

· 简 讯 ·

## 快速精确计算大气透过率的微机 软件包——FASCODE

周凤仙 王路易

(中国科学院大气物理研究所, 北京, 100029)

FASCODE 是快速大气信息程序(Fast Atmospheric Signature CODE)的简称。程序用 FORTRAN 语言编写。它最先由美国空军地球物理实验室(AFGL)提供, 本文介绍的是第二版本(FASCOD2), 周凤仙于 1989 年从美国威斯康星大学空间科学工程中心引进了该软件, 并在这一软件基础上进行研究和再开发, 目前已向用户开放, 本文作者编写了能阅读 FASCOD2 二进制输出文件的程序以及计算从卫星上探测大气温度和湿度结构的各红外通道的透过率和权重函数程序。还通过计算建立了  $665\sim 696\text{ cm}^{-1}$  波段内, 从空间到地面共 40 层的大气辐射透过率样品文件, 便于用户在此基础上进行扩展, 以满足通道选择研究和计算已知通道的权重函数的要求。用户也可以应用该软件的变通能力, 计算在特殊大气条件下, 特殊路径上(水平, 斜程)的大气透过率, 以满足各种地对空, 空对地遥感仪器的设计研制和军事目标侦察等方面的需要。

### 1 计算机条件

FASCOD 2 运行必须具备 IBM PC/AT 机或其全兼容机, 并带有 EGA 卡和彩色增强显示器。在 PC 386 型并带有 EGA 或 VGA 卡和彩色监视器的微机上运行速度更快。硬盘容量越大越好, 但最小不得少于 20 MB。软盘使用 1.2 MB 5 寸高密度盘或 1.44 MB 3.5 寸盘, 作输入和输出之用。EPSON FX-100+ 型九针打印机可用作屏幕硬拷贝输出用, 我们为此编了专门的程序。

用户要开发或编写新软件必须配备 4.1 版本的 FORTRAN 编译器。

### 2 原始分子谱线带

原始分子光谱线带资料称为 HITRAN 带, 亦是由 AFGL 编纂, 1973 年版 HITRAN 带只包含约 13 万条谱线资料, 由于带的内容根据全世界各实验室或研究所新的发现或观测结果不断加以更新, 因此, 1986 年版本的 HITRAN 带中的光谱线已增加到 28 种大气分子约 34 万条。每条光谱线成为一个记录, 其长度占 100 字节, 并按照新的 AFGL 格式排列, 波数范围为  $0\sim 17880\text{ cm}^{-1}$  ( $0.5593\text{ }\mu\text{m}$ )。用户可以根据所需的波数范围用专门程序从 HITRAN 带中选出一段光谱资料做成二进制文件, 并命名为 TAPE 3, 供 FASCOD 2 计算

之用。表 1 给出了 HITRAN 带中的部分谱线的参数。

表 1 HITRAN 带中部分光谱线参数

分子数	同位数	频率( $\text{cm}^{-1}$ )	强度	跃迁概率	外加宽	自加宽	低态能量
2	1	459.9451	1.460E-26	3.314E-06	0.0785	0.1098	2170.5466
2	1	461.4694	1.430E-26	2.896E-06	0.0801	0.1108	2147.9060
2	1	462.9991	1.360E-26	2.494E-06	0.0918	0.1117	2128.3875
2	1	464.5342	1.230E-26	2.074E-06	0.0835	0.1125	2111.9915

为了满足广大用户在红外遥感方面的需求,我们已从 HITRAN 带中抽出三段光谱带资料以满足长波窗区( $8\sim 12\mu\text{m}$ ),短波窗区( $3\sim 5\mu\text{m}$ ) $\text{CO}_2$ ,波段( $15\mu\text{m}$ 和 $4.3\mu\text{m}$ )以及水汽波段( $6.7\mu\text{m}$ )的遥感应用需要。三个波段互有重叠,其具体分割如下:

波段 1 为  $540\sim 1200\text{cm}^{-1}$ ( $18.5\sim 8.3\mu\text{m}$ ),

波段 2 为  $1004\sim 2025\text{cm}^{-1}$ ( $10\sim 4.9\mu\text{m}$ ),

波段 3 为  $1900\sim 3000\text{cm}^{-1}$ ( $5.3\sim 3.3\mu\text{m}$ )。

### 3 运行前准备

在 FASCOD 2 运行以前除了必须有包含光谱线资料的 TAPE 3 文件外,还要准备一个名为 TAPE 5 的文本文件。这个文件的排列与格式均十分严格,不能有丝毫差错。FASCOD 2 正是根据 TAPE 5 中给出的参数执行用户所需要的计算,它包括波段选择,光学路径,大气模式,吸收分子种类,输出物理量,是否作图等信息。用户必须使用文字编辑器准备或修改,不然程序就会出差错。有关 TAPE 5 的参数与格式要求,有详细的说明,用户可按说明逐条修改。图 1 为执行 FASCOD 2 后的图形输出。

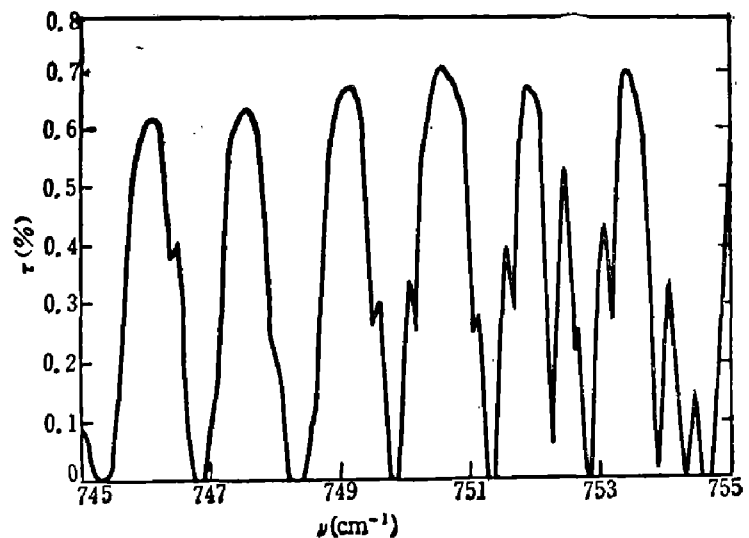


图 1  $745\sim 755\text{cm}^{-1}$  波段  $0\sim 30\text{km}$  高度标准大气的透过率。

FASCODE 软件中存有六种大气模式,即热带,中纬度夏季,中纬度冬季,高纬度夏季,高纬度冬季及美国标准大气供用户选择。用户也可使用自己特定的大气模式,例如某地区的探空资料。

FASCODE 中共考虑了 28 种气体的吸收。其中  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  和  $\text{O}_2$  等 7 种是主要吸收成份;还有  $\text{NO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  等 21 种为微量气体。在 TAPE 5 文件中有开关可以把它们计算在内或排除在外,分子线型采用 VOIGT 线型,它在低层大气中变成 LORENTZ 型,在高层大气中则变为 DOPPLER 型。

FASCODE 中也计算了连续吸收, 对吸收系数进行了参数化, 并在实验室测定的基础上以经验公式来表示连续吸收, 此外在连续吸收中也考虑了线翼的影响。

气溶胶粒子对辐射起散射作用, 单次散射在 FASCODE 中按附加吸收计算, 多次散射在目前版本中尚未考虑, 现在的 FASCODE 中有下列几种气溶胶模式: 农村、城市、海洋、对流层、雾及云/雨混合。

#### 4 计算特点

FASCODE 之所以精确的原因是因为进行了逐线计算, 而快的原因是: (1) 把 LORENTZ 函数分解成若干个子函数, 所有子函数都具有光滑函数的特征, 因此可用相同点数采样; (2) 计算不同高度的大气层时波数间隔不同, 低层大气中的线型宽, 间隔大; 高层大气中的线型窄, 间隔小。FASCODE 总是从低层算到高层。因此波数间隔是逐渐变小的, 间隔越小, 耗费计算时间越多。因此, 对不同高度的大气层采用不同的波数间隔, 既保证了计算精度, 也节省了计算时间。

FASCODE 运用结果产生六个输出文件。其中 TAPE 6, TAPE 7 为文本文件, 它们记录了输入信息, 运行过程信息及部分计算结果。TAPE 10, TAPE 11, TAPE 12 及 TAPE 13 则为二进制文件。TAPE 10 中存有光学厚度计算结果, 它们是计算大气透过率的基础, 而在 TAPE 13 中则包括了大家感兴趣的大气单色透过率资料和辐射值。我们编写了阅读程序来读出 TAPE 10 和 TAPE 13 的内容。从 TAPE 13 文件出发用户可以计算在特定仪器波段上的大气透过率及权重函数等参数。图 2 和图 3 给出 NOAA 卫星 HIRS 仪器第 1、2、3 通道的权重函数及大气透过率。

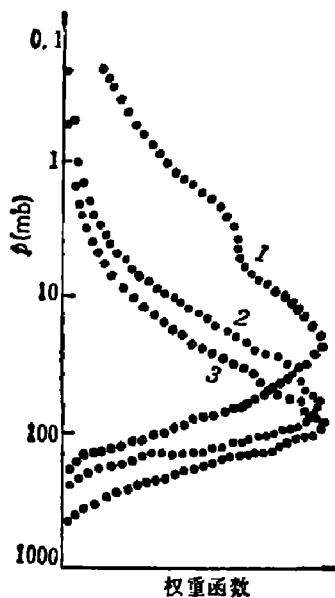


图 2 HIRS 仪器为 1、2、3 通道权重函数

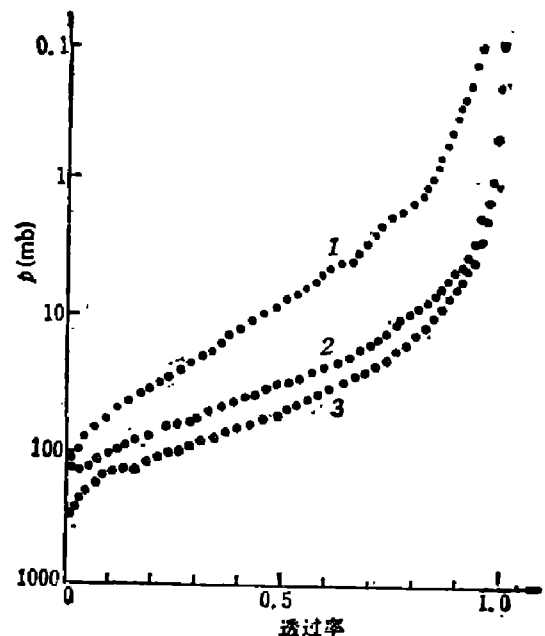


图 3 HIRS 仪器第 1、2、3 通道大气透过率

致谢: 在此我们深深感谢无私提供了 FASCOD 2 微机软件包的 R. O. Knuteson 博士。