

一种经济智能可追溯环境湿度控制平台的搭建

张海燕, 李杰

(中国科学技术大学 生命科学实验中心, 安徽 合肥 230031)

摘要: SPF 级动物房有标准规范化的建设要求, 建成投入运行后, 施工改造较为困难。这里搭建了一种远程可控、数据可追溯的湿度控制平台对其特定区域进行湿度管理。通过无线网络将除湿机, 湿度监控仪, 抽水泵以及设备管理人员手机端相连, 当环境湿度超过限定值时, 提醒管理人员远程启动除湿装备, 分离空气中的水至储水箱, 储水箱中的水位感应探头智能控制水泵将水排出动物房外。监控系统可展示实时数据, 记录的数据长期保存, 以便后期回溯分析。该平台为屏障内环境特定区域的湿度控制提供了一种低成本、可复制的解决方案。

关键词: 环境湿度控制;数据可追溯;远程控制;SPF 级动物房

Establishment of an economic intelligent traceable environmental humidity control platform

Zhang Haiyan, LI Jie

(Core facility center for life sciences, university of science and technology of China)

Abstract: The establishment of SPF laboratory animal facilities are standardized, scientific and normalized requirement. It is difficult to reconstruct once it goes into service. This introduces a humidity control platform which is remote controllable and date traceable for managing humidity in specific area of SPF laboratory. The platform consists of dehumidifier, water pump and humidity monitor which is connected mobile terminal of equipment manager through the wireless network. When the ambient humidity exceeds the limit value, the manager can remotely open the dehumidifier that separate the water in the air to the storage tank in which there are two water level sensing probes to intelligently controls the water pump to discharge the water outside of the animal laboratory. The data can be real-time displayed and long-term stored by the monitor system for later review and analysis. The platform provides a low-cost, replicable solution for humidity control in specific areas of the SPF laboratory.

Key word: Environmental humidity control;Data traceability;remote control;SPF laboratory animal facilities

1 引言

小动物活体光学成像系统是临床前研究疾病模型及药物开发的常用设备，相比小动物超声、小动物 micro-CT,光学成像具有灵敏度高，成像速度快，通量大等优点，该设备的关键核心是高灵敏度的 CCD 相机。这类相机工作温度越低，电流产生的背景噪音干扰越小，因此 CCD 相机的工作温度通常在-90 度甚至更低。但是低温下，空气中的水蒸气容易凝结成水，会对光学部件产生腐蚀，因此该设备对环境湿度有严格要求，需要控制在 60%RH 以下，如果湿度超出该范围，CCD 相机容易发出故障，造成背景信号急剧增加，设备无法正常使用，图 1 展示了珀金埃尔默公司的 IVIS Spectrum 小动物活体成像系统 CCD 相机受潮后背景噪音超出了靶标信号值导致仪器无法使用。该故障一旦发生，无法逆转，只能更换 CCD 相机解决，更换费用非常昂贵，给用户维修带来极大的经济压力。因此，给仪器提供一个符合要求的工作环境是保障仪器正常运行使用的必要条件，也降低了仪器发生故障的隐患。

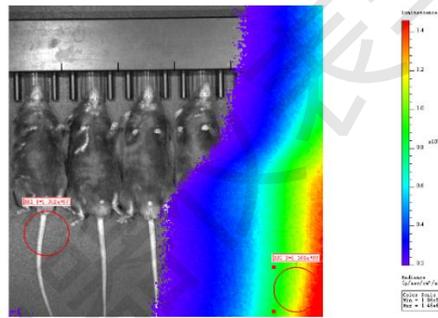


图 1 CCD 受潮背景噪音增加

2 湿度控制平台的搭建

2.1 设备工作区域湿度改造的必要性与困难

小动物活体成像系统的观测对象是模型动物，常被安装在 SPF 级动物房的屏障系统内。SPF 级动物房的建筑有标准规定^[1,2]，温度设定 20-26°C，相对湿度 40%-70%。中央空调统一设定温湿度值，集中控制动物房内所有房间湿度，优点是方便管理，缺点是所有区域统一控制，无法满足特定区域特殊天气条件下的需求。比如国内南方地区高温高湿的“回南”天、“梅雨天”，室内湿度往往会达到 70%RH，这个湿度远远超出了小动物活体成像系统的要求。SPF 级动物房作为屏障环境，一旦建成投入使用，施工改造带来的粉尘，会影响环境的洁净程度；施工改造带来的噪音对饲养在里面的模型，尤其是行为学和神经学研究的模型产生不良影响。另外，为了严格控制微生物、蚊虫、野生鼠的进入，动物房饲养室和实验区域内禁止安装下水管道和地漏，如何将除湿产生的水排出动物房外也是需要考虑优化的问题。

2.2 区域化湿度控制平台的搭建

这里提出的解决方案是在仪器工作区域内搭建小范围独立的、减少破坏原有实验室建筑硬件的湿度控制平台。该平台由监控系统、除湿系统、排水系统和远程控制系统组成（见示意图 2）。

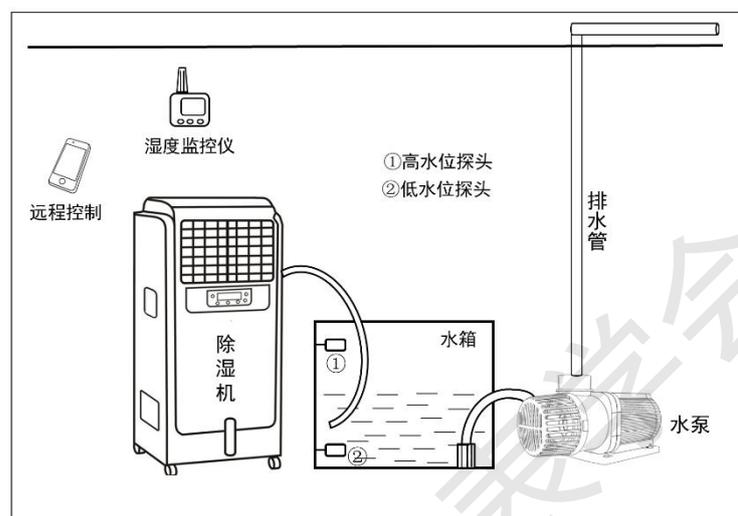


图 2 湿度控制平台示意图

监控系统可实时监测环境温度和湿度，并可设置温湿度阈值和数据记录频率，当环境湿度超出阈值时，监控探头会发出警报声，同步往电脑端和手机端 APP 发出报警讯息，提醒工作人员进行处理。同时，监控系统记录的报警信息和数据记录可长期保存，最长可回溯最近三年的历史记录（图 3 监控系统展示检索时间段为近期一个月的历史记录），以备后期有需要时查看分析。



图 3 展示一个月的温湿度记录

除湿系统由除湿机、带水位感应探头的外置水箱以及抽水泵组成。工作人员可通过手机 App 根据湿度监控数据远程控制除湿机的开启和关闭。除湿机产生的水储存到外置水箱，极

大地扩容了除湿机自身携带水箱的储存能力。在外置水箱顶部和底部分别安装了两个水位感应探头，当水位到达顶部的探头时，系统启动水泵，水通过耐高压软管往上经天花板排出到屏障系统外的排水管中；当水位回落到底部的探头位置时候，系统关闭水泵^[3]。这种根据水位情况自动泵水的设计，避免了水泵的空转，降低了能耗。耐高压软管上排水的方式，只需在仪器所在区域房顶开一个直径 2cm 的孔洞即可实现，施工简单，动静小，最大限度的减少了对屏障环境的影响。

3 湿度控制平台的可行性分析

该湿度控制平台搭建成功以后，小动物活体成像系统所在房间的湿度得到了有效的控制，并成功预警了三次 SPF 级动物房异常的温湿度，成了 SPF 级动物房监控系统的补充装备。该平台经济方面可行性高，总体成本可控制在一万元以内。可实施性高，自第一套系统成功运行以后，已在生命科学实验中心三个 SPF 级动物房特定区域内成功复制。自动化程度高，可自动除湿，智能排水，无警报情况不需进出屏障查看，减少了工作人员的负担，降低了环境污染的风险。

综上所述，该平台搭建成本低，施工简单，易于推广，智能可控，数据可回溯，是特殊环境下湿度主动控制的行之有效的方案。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国国家标准. GB/T14935-2001《实验动物环境及设施》[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2001.
- [2] 孙洪计,李祥子. 医学院校SPF级动物实验室建设与管理—以皖南医学院为例[J]. 实验技术与管理, 2020, 37 (6) :269-272.
- [3] 梅亚飞. 家用抽水泵自动控制开关系统的研制[J]. 中国科技信息, 2012 (13) :114.