

实验室设计——某研发中心项目案例

第 1 章：项目简介

1. 建筑概况

- (1) 总建筑面积：18026.75 平方米。
- (2) 建筑高度：79.50 米，地上 16 层、地下 2 层。
- (3) 各层活荷载：首层楼面 560kg/m^2 ，2 层至 7 层楼面 540kg/m^2 ，8 层楼面至 16 层楼顶 520kg/m^2 。
- (4) 标准层面积：1127.92 平方米。
- (5) 层高：首层 6 米，2 至 6 层 5.4 米，7 至 16 层 4.5 米。
- (6) 柱距范围：5.7 米至 8.5 米。

2. 电梯

类型	数量	载重	开门尺寸	轿厢尺寸
客梯	3 台	1000kg	0.9m×2.1m	1.6m(宽)×1.5m(深)×2.5m(高)
货梯	1 台	2000kg	1.2m×2.1m	2.1m(宽)×1.9m(深)×2.5m(高)

第 2 章：研发中心简介

1. 先进光源中心

- (1) 研究内容：原子精密谱实验和分子精密谱实验。
- (2) 研究目的：为开展高水平科学仪器的研发及未来先进光源的在线实验排除潜在技术风险。
- (3) 特别说明：不涉及中试、P3、P4 实验室和转基因实验。

2. 创新材料研究院

- (1) 研究方向：未来可持续材料的前沿研究和产业化。
- (2) 研究内容：研制新型轻质高强材料，如仿生轻质高强结构建筑材料、仿生防火隔热工程材料等。
- (3) 研究目的：推动高性能材料在各重要领域的应用。
- (4) 特别说明：不涉及中试、P3、P4 实验室和转基因实验。

3. 低温物理中心

- (1) 研究方向：研发制备高纯氦-3 气体（纯度不低于 99.999%）。

(2) **特别说明：**不涉及中试、P3、P4 实验室和转基因实验。

4. 斯发基斯研究院

(1) **研究方向：**围绕“计算智能”、“可信系统”、“自动驾驶”、“智慧城市”等五大方向开展基础科学理论和工程技术应用研究。

(2) **特别说明：**主要使用计算机进行操作，无废气、废水等污染物产生和排放。

5. 生命科学研究院

(1) **研究方向：**靶向蛋白质相分离调节神经系统稳定性，以达到干预疾病发生发展的目的。

(2) **特别说明：**不涉及中试、P3、P4 实验室和转基因实验。

6. 化学生物学中心

(1) **实验类型：**小分子有机化学实验和与蛋白质合成相关的生物化学实验。

(2) **特别说明：**不涉及中试、P3、P4 实验室和转基因实验。

7. 格拉布斯研究院

(1) **研究方向：**催化剂的精准设计及其应用研究。

(2) **研究内容：**新型催化剂的设计、合成及反应条件优化，探索其在小分子和大分子合成领域的应用。

(3) **特别说明：**不涉及中试、P3、P4 实验室和转基因实验。

8. 新药研发中心

(1) **研究方向：**化学合成类新药研发。

(2) **研发药物：**包括 ET-743、激酶抑制剂、紫杉醇、乌头碱、虎皮楠生物碱、阿兹海默症药物等。

(3) **研发目的：**探索简洁的合成策略完成药物合成，为工业化生产打下基础。

(4) **特别说明：**不涉及中试、P3、P4 实验室和转基因实验。

第 3 章：项目装修改造简介

1. 现状描述

当前建筑原为公寓功能，仅具备简单的照明和基本的喷淋、烟感、消防设施，并未针对实验室及转移转化平台的功能需求进行设计和装修。

2. 改造需求

为满足实验室及转移转化平台的功能需求，项目需要进行全面的装修改造，改造后的实验室对温湿度、洁净度、照度、噪声、风速、防静电、震动等多项指标都有非常严格的要求。由于实验室内将有大量的工艺排风及精密或贵重的工艺设备，因此需要增加和改造相应的设施以满足科研工作的需求。

3. 主要改造事项

1. 建筑设施不足

- (1) 消防疏散楼梯不足。
- (2) 缺失工艺排风井、消防排烟井、消防弱电设施、配电管井等。
- (3) 楼顶承重不足，无法满足新增设备的安装需求。

2. 资源配置不足

- (1) 总用电量不足。
- (2) 楼顶可用面积有限，无法满足新增设备的布置需求。
- (3) 柴发、冷水机房、空压机房、配电房、废水处理机房、楼顶废气处理设备、冷却塔、风冷热泵、数据机房等所需面积严重不足。

3. 建筑缺陷整改

- (1) 一层卫生间正下方为配电室，需进行整改以避免安全隐患。
- (2) 楼顶原钢结构需拆除以放置动力设备。
- (3) 结构专业新旧规范更替导致需要进行相应的改造工作。

第 4 章：废气处理技术与设备选型

1. 常见废气处理技术

- (1) **吸附法**：利用吸附剂的多孔结构，将废气中的有害物质吸附在其表面，达到净化效果，广泛应用于低浓度气体污染物的处理。
- (2) **吸收法**：适用于可溶或可发生中和反应的气体污染物。通过选择合适的吸收剂，将废气中的有害物质吸收到吸收液中，实现净化目的。
- (3) **冷凝法**：适用于高浓度 ($>1000\text{mg}/\text{m}^3$) 有机废气的处理。通过降低废气的温度或提高压力，使废气中的有害物质凝结成液体，从而与废气分离。
- (4) **膜分离法**：利用特殊膜的选择透过性，将废气中的有害物质与清洁气体分离。该方法适用于高浓度且具有回收价值的废气处理。
- (5) **直接焚烧法**：适用于可燃性有机废气 ($>3000\text{mg}/\text{m}^3$) 的处理，通过高温燃烧将废气中的有害物质转化为无害物质。
- (6) **催化燃烧法**：利用催化剂的催化作用加速可燃性有机废气 ($500\sim 3000\text{mg}/\text{m}^3$) 的燃烧过程，提高处理效率。
- (7) **光催化氧化法**：利用光催化剂在紫外光照射下产生强氧化性自由基，将废气中的有害物质氧化分解。该方法适用于低浓度 ($<500\text{mg}/\text{m}^3$) 有机或无机废气的处理。
- (8) **等离子体破坏法**：利用等离子体中的高能粒子，与待处理物质发生反应，改

变其化学结构或物理状态。该方法适用于有机废气（ $<500\text{mg}/\text{m}^3$ ）的处理。

- (9) **生物降解法**：利用微生物的代谢作用将废气中的有害物质转化为无害物质。该方法适用于低浓度、大气量的有机或无机废气的处理。

2. 设备选型原则

- (1) **针对性**：根据废气的成分、浓度和排放量选择合适的处理技术和设备。
- (2) **高效性**：确保所选设备具有较高的处理效率和净化效果。
- (3) **经济性**：综合考虑设备的初投资、运行成本和维护费用等因素，选择性价比较高的设备。
- (4) **安全性**：确保所选设备在运行过程中稳定可靠，不会对环境和人员造成危害。
- (5) **易维护性**：设备应便于日常维护和检修，降低运行成本和提高设备使用寿命。

3. 本项目案例分析

- (1) 针对酸性废气、碱性废气等无机废气，设计采用“卧式喷淋塔+一级活性炭吸附”废气处理工艺；
- (2) 针对有机废气，设计采用“二级活性炭吸附”废气处理工艺；
- (3) 针对废水机房产生的臭气、无机废气等，设计采用“UV 光催化氧化+一级活性炭吸附”废气处理工艺。

第 5 章：废水处理系统设计

1. 废水的分类与处理

1. 需要处理的污染废水

- (1) 实验室清洗废水：主要源自实验仪器、实验产物的低浓度洗涤废水以及实验室的各项保洁卫生用水。
- (2) 动物房废水。

2. 无污染水

- (1) 实验过程中使用的冷却水。
- (2) 水浴及恒温加热用水。
- (3) 其他清洁用水。

3. 污染废水的处理方式

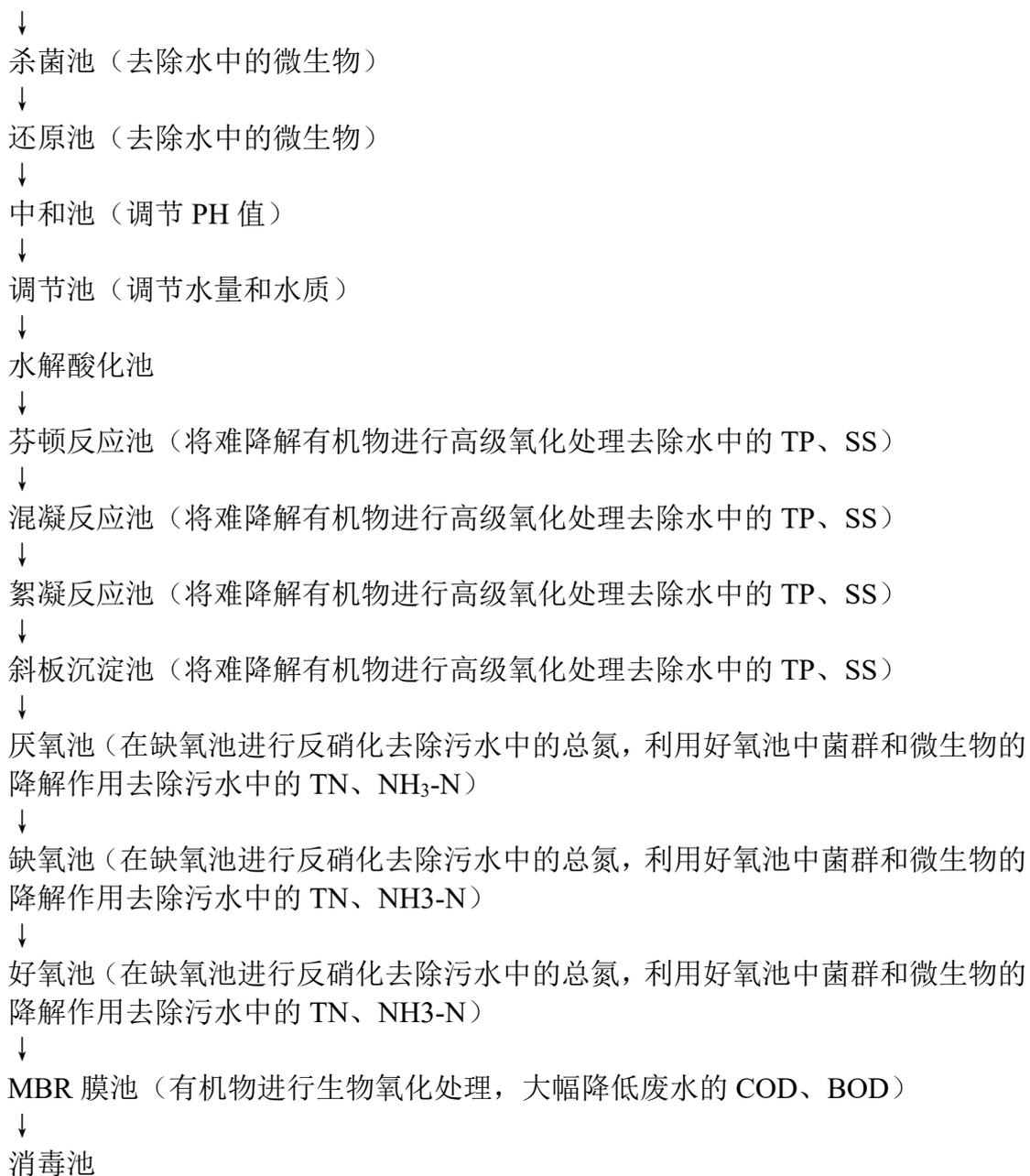
- (1) 均被导入自建的废水处理站进行处理。
- (2) 确保达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的 IV 类标准，其中的悬浮物（SS）与总氮的排放指标，满足《生物工程类制药工业水污染物排放标准》（GB21907-2008）表 2 的要求。
- (3) 处理后的废水随后排入市政管网。

污染指标	pH	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮	TP	TN	类大肠杆菌 (个/L)
进水水质	6-9	≤600mg/L	≤300mg/L	≤300mg/L	≤40mg/L	2~7mg/L	≤50mg/L	≤1×10 ⁹
出水水质	6-9	≤30mg/L	≤6mg/L	≤50mg/L	≤1.5mg/L	≤0.3mg/L	≤30mg/L	≤20000

此方案基于类似项目的经验而设计，具体细节以环境影响评价报告为准。

2. 废水处理工艺流程

实验室清洗等废水



↓
脱氯池
↓
活性炭过滤器
↓
清水池
↓
达标排放（地表水 IV 类标准）

3. 污泥处理流程

污泥（水解酸化池、好氧池、MBR 膜池、芬顿反应池、混凝反应池、助凝反应池和斜板沉淀池的污泥）

↓
污泥浓缩罐
↓
污泥螺杆泵
↓
叠螺脱水机
↓
干泥（装袋外运，滤液回流至调节池重新处理）

第 6 章：暖通系统设计

1. 屋面排风系统

1. 排风系统设计原则

在设计实验室排风系统时，需考虑系统的合理性：

- (1) 一般而言，相同使用性质的排风装置会合用一个排风系统。
- (2) 一个系统内合并设置的实验室通风柜数量不应超过 8 台。
- (3) 不同楼层的通风柜需设置独立的排风系统，避免相互干扰。

2. 废气处理措施

本项目针对实验室产生的无机、有机废气，处理措施为卧式喷淋塔+除雾器+活性炭吸附箱的组合方式。一套处理风量为 3 万 m^3/h 的废气处理装置，其占地面积约为 72m^2 （16m 长×4.5m 宽×2.5m 高）。

3. 屋面条件与布局

本项目屋面总建筑面积为 1090.6m^2 ，扣除设备机房、管井等占用空间后，实际可用建筑面积为 920m^2 。鉴于屋面设备较多，计划增设一层钢结构平台（高度 3.5m~4m），以容纳更多的设备。根据平面布局，屋面共可放置 7 套废气处理装置，总处理风量为 21 万 m^3/h 。

4. 排风需求与规划

基于现有平面布局及排风需求，本项目原计划设置 48 套排风系统，总排风量达 32.7 万 m³/h（考虑 0.7 的通风柜同时使用系数）。然而，由于既有建筑屋面可用面积有限，无法满足此排风量需求。因此，需对系统进行优化调整，将废气处理排风量控制在 21 万 m³/h 以内。

2. 优化建议

1. 采用节能型通风柜

将原有的常规通风柜替换为节能型通风柜，可大幅度降低通风柜的排风量。若将 1.2m、1.5m、1.8m 的通风柜全部更换，总排风量可降至 23 万 m³/h（考虑 0.7 的同时使用系数），从而有效减轻屋面废气处理系统的负担。

通风柜类型	1.2m 规格排风量	1.5m 规格排风量	1.8m 规格排风量
常规通风柜	1200m ³ /h	1500m ³ /h	1800m ³ /h
节能型通风柜	691m ³ /h	864m ³ /h	1036m ³ /h

2. 调整通风柜同时使用系数

通过合理调整通风柜的同时使用系数（如降低至 0.4~0.6），可以提高排风机的利用效率，进一步减少所需排风机数量和运行能耗。

3. 优化平面设备布局

优化实验室平面设备布局，适当减少通风柜的数量，也是降低排风量需求的有效手段。这需要在保证实验需求的前提下，合理规划空间利用。

4. 减少排风系统数量

考虑减少排风系统的数量，同时增加单台排风机所负担的通风柜数量。但需注意，此做法可能增加每套系统的处理风量及抽风点位，影响系统的稳定性和抽风均匀性。因此，在实施时需谨慎评估并采取相应措施加以改进。

5. 空调负荷将减少

将废气处理排风量控制在 21 万 m³/h 以内后，实验室的空调冷、热负荷也将相应减少约 1/3，有助于降低整体能耗和运行成本。

第 7 章：UPS 系统设计

1. UPS 系统简介

UPS 系统作为弱电系统中的重要组成部分，主要功能是在市电中断或电压不稳时，为关键负载提供稳定、可靠的电力供应。

2. UPS 设备房设计

1. 采用两台 1200kVA UPS，双电源进线。
2. 电池后备时间为 30 分钟，以确保机柜、弱电系统及部分工艺设备的连续供电。
3. 大容量 UPS 的蓄电池应单独设置蓄电池室，并布置在建筑首层，需要 200m² 场地。应执行深圳市不间断电源(UPS)设备房安全管理指南(深安办[2019]257 号文件)第二十三条【电池室布置】的规定：
 - (1) 蓄电池室应布置在建筑的首层。
 - (2) 应选择在无高温、无潮湿、无震动、少灰尘、避免阳光直射的场所。
 - (3) 宜靠近配电间布置。
 - (4) 蓄电池室的门窗玻璃应采用毛玻璃或涂以半透明油漆的玻璃。

3. 防静电接地系统设计

- (1) **位置选择：**本项目独立防静电接地装置在室外绿化带外埋地设置，但距离建筑防雷系统较近。
- (2) **配置数量：**本项目安装了 4 套独立防静电接地装置，但距离较近，可能存在相互干扰。
- (3) **注意事项：**为避免建筑防雷系统对防静电系统的影响，尽量不要在雷雨天气使用需静电接地的仪器设备。

第 8 章：结构加固设计

1. 本项目结构加固要求

- (1) 原建筑设计使用年限为 50 年，改造加固后结构使用年限为原设计剩余年限。
- (2) 在加固设计工作年限内，未经技术鉴定或设计许可，不得改变加固后结构的用途和使用环境。
- (3) 整栋楼由公寓改造为实验室，为契合使用需求，增加了各类设备，如管道、管井等。

2. 结构设计调整

- (1) 地下 1 层：配电房、UPS 设备房等房间的活荷载标准值为 10kN/m²。
- (2) 首层单晶 X 射线仪所在的房间承重应大于 1100kg/m²。
- (3) 2-6 层：增加两部楼梯，此部分的主要工作内容为楼梯和其他管井的洞口设计，以及新增洞口封边梁的设置，同时包含部分房间功能的变更。
- (4) 部分楼层的房间中，除排风机房、排烟机房、空调房、配电间、卫生间、过道按照通规要求的活荷载取值外，其他实验室房间若有明显分割，活荷载取 3kN/m²；若无明显分割处于公共开放式，活荷载取 3.5kN/m²。房间附加恒荷载取 2kN/m²（包含地砖、吊顶等饰面层及吊挂管道）。
- (5) 屋面加建两层钢结构夹层的设备层：需按照设备重量进行计算。

3. 结构加固设计流程

1. 加固原因

- (1) 因房屋破损而需要进行维护性加固。
- (2) 房屋功能性改变，原有构件无法满足现有功能需求而进行加固。

2. 结构加固设计与施工流程

- (1) **沟通需求：**了解甲方需求，明确加固目标。
- (2) **收集资料与勘察：**收集原始资料，勘察现场，进行原结构可靠性鉴定（包括静力鉴定和抗震鉴定）。
- (3) **分析技术与设计验算：**建立模型，分析结构问题，设计加固方案并进行验算。
- (4) **确定加固方案：**与甲方沟通确认加固方案，确保方案合理可行。
- (5) **绘制加固图纸：**根据确定的加固方案，绘制详细的施工图纸。
- (6) **审核与定稿：**审核加固图纸，确保无误后定稿。
- (7) **施工准备：**根据设计要求编制施工组织设计，确保施工过程安全和质量。
- (8) **加固施工与质量控制：**委托专业加固施工单位进行施工，严格按照工艺进行质量控制，并按照国家标准进行质量检测和工程验收。
- (9) **评估与交付：**委托检测单位进行施工过程跟踪和安全评估，确保完工后顺利出具安全评估报告。

3. 专有名词

- (1) **活荷载：**指建筑在使用过程中由人员、设备等产生的可变荷载。
- (2) **恒荷载：**指建筑在使用过程中不随时间变化或变化很小的荷载，如建筑自重、固定设备等。
- (3) **静力鉴定：**评估结构的安全性和房屋的正常使用性，确保结构在正常使用状态下的稳定性和耐久性。
- (4) **抗震鉴定：**评估建筑在地震作用下的抗震能力和整体性，确保建筑在地震中的安全性。

第 9 章：防爆间设计

1. 防爆间设计简介

防爆间设计需结合科研实验室规范和消防规范，确保在可能发生爆炸的区域内，通过合理的布局和设施设置，将风险降至最低。主要关注氢气等易燃易爆气体的管理、泄压设施的设置等。

2. 本项目防爆间设计案例

- (1) 低温物理中心十一层的氦-3 气体净化平台区、工艺气体供给区存在氢气爆炸风险。依据科研实验室规范和消防规范要求，应将其按防爆间设计，且需满足规范相应要求，泄压比取值为 $C \geq 0.25$ 。
- (2) 若放置在 11 层，按原需求选定可行的最优位置，然后调整平面布置图。然

而实际泄爆面积远小于所需泄爆面积，此放置在 11 层的方案不可行。

- (3) 若放置在 1 层，按原需求选定可行的最优位置，然后调整平面布置图。然而实际泄爆面积仍小于需要的泄爆面积，此放置在 1 层的方案不可行。
- (4) 结论：本建筑区域不具备设置氢气类防爆实验室的条件。建议修改研发工艺（调整为惰性气体），或另寻其他符合要求的场地。

第 10 章：危险化学品存储

1. 民用建筑内存储限制

- (1) 根据《建筑防火通用规范》（GB55037-2022）第 4.3.1 条，民用建筑（包括科研、办公建筑）内不得设置甲、乙类物品的存储间。
- (2) 如有特殊需求，必须经相关部门严格审批，并采取额外的消防安全措施。

2. 本项目存储设施选择

- (1) 本项目涉及甲、乙类物品的存储，建议选用户外型安全存储室，以符合消防规范对甲、乙类物品存储的特殊要求。
- (2) 安全存储室的设置应严格遵守消防规范，包括建筑之间的防火间距等参数。

3. 实验室防火措施

在实验室内，如果使用或产生少量的易燃、可燃物质，那么其单位容积的最大允许量以及室内空间最多允许存放的总量，一定要严格低于《建筑设计防火规范》（GB50016-2014，2018 版）第 3.1.2 条及其条文说明中所规定的最大允许量。同时，还应该具备电气防爆、防静电接地、气体泄漏探测等安全措施，并设置警示标识。