

实验动物房技术手册

（修订版）

北京比特赛天系统集成技术有限公司

目 录

第一章、实验动物设施设计要点	1
第二章、实验动物设施独特的通风要求	7
第三章、Accel [®] II 型风阀	34
第四章、控制应用	37
第五章、系统各组成部分说明	62
第六章、标准及指南	86

全面了解实验动物环境

实验动物设施，也称动物实验室，相比大多数其它类型的实验室环境，需要其设计工程更加细致和集中精神。动物环境的稳定性和品质对于动物的舒适和研究的完整都是至关重要的。此外，通风系统必须为看护人员创造一个安全、舒适的工作环境。它必须保证排出被污染的和有气味的空气，同时要维持正确的房间压力。

Phoenix 控制公司为要求苛刻的房间环境提供了一流品质的气流控制，在此方面它已经获得了声誉，并且它被认为是实验室气流控制方面的创新带头人。本手册为参与动物管理设施的人士提供了有用的资料，其中有对满足了这些设施环境的特定需要的气流控制方法的描述。你还会看到一个便于使用的相关标准与指导方针的汇编。

实验动物设施简史

五十年代以前，建造的实验动物设施差不多是被专门当作临时饲养区用来为用于研究的动物提供居所。改进的木质或混凝土地板的马棚就像木质的或铁丝网笼子和玻璃瓶缸一样司空见惯。动物房通风常常通过纱窗和门实现，在更加精心设计的设施中，通风通过便携式风机得到加强。

认识到了在生物医学行业中改进动物管理的需要，一个动物管理小组于 1950 年开会讨论这个行业的方向并建立了指导方针，现在我们知道，这个小组就是美国实验动物科学协会（AALAS）。1963 年，第一版的指南出版了，这就是现在的《实验动物管理使用指南》，并且，现在它在由实验动物研究所继续修订。这本书成为了无数动物研究项目设计和运行的标准。国际实验动物管理评估和鉴定委员会（AAALAC）是一个动物福利组织，于 1965 年建立，目的是推广动物管理和使用的高标准。对请求 AAALAC 评估的研究机构，AAALAC 使用《实验动物管理使用指南》的最新版本作为它在评估该研究机构项目中采用的主要参考。

第一章 实验动物设施设计要点

1

本章将概述实验动物设施及其气流控制系统设计的关键要素。

内容：

- 通风系统的主要目标
- 暖通空调系统与实验动物产业
- 实验动物设施的总体要求

通风系统的主要目标

动物实验室气流控制系统应设计满足如下要求：

- 为动物提供一个稳定的环境
- 满足动物和工作人员安全和舒适的需要

为动物提供一个稳定的环境

动物实验室条件的微小变化都可能会对科学研究产生破坏作用。因此，动物设施中气流和气候控制系统的作用不能忽视。《实验动物管理与使用指南》（1996年版）中指出：“合乎要求的房舍和动物设施管理对于动物的舒适、研究数据的品质、使用动物的教学或实验以及工作人员健康和安全至关重要。（ILAR¹ 第 21 页）”一个设计良好的暖通空调系统将把气候条件的变化减至最小，确保研究结果在一个稳定的、可以信赖的环境下产生。

¹ 实验动物研究所

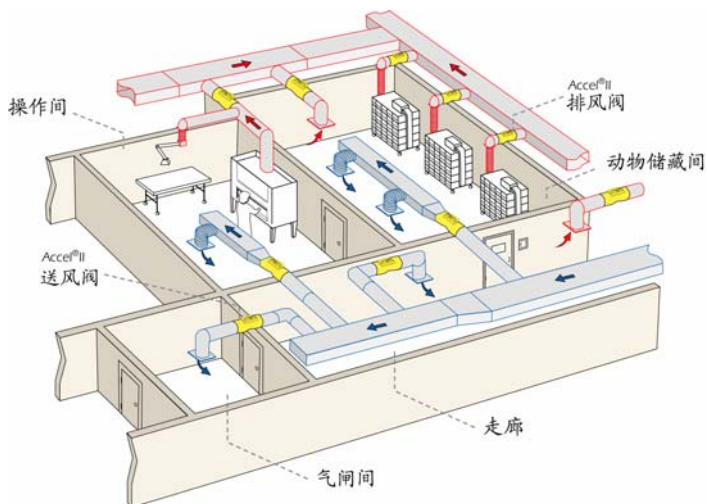
满足动物和人员的安全和舒适需要

生物医学研究人员会指出：在动物实验室中，通风系统的主要目的是控制污染物的传播路径以保证动物及工作人员的安全。而另一方面，设施工程师却主张将房间的空气调节得更舒适才是通风系统的主要目的。事实上，所有动物及工作人员的安全和舒适都应该得到保证。

“要将可能造成实验数据混乱的行为和生理变化减到最少，环境的稳定性是极为重要的。”

R.C. Simmonds, DVM, 设施规划手册, 第2-3页

图 1-1 动物实验室通风要求



可靠的通风系统要提供稳定性、安全性和舒适性

暖通空调系统与实验动物产业

许多实验动物设施都长期存在暖通空调系统问题，这些问题使得研究工作不能按照业主要求进行。人们必然会想办法减少或消除这些问题产生的根源，从而使研究工作在不受环境干扰的情况下进行。

下表列出了与实验动物设施暖通空调系统相关的四种最为常见的问题：

问题	原因
• 温度和相对湿度不稳定	• 不当的气流或温度控制
• 房间压力问题	• 设备不稳定或不匹配
• 有较多动物时通风不足	• 系统容量不足或效率低下
• 气流控制设备维护量大	• 需重新平衡、重新校准和清洗

要解决实验动物设施的诸多暖通空调系统问题，需要了解设施是如何建造的，此外，还需要了解确保环境稳定、安全和舒适的各种通风形式。本章概括描述了实验动物设施的建造要求，在随后的第二章中我们将讨论它的独特的通风控制需求。

实验动物设施的总体要求

动物实验设施每平方英尺的造价通常大大高于普通实验室，例如：一个普通的实验室建筑的全部建设费是在 230—290 美元/平方英尺(20500—26000 人民币/平方米)左右，而一个设计合理的动物设施每平方英尺的造价却在 375—475 美元(34000—43000 人民币/平方米)之间。动物实验室投资高的原因在于：在保持持续稳定性和精确控制的同时，为承受反复的不当使用和大力度清洗，设施建设要采用各种专门的材料和建造方式。

房间建造

用于动物实验室内部空间的建筑材料和表面涂料通常要达到生物安全 2 级建筑标准的要求，即使该房间可能并不按照“BSL-2”的规定使用。指南指出：“主要内墙所用的建筑材料要兼顾动物的各种需要和清洁卫生的要求…内墙建筑材料要耐久、耐腐蚀，操作时不需着意维护也不会轻易破碎、出现裂缝或生锈…主体建筑材料的选择要利于动物设施的有效性和卫生性。耐久、防潮、防火、无接缝的材料是最为理想的内表材料。房屋的表面应能高度耐受清洁剂、擦洗、高压喷射和冲击的作用。”(ILAR 第 23, 72 页)。

采用具有上述特点的材料会大大增加动物研究建筑物的建筑造价，但比较了使用寿命以及研究费用后，证明这是明智的选择。

房间类型

(ILAR, 第 72—73 页)

空间需要用作：

- 动物饲养及管理
- 隔离动物品系
- 隔离不同的项目
- 饲料、垫料、药品、生物制品和补给品的输送与存储
- 外科手术及特别护理
- 解剖及 X 光照相
- 实验、临床和诊断过程
- 使用危险的生物、物理、化学物品的阻隔设施
- 放置清洗、灭菌设备及用品的区域
- 用于设备、饲料及垫料的高压消毒锅
- 存放污染设备和清洁设备的区域
- 废弃物在焚烧或转移前的储存库
- 动物尸体的处理或冷藏
- 管理办公区
- 员工培训及教学室
- 淋浴室、污水槽、冷藏间、洗手间及休息区

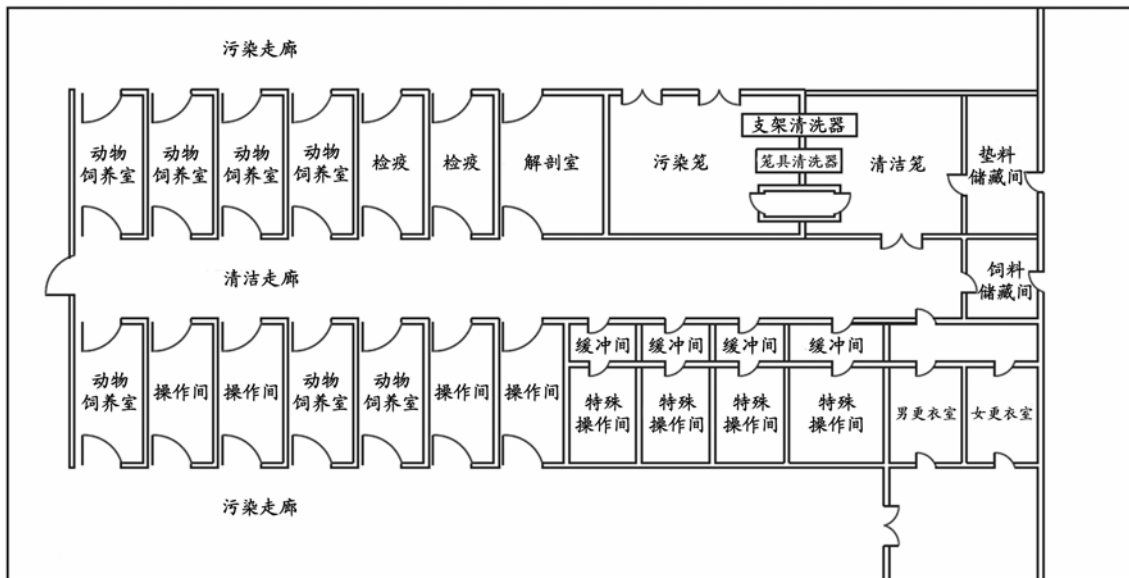


图 1-2 动物实验室的双走廊设计

因为这些设施特有多种需求和任务，动物实验室包含了很多类型的房间。

阻隔和屏障区

当污染物控制至关重要时，动物实验设施内就必须设置阻隔区和屏障区。相比常规的动物房，这些房间要专门设计以使其对空气传播的传染物的控制保持较高水平。这些应用都要求为灭菌、消毒和保护专门设计功能和规程。

空间类型	空间的描述
普通型	对污染物进行控制，但不象阻隔或屏障区那么引人注目
阻隔型	必须将污染物阻隔在内
屏障型	污染物必须隔离在外，远离动物

污染物举例：细菌、化学药品、微生物和病毒的微粒。

所有这三种类型都依赖于特定的屏障系统以获得有效的控制。“屏障”一词在本文中指一种系统、建筑物特征或清洁区与污染区的隔离措施。

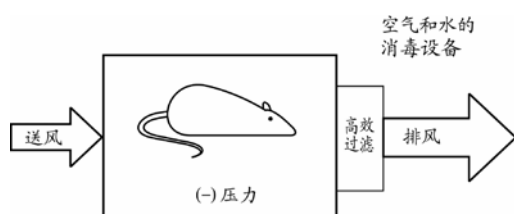
阻隔设备举例

- 带过滤的动物笼
- 生物安全柜 / 垫料更换站
- 带通风的动物笼系统
- 通风柜

屏障设备举例

- 门禁控制系统和规程
- 气闸室、准备间
- 排风系统
- 禁入和标记区
- 通道、墙壁、带锁的门

阻隔房间

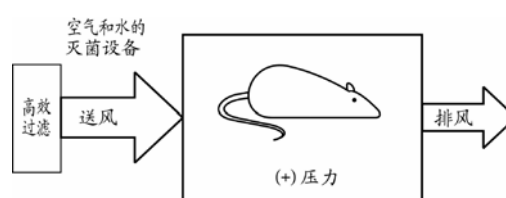


阻隔污染物在内
(后消毒)

• 要消毒的物品:

- 动物笼
- 垫料
- 废弃物
- 水
- 员工外衣

屏障房间



阻隔污染物在外
(先灭菌)

• 要灭菌的物品:

- 动物笼
- 垫料
- 饲料
- 水
- 员工外衣

第二章 实验动物设施独特的通风要求

2

本章将讨论为保证大、小环境的稳定性,安全性和舒适性而对通风系统提出的设计要求。

内容提要:

- 大环境
- 小环境
- 啮齿动物饲养房
- 动物房间的气流控制
- 冗余和应急电源

许多物种的动物都在实验设施中饲养和使用。水生动植物、蝙蝠、白鼬、鱼类、青蛙、非人灵长类动物、鸽子、兔子、啮齿类动物和绵羊都是现在实验使用的对象。本节将介绍一般动物实验室的通风设计要点，并集中介绍转基因啮齿类动物的环境和气流控制方案，其原因是现在对密度日益增高的转基因啮齿类动物（典型的如小鼠）饲养的强烈需要。这些动物具有被改变的遗传因子，这使得它们在生物医学研究的许多领域都具有特殊的价值。

大环境

饲养房间在实验动物设施中是一个大环境，它需要对温度、相对湿度、气流、压力及照明进行监控的可靠的监测控制系统。HVAC 的设备需要冗余及应急电源以尽可能保持动物环境稳定和恒定不变。

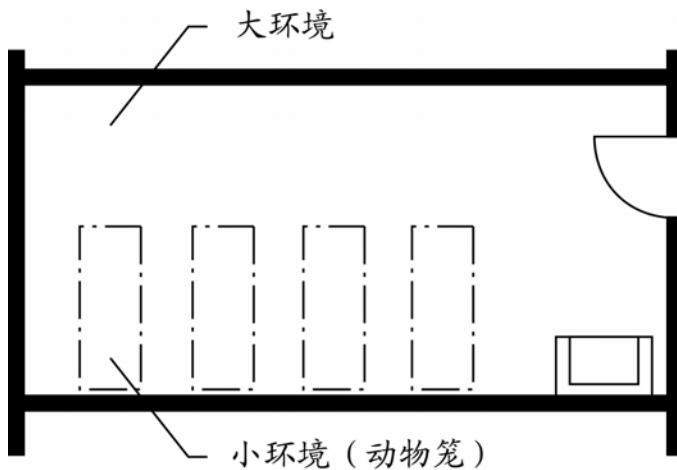


图 2-1 大环境

动物饲养室是转基因啮齿类动物的次级围护结构，维持正确的气流、温度、湿度、光照及声响是此环境所必需的。

为达到大环境的主要目标，一定要对各种参数进行控制。其中最重要的参数有：

- 压力
- 温度及相对湿度
- 通风率（即换气次数）

压力

在动物实验室中，采用设置压力区的方法来控制空气污染物和过敏原的路径。通常，屏障区要维持正压，而阻隔区域要维持相对负压。

对于行业中广泛应用的单走廊屏障设施，动物饲养室压力控制有几种方法（这里不涉及同时具有清洁及污染房间的混合设施）。其中一些将所有的动物饲养室维持在相对正压，从而使污染物远离无病的动物；其它的则是在所有动物都没有疾病的前提下，将所有房间保持相对负压。如果疾病在一个动物身上发生，则房间负压将疾病遏制在这个房间中。其方法是：从病毒被查出直至被清除这段时间里，负压将保证这种疾病被遏制在房间中。要根据研究工作要求、建筑布局和通风系统容量确定合适的压力控制方案，有必要对每一设施进行评估。对于大多数设施来说，压力可切换合乎需要，因为它提供了最大的灵活性。

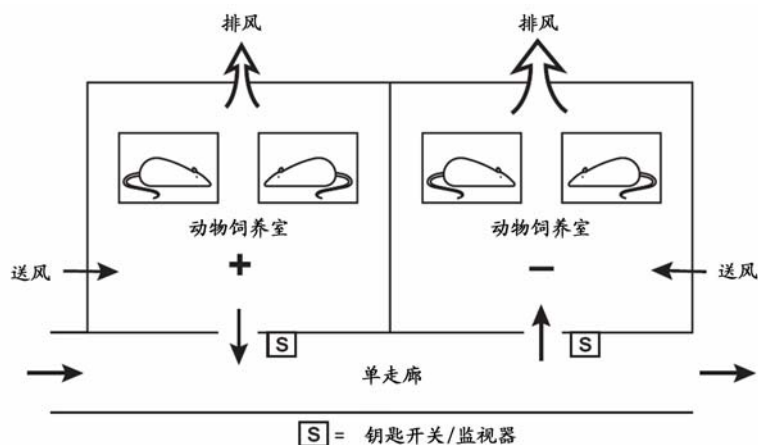


图 2-2 动物饲养室的压力选择

大环境可能根据需要维持在正压或负压下，而一些设施要求房间压力是可改变的。

负压房间	正压房间
检疫房间	外科手术室
暴露于危险物质下的动物生活区	无特定病原体动物房
非人灵长类动物饲养室	清洁设备储藏室

资料出处：实验动物管理及使用指南（ILAR 第 76 页）

实验动物设施压力控制要点有：

- 建筑的密闭性和结构的稳定性
- 压差控制与余风量
- 压力梯度

建筑密闭性和结构的稳定性

动物房间的一个最为关键的特点是其建筑密闭性，这一事实在房间交付使用后会得到证实。压力能否达到其希望的标准完全取决于房间的墙壁，天花板，门和房间围护的适当密封。有渗漏的地方一定要做好充分的填补，所有的门一定要有持久而有效的密封，以阻止害虫进入和藏身（ILAR，第 73 页）并控制压力。建筑结构的完整性也会影响压力控制性能。

压差控制与余风量

余风量已被证明是获得动物实验室稳定压力的最有效方法。将压力控制到一个特定值的压差控制法，是一个非常困难且不稳定的方法。美国国家标准研究所（ANSI）与美国工业卫生协会（AIHA）一起，支持对实验室环境采用余风量方法来解决压差控制问题。ANSI 的标准 Z9.5（参照通用实验室空间）中有下面这个观点：“规定定量的压力差是糟糕的设计依据… 而真正需要的是余风量（ANSI / AIHA Z9.5，第 7 页，第 4.11.4 节）。

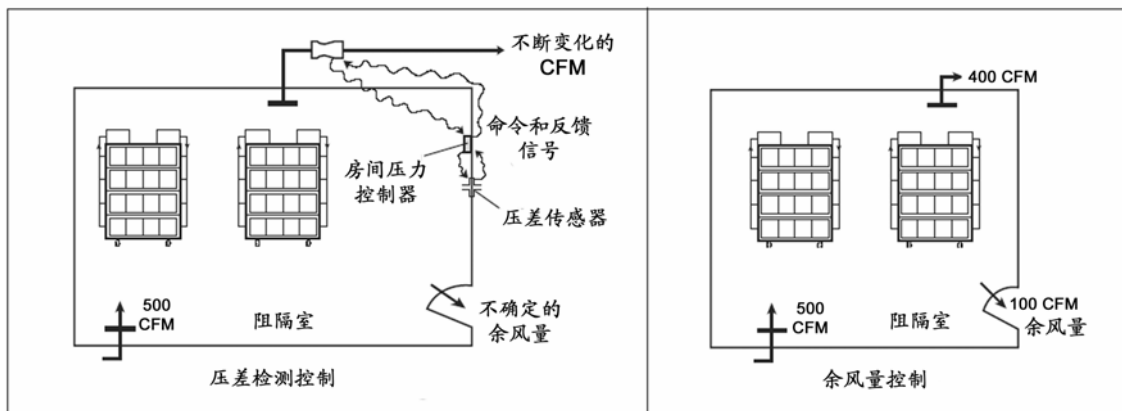


图 2-3 推荐采用余风量法解决压力控制问题
准确的余风量控制为动物及工作提供了一个稳定的环境

压力梯度

不同的设施，动物饲养室与走廊之间压差的大小是变化的。大多数情况下采用的压力范围是 0.03 到 0.075 英寸水柱（约 7.47 到 18.67Pa，0.05" 是最常用的），并且在压差过低时要报警。对重要房间进行压力监测有利于表明压力控制水平。

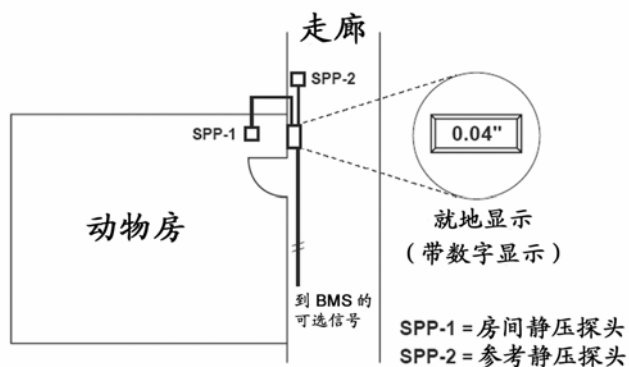


图 2-4 室内压力监测

许多设施都需要室内压力监测。可选择房间压差就地监测，也可将其集成到大楼管理系统之中。

实验动物设施是众人皆知的气味及空气传播过敏原的制造者。国家职业安全与健康研究所(NIOS)在 1999 年版的报告中指出：一半以上的实验动物工作人员正经受着过敏反应的影响，这使他们不能完成日常的研究和管理任务。通风系统被用作消除或减少这种问题的主要手段。

温度及相对湿度

动物研究设施需要一套稳定的通风控制系统来维持正确的环境参数。温度是其中最关键的参数，并且通常要被控制到设定值的 $\pm 2^{\circ}\text{F}$ （或 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ），温度设定值为 $61\text{--}84^{\circ}\text{F}$ （ $16\text{--}29^{\circ}\text{C}$ ）之间（ILAR 第 32 页 表 2.4）。因为不同房间的热负荷有较大不同，实验室内的每一个房间都需要有自己的温度控制系统。长时间里只使用单一品系动物的设施设计采用的温度范围可能比较狭小。

在大多数应用中，相对湿度（RH）控制的目标为 30–70%（ILAR 第 30 页），其设定值在 50–55%。在冬季，距离赤道越远，维持相对湿度在 30%以上可能就越困难。因为可接受的湿度范围是在 30–70%之间，多房间系统可以作为一个单独区域来控制，特别当它们不是主要房间时，如储藏室或某些类型的操作工序的房间。湿度控制中阀件的使用可能会十分昂贵，因此在此消费前应作评估以确定其合理性。

本书在“标准及指南”一章针对特定物种的动物列出了推荐的温度、相对湿度和热负荷。在“控制应用”一章中对温、湿度控制系统进行了描述。

通风率

动物研究设施所采用的 100%的全新风空气换气次数要比其它的研究实验室高许多。这主要归因于动物居住稠密的动物房间内产生的热量和污染物。虽然指南中指出“每小时 10–15 次新鲜空气的换气被看作是可接受的一般标准”（ILAR，第 32 页），但每小时 18–20 次的换气也是很普遍的。即使采用了这些增高的空气换气次数，除非有缓解的策略实施，过度的气味及以空气传播的过敏源可能仍旧是个问题。这一问题在本章中的小环境标题下将有更详细的阐述。

对较低换气次数和变风量控制的思考

“HVAC 系统设计时应考虑节能”（ILAR 第 75 页）。

降低 100%全新风系统每小时空气换气次数（ACH）这一技术还没有被广泛应用于实验动物设施中，但考虑降低换气次数是有益的。变风量（VAV）控制系统提供了最大程度的灵活性和适应性，可以更有效地使用通风系统。系统具有降低通风率的能力，这常常会证明对 VAV 系统的额外投资是合理的。

在以下情况下可以考虑降低设施的换气次数（ACH）：

- 动物的初级围护结构（小环境）不受影响
- 房间状态（温度和湿度）在换气次数较低时能够得到控制
- 动物热负荷可以被直接排出室外
- 一个房间中饲养的动物数量减少了
- 没有工作人员使用房间
- 操作和使用是阶段性的（例如：动物笼清洗 = 8 小时开，16 小时关）

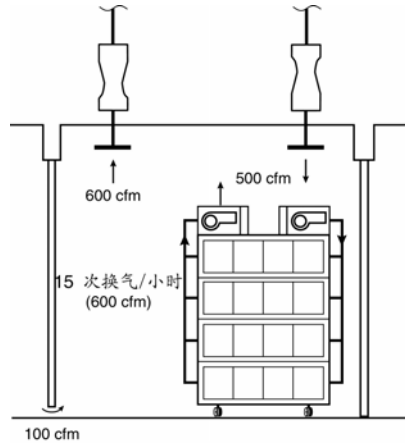
每个房间都需要一定量的通风以对这一空间进行正确控制。使用的空气量超过达到前述各种目标所必要的空气量是一种能量的浪费。一套优质的 VAV 系统会将房间换气次数控制在适当的并且是最低的数值，同时还对房间内的变化作出反应，这样房间环境就能够保持稳定和舒适。

减少换气次数有许多益处，包括：

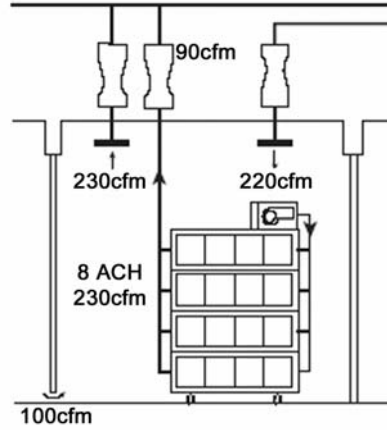
- 降低能耗
- 降低运行费用
- 减少 HVAC 系统的噪声和失调
- 减少系统部件的耗损
- 当低换气次数区域的通风调高时房间饲养容量增加

为啮齿类动物提供的带通风的动物笼稳定了动物的初级环境。如果动物笼与建筑的排风系统相连，减少房间内换气次数的考虑就合理了。通过将笼架内的空气直接排入房屋的排风系统，房内的气味、气体排放物和热负荷都会被排出房间而不会重又循环回到房间内。热负荷和通风负荷降低时可考虑采用较为传统的 6-8 次/小时的换气次数。VAV 房间控制还可以被考虑用来进一步改善房间状况、降低能量消耗。

变风量控制在“控制应用”一章中将详细讨论



实验室 A: 换气次数 15 次/小时
将笼中气体直接排入房间



实验室 B: 换气次数 8 次/小时
将笼中气体排入建筑物排风系统

图 2-5，降低换气次数

实验室 A 中的动物笼直接向房间排风，这就需要较高的空气换气次数（15 次/小时）去排除热量、气味和气体污染物。实验室 B 中的动物笼向建筑物排风系统排风，这显著减少了房内的热负荷、气味和易挥发的刺激物。这使得在实验室 B 的条件下，房间换气次数降低。

小环境

动物笼是动物的初级围护结构或者小环境。根据指南，初级围护结构应设计提供足够的通风…并且不对动物正常的生理和行为需要产生压力 (ILAR, 第 23 页)。

静态的，带过滤器盖的动物笼

一种形式的啮齿类动物房舍是过滤器盖动物笼，因为其空气交换量最小（据报道少于 1 次/小时），所以也被称作静态的小环境。笼子被放在架子上或在通风的围护结构中。包含过滤器盖的动物笼主要是作为保护动物免受空气传播病菌伤害的屏障，但也可用作一种隔离空间。尽管过滤器盖有效限制了空气传播物质的通过，但由于空气缺少流动，导致了笼内湿度及气体浓度的迅速增长，这就需要频繁更换垫料。频繁更换垫料需要昂贵的劳动力，且将人员和动物暴露在病原体之下的可能性更高，此外，动物笼有额外的耗损、要设置动物笼清洗区，还需要有一般性的费用。这些缺点并不会导致不使用这种类型的动物笼。事实上，静态动物笼对生物安全 2 级和 3 级的研究尤其有用，在此类研究中，阻隔是关键问题。



图 2-6 给啮齿类动物使用的静态的带过滤器盖的动物笼

空气交换量最小，一般在 1 次/小时左右

带通风的动物笼系统

自从在 70 年末开始采用带通风的动物笼架以来，在啮齿类动物饲养设施中，这种动物笼已经成为理想的标准设备，它是对静态动物笼的补充，减少了静态动物笼的使用。典型情况，单个动物笼里饲养 4—5 只小鼠或 1—2 只大鼠。带 HEPA 过滤器的专用的送风和排风机用于维持笼内正压（有时是负压），风机一般安置在架子上。尽管加在有 100 个以上动物笼的笼架上的典型总送风量低于 50CFM，每个笼内的通风率一般要达每小时 50 次换气甚至更多。这样高的换气降低了笼内氨和其它废物的浓度。笼架还能够提供自动供水系统的固定架和节省人力的系统，现在获得了越来越多的研究机构的认可。所有这些特点都对动物环境的改善起到了作用。

啮齿动物饲养室

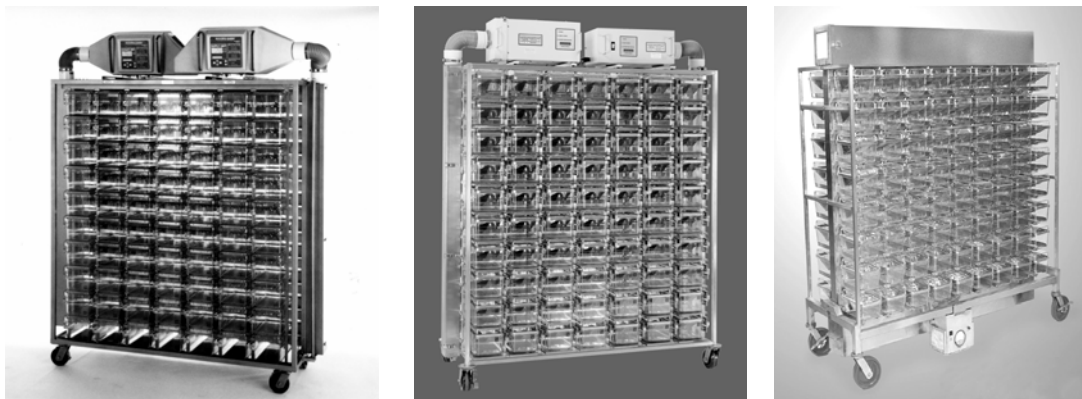


图 2—7 用于啮齿类动物的通风笼架举例。

笼架系统的通风选择方案

正如上边所提及，带通风的笼架正在渐渐普及，因为它们能够适应动物饲养室中动物密度的急剧增加。但是笼架风机将笼内气体排至屋内，而且随着动物密度增加会发生令人不快的环境问题，最主要的问题是饲养室内的工作人员暴露在挥发性刺激物之中。风机还会产生噪声、振动，还需要维护、增加房间制冷负荷。使用笼架风机的另外两个不利因素是它们的成本和需要定期移走清洗的困难。针对这些问题，建筑设计师开始将笼架连接到能够提供干净、适宜的空气到笼内并将笼内气体送至室外的建筑通风系统上。

尽管这种方法简单合理，但在将通风笼架连接到建筑系统的过程中却存在很多问题。在某些情况下会导致严重的防护问题和环境的不稳定。为避免这些问题，在设计笼架的连接时我们需要对笼架的气流控制方式和静压需求有彻底的了解。使用像手阀和风口等压力相关设备是常见的错误。这些原始的设备不能自动平衡风道系统中的压力波动，因此会导致气流控制不稳定。

为解决将笼架连接到建筑送排风系统中出

关于带通风笼架的一些实际情况：

1. 每个笼架的送风及排风流量必须恒定并且必须要严格保持稳定。
2. 每个笼架的送风一定要经 HEPA 过滤器过滤。笼架排风机也要包含 HEPA 过滤器。
3. 给笼架的送风气流量可以低于 50CFM，但每个笼子的换气次数要超过每小时 50 次。
4. 带通风的笼具系统的每个生产厂家可以在每个单个笼子的通风策略上与其他厂家不同。
5. 对于带通风的笼架，优先选用的送风来源是动物饲养室，因为典型情况下，房间空气的温、湿度与笼具所要求的温、湿度大小相近。使用建筑物中央通风系统则需要额外的冗余和环境控制，这使建筑物中央通风系统作为送风来源要更加昂贵。
6. 已经证明，采用风阀、流量或者压力测量装置的方法波动强烈且令人不满。高性能的压力无关的流量控制对于将笼架连接到建筑物系统的方法来说是最好的解决方案。

现的问题，Phoenix 开发了笼架阀来解决这个问题。这种压力无关的笼架阀是特别针对这种应用、消除连接中普遍存在的平衡和流量控制问题而设计的。在第五章的 71—75 页有关于该设备的特点、规格和安装指导。

啮齿动物饲养室的通风方案

本节提供了为笼架通风的四种方案、关于采用单阀的多笼架应用和需要流量低于 Phoenix 笼架阀工作范围[30-150CFM (50-250m³/hr)]的多笼架应用讨论。值得注意的是笼架制造商在一直推出可能影响通风策略的新的系统，因此我们必须尽早了解其对集成系统的要求，以便在笼架到货、开通系统之前能将适当的解决方案设计到工程之中。

方案 1：笼架带送、排风机，使用房间空气通风

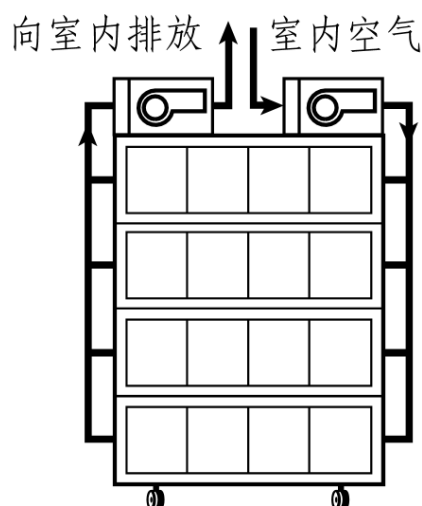


图 2-8 笼架带送排风机，使用房间空气通风（通风方案 1）

通风笼架制造商同时还提供送风和排风机，每个都可拆装以便于支架的清洁。送风机将房内空气通过高效过滤器导入动物笼，该过程引起动物笼内温度升高 2-3°F (1-2°C)。支架排风机还包括一个高效过滤器，因为风机要将可能被污染的空气从动物笼中抽出并且必须要将清洁的空气送回房间内。

优点：

1. 气流控制方式简单。
2. 笼架在饲养室中布局灵活性高。
3. 高效过滤器减少了房间中的微粒数。

缺点：

1. 首期投资高于方案 3、4。

- 笼架风机昂贵，一般每台风机需 1500 美金；
 - 风机产生热量，这增加增加了房间的制冷需求；
 - 风机将动物的热量排入房间；
 - 笼架风机（每个房间可能 8-18 套）需要维护；
 - 房间需要许多双向开门清洗设备，一般需要安装应急电源以便保证笼架通风。
2. 饲养室中的噪声增加了。每个饲养室通常含有 4-9 个笼架，需要 8-18 套风机。由于噪声源每增加一倍，声级增加 3dB，所以房间内风机的实际发出的噪声至少要比一台风机发出的噪声大 9-12dB。
 3. 风机振动。当隔离器装有风机时，肯定会产生振动。当风机安装在靠近笼架的支架

上时，可消除振动，但是这需要增加额外的零配件和人工。也将使房间消毒更加困难。

4. 室内空气质量问题（IAQ）。尽管高效过滤（HEPA）可减少室内空气中的微粒数，但是一些气态废物还是被排到室内。这些易挥发刺激性物质（如气味、信息素*、过敏原等）是非常另人讨厌的。我们应尽可能的消除它们。

5. 人类工程学问题，将风机从笼架中拆除是非常麻烦的，特别是与方案 4 相比较而言。

* 信息素是指动物的荷尔蒙气味，这可能对室内其它动物有不利影响。

方案2：笼架带送、排风机和套管，使用房间空气通风

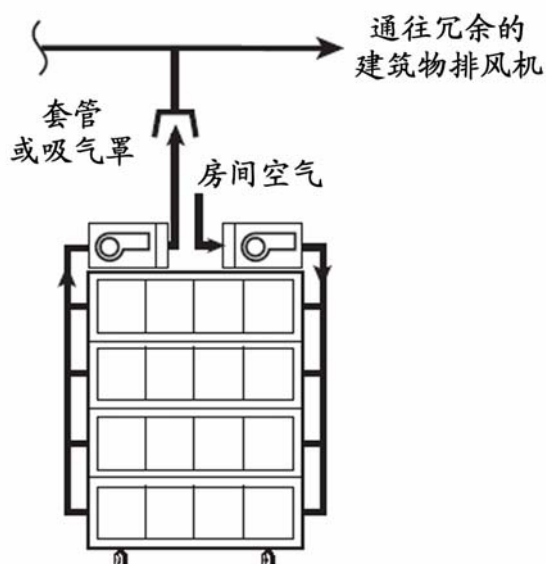


图 2-9：笼架带送排风机和套管，使用房间空气通风（通风方案 2）

与第一种方案相似，动物笼的空气通过加高效过滤器的送、排风机送风和排风。另外，动物笼的空气排放与建筑排放设施通过套管或吸气罩相连，以消除笼架风机和建筑排风管道之间的相互影响。以前将笼架直接连接到建筑排风道的尝试存在问题，这是因为建筑物排风道的压力波动导致了频繁的气流不平衡，使得动物环境不稳定

优点：

1. 正确的设计和套管的使用可解决压力波动的问题（方案 3、4 也解决了这些问题）。

缺点：

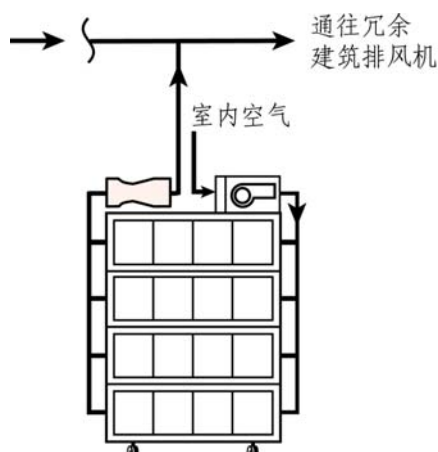
1. 初投资及运行费用非常高。
 - 这种方式需要两台风机，每台 1500 美金，加上集气管风道系统费用，同时，每台笼架接管处的压力相关的装置（如：手动风阀和风口等）气流平衡困难。
 - 增加了维护费用（比方案 3、4 高），因为每个笼架需 2 套风机及过滤器；
 - 风机产生的热量增加了房间的制冷需求；
 - 需要给笼架提供标准电源及应急电源；
 - 集气管套管将来需要昂贵的平衡费用。
2. 当套管的手动风阀/风口被错误关闭时，排风将回到饲养室，这可能会导致笼架通风的不平衡，影响房间压力。这会对大环境、小环境的阻隔性能造成影响。

3. 噪声仍然是个问题，因为这种方法需要一台笼架排风机，其噪声比一般在两台笼架风机中较高。
4. 不像方案 3、4，风机可能会产生振动，除非风机不安装在笼架上。
5. 这是个零乱的方案，它需要大量的硬件，如：
 - 风机/过滤器主机；
 - 电线；
 - 软管连接；
 - 吸气罩；
 - 风口或风阀；
6. 如果用于连接笼架的集气管风道的风量控制装置不是高性能的压力无关阀门，房间压力控制非常易于成为一个难题。

由于以上原因，目前使用吸气罩连接方式已不再流行。



方案 3：笼架带送风机，将排风连接到建筑物排风系统，使用房间空气通风



要连接到建筑物通风系统，通风笼架的送风、排风之中，排风侧较为有利。这种方式大大改善了房间空气质量、能源消耗和房间噪声。

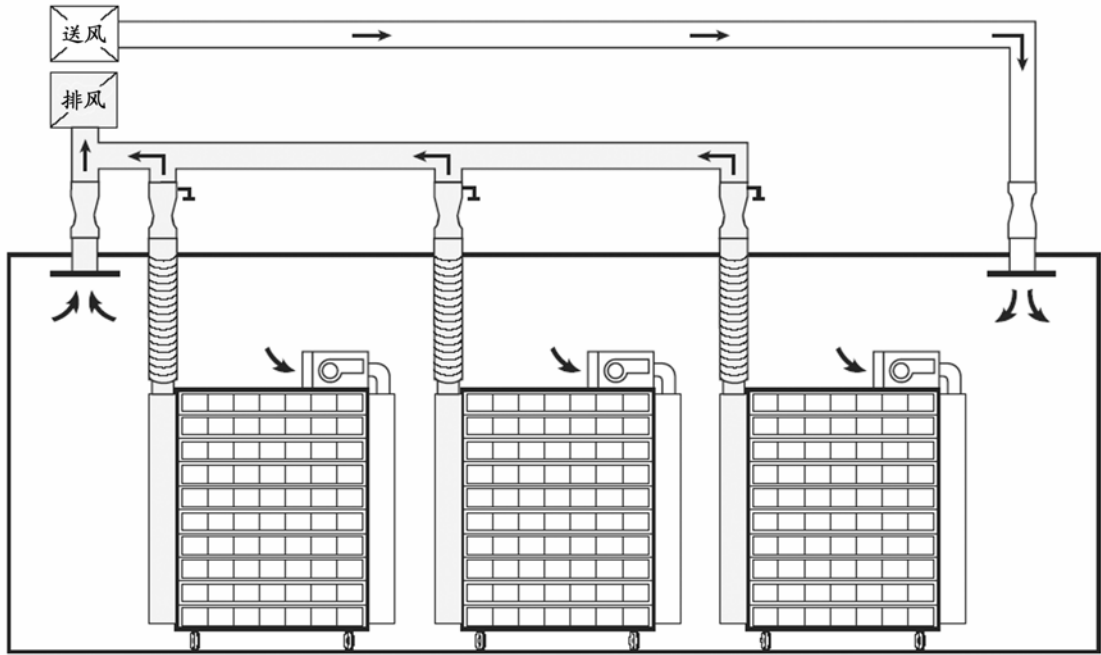
定风量文丘里笼架阀提供了简单、可靠的直接连接方式，它不需要吸气罩、排风风机/过滤器主机。

优点：

1. 将动物热量、气态废物、异味和过敏原从房间可靠地排出；
2. 即使在排风道压力变化时也能保持动物笼内的稳定；

图 2-10：笼架带送风机，将排风连接到建筑物排风系统，采用房间空气通风（通风方案 3）

3. 减少了初投资和运行费用，减少了热量产生；
4. 当更换笼子或清洗笼架时，笼架易于从建筑物系统脱离。（通风笼架装有脚轮，需要从建筑物系统脱离时可以移动）；



5. 由于不再需要风机/过滤器主机，也就不需要为排风机配置电源。电缆和应急电源也不再需要，减少了建筑投资和运行费用；
6. 使房间消毒过程更简单、有效。笼架排风系统减少为每个笼架一个软风管，消毒过程中，房间内不需要清扫风机、过滤器、电缆、风阀和套管；
7. 有效地改善了动物设施的大环境和小环境，显著降低了噪声和振动。建筑排风机显然比笼架风机在房间内产生的噪声低；
8. 由于阀门无马达也没有零配件，维护费用降低。

缺点：

1. 布局灵活性差，由于笼架需布置在软接管附近
2. 需要有额外的排风道

方案4：将笼架送、排风与建筑系统直接相连

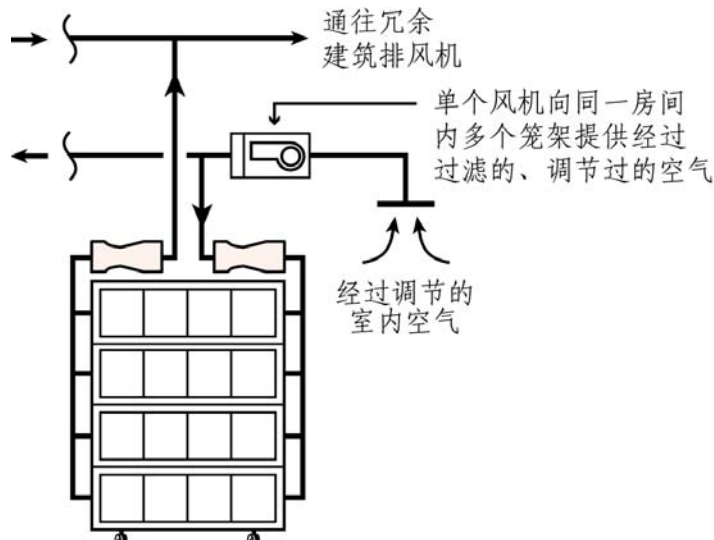


图 2-11：将笼架送、排风与建筑风道系统直接相连

这种方案将笼架送、排风机去掉，而将笼架与建筑物通风系统可靠相连，如果设计、安装、调试正确，此方案最为有利。本方案排风的连接及其优点与方案 3 相同，这已在前边作了描述。只是现在笼架还将消除送风机产生的噪声、振动和额外的热量，这可能会使设备投资和运行费用减少。采用这种方案，也不必为笼架风机提供独立的应急电源，而将依赖于建筑物的 HVAC

系统。根据“实验动物管理和使用指南”建筑物 HVAC 系统已经设计有应急电源。（ILAR P. 76）

与方案 3 相比，方案 4 有如下优势：

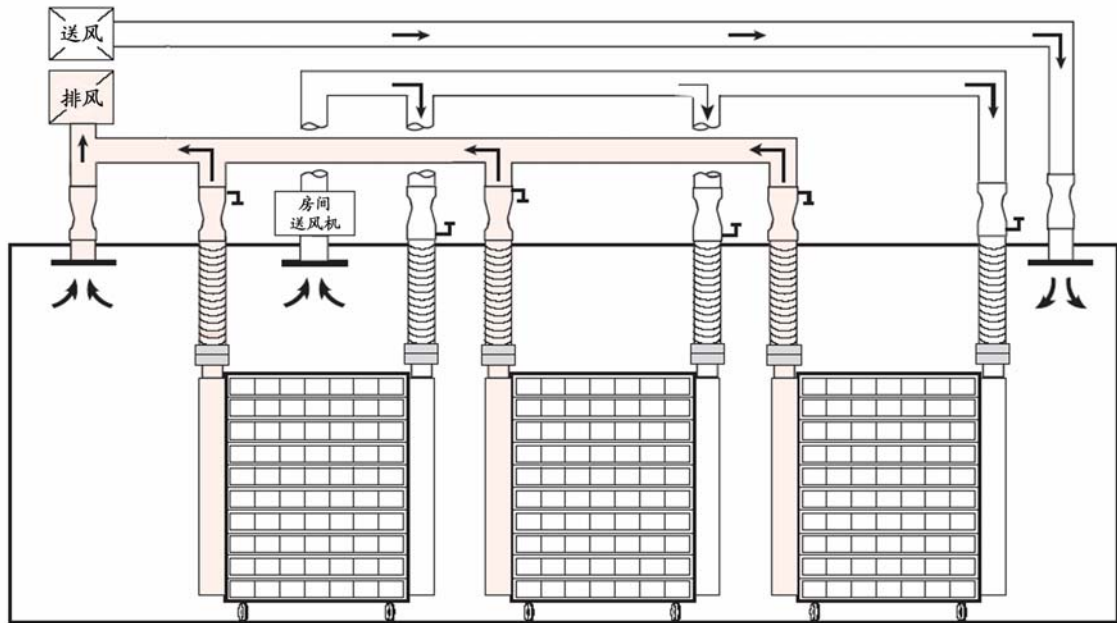
1. 动物饲养室更清洁；
 - 饲养室硬件设备减少了：如笼架风机、额外的软风管、电源线、双向开门清洗设备（wash-down duplex outlet）；
 - 笼架连接和摘除简单：每个笼架只有两个软管，带环形卡环，可快速连接；
 - 精简了工作流程：由于部件和需要清洗的表面减少，简化了消毒流程；
2. 饲养室更安静；
 - 噪声减小显著：风机噪声消除了；
 - 噪声源来自饲养室外，同时，通过笼架和软风管的风速低，这也保证了低噪声。

笼架排风的处理

通风笼架的排风将笼内的小颗粒带到笼架的排风箱内。这些颗粒大部分是垫料尘，还可能有动物的皮屑、毛发等。其中有一些能透过每个笼子的薄膜过滤网。病毒和有害健康的物质就附着在这些颗粒上。

因此，过滤笼架排风是必要的。处理等级的范围从通常应用的 30%效率的粗效过滤到 HEPA 高效过滤（当一定会涉及生物危害时）。

排风系统部件如：调节风阀、传感器和风机叶片会堆积尘埃，这会使通风系统的工作效率降低，并使其保持环境安全稳定的能力降低。



缺点：

1. 布局灵活性差：由于笼架需布置在送、排风预留的风管附近；
2. 需要增加额外的排风和送风管道；
3. 如果笼架送风是由建筑物空调系统处理后提供的，则温、湿度控制策略将是复杂的，实现起来费用很高。

本节后面的内容介绍了方案4的两种设计方法：房间送风机法和双送风系统法。

方案4的房间送风机法设计：

尽管从图 2-12 看来，房间送风管道使系统变成了再循环系统，但它实际与采用笼架送风机送风的系统的气流组织一样。两种系统系统的风机都是抽取房间的空气，经过前级过滤和高效过滤送到笼内。这种方式是两种向笼内送风方式中的一种。为清楚起见，我们称它为房间送风机法。

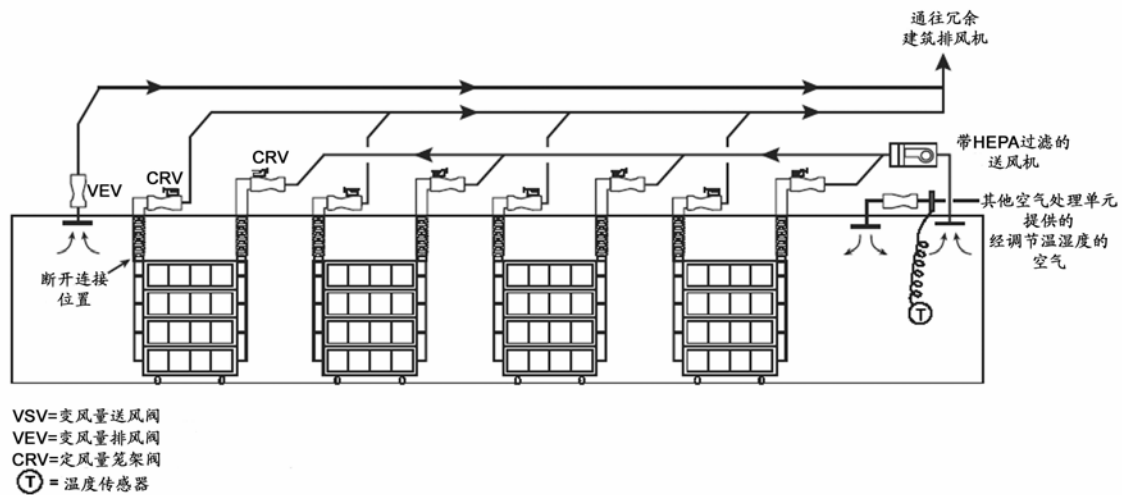


图 2-12: 方案 4 的房间送风机法

方案 4 的双送风系统法设计:

另一种方法我们称为双送风系统法。它需要对控制方案的彻底评价，控制方案不仅仅是气流控制，还有温度、相对湿度和过滤控制。双送风系统将建筑物送

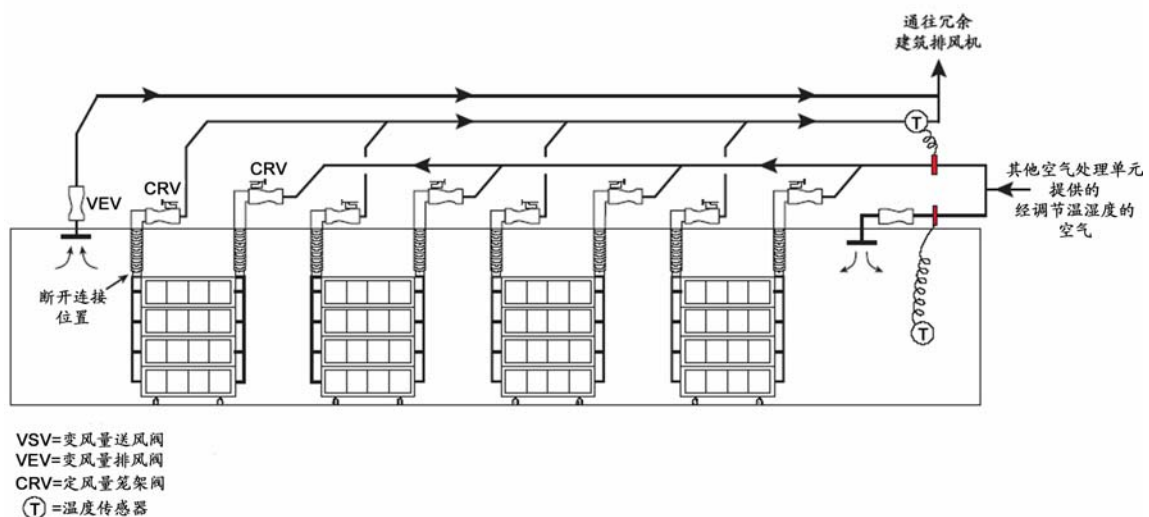


图 2-13: 双送风系统方案 4

风分为两路。其中一路连同温度控制回路用于房间，另一路以及温度控制回路用于笼架。这种控制策略更加复杂。我们将在后面做较为详细的讨论。

有利于双送风系统法的陈述：

- 1、房间和动物笼环境是不同的（对于静态的和通风动物笼系统均是如此）；
- 2、动物和人对其理想的生活环境有不同的选择；
- 3、对环境进行区别控制的灵活性是非常重要的。

尽管以上陈述是正确的，但是在设计这种系统时必须考虑一些重要因素。

双送风系统法的重要设计要点：

- 1、送风温度的波动对啮齿类动物的影响；
- 2、附加的（或冗余的）用于动物笼的环境控制回路的费用；
- 3、用于动物笼环境的环境控制回路的感测与控制功能；
- 4、对温度低限或高限正确感测报警的能力；
- 5、高效过滤器与动物的距离；
- 6、要克服来自于中央空调系统中区域高效过滤器的附加净压。

以下是对每个要点的讨论：

- 1、送风温度的波动对啮齿类动物的影响；

即使拥有优良的建筑物管理系统，温、湿度控制还是接近或者已经成为实验动物设施一系列问题中的首要问题。特别是对于集气管系统尤其如此，这种系统中，多个区域由一个公共的空气分配控制系统通风。将空气用风道直接通入动物笼的方法失去了大环境对温度波动所起的巨大的缓冲作用。注意：啮齿类动物饲养室的再热阀的失效保护位置必须是关闭位置，这是因为啮齿类动物能够更加易于适应 13℃ 的送风，但是不能长时间承受接近或超过 32℃ 的温度。我们可以想象，这些设施中，研究工作受到干扰、动物发生死亡事故后的花费是非常大的，这还不仅是一个财务上的问题，也是一个与时间和生物医学科学领域内正在进行的研究报告的进展有关的问题。

- 2、附加的（或冗余的）用于动物笼的环境控制回路的费用；

“实验动物管理与使用指南”讨论了在关键性区域采用冗余的 HVAC 系统的重要性。如果一个动物实验室主管将动物设施中关键性区域编排出一个环境控制表，啮齿类动物将接近或处于这个表的第一行。为双送风系统提供冗余的费用很高，并且，它可能不能在已经很紧凑的饲养室里空间里为啮齿类动物配备基本设施，因为，它要有双再热盘管和阀门、双加湿器和带双传感器的双温控回路。使用房间送风机将房间空气通过高效过滤器送入动物笼非常简单并且较为便宜。

今天大部分啮齿类动物饲养室的温度控制在 70-73°F (21-23℃)，这适合于大多数的工作人员。由于方案 1 和方案 2 中笼具温度要比房间温度高 2-5°F (1-3℃)，较高的笼内温度较为适合啮齿类动物。Edstrom 行业数据记录确认这种温度增加是真实的。当一只通风笼中饲养的老鼠的数量为最大允许数量的 5 只，并且当笼架排风与建筑物排风相连的时候，笼内温度比房间一般要高 2-5°F (1-3℃) 左右。

3、用于动物笼环境的环境控制回路的感测和控制问题；

这是笼架环境控制问题特别复杂之处。如前所述，现在大多数的通风笼架都为动物笼提供清洁的、经过处理的空气，并且还额外抽取房间空气使其流过笼架以形成相对房间的负压区。笼架设计不同、生产厂家不同，从房间抽取的空气量是不同的，一般是动物笼空气流量的 50%~200%。

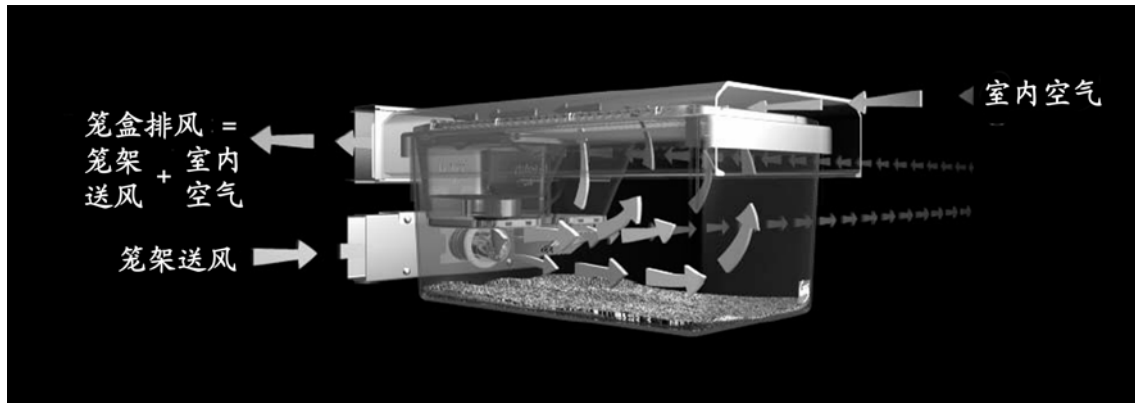


图 2-14：一类通风动物笼的气流型式实例

（通风动物笼的气流型式为动物维持健康、稳定的环境）

根据这种情况，在双送风系统中，在哪里感测空气温度来控制到动物笼的送风温度？笼架上一般有 60~140 个笼子，每一个都可能是空的，也都可能饲养了 5 只老鼠。为了实现温度控制，在饲养着动物的笼子中感测温度困难且费用高，不仅如此，还很复杂，并且现在也并不易于实现和负担得起。同时，仅使用一个动物笼检测温度和相对湿度实际并不代表所有由送风控制的动物笼的总体情况。

采用房间送风机经由高效过滤器从房间向笼内抽取空气，这种方法要简单得多，而且较为稳定。它依赖于房间温度被控制在设定值，并且要比动物笼进风温度的期望值低 1~2℃。大多数在此环境下工作的员工都会感到舒适。

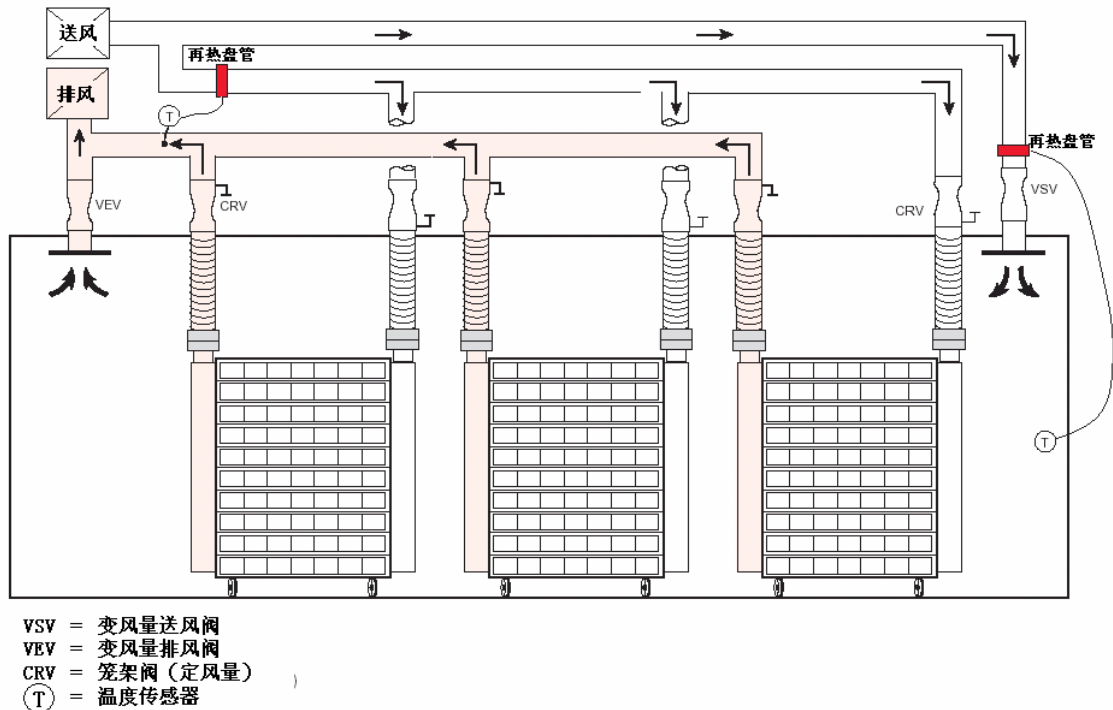


图 2-15: 双送风系统。感测和控制动物笼温度并不像看起来那么简单。笼架排风是混合气流，动物笼的空气常常低于 50%，这使得温度控制及报警复杂化。

4、对温度低限或高限正确感测报警的能力；

即使笼架排风是混合风而且其中大多数是房间空气，现在大多数考虑采用双送风系统或者使用双送风系统的工程师还是都采用在笼架排风管道上感测温度的方法。这种传感器安装位置的主要问题在于难于准确监控动物的环境。更明确地说，采用双送风系统的最大问题是不能尽早感测到动物笼温度超高。超高的动物笼温度一定要避免并且及时警示，因为相比低温度，高温度会更快地杀死动物。系统必须正确处理这种情况。

可以在进入房间位置附近的送风管上单独采用一个温度传感器，用来感测温度超高以及时报警并关闭再热阀，这是一种很好的安全措施。注意：采用双送风系统，再热阀的失效保护位置应为关闭，而非打开。

我们设想这样一种使用双送风系统的程序：某个工作人员正在搬运 450 公斤的笼架，他想要房间凉快。基于笼架排出空气的温度设定，房间温度被命令控制到 20℃ 而动物笼的温度被命令控制到 24℃。设置在排风风管上的温度传感器很快感测到大约有 21℃，因此，打开再热阀以提高动物笼送风温度。即使在送风道上有一个传感器用来警示危险状态，产生破坏后果的情况还是可能出现。

应用房间送风机法使用处理过的房间空气实际上会消除过热现象，这是因为，与检测混合风温度的笼架排风传感器相比，房间报警更可靠而且是一种更好的早期报警系统。

房间是控制回路中温度波动的大缓冲器。当采用双送风系统法将空气直接送入动物笼时，这个重要的缓冲器将不复存在。

5、高效过滤器与动物的距离；

高效过滤器应该设置在与被保护的区域或者生物体尽可能接近的地方。这样，这个地方就是啮齿类动物笼。

虽然动物笼有一个细网孔的过滤器用来保护动物，但是对于现在销售的大多数笼架，送风路径都未经过这一薄膜。因此动物笼的顶部过滤器都不能成为不在动物笼上游使用高效过滤器的理由。

如果采用了双送风系统法，空气处理机中的高效过滤器常常会距离动物饲养室数百英尺，送风被污染的可能性太大。

带高效过滤器的房间送风机法一直都会清除与动物较近空气中的污物，这种方法简化了这个问题并且保持了房间和动物笼中的低微粒数。

6、要克服来自于中央空调系统中区域高效过滤器的附加净压。

建筑物空气系统中，阻塞的高效过滤器会有超过 250Pa 的压损。用来克服这一限制的额外功率和系统需求会导致过高的初投资和运行费用。这会对总的空气处理机、风机、风道系统和其它系统部件产生影响，并且还可能产生很大的噪声问题或其补救费用。

与方案 1、2、3 相比，房间送风机减少了每个或者每套房间送风机和过滤器的数量，但是处理这个问题更加有效。要做预防性维护（定期更换前级过滤器），并且要有压差报警以发现阻塞过滤器。

低流量笼架或一个阀门用于多笼架

这一节我们将描述风量小于 30CFM（50 立方米每小时）时的笼架流量控制，以及因空间所限要求多个笼架使用一个阀门时的流量控制。

由最主要的三家生产商—Allenton、Lab Products 和 Thoren 提供的 96~144 只笼子的笼架（最普通的容量）的送风量为 30~60CFM（每小时 40 次~70 次换气），具体取决于生产商及设计空气通风率。当前在设计中的很多工程都设计使用单侧架（只有一面有动物笼），其中一部分每架送风需要量低于 30CFM。这些笼架都超出了 Phoenix 笼架阀的流量控制范围，需要不同的流量控制策略，一般的，要采用一个阀控制多个笼架的方法，如图 2-17 所示，也可采用本章中较早讨论的方案 2、3 解决。这些笼架排风侧的笼架阀的控制气流还会足够高以控制每个笼架，这样稳定性和灵活性都会改善。

当设计考虑到空间问题而使用一个阀对多个笼架时，笼架制造商会提供一种安装在接到笼架上的软接头上的装置，被称为负载模拟器。如图 2-16 所示。这种装置一般带有卡环，连到为每个笼架提供的软接头上。当笼架从建筑集气管风道上摘除时，负载模拟器对风道系统产生静态负载，负载大小与笼架连接时产生的

负载量相同。

每个通风笼架都使用文丘里笼架阀控制的系统不再需要负载模拟器，因为Phoenix 阀门可自动补偿压力的变化。



图 2-16：负载模拟器

当笼架从建筑物风道摘除时，负载模拟器产生与风道连接时相同的静态负载。

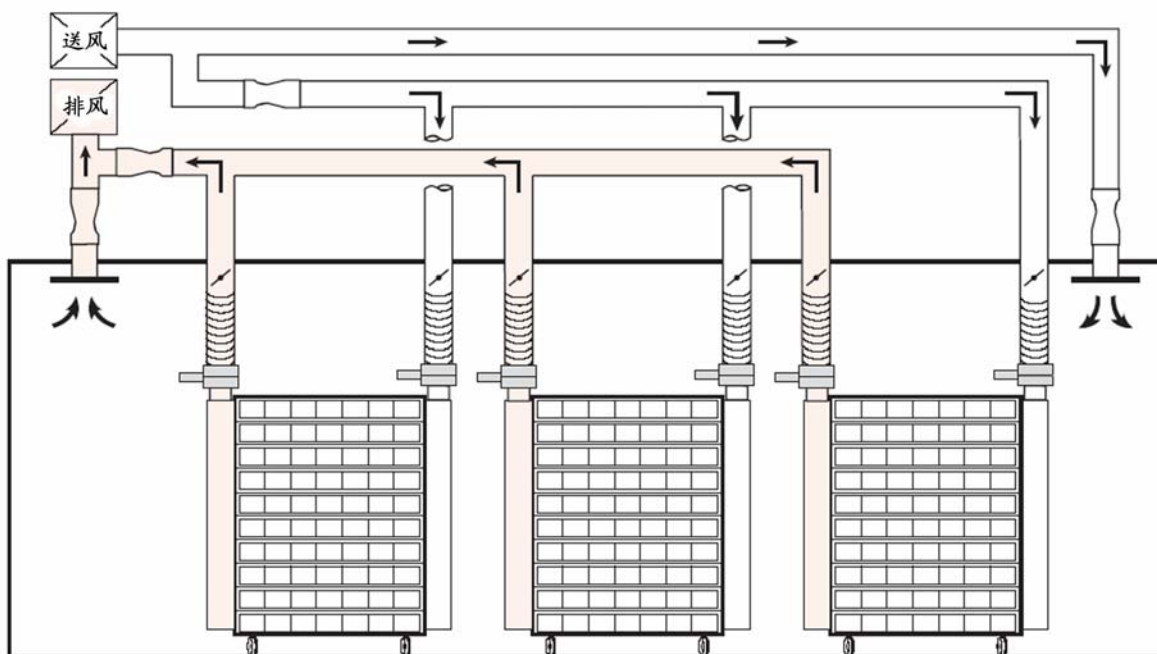


图 2-17：集气管系统，多个笼架采用一个控制阀

在装卸笼架后，这种设计方案需要在每个笼架接管处附加平衡和负载模拟元件

这种方式的最大缺点是：这种方法的最大问题是在系统启动时需要平衡，而在有人要调整手动分支风阀的时候，系统要重新平衡。平衡时需要平衡人员技术熟练且耐心，这是因为手动风阀是用来控制笼架风量的，每个笼架风量低达 10CFM ($17\text{m}^3/\text{hr}$)，这相当于直径 100mm 的风道面风速为 0.06m/s。精确感测这样的流量可能是一种挑战。对它进行控制则是另外一个麻烦。

优点：

1. 初投资较低。

缺点：

1. 启动困难；
2. 一直存在平衡问题；
3. 风量调整的不正确的可能性较高；
4. 一个笼架调整会影响集气管上的其它笼架，可能要重新平衡全部笼架。

笼架阀门的安装

笼架阀门可安装在不同的位置：

- 1、间隙空间内；
- 2、通风笼架上；
- 3、饲养室内的架子上；

将其安装在走廊天花板上的空间内是最理想的，这样便于使用，简化饲养室清洁。

实验动物设施的两个目标是：

- 将尽可能更多设备设置在饲养室外；
- 尽可能减少屋顶和墙壁的穿孔，因为饲养室中的裂缝、穿孔等很容易成为细菌、病毒和其它危险健康、研究的物质的滋生地。

欲了解其它安装细节，参考第 5 章 74-75 页笼架阀介绍中有关笼架阀安装部分。

动物房间的气流控制

本节将回顾对建立安全、稳定、可靠的动物实验室至关重要的气流控制要点。从历史上看，为了维持适合的控制目标，动物实验室空间需要超乎寻常的服务。平衡与重新平衡常常是一直需要完成的任务。为了克服这些问题并更好地实现目标，几个重要的控制要点一定要予以说明。

“对通风系统应进行特殊考虑...机械系统和设备的选择标准应建立在可靠性、操作的完整性、设计的使用期和维护简易性的基础上。”

实验动物管理使用中的职业健康与安全 (ILAR, 第107~108页)

可靠的、精确的气流控制装置

这些设施中研究的深度和生命安全性的问题要求可靠的气流控制部件，这不同于商业办公室建筑。为了保证温度和压力，对气流的准确控制至关重要。

控制部件必须：

- 在充满动物毛发皮屑的气流中保持准确度；
- 在没有长的直风管的情况下准确操作；
- 电源故障期间不间断控制；
- 要求最少的或非预防性的维护；
- 在不需重新平衡或重新校准的情况下提供稳定性。

依赖于皮托管、孔板或其它流量测量设备的流量控制很少或完全不具备上述特点。因此商业级的测量设备不适用于动物试验设施。

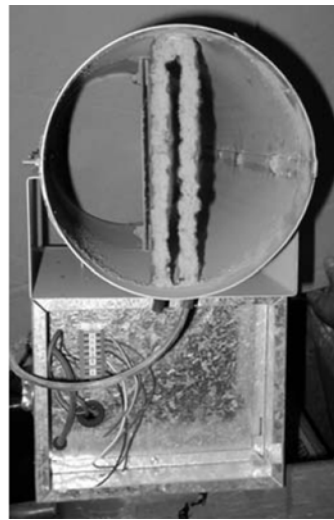


图 2-18 变脏的流量探头

动物设施，特别是排风侧，会产生大量的灰尘、毛屑和其它通过空气传播的微粒。变脏的流量探头会影响房间换气次数，压力和温度控制。

已经证明，在动物设施中使用传统的叶片风阀或流量测量装置不太理想，这是因为这些装置：

- 缺乏严密控制的房间所需要的精度和重复性；
- 需要定期重新校准；
- 需要对流量探头定期清洗；
- 需要比通常需要的长度更长的直管段；
- 需要昂贵的应急电源；
- 可能需要定期自动调零（会引起房间暂时失控）。

Phoenix 文丘里阀 Accel II 是一种可靠、准确的流量控制设备，解决了以上问题。

拥挤空间中的安装

因为动物房间必须要尽最大可能不安排机械设备，所以大多数环境控制设备都放置在间隙空间内（一般情况下该空间在天花板之上），这些设备包括：

- 机械风道系统
- 电线及管线
- 照明器材
- 机械系统管线
- 卫生工程管道
- 喷淋管线
- 通讯设备及敷线
- 建筑构件
- 悬挂天花板的支撑件
- 其它杂类设备



拥挤空间中安装

所有这些设备、风道、管道和电线都拥挤于间隙空间内，它使得为末端风量控制箱提供其所需的上游与下游直管段非常难于实现或无法实现，而这一点对控制箱根据生产厂家提供的样本上的数据进行运行是十分关键的。这就是为什么那些典型气流测量设备，诸如皮托管、孔板、热的或其它定点传感器不适合这些应用场合的另一原因。

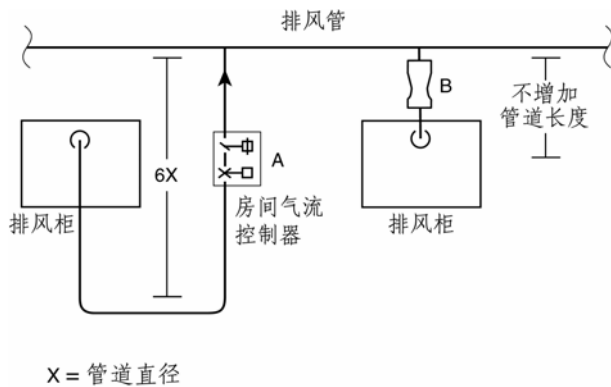


图 2-19 安装要求

传统的流量测量设备〔A〕需要层流——在测量设备的上游或下游增加数倍管径长度的直管段。那些无这些限制因素的气流控制设备〔B〕适合紧密的安装空间的需要。

压力无关控制

并非所有制造的压力无关设备都是等同的。这是一个关键问题，因为房间压力控制也许只需要房间送风量与排风量之间有很小的差异，可能要小于 30CFM。正如前面所讨论的，要求用来保持理想压力量值的风量很大程度上取决于房间的建筑密闭性。末端风量控制箱所提供的控制在系统静压变化时常常不能足够准确、快速地保持房间压力。

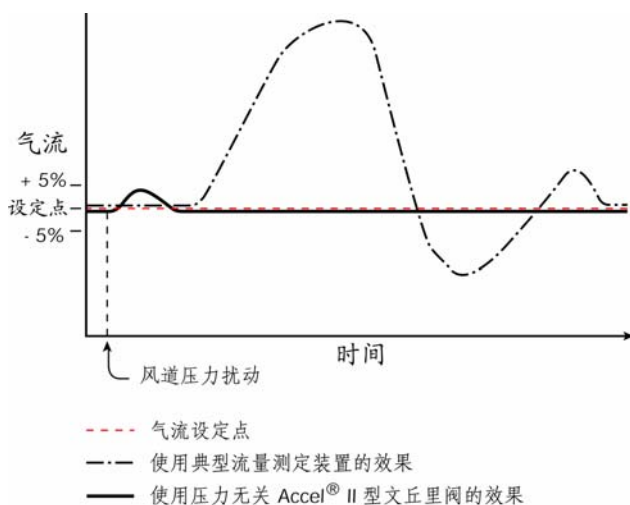


图 2-20 设定点控制稳定性

相比文丘里阀，流量和压力测量设备需要更多的时间重新控制到设定值。

虽然指南明确指出动物房间需要一个专用通风系统，但比较老的研究机构中的改造区域会转换成动物空间并且与建筑内其它实验室使用同一排风机和风道系统。在这些状况下，因为整个系统的风道压力的变化，要平衡每个分支风道可能会有问题。高性能的压力无关文丘里阀门解决了这一问题。

与商用级流量控制相关的问题	
反应时间慢	系统似乎从未达到稳定态
流量不足	不当平衡的硬风管通风笼架
房间失去平衡	气流喘振（“呼吸建筑”综合症）

所有这些问题在采用高性能压力无关控制后都会被大大减少或彻底消除

快速响应的压力无关设备，如 Phoenix 控制公司的文丘里阀，解决了这些平衡问题，因为稳定气流装置对管道内静压几乎是即刻作出反应。其它技术，如扩大管道以减少风道上的静压损失，也能有助于减少这些振荡问题。然而，这些改变可能是昂贵的，难以实施，而且当高速控制系统易于获得时，这是完全不必要的。

系统灵活性

NIH 的策略与指南指出：“HVAC 系统必须能够为动物维持安全舒适的环境，必须有适应性，并且能够维持设施中预期饲养任何物种的任何饲养房间的环境状况”

(D—15 页)。换言之，在动物实验室中，HVAC 系统必须有适应性。

当设施中的动物从一个物种变化到另一个时，许多房间都可能受影响。包括饲养室、操作间、储藏室，动物笼清洗及其它。需要适应这些变化的气流可能会变化显著，这就需要流量控制装置具有很大的可调比（最大：最小）和更加精确的控制。正如本章前面讨论过的，传统的叶片风阀或流量测量设备在对其流量范围的灵活性及其重复性有高要求时，不能令人满意。高性能的压力无关文丘里阀提供了最大的适应性。

适应性要求有变换能力	
要求	描述，模式举例
多种模式	正压/负压/占用/非占用/（熏蒸消毒/清洗）*
功能改变	储藏室变为动物饲养室，大动物饲养室变为外科手术室…
动物物种改变	非人类灵长动物(一)改变为不带特定病原体的啮齿类动物(+)
疾病暴发反应	阻止传染病蔓延（变换到负压力）

* 一种病菌或某种寄生虫的暴发会要求房间的熏蒸消毒（最小流量）和清洗。

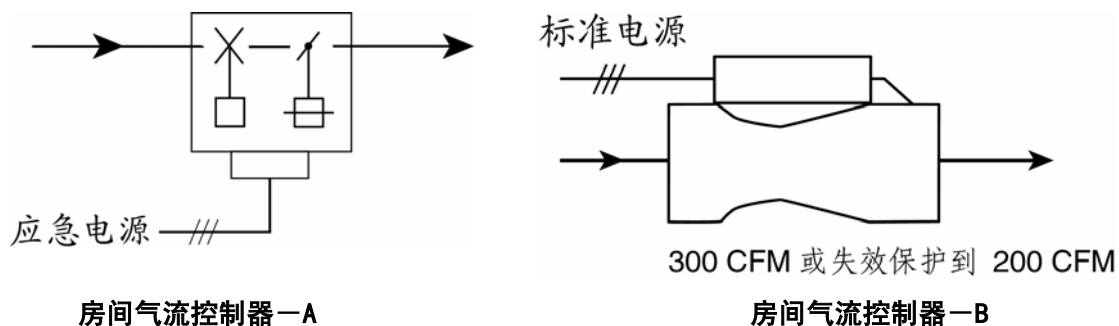
备用和应急电源操作

实验动物房必须昼夜不停保持持续稳定状态，即使是在电力中断或需要维修时。这就需要使用 HVAC 系统关键部件的冗余。系统必须能够维持环境温度，相对湿度及其它影响动物环境稳定性的参数。排风机、送风空调机、锅炉、泵和控制装置都是需要冗余的系统部件，并且这些部件失电时都需要有应急电源。

在电源中断期间流量控制的最好解决方案：安装不需电源就可以保持控制正确的流量控制装置。

图 2—21 失效保护操作

在失电期间房内气流控制操作必须要用应急电源 (A) 或失效保护到一个固定流量 (B)



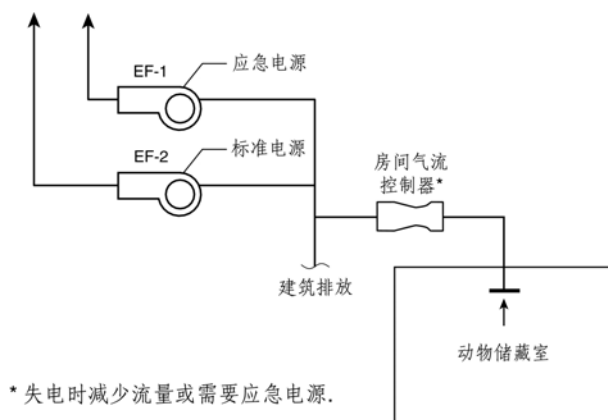


图 2-22 应急操作

系统必须设计成在紧急状况下降低风量运行。一般备用风机部分使用应急电源。控制必须减少流量，或者使用应急电源。送风侧系统也必需与此相似。

NIH 设计策略和指南 (p. D-24) 要求通风系统在失电期间降低流量运行，并且进一步指出带通风的动物笼必须要连到应急电源。被减少的流量分配在理想的状况下使不太重要的区域（储藏室或某些操作室）接受少量或不接受流量，这样那些必需的地区（特别是动物饲养室）就不受影响。在笼架与建筑排风系统相连的应用中，把支架连到建筑系统排风控制装置必需在应急电源方式下可操作。对于这样的应用，Phoenix 控制阀是理想的，因为它不需要电源或者压缩空气就可以维持预先设定的正确的低流量。

Phoenix 控制阀具有内置失效保护的特点

故障时的安全需求	Phoenix 公司产品	流量、压力测量装置
在失电时自动保护到预置的小流量	是	无
额外接线需求	无	有
额外管道敷设需求	无	有

Phoenix 气流控制阀自动平衡、自动失效保护，对所有房间气流控制设备都不需要应急电源。

HVAC 冗余

动物实验室应设计为在 HVAC 系统部分失效时降低标准运行 (ILAR P76)。按照气流设计，送风和排风系统需要在失电情况下启用应急电源。因为整个系统冗余几乎是不可行的，系统设计普遍采用的方法是设计多风机，每个风机承担部分负荷。在失电或不能工作情况下，一台送风和排风系统的风机可通过应急电源来工作提供部分空气流量(如：66%)。

房间级的控制还必须考虑应急电源。房间的气流末端装置一定要使用应急电源维持流量控制和压力无关，或者必须以机械方式失效保护到低设定值。在图 2-12 和 2-13 中，Phoenix 控制双稳态气流阀在失电时自动减少流量—这样可显著地节约应急电源负荷，因为并不需要正常功能下的电量。

第三章 Accel[®] II 型风阀

3

本章完整描述了 Accel[®] II 型风阀。Phoenix 控制公司提供了完整的控制技术和适应性以满足实验室动物环境的需要。

内容：

- 气流控制阀门操作

Accel® II 型风阀

气流控制阀门操作

Phoenix 控制公司的 Accel® II 型文丘里阀门将机械的压力无关的调节器与高速的位置/气流控制器结合起来以满足动物实验室的独特需要。这些阀门可用于变风量、定风量及双稳态应用中。

压力无关

所有的 Phoenix 控制公司的阀门都是根据静压的变化进行调节，保持固定的空气流量。每个阀门都有一个锥体组件，它带有一个内置的不锈钢弹簧。这些定制的弹簧经过了百万次的完全形变测试并据此挑选。如下图所示，锥体组件根据系统压力瞬时调整文丘里管的打开面积，从而气流量瞬时保持在设定值。

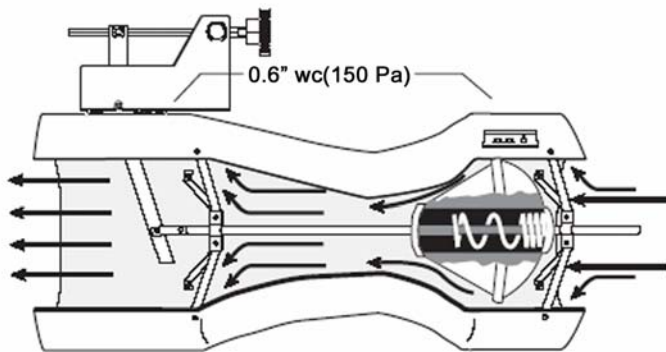


图 3-1：出现低静压时，加在锥体上的力较小，这使锥体内弹簧膨胀，将锥体从文丘里管内拉出。低压力与大的打开面积的组合提供了所需流量。

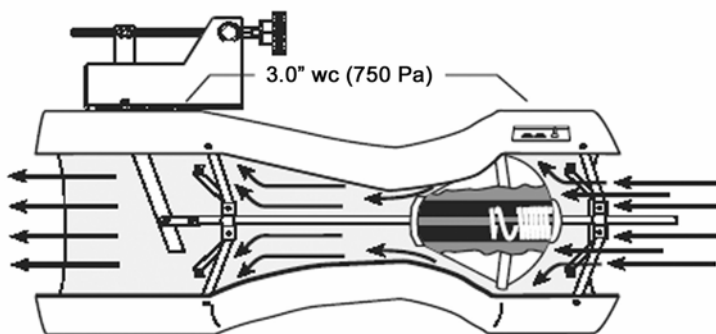
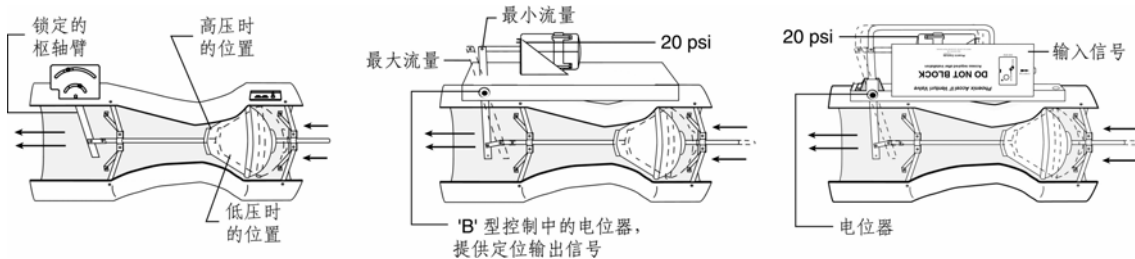


图 3-2：随着加在锥体上的静压力的增加，弹簧压缩并且锥体移入文丘里管，打开面积减小。较高压力与较小开度的结合维持了设定流量。

阀门类型

通过操作内置的压力无关锥体组件，气流可通过定位阀杆/锥体组件得到控制。Accel[®] II 型阀门提供以下种类：



- **定风量：** 阀杆被锁定在一个指定位置，通过出厂标定提供预定的气流量。
- **双稳态：** 开关控制的压缩空气加到阀的执行器上，将阀杆定位在两种不同的气流位置上。通过出厂标定，机械钳位保证了精确的最大、最小气流量。
- **变风量：** 通过流量反馈闭环控制气流量，对控制信号的响应时间<1秒钟。阀杆使用直接的电位器测量定位，该电位器提供了出厂标定的线性化反馈。

阀门构造

各种应用场合要求每个制造的阀门可耐受其独特的环境。Accel[®] II 型阀门有三种构造类型。

- **A 类：** 用于非腐蚀性空气 — 送风、回风和很多全面排风应用。这些阀门提供 3/8” 厚的柔性闭孔聚乙烯保温层（额定 25/50 F/S）。
- **B 类：** 用于腐蚀环境 — 一般的化学通风柜排风。
- 对于特殊涂层的要求请咨询厂家。

文丘里阀的特性参数见第五章，系统各组成部分说明。

第四章 控制应用

4

本章评述了各种控制方法及其优势、劣势和益处。

内容：

- 各种控制方法比较
- 定风量一对控制盒和阀门的比较
- 控制盒和阀门的比较
- 可切换的定风量
- 温度和相对湿度控制下的变风量
- 啮齿类动物房的变风量
- 饲养实验室的监控
- 与建筑管理系统的集成

各种控制方法比较

确定如何对实验动物设施实现最佳控制与很多因素有关，稳定性、适应性、安全性、能耗、安装成本和运行费用都是必须考虑的问题。本节对各种控制应用的优势、弱点进行了探讨，并对 Phoenix 的控制方法的益处作了介绍。

本节中讨论的控制方法有：

- 定风量控制
- 切换定风量控制
- 带温湿度控制的变风量控制
- 啮齿类动物饲养室的变风量控制

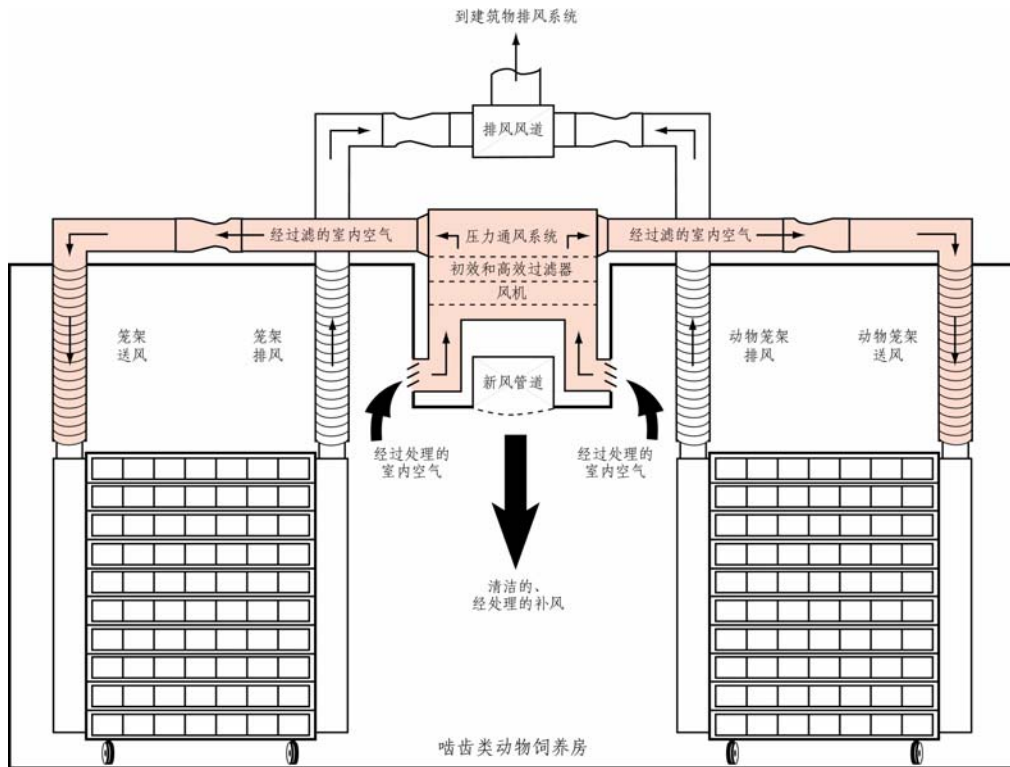


图 4-1 动物实验室控制策略

通风控制系统的目标是使大环境、小环境稳定。这需要清洁的得到调节的空气进入空间，污浊的湿热空气被排出，还要有适当的房间压力。

定风量控制

定风量控制是动物房间最普遍的控制方式。这是因为有持续的高热负荷和设备昼夜连续运行的要求。虽然定风量控制是一个简单直接的方法，大多数设施都出现过定风量控制问题，这是因为设备及建筑的状况是随时间而变化的，这会引起通风系统运行上的差异。即使是很小的变化，如风机皮带磨损，过滤器部分阻塞或流量测量装置上的灰尘都会在建筑内产生重大的流量及压力问题。除非采用高性能的、压力无关的气流控制设备。

普通的定风量控制

普通的定风量控制采用可由人工调整的固定的叶片风阀来设定动物房的补风和一般排风量。它们都是压力相关设备，并且它们不会补偿系统压力的变化。通过设定补风风阀提供预期的房间每小时换气次数，同时全面排风被调整到稍微低（或高）于补风量的流量以造成室内正压（或负压）。温度控制一般可通过再加热调节过的空气来完成。这是一个过时的、不理想的方法，因为压力相关的风阀不能主动控制房间流量。通风系统内的压力波动会使整个系统的流量及气候产生变化，并且不能维持设施内正确的压力。

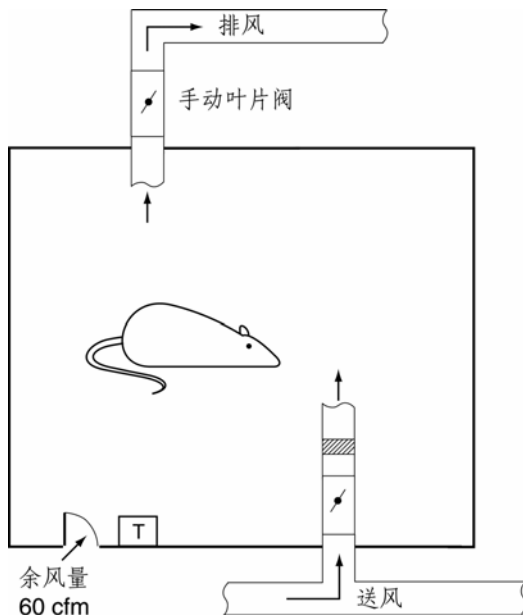


图 4—2a 普通定风量动物房间

这种方法采用不会自动补偿系统压力波动的单叶片风阀。

优点：

1. 设计直接、简单；
2. 控制成本低。

缺点：

1. 因为系统压力相关，所以要牺牲稳定性、安全性及舒适性。变化和波动产生不当的流量和压力问题。系统发生变化或者风机系统性能变差时，在风阀每一个位置上都要重新平衡；
2. 系统必需作频繁的重新平衡；
3. 适应性差。未来的扩展和饲养动物的数量受限；
4. 不带监控或报警；
5. 由于持续的全流量运行能量消耗高。

Phoenix 的定风量房间控制

对于每个房间，压力无关阀门维持固定送风量与排风量。结果，保证了房间余风量恒定。排风设备通过定风量阀门与房间排风相连。温度及相对湿度由建筑管理系统控制。

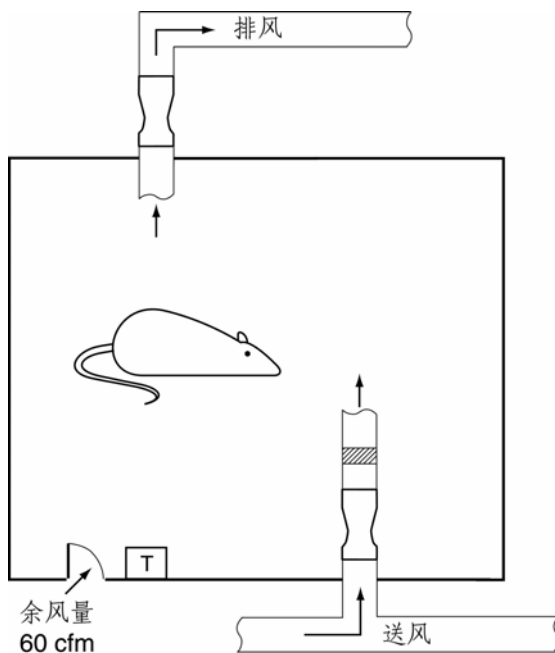


图 4—2b Phoenix 定风量阀门操作

系统静压波动时，每个阀门都可以调整其压力无关锥体组件以保持设定气流

益处：

1. 流量控制准确稳定；
2. 在失电状态下不需昂贵的应急电源维持正确的流量；
3. 不需预防性维护；
4. 不需作重新平衡——系统是压力无关的，并且在系统变化、过滤器阻塞及 HVAC 系统性能变坏时维持稳定的流量。

定风量箱与 Phoenix 定风量阀门的比较

研究动物的价值是巨大的。例如，转基因小鼠群落的基础鼠群价值上万美元，甚至更多。它们的后代可能饲养在有四个或更多通风笼架的小饲养室里，每个笼架可饲养 700 只小鼠。虽然饲养房里的动物总价值可能以百万美元计¹，但是有时通风控制方面的决定只能节省几百美元。通常，这些提前的“节省”成为尝试控制稳定环境的长期负担。

控制动物房间的一种通用的方法是使用与末端控制模块连线的单叶风阀和皮托管、孔板或其它流量或压力测量装置。这就是众所周知的定风量箱或末端箱，可能选用它的原因是它的初投资小。不幸的是，定风量箱缺少其他流量控制设备具有的优点，如不需要重新平衡、重新校准、清洗和应急电源及保证正常运行的直管段。*值得为解决了以上问题的通风控制部件额外投资，特别是当研究费用及未来运行费用计算在系统价值之中时更是如此。*

功能	定风量箱	Phoenix 控制阀门
平衡	要求调整、较为昂贵	出厂设置，省时
重新平衡/重新校准	要求定期进行	不用
定期维护	要求预防性维护	不用
气流中的灰尘和动物体屑	测量装置需清洗	一般情况下不影响
直管道	上下游各需要 2—3 倍管宽的直管	不用上下游直管
自动校零	房间会暂时失控	不作为控制步骤的一部分
调节比（最大：最小）	3 到 3.5：1	大约 20：1
精确度	在量程低段有命令的 15%	5%
应急电源	需要	失电自动保护到正确流量
笼架通风方案	缺少精确性和可重复性	证明准确又可靠
楼宇管理系统数据点	楼宇管理系统控制器与定风量箱集成	点通过房间控制器或网关集成

¹ 转基因或者分离品系基础动物群用于在一段时间内维持品系基因的完整性和稳定性。建立小鼠转基因/分离品系可能是昂贵的，有时需要多次尝试以成功嵌入或者分离想要的基因，有时需要某些交叉和反交叉交配以形成一个稳定的能可靠表达预期基因特征的品系。有些分离品系可能是独特的，以至于一旦形成，他们就不可能再被精确复制，这使得这些动物变得非常珍贵，它们的损失可能会超过十万美元。

降低风量的定风量控制 — 应急电源控制的低成本选择方案

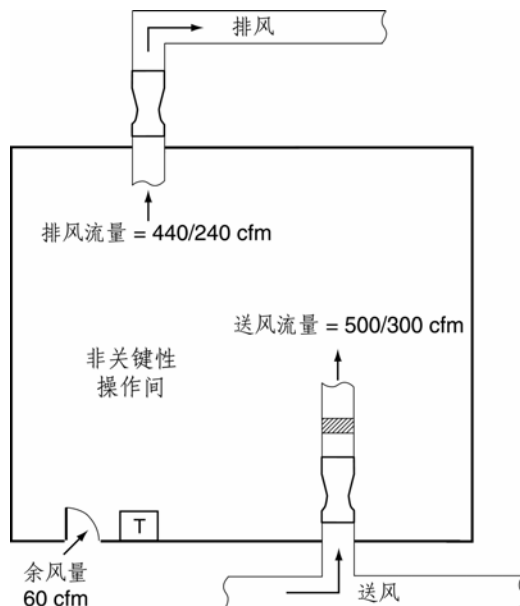


图 4—2c Phoenix 降低风量的定风量控制

Phoenix 的 PEV 及 PSV 型阀门在失电期间自动将流量调整到预置的正确数值。不需要昂贵的应急电源。非关键性房间（储藏室、办公室、某些操作间）减少风量运行，而饲养室及其它关键房间维持不变风量运行。

益处：

1. Phoenix 阀门不需要昂贵的应急电源；
2. 自动失效保护，降低气流运行；
3. 维持适当的房间压力；
4. 自动补偿风道中压力的波动。

正常模式： 空气处理机（AHU），排风机和房间的空气阀门在设计的全风量下定风量运行。

应急电源模式： AHU 和排风机在应急电源下运行以维持降低后的流量。双稳态的 Phoenix 控制阀门（型号 PEV，PSV）用来提供自动失效保护流量控制。

Phoenix 控制优点： 不需要应急电源连接就可自动改变到减小的流量位置并可精确地维持降低后的流量。

定风量箱的缺点： 每个箱子都需要昂贵的应急电源以保证在电源失效时功能正常。

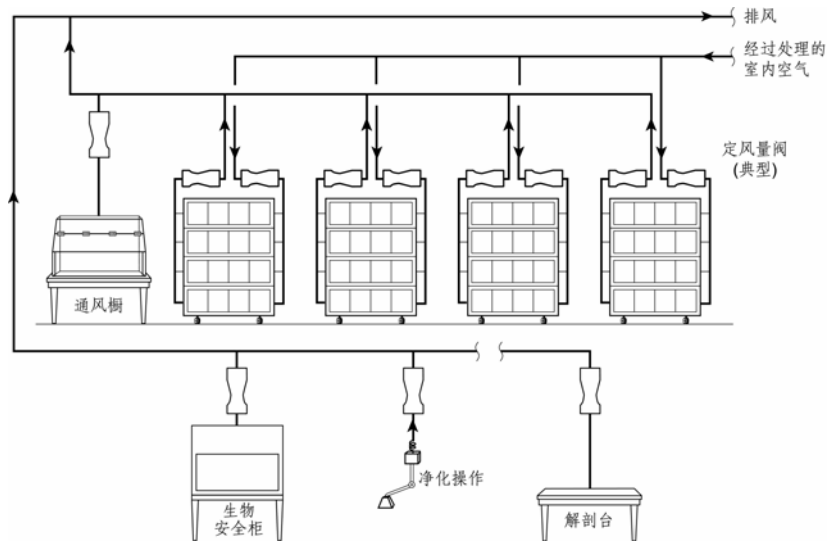


图 4-2d 增加定风量设备的需要

定风量阀门维持精确的流量, 每个设备不再需要未来的重新平衡

切换定风量控制

房间控制

饲养室可通过房间监控器切换送风（或排风）流量使房间在正负压力间切换。内部走廊通过调整排风量（或送风量）补偿余风量变化。操作间维持负压。气闸间维持正压。

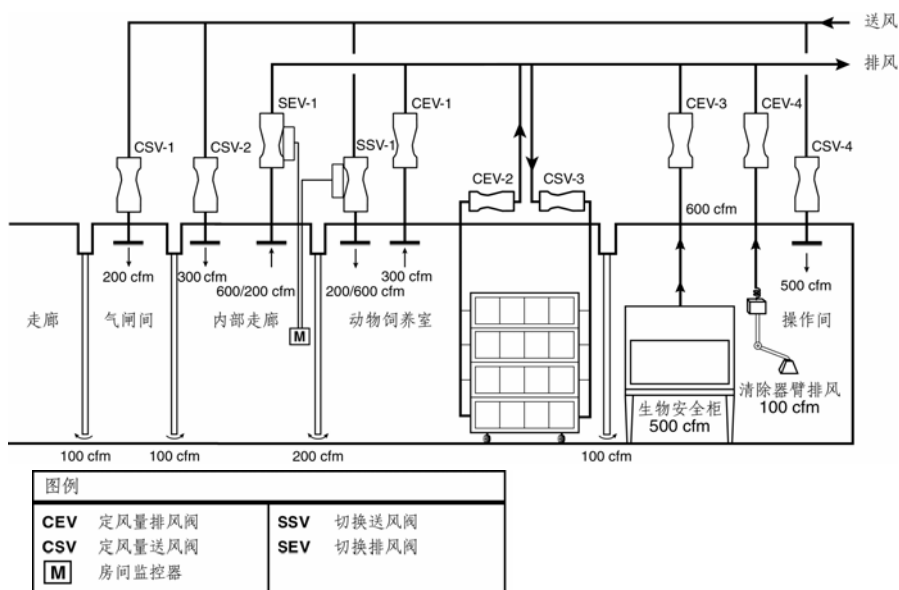


图 4-3 Phoenix 可切换压力的空气阀操作

系统静压波动时，每个阀门调整其压力无关锥体组件以维持设定的气流量。定风量阀维持一个设定流量，而切换阀门作为双稳态控制器操作。

益处：

1. Phoenix 阀门的重复性同时顾及可靠流量及余风量控制；
2. 压力控制稳定；
3. 简单、直接及方便的解决方案；
4. 无需预防性维护。

用于可切换压力：

1. 饲养室可逆，可处理突发事件；
2. 房间转换用于检疫；
3. 动物物种的变化（由无特定病原体菌啮齿动物换成非人灵长类动物，需要房间由正压转变为负压）。

带温湿度控制的变风量控制

房间控制

温度和湿度传感器给楼宇管理系统控制器提供反馈信号进行模拟量集成，或为 Phoenix Controls 公司的控制器提供反馈信号用于数字集成，这两种形式将在本章后面加以描述。通过调节送风量、再加热阀门、加湿器和其它调整设备使房间保持设定温度和相对湿度设定点。房间压力也得到维持。

正如第二章中讨论的，许多实验动物空间是变负荷的，例如：改变动物数量、操作间的使用/闲置、动物笼清洗操作周期。这些空间都需要正确的压力、通风、温湿度控制。Phoenix Control Accel II 阀为这些应用提供了高级的控制。

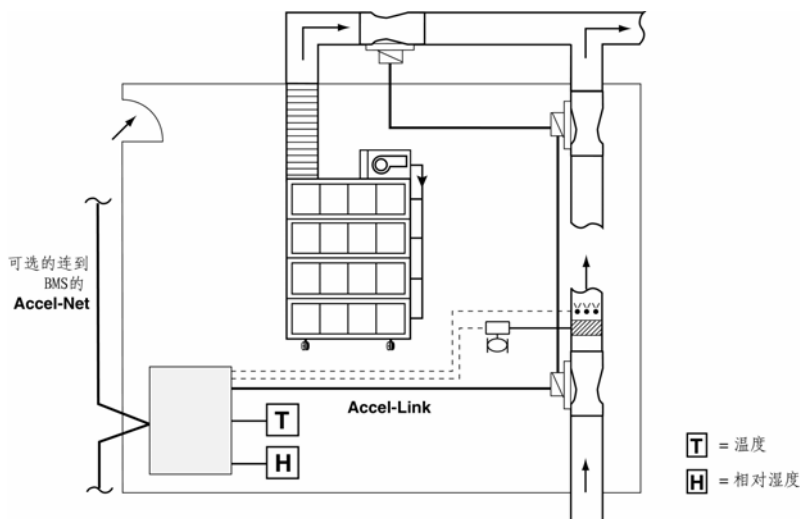


图 4-4 变风量阀操作
对于系统中的压力波动，
压力无关的阀门锥体组
件自动调节，在整个指令
范围内保持正确的流量。
热或通风需求指令送风
阀控制需要的送风量，而
房间全面排风阀调节维
持房间压力

益处：

1. 高级流量控制，调节快速、稳定；
2. 流量变化范围大，可调比可达 20 : 1；
3. 大的流量变化范围内维持房间压力稳定；
4. 不需重新平衡。压力无关的系统在系统变化、过滤器阻塞、HVAC 性能变坏时维持稳定的流量；
5. 不用预防性维护；
6. 低噪声。

啮齿类动物饲养室的变风量控制

房间控制

房间空气换气次数可以采用这种风量控制方式降低，因为房间内的热负荷、气味和其它气体排放物被排出了房间而不是返回到房间。这种方法更加灵活并且节能。

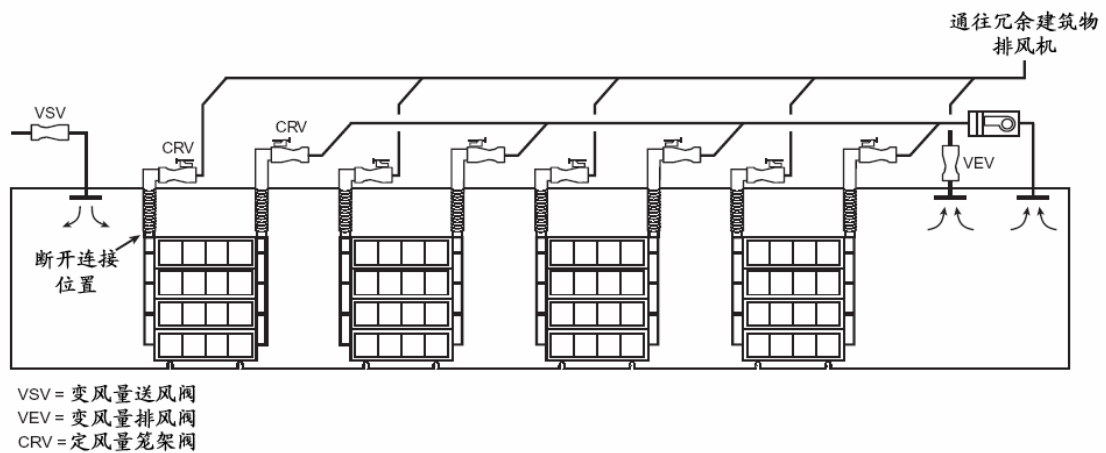


图 4-5 啮齿类动物饲养室的变风量控制——空气阀操作

温度或通风需求命令送风阀调整到需要的流量，房间全面排风阀自动调整以维持房间压力。通风笼架风量维持恒定。

益处：

1. Phoenix 阀门维持大、小环境的稳定，同时将房间空气换气次数尽可能减少到最低；
2. 通过快速、稳定的调节获得优良的流量控制；
3. 流量变化范围非常大，可调比可达 20 : 1；
4. 大的流量变化范围内维持房间压力稳定；
5. 不需重新平衡。压力无关的系统在系统变化、过滤器阻塞、HVAC 性能变坏时维持稳定的流量；
6. 无需预防性维护；
7. 低噪声。

动物设施的监控

监控要求

“对 HVAC 系统进行正规的监控是十分重要的，并且最好是作用到单独房间”（ILAR，第 75 页）

国际实验动物管理评估与鉴定委员会的认可一般需要如下记录：

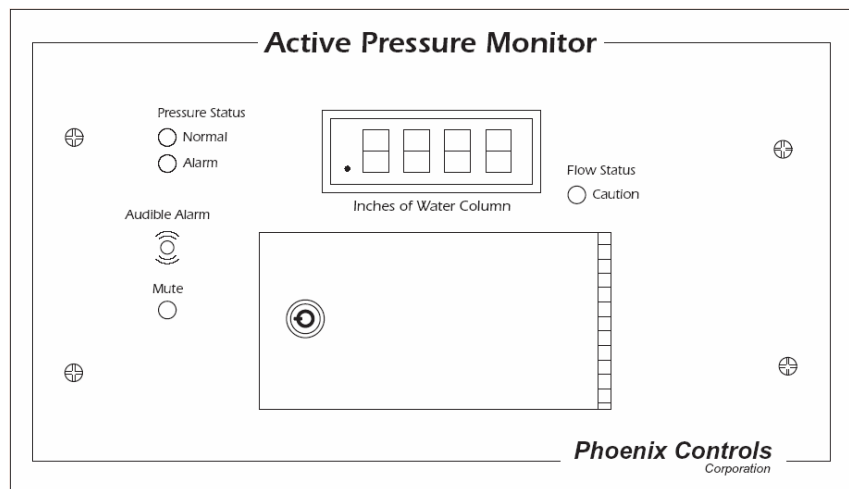
1. 房间温度；
2. 房间相对湿度；
3. 房间压力；
4. 送风系统的流量；
5. 排风系统的流量。

较少情况下，房间空气换气次数也要被监控。通常对这些参数还要进行实时记录储存，尤其当联邦法规需要或是设施要得到国际实验动物管理评估与鉴定委员会的认可时¹。规划状况评估（PSE）是规划评定时的一个文件。

在获得国际实验动物管理评估与鉴定委员会认可时，HVAC 系统作为最终打孔列表项目是普遍的。这归因于系统在评价时要经过严格测试，这些评价要证明系统有能力维持所要求的支持可能为期几年的研究的稳定性。

动物实验室监控系统

采用建筑物管理系统监控动物实验室还没有被广泛接受，因为监控与控制常常在远程进行，也许在园区的中心，远离动物设施。这并未考虑动物设施工作人员常常需要获得希望具有的灵活性、



¹国际实验动物管理评估与鉴定委员会(AAALAC)的鉴定要求的气流监控可以有多种方法。例如：风道流量测量站、气流控制阀门反馈信号、周期气流柜数据都可满足 AAALAC 的要求。

控制和把握。这种状况已经为环境监控系统进入动物实验室领域打开了大门。

监测和控制系统的集成

数据采集及报告可通过以下几种方法完成：

1. 专门的动物实验室环境监控系统。

例如：Edstrom Industries, Rees Scientific.

这些系统是 BMS 之外的系统，它们为动物设施工作人员提供他们自己的监测系统，该系统将数据报告给工作人员而不是通过 BMS 系统前端。

2. 建筑物管理系统 (BMS)：

例如：Andover Controls, Automated Logic, Honeywell, Johnson controls, Siebe, Siemens.

Phoenix 公司在监视和控制的数字集成方面与上述所有 BMS 公司建立了合作伙伴关系。同时提供同上面列举的公司集成的模拟集成接口。

监视传感器/设备

温度：一般设置在风道上并/或设置在房间的墙上。

湿度：通常设置在房间排风道上并/或设置在房间内。

照明：根据需要确定位置。

气流：风道安装或采用可靠的气流阀流量反馈信号。

压力：压力监控设备提供报警和显示实际压差。这些设备也可能包括切换房间正负压力的功能。

监视这些参数可以对 HVAC 和照明系统进行正确的报警和控制。

与建筑管理系统（BMS）集成

集成的实验动物设施气流控制系统为我们提供了所有独立应用系统所能提供的优点：增强的稳定性、最大的安全性、减小初投资、减少运行费用以及高可靠性和高适应性。这些优点仍然是我们提供的技术的基础，同时，环境控制与建筑物管理系统的集成使得我们易于集中监控动物实验室状态，获得运行数据。系统集成通过提供以下功能，并增强了系统的主要优点：

- 综合的远程监控和诊断
- 监测温度、相对湿度、照明和压力的能力
- 提供监测运行趋势数据的功能
- 易于识别潜在的运行问题
- 能够生成报表如：报警监测、安全分析、能源使用情况等

Phoenix 控制公司提供使用其模拟型系列产品或数字型系列产品进行系统集成。

使用模拟型产品集成

Phoenix 控制公司可将其产品与所有的能够监控 0~10Vdc 信号的大楼管理系统或环境监控系统集成。

典型的监控点包括：

- 房间送风量
- 房间余风量
- 全面排风量

此外，我们的控制器能够接受以下两种形式中的任一种热补偿信号：

1. 电信号（0—10 VDC）可直接来自电子温控器或 DDC 模拟输出。
2. 气动信号或电动信号，通常来自电子温控器。

同 Phoenix 控制公司的模拟产品集成方法是点到点的集成。它是通过对一个或多个补风控制器（MAC 系列）提供的模拟信号的采样完成。每个 BMS 监控点需要一个模拟输入点。所有 BMS 厂家都可采用这种形式集成。

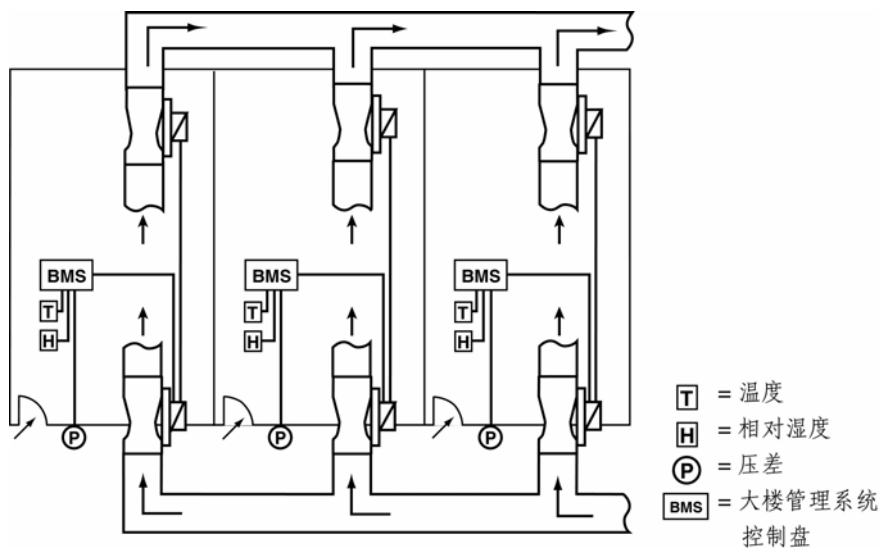


图 4-6 点到点集成
在 BMS 面板和送风阀
间每个点都要连线。
图中显示的是 VAV 或
双稳态追踪对应用。

使用数字型产品集成

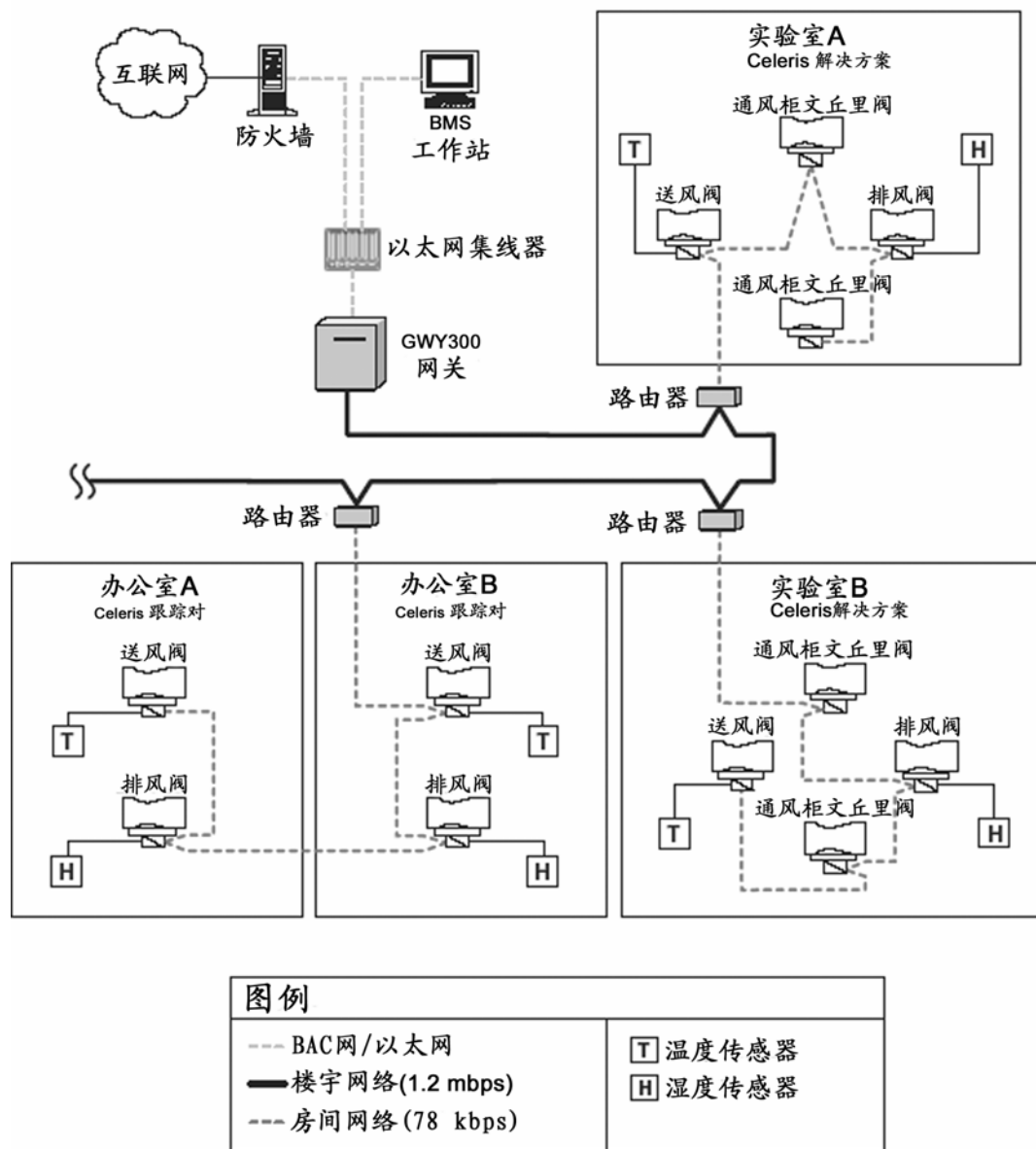


图 4-7 Celeris 系统

空间照明、温度、湿度控制，以及房间压力报警监控

Celeris™ 是 Phoenix 控制公司提供的第二代数字控制系统。Celeris™ 将高性能的 Accel II 文丘里阀门和灵活的多功能控制平台结合在一起构成了一个完整的环境控制系统。如同其模拟产品，Celeris 实现了实验室气流控制的核心目标：

- 通风柜的气流封锁

- 房间压力
- 通风和温度控制

此外, Celeris™ 系统还提供湿度控制、占用控制和应急控制等功能, 同时提供用于房间检测和控制的房间级的 I/O 辅助设备。

网络平台提供就地和远程访问系统的方法、调试、测点监控、大楼管理系统 (BMS) 集成、设备或系统升级。其它特点包括:

- 基于 PC 的调试系统
- 就地或远程数据库建立
- 可以进行就地和远程诊断
- 直接将所有房间级的设备同 BAS 的集成功能

注意: 每一个 BAS 的供应商要进行该集成在其产品终端需要独特的软件和硬件才能实现。Phoenix 控制公司承担同 BAS 的供应商共同为业主开发必要接口以完成系统集成的任务。请向 Phoenix 控制公司咨询最新的系统集成解决方案。

Celeris™ 与 BACnet 的集成于 1998 年开发成功并一直作为同 BAS 的供应商集成的首选方法。互用性是一直在进行中, 并且我们一直在为大多数集成伙伴提供精制的接口。目前的集成伙伴包括:

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| • Alerton | • Honeywell |
| • American Aotomatrix | • Invensys |
| • Andover Controls | • Johnson Controls |
| • Automated Logic | • Siemems |
| • Carrier | • Trane |
| • Delta | • Tridium |

非常重要的一点是尽管 Celeris™ 控制系统是兼容集成系统, 但它可以独立作为一种控制解决方案。所有控制、保险装置和报警策略可以设置到房间级。所有控制、系统状态和报警数据可以方便传输到 BAS, 许多设定点可以方便地在 BAS 工作站上进行设定。

可以进行集成的点包括:

- 单个阀门的气流和设定点
- 阀门流量设定点
- 总送风带
- 总排风带
- 余风量和设定点
- 占用最小通风量
- 占用模式和状态
- 多达 5 个温度传感器与平均空间温度
- 4 种应急模式与状态
- 加热和制冷设定点（每种 3 个）
- 温度控制输出和状态
- 相对湿度设定点
- 通风柜面风速和设定点
- 通风柜用户状态
- 24 个阀门与诊断报警
- 用户定义的输入

Celeris 系统通过网关完成系统集成。网关完成从房间级设备收集数据，建立 BACnet 设备的虚拟网络，转换 Celeris 设备和点作为 BACnet 对象。网关实际为一个工业 PC，在其上装有所有集成点的数据库，运行着 BACnet 驱动，运行着多个配置和诊断工具。有关细节参阅下一页的“Celeris 环境控制系统概述”部分。

Celeris 环境控制系统概述

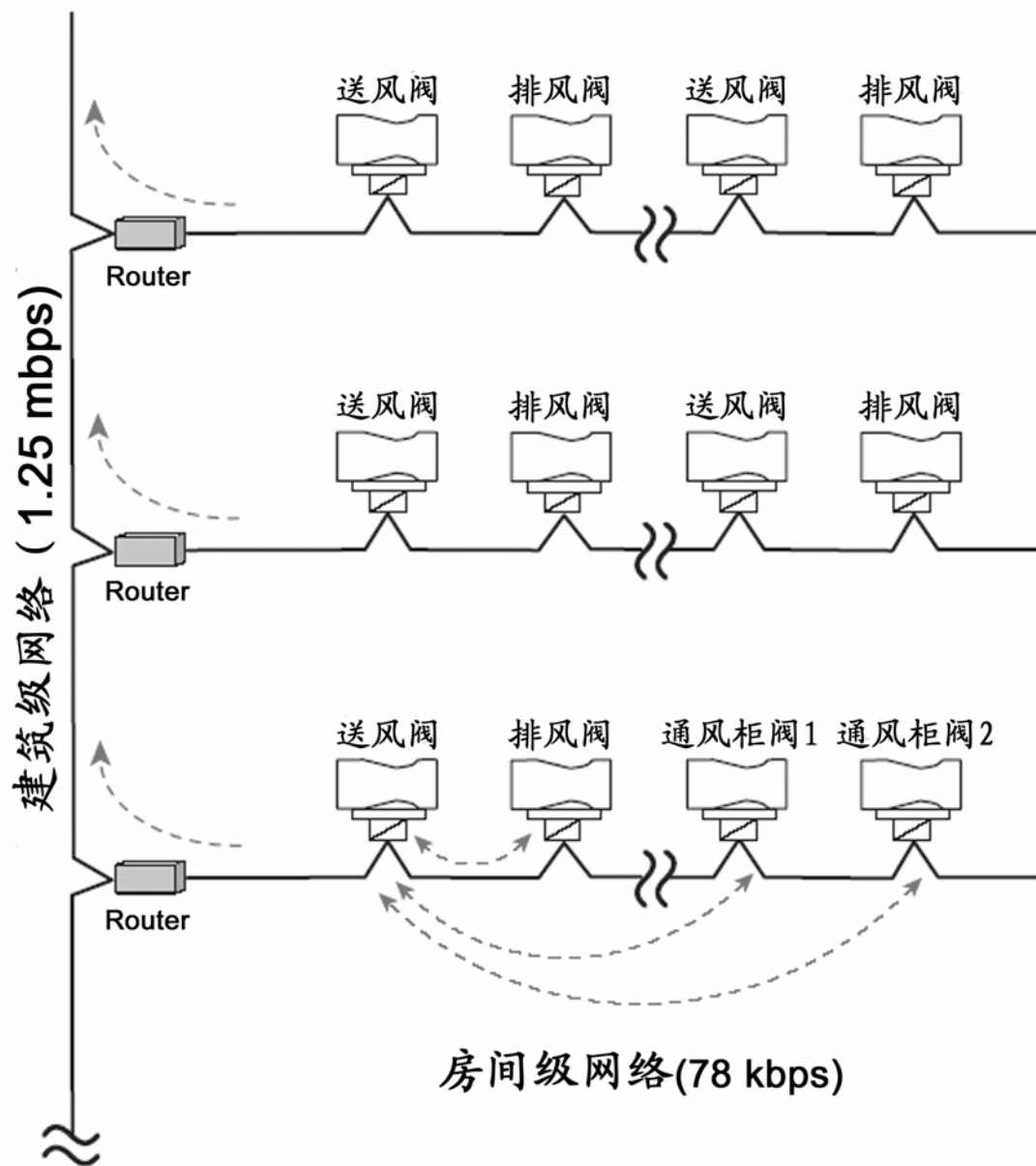


图 4-8 房间级和建筑级网络

Celeris 系统采用 LonWorks 技术建立了一种对等的控制系统。控制规划依靠基于 LonWorks 的智能阀门控制器 (LVC) 实现，阀门控制器同时被配置来完成特定的控制功能。Celeris 系统提供灵活的多功能控制平台来在房间级基础上完成房间的复

杂控制策略。Celeris 系统在房间级的网络基础上实现控制目标。建筑级的网络能够使房间级的网络连接在一起集成和进行数据集中采集。

- 房间级控制网络—在房间级，多台 LVC 共享数据，使用 LonTalk 协议，构造房间级控制网络。房间级控制网络可以定义一个压力区。流量、温度、湿度和报警数据可以在一个压力区中的 LVC 间共享，并且完成房间级控制的各种功能。房间级网络使用 FFT-10，78kbps 的通信发送器。
- 建筑级的网络—建筑级的网络将多台 LVC 在一个通信主干网上进行连接以便于访问和集成。多个房间级的控制网络可以连接在一起构成建筑级的网络。LonTalk 协议使得所有在 LonTalk 网络上的设备可以从网络上其它节点发送接收数据。在 Celeris 系统中，路由器用来隔离从一个房间级网络到另一个房间级网络的流量。路由器还用来提升房间级网络速度 78Kbps 到建筑级网络的 1.25Mbps。

LVC 同现场设备，如传感器，再加热器，加湿器和通风柜可以直接连接，数据通过简单的双绞线网络传输到控制设置单元。所有阀门控制器和网络设备采用 24VAC 供电。

企业级集成

Celeris 系统提供了简单有效的集成手段。LonTalk 协议是一个非常优秀的用于分布式控制功能的对等协议，BACnet 则是一个更为广泛接受的 BAS 集成协议。Celeris 系统使用工业 PC（GWY300）从所有房间级设备上采集数据然后将它们转发给 BAS 进行读写访问。GWY300 在建立共同使用网络方面提供多项主要功能；它是一个集成工具，一个网络操作工具和一个配置工具。网关是建立 BACnet 设备、对象和服务虚拟网络的集成工具。

- 网关在 BACnet 网络上起到服务器功能，允许任何 BACnet 客户端请求数据/或设置设定点。
- 将集成点从 LonTalk 数据转换成 BACnet 对象。
- 数据存储网关的缓存中，数据将连续被房间级设备更新以备 BAS 取回，典型的更新速率为 300~400 点/秒。
- 网关将从 BAS 来的 BACnet 指令转换成 LonTalk 信息，发送它们到相应的 LVC 并且响应每一条成功指令。
- 网关处理由房间级设备产生的报警数据保证 BAS 能够收到每一个报警数据，典型报警处理时间小于 2 秒。

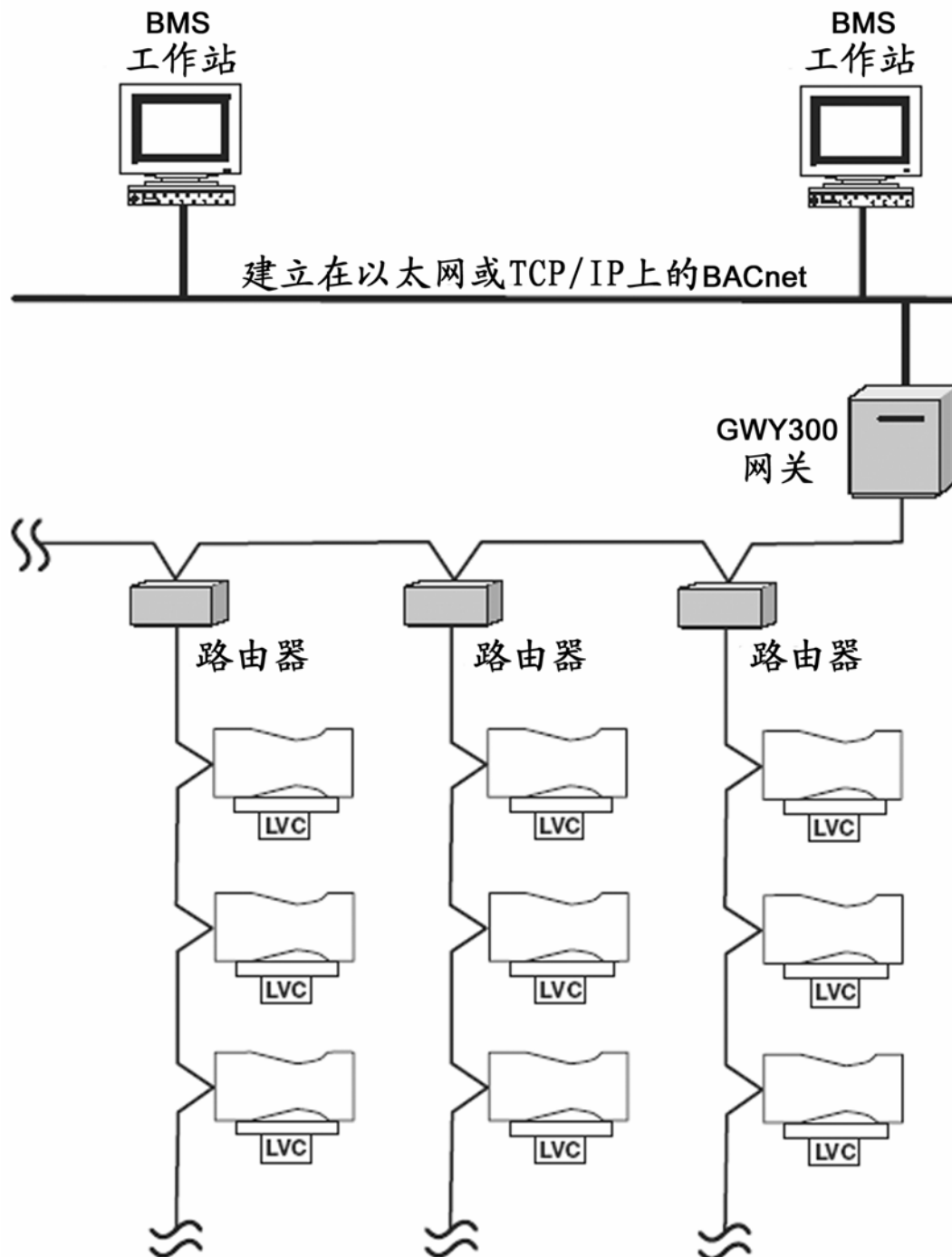


图 4-9 Celeris 系统和楼宇自动化系统集成的一个例子

网关作为网络管理工具：

- 网关可以直接连接到建筑的 LAN 网络并且可以采用以太网或 TCP/IP 以 10/100mbps 速度同其它 BACnet 设备通信。
- 网关作为 BACnet 客户端的服务器。
- 可以采用所有 Microsoft 网络配置和服务工具。
- 网关从 BAS “路由” 信息到相应的 LVC。
- 网关在 BAS 和 Celeris 网络之间还作为信息过滤来防止企业级网络通信被房间级通信干扰。

网关作为配置工具：

- 配置、诊断和远程访问工具都被储存在网关中用作调试和故障诊断目的。
- 网关上装有 Celeris 数据库，包括所有设定点和配置特性。
- 集成点的“映射”文件是由网关建立和存储的。
- 房间级设备和点自动映射到网关用作配置和/或集成。

Celeris 的应用

控制功能

Celeris 系统建立在一个或多个用作房间级压力和舒适控制的智能阀门控制器周围。房间级网络基本定义为压力控制区。在每一个压力控制区内，每一个 LVC 被配置为进行特定的阀门控制功能并且还可能实施多种房间级控制功能。

阀门控制功能包括：

- | | |
|-----------------|-------------|
| ● 标准通风柜； | ● 送风； |
| ● 通风柜与全面排风反向控制； | ● 全面排风 |
| ● 通风柜与补风阀的追踪控制； | ● 旁通； |
| ● 回风； | ● 独立的送风或排风。 |

支持的房间级控制功能包括：

- | | |
|----------|------------------|
| ● 温度控制 | ● 就地报警 |
| ● 湿度控制 | ● 通风柜控制 |
| ● 占用控制 | ● 区域平衡 |
| ● 应急模式控制 | ● 多重定制的 PID 控制回路 |

应用的分类

阀门的应用可以分为：

- 实验室应用—需要对两态和变风量控制的通风柜进行补风控制的场合。
- 追踪对应用—当通风柜不需要补风并且通风的改变是由温度和使用需要控制确定的。

实验室应用

实验室应用中通风率主要按通风柜需求改变。通风柜阀门还有补风阀和/或全面排风阀必须能够在一秒之内响应通风柜调节门位置改变，以保证正确的通风柜防护和稳定的房间余风量。在这些应用场合，需要采用高速的执行器和高速的区域平衡算法。因为要求通信带宽保证在一个实验室内以一秒的速度响应所有阀门的动作，因此在一个区域内最多可以使用 20 个 LVC。20 个节点可以分配如下：

- 最多达 10 个通风柜时，每一个可以有多达 2 个辅助阀；
- 多达 4 个补风阀时，每一个可以有多达 4 个辅助阀；
- 一个全面排风阀时，可以有多达 8 个辅助阀。

每个区域可以有：

- 每个实验室空间可以有多达 4 个独立的温度控制区。
 - 2 个主要的和 1 个辅助的温度控制回路；
 - 多个传感器温度平均值将空间作为一个区域进行控制；
 - 双风道温度控制；
 - 多达 100 种的温度控制策略可供选用。
- 2 套或更多套的追踪对可以用于在实验室内的或实验室周围的办公室和其它相关空间。
- 内置的加湿和除湿控制回路。
- 占用、非占用或备用控制指定。
- 4 种应急控制模式。
- 内置多种报警，对应总的排风量的多个报警设定点。
- 提醒操作者注意的就地报警控制功能。

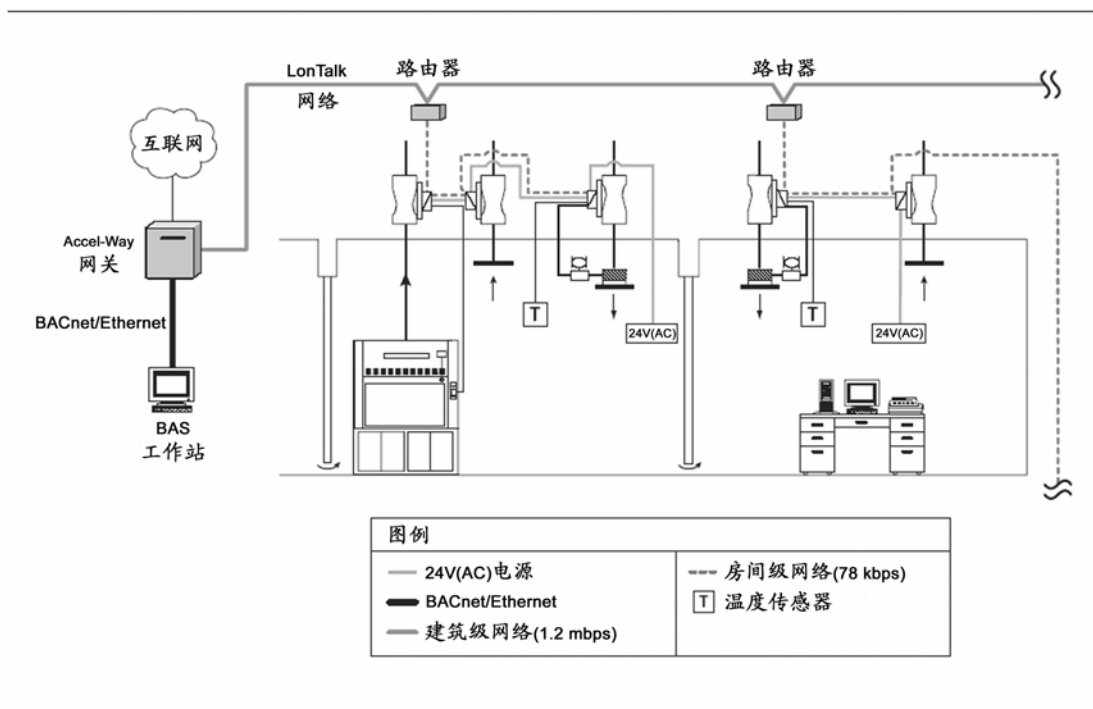


图 4—10 Celeris 环境控制系统的实验室应用

追踪对应用

在追踪对应用中通风率的改变仅由温度或占用控制需要来确定。在这些设施中，对执行器的响应速度要求不是很严格。控制主要是保证余风量。在追踪对应用中压力区域被规定为由 2 个、3 个或 4 个 LVC 来完成余风量和舒适性控制。多达 32 个追踪对应用的 LVC 可以被组合在一个 78kbps 的子网络中，以减少系统所需路由器个数。

- 正如实验室应用一样，每一个压力控制区可以有：
 - 每个空间可以有 1 个独立的温度控制区域；
 - 2 个主要的和 1 个辅助的温度控制回路；
 - 多个传感器温度平均值将空间作为一个区域进行控制；
 - 双风道温度控制；
 - 多达 100 种的温度控制策略可供选用；
- 内置的加湿和除湿控制回路。

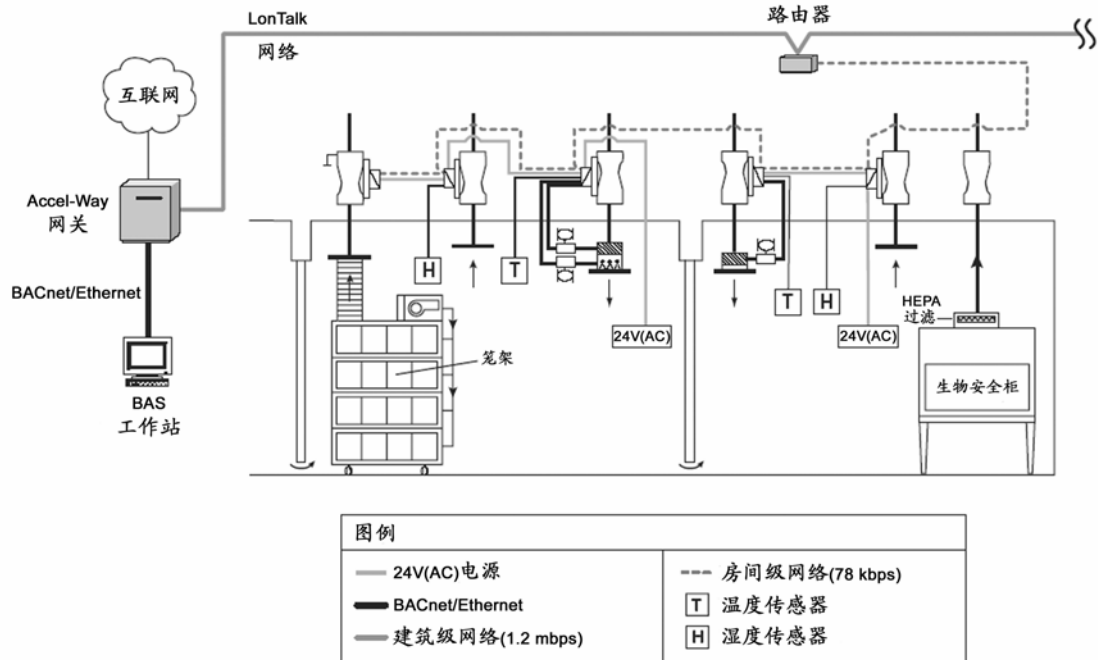


图 4-11 Celeris 环境控制系统的（tracking pair）双跟踪应用

- 占用、非占用或备用控制指定。
- 4 种应急控制模式。
- 内置多种报警，对应总的排风量的多个报警设定点。
- 提醒操作者注意的就地报警控制功能。

执行

LVC 被设计来使用任何一种三种不同的阀门执行器来控制阀门阀位。对于不需要两态或 VAV 补风的压力区域控制通风柜，可以使用低速的电动执行器。在对需要补风控制的通风柜或需要小于 1 秒的响应速度的应用场合，可以选用气动或高速电动阀门。希望的执行器必须在定货时明确说明。下面给出了三种类型执行器的选择码。

控制类型：

- 低速（60 秒）电动执行器
- 高速（1 秒）电动执行器
- 高速（1 秒）气动执行器

电动执行器需要 24V (AC) 电源。气动执行器需要 20psi 的压缩空气驱动。对高速执行器可以规定常开或常闭作为其失效保护状态。低速执行器则提供故障情况下返回到上次动作位置的功能。

适应性

Celeris 系统的设计可以最大限度地适应广泛的控制策略。例如，温度控制功能可以被配置实现多达 100 种不同的温度控制策略。毫不夸张的讲有多达千种可能的控制策略配置。

每一个 LVC 有：

- 3 路通用输入—可以配置为 10~10Vdc、4~20mA、0~65k 欧姆或一个温度传感器。
- 1 路数字量输入—可以配置为干触点输入或逻辑电平输入。
- 2 路模拟量输出—可以配置为 0~10Vdc 或 4~20mA。
- 1 路数字量输出—可以配置为 SPDT 继电器可以用作报警输出或两态设备的控制。

LVC 上的输入/输出 (I/O) 可以用于进行房间级的传感器和控制设备是同房间级控制功能相对应的。另外从非网络设备来的输入可以连接到任何 LVC 的输入完成控制或监测的目标。

例 #1： 非网络气流设备可以将气流连接到任何 LVC 的输入，气流输入可以被引入区域平衡方程。

例 #2： 具有报警触点的房间级设备可以连接到任何 LVC 的输入，该报警状态将通过 Celeris 网络传输给 BAS。

系统提供了完成环境控制的适应性平台。采用灵活的 I/O，可配置的多种控制策略，可大可小的控制规模，可选择的经济型或高性能执行器和方便下载的软件，Celeris 系统满足了现在实验室、动物饲养室和洁净室等关键性区域控制的所有需要。

第五章 系统各组成部分说明

5

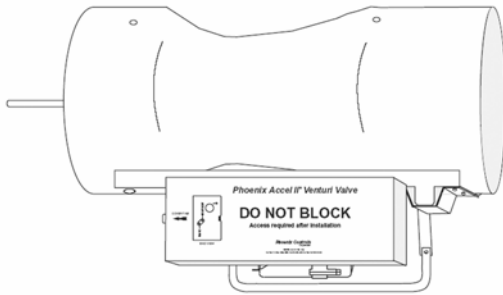
本章描述了 Phoenix 控制公司实验室产品系列。这些产品被设计用来提供可靠、有效的控制。

内容：

- Accel[®] II 型阀门
- 笼架阀门
- Accel-Way 网关
- 电源
- 压力监控器
- 温度、相对湿度及空气品质传感器



Accel®II 型阀（模拟）



Phoenix 控制公司的 Accel®II 型文丘里阀将机械的、压力无关的调节器与高速定位/气流控制器结合在一起满足气流控制的独特需求。这些阀门可用于定风量控制、双稳态控制或变风量控制应用中—所有设计都在减小有关的噪声的同时最大限度地发挥流量性能。用于 VAV 应用的阀门可以是气动的也可以是电动的。

- **压力无关操作：**所有类型的阀门都包括一个立即响应的机械组件用来在风道静压变化时将气流量保持在设定值上。
- **气流量控制：**通过定位气流速率控制器组件，气流量可得到精确控制。

Accel®II 型阀有以下几种类型：

- **定风量**（CVV 系列）用于在静压变化的情况下将气流量保持在设定值
- **双稳态**（PEV/PSV 系列）用于高/低流量控制（只有气动类型）
- **本机可升级**（BEV/BSV 系列）用于高、低流量控制，带反馈选件并可升级至变风量控制阀（只有气动类型）
- **变风量**（EXV/MAV 系列）带变风量闭环反馈控制（气动或电动）

特 性

结构：

- 阀体由焊缝连续的 16# 的离心浇筑铝制造
- 阀体采用不镀膜铝或者带抗耐腐蚀烘干酚醛涂层。
- 复合材料的 Teflon® 轴承。
- 采用弹簧级的不锈钢弹簧和抗腐蚀的滑块组件。

- 送风阀覆盖了 3/8”（9.5mm）的柔性闭孔聚乙烯。额定的火焰和烟雾值分别为 25 和 50。密度为 2.0 磅/英尺³（32kg/m³）。

操作环境：

- 环境温度：0~50℃
- 相对湿度：10~90% 无冷凝

噪声：

- 低功率级噪声设计符合或高于 ASHARE（美国热工、制冷与空调协会）标准。

实验动物房技术手册

性能:

- ◆ 阀上压降在 0.6" -3.0" wc (150-750Pa) 时压力无关。
- ◆ 流量控制精度±5%气流控制信号
- ◆ 在阀前、阀后不需要直管道。
- ◆ 控制流量范围 35 - 6000cfm (60 - 10000m³/hr)。
- ◆ 对命令信号变化的响应时间: <1 秒
- ◆ 对风道静压变化的响应时间: <1 秒

变风量控制器:

控制器电源:

- ◆ ±15VDC@0.145A
- ◆ 0-10VDC 的命令信号。
- ◆ 0-10VDC 的流量反馈信号。
- ◆ 0-10VDC 的报警信号。

*不适用于 CVV 系列。

Teflon 由 DuPont 公司注册商标

气动执行器:

- ◆ 适用于 PEV, PSV, BEV/BSV 和 EXV/MAV-N(气动控制类型)
- ◆ 20psi (-0/+2psi) 压缩空气带 20 微米的过滤器 (CVV 除外)。
- ◆ Accel® II 型系列阀门是不连续空气消耗设备, 压缩机规格采用:
- ◆ 单阀和双阀: 10scim (每分钟标准立方英寸数)
- ◆ 三阀和四阀: 20scim (每分钟标准立方英寸数)

电动执行器

- ◆ 24VAC (±15%) @60Hz
- ◆ 单阀和双阀: 48VA
- ◆ 三阀和四阀: 96VA

特点/选择	定风量 (CVV)	双稳态 (PEV/PSV)	可升级 (BEV/BSV)	变风量 (EXV/MAV)
控制类型	C (定风量)	P (气动)	B (本机可升级)	A 或 D (模拟或数字)
流量反馈信号	—	—	选件	•
破损安全 (常闭或常开)	固定	•	•	•
出厂包覆阀体 (送风)	—	•	•	•
现场可调整流量	•	•	•	•
通过反馈电路流量报警	—	—	—	•
通过压力开关流量报警	选件	选件	选件	选件
低噪声扩散器结构 ↑	•	•	•	•

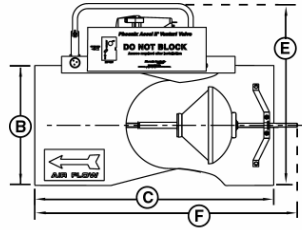
所有阀门包括压力无关控制器, 出厂标定的定位控制器, 提供流量范围 35-6000 cfm (60-10000m³/hr)

↑ Accel II 型阀门设计在所有频率上减小噪声, 但是在较低频段上 (125-500Hz) 的显著的效果有助于消除对消音器的需要。

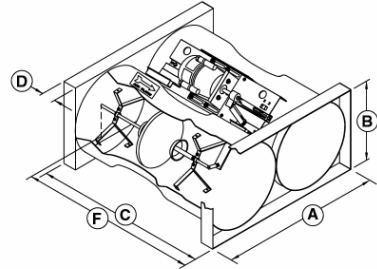
阀规格，尺寸和操作范围

Accel II 模拟阀门提供三种型号规格：8”，10”和12”。（对实际尺寸，可以参照下表）为了增加流通能力，多个单阀可以组合成一个单元使用。

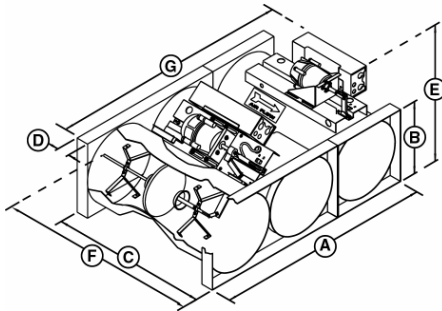
单阀 (表示的是排风阀)



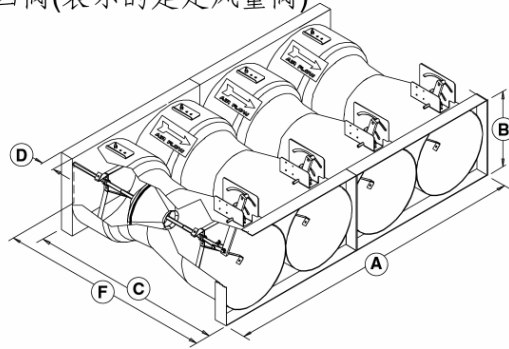
双阀 (表示的是气动送风阀)



三阀 (表示的是补偿空气阀)



四阀 (表示的是定风量阀)



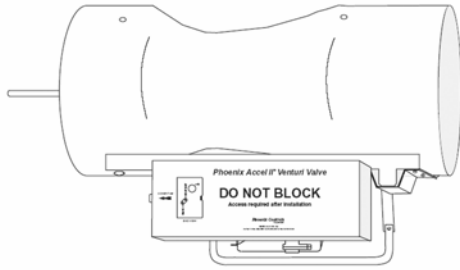
阀门尺寸									(常开) (常闭)							
	A ↑	B ↑	C	D	E	E	F	G	A ↑	B ↑	C	D	E	E	F	G
	英寸	英寸	英寸	英寸	英寸	英寸	英寸	英寸	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
8	—	7.88	23.50	—	14.00	13.00	28.00	10.13	—	200	597	—	356	330	711	260
10	—	9.88	21.75	—	16.50	15.00	26.00	11.00	—	251	552	—	420	381	660	279
12	—	11.88	26.81	—	18.50	17.00	32.50	12.13	—	302	681	—	470	432	826	308
2-10	20.13	10.13	24.75	1.50	16.50	16.50	28.38	—	511	257	629	38	420	420	721	—
2-12	24.13	12.13	29.81	1.50	18.00	18.00	35.00	—	613	308	757	38	457	457	889	—
3-12	36.38	12.13	29.81	1.50	18.00	18.00	35.00	36.63	924	308	757	38	457	457	889	930
4-12	48.50	12.13	29.81	1.50	18.00	18.00	35.00	—	1232	308	757	38	457	457	889	—

↑ 外尺寸。

实 验 动 物 房 技 术 手 册

操作 范围	流 量 (cfm) 0.6" — 3.0" wc	流 量 (m ³ /h) 150 — 750 Pa	流 量 (l/s) 150 — 750 Pa
8	35—700	60—1175	17—330
10	50—1000	85—1700	24—472
12	90—1500	150—2500	43—708
2-10	100—2000	170—3350	47—943
2-12	180—3000	300—5000	85—1415
3-12	270—4500	450—7500	127—2123
4-12	360—6000	600—10000	170—2831

Accel® II 型阀（数字）



Phoenix 控制公司的 Accel® II 型文丘里阀将机械的、压力无关的调节器与高速定位/气流控制器结合在一起满足气流控制的独特需求。这些阀门可用于定风量控制、双稳态控制或变风量控制应用中—所有设计都在减小有关的噪声的同时最大限度地发挥流量性能。用于 VAV 应用的阀门可以是气动的

也可以是电动的。

- **压力无关操作：** 所有类型的阀门都包括一个立即响应的机械组件用来在风道静压变化时将气流量保持在设定值上。
- **气流量控制：** 通过定位气流速率控制器组件，气流量可得到控制。

Accel® II 型阀有以下几种类型：

- **定风量**（CVV 系列）用于在静压变化的情况下将气流量保持在设定值
- **双稳态**（PEV/PSV 系列）用于高/低流量控制（只有气动类型）
- **本机可升级**（BEV/BSV 系列）用于高、低流量控制，带反馈选件并可升级至变风量控制阀（只有气动类型）
- **变风量**（EXV/MAV 系列）带变风量闭环反馈控制（气动或电动）气动用于通风柜应用或低速电动用于追踪对应用。

特 性

结构：

- ♦ 阀体由焊缝连续的 16# 的离心浇筑铝制造
- ♦ 阀体采用不镀膜铝或者带抗耐腐蚀烘干酚醛涂层。
- ♦ 复合材料的 Teflon® 轴承。
- ♦ 采用弹簧级的不锈钢弹簧和 PPS 滑块组件。
- ♦ 送风阀包覆了 3/8"（9.5mm）的柔性闭孔聚乙烯。额定的火焰和烟雾值分别为 25 和 50。密度为 2.0 磅/英尺³（32kg/m³）。

操作环境：

- ♦ 环境温度：0~50℃
- ♦ 相对湿度：10~90% 无冷凝

噪声：

- ♦ 低功率级噪声设计符合或高于 ASHARE（美国热工、制冷与空调协会）标准。

实 验 动 物 房 技 术 手 册

性能:

- ◆ 阀上压降在 0.6" -3.0" wc (150-750Pa) 时压力无关。
- ◆ 流量控制精度±5%气流控制信号
- ◆ 在阀前、阀后不需要直管道。
- ◆ 控制流量范围 35 - 6000cfm (60 - 10000m³/hr)。
- ◆ 对命令信号变化的响应时间:
- ◆ <1 秒 (控制类型 N)
- ◆ <1 分钟 (控制类型 L)
- ◆ 对风道静压变化的响应时间: <1 秒

气动执行器

- ◆ 适用于 PEV, PSV, BEV/BSV 和 EXV/MAV-N(气动控制类型)
- ◆ 20psi (-0/+2psi) 压缩空气带 20 微米的过滤器 (CVV 除外)。
- ◆ Accel® II 型系列阀门是不连续空气消耗设备, 压缩机规格采用:
 - 单阀和双阀: 10scim (每分钟标准立方英寸数)
 - 三阀和四阀: 20scim (每分钟标准立方英寸数)

*不适于 CVV 系列

** Celeris 三阀或四阀在系统中表现为 2 个节点 (主和辅)

Teflon 为 DuPont 公司注册商标

LONWORK 为 Echelon 公司注册商标

变风量控制器:

控制器电源:

- ◆ 24Vac (±15%) @60Hz

能耗:

控制类型	单阀	双阀
L (低速电动)	13VA	17VA
N (气动)	11VA	11VA
M (高速电动)	48VA	48VA

I/O:

- ◆ 3:通用输入。可以输入电压、电流、欧姆或 NTC2 或 3 温度传感器信号。
- ◆ 1:数字量输入。
- ◆ 2:模拟量输出。提供电压或电流信号。
- ◆ 1: 数字量输出 (C 类型, 1AMP @ 24VAC/VDC)。

兼容标准:

- ◆ CE;
- ◆ UL916 系列;
- ◆ FCC 15 部分, 子部分 J, 分级 A。

房间级通讯:

- ◆ FTT-10, 78KB, 总线拓扑, LonTalk 网络

建筑级通讯

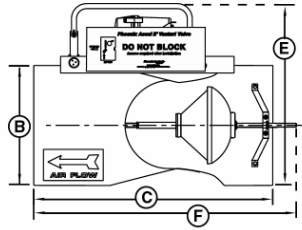
- ◆ TP-1250, 1.2MB, 总线拓扑, LonTalk 网络

特点/选择	定风量 (CVV)	双稳态 (PEV/PSV)	可升级 (BEV/BSV)	变风量 (EXV/MAV)		
		气动	气动	电动		
控制类型	C (定风量)	P (气动)	B (本机可升级)	L	N	M
执行器类型	—	气动	气动	低速电动	气动	高速电动
流量反馈信号	—	—	选件	•	•	•
破损安全 (常闭或常开)	固定	NO/NC	NO/NC	上次阀位	NO/NC	NO/NC, 上次阀位
出厂包覆阀体 (送风)	选件	•	•	•	•	•
现场可调整流量	•	•	•	•	•	•
通过反馈电路流量报警	—	—	—	•	•	•
通过压力开关流量报警	选件	选件	选件	选件	选件	•
低噪声扩散器结构 ↑	•	•	•	•	•	•
所有阀门包括压力无关控制器, 出厂标定的定位控制器, 提供流量范围 35-6000 cfm(60-10000m ³ /hr)						
↑ Accel II 型阀门设计在所有频率上减小噪声, 但是在较低频段上(125-500Hz)的显著的效果有助于消除对消音器的需要。						

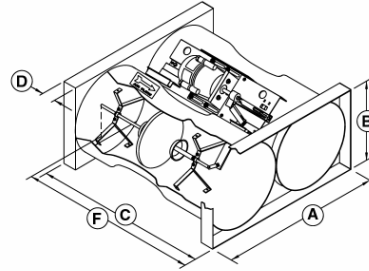
阀规格，尺寸和操作范围

Accel II 数字阀门提供三种型号规格：8”，10”和12”。（对实际尺寸，可以参照下表）为了增加流通能力，多个单阀可以组合成一个单元使用。

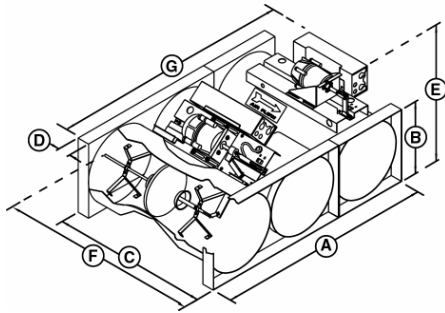
单阀 (表示的是排风阀)



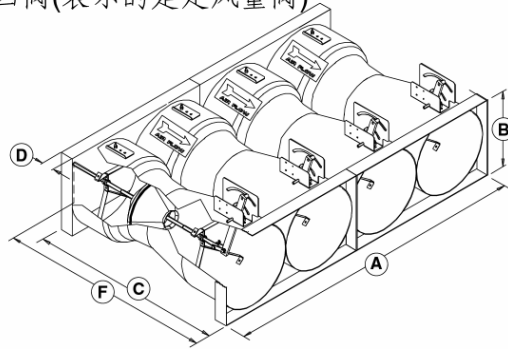
双阀 (表示的是气动送风阀)



三阀 (表示的是补偿空气阀)



四阀 (表示的是定风量阀)



阀门尺寸	(常开) (常闭)								(常开) (常闭)							
	A ↑	B ↑	C	D	E	E	F	G	A ↑	B ↑	C	D	E	E	F	G
	英寸	英寸	英寸	英寸	英寸	英寸	英寸	英寸	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
8	—	7.88	23.50	—	14.00	13.00	28.00	10.13	—	200	597	—	356	330	711	260
10	—	9.88	21.75	—	16.50	15.00	26.00	11.00	—	251	552	—	420	381	660	279
12	—	11.88	26.81	—	18.50	17.00	32.50	12.13	—	302	681	—	470	432	826	308
2-10	20.13	10.13	24.75	1.50	16.50	16.50	28.38	—	511	257	629	38	420	420	721	—
2-12	24.13	12.13	29.81	1.50	18.00	18.00	35.00	—	613	308	757	38	457	457	889	—
3-12	36.38	12.13	29.81	1.50	18.00	18.00	35.00	36.63	924	308	757	38	457	457	889	930
4-12	48.50	12.13	29.81	1.50	18.00	18.00	35.00	—	1232	308	757	38	457	457	889	—

实 验 动 物 房 技 术 手 册

操作 范围	流 量 (cfm) 0.6" — 3.0" wc	流 量 (m ³ /h) 150 — 750 Pa	流 量 (l/s) 150 — 750 Pa
8	35—700	60—1175	17—330
10	50—1000	85—1700	24—472
12	90—1500	150—2500	43—708
2-10	100—2000	170—3350	47—943
2-12	180—3000	300—5000	85—1415
3-12	270—4500	450—7500	127—2123
4-12	360—6000	600—10000	170—2831

笼架阀门：

Phoenix Controls 的定风量阀门将工厂校准的，可进行就地调整速率设定和机械的、压力无关的调节器结合在一起满足通风笼架独有的与建筑通风系统连接的需求。

精确的气流控制：通过定位气流速率控制器组件，气流量可以精确控制到工厂标定的流量设定值。

现场设定容易：导引螺丝结构使得就地安装需要调整气流设定点来改变笼架风量非常简单。

自平衡压力无关操作：笼架阀门自动补偿系统的静压波动保持气流设定点。

操作简单：阀门不需要电源或气源驱动，同时也不需要任何气流探头。因此既简化了操作和安装，又减少了维护。

操作

流量控制

阀门轴上的锥型组件位置是生产厂家按照阀门订货时规定的房间风量预先调整好的。可以方便地根据现场通风笼架调整气流设定点。

压力无关控制

所有 Phoenix 阀门在风道静压变化时都能自动调节和立即响应将气流量保持在设定值上。每一个阀门都具有一个锥型组件和内部弹簧组合来补偿风道上的压力变化（见图 1 和图 2）。

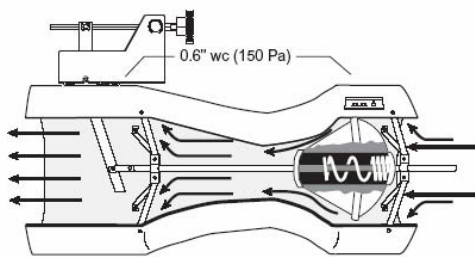


图 1：当风道静压降低时，加在锥体上的力也将降低，它将引起锥体内的弹簧扩张，使得锥体离开文丘里阀。低压力与大流通面积结合提供了期望的流量。

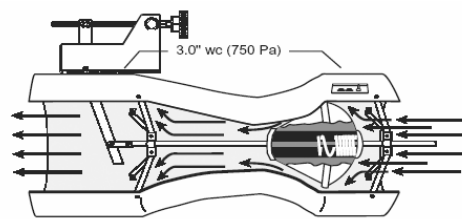


图 2：当加在锥体上的静压力的增加时，弹簧压缩并且锥体移入文丘里管，减小了流通面积。较高压力与较小的流通面积结合维持了设定流量。

特 性

结构:

- ♦ 阀体由焊缝连续的 16#的离心浇筑铝制造
- ♦ 复合材料的 Teflon®轴承。
- ♦ 采用弹簧级的不锈钢弹簧和 PPS 滑块组件。

操作环境:

- ♦ 环境温度: 0~50℃
- ♦ 相对湿度: 10~90%无冷凝

噪声:

- ♦ 低功率级噪声设计符合或高于 ASHARE (美国热工、制冷与空调协会) 标准。
- ♦ Accel® II 型阀的设计尽量减少所有频率上的声音, 但主要的目标是解决低频带

(125~500Hz) 部分, 以便能不使用降噪设备。

性能

- ♦ 阀上压降在 0.6" -3.0" wc (150—750Pa) 时压力无关。
- ♦ 流量控制精度±10%, 5cfm (10 m³/hr) 气流设定点。
- ♦ 在阀前、阀后不需要直管道。
- ♦ 控 制 流 量 范 围 30 — 150cfm (50 — 250m³/hr), 工厂根据订单调整预设值。
- ♦ 对风道静压变化的响应时间: <1 秒。
- ♦ 可选件: 利用压力开关进行低压报警。
- ♦ 就地可调设定点。

Teflon 由 DuPont 公司注册商标

应用

动物设施通风控制系统的目标是保持大环境和小环境的稳定。它需要提供清洁的、经温、湿度调节的空气给相应空间并且排走脏的、过热的、过湿的空气，同时保持合适的房间压力。Phoenix 的 Accel[®] II 阀门提供了在房间级和设备级完整的环境气流控制。

啮齿动物饲养房间的气流控制

Phoenix 的笼架阀可以为通风笼架保持压力无关的精确的气流流量并且不需要进行压力再平衡（参见图 3）。

Phoenix 的压力无关的阀门保证了房间合适的送排风气流，提供了正确的通风速率（每小时气流流量）和不变的余风量精确实现房间的正常压力。

变风量房间控制器调整送风气流来满足房间的温度和通风需要，调节总排风气流来保证房间压力。房间的换气速率可以通过采用图 3 的控制策略得到降低，因为动物体味和其他气体排泄物的热负荷直接排出了房间而不是排到房间内部。VAV 房间和定风量笼架系统给出了更加灵活和节能的解决途径。

温度和相对湿度的控制可以按照工程设计采用 Phoenix 控制或建筑管理系统来实现。

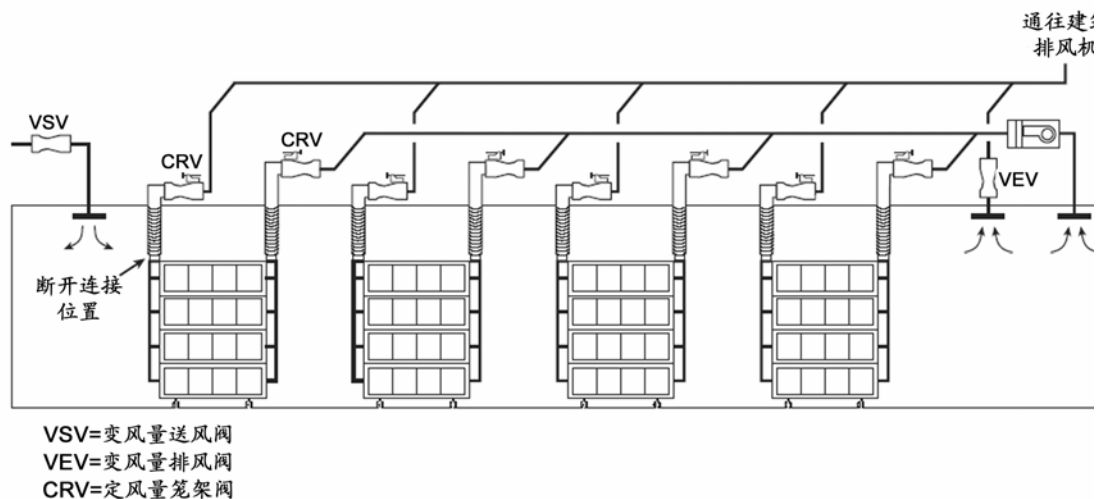
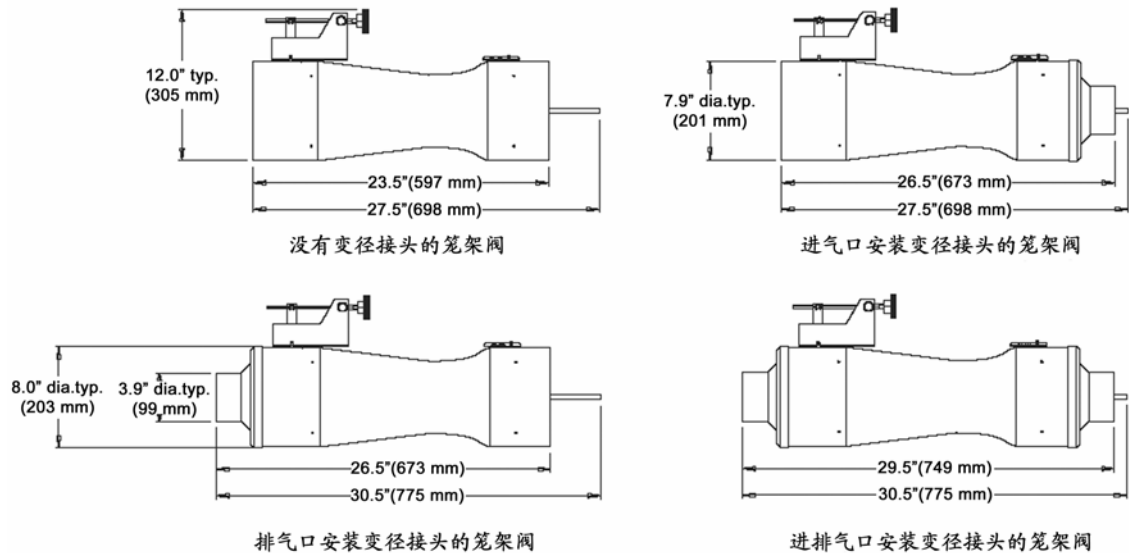


图 3 啮齿动物饲养房间

安装



笼架阀有三种安装方式：（1）顶棚上的管道系统（2）在饲养房间墙上高于笼架处支架安装（3）直接安装在动物笼架上。

维护

性能

Phoenix 的定风量阀门不需要预防性维护。一旦平衡具有确定的数量，阀门可以连续数年工作。

尺寸和重量

重量

近似重量：81bs (3.6kg)；

上面给出的重量为近似值，仅供参考。作为运输参数时，对笼架阀要加上 61bs (2.7kg) 重量。

场地和连线（见对特定项目提交的接线图）

接线仪在选择了压力开关时才需要。在压力开关上的公共点和常开点上接线。

- 开关闭合=风机运行和阀正常运行
- 开关打开=报警状态（低或没有静压差）

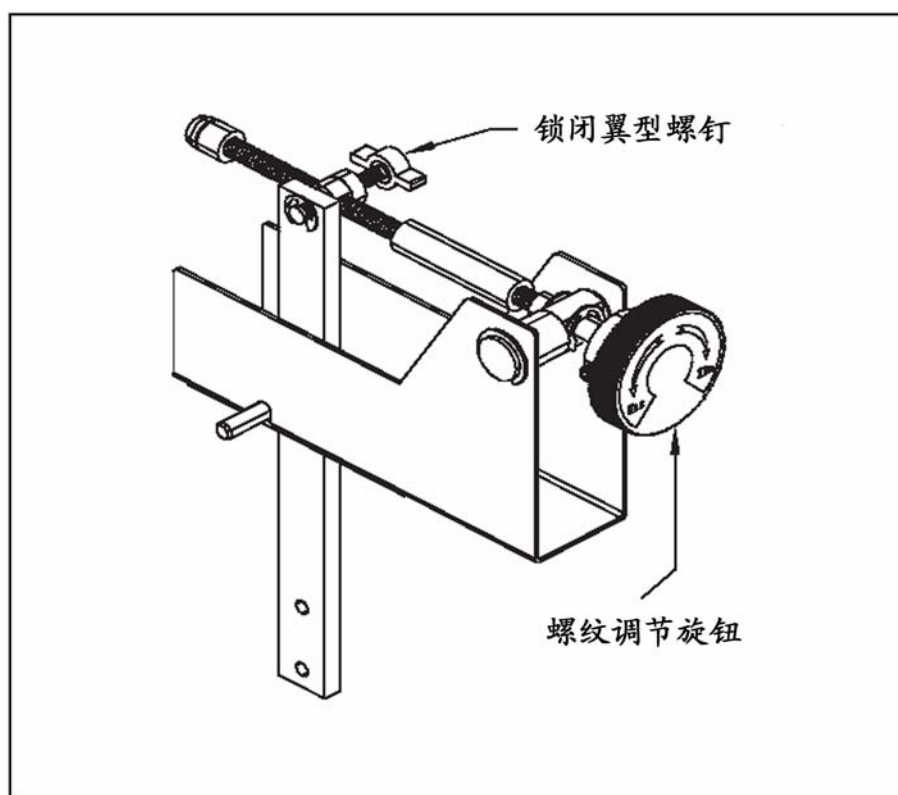
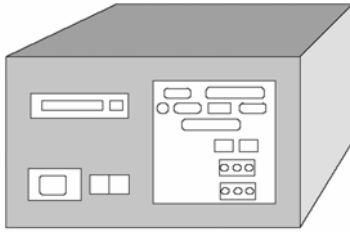


图4 就地流量调整



Accel-Way网关单元

Accel-Way

Phoenix Accel-Way 是在基于 LonWorks 的 Celeris 2 系统和大楼管理系统之间传输数据的网关，提供双向的通讯与控制。BMS 系统可以检测 Celeris 信息控制特定的 Celeris 功能。参考供方 Celeris 集成解决方案的产品数据手册—规定 BMS 集成信息。

特点

- 可以与大多数提供 BACnet 的 BMS 厂商产品集成
- 支持多达 6000 点
- 内置 56K 调制解调器可以进行远程配置和故障处理
- 自通风的外壳
- 宽范围电源输入 85~264Vac

规格

箱体:

采钢板外壳具有过滤的冷却风扇

尺寸:

11.70 " H × 10 " W × 5.43 " D (297mmH × 254mmW × 138mmD)

近似重量:

171bs (6kg)

操作环境:

环境温度: 0—50℃

相对湿度: 5—95%, 无冷凝

电源要求:

85~264Vac,

50/60Hz (1.5A@115Vac, 0.8A@230Vac)

调制解调器

速率 56K

处理器

奔腾级 233MHz 或更高

存储器

64MB RAM

可用点:

- 占用时最小送风量设定值 (模拟)
- 非占用时最小送风量设定值 (模拟)
- 占用时温度设定值 (模拟)
- 非占用时制冷设定值 (模拟)
- 非占用时加热设定值 (模拟)
- 占用时越线时间设定值 (模拟)
- 房间占用模式 (数字)
- 应急模式 1 (数字)
- 应急模式 2 (数字)
- 应急模式 3 (数字)
- 应急模式 4 (数字)
- 预期比例增益 (模拟)
- 预期积分增益 (模拟)
- 预期微分增益 (模拟)
- 温度设定拨号使能 (数字)
- 比例增益 (模拟)
- 积分增益 (模拟)
- 微分增益 (模拟)

实验动物房技术手册

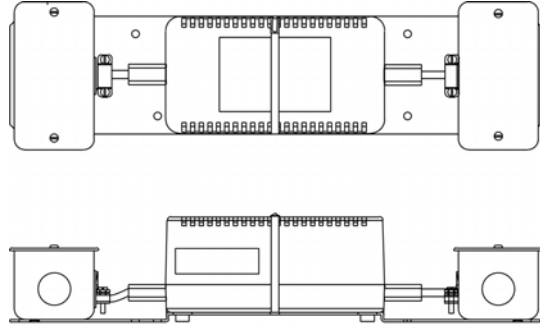
	BACnet
BMS 协议	通过以太网的 BACnet 通过 IP 的 BACnet
BMS 网络连接	RJ-45
执行标准	符合 3 级
数据传输速率（点每秒）	400（最小）
奇偶校验	N/A
停止位	N/A
建筑网络	ANSI709.1-LonTalk 协议 TP 1250 收发器

电源

特 性

WPS106:

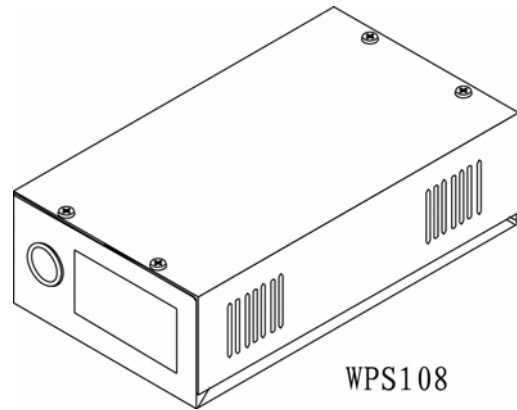
- 输入: 105—130VAC, 47—63Hz
- 输出: +15VDC, -15VDC@0.6A
- 导线管突出: 1.125" (29mm)
- 接线螺母连接
- 10mV 最大峰—峰纹波
- 可选择阀门安装
- 尺寸: 4.25" W×14.30" H×3.06" D (108×363×78mm)
- 重量: 5 lbs (2.3kg)



WPS106

WPS108:

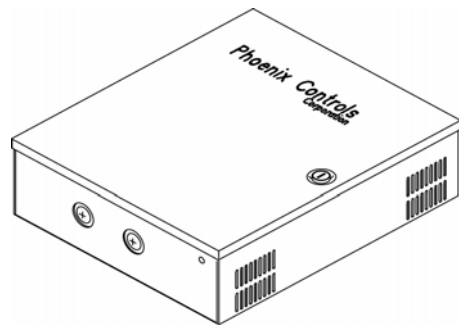
- 输入: 105—130VAC, 47—63Hz
- 输出: +15VDC, -15VDC@0.8A
- 导线管突出: 1.125" (29mm) (直径 0.875" /22mm)
- 端子连接
- 5mV 最大峰—峰纹波
- NEMA—1 箱体 (列入 UL)
- 尺寸: 6.00" W×10.25" H×3.25" D (154×260×81mm)
- 重量: 6 lbs (2.7kg)



WPS108

WPS115:

- 输入: 105—130VAC, 47—63Hz (现场配置)
- 输出: +15VDC, -15VDC@1.5A
- 导线管突出: 1.125" (29mm) (直径 0.875" /22mm)
- 端子连接
- 5mV 最大峰—峰纹波
- NEMA—1 箱体 (列入 UL)
- 尺寸: 12.25" W×14.25" H×4.30" D (311×362×109mm)
- 重量: 21 lbs (9.5kg)



WPS115/WPS130

WPS130:

- 输入: 105—130VAC, 47—63Hz (现场配置)
- 输出: +15VDC, —15VDC@3.0A
- 导线管突出: 1.125" (29mm) (直径 0.875" /22mm)
- 端子连接
- 5mV 最大峰—峰波纹
- NEMA—1 箱体 (列入 UL 名单)
- 尺寸: 12.25" W×14.25" H×4.30" D(311×362×109mm)
- 重量: 21 lbs(9.5kg)

所有电源的特点:

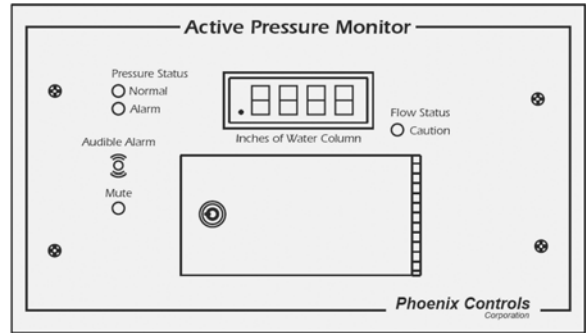
- 0—50℃操作环境温度
- 自动限流
- ±0.5%线性负载调整

位置:

从电源到系统的电缆最大长度为 200 英尺/61m(美国 22 号线)

动态压力监控器

Phoenix 的动态压力监控器用来在重要的建筑内需要精确测量两个房间或两个空间之间的压差。它使用了压力传感器，它能对满量程的 0.5%进行测量和报警，同时可以显示小到 0.0249Pa 压力。它可以满足动物设施实验室、医院区域、研究实验室和洁净室的严格要求。



动态压力监测器由房间压力传感器、参考点压力传感器和房间压力监控面板组成。

选件包括采用干触点开关进行远端房间压力报警，在和 Phoenix 的 Accel 气流控制阀一起使用时提供流量报警，同时确保流量和压力要求都满足要求。

规格

面板尺寸

9.5" W × 5.5" H (241.3mm × 139.7)

精度

±0.5%终端点满量程, ±0.35% BFSL 满量程

稳定性

<±1.0%满量程/年

温度漂移

<±0.05%满量程/°C

过压

5 PSIG 保证 (34.5Kpa)

反应时间

<0.25 秒满量程输入

标准量程

±0.05" WC (±12.5Pa)

可选量程

±0.1" WC (±25Pa), ±0.2" WC (±50Pa)
±0.5" WC (±125Pa), ±1.0" WC (±250Pa)
±2.0" WC (±500Pa), ±5.0" WC (±1250Pa)

显示

4 位 LED, 0.5"

模拟输出

就地选择: 4—20mA, 12mA 为 0 压差
或 0—10Vdc, 5Vdc 为 0 压差

报警输出

SPDT 继电器, 触点 UL/CSA 级
2.0A @ 30V AC/DC

报警死区

0.1%满量程

报警延迟范围

0—30 秒

电源消耗

4VA

工作温度

0—70°C

存储温度

—40—82°C

重量

0.95Kg

实 验 动 物 房 技 术 手 册

特点/选件	APM 100	APM100—REM
面板		
数字显示	√	√
压力报警 LED 状态指示	√	√
声音报警	√	√
静音开关	√	√
流量提示 LED		√
监测		
模拟输出 (4—20Ma 或 0—10V)	√	√
SPDT 报警继电器	√	√
控制		
可调报警时间延迟 (0-30 秒)	√	√
就地压力报警	√	√
远程压力报警		√
远程流量报警输入		√

应用

动态压力监控器有多种应用方式。以下是两个例子。

1. 定风量房间

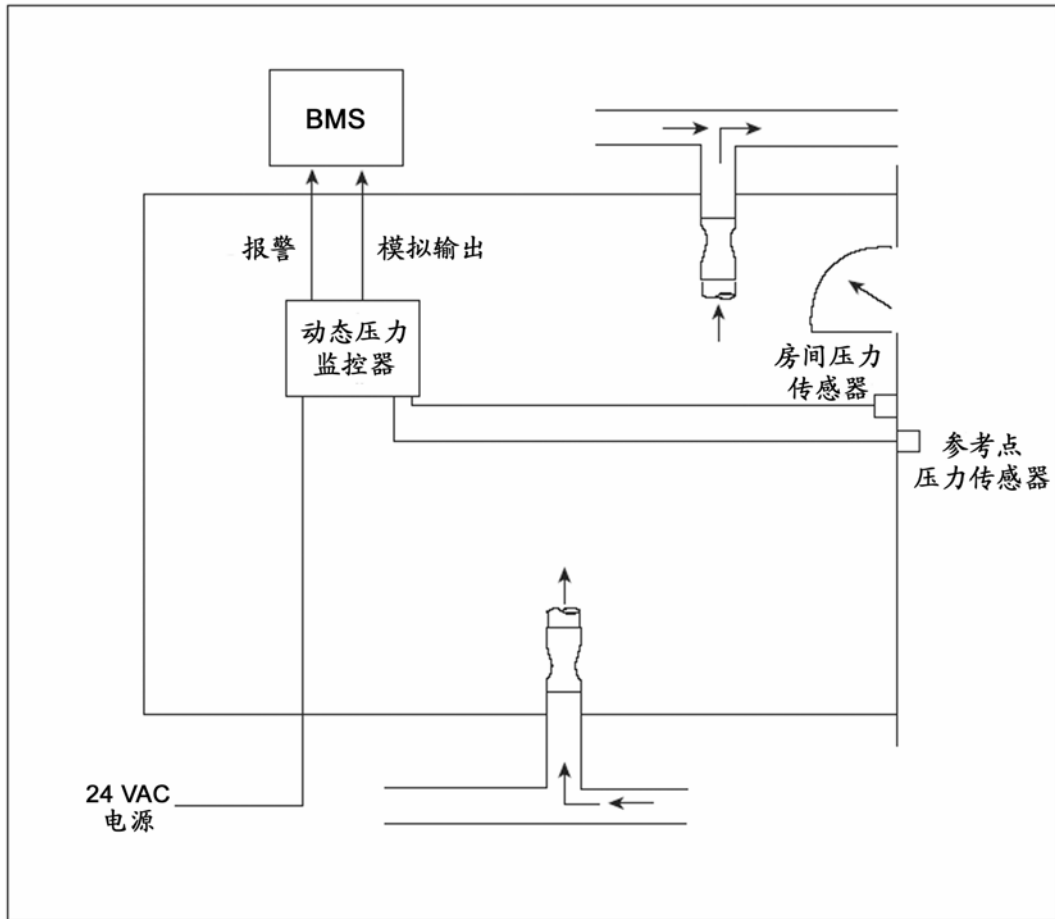


图 1 定风量房间应用

Phoenix 压力无关的阀门可以保持恒定的送风和排风，从而使房间余风量保持恒定。压力传感器监测房间压力和参考点压力。

就地压差报警按照设定的压力设定点进行。提供 C 型继电器进行远程报警和模拟输出提供压差远程监测。

2. 具有流量报警输入的高低态切换定风量应用

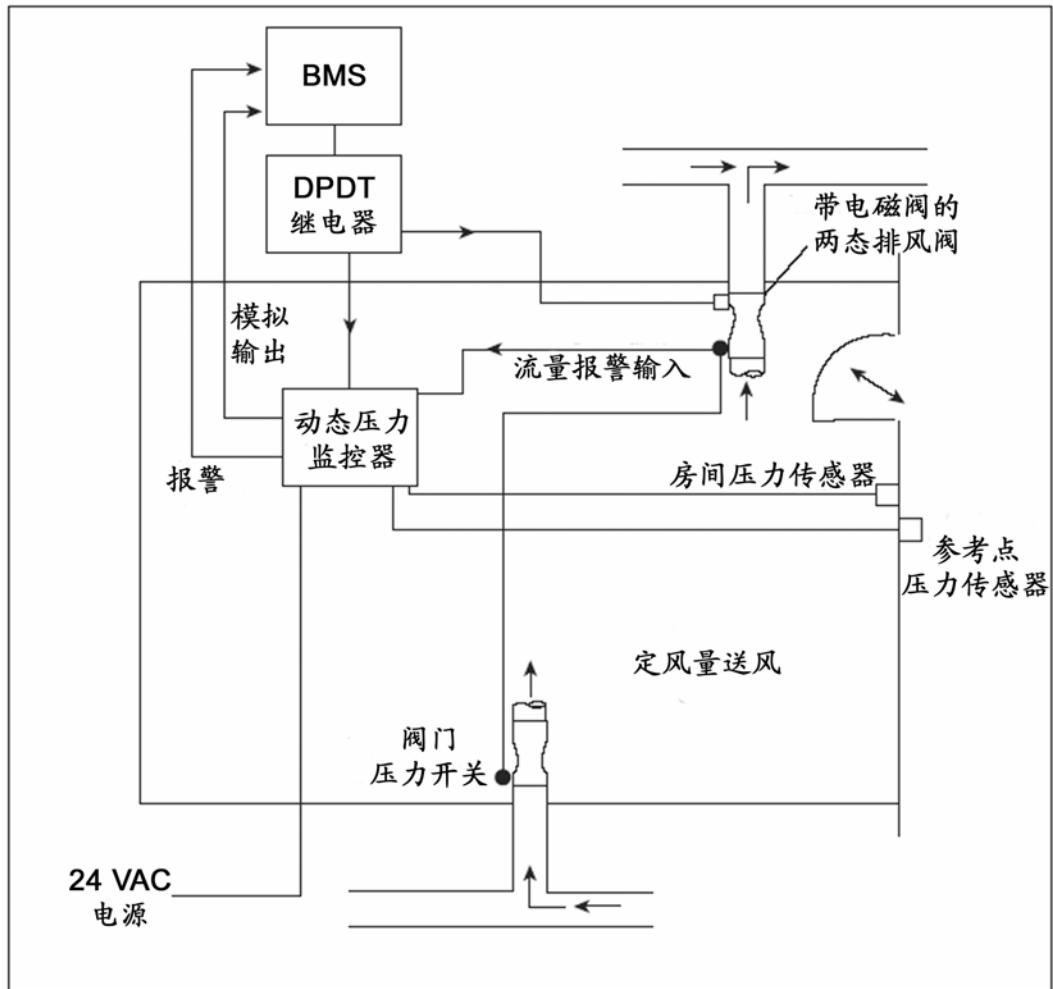
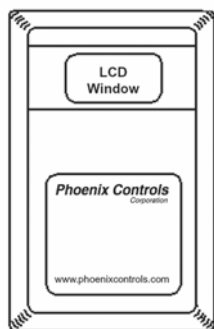


图 2 具有流量报警输入的高低态切换定风量应用

Phoenix 压力无关的阀门可以保持定量的送风和排风。一个采用定风量阀门而另一个采用两态阀门。由其他设备提供的一个干触点，驱动 DPDT 继电器，该继电器接受动态压力监控器报警设定点，驱动两态阀门，可以有效将房间从正压变为负压，同时进行报警，反之亦然。配置压差开关的 Phoenix 文丘里阀能将流量报警信息输入到 AMP100。在压差或流量报警发生时 C 型继电器将给出远程报警。一个模拟量输出将给出远程压差监测信号。

温度，湿度和空气品质传感器



温度传感器

Phoenix 的温度，湿度和空气品质传感器提供了一个稳定的、安全的环境，特别是对迫切需要的设施如动物设施实验室、医院区域和洁净室。这些传感器还简化了房间平衡，省去了相关资格人员在调试过程中参与做平衡。

- 特氟龙材料的绝缘导线对潮湿、腐蚀和磨损起到保护作用。
- 一个 3 位的测试和平衡 (T&B) 开关能够强制系统进入加热或制冷模式，同时又可以正常操作。

特性：

温度传感器

互换性公差（精度）

$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ($0-70^{\circ}\text{C}$) 标准

耗损常数

$3\text{mW}/^{\circ}\text{C}$

稳定性（漂移）

$< 0.02^{\circ}\text{C}/\text{年}$

显示

3.5 数字, .38" (1cm)

输入

符合控制器规定

输出

同输入信号

供电电压（仅 LCD 显示）

5 VDC-25 VDC

温度稳定性

100PPM

量程

$-55-150^{\circ}\text{C}$

参考点电阻

10KW@ 25°C

湿度传感器

输出量程

4-20mA

供电电压

24VDC (电流或电压输出)

24VAC (仅电压输出)

传感器元件

阻抗型湿度传感器

量程

0-100%RH (无结露)

工作温度：

房间： $0-70^{\circ}\text{C}$

风道/室外： $-23-71^{\circ}\text{C}$

精度：

15-95RH 范围内 $\pm 2\%$, 包括

滞后、线性、重复性

响应时间

20 秒达 63% 的稳定值

室外空气型和风道传感器

标准精度

$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ($0-70^{\circ}\text{C}$)

耗损常数

$3\text{mW}/^{\circ}\text{C}$

稳定性（漂移）

$< 0.02^{\circ}\text{C}/\text{年}$

量程

$-55-150^{\circ}\text{C}$

参考点电阻

10KW@ 25°C

空气品质传感器

信号

0-10VDC 表示 0-100% 空气污染

供电电压

24VDC (12V 最小, 24 最大)

24VAC (+10% -50%)

能耗

小于等于 1VA

最小负载电阻

4K Ω

环境温度

$32-140^{\circ}\text{F}$

储存温度

$10-150^{\circ}\text{F}$

湿度

0-95%RH (无结露)

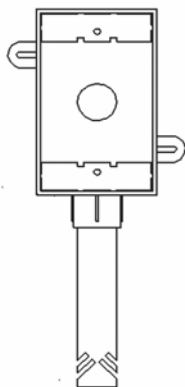
外壳材料

壳体—莱克桑

探头—ABS

温度传感器

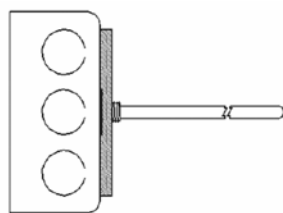
采用热敏电阻，当温度发生微小变化时，电阻就出现变化。传感器对特性曲线进行校正并获得高精度测量结果。



室外湿度传感器

湿度传感器

湿度传感器提供了高精度的湿度测量，输出信号为 4—20mA。房间型采用了内置过滤器的注塑外壳，室外和风道型采用了可以拆卸的 40 微米烧结的青铜过滤器。这些传感器采用了微处理器不需要任何现场校正。另外，可以订购替换传感器（房间式）和探头（风道和室外型），直接替换不需要校正。事实上，安装替换的部件可改变精度而不一定是原来部件的精度。如可以订购 2% 传感器替换一个 3% 精度的房间传感器。



风道湿度传感器

风道传感器

风道型符合医疗级的要求，用密封泡沫来密封探头插入孔和吸收震动。提供安装座方便直接安装进风道。盒子接口处的连接件可以进行风道连接。

空气品质传感器

空气品质传感器的目标是控制新鲜空气进入通风系统的量和减少能源消耗。该目标是通过测量控制空间内污染气体，提供信号到通风设备控制风阀的位置。这样可在房间小占用或不占用期间降低在加热和制冷新风时消耗的能量。

空气品质传感器的主要特点是：检测混和气体而非特殊气体。因此，传感器不去辨别污染物和烟草气雾、烹饪气味或者人的气息一类正常物质。但是，当各种气体出现时，提供满足舒适和健康的空气校正依据。

重要提示：这些传感器不是针对可能造成人员伤害的安全系统设计的。

第六章 标准及指南

6

以下是从现在使用的现行实验动物实施指南的摘录汇编，编辑此文件的目的是为业主、工程师及建筑师提供实验动物设施设计及通风的标准和指南的综述。具体个案应参考所有相关的地方、州和联邦的建筑法规，以明确对于一个特定设施，从本章查到的什么现行标准指南可以适合。

内容：

- 总论
- HVAC 系统/适应性
- 冗余
- 通风率
- 温度和湿度
- 空气的流动及分配
- 压力
- 再循环
- 生物危害的防护
- 参考文献
- 补充参考文献和资料

总论

美国热工，制冷，空调协会（ASHRAE），应用手册，1999 年版，13.13 页

“实验室动物必须在一个舒适，清洁，温湿度得到控制的环境中饲养。在设计中必须考虑动物健康；空调系统必须要提供设施兽医指定的动物初级围护结构或笼具中的小生活环境（Woods 1990, Besch 1975, ILAR, 1996）。事先与兽医对气流方式、笼具布局及风险评估的详细讨论有助于确保动物试验室 HVAC 系统的成功设计。消除研究的变数（温湿度波动、气流、空气传播疾病的传播）是需要一个品质优异的空调系统的另一个原因。”

美国热工，制冷，空调协定（ASHRAE） 2001 基础手册 第 10.3 页

“促进优异的动物管理和健康的动物试验室设施在设计时除了考虑温度情况，还应当注意更多的环境因素，包括空间需求、地面种类、灯光、动物喂养和饮水要求、对动物的操作以及废物管理。”

加拿大实验动物管理委员会（CCAC） 1993 实验动物的管理及应用指南 II-A 部分 “实验动物设施介绍”

在满足动物生理、群居和行为的需要的同时，实验动物设施必须将不希望有的实验变数减到最少以促进研究。不同的研究项目和/或不同的动物物种常常需要的设施和环境不同。为了适应这些需要，动物设施必须有用以完成不同的功能的独立区域、专用的房间和设备以及得到精密控制的环境。

建造提供适合环境的动物设施是昂贵的。因此，要强制规定尽一切努力保证任何被提议新建设施的规划、设计、建造满足当前动物使用的数量及范围并有足够的通用性以允许在未来几年中灵活使用。”

实验动物研究所（ILAR），实验动物的管理及使用指南，71 页

“规划良好的、设计良好的、施工优良并且得到适当维护的设施是良好的动物管理和使用的重要因素，同时，它提高了效率、促进了运行费用的节省和运行的安全。动物设施的设计和规模取决于规定的研究工作、饲养的动物、与研究机构其它部分的物质联系及其地理位置。有效的规规划和设计应包括对动物设施的设计、运行富有经验的人员和被提议建立设施的使用者代表的参与。新设施和笼具的流体动力学计算建模可能是有益的。（Reynolds and Hughes 1994）。”

HVAC 系统 / 适应性

CCAC 实验动物的管理及使用指南，II-E-3 部分，“饲养室”；III-A，“气候控制”

设计饲养室，考虑这些设施未来可能的使用情况是重要的。对于动物使用情

况多年保持不变的设施，将动物试验室设计用于特定物种可能是可接受的。但是，在许多设施中，动物使用变化相当大，这使得动物试验室的适应性变得极其重要。灵活的动物试验室适于饲养不同物种的动物的需要。

动物设施的设计应该允许对环境控制机构进行调整以满足各种动物物种和实验规程的需要。理想情况下，每个动物试验室都应独立控制。”

NIH 设计方针及指南，D-15 页

灵活性及适应性 + 供暖、通风及空调

这些指南的目标是提供具有适应性的动物试验室设施的指导建议。这些空间应普遍具有在不须对设施做较大改变的情况下适应功能变化的能力。特别规划的、非普遍的或定制的空间设计要尽可能避免出现。动物试验室空间及配套的公用服务应当规划和设计成适应动物物种和研究计划的改变。

动物试验室设施的 HVAC 系统必须独立于建筑物其它的 HVAC 系统。这些系统必须要为动物保持环境的安全、舒适，它要具有适应性，能够为任何预期在设施中饲养的物种在任何饲养室环境内维持环境状况。

冗余及应急电源

ASHRAE 应用手册，1999 年版，13, 14 页

“动物试验室的状况必须保持不变。这可能需要全年有效制冷，同时，在某些情况下，可能需要双/备用冷冻机和用于电机与控制设备的应急电源。储备关键性的备件是安装备用冷冻系统的一个备选方案。”

CCAC 实验动物的管理及使用指南，III-A-1 部分，“温度”

“维持环境温度的应急设备是必须的，特别是在饲养小实验动物、鱼及非人灵长类动物的房间内。”

ILAR 实验动物的管理及使用指南，76 页

“在部分 HVAC 系统发生故障的情况下，系统应设计成能够在降低的水平满足设施的需要。在机械故障期间防止威胁生命的热量几句或损失是必须的。除了在特殊环境中（如在一些生物危险区），完全冗余的系统很少应用或者不太必要。”

NIH 设计方针及指南，D. 8, D-12, D-15 页

供暖、通风及空调

“HVAC 系统必须既可靠又有冗余并且不间断运行。不应该有例外……”

因为大多数的动物研究都是长期的，研究必须在一贯的条件下进行以便获得可重复的结果。因此，HVAC 系统故障是不可接受的。所以，HVAC 系统必须要被设

计成在部件故障情况下提供后备。中央 HVAC 系统因此应该拥有多台冷冻机、水泵、冷却塔等以提高可靠性。”

通风率

ASHRAE 应用手册，1999 年版，13，14 页

“动物试验室的空调负荷及换气次数应该由以下因素决定：

- 理想的动物小环境 (Besch 1975, 1980; ILAR1996)
- 动物物种
- 动物数量
- 推荐的环境温、湿度
- 专用的动物饲养主机的电机产生的热量 (例如：层流架或带通风笼架的经高效过滤的送风)
- 动物产生的热量

额外的设计因素包括：动物笼具通风的方法；在诸如动物笼具清洁、动物检查等操作过程中通风柜或者生物安全柜的操作使用；空气传播污染物（由动物、垫料、笼具清洁及房间清洁产生）；机构的动物管理标准 (Besch1980, ILAR1996)。应该注意到，动物试验室环境状况可能不反映特定动物笼内的实际状况。”

ASHRAE 基础手册，2001 年版，10，11 页

通常情况下，满足去除水气的通风率就能够控制气体。但是不适当的气流方式，某些废物处理方法和特殊环境（如细菌泄漏）必须需要更多的通风。在很多方案中，通风对灰尘的控制不如对气体控制有效果。这可能需备选的灰尘控制方法。

CCAC 实验动物的管理及使用指南，III-A-3 部分，“通风”

“实际需要的通风率随动物年龄、性别、物种、饲养密度、清洁频度、进入空气品质、环境温湿度和初级、次级密封结构的构造及其它因素的不同而改变。每小时 15-20 次范围内的均匀通风的空气交换率一般被推荐用于常规饲养条件下放置小型实验动物的房间 (Clong 1984)。达到这个通风率并不能保证动物笼充足的通风，特别是采用顶部过滤器的情况 (Keller, White Sneller et al. 1989)。”

ILAR 实验动物的管理及使用指南，30-32 页

“通风的目的是补给足够的氧气；清除由动物呼吸、照明及设备引起的热负荷；稀释气体的和小颗粒的污染物；调节房空气的潮湿程度；在适当的地方建立与相邻空间的静压差。然而，确定房间的通风率并不能保证动物初级围护结构的充足通风，因此不能保证小环境的品质。

每小时 10-15 次新鲜空气换气的准则被用作次级围护结构已经有许多年了，并且它被看作一个可以接受的一般标准。虽然在许多动物饲养装置中，它是有效的，但该准则并没有考虑可能的热负荷变化范围。涉及动物的物种、大小及数量、垫料类型或笼具更换的频率、房间尺寸、从次级围护结构到初级围护结构的空气分配效率等因素。

即使能够使用（加热和制冷负荷）计算来确定需要防止热量积累的最小通风量，其它因素（诸如气味的控制、过敏源控制、微粒产生、代谢产生的气体控制）可能必须使通风超过最小计算通风量。

当计算的最小通风要求低于每小时 10 次空气换气次数时，倘若它们不会导致初级围护结构中有有害的或不可接受浓度的有毒气体、气味或小颗粒，较低的通风率在次级围护结构中可能是合适的。类似地，当计算出的最小通风要求超过每小时 15 次空气换气次数时，要为需要针对其它因素的额外通风做好准备。”

温度和湿度

ASHRAE 应用手册，1999 年版，13.13-14 页

“完全灵活的系统允许在 64°F~85°F 范围内将单独房间温度控制在任意设定点的±2°F 以内。这个灵活性要求很大的资金支出，而这一点能够通过将设施设计用于选定物种并且满足它们的特定需求得到减少。

空调系统必须消除实验动物产生的潜热和显热。与新陈代谢热量产生有关的文献资料好像各种各样，但新的数据是一致的。在表 2 中给出的是目前的推荐数值。这些数值基于实验结果和下列公式：

$$ATHG = 2.5M$$

ATHG = 获得总热量的平均值，Btu/h/动物（Btu：英国热量单位）。

M = 动物代谢率，Btu/h/动物 = $6.6W^{0.75}$

W = 动物重量，磅

表 2 实验动物产生的热量
热量产生，一般性活动，Btu/h 每个动物

物种	重量 (磅)	显热	潜热	总量
小鼠	0.046	1.11	0.54	1.65
仓鼠	0.260	4.02	1.98	6.00
大鼠	0.62	7.77	3.83	11.6
几内亚猪	0.90	10.2	5.03	15.2
兔子	5.41	39.2	19.3	58.5
猫	6.61	45.6	22.5	68.1
猴子	12.0	71.3	35.1	106
狗	22.7	105	56.4	161
狗	50.0	231	124	355

对于动物生活在有限空间里的情况，日常温度波动范围应该保持到最小。相对湿度也应该得到控制。ASHRAE 标准 62 推荐可居住空间内的相对湿度维持在 30%~60%之间使病原生物的生长减到最少。ILAR (1996) 建议可接受的相对湿度范围在 30 到 70%。

如果动物设施的全部或者大部分被永久规划用于有类似要求的物种，个别调整的范围应该减小。每一个或者每一组为共同目的服务的动物试验室应该有单独的温度、湿度控制。”

ASHRAE 基础手册，2001 年版，10-11 页

因为动物的显热消耗受动物体表和周围空气温度差异的影响很大，所以可接受的状况通常多数是以温度为前提建立的。在暖热温度下，提高湿度会严重限制系统性能。

CCAC 实验动物的管理及使用指南，III-A-2 部分，“湿度”

“大多数实验动物更喜欢相对湿度在 50%左右，但只要相对湿度维持相对稳定并且温度在适当的范围内，它们能够忍受 40%—70%的相对湿度(Clough1987)。当湿度的高低对动物保持动态热平衡的能力产生不利影响时，会导致动物不舒适。在湿度难于控制在可接受范围内的设施中可能需要安装加湿或除湿装置。湿度高低能够通过影响温度调节、动物行为和疾病易感性影响实验结果。”

ILAR 实验动物的管理及使用指南 29, 32, 75 页

“环境温度和相对湿度可能取决于管理和房屋设计，并且，可能初级、次级围护结构间的温湿度有很大不同。

一套系统应该能够将干球温度调节到 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{F}$)。相对湿度全年一般应该维持在 30%—70%的范围内。对每个房间的恒温控制，使温度得到最佳控制。”

表 2.4 推荐用于普通实验动物的干球温度

动物	干 球 温 度	
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$
小鼠，大鼠，仓鼠，沙鼠，几内亚猪	18-26	64-79
兔子	16-22	61-72
猫，狗，非人灵长类	18-29	64-84
农场牲畜和家禽	16-27	61-81

NIH 动物试验室设计方针及指南, D14-15 页

室内设计条件

以下室内设计条件应在动物设施设计中采用。动物饲养区域应该一直满足设计条件。各种饲养区域中, 在全部负荷条件下设计条件都应得到满足。”

一般要求:

	温度	湿度
夏季	23°C ± 1°C	50% ± 5% 相对湿度 (RH)
冬季	23°C ± 1°C	40% ± 5% RH

动物饲养:

	温度	湿度
小鼠	18°C - 26°C	40-70% RH
仓鼠	18°C - 26°C	40-70% RH
几内亚猪	18°C - 26°C	40-70% RH
兔子	16°C - 21°C	40-70% RH
狗	18°C - 29°C	30-70% RH
非人灵长类	16°C - 29°C	45-70% RH
鸡	16°C - 27°C	45-70% RH

理想情况下, 所有的动物饲养室都要能够饲养所有要饲养的物种。HVAC 系统也必须能够满足队伍哦由于其动物数量的全面需求。

空气的流动及分配

ASHRAE 应用手册, 1999 年版, 13, 14 页

“送风出口不应在研究动物身上造成气流。动物试验室有效的空气分配系统是必需的。这可以通过从天花板送风口送风、在地板平面排风来有效地实现 (Hesslert 和 Moreland 1984)。送风和排风系统的选择应使噪声最低。

一项由 Neil 和 Larsen (1982) 所做研究表明动物试验室及其 HVAC 系统的全尺寸模拟初设估价是一种合算的系统选择方法。该系统可以把空气分配到动物饲养室所有的区域。Wier (1983) 描述了许多典型的设计问题及其解决方法。房间的空气分配应运用 ASHRE 标准 113 的条步骤评估气流和温度梯度。”

ILAR 实验动物的管理及使用指南, 31-32 页

“房间送风的风量和物理特性以及扩散方式影响到动物初级围护结构的通风, 因此它们是小环境的重要决定因素。送风扩散器的类型、位置和排风出口的数量、布置、位置、房内或者其它次级围护结构内初级围护结构类型之间的关系会影响初级围护结构通风的好坏程度, 因此应该得到考虑。为估算热负荷和空气

扩散类型相关的因素而使用计算机模拟能够有助于优化初级围护结构和次级围护结构的通风。”

NIH 动物试验室设计方针及指南，D.8.7 17 页

空气流动准则

“动物设施的设计要特别注意空气品质、传音性、气流量、扩散特性，输送方式、输送温度、气流速度和空气分配。空气分配应防止独立空间之间的交叉污染，空气应从污染可能最小的区域流向污染可能较高的区域，即：从“干净”的区域到“脏”的区域。

送风末端要位于顶板平面，如果安装在侧墙上则要接近顶板平面。动物试验室排风位置要接近地板平面。在动物试验室中有多个排风点则更好。

选择空气分配及扩散装置要使房间内温度差异减少到最小。在占用区域内，1.8 米标高下最大空气流速不超过 0.25 米/秒。”

压力

CCAC 实验动物的管理及使用指南，III-A-3 部分，“通风”

“压差能够用来阻止致病物质在房间之间的传播。相对于污染的或生物危险区域，洁净区要采用较高压力使污染减少到最小（Hessler 和 Morland, 1984）。在依靠压差阻隔或排除空气传播的微生物的设施中，倾斜压力计或磁螺旋表能够用来以毫米水柱为单位测量高低压区域间的压差。通常要保持 2.5—5.0 毫米（0.1—0.2 英寸）的压差（SMALL, 1983）。”

ILAR 实验动物的管理及使用指南，76 页

“还应考虑在外科病房、操作间、饲养室及服务区域的空气压差规定。例如：检疫、饲养、操作暴露于危险物质的动物和饲养非人灵长类动物的区域应该维持相对负压，而外科病房、存放清洁设备、饲养未感染动物的区域应在清洁空气中维持相对正压。”

NIH 动物试验室设计方针及指南，D-17 至 D-19 页

相对压力

“动物试验室空间必须得到保护以防止来自外部污染源的污染物的侵入，包括那些在 HVAC 气流中从室外带入的小颗粒。通常，相对清洁走廊及其它非动物试验室空间，动物试验室必须维持负压，但相对外部环境，必须维持正压。在动物实验室设施内，相对压力是一系列的复杂关系。其中的一些关系会随着研究和动物数量的变化而改变。HVAC 系统必须能够维持这些相对压力关系并且能够适应设施使用的改变。

相对动物区域或污染区域，设施的清洁区域，包括笼具和支架清洗的清洁面、清洁走廊系统、垫料分发、饮食和准备区域必须维持相对正压。

相对于清洁区，动物饲养区一般为负压；而相对于服务走廊和污染区域，则为正压。

相对于动物试验室，污染区域如服务走廊、笼具和支架清洗的污染面、洗刷和垃圾存放区域必须维持负压。

一些有特殊压力要求的区域应该单独处理。放转基因或被抑制免疫的种群的区域应维持正压并且需要送风经过特别过滤。

可能有传染性的种群必须在负压下饲养以防止传染病转移到其他种群。根据研究中涉及的传染物的性质，可能要求这些区域满足生物危害防护设施的设计规范。为满足这些特殊条件，可能需要前室和微型隔离器。包括治疗室、操作室、尸体解剖室及外科病房区域在内的动物管理区的压力关系要求设计队伍与设施使用者一起进行调查研究以确定项目特定需求。

HVAC 系统必须具有可适应性，以便在设施的使用期内根据需要更改压力关系。”

再循环

CCAC 实验动物的管理及应用指南，III-A-3 部分，“通风”

“通风系统的设计应考虑节能 (Besch, 1980)。虽然完全空气交换系统是更可取得的，但它们不总是经济的，特别是在存在温度极限的地区。再循环空气系统必须配备有效的过滤器（如果需要，还要有洗涤器）以避免疾病的传播、消除微粒及气态污染物（如 NH_3 ）(Hessler, 1984)。”

ILAR 实验动物的管理及使用指南，33 页

“那些采用经过滤的房间空气带强制通风的笼具和其它类型的带独立送风的初级围护结构（即，空气不从房间吸取）能够有效地满足动物的通风需求，不需要给次级围护结构通风。从这个方面说，如果没有独立的初级围护结构通风，次级围护结构还是需要的。即便如此，次级围护结构应该有充足的通风以承担初级围护结构释放的热负荷。如果专用的围护结构包含有适当的颗粒和气体过滤来处理污染危险，次级围护结构中可以使用再循环空气。

动物试验室内使用再循环空气可以节省大量能量，但可能要带来一些风险。许多动物病原体都可通过空气传播或者附着在污染物上传播，如灰尘，所以排风再循环供给多个房间的 HVAC 系统会存在交叉污染的危险。排风应在再循环之前经过 HEPA 过滤去除空气传播微粒；过滤的程度和效率应与预计的风险相应…。但是，在某些情况下的危险可能太大了，不能考虑使用再循环（如：对非人类灵长动物

和生物危险区域的情况)。

对于动物管理和饲养区域的通风应优先采用非再循环空气。”

NIH 动物试验室设计方针及指南，1996 年版，D-16 页

空气质量

“在动物试验室中禁止空气再循环使用。”

生物危害的防护

ILAR 实验动物的管理及使用指南，17、76 页

“危险物质应被遏制在研究环境内。那些将污染物逸出减至最少的气流控制（如通过使用生物安全柜）是处理和管理危险物质、完成污染动物尸体解剖的主要屏障（CDC1995；Kruse 及其他 1991）。设施的特殊特征诸如气闸间、负压、空气过滤、自动切换的冗余机械设备是防止危险从设施和实验环境偶然释放的次级屏障。

防护要求使用生物安全柜和带排风的气闸室或其它手段，它们中的部分内容在第一章中描述。”

NIH 动物试验室设计方针及指南，C-5 页

对于特殊要求，参考疾病控制与防治中心（CDC）及 NIH 对生物安全等级（BL）的划分和设计指导。NIH 所有的实验室最低限度是按 BL2 型设施设计的。

参考文献:

1. 美国热工, 制冷和空调工程协会 (ASHRAE), 应用手册, 1999 年版。
2. 美国热工, 制冷和空调工程协会 (ASHRAE), 基础手册, 2001 年版。
3. 加拿大动物管理协会, 实验动物管理和使用指南, 1993 年版, 第 1 卷第 2 版。
4. (ILAR) 实验动物管理和使用指南。1996 年出版。
(实验动物研究所 (ILAR)、生命科学委员会、国家研究委员会编写)
5. NIH 设计方针和指南 (动物实验室), 国家健康研究所编写。

补充参考文献和资料

生物安全等级 1—4 类型空间

1. 微生物和生物医学实验室内的生物安全, 第 3 版 1993 年。CDC (疾病控制和防护中心) 和 NIH (国家健康研究所) 编写。
2. 实验生物安全指南, 第 2 版 1996 年。生物安全办公室、疾病控制实验中心、加拿大健康办公室编写
3. 通风设备的防护标准, 第 1 版。加拿大农业和农业食品出版。

其它参考材料

1. 设施规划手册, 第 2 卷, 实验动物试验室, 1991 年版。Theodorus Ruys. 编辑。由国际实验动物管理和评估鉴定委员会重印。
2. 研究动物管理和使用中的职业健康和安全, 1997 年版。实验动物研究所 (ILAR)、生命科学委员会、国家研究委员会编写。
3. 实验动物科学 50 年, 1999 年版。美国实验动物科学协会编写。

行业组织/联盟网站

- 美国实验动物科学协会 (AALAS) www.aalas.org
- 美国供暖、制冷和空调工程协会 (ASHRAE) www.ashrae.org
- 国际实验动物管理评估和鉴定委员会 (AAALAC) www.aaalac.org
- 加拿大实验动物科学协会 (CALAS) www.ccac-acsal.org
- 加拿大动物管理委员会 (CCAC) www.ccac.ca
- 欧盟实验动物科学协会 (FELASA) www.felasa.org
- 国际实验动物科学委员会 (ICLAS) www.iclas.org
- 实验动物研究所 (ILAR) www.nas.edu/cls/ilarhome.nsf
- 实验动物管理协会 (LAMA) www.lama-online.org
- 实验动物科学协会 (LASA) www.lasa.co.uk
- 北京市实验动物管理办公室 (BAOLA) www.kytj.bsti.ac.cn

实验室动物研究词汇表

详尽的词汇表可在下列网址上看到:

<http://www.ccac.ca/english/guidesmw/appxvii.doc>

(MS Word)

<http://www.ccac.ca/english/guides/appxvii.wpd>

(Word Perfect)

国内主要客户名录

- ◆ 南京大学国家遗传工程小鼠资源库
- ◆ 中关村生命科学园—北京生命科学研究所以
- ◆ 北京结核病研究所负压动物房
- ◆ 厦门北大生物园
- ◆ 流行病研究所 P2 实验室
- ◆ 军事医学科学院实验大楼
- ◆ 国家动物疫病诊断液制备中心（血清库）
- ◆ 北京农学院实验大楼
- ◆ 江苏出入境检验检疫局
- ◆ 苏州惠氏-百宫制药有限公司
- ◆ 无锡阿斯特拉制药有限公司
- ◆ 印度惠氏制药(Wyeth Lederle)有限公司
- ◆ 海南新大洲一洋药业有限公司
- ◆ 科兴生物
- ◆ 北京垂杨柳医院手术室
- ◆ 杜邦公司（上海）
- ◆ 军事医学科学院实验动物中心
- ◆ 长江生命科技发展有限公司（香港）P3 实验室
- ◆ 中国医学科学院血液学研究所
- ◆ 云南省疾病控制中心（CDC）P3 实验室
- ◆ 天津疾病控制中心（CDC）P3 实验室
- ◆ 上海中医药创新园
- ◆ 中国疾病控制中心（CDC）- 性病、艾滋病中心 P3 实验室
- ◆ 广州中山大学 P3 实验室
- ◆ 北京天坛生物制药股份有限公司
- ◆ 内蒙古自治区兽医工作总站 P3 实验室
- ◆ 上海疾病控制中心（CDC）P3 实验室
- ◆ 广东省检验检疫局 P3 实验室
- ◆ 山东省肿瘤医院 P3 实验室