	5.51	19	0.6	80
电子信息机房	0.75水平面	500	531.28	≤9.5	6.83	19	0.6	80

房间或场所	参考平面及其高度	照度标准值 (lx)		照明功率密度限值 (W/m ²)		UGR	Uo	Ra
		标准值	设计值	照明功率密度限值	设计值			
卫生间	0.75水平面	75	76.48	≤2.0	1.67	25	0.4	80
走廊	地 面	50	53.98	≤1.5	1.09	25	0.4	80
教室	课桌面	300	314.63	≤6.5	5.23	19	0.6	80

3.结论

 综上，本项目室内照明的功率密度（LPD）值符合现行国家标准《建筑照明设计标准》GB/T 50034 的现行值规定及符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB55015 的规定。

水资源利用报告

1.编制依据

- (1)《建筑给水排水设计标准》GB50015-2019;
- (2)《城镇给水排水技术规范》GB50788-2012;
- (3)《室外给水设计标准》GB50013-2018;
- (4)《室外排水设计标准》GB50014-2021;
- (5)《民用建筑节能设计标准》GB50555-2010;
- (6)《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2019(2024 年版);
- (7)《绿色建筑评价标准》(GB/T50378-2019(2024 年版));
- (8)《湖南省绿色建筑工程设计要点》;
- (9)相关专业提供技术资料、设计图纸。

2.水资源状况概述

岳阳市位于湖南省的东北部，水系发达，河流密布，南有湘、资、沅、澧四水，北有长江，境内还有大小河流 280 多条，湖泊 165 个，多年平均天然径流总量达到 6477 亿立方米，但大部分是客水，全市水资源人均拥有量为 2305 立方米，低于全省平均水平 8 个百分点，接近全国平均水平。

岳阳市整体降雨充沛，但降雨时间分布不均匀，年内降雨多集中在 4~7 月份，多以暴雨的形式出现，雨量占全年雨量的 60% 左右，4~9 月份径流深占全年的 85%左右，降雨年际变化大，因此，丰水年雨水过多，洪涝时有发生，枯水年降雨少，干旱频繁。水资源地区分布不均，全市真正的富水区在山丘区，多年平均降雨按地区分布为 1200~1600 毫米，径流深 400~ 800 毫米，山丘区比湖区多 20%左右。

3.生活给水系统

- (1)本工程由市政给水管上引入 1 根管径为 DN150 的给水管，并在场地内成环状布置，为本工程提供生活、消防用水。
- (2)本工程给水系统不分区，由市政管网直接供水，供水水压为 0.30MPa。
- (3)为避免各用水器具超压出流，给水系统各分区内低层用水点处供水压力大于 0.2MPa 的采用支管减压阀减压，减压阀后压力 0.20MPa。

4.生活排水系统

- (1)本项目采用雨污分流的排水体制。
- (2)本工程污废水采用合流制。室内±0.000 以上污废水重力自流排入室外污水管。
- (3)污水经化粪池处理后，排入市政污水管。室外采用钢筋混凝土化粪池，按 03S702 相关部分施工。

5.屋面雨水系统

- (1)屋面雨水采用重力流排水系统，经 87 型雨水斗和室外雨水管排至室外散水沟。
- (2)室外地面雨水经雨水口，由室外雨水管汇集，排至市政雨水管。

6.卫生器具

本工程所用卫生洁具及给水、排水配件均应符合现行建设行业标准《节水型卫生洁具》GB/T 31436-2015，《节水型产品技术条件与管理通则》GB/T 18870 的规定。卫生器具的用水效率达到用水效率标准的 3 级指标。具体参数如下表所示：

节水器具名称	流量或用水量	用水效率等级
√水嘴	0.125L/s≤流量 Q≤0.15L/s	□1 级√2 级□3 级

√小便器	一次出水量不大于 4.0L	□1 级√2 级□3 级
√大便器冲洗阀	冲洗阀一次出水量不大于 6.0L	□1 级√2 级□3 级
√小便器冲洗阀	冲洗阀一次出水量不大于 4.0L	□1 级√2 级□3 级

7.用水分级计量

项目分级计量水表达到三级，安装率达到 100%，下级水表的设置覆盖上一级水表的所有出流量。除在市政给水引入总管上设总水表计量外，并对加压区用水、市政区用水、公共卫生间用水、绿化浇灌、消防用水等分别设置水表计量。

8.避免管网漏损措施措施

- （1）给水系统中使用的管材、管件质量应满足相关行业标准的要求，新型管材和管件质量应满足企业标准的要求，企业标准应由有关行政主管部门组织专家评估、鉴定并备案。
- （2）给水系统应选用高性能阀门、零泄漏阀门等。
- （3）检修阀门的位置和数量应有利于降低检修时的泄水量。
- （4）合理设计供水压力，避免水压持续高压或压力骤变。
- （5）对室外埋地管道应采取保护措施，提出室外管道基础处理方案，控制管道埋深，并对埋深不够的管道提出保护措施。
- （6）设置水箱、水池溢流报警和进水阀门自动联动关闭装置。
- （7）安装防水锤的装置。
- （8）根据水平衡测试要求安装分级计量水表，分级计量水表安装率应达到 100%，下级水表的设置应覆盖上一级水表的所有出流量，不得出现无计量支路。

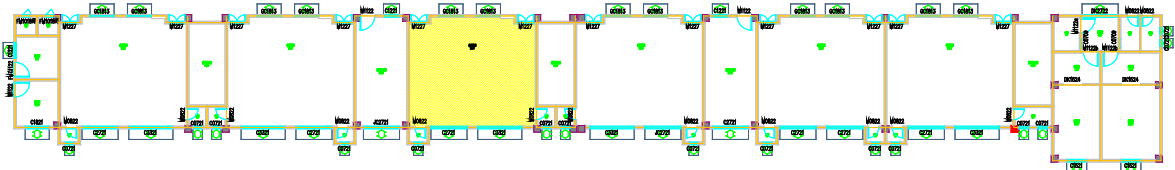


室内主要空气污染物浓度降低比例计算书

空 气 质 量 分 析 报 告

1.项目概况

工程名称	4#教学楼	
建筑类型		
地理位置	岳阳	
建筑面积	地上 3253.39m²	地下 0.00m²
建筑层数	地上 5 层	地下 0 层
建筑高度	19.500m	
北向角度	1.6°	



2~5 层平面

图 1-1 建筑平面图

请先在[模型观察]命令中保存图片！

图 1-2 建筑三维轴测图

2.评价依据

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019
《公共建筑室内空气质量控制设计标准》JGJ/T 461

《住宅建筑室内装修污染控制技术标准》JGJ/T 436
《室内空气质量标准》GB/T 18883
《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106
《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325
《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736
《环境空气质量指数（AQI）技术规定》HJ 633

3.标准要求

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 对室内空气提出明确要求。

- 星级评价
- 3.2.8 绿色建筑星级等级应按下列规定确定：
- 3) 当总分分别达到 60 分、70 分、85 分且满足表 3.2.8 的要求时，绿色建筑等级分别为一星级、二星级、三星级。

表 3.2.8 一星级、二星级、三星级绿色建筑的技术要求

	一星级	二星级	三星级
室内主要空气污染物浓度降低比例	10%	20%	

注：3 室内主要空气污染物包括氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡、可吸入颗粒物等，其浓度降低基
准为现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 的有关要求

- 控制项
- 5.1.1 室内空气中的氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡等污染物浓度应符合现行国家标准《室内空气质量》GB/T 18883 的有关规定。建
筑室内和建筑主要出入口处应禁止吸烟，并应在醒目位置设置经验标志。

- 评分项
- 5.2.1 控制室内主要空气污染物的浓度，评价总分为 12 分，并按下列规定分别评分并累计：
- 1) 氨³¹、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡¹等污染物浓度低于现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 规定限值的 10%，得 3 分
；低于 20%，得 6 分；
- 2) 室内 PM_{2.5} 年均浓度不高于 25μg/m³，且室内 PM₁₀ 年均浓度不高于 50μg/m³，得 6 分。

《室内空气质量标准》GB/T 18883 中对于室内空气质量指标的要求如下：

指标分类	指标	计量单位	要求	备注
化学性	甲醛(HCHO)	mg/m ³	≤ 0.08	1 小时平均
	苯(C ₆ H ₆)	mg/m ³	≤ 0.03	1 小时平均
	甲苯(C ₇ H ₈)	mg/m ³	≤ 0.20	1 小时平均
	二甲苯(C ₈ H ₁₀)	mg/m ³	≤ 0.20	1 小时平均
	总挥发性有机化合物(TVOC)	mg/m ³	≤ 0.60	8 小时平均
	可吸入颗粒物(PM ₁₀)	mg/m ³	≤ 0.10	24 小时平均
	细颗粒物(PM _{2.5})	mg/m ³	≤0.05	24 小时平均

4. 计算原理

室内空气质量（IAQ Indoor Air Quality）评价是一个综合多种因素的过程，需综合考虑建筑设计因素（门窗渗透风量、新风量、净化设备效率、室内源等）、室外污染物水平（建筑所在地近 3 年的环境大气监测数据），建筑的运行方式（如：单体净化器夏季与过渡季通常不开启、新风系统仅用于制冷的项目冬季不应考虑新风净化等）。

4.1 有机物

建筑材料和家具制品的使用会向室内空气释放甲醛、挥发性有机物 VOCs 等污染物。影响其浓度的因素有：室内装修涉及方案和装修材料的种类、使用量、辅助材料、室内新风量等。

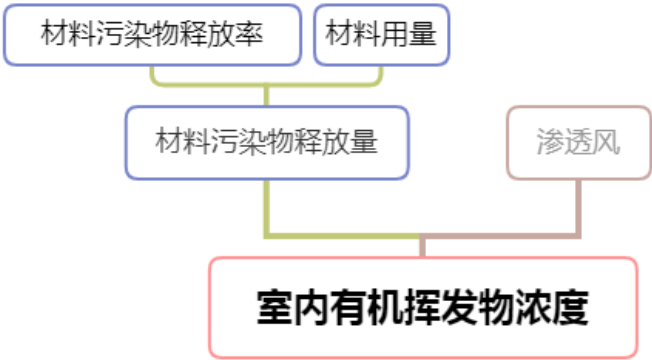


图 4-1 室内有机物挥发浓度影响因素

³¹ 依据绿标条文说明，预评价阶段仅对室内空气中的甲醛、苯和 TVOC 浓度进行评估。

室内挥发性有机物评价模型遵循材料表面污染物与室内空气之间的质量平衡方程：

$$V\frac{dC_a}{dt}=\sum AE-QC_a$$

其中：

- V — 房间体积，m³
- C_a — 房间空气中污染物浓度，mg/ m³
- A — 材料与室内空气接触的面积，m²
- Q — 房间内渗风量，m³/h
- E — 材料污染物释放率，mg/m²·h

4.2 颗粒物

室内颗粒物主要源于室外颗粒物的进入以及室内人员的日常活动。因此室内颗粒物浓度的评价主要考虑两方面的因素，室外颗粒物进入室内的颗粒物浓度，以及各种净化措施对颗粒物的稀释。

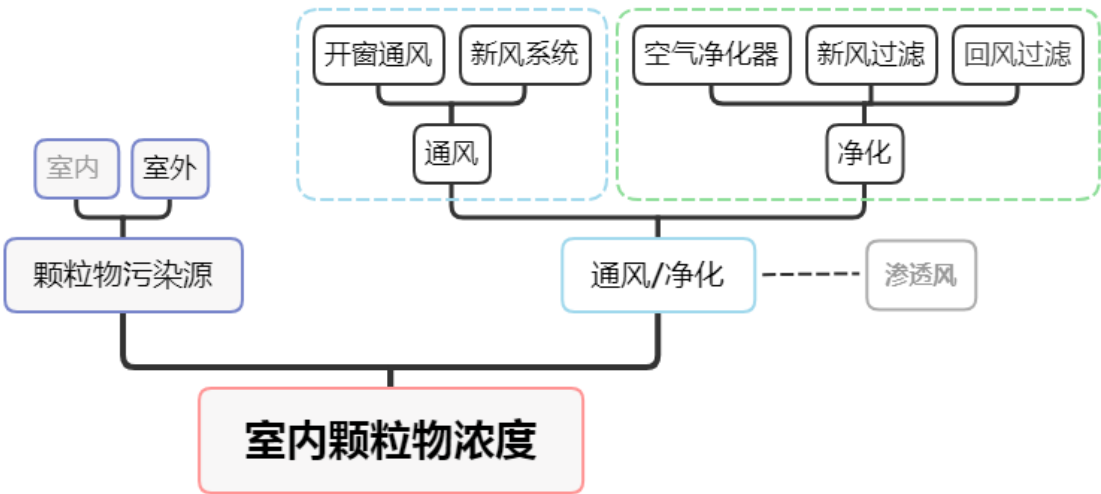


图 4-2 室内颗粒物浓度影响因素

通过输入室外大气颗粒物信息，通风净化措施，房间渗透风量，对室内颗粒物的浓度进行评估，其计算公式如下：

$$V\frac{dC_a}{dt}=Q_{m,1}C_{out}(1-\eta_{m,1})+Q_{m,2}C_a(1-\eta_{m,2})+Q_nC_{out}+pQ_iC_{out}+R-C_akV-Q_{total}C_a-CADR C_a$$

其中：

- C_a — 室内颗粒物浓度，单位为μg/m³
- C_{out} — 室外颗粒物浓度，单位为μg/m³；
- Q_{m,1} — 机械通风新风量，单位为 m³/h；
- Q_{m,2} — 机械通风回风量，单位为 m³/h；
- η_{m,1} — 新风一次通过净化效率，无量纲；
- η_{m,2} — 回风一次通过净化效率，无量纲；
- Q_n — 房间开窗通风量渗风量，单位为 m³/h；
- Q_i — 渗风量，单位为 m³/h；
- CADR — 为净化器洁净空气量，单位为 m³/h；
- p — 室外颗粒物渗透系数，即室外颗粒物通过围护结构后的浓度与其室外浓度的比值，无量纲；
- R — 室内颗粒物源强度，单位为μg/h；
- k — 沉降速率 1/h；
- V — 房间体积 m³；

5.室内空气质量评估

本项目普通教室设定为主要功能房间。空气质量仅针对主要功能房间进行评估。

5.1 有机物浓度

5.1.1 计算参数

室内空气中有机物浓度的计算，输入参数主要为装修材料污染物释放特性、材料用量以及房间渗透风量。

12.1.1.1 5.1.1.1 装修方案及装修材料污染物释放特性

本项目主要功能房间采用的装修设计方案³²以及装修材料及污染物释放特性，总结如下：

³² 本项目所有主要功能房间的装修方案参见附录 2.

表 5.1 本项目采用的装修方案及装修材料污染物释放率					
装修方案	装修材料		污染物释放率（单位：mg/（m2•h））		
	名称	类别	甲醛	苯	TVOC
（公建）教室	面漆	涂料	0.0045 (F1)	0 (F1)	0.0062 (F1)
	桌子	家具	0.0023 (F1)	0 (F1)	0.0312 (F3)
	椅子	家具	0.0081 (F1)	0.0015 (F1)	0.0233 (F2)

12.1.1.2 5.1.1.2 渗透风量

渗透风量可通过门窗气密性或者换气次数计算。门窗气密性等级参考《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106 中 1~8 级进行设置；换气次数选取可参考建筑节能标准中的相关规定。

本项目忽略渗透风量的影响。

表 5.2 标准层房间渗透风量表						
标准层	房间编号	房间名称	房间体积 (m³)	换气次数 (次/h)	门窗气密性 等级	缝隙长度 (m)
2~5 层	——	——	——	——	——	——

5.1.2 计算结果

本项目所有主要功能房间有机物污染浓度最不利结果如下。其中甲醛、苯为 1 小时均值，单位 mg/m³; TVOC 为 8 小时均值，单位 mg/m³. 所有主要功能房间详细结果参见附录 2.

有机物	浓度	浓度 降幅 ³³	控制项		得分项		星级评价	
			限值	判定	标准要求	分值	标准要求	星级
甲醛			0.08		0.072 (3 分) 0.064 (6 分)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	
苯			0.03		0.027 (3 分) 0.024 (6 分)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	
TVOC			0.6		0.54 (3 分) 0.48 (6 分)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	

图 5-1 主要功能房间挥发性有机物浓度最不利结果统计图

5.2 颗粒物浓度

5.2.1 计算参数

室内颗粒物浓度的计算，输入参数主要为室内外污染源强及通风净化措施。以下 5.2.1.1 至 5.2.1.4 节将对颗粒物浓度的计算与评估进行逐步说明。

12.1.1.3 5.2.1.1 室内颗粒物源强

室内颗粒物主要源自于人员活动。本项目主要功能房间人员密度小于 0.4³⁴ (人/m²), 因此其室内颗粒物源强忽略不计。

12.1.1.4 5.2.1.2 室外颗粒物污染源浓度

室外颗粒物浓度源于本项目所在地气象数据。PM_{2.5} 和 PM₁₀ 全年室外浓度日均值见下图:

³³ 室内主要空气污染物浓度与《室内空气质量标准》GB/T18883 基准值相比的降低比例。

³⁴ 数值来源：《公共建筑室内空气质量控制设计标准》表 3.4.1

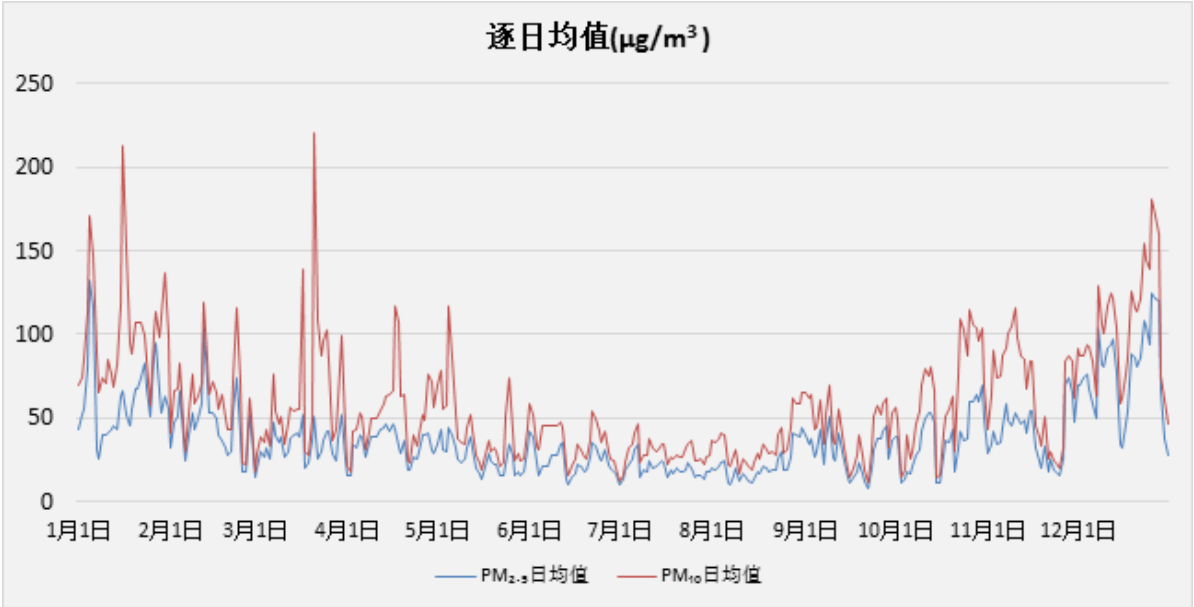


图 5-2 室外颗粒物 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度日均值

12.1.1.5 5.2.1.3 渗透风量

本项目标准层渗透风量内容已于第 5.1.1.2 条阐述。

12.1.1.6 5.2.1.4 房间通风净化

本项目标准层各主要功能房间采取的通风净化方案及效率如下。所有主要功能房间的通风净化方案及对应参数参见附录 3。

表 5.4 标准层通风净化方案及对应参数

主要功能 房间	通风净化方案		通风净化方案对应参数					
	通风方案	净化器	通风量 (m³/h)	净化量 (m³/h)	新风量 (m³/h)	净化率 (%)	回风量 (m³/h)	净化率 (%)
X001 普通教室	开窗	无	904.50	——	——	——	——	——

5.2.2 计算结果

本项目所有主要功能房间颗粒物浓度最不利结果如下。其中控制项对年均浓度进行达标判定，得分项及对日均浓度进行评分。所有主要功能房间详细结果参见附录 4。

表 5.5 室内颗粒物最不利结果及达标判定（单位：μg/m³）

颗粒物	浓度	浓度降幅 ³⁵	得分项		星级评价	
			标准要求	分值	标准要求	评级
PM _{2.5}	5.4 (年均) 0.012 (日均)		≤25(年均)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	
PM ₁₀	8.4 (年均) 0.017 (日均)		≤50(年均)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	

图 5-3 颗粒物年均值达标判定图

图 5-4 PM_{2.5} 日均值图（最不利结果）

图 5-5 PM₁₀ 日均值图（最不利结果）

6. 结论

本项目按照标准要求对所有主要功能房间进行了室内空气质量评价指标的计算，结果如下：

表 6.1 室内空气质量评价

检查项	评价依据	结论/得分
星级评价	3.2.8 绿色建筑星级等级应按下列规定确定： 3) 当总分分别达到 60 分、70 分、85 分且满足表 3.2.8 的要求时，绿色建筑等级分别为一星级、二星级、三星级。 表 3.2.8 一星级、二星级、三星级绿色建筑的技术要求	二、三星级

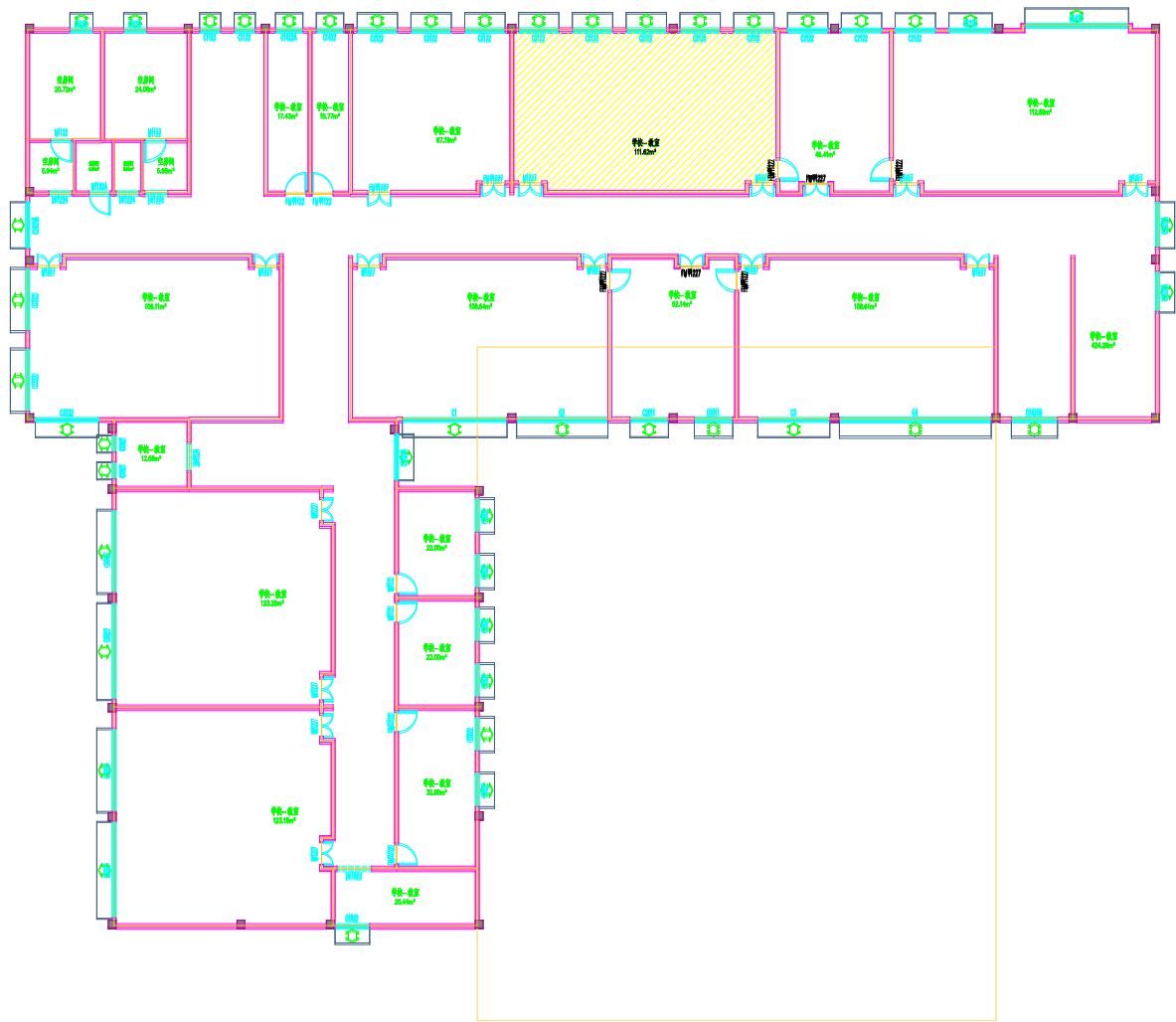
³⁵ 室内主要空气污染物浓度与《室内空气质量标准》GB/T18883 基准值相比的降低比例，基准值为 24 小时平均值。

		一星级	二星级	三星级	
	室内主要空气污染物浓度降低比例	10%	20%		
	注：3 室内主要空气污染物包括氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡、可吸入颗粒物等，其浓度降低基准为现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 的有关要求				
控制项	5.1.1 室内空气中的氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡等污染物浓度应符合现行国家标准《室内空气质量》GB/T 18883 的有关规定。				满足
评分项	5.2.1 控制室内主要空气污染物的浓度，评价总分为 12 分，并按下列规定分别评分并累计： 1) 氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡等污染物浓度低于现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 规定限值的 10%，得 3 分；低于 20%，得 6 分； 2) 室内 PM _{2.5} 年均浓度不高于 25μg/m ³ ，且室内 PM ₁₀ 年均浓度不高于 50μg/m ³ ，得 6 分。				12 分

空 气 质 量 分 析 报 告

1. 项目概况

工程名称	3#实验楼	
建筑类型		
地理位置	岳阳	
建筑面积	地上 9154.57m ²	地下 0.00m ²
建筑层数	地上 5 层	地下 0 层
建筑高度	20.400m	
北向角度	1.6°	



2 层平面

图 1-1 建筑平面图

请先在[模型观察]命令中保存图片！

图 1-2 建筑三维轴测图

2.评价依据

- 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019
- 《公共建筑室内空气质量控制设计标准》JGJ/T 461
- 《住宅建筑室内装修污染控制技术标准》JGJ/T 436
- 《室内空气质量标准》GB/T 18883
- 《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106
- 《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325
- 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736
- 《环境空气质量指数（AQI）技术规定》HJ 633

3.标准要求

《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2019 对室内空气提出明确要求。

■ 星级评价

3.2.8 绿色建筑星级等级应按下列规定确定：

3) 当总分分别达到 60 分、70 分、85 分且满足表 3.2.8 的要求时，绿色建筑等级分别为一星级、二星级、三星级。

表 3.2.8 一星级、二星级、三星级绿色建筑的技术要求

	一星级	二星级	三星级
室内主要空气污染物浓度降低比例	10%	20%	

注：3 室内主要空气污染物包括氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡、可吸入颗粒物等，其浓度降低基准为现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 的有关要求

■ 控制项

5.1.1 室内空气中的氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡等污染物浓度应符合现行国家标准《室内空气质量》GB/T 18883 的有关规定。建筑室内和建筑主要出入口处应禁止吸烟，并应在醒目位置设置经验标志。

■ 评分项

5.2.1 控制室内主要空气污染物的浓度，评价总分为 12 分，并按下列规定分别评分并累计：

- 1) 氨³⁶、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡¹等污染物浓度低于现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 规定限值的 10%，得 3 分；低于 20%，得 6 分；
- 2) 室内 PM_{2.5} 年均浓度不高于 25μg/m³，且室内 PM₁₀ 年均浓度不高于 50μg/m³，得 6 分。

《室内空气质量标准》GB/T 18883 中对于室内空气质量指标的要求如下：

指标分类	指标	计量单位	要求	备注
化学性	甲醛(HCHO)	mg/m ³	≤ 0.08	1 小时平均
	苯(C ₆ H ₆)	mg/m ³	≤ 0.03	1 小时平均
	甲苯(C ₇ H ₈)	mg/m ³	≤ 0.20	1 小时平均
	二甲苯(C ₈ H ₁₀)	mg/m ³	≤ 0.20	1 小时平均
	总挥发性有机化合物(TVOC)	mg/m ³	≤ 0.60	8 小时平均
	可吸入颗粒物(PM ₁₀)	mg/m ³	≤ 0.10	24 小时平均
	细颗粒物(PM _{2.5})	mg/m ³	≤0.05	24 小时平均

4. 计算原理

室内空气质量（IAQ Indoor Air Quality）评价是一个综合多种因素的过程，需综合考虑建筑设计因素（门窗渗透风量、新风量、净化设备效率、室内源等）、室外污染物水平（建筑所在地近 3 年的环境大气监测数据），建筑的运行方式（如：单体净化器夏季与过渡季通常不开启、新风系统仅用于制冷的项目冬季不应考虑新风净化等）。

4.1 有机物

建筑材料和家具制品的使用会向室内空气释放甲醛、挥发性有机物 VOCs 等污染物。影响其浓度的因素有：室内装修涉及方案和装修材料的种类、使用量、辅助材料、室内新风量等。

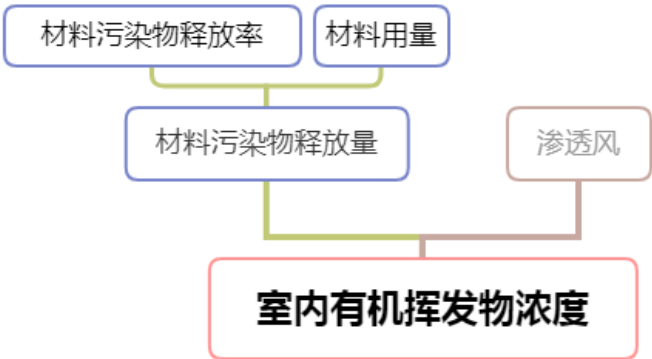


图 4-1 室内有机物挥发浓度影响因素

室内挥发性有机物评价模型遵循材料表面污染物与室内空气之间的质量平衡方程：

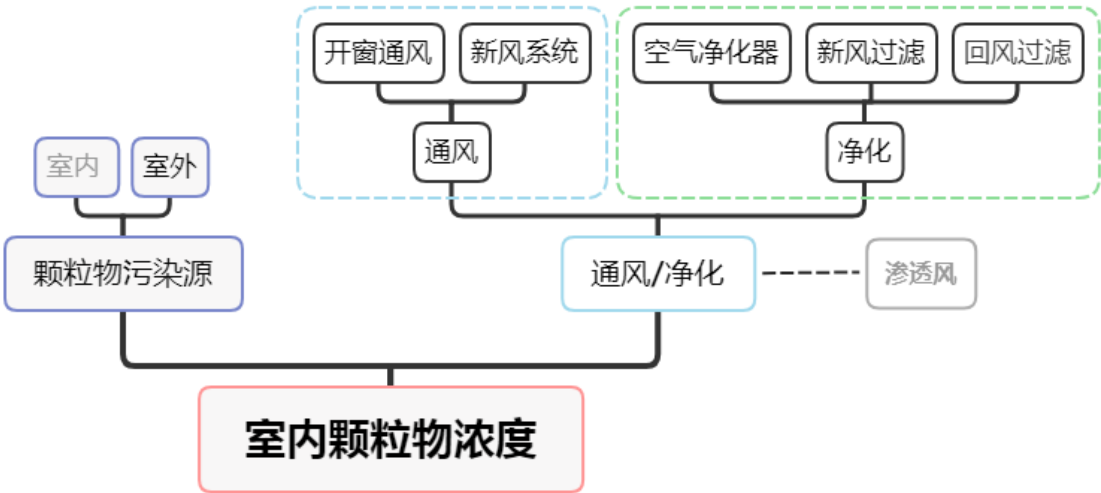
$$V \frac{dC_a}{dt} = \sum AE - QC_a$$

其中：

- V — 房间体积，m³
- C_a — 房间空气中污染物浓度，mg/ m³
- A — 材料与室内空气接触的面积，m²
- Q — 房间内渗风量，m³/h
- E — 材料污染物释放率，mg/m²·h

4.2 颗粒物

室内颗粒物主要源于室外颗粒物的进入以及室内人员的日常活动。因此室内颗粒物浓度的评价主要考虑两方面的因素，室外颗粒物进入室内的颗粒物浓度，以及各种净化措施对颗粒物的稀释。



³⁶ 依据绿标条文说明，预评价阶段仅对室内空气中的甲醛、苯和 TVOC 浓度进行评估。

图 4-2 室内颗粒物浓度影响因素

通过输入室外大气颗粒物信息，通风净化措施，房间渗透风量，对室内颗粒物的浓度进行评估，其计算公式如下：

$$V \frac{dC_a}{dt} = Q_{m,1} C_{out} (1 - \eta_{m,1}) + Q_{m,2} C_a (1 - \eta_{m,2}) + Q_n C_{out} + p Q_i C_{out} + R - C_a k V - Q_{total} C_a - CADR C_a$$

其中：

- C_a — 室内颗粒物浓度，单位为μg/m³
- C_{out} — 室外颗粒物浓度，单位为μg/m³；
- Q_{m,1} — 机械通风新风量，单位为 m³/h；
- Q_{m,2} — 机械通风回风量，单位为 m³/h；
- η_{m,1} — 新风一次通过净化效率，无量纲；
- η_{m,2} — 回风一次通过净化效率，无量纲；
- Q_n — 房间开窗通风量渗风量，单位为 m³/h；
- Q_i — 渗风量，单位为 m³/h；
- CADR — 为净化器洁净空气量，单位为 m³/h；
- p — 室外颗粒物渗透系数，即室外颗粒物通过围护结构后的浓度与其室外浓度的比值，无量纲；
- R — 室内颗粒物源强度，单位为μg/h；
- k — 沉降速率 1/h；
- V — 房间体积 m³；

5.室内空气质量评估

本项目学校-教室设定为主要功能房间。空气质量仅针对主要功能房间进行评估。

5.1 有机物浓度

5.1.1 计算参数

室内空气中有机物浓度的计算，输入参数主要为装修材料污染物释放特性、材料用量以及房间渗透风量。

12.1.1.7 5.1.1.1 装修方案及装修材料污染物释放特性

本项目主要功能房间采用的装修设计方​​案³⁷以及装修材料及污染物释放特性，总结如下：

表 5.1 本项目采用的装修方案及装修材料污染物释放率

装修方案	装修材料		污染物释放率（单位：mg/（m2•h））		
	名称	类别	甲醛	苯	TVOC
（公建）教室	面漆	涂料	0.0045 (F1)	0 (F1)	0.0062 (F1)
	桌子	家具	0.0023 (F1)	0 (F1)	0.0312 (F3)
	椅子	家具	0.0081 (F1)	0.0015 (F1)	0.0233 (F2)

12.1.1.8 5.1.1.2 渗透风量

渗透风量可通过门窗气密性或者换气次数计算。门窗气密性等级参考《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106 中 1~8 级进行设置；换气次数选取可参考建筑节能标准中的相关规定。

本项目忽略渗透风量的影响。

表 5.2 标准层房间渗透风量表

标准层	房间编号	房间名称	房间体积 (m³)	换气次数 (次/h)	门窗气密性 等级	缝隙长度 (m)
2 层	——	——	——	——	——	——

5.1.2 计算结果

本项目所有主要功能房间有机物污染浓度最不利结果如下。其中甲醛、苯为 1 小时均值，单位 mg/m³; TVOC 为 8 小时均值，单位 mg/m³. 所有主要功能房间详细结果参见附录 2.

表 5.3 主要功能房挥发性有机物浓度最不利结果及达标判定

³⁷ 本项目所有主要功能房间的装修方案参见附录 2.

有机物	浓度	浓度降幅 ³⁸	控制项		得分项		星级评价	
			限值	判定	标准要求	分值	标准要求	星级
甲醛			0.08		0.072 (3 分) 0.064 (6 分)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	
苯			0.03		0.027 (3 分) 0.024 (6 分)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	
TVOC			0.6		0.54 (3 分) 0.48 (6 分)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	

图 5-1 主要功能房间挥发性有机物浓度最不利结果统计图

5.2 颗粒物浓度

5.2.1 计算参数

室内颗粒物浓度的计算，输入参数主要为室内外污染源强及通风净化措施。以下 5.2.1.1 至 5.2.1.4 节将对颗粒物浓度的计算与评估进行逐步说明。

12.1.1.9 5.2.1.1 室内颗粒物源强

室内颗粒物主要源自于人员活动。本项目主要功能房间人员密度小于 0.4³⁹ (人/m²)，因此其室内颗粒物源强忽略不计。

12.1.1.10 5.2.1.2 室外颗粒物污染源浓度

室外颗粒物浓度源于本项目所在地气象数据。PM_{2.5} 和 PM₁₀ 全年室外浓度日均值见下图:

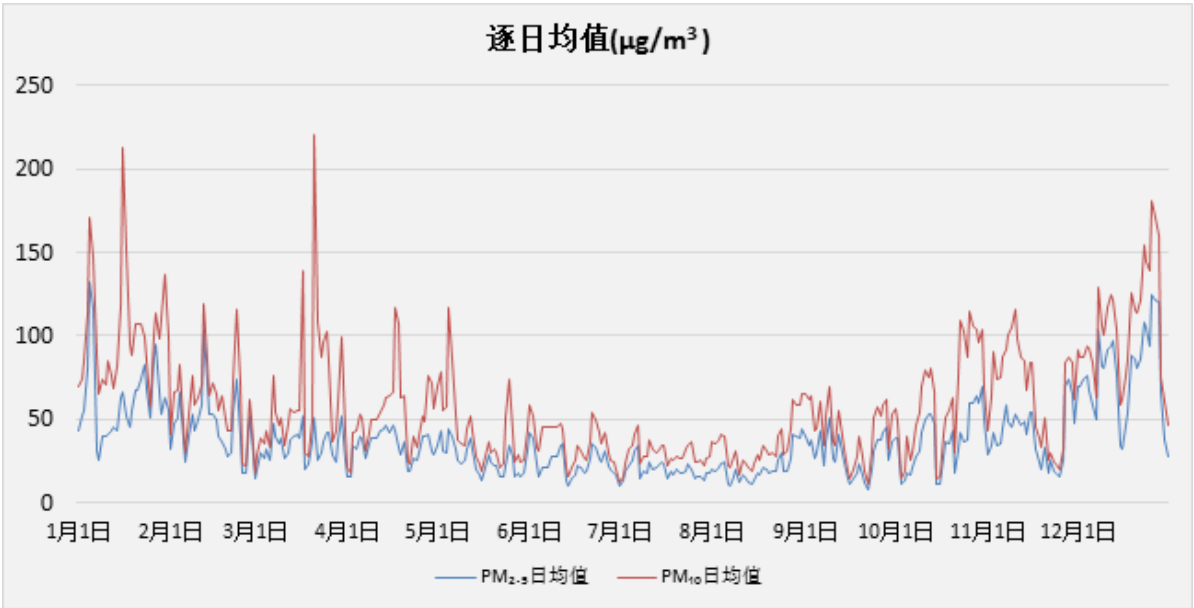


图 5-2 室外颗粒物 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度日均值

12.1.1.11 5.2.1.3 渗透风量

本项目标准层渗透风量内容已于第 5.1.1.2 条阐述。

12.1.1.12 5.2.1.4 房间通风净化

本项目标准层各主要功能房间采取的通风净化方案及效率如下。所有主要功能房间的通风净化方案及对应参数参见附录 3。

表 5.4 标准层通风净化方案及对应参数

主要功能 房间	通风净化方案		通风净化方案对应参数					
	通风方案	净化器	通风量 (m³/h)	净化量 (m³/h)	新风量 (m³/h)	净化率 (%)	回风量 (m³/h)	净化率 (%)
X005 学校-教室	开窗	无	1339.44	——	——	——	——	——

5.2.2 计算结果

本项目所有主要功能房间颗粒物浓度最不利结果如下。其中控制项对年均浓度进行达标判定，得分项及对日均浓度进行评分。所有主要功能房间详细结果参见附录 4。

表 5.5 室内颗粒物最不利结果及达标判定（单位：μg/m³）

颗粒物	浓度	浓度降幅 ⁴⁰	得分项		星级评价	
			标准要求	分值	标准要求	评级

³⁸ 室内主要空气污染物浓度与《室内空气质量标准》GB/T18883 基准值相比的降低比例。
³⁹ 数值来源：《公共建筑室内空气质量控制设计标准》表 3.4.1
⁴⁰ 室内主要空气污染物浓度与《室内空气质量标准》GB/T18883 基准值相比的降低比例，基准值为 24 小时平均值。

PM _{2.5}	5.4 (年均) 0.012 (日均)		≤25(年均)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	
PM ₁₀	8.4 (年均) 0.017 (日均)		≤50(年均)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	

图 5-3 颗粒物年均值达标判定图

图 5-4 PM_{2.5}日均值图（最不利结果）

图 5-5 PM₁₀日均值图（最不利结果）

6. 结论

本项目按照标准要求对所有主要功能房间进行了室内空气质量评价指标的计算，结果如下：

表 6.1 室内空气质量评价

检查项	评价依据	结论/得分								
星级评价	3.2.8 绿色建筑星级等级应按下列规定确定： 3) 当总分分别达到 60 分、70 分、85 分且满足表 3.2.8 的要求时，绿色建筑等级分别为一星级、二星级、三星级。 表 3.2.8 一星级、二星级、三星级绿色建筑的技术要求 <table><tr><td></td><td>一星级</td><td>二星级</td><td>三星级</td></tr><tr><td>室内主要空气污染物浓度降低比例</td><td>10%</td><td colspan="2">20%</td></tr></table> 注：3 室内主要空气污染物包括氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡、可吸入颗粒物等，其浓度降低基准为现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 的有关要求		一星级	二星级	三星级	室内主要空气污染物浓度降低比例	10%	20%		二、三星级
	一星级	二星级	三星级							
室内主要空气污染物浓度降低比例	10%	20%								
控制项	5.1.1 室内空气中的氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡等污染物浓度应符合现行国家标准《室内空气质量》GB/T 18883 的有关规定。	满足								
评分项	5.2.1 控制室内主要空气污染物的浓度，评价总分值为 12 分，并按下列规定分别评分并累计： 1) 氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡等污染物浓度低于现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 规定限值的 10%，得 3 分；低于 20%，得 6 分； 2) 室内 PM_{2.5} 年均浓度不高于 25μg/m³，且室内 PM₁₀ 年均浓度不高于 50μg/m³，得 6 分。	12 分								

空 气 质 量 分 析 报 告

7.项目概况

工程名称	2#宿舍		
建筑类型			
地理位置	岳阳		
建筑面积	地上 4782.54m ²	地下 0.00m ²	

筑室内和建筑主要出入口处应禁止吸烟，并应在醒目位置设置经验标志。

■ 评分项

5.2.1 控制室内主要空气污染物的浓度，评价总分为 12 分，并按下列规定分别评分并累计：

- 1) 氨⁴¹、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡¹等污染物浓度低于现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 规定限值的 10%，得 3 分；低于 20%，得 6 分；
- 2) 室内 PM_{2.5} 年均浓度不高于 25μg/m³，且室内 PM₁₀ 年均浓度不高于 50μg/m³，得 6 分。

《室内空气质量标准》GB/T 18883 中对于室内空气质量指标的要求如下：

指标分类	指标	计量单位	要求	备注
化学性	甲醛(HCHO)	mg/m ³	≤ 0.08	1 小时平均
	苯(C ₆ H ₆)	mg/m ³	≤ 0.03	1 小时平均
	甲苯(C ₇ H ₈)	mg/m ³	≤ 0.20	1 小时平均
	二甲苯(C ₈ H ₁₀)	mg/m ³	≤ 0.20	1 小时平均
	总挥发性有机化合物(TVOC)	mg/m ³	≤ 0.60	8 小时平均
	可吸入颗粒物(PM ₁₀)	mg/m ³	≤ 0.10	24 小时平均
	细颗粒物(PM _{2.5})	mg/m ³	≤0.05	24 小时平均

10. 计算原理

室内空气质量（IAQ Indoor Air Quality）评价是一个综合多种因素的过程，需综合考虑建筑设计因素（门窗渗透风量、新风量、净化设备效率、室内源等）、室外污染物水平（建筑所在地近 3 年的环境大气监测数据），建筑的运行方式（如：单体净化器夏季与过渡季通常不开启、新风系统仅用于制冷的项目冬季不应考虑新风净化等）。

4.1 有机物

建筑材料和家具制品的使用会向室内空气释放甲醛、挥发性有机物 VOCs 等污染物。影响其浓度的因素有：室内装修涉及方案和装修材料的种类、使用量、辅助材料、室内新风量等。

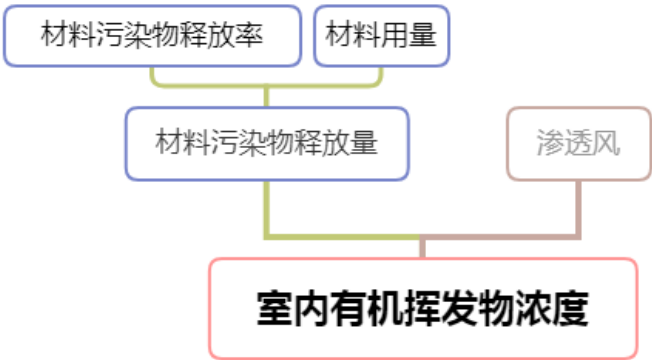


图 4-1 室内有机物挥发浓度影响因素

室内挥发性有机物评价模型遵循材料表面污染物与室内空气之间的质量平衡方程：

$$V \frac{dC_a}{dt} = \sum AE - QC_a$$

其中：

- V — 房间体积，m³
- C_a — 房间空气中污染物浓度，mg/ m³
- A — 材料与室内空气接触的面积，m²
- Q — 房间内渗风量，m³/h
- E — 材料污染物释放率，mg/m²·h

4.2 颗粒物

室内颗粒物主要源于室外颗粒物的进入以及室内人员的日常活动。因此室内颗粒物浓度的评价主要考虑两方面的因素，室外颗粒物进入室内的颗粒物浓度，以及各种净化措施对颗粒物的稀释。

⁴¹ 依据绿标条文说明，预评价阶段仅对室内空气中的甲醛、苯和 TVOC 浓度进行评估。

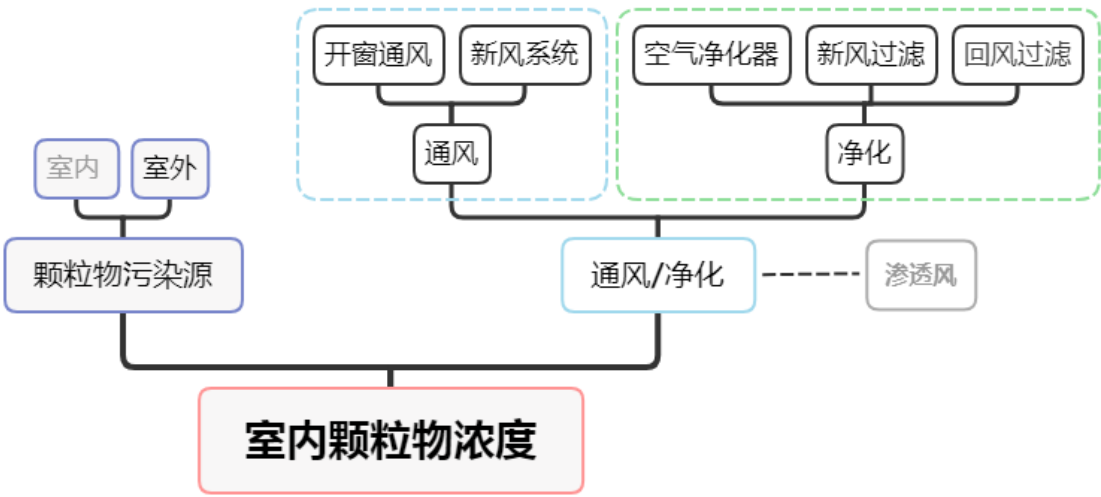


图 4-2 室内颗粒物浓度影响因素

通过输入室外大气颗粒物信息，通风净化措施，房间渗透风量，对室内颗粒物的浓度进行评估，其计算公式如下：

$$V \frac{dC_a}{dt} = Q_{m,1} C_{out} (1 - \eta_{m,1}) + Q_{m,2} C_a (1 - \eta_{m,2}) + Q_n C_{out} + p Q_i C_{out} + R - C_a k V - Q_{total} C_a - CADR C_a$$

其中：

- C_a — 室内颗粒物浓度，单位为 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- C_{out} — 室外颗粒物浓度，单位为 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
- $Q_{m,1}$ — 机械通风新风量，单位为 m^3/h ；
- $Q_{m,2}$ — 机械通风回风量，单位为 m^3/h ；
- $\eta_{m,1}$ — 新风一次通过净化效率，无量纲；
- $\eta_{m,2}$ — 回风一次通过净化效率，无量纲；
- Q_n — 房间开窗通风量渗风量，单位为 m^3/h ；
- Q_i — 渗风量，单位为 m^3/h ；
- $CADR$ — 为净化器洁净空气量，单位为 m^3/h ；
- p — 室外颗粒物渗透系数，即室外颗粒物通过围护结构后的浓度与其室外浓度的比值，无量纲；
- R — 室内颗粒物源强度，单位为 $\mu\text{g}/\text{h}$ ；
- k — 沉降速率 $1/\text{h}$ ；
- V — 房间体积 m^3 ；

11. 室内空气质量评估

本项目起居室设定为主要功能房间。空气质量仅针对主要功能房间进行评估。

5.1 有机物浓度

5.1.1 计算参数

室内空气中有有机物浓度的计算，输入参数主要为装修材料污染物释放特性、材料用量以及房间渗透风量。

12.1.1.13 5.1.1.1 装修方案及装修材料污染物释放特性

本项目主要功能房间采用的装修设计方案⁴²以及装修材料及污染物释放特性，总结如下：

表 5.1 本项目采用的装修方案及装修材料污染物释放率

装修方案	装修材料		污染物释放率（单位：mg/（m2·h））		
	名称	类别	甲醛	苯	TVOC
（居建）起居室 1	面漆	涂料	0.0045 (F1)	0 (F1)	0.0062 (F1)
	沙发	家具	0.0075 (F1)	0 (F1)	0.0288 (F2)
	石塑地板	地板	0.0012 (F1)	0 (F1)	0.0355 (F3)

12.1.1.14 5.1.1.2 渗透风量

渗透风量可通过门窗气密性或者换气次数计算。门窗气密性等级参考《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能分级及检测方法》GB/T 7106 中 1~8 级进行设置；换气次数选取可参考建筑节能标准中的相关规定。

⁴² 本项目所有主要功能房间的装修方案参见附录 2。

本项目忽略渗透风量的影响。

表 5.2 标准层房间渗透风量表

标准层	房间编号	房间名称	房间体积 (m³)	换气次数 (次/h)	门窗气密性 等级	缝隙长度 (m)
2~6 层	——	——	——	——	——	——

5.1.2 计算结果

本项目所有主要功能房间有机物污染浓度最不利结果如下。其中甲醛、苯为 1 小时均值，单位 mg/m³; TVOC 为 8 小时均值，单位 mg/m³. 所有主要功能房间详细结果参见附录 2.

表 5.3 主要功能房挥发性有机物浓度最不利结果及达标判定

有机物	浓度	浓度 降幅 ⁴³	控制项		得分项		星级评价	
			限值	判定	标准要求	分值	标准要求	星级
甲醛			0.08		0.072 (3 分) 0.064 (6 分)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	
苯			0.03		0.027 (3 分) 0.024 (6 分)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	
TVOC			0.6		0.54 (3 分) 0.48 (6 分)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	

图 5-1 主要功能房间挥发性有机物浓度最不利结果统计图

5.2 颗粒物浓度

5.2.1 计算参数

室内颗粒物浓度的计算，输入参数主要为室内外污染源强及通风净化措施。以下 5.2.1.1 至 5.2.1.4 节将对颗粒物浓度的计算与评估进行逐步说明。

12.1.1.15 5.2.1.1 室内颗粒物源强

室内颗粒物主要源自于人员活动。本项目主要功能房间人员密度小于 0.4⁴⁴ (人/m²), 因此其室内颗粒物源强忽略不计。

12.1.1.16 5.2.1.2 室外颗粒物污染源浓度

室外颗粒物浓度源于本项目所在地气象数据。PM_{2.5} 和 PM₁₀ 全年室外浓度日均值见下图:

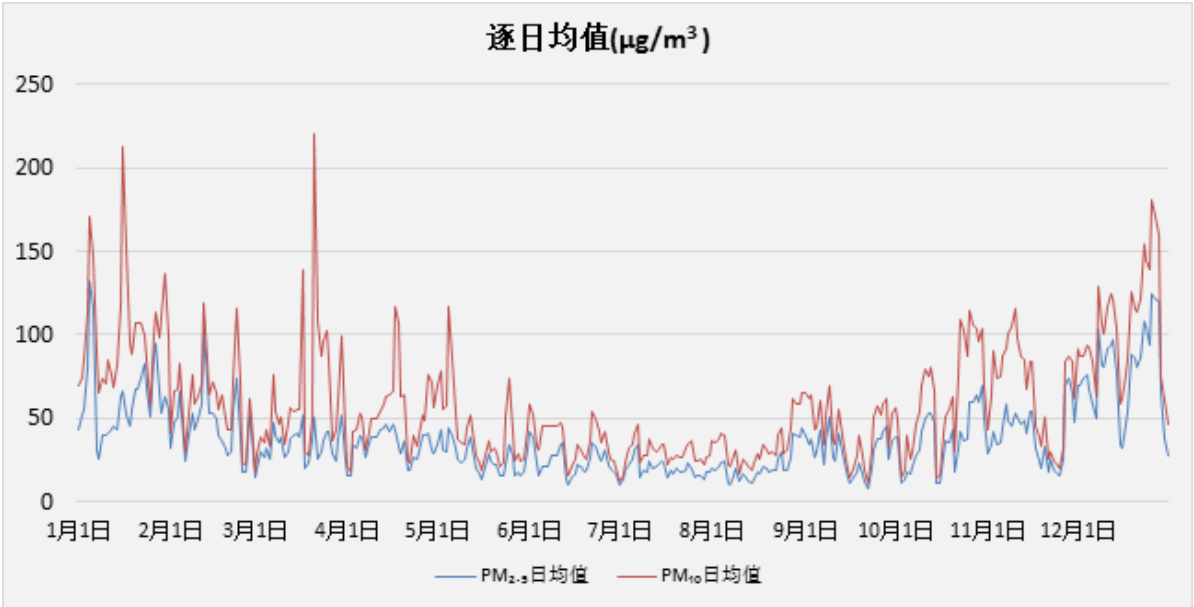


图 5-2 室外颗粒物 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度日均值

12.1.1.17 5.2.1.3 渗透风量

本项目标准层渗透风量内容已于第 5.1.1.2 条阐述。

12.1.1.18 5.2.1.4 房间通风净化

本项目标准层各主要功能房间采取的通风净化方案及效率如下。所有主要功能房间的通风净化方案及对应参数参见附录 3.

表 5.4 标准层通风净化方案及对应参数

主要功能 房间	通风净化方案		通风净化方案对应参数					
	通风方案	净化器	通风量 (m³/h)	净化量 (m³/h)	新风量 (m³/h)	净化率 (%)	回风量 (m³/h)	净化率 (%)

⁴³ 室内主要空气污染物浓度与《室内空气质量标准》GB/T18883 基准值相比的降低比例。

⁴⁴ 数值来源：《公共建筑室内空气质量控制设计标准》表 3.4.1

X008 起居室	开窗	有	25.07	101.49	——	——	——	——
X007 起居室	开窗	有	25.07	101.49	——	——	——	——
X006 起居室	开窗	有	25.07	101.49	——	——	——	——
X005 起居室	开窗	有	24.70	99.96	——	——	——	——

5.2.2 计算结果

本项目所有主要功能房间颗粒物浓度最不利结果如下。其中控制项对年均浓度进行达标判定，得分项及对日均浓度进行评分。所有主要功能房间详细结果参见附录 4。

表 5.5 室内颗粒物最不利结果及达标判定（单位：μg/m³）

颗粒物	浓度	浓度降幅 ⁴⁵	得分项		星级评价	
			标准要求	分值	标准要求	评级
PM _{2.5}	7.1 (年均) 0.016 (日均)		≤25(年均)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	
PM ₁₀	10.7 (年均) 0.022 (日均)		≤50(年均)		降 10%(一星级) 降 20%(二、三星级)	

图 5-3 颗粒物年均值达标判定图

图 5-4 PM_{2.5}日均值图（最不利结果）

图 5-5 PM₁₀日均值图（最不利结果）

12. 结论

本项目按照标准要求对所有主要功能房间进行了室内空气质量评价指标的计算，结果如下：

表 6.1 室内空气质量评价

检查项	评价依据	结论/得分								
星级评价	3.2.8 绿色建筑星级等级应按下列规定确定： 3) 当总分分别达到 60 分、70 分、85 分且满足表 3.2.8 的要求时，绿色建筑等级分别为一星级、二星级、三星级。 表 3.2.8 一星级、二星级、三星级绿色建筑的技术要求 <table><tr><td></td><td>一星级</td><td>二星级</td><td>三星级</td></tr><tr><td>室内主要空气污染物浓度降低比例</td><td>10%</td><td colspan="2">20%</td></tr></table> 注：3 室内主要空气污染物包括氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡、可吸入颗粒物等，其浓度降低基准为现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 的有关要求		一星级	二星级	三星级	室内主要空气污染物浓度降低比例	10%	20%		二、三星级
	一星级	二星级	三星级							
室内主要空气污染物浓度降低比例	10%	20%								
控制项	5.1.1 室内空气中的氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡等污染物浓度应符合现行国家标准《室内空气质量》GB/T 18883 的有关规定。	满足								
评分项	5.2.1 控制室内主要空气污染物的浓度，评价总分值为 12 分，并按下列规定分别评分并累计： 1) 氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡等污染物浓度低于现行国家标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 规定限值的 10%，得 3 分；低于 20%，得 6 分； 2) 室内 PM_{2.5} 年均浓度不高于 25μg/m³，且室内 PM₁₀ 年均浓度不高于 50μg/m³，得 6 分。	12 分								

⁴⁵ 室内主要空气污染物浓度与《室内空气质量标准》GB/T18883 基准值相比的降低比例，基准值为 24 小时平均值。