



# 制药行业如何打造可持续发展实验室

主讲人——薛峥斌

## 目录

## Contents

01 可持续发展实验室面临哪些挑战

02 如何打造可持续实验室

03 先进实验室案例分享

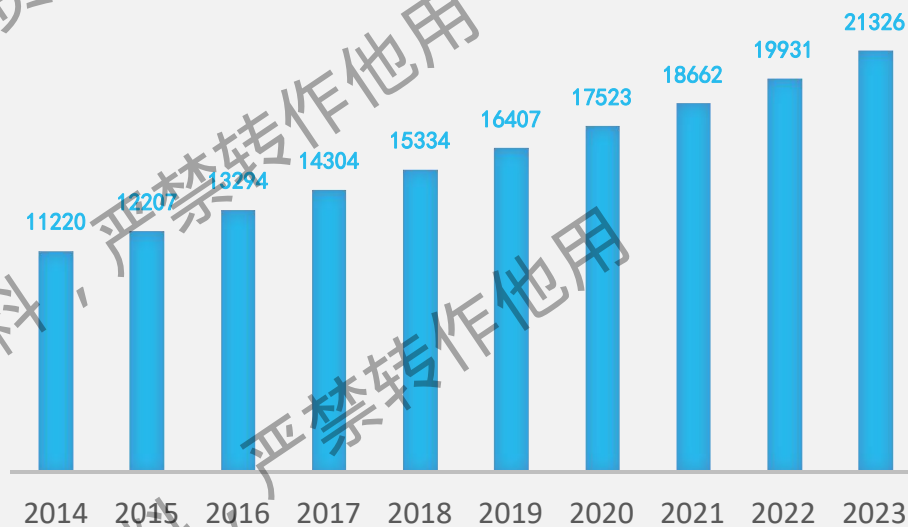


## 制药行业发展

统计数据显示，中国制药行业市场规模年复合增速20%左右。预测2020年，国内制药行业的市场规模将突破1800亿元。

产品技术从仿制创新朝着自主创新研发方向转变，行业在研发上的投入呈现出增长的趋势。其中龙头企业的研发投入力度明显加大。

2014年-2023年中国医药市场规模及预测  
(单位：亿元)



实验室是科技创新的摇篮，是企业的核心竞争力。



为什么要打造可持续发展实验室？

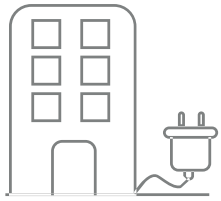


Sustainable Laboratory

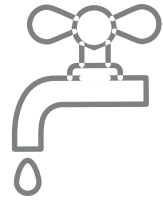
## 可持续发展实验室有哪些挑战？



实验室安全



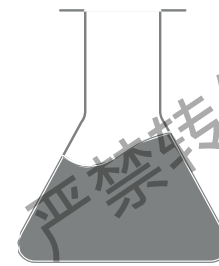
能源



用水



废弃物

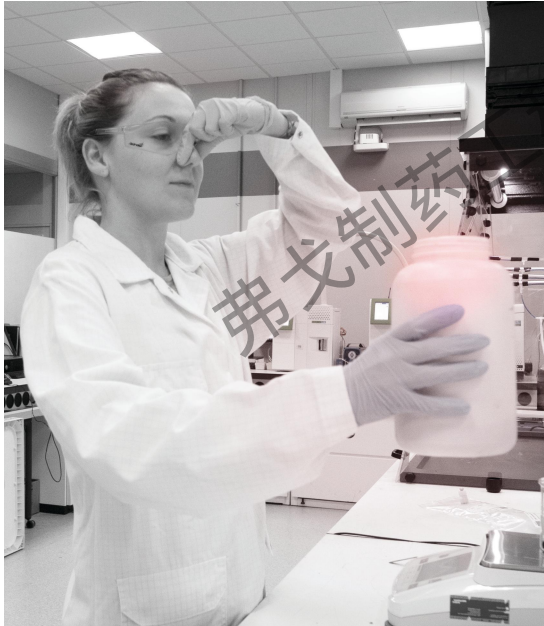


化学品管理



灵活可持续

## 挑战1：安全

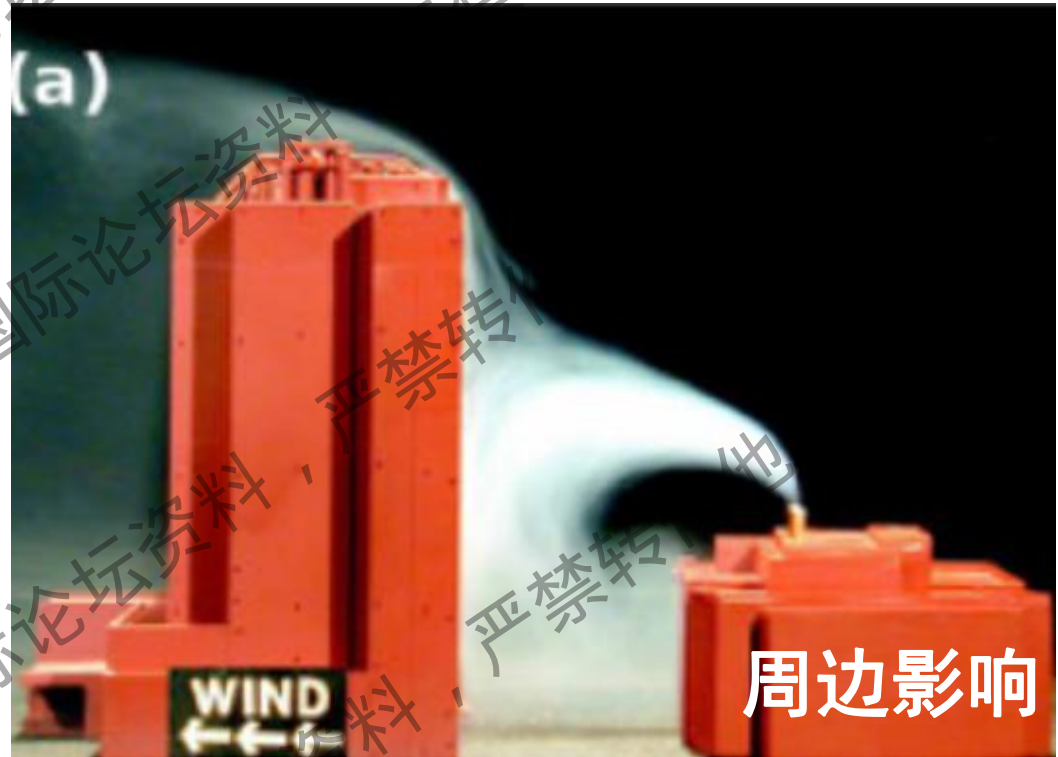


您的实验室  
味道重吗？


化学试剂名称	危害
甲酸	引起急性化学性肺炎。
环乙烷	对眼和上呼吸道有刺激作用，持续吸入可引起头晕、恶心、倦睡和其他一些麻醉症状。
正丁醇	引起头痛、头晕、嗜睡。
异丙醇	引起头痛、倦睡、共济失调以及眼、鼻、喉刺激症状
乙腈	引起呼吸及循环系统紊乱，呼吸浅、慢而不规则，血压下降，脉搏细而慢，体温下降，阵发性抽搐、昏迷
甲醇	损害中枢神经系统、视神经及视网膜，导致头晕、头痛、眩晕、乏力、步履病础、失眠、表情淡漠、拿识混沌
盐酸（35%）	引起慢性炎、慢性支气管炎、牙齿酸蚀症及皮肤损害
硝酸	引起腐蚀性口腔炎和胃肠炎及肺炎
三氯甲烷	影响中枢神经系统，具有麻醉作用，对心、肝、督有损害
硫酸	引起结膜炎、结膜水肿、角膜混沌，以致失明

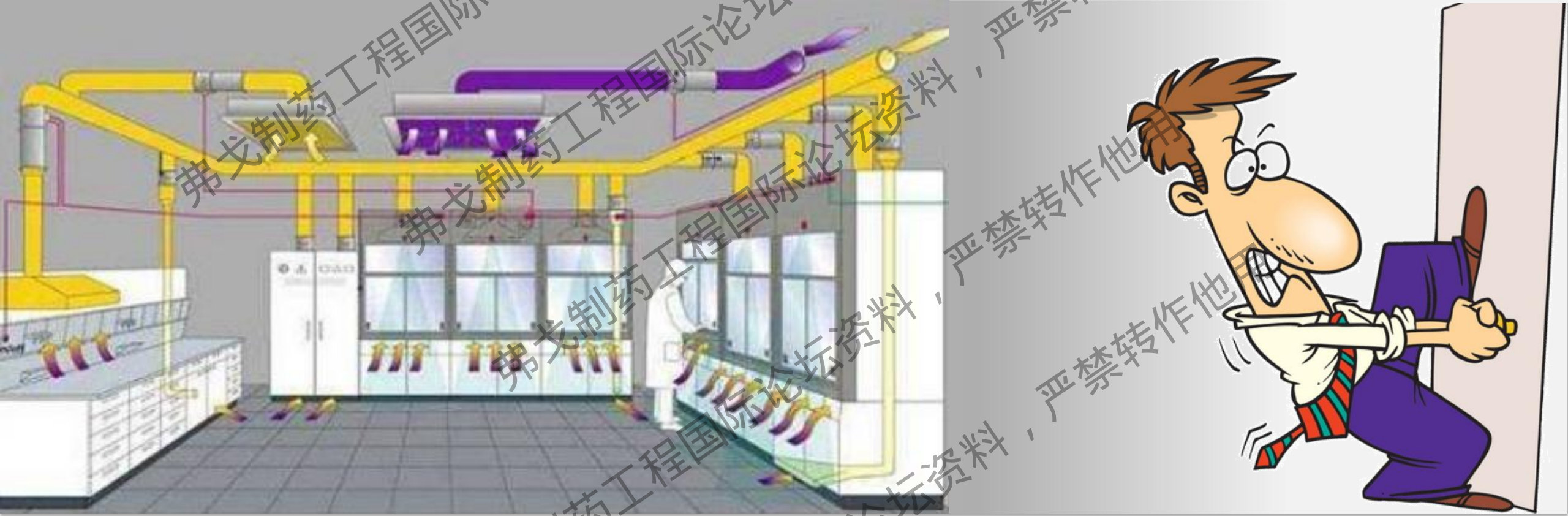


## 排风问题



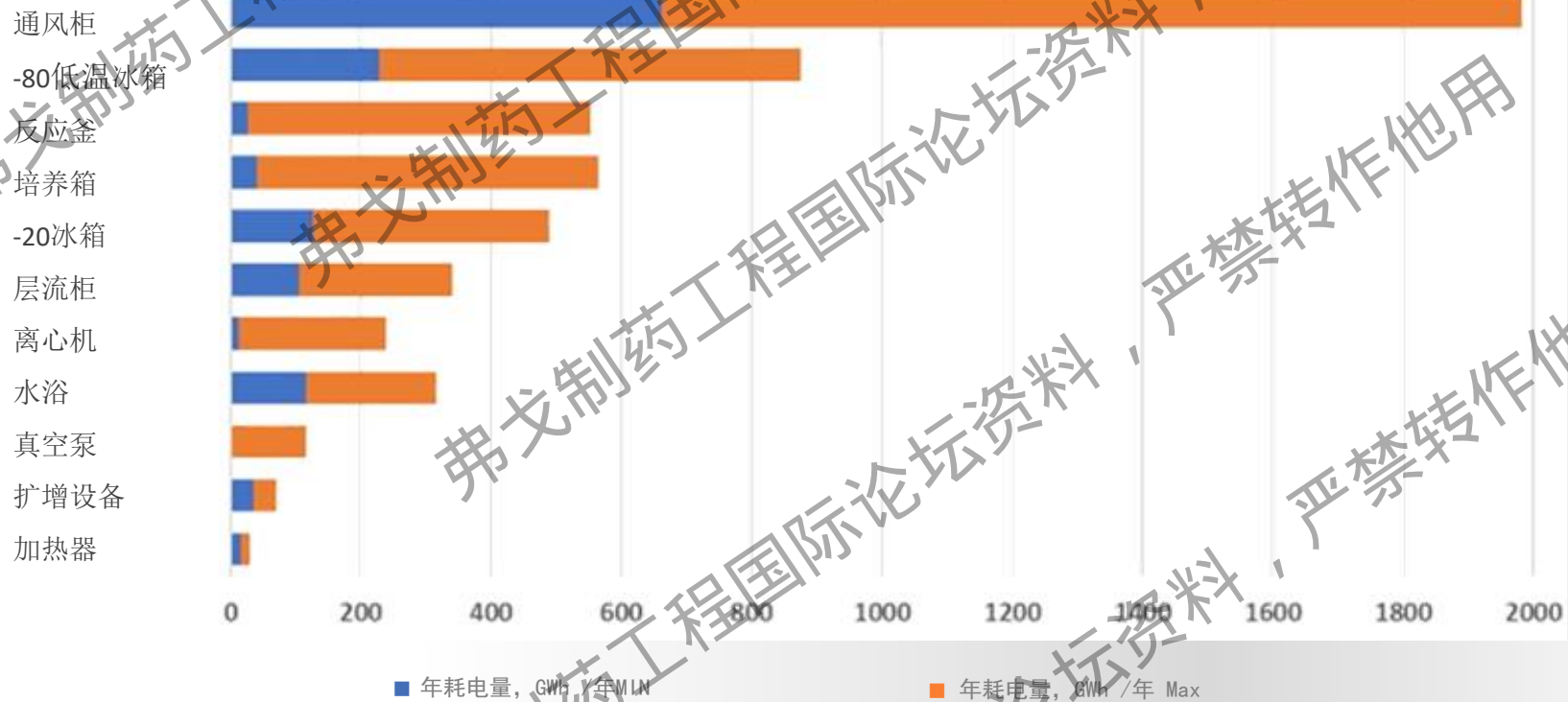


 补风（空调）问题

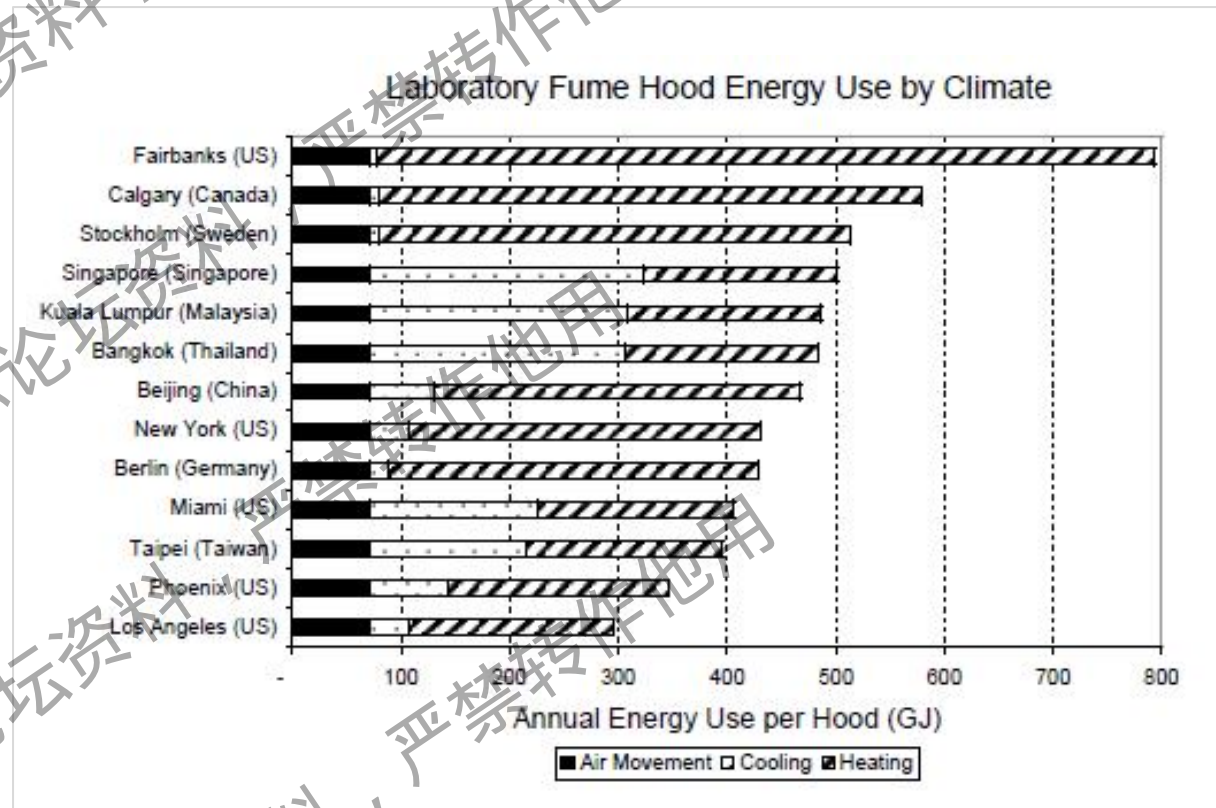
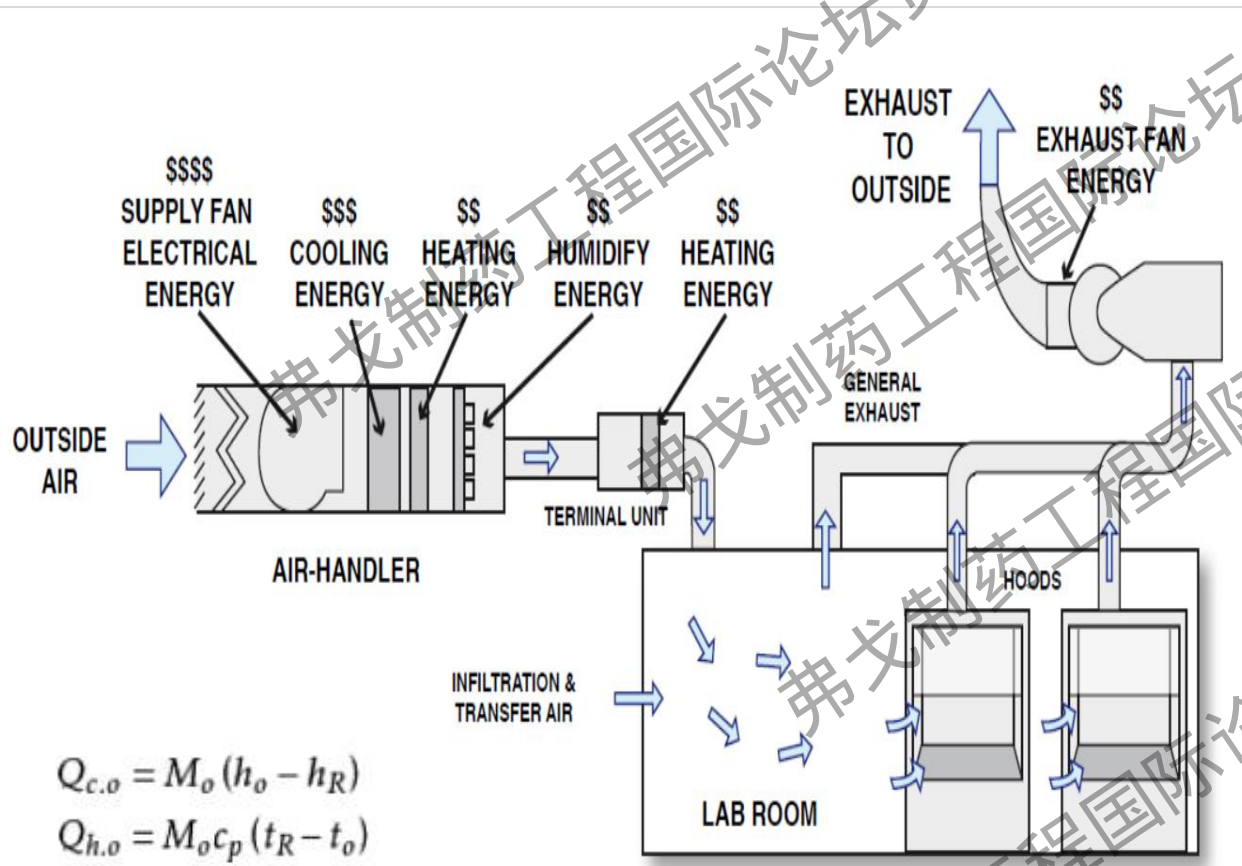


## 挑战2：能源

实验室设备能源消耗  
能源效率实验室中心 (GEEL), 2019





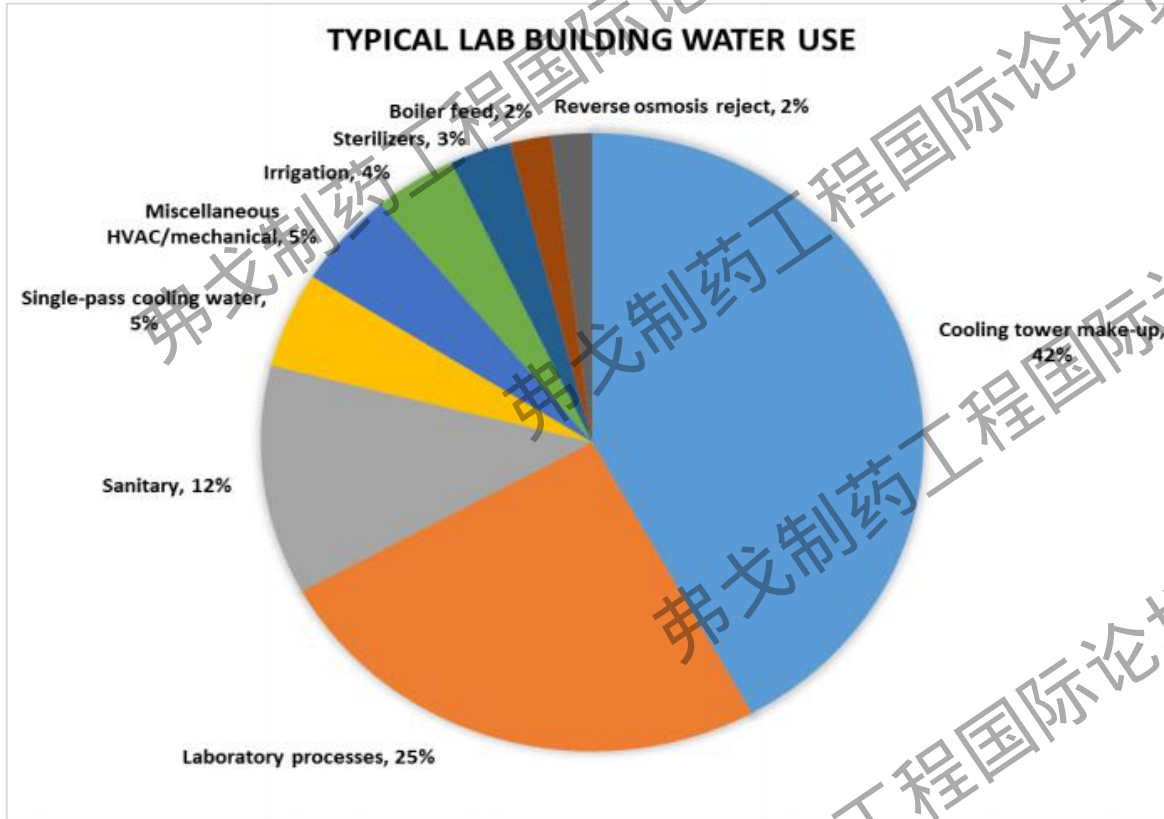


在中国，一台通风柜一年的能耗费用在14000~40000。

**❏ 超低温冰箱**



## 挑战3：实验室用水



1 冷却塔补水

2 实验室工艺用水

3 清洗用水

## 挑战4：废弃物



一次性用品



实验室危废

## 挑战5：化学品管理



化学品过期



操作量大



高风险化学品



## 挑战6：实验室灵活性



## 目录

## Contents

01 可持续发展实验室面临哪些挑战

02 如何打造可持续实验室

03 先进实验室案例分享



## 措施1：安全



国家对工作场所化学有害因素**职业接触限值**是有明确规定的！



**OEB (职业暴露分级)**

又称危害分级，是一种能快速准确将药物划分为特定等级的过程，是一个暴露浓度范围。

OEB(职业暴露分级)：是美国NIOSH提出的一个鉴定那些未公开的职业暴露限值(OEL)的药物的暴露危害等级。

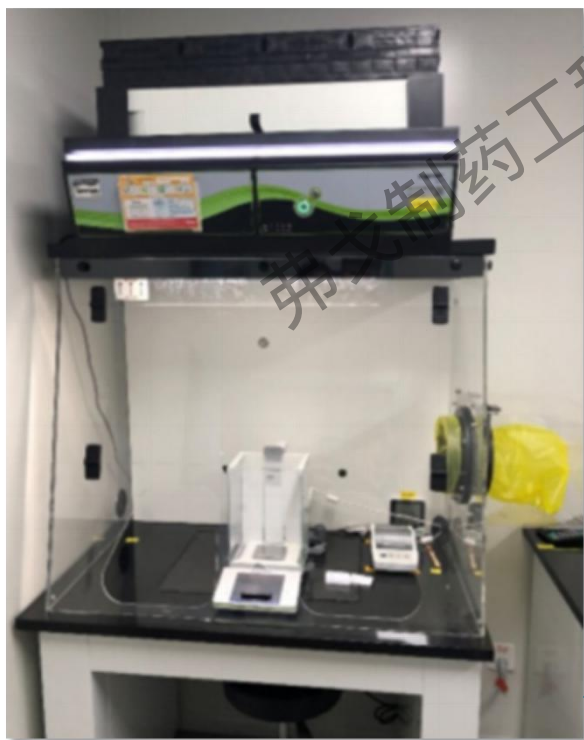
制药行业通常在药物生产过程中会接触到超过85000种的药物或其中间体，但**只有约1000种有公开的可靠的职业接触限值(OEL)**。

在动物体内外的研究以及关于人类健康影响的现有的报告基础上，制药企业可以自己把那些未知的职业暴露限值(OEL)的药品分类到职业暴露等级中去。

OEB是确定药品危害性的第一个途径，对于制药企业来说，在使用未知的职业接触限值的药品时，制定明确的保护措施是非常重要的。

☑ 定义OEB的目的

选择适当的控制措施



常用的工程控制措施一般为：

OEB 4-5级的产品线，应采用全程密闭化设备设施。涉及职业接触应选用隔离器、手套箱密闭操作、 $\alpha$ - $\beta$ 阀、袋进袋出等控制措施；

OEB 3级的产品线，应在涉及职业接触时尽可能采用密闭的设备设施，在药物粉尘暴露部位选用层流罩、带局部通风装置（LEV）的独立操作隔间、**通风橱**等控制措施；

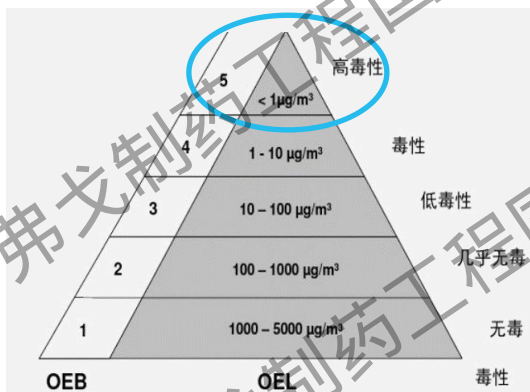
OEB 1-2级的产品线，要求设置局部引风设施，如在暴露点设置有效的局部通风。

此工程控制措施针对药品整个生产、流通、使用过程中的泄漏，选择防护措施时需要结合实际的操作量、空间等，**关键是控制人员的接触浓度。**



注意：OEB 3级的产品线  
已经需要 **通风橱** 进行保障

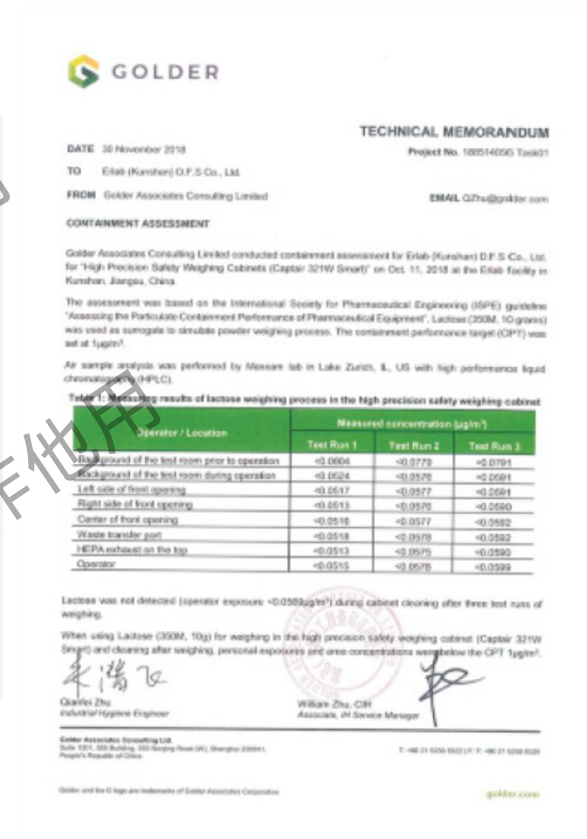
☑ 依拉勃净气型天平称量罩经上海知名工程咨询公司进行密闭性评估



乳糖的密闭控制目标值定为  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  注：350目乳糖作为活性药品的替代物  
实际检测结果均  $< 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

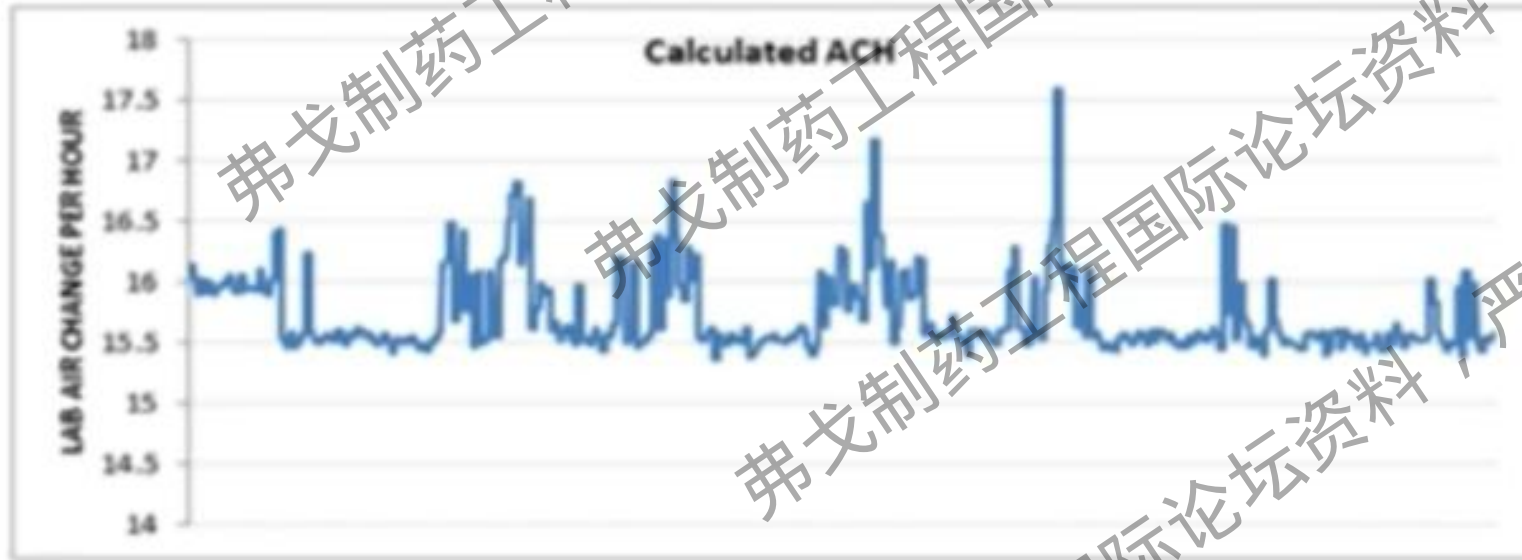


这表明：对于OEB4、OEB5的药品依拉勃天平称量罩能够确保实验员的安全！



## 措施2：节能

### Chemistry lab air change rates



排风量↓ = 排风机能耗↓

新风量↓ = 送风机能耗↓

空

调能耗↓

化学实验室的通风柜通常会导致通风远超最小换气次数



节能原理：通过降低面风速（ $0.15\sim 0.3\text{m/s}$ ），减少排风量和送风量，达到节能效果

## 低面风速通风柜

### 安全标准

目前没有此技术专门的权威标准，外排通风柜只有JB/T 6412-1999（排风柜）以及JG/T222-2007（变风量排风柜）

### 节能

理论节能约40%~60%（与操作习惯有关）

### 灵活

无法移动

### 环保

除非安装净化设备还会污染外面的环境

### 智能

可实现

挑战：对实验室设计施工要求高，面风速较低，抗干扰能力弱。因此，除了出厂测试之外，现场验收测试和使用测试十分重要。





节能原理：通过柜前补室外风，减少从房间抽走的空气，达到节能效果

## 补风型通风柜

安全标准

JB/T 6412-1999（排风柜）以及JG/T222-2007（变风量排风柜）

节能

理论节能约80%

灵活

无法移动

环保

除非安装净化设备还会污染外面的环境

智能

可实现

挑战：在温差较大的区域下对操作人员舒适度有较大的影响。对有温湿度较高要求的精密仪器和实验有影响。



节能原理：室内循环原理，无需排风，无需补风，完全节能。

## 净气型通风柜

### 安全标准

有专门的权威标准（JG/T 385-2012）

### 节能

节能约98-99%（仅有DC风机能耗）

### 灵活

可移动

### 环保

从源头处理污染物，不造成环境的污染也不需要安装净化设备

### 智能

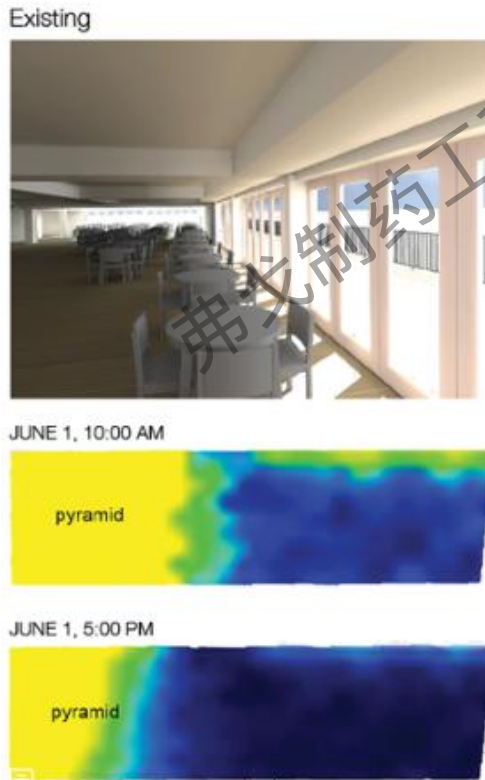
可实现

挑战：适用性评估及过滤器寿命十分关键。大量挥发性实验的过滤器寿命可能较低，不适用。

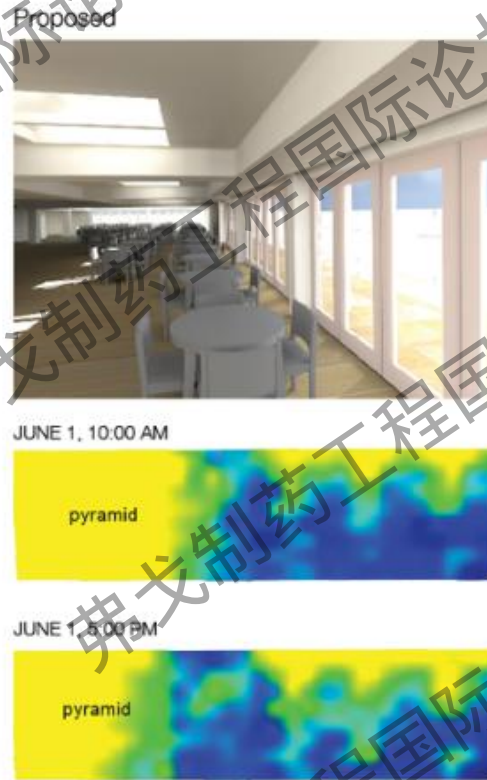
☑ 超低温冰箱节能



☑ 照明



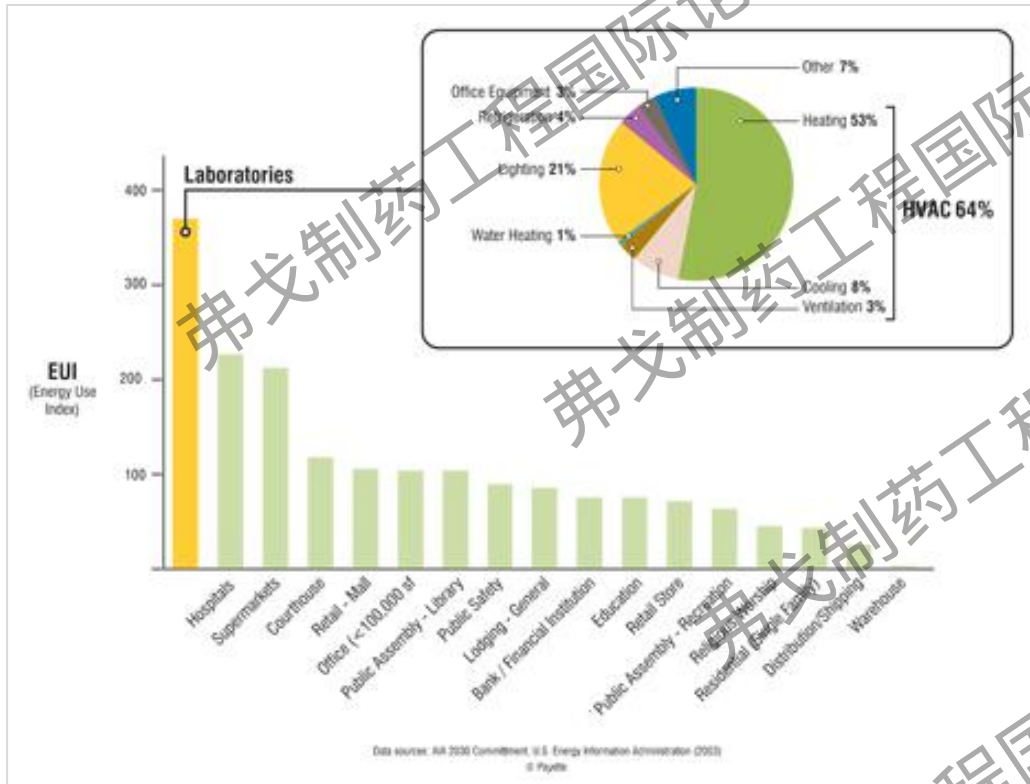
利用自然光



	YOU USED TO BUY		CONSIDER	
	LEAST EFFICIENT			MOST EFFICIENT
	Incandescent 	Halogen 	CFL 	LED 
450 lumens	40W	29W	9W	7W
800 lumens	60W	43W	14W	10W
1,100 lumens	75W	53W	19W	17W
1,600 lumens	100W	72W	23W	20W

节能照明&控制 (传感器)

☑ 设备用电



使用节能产品

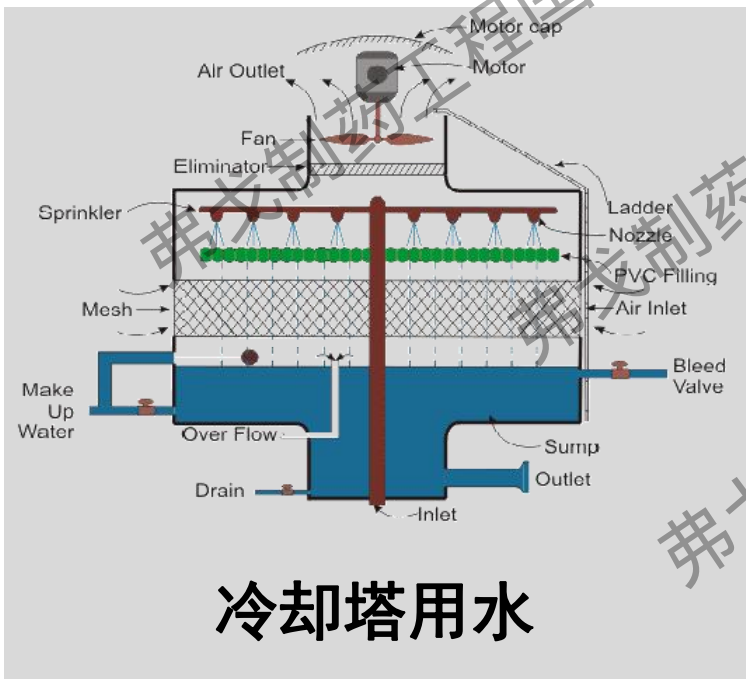


不用时关闭/使用定时器



定期维护

### 措施3：实验室节水



## 措施4：减少废弃物



减少



重用



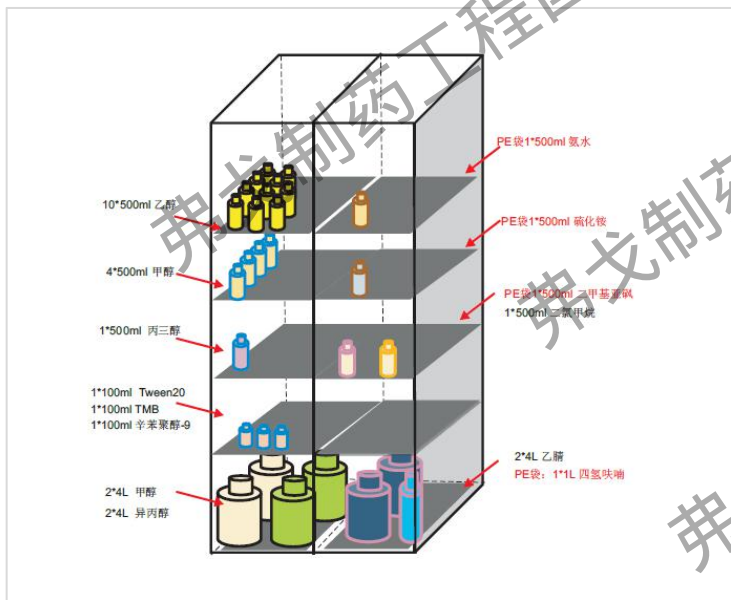
回收



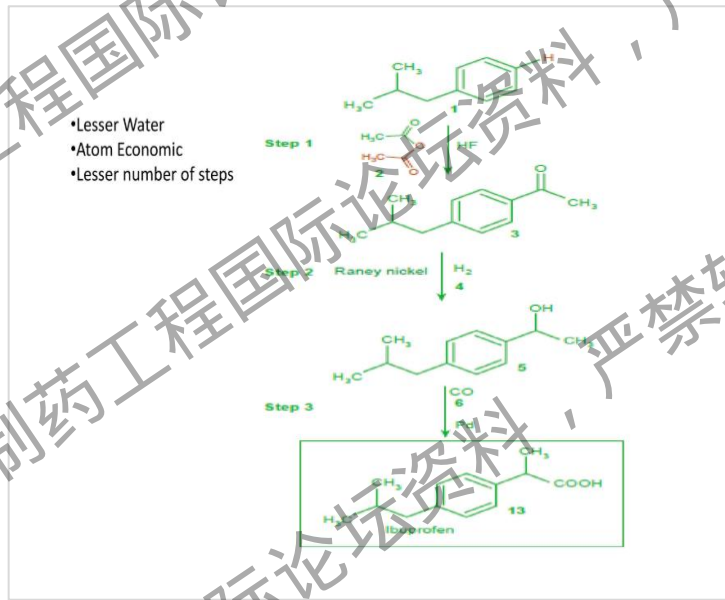
减少废弃物塑料产品

使用高效活性炭，提高吸附量，减少固废产生

## 措施5：绿色化学



化学品分类管控



改进化学实验方法，减少化学品使用量



用较少或无危害的替代品



## 措施6：灵活性



- ☑ 可移动工作台
- ☑ 无管道通风柜
- ☑ 活动水电气功能柱
- ☑ 装配式实验室

“ Having safe technology that allows us to dramatically reduce the required air volume exchange is a benefit we can't ignore ”

## 目录

## Contents

01 可持续发展实验室面临哪些挑战

02 如何打造可持续实验室

03 先进实验室案例分享



# 零能耗实验室：

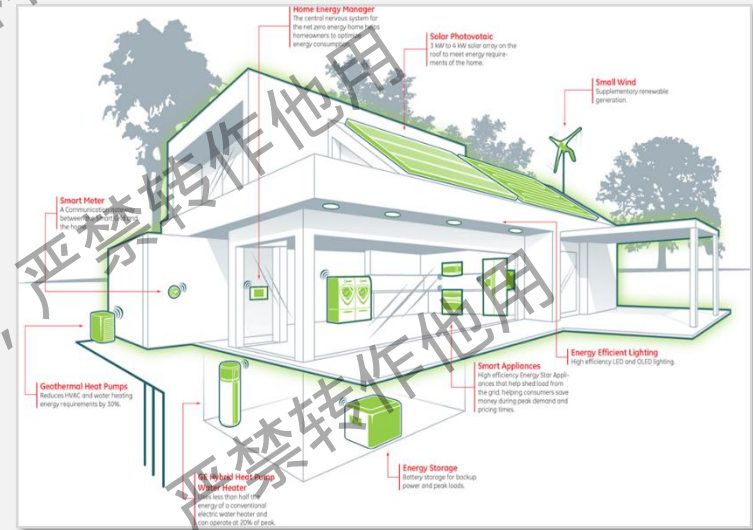
布里斯托学院 John J. Sbrega

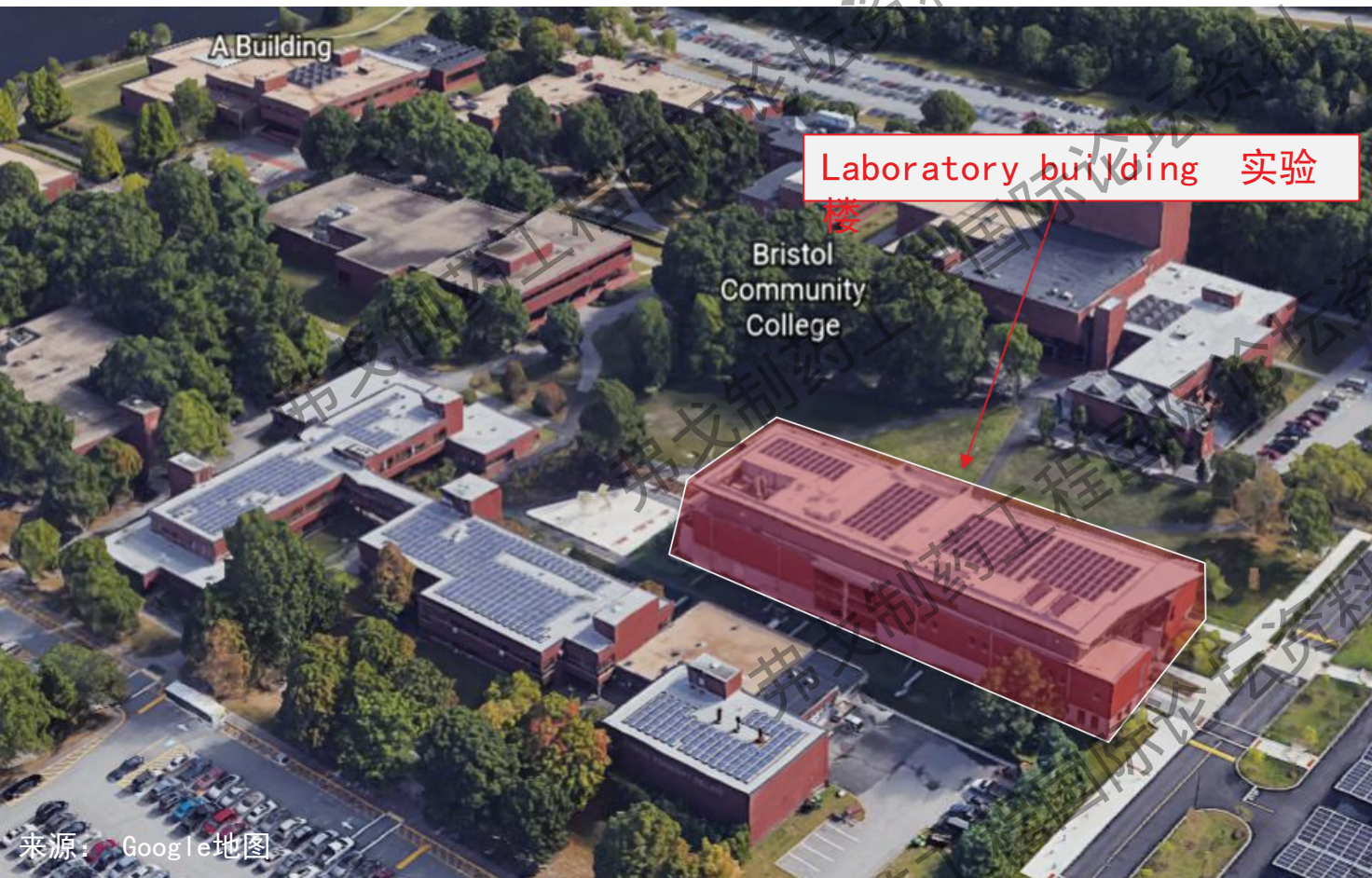
健康与科学大楼





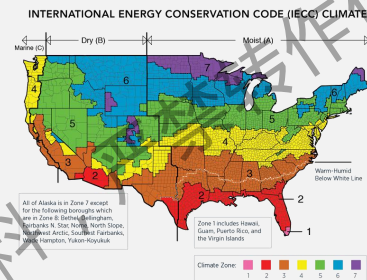
## 美国东北部地区首个零能耗实验室

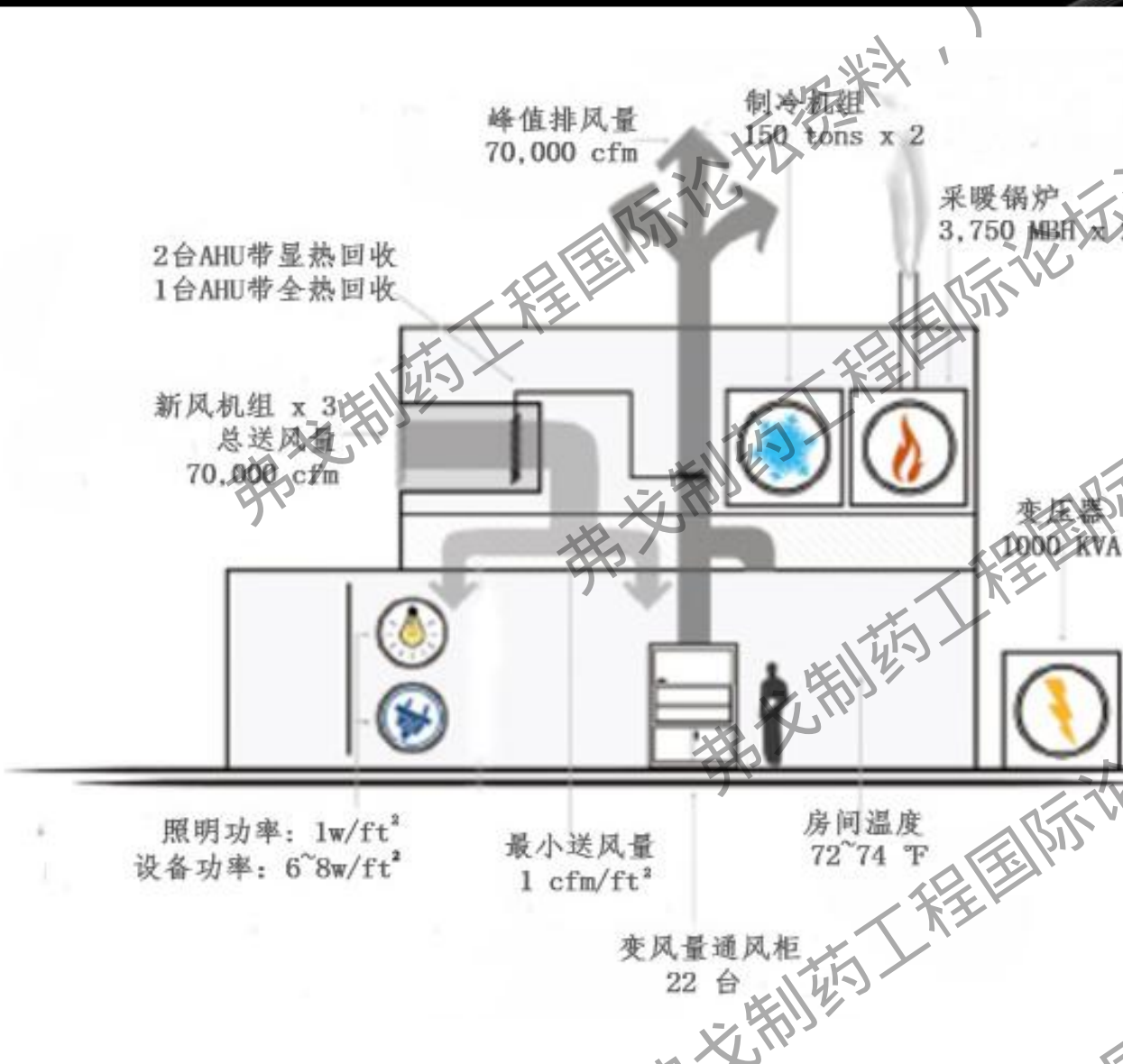




## 背景

- ❖ 用户：布里斯托社区学院
- ❖ 总面积：50,000 ft<sup>2</sup>
- ❖ 地点：马萨诸塞州，福尔河（ASHRAE Zone 5 寒冷地区）
- ❖ 实验室类型：综合性（化学、医学和生物等学科）
- ❖ 最终结果：降低能耗70%





## 高性能VAV设计获得LEED银奖



采用多种节能措施，以满足LEED Silver Plus的要求。

至少降低20%的能源成本（与ASHRAE/IESNA标准90.1标准相比）。

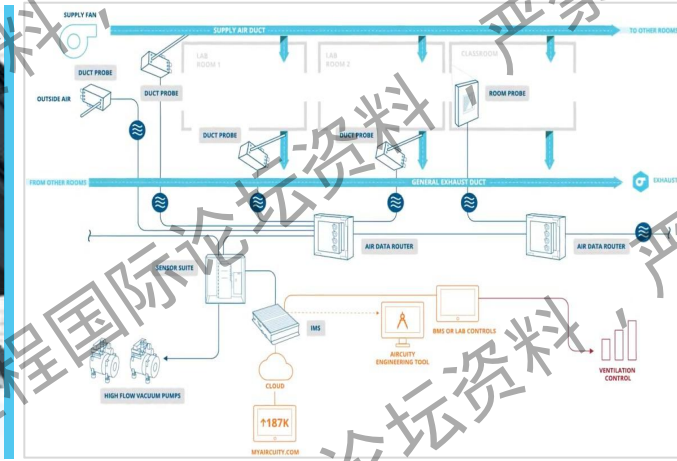


无法跟上BCC 2050年“碳中和”的承诺

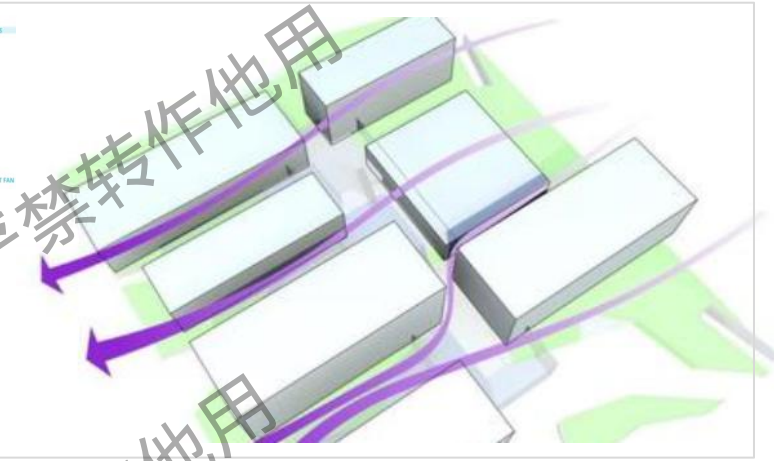
（建筑物的二氧化碳排放量降至零）



**无管道过滤技术**



**需求控制技术**



**自然通风优化**



**减少通风**  
70,000 cfm - 28,000 cfm

**降低暖通**  
系统配置 67%

**提高建筑可用面积**  
面积14%



## 局部排风

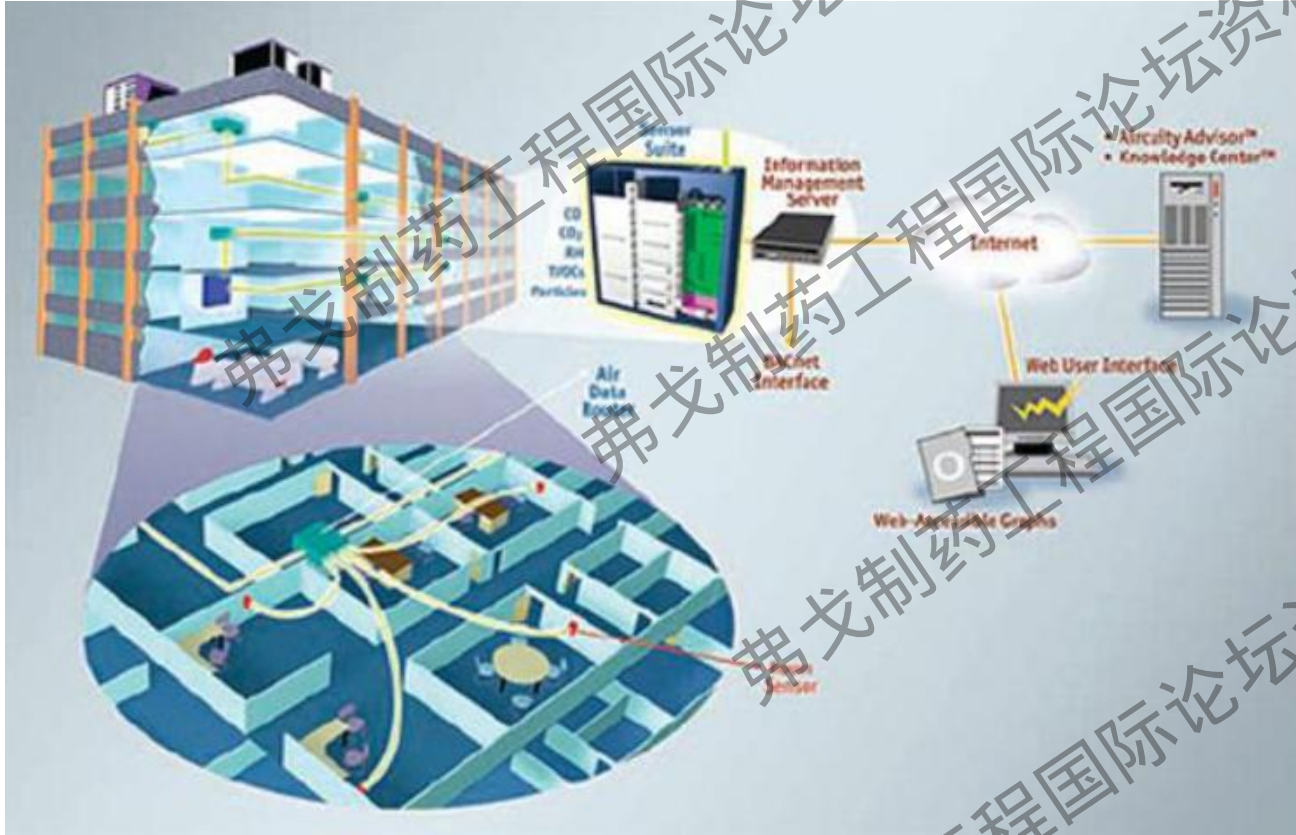
22台通风柜被判定为最大的能耗来源。

Equipment	Power (kW)	Hours (h)	Energy (kWh)	Cost (\$)
22 Fume Hoods	100	2000	20000	2000
18 Fume Hoods (to be replaced)	100	2000	20000	2000
18 Fume Hoods (new)	50	2000	10000	1000

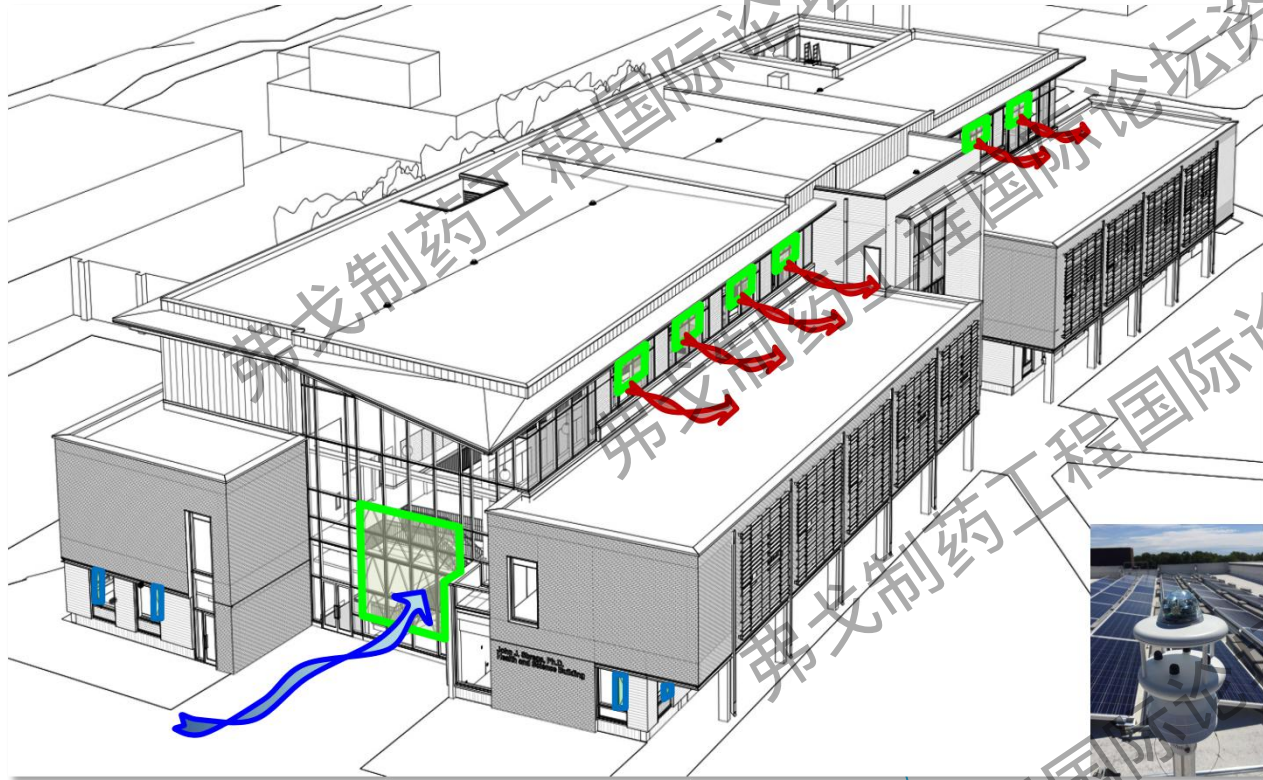
通过依拉勃安全评估，18台可以替换为无管道净气型通风柜，大幅降低系统设计风量。

“Energy demand was driven largely by fume hoods that exhaust 100% outdoor air.”

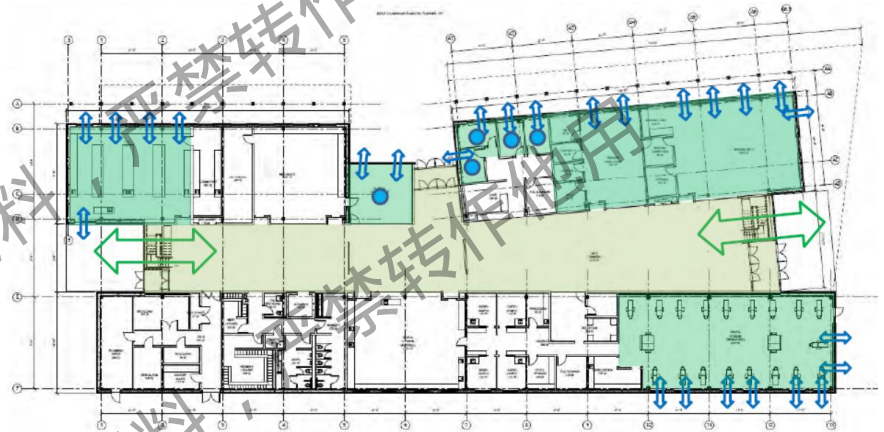


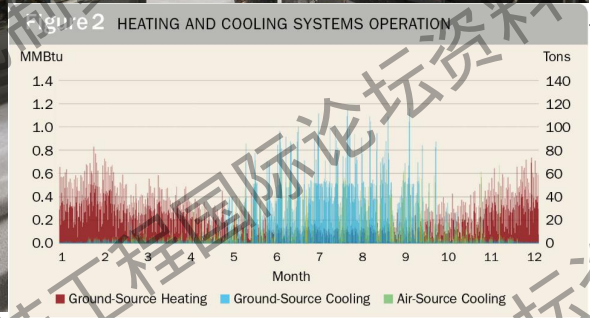
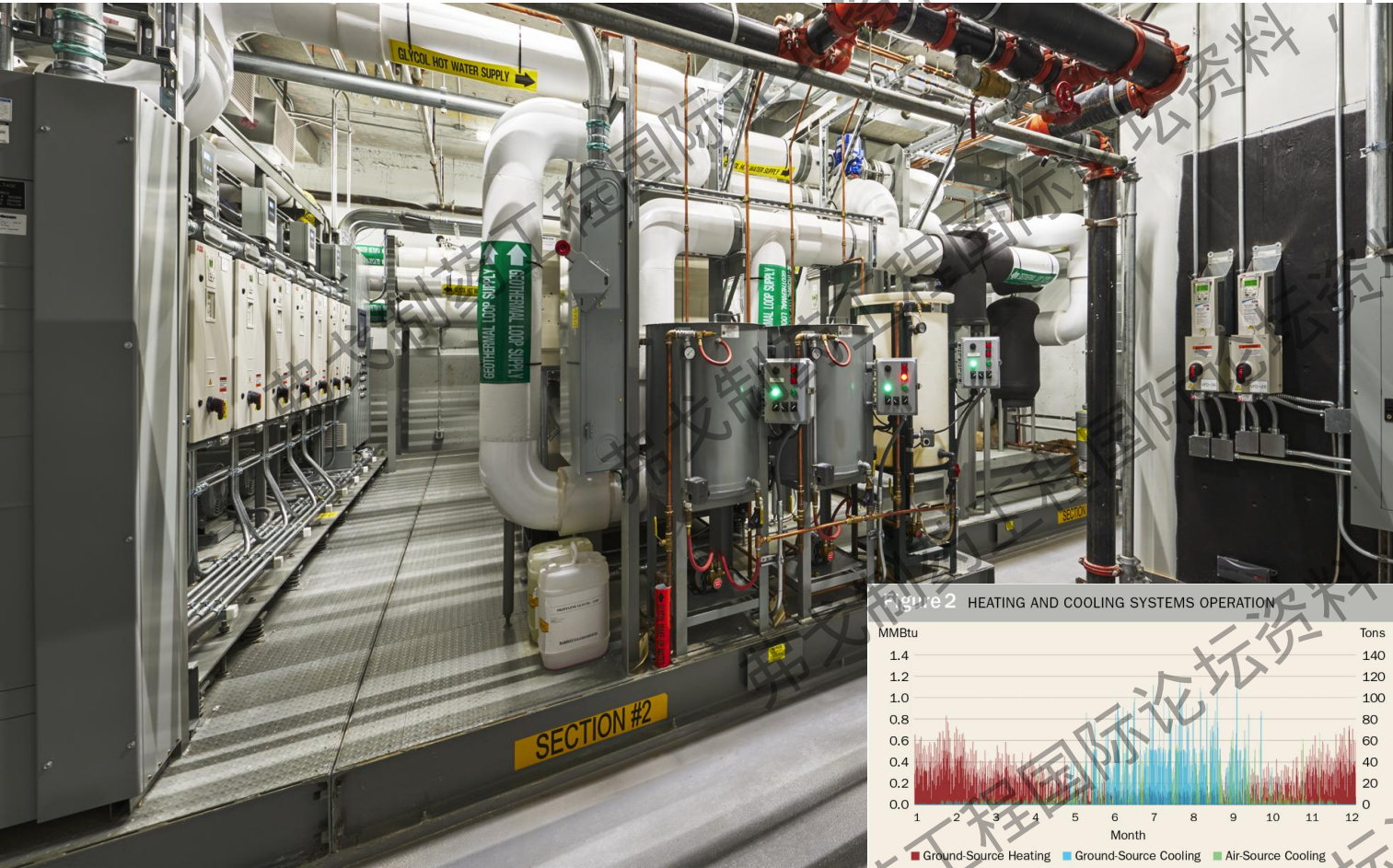


有人时换气次数从6 ACH减少到4 ACH，  
无人时换气次数减少到从2 ACH。

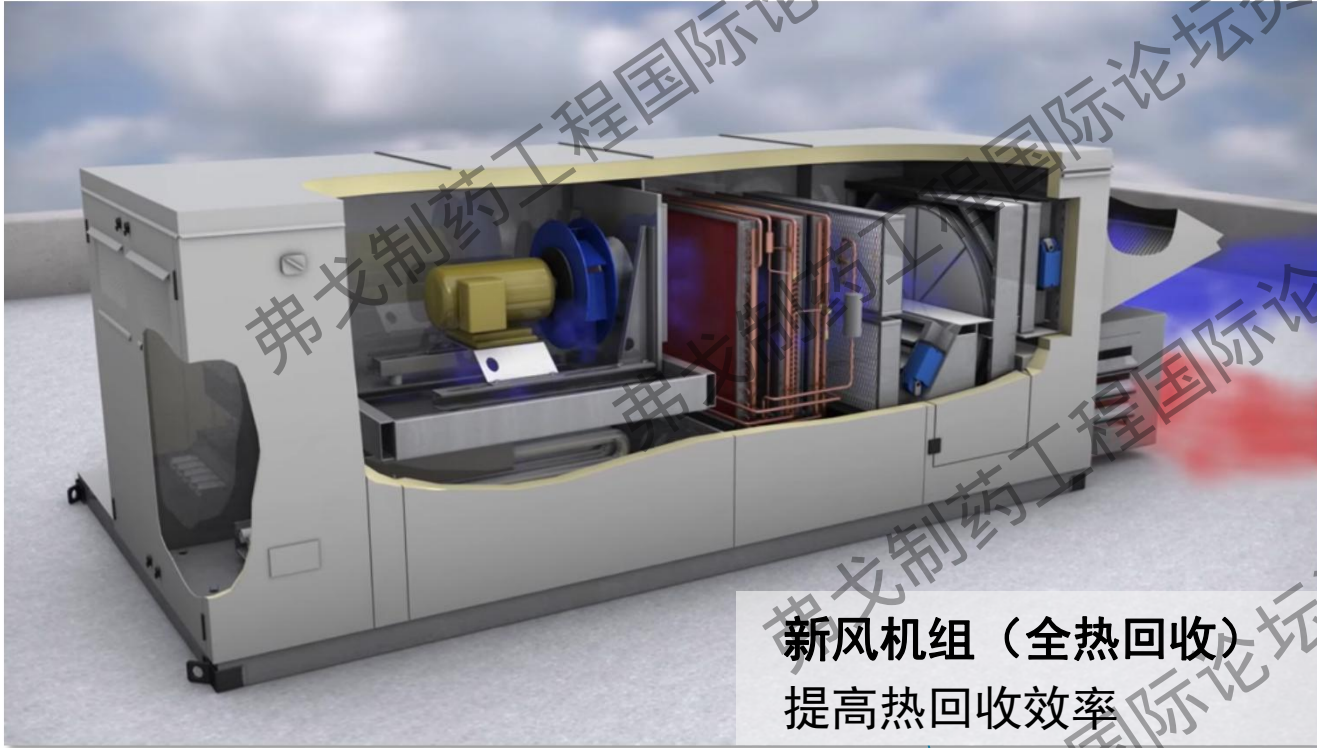


## 非实验区：自然通风优化





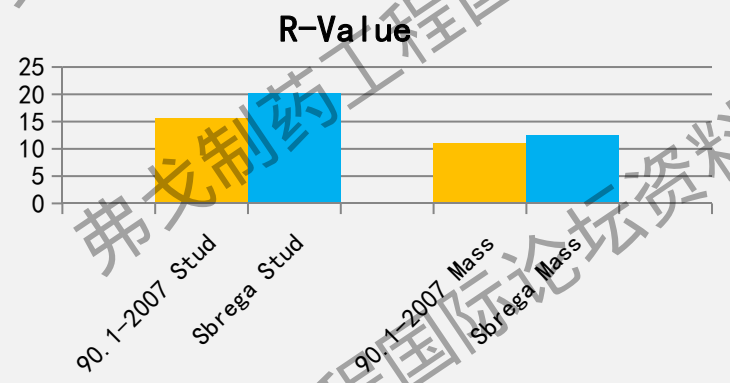
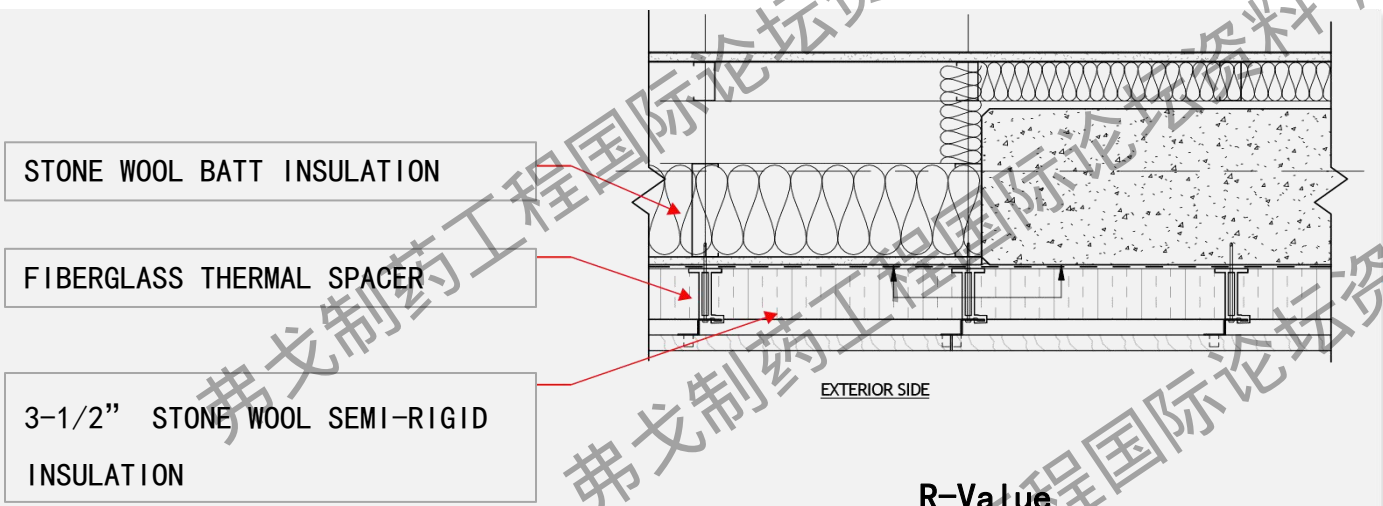
## 地源热泵



## 风机盘管处理室内负荷

Fan Coil Unit

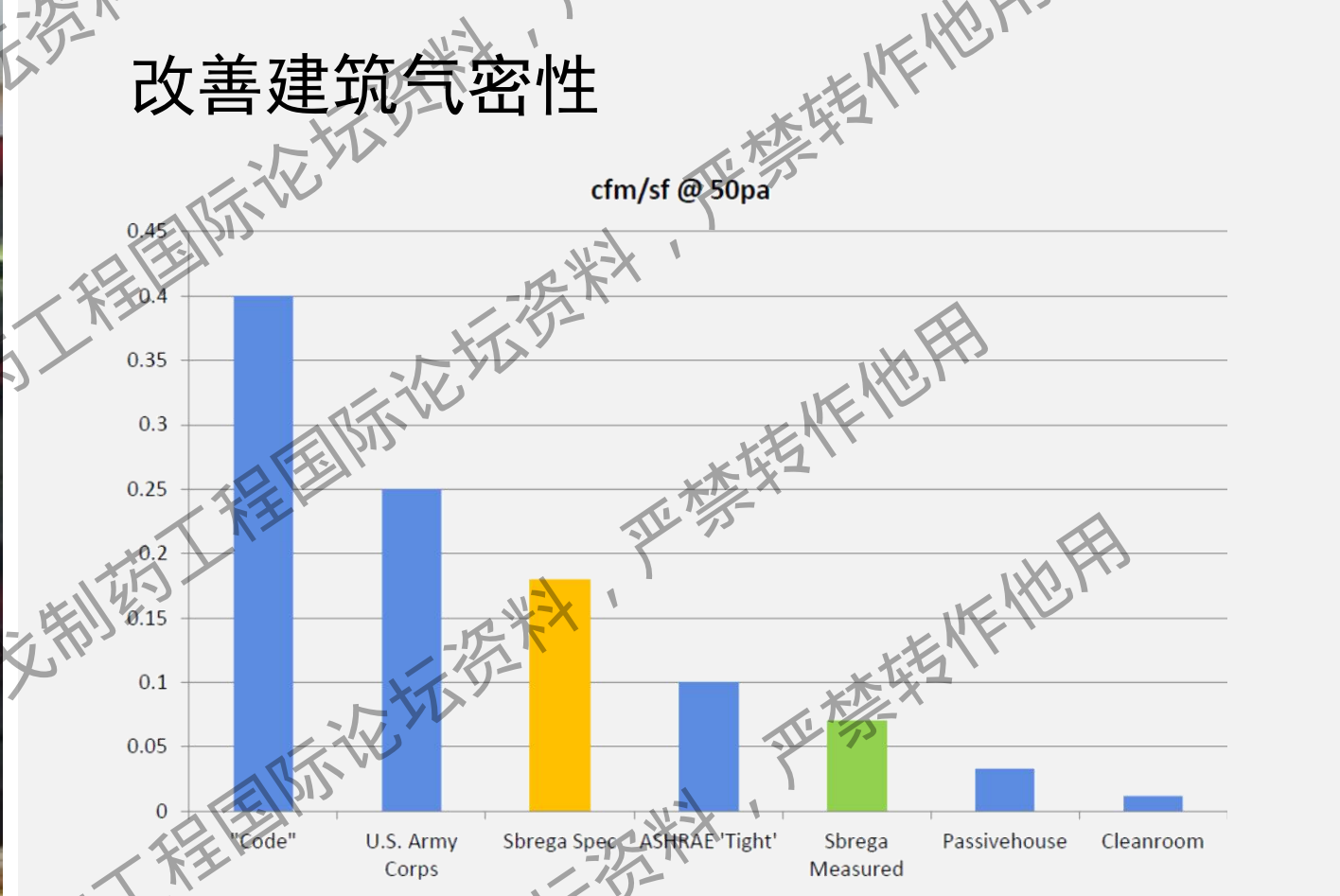




## 外墙保温性

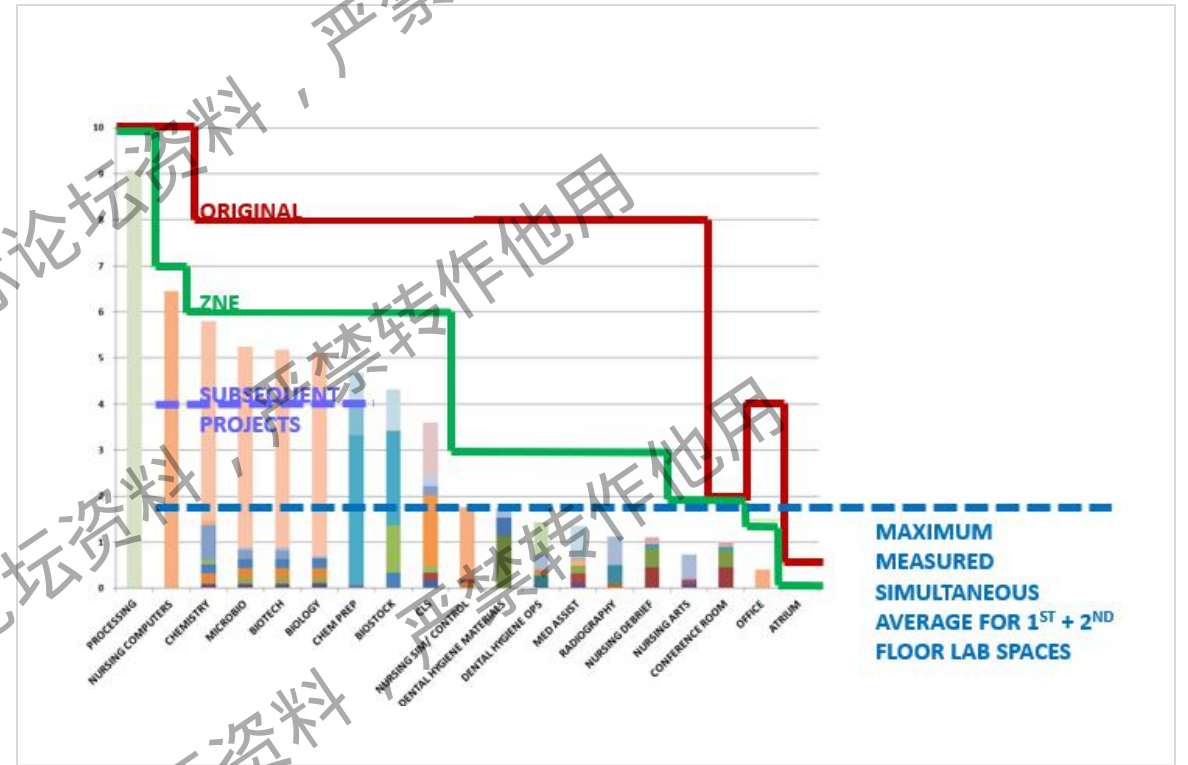
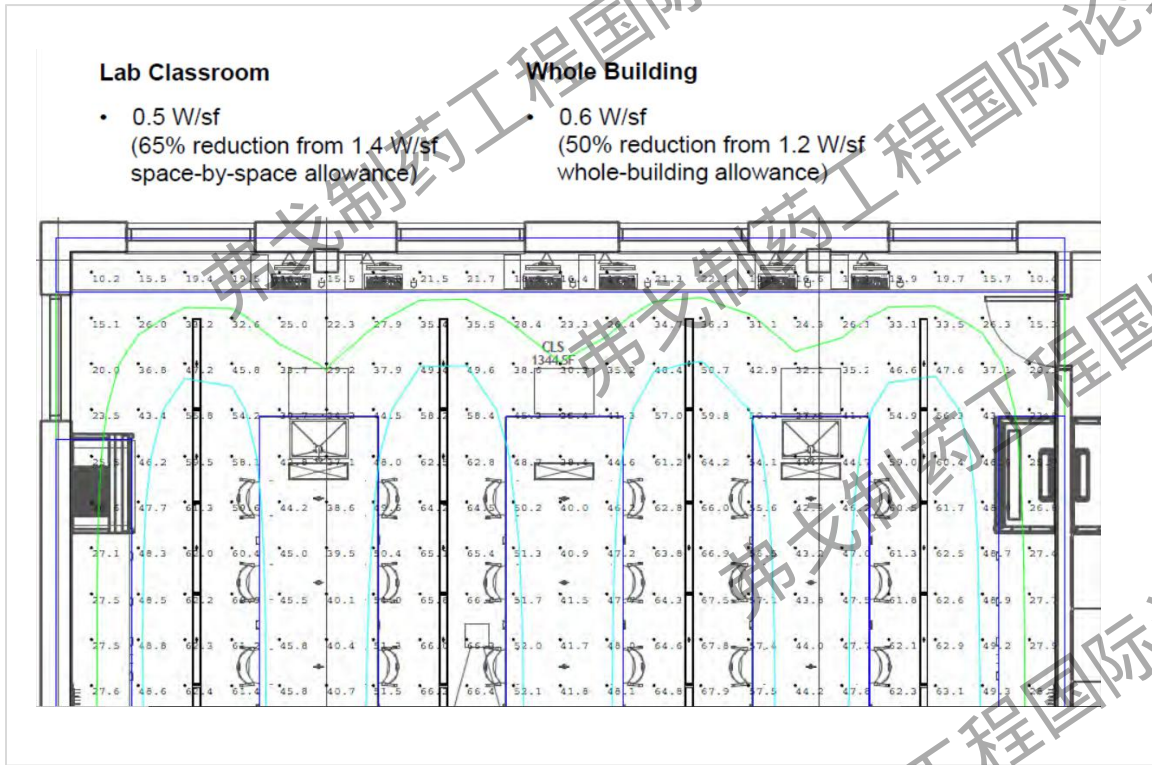


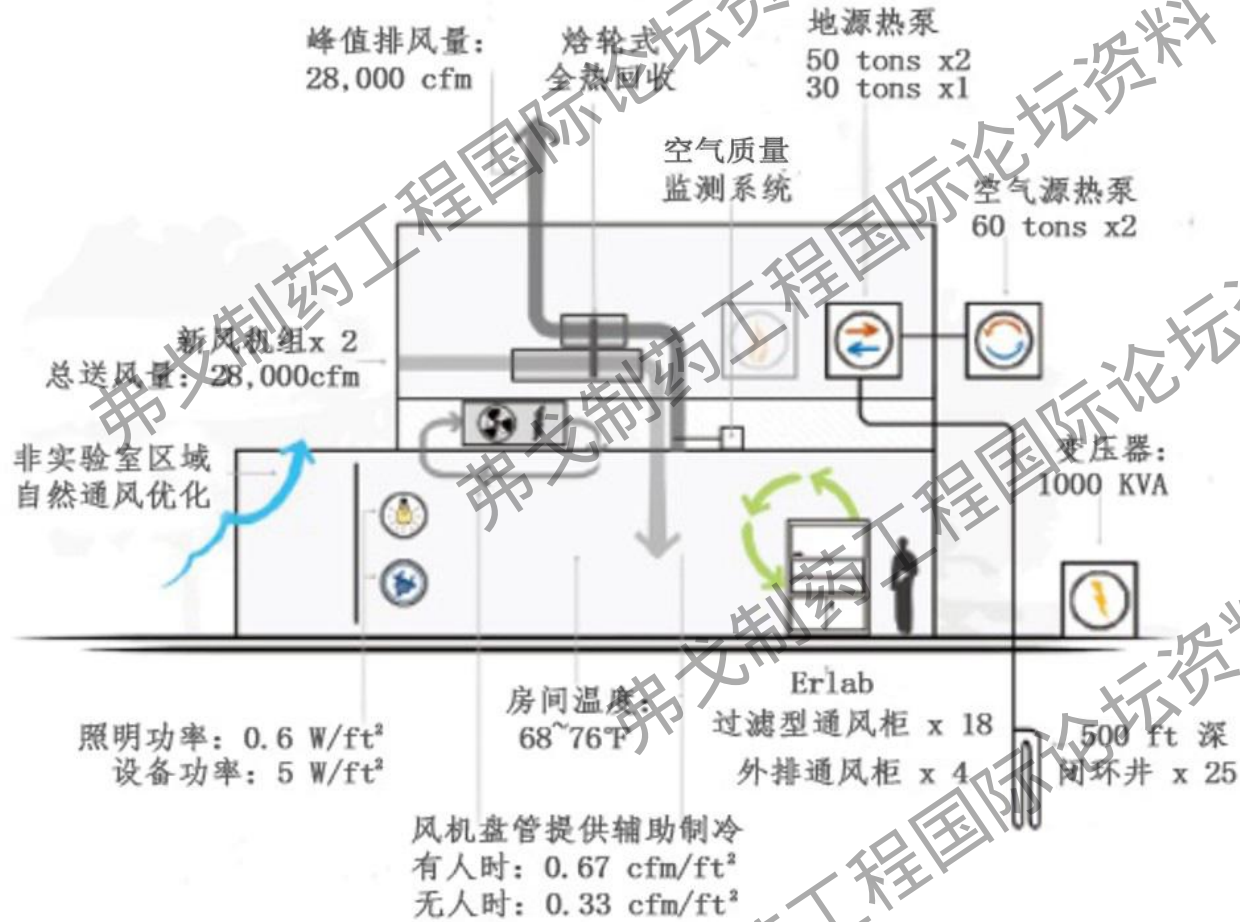
## 改善建筑气密性



## 照明功率

## 电器功率





# ZNE 零能耗设计方案

ASHRAE90.1-2007基准

EUI: 290 kBtu /f<sup>2</sup>)

高性能VAV设计

EUI: 230 kBtu/f<sup>2</sup>

零能耗设计

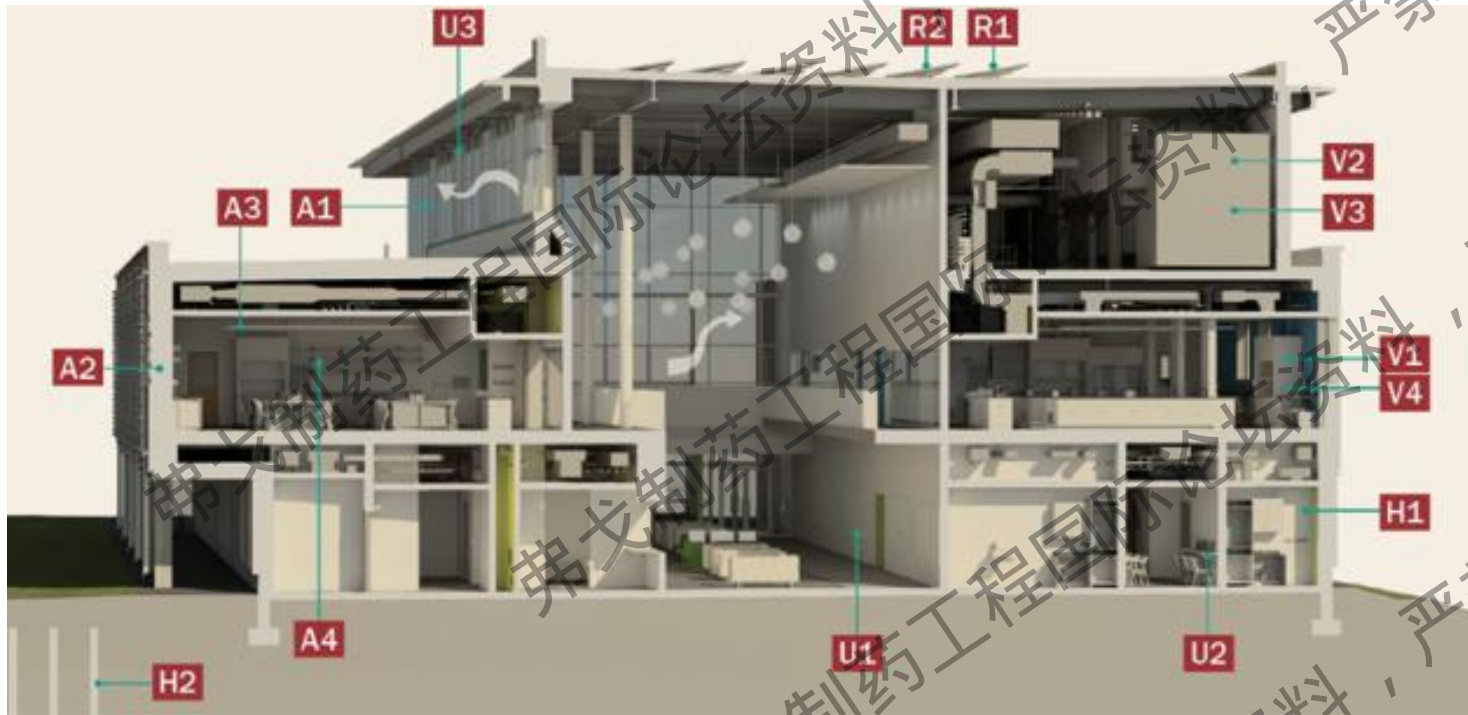
EUI: 50 kBtu/f<sup>2</sup>





## 采用可再生能源：

布里斯托学院与第三方太阳能电池公司签订能源购买协议（PPA）。



**VENTILATION**

- V1** Ductless/filtration fume hoods
- V2** Dedicated outdoor air systems
- V3** Enthalpy wheel energy recovery
- V4** Air quality monitoring

**ARCHITECTURAL/LIGHTING**

- A1** Optimized glazing
- A2** Envelope commissioning
- A3** LED lighting
- A4** Daylight/Occupancy sensors

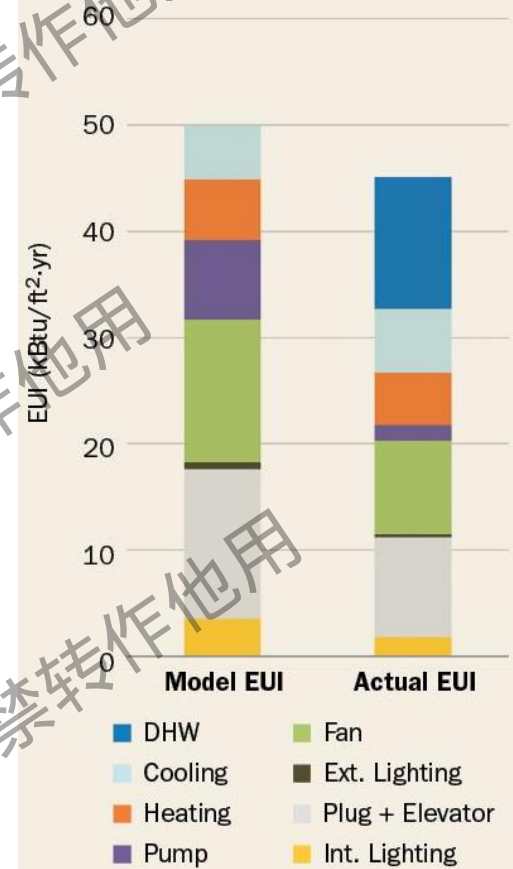
**HEATING AND COOLING**

- H1** Localized cooling
- H2** Ground source/Air source heat pumps

**USERS**

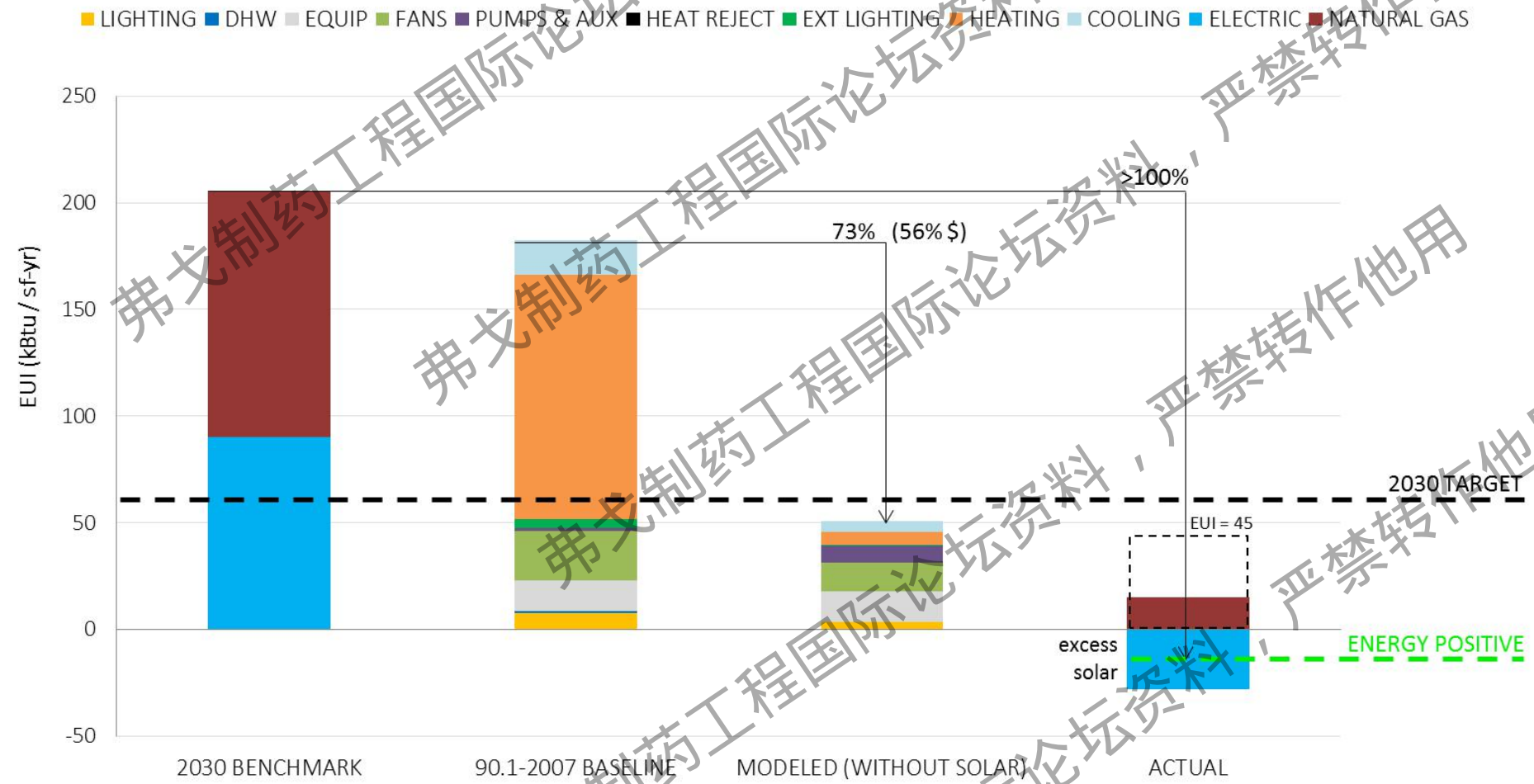
- U1** Expanded temperature setpoints
- U2** Laptops
- U3** Natural ventilation

Figure 4 ENERGY USE

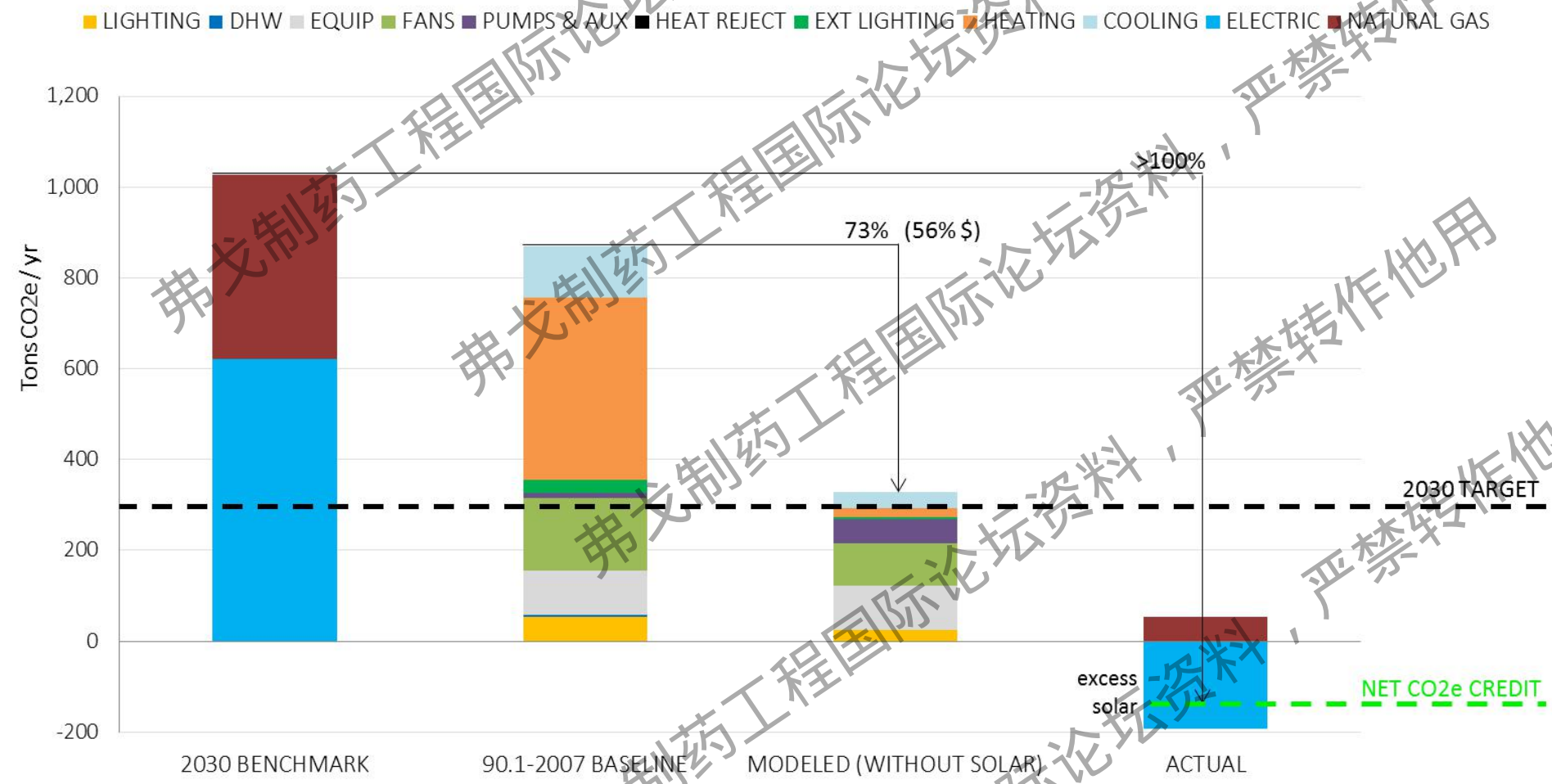


Metered energy use of the Sbraga building compared to anticipated use predicted by energy modeling.

# 分项能耗



# 碳排放量





## 项目成就

NBI 认证净零能耗 (2017)

AIA 环境委员会前十强 (2017)

USGBC 节能奖 (2017)

I2SL 项目超越奖 (2016)

LEED 铂金奖





弗戈制药工程国际论坛资料，严禁转作他用



Image Credit: Edward Caruso Photography





Image Credit: Edward Caruso Photography





弗戈制药工程国际论坛资料，严禁转作他用

Harold and Virginia Lash  
Nursing Wing





为实验人员接触化学品的每一个环节提供安全防护和洁净呼吸



操作防护



存储管理



房间净化



室内监测



全球各种实验室安全标准委员会的专家和成员



- \* NFPA 45
- \* ASHRAE TC 9.10
- \* ANSI/ASSE Z9.5
- \* CSA Z316.5



- \* AFNOR UNM 61
- \* TC 332/ WG2 and WG4



- \* JG/T 385-2012

\* 全球范围内组织和参与标准的撰写!



关注依拉勃  
获取更多信息



Ben Xue 薛峥斌  
[benxue@erlab.com.cn](mailto:benxue@erlab.com.cn)  
0512-57814081

感谢观赏

THANK YOU