

文章编号: 2095-2163(2020)02-0040-04

中图分类号: TP301

文献标志码: A

# 基于 Java 语言编程计算机场污染物的排放量的研究

徐冲<sup>1</sup>, 陈志雄<sup>2</sup>, 黄成<sup>3</sup>

(1 上海工程技术大学 机械与汽车工程学院, 上海 201620; 2 上海工程技术大学 航空运输学院, 上海 201620;

3 上海市环境科学研究院 国家环境保护城市大气复合污染成因与防治重点实验室, 上海 200233)

**摘要:** 面对气温问题的较为严重形势, 航空排放问题也日渐突出。目前由于全球航空燃料燃烧和排放的估计值已过期。本文应用 Java 开发一套民用飞机发动机排放分析计算程序用于计算民用航空燃料燃烧和排放量。本文获取中国机场在运营的 2017 年商业航空运输的数据源, 将数据梳理开发一套 SQL 数据库, 应用当前开发使用的 Java 语言开发一套计算程序计算出 2017 年燃料燃烧产生的碳氢化合物(HC)、一氧化碳(CO)、氮氧化合物(NO<sub>x</sub>)分别为 3 753 t、49 789 t 和 95 205 t。

**关键词:** 民用航空; Java 语言; SQL 数据库; 污染物排放

## Study on the emission of computer field pollutants based on Java language

XU Chong<sup>1</sup>, CHEN Zhixiong<sup>2</sup>, HUANG Cheng<sup>3</sup>

(1 School of Mechanical and Automotive Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China;

2 School of Air Transportation, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China; 3 State Environmental

Protection Key Laboratory of the Cause and Prevention of Urban Air Pollution Complex, Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233, China)

**[Abstract]** As the temperature problem worsens, the problem of aviation emissions becomes more acute. Estimates of global aviation fuel combustion and emissions are now out of date. This paper applies Java to develop a civil aircraft engine emission analysis and calculation program for calculating the combustion and emissions of civil aviation fuel. This paper obtains the data source for commercial air transportation in 2017 operated by China's airports, combs the data to develop a set of SQL databases, and uses the Java language to develop a set of calculation programs for calculating hydrocarbons (HC), carbon monoxide (CO) from fuel combustion in 2017, Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) were 3 753 t, 49 789 t and 95 205 t, respectively.

**[Key words]** civil aviation; Java language; SQL database; pollutant emissions

## 0 引言

航空工业的快速发展, 环境问题日益突出。为了掌握民航飞机所产生的的污染物排放量, 需要编制区域的民航污染物排放清单来了解所带来的环境问题。

目前, 国外的一些部门, 诸如: 美国国家航空和航天局 (National Aeronautics and Space Administration, NASA)、美国联邦航空管理局 (Federal Aviation Administration, FAA) 和欧盟委员会 (European Commission, EC) 等开发有航空排放计算模型绘制区域的排放清单。EuroControl 实验中心开发了飞机性能模型, 用于计算所有飞机的性能参数, 覆盖了典型飞机任务的各个阶段<sup>[1]</sup>。Wasiuk 等人<sup>[2]</sup>开发了飞机性能模型实现 (APMI) 软件, 用于更新全球商用航空燃料燃烧和排放估算。Kim 等

人<sup>[3]</sup>开发了航空全球排放评估系统 (System for assessing Aviation's Global Emissions, SAGE)。SAGE 是一种高保真的计算机模型, 用于预测某一年全球所有商业航班的飞机燃料消耗和排放量。

时下, 国内暂未开发相关类似的排放模型工具, 本文拟利用已公开的数据和方法对模型进行优化。研究中考虑到中国机场规模和机对数量的增加, 因此基于 Java 语言编程<sup>[4]</sup>开发一种计算机场污染物排放量的软件模型, 建立中国区域的排放清单。对此可展开研究论述如下。

## 1 软件系统开发

软件系统主要由 3 个部分组成, 分别是: 数据逻辑层、算法逻辑层和输出逻辑层。软件在 Windows 操作系统上执行, 是用 Java 语言编写的, 因为该种语言的性能和易用性满足了本文的数据处理需求,

**基金项目:** 航空科学基金(2014ZD56009)。

**作者简介:** 徐冲(1992-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 民用航空器污染物排放检测与评估; 陈志雄(1977-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 安全性评估与持续适航、航空维修工程、发动机状态监控与故障预测。

**通讯作者:** 陈志雄 Email: 949679626@qq.com

收稿日期: 2019-12-10

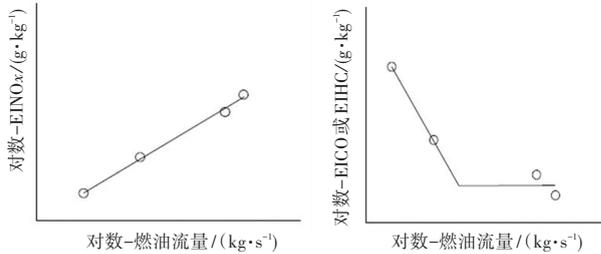


个修正系数是在没有对应于飞机上发动机安装的燃油流量值的情况下使用的。这些因素的量值关系可表示为:

$$W_f = W_{fi} \times r, \quad (1)$$

其中,  $W_f$  是校正和调整(安装效果)与参考条件相对应的燃料流量(kg/s);  $W_{fi}$  是修正但未经调整的(安装效果)与参考条件相对应的国际民航组织数据库的燃料流量(kg/s);  $r$  是修正系数:起飞为 1.01、爬升为 1.013、渐进为 1.02 和滑行为 1.1, 无量纲。

**步骤 2** 将发动机安装效果校正后的燃料流量与 4 种模式的排放因子建立了对数与对数图形, 如图 3 所示。使用回归线性拟合绘制了  $\text{NO}_x$  曲线, 而  $\text{CO}$  和  $\text{HC}$  拟合则基于双线性方法。对于这种双线性方法, 在 2 个较低的功率设置点之间创建一条线。第二行是水平的, 位于较高功率设置的 2 个垂直位置的中间。在此基础上, 将 2 条线简单地彼此相对延伸直到相交。所有这些图均使用指定的对数值和拟合参数以编程方式来建模。



(a) EI 对  $\text{NO}_x$  的燃料流量的对数-对数图 (b) EI 对  $\text{CO}$ 、 $\text{HC}$  的燃料流量的对数-对数图

(a) Log-log plot of EI for fuel flow of  $\text{NO}_x$  (b) Log-log plot of EI for fuel flow of  $\text{CO}$ 、 $\text{HC}$

图 3 排放因子 EI 对  $\text{NO}_x$ 、 $\text{CO}$  和  $\text{HC}$  的燃料流量的对数-对数图  
Fig. 3 Log-log plot of emission factor EI for fuel flow of  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  and  $\text{HC}$

### 3.2 排放因子校正算法

**步骤 3** 使用规定的 BFFM2 方程将未校正的高空发动机实际燃料流量校正为国际标准大气压海平面条件下燃油流量, BFFM2 方程式可写为:

$$W_{fSL} = W_{fAlt} \times \frac{\theta_{amb}^{3.8}}{\delta_{amb}} \times e^{0.2M^2}, \quad (2)$$

$$\delta_{amb} = P_{amb}/14.696, \quad (3)$$

$$\theta_{amb} = (T_{amb} + 273.15)/273.15, \quad (4)$$

其中,  $W_{fAlt}$  是发动机实际燃油流量率(kg/s);  $W_{fSL}$  是海平面条件下的燃油流量率(kg/s);  $P_{amb}$  是高空大气压力(psia);  $T_{amb}$  是高空大气温度( $^{\circ}\text{C}$ )。

**步骤 4** 涉及将使用校正后的燃油流量和对数

-对数图来确定相应的排放因子 EI 值。将步骤 3 得到的海平面条件下的燃油流量率代入到步骤 2 中对数图中分别得到相应的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{CO}$  和  $\text{HC}$  排放因子。这些算法以编程方式进行的线性对数与对数拟合方程, 而不是通过实际的图形选择的。

**步骤 5** 使用 BFFM2 规定的方程对未计算出的 EI 值进行校正, 以反映高空飞行条件, 将步骤 4 得到相应的排放因子代入如下公式, 运算求得校正后的排放因子:

$$EINox_{Alt} = EINox_{SL} \times \left(\frac{\delta_{amb}^{1.02}}{\theta_{amb}}\right)^y \times e^H, \quad (5)$$

$$EICO_{Alt} = EICO_{SL} \times \left(\frac{\theta_{amb}^{3.3}}{\delta_{amb}^{1.02}}\right)^x, \quad (6)$$

$$EIHC_{Alt} = EIHC_{SL} \times \left(\frac{\theta_{amb}^{3.3}}{\delta_{amb}^{1.02}}\right)^x. \quad (7)$$

其中,  $x$  和  $y$  默认值分别为 1 和 0.5,  $H$  是湿度。

### 3.3 湿度校正算法

**步骤 6** 湿度校正。相应的数学公式具体如下:

$$H = (-19) \times (\omega - 0.0063), \quad (8)$$

$$\omega = \frac{0.62197058 * RH * P_{sat}}{(P_{amb}) - (RH * P_{sat})}, \quad (9)$$

$$P_{sat} = 0.014504 \times 10^{(\beta)}, \quad (10)$$

其中,  $H$  是湿度修正系数, 无量纲;  $RH$  是相对湿度, 一般取 0.6;  $P_{sat}$  是饱和水气压(kpa);  $\omega$  是比湿度, 无量纲; 这里,  $\beta$  是按照 Goff-Gratch 公式根据外界温度计算饱和水气压( $P_{sat}$ ), 运算时将用到如下数学公式:

$$\begin{aligned} \beta = & 7.90298 * \left(1 - \frac{373.16}{T_{amb} + 273.16}\right) + 3.00571 + \\ & (5.02808) * \log\left(\frac{373.16}{T_{amb} + 273.16}\right) + (1.3816 \times 10^{-7}) * \\ & [1 - 10^{11.344 * \left(1 - \frac{373.16}{T_{amb} + 273.16}\right)}] + (8.1328 \times 10^{-3}) * \\ & [10^{3.49149 * \left(1 - \frac{373.16}{T_{amb} + 273.16}\right)} - 1], \end{aligned} \quad (11)$$

**步骤 7** 燃料燃烧和校正的排放因子用于计算  $\text{CO}$ 、 $\text{HC}$  和  $\text{NO}_x$  的排放量。研究推出的数学公式为:

$$ENox = W_f \times EINox_{Alt} \times T_i, \quad (12)$$

$$ECO = W_f \times EICO_{Alt} \times T_i, \quad (13)$$

$$EHC = W_f \times EIHC_{Alt} \times T_i. \quad (14)$$

其中,  $ENox$ 、 $ECO$ 、 $EHC$  分别是  $\text{Nox}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{HC}$  的排放量(g),  $T_i$  是飞机运行时间, 详见表 2。

### 4 结束语

(1) Java 的编程模型是一种简化的分布式编程 (下转第 47 页)