

# 空调旅客列车空气净化及增氧问题的探讨

赵如进

(铁道部科学研究院 运输及经济研究所, 北京 100081)

**摘要:**为解决空调旅客列车在提供旅客舒适温度的同时,也易造成车厢内空气严重污染的问题,提出通过采取“二次流双向通风节能技术”通风换气,臭氧、负氧离子与机械过滤技术除臭降尘灭菌以及环控增氧等技术措施,以解决车厢内空气净化和青藏铁路的客车供氧问题。

**关键词:**空调列车;空气净化;污染;负氧离子;机械过滤;增氧

旅客列车提速、计算机售票及大量开行干线空调列车,是近几年我国铁路为提高市场竞争力所采取的重大举措。但目前发展较快的空调列车在提供较适宜温度的同时,车内空气污染却非常严重。举世瞩目的青藏铁路一旦开通,旅客运输必须采用全封闭式旅客列车,届时车内空气污染及车内缺氧问题将更加突出。因此,提供清洁、新鲜的车内空气,开展绿色、健康、环保旅客运输,不但关系我国铁路旅客运输市场战略的实施,而且也关系到青藏铁路的正常旅客运输。

收稿日期: 2001-07-11; 修回日期: 2001-08-17

式中:  $L$  为走行距离(即平均每个工作量所摊到的货车走行公里数);  $V_{\text{旅}}$  为货车平均旅行速度,可用列车平均旅行速度代替;  $L_{\text{中}}$  为平均中转距离;  $t_{\text{中}}$  为中转车平均停留时间;  $K_{\text{管}}$  为管内装卸率,其取值为:  $K_{\text{管}} = (U_{\text{装}} + U_{\text{卸}}) / U$ ;  $U$  为接入、使用和卸空车之和;  $t_{\text{货}}$  为一次货物作业时间。

## 4 使用“货车运用时间”的优点及可行性

(1)“货车运用时间”含义确切,用途明确,易于理解。

(2)凡在管内产生车小时消耗的运用车都统计了工作量,克服了现行货车周转时间计算中只有重车计算工作量,空车只计算运用车,却不计算工作量的不合理现象,使指标能够比较真实地反映出货车运用效率之高低。

(3)把卸空车数和接运空车计入工作量后,有利于贯彻“一卸、二排、三装车”的运输组织原则。

(4)采用车辆相关法计算货车运用时间时,由于

## 1 列车内空气污染及危害

列车内空气污染归纳起来主要有 3 种:一是有有害气体,如人体呼吸产生的二氧化碳及吸烟产生的一氧化碳;二是有害微尘,如人员活动和通风产生的浮尘、烟尘;三是有害气味,如人体口气和体臭、卫生间及人体排气产生的氨气、硫化氢和二氧化硫以及化妆品气味等等。

人体呼吸是车内有害气体污染的主要来源。众所周知,人体呼吸吸入氧气,呼出二氧化碳。据调查,每位旅客平均每小时呼出二氧化碳废气  $0.02 \text{ m}^3$ ,消耗新鲜空气  $1.44 \text{ m}^3$ 。如果车辆完全封闭,按

以全天实际消耗的运用车数代替了原来的 18:00 时的运用车数,不但提高了指标的精确性,也有利于克服抢“十八点”的不良现象。

目前,采用“货车运用时间”来代替“货车周转时间”是完全可行的。“货车运用时间”的计算方法是在原来“货车周转时间”计算方法的基础上改进而来,所不同的是,工作量和运用车的计算方法,而这 2 项所需要的资料在现有的统计报表中均有反映。

在工作量中唯一不同的是增加了空车工作量,即卸空车及接空车数,在编制技术计划时可根据空车调整图得到,日常统计可根据分界站货车出入报表和装卸车报表得到。

运用车日的计算方法和非号码制统计货车停留时间的方法基本相同,依据的资料为:①分界口货车出入登记簿;②非运用车登记簿;③检修车登记簿。每日 18:00 前由有关车站报分局统计即可。

因此采用“货车运用时间”来考核运输工作的质量,不仅是有利的,而且是可行的。

目前铁路客车的车厢定员和车内容积计算,仅在 1 h 内,车内二氧化碳容积浓度就比现有铁路 0.15% 的标准高出几倍至十几倍。而自然空气中二氧化碳含量仅为 0.1%,一旦含量严重超标,则影响人体呼吸与新陈代谢,生理及心理上即可感觉头晕、发闷,并引发其他疾病。

乘客与乘务人员活动则是车厢内污染颗粒物的主要来源。车厢中由于人员聚集而产生的各种细菌、霉菌及病毒等也在物件上附着并广泛分布于空气中。这些颗粒污染物尤其以小于  $2\mu$  及病原微生物污染物危害最大,前者可阻留于人体肺泡,降低人体肺功能,使人产生疲乏、胸闷及食欲不振,后者则可传染各种疾病。对于颗粒性污染物,目前我国铁路的行业标准是要求不超过  $1\text{ mg/m}^3$ 。

来源广泛的各种有害气味,除感官上令人难以接受外,更对人体神经系统产生重要的影响,令人感到烦躁不安、恶心、头痛、头晕、胸闷气短和疲乏。因此它是旅客对空调列车最敏感的空气污染物。

## 2 空气清新措施

为解决全封闭空调列车车厢通风换气问题,我国铁路一般采用空调机组  $1/3$  过滤新风,  $2/3$  循环乏风送风,车辆底部呈对角线排除乏风的方式。这种单向进风和单向排除废气的换气方式,无论是从车外进入新风中的热量(或冷量),还是从车内排出乏风中的冷量(或热量),对于车内的损失都是 100%,能量损失在 2 倍以上,因此也就不能足量地通风换气。特别是在节假日运输高峰,列车超员的情况下,旅客更感觉不爽。这种方式不仅不能完全满足车内新鲜、清洁空气的供应问题,而且也不能很好消除车内各种污浊物的积聚。对于像青藏铁路这样的高原铁路,这种通风方式甚至连保持基本的旅客呼吸所需的氧气供应都解决不了,因此在解决车内通风换气、除尘、除味、杀菌问题的同时,还必须考虑解决供氧问题。

### 2.1 通风换气

由于封闭旅客列车的空调系统在配置上不仅仅要考虑车辆通风换气带来的能量损失,而且还要考虑车体传热、车体漏热、太阳辐射热、车内设备耗热(冷)、呼吸热、人体散热和行李热消耗等多种能量消耗。目前,我国铁路所采用的空调机组主要有 2 种,一种是制冷量为 40 kW 的 KLD-40 型机组,另一种是

制冷量 29 kW 的 KLD-29 型机组。如果进行充分的通风换气,则不得不选择更大空调机组,这就使通风换气与空调机组制冷能力,即能量消耗形成一对尖锐矛盾,通风就意味着室外的热量或冷量进入车内,增大车内热量或冷量消耗,使车辆制冷或制热成本增加。因此,彻底解决旅客列车的通风换气问题还要另辟新径。

在通风换气过程中采用热交换双向通风技术进行车厢内外空气交换,则可以尽量减少通风换气带来的热量或冷量损失,在节约大量能源的同时,又达到了通风换气的目的。根据有关资料,在这一领域采用“二次流”热交换技术在铁路旅客列车上进行技术再创新是较为可行的。

所谓“二次流”技术就是利用动力驱动热交换器高速旋转,使流动气流产生径向力,破坏热交换器器壁的“驻点”,以提高热交换效率。利用车内外温度差,使车内外空气在各自流动的通道里利用器壁实现热交换,完成热回收,以达到节能的目的。

车外空气经过过滤后进入热交换器,利用热交换器两端的离心叶轮产生轴向气流,实现车内外空气双向交换。从而有效地排除车内污浊空气,换进车外清新空气。

通过采用“二次流”技术进行通风换气,无论是车外进入车内的热量(或冷量),还是车内排出到车外的冷量(或热量)都可以减少损失 68%,热量或冷量损失仅有 32%。从而避免了传统通风换气带来的 100% 能量损失,从而可以更多地通风换气,减少车内污浊空气的积聚。

根据我国铁路客车车辆和旅客运输的特点,计算车内通风所需的新风量  $Q$ ,以及通风换气次数  $N$ 。参照国家有关标准,一般室内人均新风量按每人每小时  $20\sim 30\text{ m}^3$  计算;居室换气次数,按每小时 1.5~3 次考虑。按  $Q$  值较大者考虑设计机型。按此要求,硬座旅客列车车厢内所装新风换气机通风量至少应在  $2\,200\text{ m}^3/\text{h}$  以上,换气在 15~16 次/h 以上。这样,才能有效排除车厢内积聚的二氧化碳和其他有害气体与气味,使车厢空气新鲜,又不增大制冷机功率。而目前我国铁路 25 型干线空调客车通风机(蒸发风机)在高速运转时最大新风量仅为  $1\,500\text{ m}^3/\text{h}$ ,硬座车人均  $13.6\text{ m}^3/\text{h}$ ;硬卧车人均  $22\text{ m}^3/\text{h}$ 。硬座车还达不到  $20\sim 25\text{ m}^3/\text{h}$  的铁道部行业标准;硬卧车也只达到铁道部行业标准的下限,与

欧、美、日等国的铁路客车通风标准相差 1~2 倍。

## 2.2 空气净化

即使采用新型设备进行通风换气, 由于考虑车辆热量损失和结构因素的影响, 也不能将车内积聚的污浊空气彻底排除干净, 特别是各种不良气体、浮尘(通风机只能提供可见粒子的初级过滤)、气味随时产生, 且传播速度也远比通风快。也就是说仅靠通风换气不能在短时间内使车内空气完全达到清爽、新鲜的程度。

目前室内空气净化的方法, 主要有以下 4 种:

(1) 机械过滤式。通常采用化学材料活性碳和高密度纤维(HEPA) 或泡棉滤材驱除空气中的异味、污染颗粒物。它的优点是没有任何电子作用, 故障率低, 净化效率较高(80% 以上)。缺点是活性碳的除尘去味效果会随着使用时间的增长而递减, 且速度较慢, 需要经常更换滤网。

(2) 电子集尘式。利用高压电将污染微粒子离子化并赋予电荷, 再利用正负交叉的收集板, 将带有电荷的污染微粒吸附在收集板上。它的优点是可将污染颗粒物收集并清除出室外。缺点是可随着时间的延长, 收集板上的污染颗粒物逐渐积聚而使其作用递减, 必须经常清洗收集板, 且不能消除恶臭等异味和细菌。国外大型建筑场所普遍采用这类产品。

(3) 负氧离子式。通过装有高压电晕放电装置的负氧离子发生器产生负氧离子, 负氧离子具有清爽、新鲜的空气味道, 有“空气维生素”之称, 自然界中以森林、瀑布处的空气中最多。它可以中和空气中带正电荷的尘埃, 使其重量增加而坠落至地, 同时负氧离子对微生物酶的活性具有极大破坏性, 因而具有很强的杀菌作用, 且能迅速消除各种异味, 从而达到净化空气的目的。缺点是尘埃易吸附在墙壁、玻璃等处, 不能清除出室外。

(4) 臭氧式。通过臭氧发生器产生雷雨过后清爽空气气味的臭氧( $O_3$ ), 性质与负氧离子相近。它在还原成氧气的过程中产生氧化性极强的氧原子, 对空气中的病菌具有极强的杀伤力(在瞬间完成), 同时还具有比负氧离子更强的除臭降尘作用, 浓度为  $500 \times 10^{-6}$  时, 在 1 小时内就可将  $960 \text{ 个}/\text{m}^3$  可见污染颗粒降至  $310 \text{ 个}/\text{m}^3$ , 异味消除 100%。它的缺点与负氧离子相同。

结合我国铁路旅客列车的具体情况对比, 臭氧或负氧离子技术比较适合空调列车硬座、软座

及硬卧车厢环境条件下采用。机械过滤式适合在软卧车厢使用。

## 2.3 增氧

对于已经开工建设的青藏铁路, 由于其海拔高程达 4 000 m 的地区占整个线路的 50% 以上, 空气中氧气含量仅有海平面的 60%~70%。在通过海拔 5 000 m 以上的唐古拉山口区段, 空气中氧气含量只有海平面的 50%。因此开往西藏地区的旅客列车除采用双向换气、净化空气措施外, 还必须采取补氧措施, 以减少可能发生的高原反应。

一般补氧有 5 种方式: ①化学反应装置补氧; ②氧气袋补氧; ③液化空气补氧; ④液化氧气补氧; ⑤环控补氧系统。化学反应装置补氧, 安全、携带方便, 但制氧量小, 价格高。氧气袋补氧, 携带量小, 大量采用安全性差。液化空气补氧, 较以上两种成本低廉, 但列车整备量较大。液化氧气补氧, 安全性较差, 且不能大量配备。目前业已开通的青藏铁路西宁—格尔木段, 旅客列车所采用的就是便携式化学反应装置及氧气袋方式, 作为旅客在通过海拔 3 700 m 的关角隧道地段时发生高山反应的应急措施, 氧气配备量很少, 每列车只配备 2 个氧气袋, 一个氧气发生器。

我国民航则采用环控供氧系统进行供氧, 通过空气压缩机将从飞机引擎进入的稀薄空气进行压缩, 然后进行降压, 送入飞机密封的机舱内, 和空调器共同形成一个环控系统。此外, 为了应付密封机舱被破坏的紧急情况, 还配备氧气发生装置和液氧瓶。显然, 按目前铁路旅客列车的密封水平, 不可能采用航空公司的环控系统, 而只能采用化学反应装置供氧、氧气袋供氧或液化氧气瓶供氧等临时性应急措施。但如果在青藏铁路开通后, 采用密封水平更高的空调客车, 即使不能达到飞机客舱封闭技术水平, 也可采取类似于航空公司的环控供氧系统, 使旅客能够安全舒适地完成世界屋脊之旅。

## 参考文献:

- [1] 詹耀立. 客车空调装置[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.
- [2] 侯光溪. 车辆构造及检修[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.
- [3] 王平. 车辆电器与设备[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000.
- [4] TB 1951-87. 客车空调设计参数[S].

Paper Number: 1003-1421(2002)01-0021-03

# **Conceive of Establishing a Safety Supervision System for the Operation and Loading of Freight Trains**

XU Shao-xing, DENG Jie

(Department of Transport Management, Beijing Railway Administration, Beijing 100038, China)

**Abstract:** During the running of the freight train, to monitor the carried goods in view of weight, deviation from gravity center, out of gauge as well as load status in real time is always the main direction to ensure the safety of operation and loading for freight trains. By researching and discussing the real time monitoring system of goods status, this article puts forward the implementation plan of the system and the suggestions of improvement.

**Key words:** railway; infrastructure facility; charging mode; transport cost

Paper Number: 1003-1421(2002)01-0024-02

# **Application of Data Warehouse Technology in Chinese Railway Transportation**

LIU Jing-rong

(Technical Center of Electrics & Calculation,

Jinan Railway Administration, Jinan, Shandong 250001, China)

**Abstract:** Based on introducing the concept and the technology of data warehouse, the article discusses the necessity of applying data warehouse in railway transportation industry as well as its application in information processing of railway transportation. Taking the freight invoice system as example, this article introduces the creation of data warehouse.

**Key words:** data warehouse; database; data warehouse technology; railway transportation; application

Paper Number: 1003-1421(2002)01-0026-02

# **Nanxiang Marshalling Station ( Down Yard), a Comprehensive Automation System Based on Information Sharing**

YU Tie<sup>1</sup>, TANG Jia-wei<sup>2</sup>

(1. Office of Chief Engineer, Shanghai Railway Sub-Administration, Shanghai 200071, China;

2. Nanxiang Station, Shanghai Railway Sub-Administration, Shanghai 201802, China)

**Abstract:** After almost 20 years' service, Nanxiang down direction hump automatic control system, the first real time control system in China's railway, will be modified and updated. During the modification, the hump automatic control system will be interconnected with the station information management system to share information and to transmit automatically the shunting commands. This enables the control range of splitting operation extend from planning to implementation and eventually to the whole process of management, so that a full control of information for marshalling station operation can be achieved. This also enables a full use of the total capability after the integration of two networks.

**Key words:** information; marshalling station; automation; computer

Paper Number: 1003-1421(2002)01-0032-02

# **Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method in the Forecast of Passenger Flow Portion**

ZHU Lin-lan

(Xiaoyong Railway Share Holding Company Ltd, Ningbo, Zhejiang 315001, China)

**Abstract:** There are many choices for passengers to select traffic means in the central cities where the transport capacity is abundant. There are also many factors for consideration during selection. The fuzzy comprehensive evaluation method can precisely predict the possible market share of a traffic means by reallocating the weights to the factors considered by passengers.

**Key words:** fuzzy comprehensive evaluation method; passenger flow; forecast; factors; traffic means

Paper Number: 1003-1421(2002)01-0034-02

# **Discussions on Reforming the Current Check-up Method for the Utilization of Wagons**

LIU Sheng-rong

( Xian East Station, Xian Railway Sub-Administration, Xian, Shanxi 710082, China)

**Abstract:** Combining the practical experiences of railway transportation, analyzing the current concept and calculation method of wagon turnround time as well as the problems existed in calculating the wagon utilization time, the article presents the suggestions of reform to the current check-up method of wagon utilization so that it can better reflect the exact transport situation, promote the development of transport and arouse enthusiasm of work in railway personnel.

**Key words:** wagon; turnround time; railway transportation; check-up; serviceable car

Paper Number: 1003-1421(2002)01-0036-03

# **Probe into the Issue of Air Purifying and Oxygen Increase in Air-Conditioned Passenger Trains**

ZHAO Ru-jin

( Institute of Transportation & Economy, China Academy of Railway Science, Beijing 100081, China)

**Abstract:** While providing a comfortable temperature to passengers, the air-conditioned passenger train also causes serious air pollution inside the carriages. By illustrating the harms of air pollution inside the carriages, this article puts forward the technical solutions through the technology " twice flow bi-directional ventilation power save " to ventilate and to refresh air, and through deodorization, reducing dust and sterilization by means of ozone, oxygen anion and mechanical filtering, so as to resolve the problem of air purifying inside carriages and the problem of oxygen supply for Qinghai-Tibet passenger trains.

**Key words:** air-conditioned train; air purifying; pollution; oxygen anion; mechanical filtering; increase oxygen