

Analysis and Measurements of Microenvironment in Chinese Passenger Trains

Ying Han¹, Baozhong Zhang²

¹College of Civil and Architectural Engineering, Hebei Polytechnic University, Tangshan, China

²College of Economy and Management, Hebei Polytechnic University, Tangshan, China

Email: hanying@tju.edu.cn, zbz27@yahoo.com

Abstract: As the large-scale sixth speed lift of the railway in China, the capacity of Chinese railway passenger transport has been upgraded substantially. However, there are also some problems of microenvironment in Chinese passenger trains. The main types of present Chinese passenger trains are mentioned in the paper, which are ordinary train without air-conditioner, air-conditioned train and express train. The present situations are analyzed separately according to different types of passenger trains. In order to improve the microenvironment of passenger trains, some measurements are brought forward in this paper, which provides a reference in designing air-conditioning system in passenger trains.

Keywords: trains; microenvironment; analysis; measurements

中国列车车厢内微环境的现状分析与对策

韩莹¹, 张宝忠²

¹河北理工大学 建筑工程学院, 河北唐山, 中国, 063009

²河北理工大学 经济管理学院, 河北唐山, 中国, 063009

Email: hanying@tju.edu.cn, zbz27@yahoo.com

摘要: 随着全国铁路列车第六次大面积的提速, 中国的铁路客运能力也得到大幅地提升。但是列车车厢内的微环境仍然存在一些问题。本文针对目前中国主要的列车类型, 即普通无空调旅客列车, 空调列车和高速旅客列车的现状, 分别做了分析, 并提出了相应的对策, 进一步改善列车车厢内的微环境, 对旅客列车的空调设计具有一定的意义。

关键词: 列车; 微环境; 现状分析; 对策

1. 引言

2007 年国家铁路旅客发送量完成 12.87 亿人, 第六次大面积提速调图后, 共开行旅客列车 1312.5 对, 动车组列车 (时速 200 公里以上), 投入 117 组。^[1]

目前客车车厢按用途分有 18 种, 主要用于旅客列车车厢的有软座车、硬座车、软卧车、硬卧车和餐车。按车厢空气调节方式分为全封闭式车厢有空调和普通旅客列车无空调。

近年来, 旅客列车的乘车环境逐年改进, 随着铁路全封闭空调客车的大量使用, 优质优价的空调客车不断推陈出新, 列车速度大大加快。然而, 由于普通绿皮列车的经济实惠, 仍然是很多低收入人群的首选。所以经常会出现超员的情况, 造成人员拥挤, 车厢内空气质量恶化。随着铁路事业的长足发展, 铁路部门

也投入使用了大量的封闭式空调客车, 但是由于我国列车的人员密度大、空间相对较小, 并且, 空调列车设计的指标主要是改善乘车环境的温度条件, 对车厢内微环境及空气品质考虑较少, 以致长途旅客列车中的乘客会出现疲劳、头昏、胸闷和精神状态不佳等情况。另外, 由于缺少智能化的控制, 当车厢内旅客人员数变化时, 车厢内的设定温度不能随时调整, 给人们带来不舒适感, 并且造成了能源的浪费。所以改善旅客列车车厢内的微环境, 既能提高铁路的经济效益, 更有益于旅客的身心健康。

2. 普通旅客列车

2.1 现状分析

普通旅客列车例如 22、23 和 25B 型列车, 为非

空调车,一般是绿皮车厢,构造速度 120km/h。车窗可以任意开启,夏季与列车外的空气流通,但是列车运行过程当中,如果开启车窗,会给人带来吹风感的不舒适性;冬季由于车窗密封性差,故使得车厢内气温随车厢外环境变化,车厢内玻璃甚至会结冰。

另外,由于普通旅客列车为燃煤取暖,而且冬季寒冷,窗户紧闭,燃煤产生的灰尘、CO,吸烟产生的CO、烟雾以及人们呼出的CO₂等在车厢内散发不出去,因此CO、CO₂和PM是普通旅客列车的主要污染物。^[2]

春运高峰时期,人员超编严重使客室内空气非常混浊。上座率与车厢空气二氧化碳合格率呈正相关关系,为CO₂超标的主要原因^[3]。车厢连接处为吸烟处,所以靠近车厢连接处的座位烟气浓度较高,导致空气质量很差。二氧化碳浓度超标,氧气浓度偏低,使人体产生头晕、恶心等不适的感觉。

由于车厢间的门经常开启,故导致烟气扩散到车厢内。另一方面,尤其冬季,由于普通旅客列车密封性差,所以造成冷空气进入,导致车厢内的温度突然降低。

2.2 改善对策

普通列车车厢的连接处漏风严重,当关闭车厢两端的车门时,能阻断烟气向车厢内的扩散,烟气可以通过缝隙排到车厢外。所以应该设置车门可以自动关闭。否则由于人员的流动,导致车厢间的门常开,同时导致车外冷空气的侵入,既降低了舒适性,也造成能源的浪费。

为了提高普通旅客列车的运行条件,建议将这些列车作为在相同气候区内的短途旅客列车。

对于长途旅客列车,可以增加通风器的数量,同时再设置若干加过滤器的进风口,以加强空气循环。

应在现有条件下,改进改善车厢通风设施,引进先进的空气净化技术,及时能够给车厢补充新风,净化车厢空气,改善乘车环境。另外,客运主管部门,在节假日适时增加客运任务繁忙线路的临客列车,控制超员率,以保障旅客的身心健康。^[3]

3. 空调列车

我国铁路空调列车普遍采用车顶单元式空调机组,基本上能满足夏、冬两季的供冷和供热要求。但是,很多旅客长时间乘坐空调列车,经常会出现头晕、气闷、等不良反应。

3.1 空调列车存在的问题

3.1.1 车厢内的通风

与建筑空调工况相比,列车空调运行工况有很大不同。虽然列车内的控制温度是一定的,但是由于列车作为一种交通工具,搭乘的乘客数量不固定。特别是中国地理情况决定了很多长途列车跨越的地区气候状态变化较大,室外温度发生较大变化,这样会影响列车空调的负荷。而且搭乘的旅客来自不同的地域,人们对舒适的要求也不尽相同。目前列车基本上采用定风量空调系统,没有考虑室外温度以及人员活动量变化对空调负荷的影响,例如夏季列车夜间运行时,空调系统按定风量运行,室外气温降低,而且当乘客逐渐入睡的时候,车厢内的温度会逐渐降低,乘客会有热不舒适感,同时造成能源的白白浪费。

另外,当乘客数量突然增加时,空调系统的制冷能力不能随之很快增大,车内温度会很快上升,同时造成车厢内空气品质的急剧下降。尤其是在补票车厢,这种情况非常明显。

旅客列车,人员浓密度大,停留时间较长,旅客因呼吸、出汗等原因,会造成车厢内CO₂浓度升高。另外,由于部分乘客吸烟,产生的烟气严重影响了车厢内的空气品质。所以会造成新风量不足和其它污染物浓度升高。

3.1.2 空调列车装饰材料

空调列车在设计和制造时,为了满足装修和空调系统节能的需要,使用了大量的装饰及保温保湿等材料,这些材料会释放出甲醛、苯、甲苯、乙醛等挥发性有机物(VOC)。虽然VOC的浓度都不是很高,低于CO₂的浓度,但较之CO₂,挥发性的有机物对人体健康构成更大的威胁。

3.1.3 列车空调的管理运行

在列车运行过程中,会出现有些车厢温度高,有些车厢温度低的情况。列车管理人员没有能够根据实际情况,来确定空调运行参数,例如:列车空调温度显示22℃,但是温度计显示25℃,车厢内会很热。

实际调查过程中也显示,车辆空调制冷剂的泄漏现象严重,有些车辆几乎运行一次就要重新充注制冷剂,否则会明显影响制冷效果。因此加强对管理人员的技术培训和车辆空调装置的定期维护,对提高空调使用效果及使用寿命、降低运行成本也是非常重要的,也有利于环保节能。^[4]

3.2 改善对策

(1) 新风量不足是导致列车车厢内空气质量恶化的原因之一。我国《公共交通工具卫生标准》

(GB9673—1996)中规定,客车内夏季新风量不少于 $20\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{h}$ 。只有保证一定的新风量,才能稀释室内的 CO_2 和其他有害气体浓度,增加室内氧气含量。在列车超员严重时,应注意加强通风,增加换气量,从而保证室内良好的空气品质,满足人们的健康需要。

(2) 为了提供更有效的热舒适环境且节能,列车应采用变风量空调系统,送风量根据列车空调负荷的变化而变化,与定风量系统相比,将会有很大的节能潜力。

(3) 在进行新车体内装修时应采用环保型原材料,在投入运营前,车辆厂应请有资质的部门对车厢进行挥发性有机物的检测,待挥发性有机物浓度降至合格标准后,方可投入使用。尽量减少列车超员,保证车厢空气质量相对稳定。

(4) 由于中国旅客列车超载情况比较严重,通过减少客流量来减轻车厢空气质量的恶化显然不现实,而通过通风换气的方式改善车厢内的空气质量也有一定限度,所以应采用空气净化装置来改善空气质量。

(5) 为了保持该型列车空气卫生质量,应保证空调设备至少每4h运行通风模式,同时减少旅客吸烟,定时开启列车上的车窗以加强通风换气。^[5]

4. 高速列车

4.1 高速列车内空气环境的特点

随着人们生活水平的提高,旅客对车厢内的温度、湿度、空气品质、空气压力的波动、噪声、光照等环境参数的要求也越来越高,因此对列车车厢内的环境就提出了更高的要求。动车组通过设置车辆空调系统、车内压力保护装置(换气装置)、车内噪声防治系统、应急系统、照明等多项车内环境控制设备来保证动车组能够向旅客提供舒适的车内环境。

由于列车不是一个孤立的系统,受自然条件的限制,特别是列车运行速度提高以后,且动车组的速度都超过 200km/h 以上,车辆表面的压会随着各种运行条件的不同发生剧烈变化。高速运行的车辆,车体外表面空气动力阴影区负压值会发生很大变化,实测数据见表1^[6],可以看出压力变化的趋势。

表 1. 不同车速车厢外的负压值

车速/(km/h)	80	100	120	140	160
负压值/Pa	52	61	97	127	147

在客车汇车或穿越隧道时会产生很大的压力波动。一方面,使乘客的耳膜产生不舒适感;另一方面,会将车厢外不新鲜的空气带入到车厢内,导致车厢内空气的二次污染,从而影响车厢内的空气品质。

另外,高速列车为了保证行驶安全,防止客车交会时由于高速而将车窗玻璃掀吸下的情况,一般均采用3层高气密性玻璃窗。安全性能提高的同时,也会影响车厢内的微热环境,容易使换气量不足,使得车厢内的高密集人员产生的 CO_2 和燃烧产物迅速上升,严重污染车内空气,对人体产生极大危害。

动车组的硬件环境设施提高了列车的舒适性,其中车内的装修比较高档,增强了旅客的舒适感。但是,绝大部分的装饰材料含有大量的挥发性有机物(VOC)。而且这些装饰材料也为微生物的繁殖提供了场所和养分。这方面的问题较之其它类型的列车显得尤为突出。

4.2 改善对策

(1) 高速客车中应尽量减少燃烧产物的发生量,如禁止吸烟等。或者将车厢非为无烟车厢和吸烟车厢。

(2) 加强空调通风系统的维护与管理。注意客车空调通风系统的维护清洗,对一些易产生污染物的系统部件(空调通风系统的过滤器)需要进行定期的清洗处理或更换,以减少污染物的发生量;同时还应对厕所等细菌繁殖源进行定期消毒处理,从而降低微生物的滋长。

(3) 选用低挥发性有机物的装饰材料,从而降低VOCs的污染。采用过滤效率高、容尘量大并且能够吸附异味气体、杀灭细菌的新型空气过滤器。

(4) 对于一等座位,乘客对舒适度的要求相对较高,可以考虑采用个性化送风方式,即在乘客附近布置旋流风口,乘客可以根据需要自己调节送风速度。

(5) 增设负离子发生装置。新鲜空气都含有大量的负离子,负离子对人体有良好的生理作用,被誉为“空气中的维生素”,能帮助消除疲劳,对神经系统起到镇定作用等。根据人体卫生要求,在每立方米空间负氧离子含量应不少于400个,否则人就有不适感。实验证明:空气中的负离子个数对提高空气品质有很大作用,当每立方米空气中负离子的个数达到1000以上时,车内的漂尘可降低21%,细菌数目可降低85%,同时对车内的其它微生物、有害气体等有明显的抑制作用^[7]。

5. 结论

中国的铁路事业正在快速地发展，但是中国人口众多，人们的消费能力不同，所以短时间不可能取消普通旅客列车，对于新型的动车组虽然车厢内的舒适度已经得到很大提高，但是仍然存在一定的问题。所以针对不同的列车种类，采取更加有效和有针对性的措施来改善和提高中国列车车厢内的微环境，从而提供给广大的旅客们更加安全、卫生和舒适的旅行环境。

Reference (参考文献)

- [1] Editorial Committee of Year Book of China Transportation and Communications. Year Book of China Transportation and Communications[R]. Beijing: China Transportation and Communications Yearbook Press, 2008.
中国交通年鉴编辑委员会. 中国交通年鉴[R]. 北京: 中国交通年鉴社, 2008.
- [2] LV Hui, SHEN Qianjiao, ZHANG Li, CHEN Gang. Air Quality Assessment of Four Models of Compartments in Winter[J]. *Chinese Journal of Environmental & Occupational Medicine*, 2008,25(5), P482-484(Ch).
吕慧, 沈倩教, 张立, 陈刚. 4 种车型列车车厢内冬季空气质量评价[J]. *环境与职业医学*, 2008, 25 (5), P482-484.
- [3] LIU Longhua, ZENG Qing. Investigation of Air Pollution in Hard Seat Carriage of Ordinary Train[J]. *Occupation and Health*, 2009,25(5),P519-520.
刘隆华, 曾青. 普通旅客列车硬座车厢空气污染状况调查[J]. *职业与健康*, 2009, 25 (5), P519-520.
- [4] ZHANG Guirong, DUAN Huanlin, HAO Changsheng. Investigation and Analysis of Trains' Comfort Situation after the Speed Lift of Trains [J]. *Chinese Railways*, 2008,7,P 54-56.
张桂荣, 段焕林, 郝长生. 列车提速后空调舒适度调查与分析[J]. *中国铁路*, 2008, 7, P54-56.
- [5] LIU Xiaoshan, KONG Xianhui. The Investigation and Analysis of the Air Quality in the Air-conditioned Train[J]. *Railway Occupational Safety Health & Environmental Protection*, 2009, 36(2), P93-96.
刘小闪, 孔宪会. 空调旅客列车车厢空气质量的调查分析[J]. *铁道劳动安全卫生与环保*, 2009, 36 (2), P93-96.
- [6] SHEN Yuhao. Running Performance of Air-conditioner in trains [J]. *Journal of Refrigeration*, 1998, (2), P15-19.
沈裕浩. 列车空调的运行特性[J]. *制冷学报*, 1998, (2), P15-19.
- [7] YANG Wansheng, ZHANG Yanmei, ZHANG Jiguang. Analysis of Influencing Factors on Indoor Air Quality for High-speed Passenger Cars[J]. *Journal of Guangdong University of Technology*, 2004,21(3),P83-87.
杨晚生, 张艳梅, 张吉光. 铁路高速客车空气品质的影响因素分析[J]. *广东工业大学学报*, 2004, 21 (3), P83-87.