

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2014.S1.011

寒潮对秋末冬初上海学生宿舍室内环境的影响

卢思亮, 沈莉莉, 李棠玉, 钟珂

(东华大学环境科学与工程学院, 上海 201620)

摘要:健康舒适的学生宿舍环境是保证大学生日常学习生活的必要条件。对上海非供暖宿舍寒潮期室内 CO₂ 浓度和热环境参数进行为期 29 天的实测。结果表明寒潮期上海非供暖学生宿舍室内温度略低于所需供暖室内临界温度, CO₂ 浓度远超过人体长期处在室内所能接受的限制浓度。通过比较不同气密性房间热环境参数和 CO₂ 浓度, 指出房间气密性对寒潮期间室内 CO₂ 浓度影响较大, 对室内热环境影响较小。

关键词:学生宿舍; 寒潮天气; CO₂ 浓度; 室内热环境; 气密性

中图分类号: TU 111.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-4764(2014)S1-0041-03

Effects of Cold Spell on Student Dormitory in Shanghai in the Early Winter

Lu Siliang, Shen Lili, Li Tangyu, Zhong Ke

(School of Environmental Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, P. R. China)

Abstract: Healthy and comfortable dormitory environment has a major impact on students' daily life. Indoor thermal environment parameters and CO₂ concentration of typical student dormitories under natural ventilation during cold spell was studied through a 29-day continuous measurement. As a result, the indoor temperature is a little bit less than the indoor critical air temperature for heating. However, the indoor CO₂ concentration in student dormitory is much beyond the acceptable concentration. Air tightness is pointed out to have a more appreciable impact on the indoor CO₂ concentration than on thermal environment parameters by comparing thermal environment parameters and CO₂ concentration of two dormitories with different air tightness.

Key words: student dormitory; cold spell; CO₂ concentration; indoor thermal environment; air tightness

随着全球极端天气日益增加, 人们处在室内的时间远比过去长, 对室内热环境和空气品质的要求也日益提高。秋末冬初寒潮天气频繁, 为保证室内热舒适, 人们通常紧闭门窗使自然通风量减小, 然而室内空气品质下降, 尤其 CO₂ 浓度会增加。室内过高的 CO₂ 浓度对人体也有直接的有害影响¹。特别是对于房间体积小, 人群相对密集的高校宿舍而言, 适宜的室内热环境和良好的室内空气品质之间的矛盾更加突出。

因此, 如何在这种情况下创造一个室内热舒适环境并且维持良好的室内空气品质显得尤为重要。为了探究寒潮天气对秋末冬初大学生宿舍室内环境的影响, 本文通过对上海高校学生宿舍的室内环境进行了为期 29 d 的实测。通过对实测数据的分析, 对秋末冬初上海大学生宿舍改善空气品质提出了相应的建议。

1 实测房间与方法

1.1 实测房间情况和实测时间

本文实测宿舍位于上海市松江大学城二期学生宿舍, 7 层高(约 21 m)。本文选择两个代表性宿舍 A 和 B 进行实测。两个宿舍均为朝南房间且位于同一楼层, A 房间的气密

性好于 B 房间。每间宿舍共有 4 人居住, 建筑面积约 20 m², 阳台有 1 扇门(0.8 m×2 m)和 2 个窗户(0.6 m×0.9 m, 单层有窗帘)。测试期间, 白天窗户均开启, 自然通风效果良好, 晚上睡觉拉上窗帘, 关闭阳台门, 根据室外气温来决定是否关窗。实测时间为 11 月 2 日至 11 月 30 日, 每天 24 h 连续测量。

1.2 实测方法

本文所采用的仪器为 Humlog-20, 可同时实时监测和记录室内空气温度、相对湿度及二氧化碳浓度。温度分辨率为 0.1 °C, CO₂ 浓度分辨率为 50 ppm。本文实测期间采样记录数据的时间间隔为 1 分钟。数据采样和存储间隔均为 1 s, 并通过 SmartGraph3 软件导出。仪器置于距地面 2 m, 离人较远的位置。

2 测量结果及分析

实测期间正值秋冬换季, 11 月 28 日遇寒潮, 为寒潮天。为研究室外气候对室内环境的影响, 本文选取气候相对温和的正常天 11 月 6 日与寒潮天的实测数据进行分析比较。

2.1 室内环境分析

图 1 是上述寒潮天和正常天室内外温度逐时变化曲线。

从图中可以看出,正常天和寒潮天室内温度均保持稳定,不随室外温度有很大的波动。寒潮天室内温度波动范围大致为 16~17.5℃,而需要供暖室内热环境标准一般为 18℃,因此,寒潮天宿舍室内温度略低于该值,但满足高于人体卫生健康标准的 12℃。正常天室内温度波动范围大致在 22~23℃,处于冬季人体舒适温度(18~25℃)范围内。

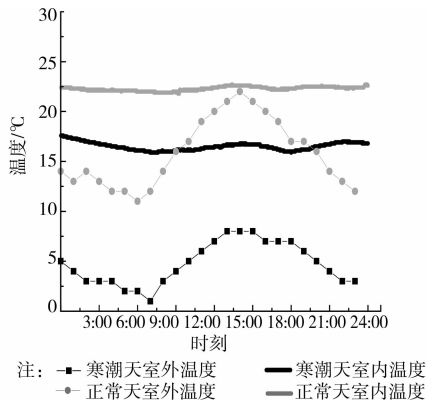


图 1 寒潮天和正常天室内逐时温度

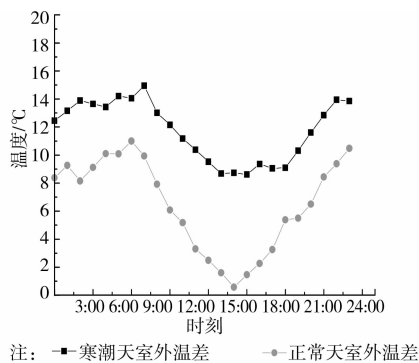


图 2 寒潮天和正常天逐时室内外温差

图 2 是寒潮天和正常天室内外温差逐时变化曲线。从图中分析得到,寒潮天与正常天室内外温差走势相近,温差最大均出现在早晨 6~7 h 之间;温差最小出现在下午 14 h 左右,这与室外出现最低和最高气温的时间一致。同时,从图中也可以看出,寒潮天温差明显高于正常天温差。室外气温越低,室内外温差越大,这可能是因为围护结构传热延时效应随室外气温减小而增大^[1-2]。

图 3 是寒潮天和正常天室内相对湿度逐时变化曲线。从图中可得,寒潮天室内湿度明显低于正常天室内相对湿度。寒潮天室内相对湿度在 25%~43%,正常天室内相对湿度在 52%~62%。并且从 18 时起,寒潮天室内相对湿度从最低点近似直线增加,可以理解为此时正是学生在室内聚集的时段,室内湿负荷增大。根据我国规定的舒适相对范围(40%~65%)^[3]可以看出,寒潮天有近 90%的时间低于下限。

图 4 显示的是最冷天和过渡天 CO₂ 浓度的逐时变化曲线。从图中可以得到,在 19 时之前,两者之间的 CO₂ 浓度差别不大。19 时之后,寒潮天 CO₂ 浓度骤增,这是因为寒潮天学生为防止冷风进入室内,在宿舍期间关门关窗,导致自然通风效果不佳,空气质量下降。这表明室外温度大小对室内 CO₂ 浓度有较大的影响。

学生主要呆在室内的时间段为夜间(20:00~次日 6:00),因此夜间空气质量非常重要。从图 4 可以看出,寒潮天最高浓度在晚上 22:00~24:00 出现。在寒潮天和正常天,夜间 CO₂ 最大浓度分别约为 1 100 ppm 和 1 800 ppm 左右,最低浓度分别高于 700 ppm 和 800 ppm。根据 ASH-ARAE、WHO⁴ 等国际权威机构推荐以 1 800 ppm 为室内人体长期接触的理想浓度或可接受浓度限值^[4-7]。因此,学生宿舍冬季平均浓度满足低于 CO₂ 浓度限值,不过相比夏季室内 CO₂ 浓度³,仍处于高位状态。

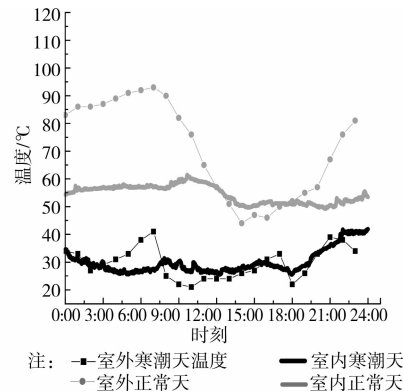


图 3 寒潮天和正常天室内相对湿度逐时曲线

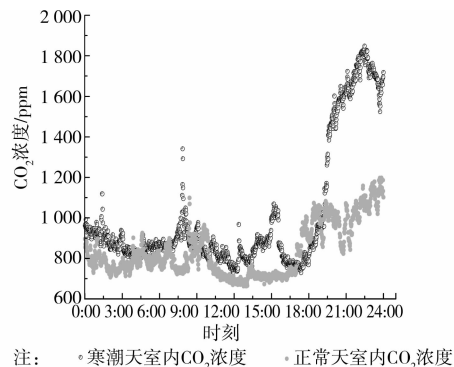


图 4 寒潮天和正常天 CO₂ 浓度逐时曲线

图 5 表示的是 2013 年 11 月 25 日到 28 日学生宿舍从夜间(睡眠期间)9 点到次日早晨 8 点睡眠期间 CO₂ 浓度的频率分布图。从图中可以看出,有 26% 的时间 CO₂ 浓度在 1 000 ppm 以下,约有 70% 的时间 CO₂ 浓度在 1 000 ppm 到 1 800 ppm 之间,有 5% 的时间 CO₂ 浓度超过标准限值 1 800 ppm。因此,夜间学生睡眠仍需改善室内空气质量。

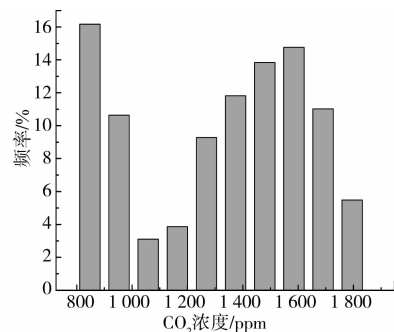


图 5 25 至 28 日睡眠期间 CO₂ 浓度频率分布

2.2 气密性对室内环境的影响

为比较建筑的气密性对室内空气质量的影响,本文对房间 A 和 B 进行寒潮天 CO₂ 浓度的实测并进行比较,如图 6 所示。在同样时段关门关窗的情况下(凌晨 1 时至 8 时,夜间 19 时至 0 时),气密性好的宿舍 CO₂ 浓度最高可超过 3 000 ppm,已经远远超过人体室内可接受的浓度限值。而气密性差的宿舍 CO₂ 浓度最高不超过 2 000 ppm。表明气密性对室内 CO₂ 浓度有很大的影响。

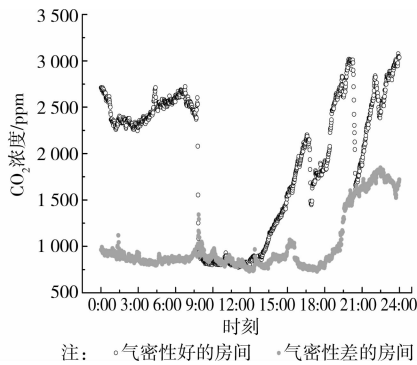


图 6 不同气密性房间的 CO₂ 浓度逐时曲线

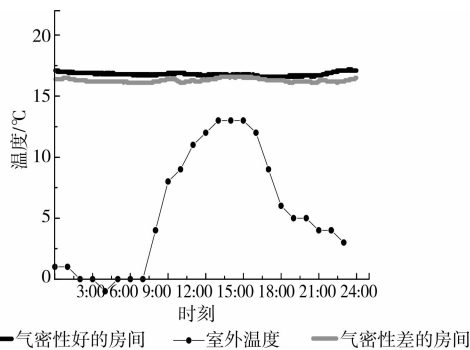


图 7 不同气密性房间的室内外气温逐时曲线

图 7 表示的是气密性好的宿舍 A 与气密性差的宿舍 B 的室内气温逐时变化曲线以及当日(11 月 30 日)室外温度逐时变化曲线。从图中可知,在睡眠时段关门关窗的情况下,气密性较好的房间室内温度略高,但两者相差不大,在 1 °C 以内,表明房间气密性对不供暖学生宿舍室内环境影响并不大。

图 8 表示的是不同气密性室内相对湿度的逐时变化曲线。从图中可以看出,房间气密性对室内相对湿度有很大的影响。气密性好的房间 A 在睡眠时段(夜间 21 时至次日早晨 8 时)关门关窗的情况下,相对湿度均在 45% 以上,处在国家标准给出的人体舒适相对湿度范围,且从凌晨 0 时至早上 8 时相对湿度稳定在 50% 左右,而气密性差的宿舍只有 10% 的时间超过 40%。

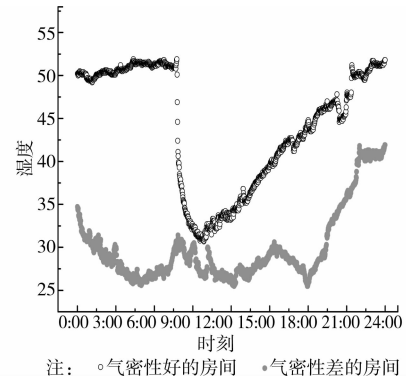


图 8 不同气密性室内相对湿度逐时曲线

3 结论

通过对上海地区秋末冬初季节学生宿舍热环境和空气质量的探究,得到了以下结论。

1)即使在寒潮来临时学生宿舍室内温度仍稳定在 16 °C ~ 17.5 °C 左右,略低于需要供暖室内温度 18 °C,并且气密性好坏对室内温度的影响不大。

2)寒潮天气学生宿舍 CO₂ 浓度明显高于正常天气,且与房间气密性有很大的关系。气密性好的房间 CO₂ 浓度明显高于气密性差的宿舍,且房间 CO₂ 浓度远高于人体长期处在室内所能接受的限制浓度。因此,宿舍空气质量不容乐观。

3)寒潮天气学生宿舍相对湿度受到学生和气密性的影响很大。夜间学生在宿舍时的相对湿度明显高于白天学生上课时的室内相对湿度。气密性好的宿舍相对湿度能达到舒适范围,而气密性差的宿舍很难达到。

总结以上结论,寒潮天气不会严重影响过渡季节学生宿舍室内热环境,但对室内空气质量影响很大。

参考文献:

- [1] Usha S, Mark J. M, et al. Is CO₂ an indoor pollutant? direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance [J]. Environmental Health Perspectives, 2012,120(12): 1671-1677.
- [2] 唐鸣放,左现广. 节能建筑冬季采暖临界温度[J]. 西安建筑科技大学学报,2001,33(4):321-324.
- [3] 张宁波,亢燕铭,钟珂. 夏热冬冷地区典型学生宿舍夏季室内空气环境的研究[J]. 东华大学学报(自然科学版),2013,39(5):656-661.
- [4] GB/T 17094—1997 室内空气中二氧化碳卫生标准[S]. 北京:中国标准出版社,1997.
- [5] 钟珂,王琦,亢燕铭. 夏热冬冷地区冬季供暖方式的选择[J]. 暖通空调,2004,34(12):70-73.
- [6] GB/T 18883—2002 室内空气质量标准[S]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [7] 徐业林,赵玉琳,王志强,等. 室内空气中二氧化碳变化趋势及现状调查[J]. 安徽预防医学杂志,2010,(4):272-273,280.