

高等级生物安全实验室全新风直流空调系统热回收方案分析

中国中元国际工程公司 刘培源[☆] 李 侃 李著萱

摘要 探讨了高等级生物安全实验室全新风直流空调系统的热回收方案,指出了显热回收的液体循环式热回收器最适合高等级生物安全实验室热回收方式。通过计算分析了我国部分主要城市的液体循环式热回收方案经济性,得到了节能效益随着纬度的升高而提高的结论,并给出了定量的分析结果。

关键词 生物安全实验室 液体循环式热回收器 经济性 节能

Heat recovery scheme about all fresh air conditioning system for advanced biosafety laboratory

By Liu Peiyuan[★], Li Kan and Li Zhuxuan

Abstract Discusses the heat recovery scheme, and points out that the liquid circulation heat recovery equipment is the most suitable heat recovery equipment for the advanced biosafety laboratory. Through calculating and analyzing the economic effects of liquid circulation heat recovery equipment for main cities in China, concludes that the quantity of energy saving is improved with the latitude increasing, and gives the quantitative analysis results.

Keywords biosafety laboratory (BSL), liquid circulation heat recovery equipment, economic effect, energy efficiency

★ China IPPR International Engineering Corporation, Beijing, China

①

0 引言

随着我国科学技术的进步,以及世界上越来越多的未知病毒危害,原来的低等级生物安全实验室已经不能满足我国科学研究的需要,越来越多的高等级生物安全实验室开始建设。生物安全实验室共分4级,其中1级对生物安全隔离的要求最低,4级最高。所谓高等级生物安全实验室是指BSL-3级、BSL-4级、ABSL-3级、ABSL-4级生物安全实验室。3级实验室中的病毒是指对人体、动植物或环境具有高度危害性,通过直接接触或气溶胶使人传染上严重甚至是致命疾病,或对动植物和环境具有高度危害的致病因子,通常有预防和治疗措施;4级实验室中的病毒是指对人体、动植物或环境具有高度危害性,通过气溶胶途径传播或传播途径不明,或未知的、高度危险的致病因子,没有预防和治疗措施。

3级和4级生物安全实验室应采用全新风系统^[1],不得循环使用实验室防护区排出的空气^[2],

这样,3级和4级实验室运行能耗就会很大。因此,在空调风系统设计中,经常想到采用热回收装置,但是,由于实验室的排风中有可能含有致病因子,而设计中首先要考虑的是安全性,因此使用哪种类型的热回收装置需要慎重考虑。

1 热回收装置的选择

现在工程中常用的热回收装置主要有:转轮热回收器、板式热回收器、板翅式热回收器、溶液吸收式热回收装置、热管式热回收器、液体循环式热回收器等。

其中,转轮热回收器、板翅式热回收器和溶液吸收式热回收装置的效率高,但是它们都属于全热

①[☆] 刘培源,男,1979年10月生,硕士,工程师
100089 北京市西三环北路5号中国中元国际工程公司工业设计研究院
(010) 68732554
E-mail:liupeiyuan@yeah.net
收稿日期:2011-02-25
修回日期:2011-04-29

回收装置,对于高污染性排风而言,是很不安全的,不应采用;板式热回收器虽然在设计上属于显热回收装置,但是并不是完全密闭的,正常状态的漏风量也在 4% 左右,更何况在长期使用中难免会出现换热板损坏的情况,更加剧了泄漏的危险性,因此也不建议采用;热管式热回收器可以做成完全隔离的显热换热器,但是由于其属于无动力的热回收器,不太适合高等级生物安全实验室这种空调新风机组与排风机组距离很远的情况。

液体循环式热回收器是显热回收装置,分别在送风机箱和排风机箱安装一个盘管,依靠泵循环管道中的乙二醇溶液回收排风中的能量,这种系统完全隔离了送排风系统,而且由于生物安全实验室空调系统送排风设备距离通常很远,采用乙二醇溶液泵可不受场地的限制。可见,液体循环式热回收器是安全的,也是最适合生物安全实验室空调系统的热回收装置。

2 典型案例的经济性分析

液体循环式热回收器的造价较高,在使用前应把经济性作为设计的重要指标之一,但是由于设计周期短、各地气象参数各异,设计人员往往来不及考虑其经济性,而是根据经验,或把建设方的意见和初投资数额作为是否设计热回收装置的参考,这就不可避免地会出现一些误差。本文将以北北京某高等级生物安全实验室为例,分析液体循环式热回收器的经济性。

2.1 负荷计算

北京某高等级生物安全实验室空调全新风系统,安装液体循环式热回收器,冬夏季室内温度均为 22℃,送风量为 10 000 m³/h,排风量为 12 500 m³/h。冬季热源为区域燃气锅炉,夏季冷源为风冷冷水机组。由于实验的连续性,该空调系统存在 24 h 运行的可能,且很可能跨季节运行,因此计算周期取 1 a。北京地区全年各室外温度区间累计时间见表 1^[3]。

表 1 北京地区全年各室外温度区间累计时间

温度区间/℃	≤-10	-10~-5	-5~0	0~5	5~10	10~15
累计时间/h	79	509	996	1 019	1 038	1 126
温度区间/℃	15~20	20~25	25~30	30~35	≥35	总计
累计时间/h	1 134	1 397	1 097	351	14	8 760

采用负荷频率表法计算全年能耗^[4],计算公式如下:

$$q = \sum_x [c_p(t_{wx} - t_n)f_x N] \quad (1)$$

式中 q 为处理 1 kg/h 空气所需的全年能耗, kJ·h/(kg·a); c_p 为空气的比定压热容,取 1.005

kJ/(kg·℃); t_{wx} 为某一时刻室外空气干球温度, 闭合区间取中间值,开敞区间取边界值,℃; t_n 为室内设计温度,℃; f_x 为某一时刻室外干球温度的年小时频率值; N 为全年运行时间, h/a。

根据式(1)计算得到,北京地区处理 1 kg/h 空气冬季所需的显热量约为 93 130 kJ·h/(kg·a), 总显热量 $Q_d = 10\ 000\ \text{m}^3/\text{h} \times 1.2\ \text{kg}/\text{m}^3 \times 93\ 130\ \text{kJ}\cdot\text{h}/(\text{kg}\cdot\text{a}) = 11.17 \times 10^8\ \text{kJ}/\text{a}$ 。处理 1 kg/h 空气夏季所需要的显冷量约为 10 652 kJ·h/(kg·a), 总显冷量 $Q_x = 10\ 000\ \text{m}^3/\text{h} \times 1.2\ \text{kg}/\text{m}^3 \times 10\ 652\ \text{kJ}\cdot\text{h}/(\text{kg}\cdot\text{a}) = 1.28 \times 10^8\ \text{kJ}/\text{a}$ 。

2.2 运行费用分析

为保证高等级生物安全实验室的安全运行,设计中没有因为安装了热回收装置而降低热源及冷源设备的额定功率,因此可以认为冷热源的初投资不受影响。

冬季热源为区域燃气锅炉,天然气热值取 35 MJ/m³,天然气价格为 2.05 元/m³,热回收效率取 0.4,锅炉热效率为 0.9,热水输送效率为 0.95。夏季采用风冷冷水机组供冷,电费取 0.55 元/(kW·h),COP 取 3.0,热回收效率取 0.4。考虑到实验室的实际使用频率及检修消毒需要,认为一年中有半年时间空调机组停止运行,而且乙二醇循环泵电功率约为 1.1 kW。故冬季节省运行费用为 13 527 元,夏季节省运行费用为 437 元,全年节省费用为 13 964 元。

由于生物安全实验室的特殊性,本例中采用了优质的空调设备,液体循环式热回收器系统投资额大约为 50 000 元,使用寿命在 10~15 a 左右。根据以上计算,热回收设备的投资回收期为 3.58 a,小于机组的使用寿命,因此北京地区可以采用。

3 全国范围内的适用性分析

由以上的案例分析可以看出,高等级生物安全实验室安装液体循环式热回收器,其冬季的热回收效益要远远好于夏季,因此北京以北地区的热回收效益肯定好于北京,值得采用。而我国南方地区是否值得推广,其临界线在哪里,需要进一步探讨。

假设其他基本条件不变,按照以上步骤重新计算中国其他城市的热回收经济性参数,由于高等级生物安全实验室一般情况下只在重要的城市中建设,故表 2 中只列出了中国部分主要城市及典型气候代表城市的热回收经济性参数,并按照投资回收期从短到长的顺序排列。

表2 中国部分主要城市热回收经济性参数

地区	冬季节省 费用/元	夏季节省 费用/元	全年节省 费用/元	投资回收期/ a
漠河	34 249	-18	34 231	1.46
哈尔滨	24 668	-5	24 663	2.03
长春	22 300	-61	22 239	2.25
乌鲁木齐	20 815	247	21 062	2.37
呼和浩特	20 695	21	20 716	2.41
西宁	20 669	-63	20 606	2.43
沈阳	18 230	111	18 341	2.73
承德	17 381	208	17 589	2.84
拉萨	17 410	-114	17 296	2.89
银川	16 817	72	16 889	2.96
兰州	15 714	93	15 807	3.16
太原	15 210	60	15 270	3.27
北京	13 527	437	13 964	3.58
天津	13 211	395	13 606	3.67
石家庄	12 483	508	12 991	3.85
西安	11 630	541	12 171	4.11
济南	11 022	640	11 662	4.29
郑州	11 029	571	11 600	4.31
南京	9 815	706	10 521	4.75
合肥	9 309	654	9 963	5.02
武汉	8 400	1 072	9 472	5.28
长沙	8 156	722	8 878	5.63
杭州	8 218	601	8 819	5.67
上海	8 264	429	8 693	5.75
南昌	7 511	928	8 439	5.93
贵阳	8 656	-154	8 502	5.88
成都	7 598	94	7 692	6.50
昆明	7 852	-332	7 520	6.65
重庆	6 194	690	6 884	7.26
桂林	5 892	920	6 812	7.34
福州	4 606	1 035	5 641	8.86
南宁	3 103	1 320	4 423	11.30
广州	2 881	1 274	4 155	12.03
海口	1 058	1 610	2 668	18.74

注:冬季 ≤ -10 °C的平均温度,哈尔滨取 -18 °C,漠河取 -23 °C,长春、乌鲁木齐取 -15 °C,沈阳、呼和浩特取 -13 °C。

由表2可以看出:

1) 我国各地的高等级生物安全实验室安装液体循环式热回收器,冬季的节能效果均远好于夏季;

2) 高等级生物安全实验室安装液体循环式热回收器的投资回收期,随着纬度的升高而逐渐缩短;

3) 有些夏季凉爽地区的高等级生物安全实验室,夏季节省的运行费用甚至为负值,就算安装了液体循环式热回收器,夏季也不应当运行;

4) 我国低纬度地区高等级生物安全实验室安装液体循环式热回收器的回收期最长,节能效果差,不适合采用这种热回收器,这个区间集中在我国北纬 26° 以南的地区;

5) 我国中纬度地区高等级生物安全实验室安

装液体循环式热回收器回收期比较长,节能效果一般,是否采用这种热回收器应根据投资规模、场地面积等其他因素综合衡量确定,这个区间集中在我国北纬 26° ~北纬 31° 地区;

6) 我国高纬度地区高等级生物安全实验室安装液体循环式热回收器的回收期短,节能效果好,适合采用这种热回收器,这个区间集中在我国北纬 31° 以北的地区;

7) 西藏地区虽然纬度不高,但是海拔高、气温低,属于适合采用液体循环式热回收器的地区。

4 结论

4.1 液体循环式热回收器是最适合高等级生物安全实验室的热回收装置。

4.2 高等级生物安全实验室空调系统对于液体循环式热回收器的设计应侧重于冬季,因为冬季节省的能量占了总节能量的绝大部分,部分地区夏季甚至需要停止热回收装置的使用才能获得更大的节能效益。

4.3 高等级生物安全实验室安装液体循环式热回收器确实有一定的节能效果,但不同地区的节能效果有很大的差异,总体看来,我国高纬度地区(北纬 31° 以北)应用节能效果好,低纬度地区(北纬 26° 以南)应用节能效果差。

4.4 以上的经济性分析是基于现有的实例进行的,对于不同的情况,应当具体分析,比如采用费用较低的供热热源和制冷冷源就会延长回收期,而采用热回收率高的设备就会缩短回收期。

4.5 本文采用的全年负荷计算方法不够精细,只作了定性的分析,对于特定地点的特定建筑,应当采用专业的建筑物全年能耗计算软件分析,以获得更准确的结果。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部. GB 50346—2004 生物安全实验室建筑技术规范[S]. 北京:中国建筑业出版社,2004
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB 19489—2008 实验室生物安全通用要求[S]. 北京:中国标准出版社,2009
- [3] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京:中国建筑业出版社,2005
- [4] 钱以明. 高层建筑空调与节能[M]. 上海:同济大学出版社,1990