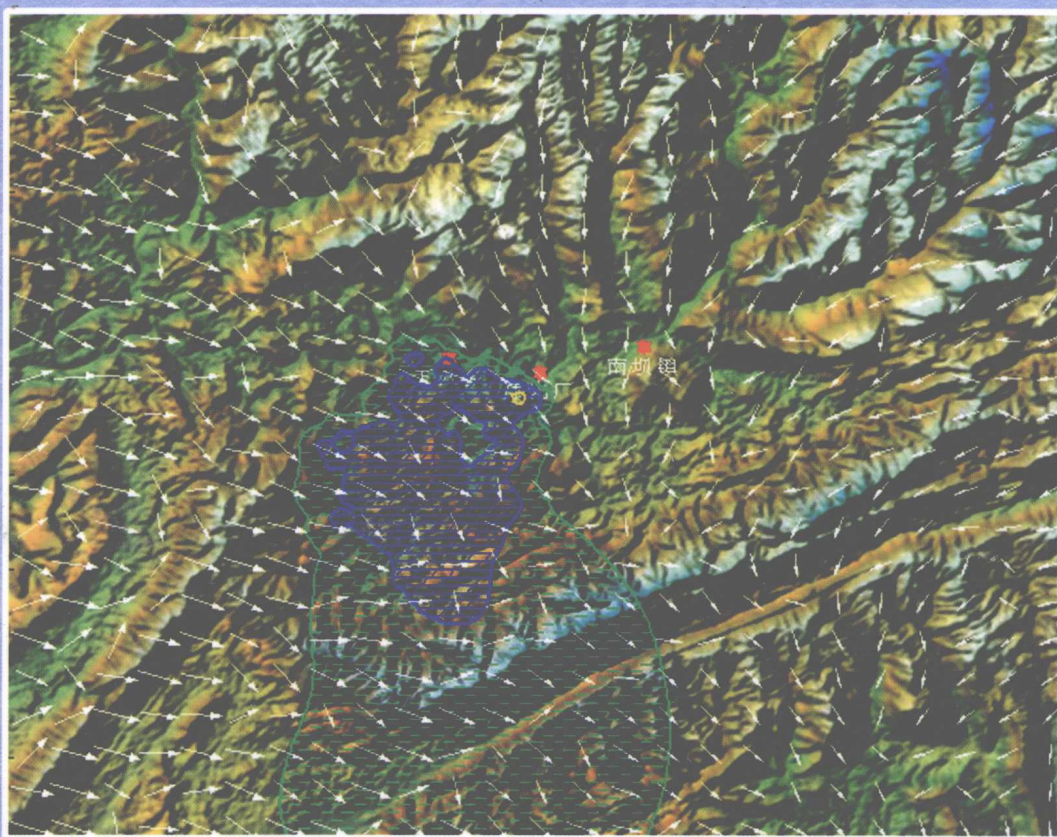


区域大气质量 数值预测评价业务平台 的建立及应用

王繁强 徐大海 蒋宁洁 周阿舒 陈辉 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

区域大气质量 数值预测评价业务平台 的建立及应用

王繁强 徐大海 蒋宁洁 周阿舒 陈辉 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书简要介绍了依据 VB 编程技术,以对 CALPUFF 区域大气质量数值预测评价模式系统的应用开发为主要对象,结合 MICAPS 气象综合分析处理业务系统和 MM5 中尺度数值模式系统,建立的区域大气质量数值预测评价业务系统平台,并给出试用和应用分析个例。内容包括边界层风温场诊断模型 CALMET 和污染扩散模式 CALPUFF 的基本原理,基于 CALPUFF 模式系统的区域大气质量数值预测评价业务系统平台,CALPUFF 系统模拟预测效果及 CALPUFF 模式的优势,系统平台试用和应用分析事例,区域大气质量数值预测分析参考大纲共五部分。

本书可作为从事环境影响评价人员和高等院校相关专业实习人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

区域大气质量数值预测评价业务平台的建立及应用. 王繁强等
编著. —西安:西安交通大学出版社,2009.6
ISBN 978-7-5605-3133-5

I. 区… II. 王… III. 区域环境-大气质量-数值-预测
IV. X823

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 083088 号

书 名 区域大气质量数值预测评价业务平台的建立及应用
编 著 王繁强 徐大海 蒋宁洁 周阿舒 陈 辉
责任编辑 任振国

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 西安新华印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 15.75 字数 375 千字
插 页 1 页
版次印次 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3133-5/X·3
定 价 58.00 元(含 CD-ROM 一盘)

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

序

前国家计划委员会于 1973 年 8 月 5 日至 20 日在北京举行了中国第一次环境保护会议。会议制定了《关于保护和改善环境的若干规定》，要求认真开展环境监督工作，制定工业企业污染物排放标准和环境质量标准。在此基础上，颁布了 1974 年 1 月试行的《工业“三废”排放试行标准》。该文件中的废气排放标准是应用大气扩散公式计算推导出不同排放高度的允许排放量和允许排放浓度，然后根据实践经验给予适当修正而确定。该标准对我国的大气环境保护的标准化工作起了开端的作用，此时，所使用的主要大气扩散模型为 1940—1950 年代发展起来的单烟囱的烟流萨顿模型，同时利用霍兰德抬升公式确定了烟囱高度、源强和最大落地浓度以及环境空气质量标准之间的关系，制定了排放标准。这一时期的工业项目的环境影响评价是以单源萨顿模型和现场逆温层等大气边界层探测、大气扩散试验的数据来进行的。

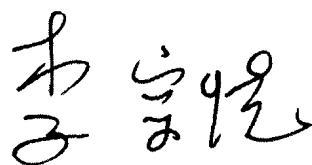
随着工业化的进程，工厂规模的扩大，单源模式已经不再能完全满足需要了。到了约 10 年后的 1983 年发布了 GB3840—83《制订地方大气污染物排放标准的技术原则和方法》，其中使用了点源控制的 P 值法，利用 P 值的规定以控制多源的影响和不同气候区的差异。该标准使用了国际上在 1960—1970 年代发展起来的帕斯奎尔大气扩散稳定度分类方法以及布里格斯的烟气抬升公式，并按中国的气候和气象条件对其作了一定的改变，以适应需要。这时候工业项目的大气环境影响评价是以帕斯奎尔大气扩散分类的单源高斯烟流和烟团模型，结合大气边界层探测和较大型的远距离扩散试验为特征的，这些工作为后来大气环境影响评价导则的制定打下了基础。

1980—1990 年代，随着我国的工业化进程的快速发展，工业区的概念建立了起来，需要对工业区或整个城市大气质量的控制制定标准。在 1991 年国家环境保护局和国家技术监督局联合颁布了《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》(GB3840—91)。该标准利用国际上在 1980—1990 年代发展起来的边界层理论和大气扩散研究的成果，建立了 A—P 值方法，以控制区域性的大气污染物的排放总量。直到目前，该标准还在环境大气容量的确定中起着重要作用。在此阶段，我国工业和经济活动中环境影响评价的制度得到了巩固和提高。根据这些标准和前几个阶段的各种经济项目大气环境影响评价的实践经验，制定了大气环境影响评价导则 HJ/T 2.2—93，该导则也是建立在帕斯奎尔稳定度分类的烟流和烟团高斯模型基础上，利用布里格斯的烟气抬升公式，还使用了当时的边界层理论公式，可以进行多源模拟，并且考虑到地形修正，对海陆界面也有了一定考虑。同时该导则还规范了边界气象观测的进行。这些内容基本上和 1990 年代前的大气扩散和大气边界层理论的发展相一致。

1990 年代以来，我国工业化的进程发展比较迅猛，我国的城市发展和工业区的建设开始集团化、密集化，原有的环境影响评价导则已经不能满足实践的需要，同时，大气边界层以及大气扩散的理论、实验研究也有了长足的进步。从第一个大气环境影响评价导则发布 15 年以

后,2008 年中国环境保护部发布了大气环境影响评价导则《环境影响评价技术导则——大气导则》(HJ/Y2.2—2008)。该导则中推荐的大气环境影响评价模型中最具有时代特征的就是美国 EPA 颁布的 CALPUFF 模型。该模型汇聚了近 30 年以来几乎所有的大气边界层、地气界面过程、大气扩散以及部分大气化学过程方面的研究成果,是一个可选的既能应用于活性气体污染物又能应用于惰性气体污染物的完整的模型系统。它由 CALPUFF、CALGRID(新的光化学模型)和 KSP(拉格朗日颗粒模型)三个模型组成。其核心模型 CALPUFF 是一个多源、多层次、多种污染物、非定常的高斯烟团扩散模式,适应的模拟范围十分广泛,可以用于小于 50km 的局地尺度直到数百 km 的区域尺度。

该书所介绍的主要内容将有益于大气环境影响评价单位顺利执行《环境影响评价技术导则——大气导则》(HJ/Y2.2—2008),推进 CALPUFF 模型在我国大气环评任务中的应用。



2009 年 3 月

前 言

CALPUFF 为美国 EPA 推荐使用的一个用于区域大气质量数值预测评价的模式系统,是用于模拟污染物传输行为的集成模式,由 Sigma 公司开发,核心是基于 LF Fortran95 编译、调试的多层、多种类、非定常的高斯烟团扩散模型(CALPUFF)与三维气象要素场诊断模型(CALMET)或 CSUMM(a version of Colorado state university mesoscale Model)相耦合的空气质量数值预测评价模式系统。

本人于 2005 年开始接触此模式系统,在对系统消化和吸收的基础上,结合 MM5 中尺度数值模式系统,利用 VB6.0,经 1 年多的不懈努力,初步建立包括 MM5 中尺度数值模式和 CALPUFF 污染物扩散数值模式系统的区域大气质量数值预测评价业务系统平台,实现从初始资料处理到结果分析显示的自动和交互式操作。之后,在试用和应用中不断优化和完善了系统,目前,已形成一套功能较齐全、实用、操作相对简便、自动化程度较高的区域大气质量数值预测评价业务系统平台。

系统平台在城市大气污染源允许排放量动态调控、榆林市典型区大气环境容量研究等科研、城市规划项目及气象服务工作中进行了试用,并在四川石化基地规划、龙岗气田试采地面工程、海南及中科合资炼油等环境影响评价项目中进行了大气质量数值预测评价专题分析工作。应用表明,借助于平台,原本需要 5 至 6 人花费一个月时间完成的工作,可由一个人在一个星期内完成,极大地提高了工作效率。为开展区域大气质量预测评价分析提供了必要的技术支撑。

目前我国环境保护部颁布的《环境影响评价技术导则——大气导则》(HJ/Y2.2—2008)中也将 CALPUFF 数值模式系统作为区域大气环境质量影响预测评价的推荐模式。因此,将所做部分工作编辑成册,供初学者参考,希望能起到抛砖引玉的效果。使得 CALPUFF 模型在我国大气环境影响评价任务中能很快地起到应有的作用。由于本人水平有限,错漏之处在所难免,恳请批评指正,并不吝赐教。

本书第 1 章内容简单介绍 CALPUFF 系统、边界层风温场诊断模型 CALMET 和污染扩散模式 CALPUFF 的基本原理。第 2 章内容简要分析 CALPUFF 系统模拟预测效果及 CALPUFF 模式的优势。第 3 章介绍基于 CALPUFF 模式系统的区域大气质量数值预测评价业务系统平台。第 4 章给出试用和应用分析事例。第 5 章内容是在大气环境影响评价数值预测分析工作基础上,参照新的大气环境影响评价导则(HJ/Y2.2—2008)要求,提出区域大气质量数值预测分析大纲。

本书附光盘 1 张,内容包括大气污染物扩散演示个例和区域大气质量数值预测评价业务系统平台及安装软件一套。其中区域大气质量数值预测评价业务系统平台及安装软件的使用权需另行购买。

本书在徐大海老师的指导和蒋宁洁、周阿舒、陈辉的协助下完成,得到了西安交通大学顾兆林教授和陕西省气象局正研级高级工程师杜继稳的支持与鼓励。同事蔡新玲、王琦、张文静协助进行了外文参考文献的翻译与整理工作,研究生张侠协助进行了第 2 章内容涉及资料的整理和本书的统稿工作。在此一并表示感谢。

王繁强

2009 年 2 月 15 日

目 录

序

前言

第1章 CALPUFF 系统简介	(1)
1.1 综 述	(1)
1.2 CALMET 边界层气象要素场诊断模型	(3)
1.2.1 CALMET 模型的格点系统	(3)
1.2.2 风场诊断	(4)
1.2.3 第一步风场处理	(4)
1.2.4 运动学效应	(5)
1.2.5 斜坡流效应	(5)
1.2.6 闭合效应	(7)
1.2.7 辐散最小化	(7)
1.2.8 第二步风场处理	(8)
1.2.9 插值	(8)
1.2.10 地表观测资料的垂直推断	(9)
1.2.11 平滑	(11)
1.2.12 湖(海)陆风场选项	(11)
1.2.13 垂直速度的调整	(12)
1.3 对 MM5 输出资料的处理	(12)
1.3.1 地形权重因子	(13)
1.3.2 CALMM5 前处理程序	(14)
1.4 CALPUFF 污染扩散模型	(15)
1.4.1 CALPUFF 的特点和选项	(15)
1.4.2 CALPUFF 数据和计算机要求概要	(17)
1.4.3 程序执行	(23)
1.4.4 CALPUFF 基本方程组	(23)
参考文献	(25)

第2章 模式检验及对比	(27)
2.1 气象要素场的数值模拟分析	(27)
2.2 污染物浓度分布的合理性分析	(27)
2.3 普光气田测试结果分析	(28)
2.3.1 引言	(28)
2.3.2 地理位置	(29)
2.3.3 试验基本情况及源强资料	(29)
2.3.4 监测方案	(30)
2.3.5 监测资料分析整理	(31)
2.3.6 数值模拟对比分析	(34)
2.4 CALPUFF 与 AERMOD 的对比	(36)
参考文献	(37)
第3章 区域大气质量预测评价业务系统平台	(38)
3.1 平台的建立	(38)
3.2 资料要求	(38)
3.2.1 常规气象资料	(38)
3.2.2 现场观测气象资料	(39)
3.2.3 中尺度气象模式输出资料	(39)
3.2.4 污染源资料	(40)
3.2.5 地理数据	(40)
3.3 气象资料的数值模拟分析	(40)
3.4 边界层诊断模式	(40)
3.5 污染物扩散模式	(41)
3.6 系统功能	(41)
3.6.1 模式输入资料	(42)
3.6.2 数值模式	(45)
3.7 模式结果分析	(51)
3.7.1 PRTMET	(52)
3.7.2 CALPOST	(53)
3.8 气象要素场绘图	(54)
3.9 大气质量预测评价产品	(55)
3.9.1 正常绘图	(55)
3.9.2 生成动画文件	(56)
3.9.3 正常时间序列最大浓度排序	(57)

3.9.4	正常关心点排序	(57)
3.9.5	风险绘图	(58)
3.9.6	生成动画文件	(59)
3.9.7	风险时间序列最大浓度变化趋势	(60)
3.9.8	风险关心点浓度变化趋势	(60)
3.9.9	风险车间、致残、致死浓度包络线面积、最远距离	(61)
3.10	沉降预测评价产品	(62)
3.10.1	区域最大干沉降排序	(62)
3.10.2	关心点干沉降排序	(63)
3.10.3	区域最大湿沉降排序	(64)
3.10.4	关心点湿沉降排序	(64)
3.10.5	区域最大干湿沉降排序	(65)
3.10.6	关心点干湿沉降排序	(66)
3.11	能见度预测评价产品	(66)
3.11.1	区域最小能见度排序	(67)
3.11.2	关心点能见度列表	(68)
3.12	输出结果及形式	(68)
3.13	系统平台安装	(69)
3.13.1	安 装	(69)
3.13.2	目录说明	(69)
	参考文献	(70)

第4章 应用分析 (72)

4.1	城市大气污染源允许排放量动态调控	(72)
4.1.1	目的意义	(72)
4.1.2	调控原则	(72)
4.1.3	分配方法	(72)
4.1.4	城市大气污染源允许排放量计算	(73)
4.1.5	调控分析	(74)
4.1.6	结 论	(76)
4.2	CALPUFF 在大气环境容量核定中的应用分析	(77)
4.2.1	目 的	(77)
4.2.2	数值模拟计算	(77)
4.2.3	结 论	(81)
4.3	基于 CALPUFF 数值模式的备选厂址评价分析	(81)

4.3.1	目的	(81)
4.3.2	执行标准	(81)
4.3.3	评价分析内容	(81)
4.3.4	数值模拟计算	(82)
4.3.5	数值模拟计算结果的合理性分析	(82)
4.3.6	评价分析	(85)
4.3.7	结论	(86)
4.4	HCL 湿沉降的数值模拟分析	(86)
4.4.1	目的	(86)
4.4.2	评价内容	(86)
4.4.3	数值模拟计算	(87)
4.4.4	数值模拟结果分析	(88)
4.4.5	结论	(92)
4.5	风险评价数值模拟分析	(93)
4.5.1	目的	(93)
4.5.2	评价内容	(93)
4.5.3	风险源清单	(94)
4.5.4	模拟区域	(94)
4.5.5	数值模拟评价分析	(95)
4.6	气田试采地面工程大气环境影响评价——数值预测分析专题	(99)
4.6.1	工作目的	(99)
4.6.2	技术工作的依据文件	(100)
4.6.3	选择 CALPUFF 模式的理由	(100)
4.6.4	工程简介	(100)
4.6.5	废气排放源及大气环境评价因子	(101)
4.6.6	环境评价因子	(102)
4.6.7	评价标准及工作内容	(102)
4.6.8	正常排放主要分析内容	(103)
4.6.9	非正常排放主要分析内容	(103)
4.6.10	数值预测方法	(103)
4.6.11	数值预测分析	(104)
4.6.12	正常排放情况下对区域大气环境的影响	(106)
4.6.13	正常排放情况下对关心点大气环境的影响	(108)
4.6.14	非正常情况下对大气环境的影响	(108)
4.6.15	小结	(122)

4.7 炼油化工一体化项目大气环境影响评价——数值预测分析专题	(123)
4.7.1 项目概况	(123)
4.7.2 评价目的	(123)
4.7.3 环境关心点	(124)
4.7.4 环境空气评价等级和范围	(124)
4.7.5 大气污染源清单	(126)
4.7.6 选择 CALPUFF 模式的理由	(128)
4.7.7 CALPUFF 模式系统简述	(128)
4.7.8 气象要素场数值模拟方法	(129)
4.7.9 模式计算参数及气象资料	(129)
4.7.10 数值模拟范围	(130)
4.7.11 海陆风环流分析	(131)
4.7.12 海陆风及其判别方法概述	(131)
4.7.13 珠江三角洲大范围近地层流场背景与海陆风的关系的已有 研究结果	(132)
4.7.14 海陆风环流的垂直剖面流场和温度场的模拟结果	(135)
4.7.15 污染物扩散数值预测分析	(142)
4.7.16 正常工况下大气环境影响预测评价	(142)
4.7.17 臭氧预测	(190)
4.7.18 非甲烷总烃影响预测	(197)
4.7.19 非正常工况的大气环境影响预测	(198)
4.7.20 恶臭影响分析	(200)
4.7.21 结 论	(202)
4.8 规划工程项目大气环境影响评价——数值预测分析专题	(205)
4.8.1 工作目的	(205)
4.8.2 技术工作的依据文件	(205)
4.8.3 选择 CALPUFF 模式的理由	(205)
4.8.4 规划园区简介	(205)
4.8.5 废气排放源及大气环境评价因子	(205)
4.8.6 评价标准及工作内容	(206)
4.8.7 数值模拟方法	(207)
4.8.8 数值预测分析	(207)
4.8.9 废气 NO _x 对区域大气环境的影响	(218)
4.8.10 废气 NO _x 对关心点大气环境的影响	(221)
4.8.11 TSP 对区域大气环境的影响	(222)

4.8.12	TSP 对关心点大气环境的影响	(225)
4.8.13	非甲烷总烃对区域大气环境的影响.....	(226)
4.8.14	非甲烷总烃对关心点大气环境的影响.....	(229)
4.8.15	废气 VOC 对区域大气环境的影响	(230)
4.8.16	废气 VOC 对关心点大气环境的影响	(232)
4.8.17	小 结	(233)
第5章	区域大气环境影响评价数值预测分析大纲	(235)
5.1	数值预测分析步骤	(235)
5.2	数值预测分析内容	(235)
5.2.1	项目概况	(235)
5.2.2	目 的	(235)
5.2.3	评价等级及执行标准	(236)
5.2.4	气象资料	(236)
5.2.5	正常工况	(236)
5.2.6	非正常工况	(239)
5.2.7	风险评价内容	(240)

第 1 章 CALPUFF 系统简介

1.1 综 述

CALPUFF 系统包括 CALMET(边界层风场诊断模式)、CALPUFF(污染物扩散模式)和 CALPOST(结果分析处理模块)三部分和大量的对标准界面设计的预处理程序,用于气象和地理信息数据的处理。系统的大多数应用程序针对三个主要的模型,为提高系统的应用效率,针对每个主要的模型,提供一个以个人计算机为基础的图形用户界面。并给出了适应于美国国家气候数据中心(NCDC)文件格式的气象数据预处理程序,用户可根据自己的数据格式进行开发、修改。总体结构如图 1.1-1 所示。

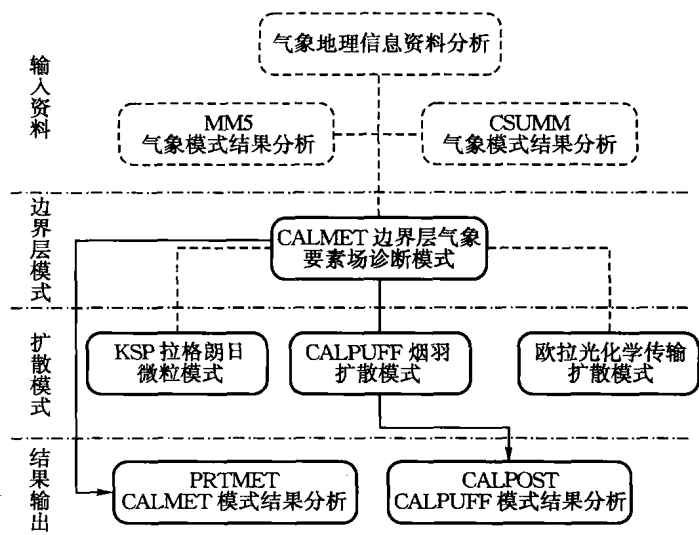


图 1.1-1 CALPUFF 系统总体结构

(1)CALMET 利用质量守恒原理对风场进行诊断,是一个包括地形动力效应、地形阻塞效应参数化、差分最小化和一个用于陆面和水面边界条件的,计算混合层高度、稳定度、海陆风环流、山谷风环流等的基于 3D 网格点的边界层气象学模型。CALMET 能够将由 CSUMM 诊断风场模块或 MM4/MM5 生成的风场数据与观测数据结合起来,可直接使用中尺度气象模式(MM5、MM4、CSUMM)模拟、预测输出的逐时、分、秒格点资料,或实测气象资料,或中尺度气象模式输出资料和实测气象资料相结合作为输入资料,输出逐时、分、秒风场、温度场、混合层高度、大气稳定度等 3D 网格点气象数据。CALMET 模式系统提供了如下的标准化处理程序。

①METSCAN:是将美国气候资料中心 CD-144 格式的逐时的地面气象数据进行质量检验,然后输入到 SMERGE 程序中。

②SMERGE:是将来自各观测站的 NCDC CD-144 格式的资料按时间分类合并处理成一个模式识别的文件。

③READ62:是用来处理 NCDC TD-6201 数据格式或 NCDC、CD-ROM FSL 探空数据格式的程序。

④PXTRACT:是将降水资料处理成 NCDC TD-3240 格式的程序。

⑤PMERGE:是再格式化被 PXTRACT 程序建立的降水数据文件的一个气象资料的预处理程序。

⑥TERREL:地形高度预处理程序。

⑦CTGCOMP:地表资料 CTG 数据文件格式的一个压缩程序。

⑧CTGPROC:将被压缩的 CTG 数据文件转换成模式标准格式的预处理程序。

⑨PRLND1:是将 ARM3 格式的地表资料转换成模式标准格式的预处理程序。

⑩MAKEGEO:将地形资料和地表资料合成为一个文件,缺省文件名为 GEO.DAT。

⑪CALMM5:是将 MM5 的输出文件转化为模式标准格式的预处理程序,从中获取并且解释数据,产生一个直接输入 CALMET 的气象数据文件。

⑫PRTMET:是 CALMET 模型的一个后加工程序。

(2)CALPUFF 是一个可选的、既能应用于活性气体污染物、又能应用于惰性气体污染物的完整的模型系统,用于模拟在时空变化的气象条件下污染物扩散、输送、转化和清除过程。由 CALPUFF、CALGRID 和 KSP 三个模型组成。气象资料通常使用 CALMET 的格点资料,也可使用非网格化的气象资料。CALPUFF 适用于几十米至几百千米范围的评价。

① CALPUFF:多层、多类型、非定常的高斯烟团扩散模型,包含化学清除、干湿沉降、复杂地形计算,建筑物下洗、熏烟、海陆风效应及其他效应。

② CALGRID:新的光化学模型,包括对平流输送和扩散数值方法、干沉降、化学转化机制及化学整体计算方面的关键技术。

③ KSP:是一个拉格朗日(动力学模拟)颗粒模型。

CALPUFF 的建模系统还提供了:

④OPTHILL:地形映像文件的处理程序。

⑤EPM2BAEM:是一个森林火灾资料的处理程序。

(3)CALPOST 用于计算平均浓度和沉积通量的后处理程序。计算输出:

① 不同时间间隔污染物平均质量浓度和沉积通量。

② 给定时间间隔,空间、时间序列前 50 个污染物质量浓度值。

③ 给定时间间隔,时间序列区域污染物质量浓度最大值的排序。

④ 给定时间间隔,给定区域各点或单点污染物质量浓度。

⑤ 选定区域(各点或单点)和时段的消光系数和能见度等相关量。

以下就 CALMET 和 CALPUFF 数值模式的基本原理作简要介绍,具体见 A User's Guide for the CALMET Meteorological Model(下载网址:<http://www.src.com/calpuff/calpuff1.html>),不再赘述。

1.2 CALMET 边界层气象要素场诊断模型

1.2.1 CALMET 模型的格点系统

CALMET 模型的格点系统是由 NZ 层的正方形的水平格点单元($NX \times NY$)组成。图 1.2-1 描述了 1 层的 7×4 格点单元。在这里,有两个定义,水平或者垂直层上格点的中心称为“grid point”,水平或者垂直层上格点的边界称为“cell face”。在 CALMET 模型里,水平风分量(u, v)定义在每一个格点的“grid point”上,即正方形格点的中心。垂直的风分量(w)定义在垂直层格点的“cell face”上,即格点的边界。CALMET 模型通常采用的是 UTM 投影,在实际地形中的气象格点的位置是通过西南角格点(1,1)的参考坐标($XORIGKM, YORIGKM$)来定义的。因此,格点(1,1)的中心坐标为($XORIGKM + DGRIDKM/2, YORIGKM + DGRIDKM/2$),这里, $DGRIDKM$ 是格点的边长。

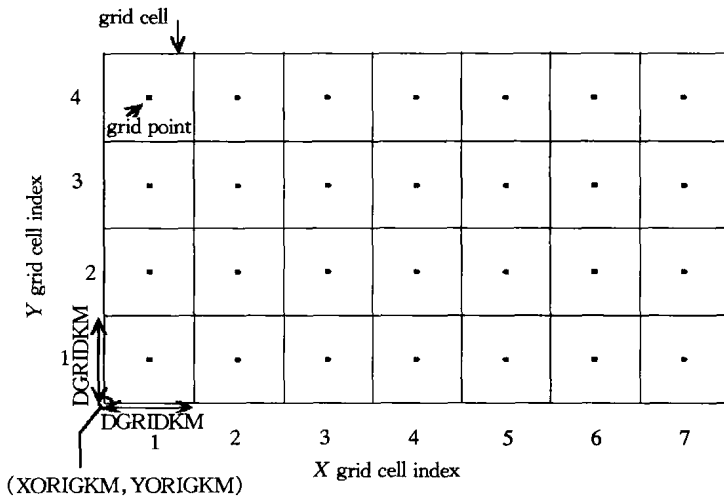


图 1.2-1 CALMET 水平格点系统的示意图

CALMET 格点系统的 X 轴 Y 轴分别是东西方向和南北方向,这样就正好跟通常定义的水平风分量 u 和 v 分别代表风的东向分量和北向分量相一致。在计算大区域风场时,考虑到地球曲率的影响,CALMET 把输入的风场转换成兰勃特等角投影坐标系统^[1](A Lambert Conformal Projection Coordinate System)。CALMET 使用用户定义的标准纬度和参考经度来计算出一个“圆锥常量(cone constant)”和观测站点到参考经度的距离。然后利用计算出的这些数量来调整观测风场或者预报风场以适合兰勃特等角投影。标准纬度和参考经度的默认值,跟美国 EPA 四维同化 MM4 数据的基数一致。

CALMET 模型使用的是地形追随垂直坐标系统:

$$Z = z - h_i \quad (1-1)$$

其中, Z 为地形追随垂直坐标(m), z 为笛卡儿垂直坐标(m), h_i 为地形高度。

在地形追随坐标系里, 垂直速度 W 的定义为:

$$W = w - u \frac{\partial h_i}{\partial x} - v \frac{\partial h_i}{\partial y} \quad (1-2)$$

其中, w 为笛卡尔坐标中垂直速度(m/s); u 、 v 为水平风速(m/s)。

1.2.2 风场诊断

风场诊断模式的工作原理, 就是首先利用观测站风场资料插值进行客观分析, 然后调整风场以满足连续方程, 又能使各个格点的物理量例如动量、动能、涡度等保持守恒。这只是风场诊断模式工作的大体框架, 而实际的风场非常复杂, 受地形的热力学、动力学、闭合效应等多方面的影响。

CALMET 风场诊断模型充分考虑了这些方面的影响, 模拟出更接近实际情况的风场。CALMET 诊断风场模型分两步来实现对风场的计算, 如图 1.2-2 所示, 其中 MM4、MM5 的输出可以作为 CALMET 诊断风场模型的初始猜测场, 或者第一步风场, 或者是观测资料用来耦合到 CALMET 诊断风场模型中。CSUMM 诊断风场模型也可以作为 CALMET 诊断风场模型的初始猜测场。

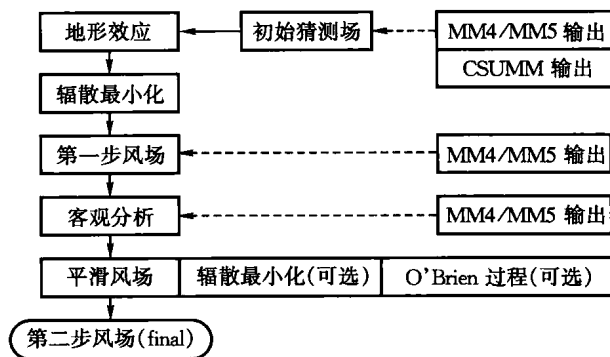


图 1.2-2 CALMET 诊断风场模型流程图

1.2.3 第一步风场处理

第一步, 主要通过地形的运动学效应、斜坡流效应、闭合效应以及三维辐散最小化来调整初始猜测场。

初始猜测场可以是整个格点场上的一个三维的风场或者一个地域平均(domain-mean)风场。地域平均风场的分量可以通过垂直平均和高空数据插值计算得到或者很简单地由用户来确定。如果平均风场已经计算好了, 用户指定垂直层通过风场平均计算和决定平均风的高空站点或者所有在 $1/r^2$ 插值的站点来产生一个空间变化的初始猜测场。