

CALPUFF 模型

技术方法与应用

CALPUFF MOXING
JISHU FANGFA YU YINGYONG

伯鑫 / 著

- 权威专家伯鑫多年研究成果 •
- 免费赠送 CALPUFF 可视化软件 •
- 免费享受 CALPUFF 在线学习、在线答疑 •
- 美国 CALPUFF 开发团队吴忠祥教授鼎力推荐 •
- 快速掌握 CALPUFF 建模、环评应用的经典教程 •

中国环境出版社

CALPUFF 模型技术 方法与应用

伯 鑫 著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

CALPUFF 模型技术方法与应用/伯鑫著. —北京:
中国环境出版社, 2016.5

ISBN 978-7-5111-2714-3

I. ①C… II. ①伯… III. ①大气影响—评价模型
IV. ①X820.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 036481 号

出版人 王新程
责任编辑 李兰兰
责任校对 尹芳
封面设计 岳帅

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (第一分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016 年 5 月第 1 版
印 次 2016 年 5 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 12
字 数 256 千字
定 价 108.00 元 (附光盘)

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

内容简介

本书总结了作者在 CALPUFF 应用、模型开发、环评项目复核等多年经验，结合国内案例需求，论述了 CALPUFF 模型的基础数据预处理、气象场模拟、大气污染扩散模拟、数据后处理、绘图、动画制作等内容，探讨了 CALPUFF 在我国的标准化应用研究，介绍了 CALPUFF 在火电行业等方面的应用研究。

本书内容丰富全面，CALPUFF 模型的基本操作讲解非常细致。CALPUFF 主要模块的功能、命令介绍，均配有大量的案例操作。本书可作为高等院校环境科学、环境管理、大气物理等专业的教学参考书，也可作为环评行业人员的模型培训教材，还可供科研院所以及环境管理部门的科技人员参考。

序 言

CALPUFF 是 JOSEPH SCIRE 领导下的大气科学团队开发的拉格朗日烟团大气污染模式。该模式原为加利福尼亚环境评估而建模式系列之一，由此 CALPUFF 及其许多有关软件均冠名“CAL-”系列。CALPUFF 版权虽然经过三次更换，但该模式的维护及更新始终由 JOSEPH SCIRE 的大气科学团队负责。该团队成员绝大部分来自麻省理工学院，厚重的技术力量为 CALPUFF 的开发及更新提供了坚强的理论基础。JOSEPH SCIRE 从中学时代起就对大气科学十分感兴趣，后就读于麻省理工学院大气行星科学系。毕业后一直从事大气污染模式的开发及应用。他已经在欧洲、美国、澳大利亚、亚洲及非洲举办了几十次学习班。CALPUFF 模式已经为许多国家广泛使用。

《CALPUFF 模型技术方法与应用》一书为中国使用该模式者提供了全面的技术指导。对如何运行该模式、如何选择合适的模式参数有很大的帮助。该书还提供了 CALPUFF 用于中国的实例，这些实例可为中国使用该模式者提供更为切合实际的应用方法。本书还提供了中国高分辨率的地表特征数据，该数据的应用可以改善用于 CALPUFF 的气象场。该书还涉及建立可直接输入 CALMET 的地面和高空气象资料库，这不仅可以很大程度上简化模式使用者搜集此类数据的过程，还可以避免因为气象场造成的模拟差异，使大气污染模拟更加规范化。

本书的出版，对中国大气污染数值模拟具有重要的推动作用。CALPUFF 模式不仅可在大型计算机上运行，也可在普通的桌面计算机上运行。非专业人员在该书的指导下，经过短暂的培训也可使用该模式，从而将大气污染数值模拟和相关的业务结合起来，对改善空气质量作出贡献。

吴忠祥 麻省大学达特茅斯分校

2015 年 12 月

前 言

《环境影响评价技术导则—大气环境》(HJ 2.2—2008)中以推荐模式清单方式引进美国进一步预测模式 CALPUFF, 该模式在国内环评、科研领域等得到了广泛的应用, 获得了良好的效果。

在我国环评领域, CALPUFF 模式主要应用于战略环评、规划环评以及建设项目环评等。而 CALPUFF 模式相对于《环境影响评价技术导则—大气环境》推荐的其他两个模型 AERMOD、ADMS, 从基础数据获取、参数设置、数据处理、模型搭建等均较为复杂, 如 CALPUFF 模型所需土地利用数据难以获取、CALPUFF 模型大型计算速度较慢等, 这些均制约了我国环评、科研工作者使用 CALPUFF 模型。此外, 近些年来作者在复核国家级建设项目环境影响报告书时, 发现一些环评单位使用 CALPUFF 模型过程中, 存在参数设置不规范、基础数据处理错误等问题, 导致环评报告大气预测结果不可信, 最终影响环评审批和环境管理决策的科学性。

近年来, 在环保公益性行业科研专项经费项目(201309062)、环境保护部基金课题(1441402450017-2)等经费支持下, 在环境保护部环境工程评估中心领导和同事鼓励下, 针对 CALPUFF 在我国基础数据使用、模型计算等方面存在问题, 作者已开发了高分辨率 CALPUFF 土地利用数据系统、CALPUFF 并行计算系统、CALPUFF 气象数据服务系统(UPPER.DAT、3D.DAT)等, 同时作者将多年积累的大气环评模拟经验、大气技术复核经验、CALPUFF 应用研究成果等著书出版, 以期规范 CALPUFF 模型在我国大气环评领域应用, 并供各级环评审批单位参考。

本书分为 9 章, 主要内容包括: CALPUFF 基础知识、数据预处理、CALMET

气象模块、CALPUFF 建模、CALPOST 后处理、POST TOOLS 后处理、CALVIEW 绘图、CALPUFF 案例分析、研究进展等。本书重点强调 CALPUFF 实际操作和应用，以 CALPUFF 主要模块规范化应用为主线。

感谢长期支持和帮助我的领导、同事、老师、朋友们，感谢中国环境出版社对本书出版的支持，感谢李兰兰编辑的悉心审校。特别感谢麻省大学（UMASS）吴忠祥（WU Zhong Xiang）老师、三捷环境工程咨询（杭州）有限公司王刚高工，多年来他们在模型应用方面给我提出了许多宝贵意见和建议。

最后，感谢我的家人这些年来对我工作上的支持，特别感谢妻子对我在撰写本书时的不断鼓励。

特别说明：

本书观点为作者多年模型经验心得分享，只代表个人立场。

本书所有操作案例为虚拟案例，源排放因子、排放参数等均为假设数据。

由于研究条件和作者能力所限，本书不足之处在所难免，敬请同行专家多批评指正。

伯 鑫

2015 年 12 月

目 录

第 1 章 CALPUFF 基础知识.....	1
1.1 CALPUFF 简介	1
1.2 CALPUFF 6.0 安装	6
1.3 CALPRO 可视化界面软件	12
1.4 上机案例介绍	15
第 2 章 数据预处理模块	18
2.1 网格设置	18
2.2 地理数据预处理	21
2.3 气象数据预处理	41
第 3 章 CALMET 气象模块.....	52
3.1 CALMET 建模（地面气象数据+高空模拟数据）	54
3.2 CALMET 建模（地面气象数据+中尺度气象数据）	68
第 4 章 CALPUFF 模型.....	81
4.1 CALPUFF 基础信息.....	81
4.2 Setup（设置）	84
4.3 Import Shared Grid Data（输入共享网格数据）	84
4.4 Run Information（运行信息）	85
4.5 Grid Settings（网格设置）	86
4.6 Modeled Species（模拟污染物物种）	87
4.7 Chemical Transformation（化学转换）	88
4.8 Deposition（沉降）	89
4.9 Model Option（模型选项）	90
4.10 Sources（污染源）	94

4.11	Receptor (接受点)	96
4.12	Output (输出)	98
4.13	运行和其他	99
第 5 章	CALPOST 后处理模型	102
5.1	CALPOST 基础信息	103
5.2	Setup (设置)	104
5.3	Process Option (处理选项)	105
5.4	Data (数据)	106
5.5	Output (输出)	107
5.6	运行和其他	108
5.7	数据分析	111
第 6 章	POST TOOLS 后处理工具	114
第 7 章	CALVIEW 绘图工具	119
7.1	CALVIEW 风场动画制作流程	119
7.2	CALVIEW 污染扩散动画制作流程	122
第 8 章	CALPUFF 应用案例	126
8.1	CALPUFF 标准化应用研究	126
8.2	CALPUFF 在唐山重点行业模拟案例分析	143
8.3	CALPUFF 在京津冀火电行业大气污染模拟案例分析	154
8.4	CALPUFF 应用问答	163
第 9 章	研究进展	166
9.1	研究进展	166
9.2	培训成果	169
9.3	模型培训声明	171
附录 A	CALPUFF 常用命令及参数速查手册	172
附录 B	CALPUFF 使用建议	180
参考文献		183

第1章 CALPUFF 基础知识

【学习须知】

1. 本书针对的是免费版本 CALPUFF 模型 (6.42) 以及子程序教学, 本书的 CALPUFF 安装包可通过加入 CALPUFF 模型在线学习 QQ 群免费获取, 测试案例在光盘内, 读者可免费使用, 不需额外购买 CALPUFF 软件。免费界面版 CALPUFF 安装程序不能在 64 位系统上正常运行, 建议读者采用 32 位 Windows 系统安装环境。

2. 本书主要针对 CALPUFF 初级入门者, 重点强调 CALPUFF 实际操作和应用, 读者认真学习完本书所有章节的教学流程, 并结合测试案例进行上机实操, 可迅速掌握 CALPUFF 基础操作。

3. 本书对读者掌握大气环评、开展大气污染模拟研究有一定帮助。

4. 如果读者在学习本书过程中存在问题, 请直接发电子邮件给作者 boxinet@gmail.com, 欢迎大家关注、参加作者举办的 CALPUFF 系列培训班。

5. 正版书籍带有 QQ 群数字验证码, 读者可凭验证码加入 CALPUFF 模型在线学习 QQ 群, QQ 群号: 192306227、146274123、513258846, 若正版用户无法加入 QQ 群, 请邮件联系作者 boxinet@gmail.com (正版书籍用户在 QQ 群内可在线答疑、下载 CALPUFF 学习资料、下载 CALPUFF 研究案例)。

6. 若读者申请使用作者负责开发的模型服务系统, 可访问 <http://ieimodel.org/> 或者 <http://www.lem.org.cn/>。

1.1 CALPUFF 简介

1.1.1 CALPUFF 发展历史

CALPUFF (California Puff Model) 为三维非稳态拉格朗日扩散模式系统, 与传统的稳态高斯扩散模式相比, 能更好地处理长距离污染物输送 (50 km 以上的距离范围)。20 世纪 80 年代末, CALPUFF 由美国西格玛研究公司 (Sigma Research Corporation) 开发。2006 年 4 月, CALPUFF 模式版权转移到美国 TRC Environmental Corporation。2014 年 6 月, CALPUFF 模

式转由美国 Exponent Inc. 维护。CALPUFF 是美国环保局 (USEPA) 长期支持开发的法规导则模型, 2008 年我国环保部《环境影响评价技术导则—大气环境》(HJ 2.2—2008) 中以推荐模式清单方式引进 CALPUFF, 在国内环评工作中得到了广泛的应用, 获得了良好的效果。目前已经有 100 多个国家在使用 CALPUFF, 并被多个国家作为法规模型。

CALPUFF 具有下列优势和特点: ①能模拟从几十米到几百公里中等尺度范围; ②能模拟一些非稳态情况 (静小风、熏烟、环流、地形和海岸效应), 也能评估二次污染颗粒浓度, 而以高斯理论为基础的模式则不具备; ③气象模型包括陆上和水上边界层模型, 可利用小时 MM4 或 MM5 网格风场作为观测数据, 或作为初始猜测风场; ④采用地形动力学、坡面流参数方法对初始猜测风场分析, 适合于粗糙、复杂地形条件下的模拟; ⑤加入了处理针对面源 (森林火灾) 浮力抬升和扩散的功能模块。

近些年来, 国内研究者对 CALPUFF 模型在空气质量模拟开展了一系列研究工作, 如 CALPUFF 模式模拟能见度情况、模拟放射性核素迁移扩散情况、模拟秸秆焚烧造成的环境影响、可视化二次开发、区域大气环境容量测算、风速和风功率密度分布、区域重点行业大气污染等。

1.1.2 CALPUFF 主要功能

CALPUFF 模型系统包括 CALMET 模块、CALPUFF 模块、CALPOST 模块, 以及一系列对常规气象、地理数据做预处理的模块, 而免费版本 CALPRO 模块包含了上述所有模块 (图 1-1) (见 www.src.com)。CALMET 模块是气象模型, 可生成小时三维网格区域风场和温度场; CALPUFF 模块是非稳态三维拉格朗日烟团输送模型, 利用 CALMET 模块生成的风场和温度场文件, 输送污染源排放的污染物烟团, 模拟扩散和转化过程; CALPOST 模块通过处理 CALPUFF 模块输出的文件, 生成所需浓度文件用于后处理。

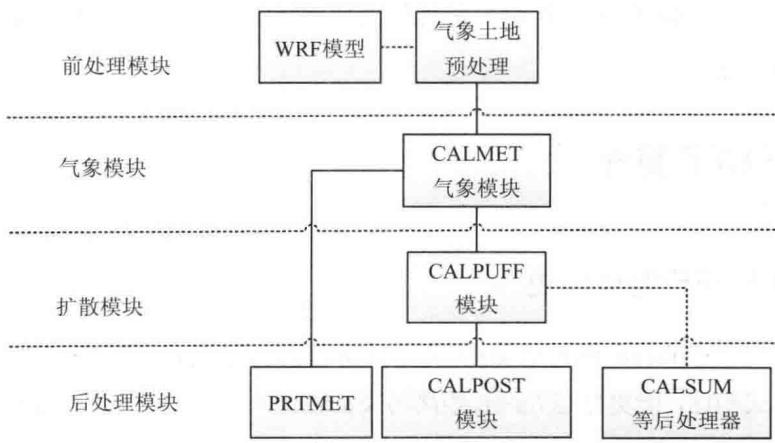


图 1-1 CALPUFF 系统框架

后处理模块 PRTMET 为气象后处理程序，可从 CALMET 气象文件（CALMET.DAT）中提取气象参数（风向、风速、温度等），用于统计分析绘图等。

SMERGE 为地面气象预处理程序，可将不同格式地面气象观测数据转换成 CALMET 程序可识别格式文件（SURF.DAT）。

TERREL 是地形前处理程序，可将不同格式地形数据转换成模式所需的地形高程文件（TERREL.DAT）。

CTGPROC 是土地利用数据前处理程序，可将不同格式土地利用数据转换成模式所需的土地利用文件（LU.DAT）。

MAKEGEO 是地理数据处理程序，它读取 TERREL 和 CTGPROC 生成的地形高程和土地利用数据，计算出 CALMET 所需的地面特征参数（粗糙度、反照率、波文比等），生成 CALMET 可识别的地理数据格式文件（GEO.DAT）。

CALMM5/CALWRF 是中尺度预测数据预处理程序，用来转换中尺度气象模式 MM5 或 WRF 数据成 CALMET 可识别格式文件（3D.DAT）。

CALPUFF 模式目前最新版本为 6.42，读者可直接从 www.src.com 网站（图 1-2）免费下载最新的 CALPUFF 可视化程序以及相应源代码。

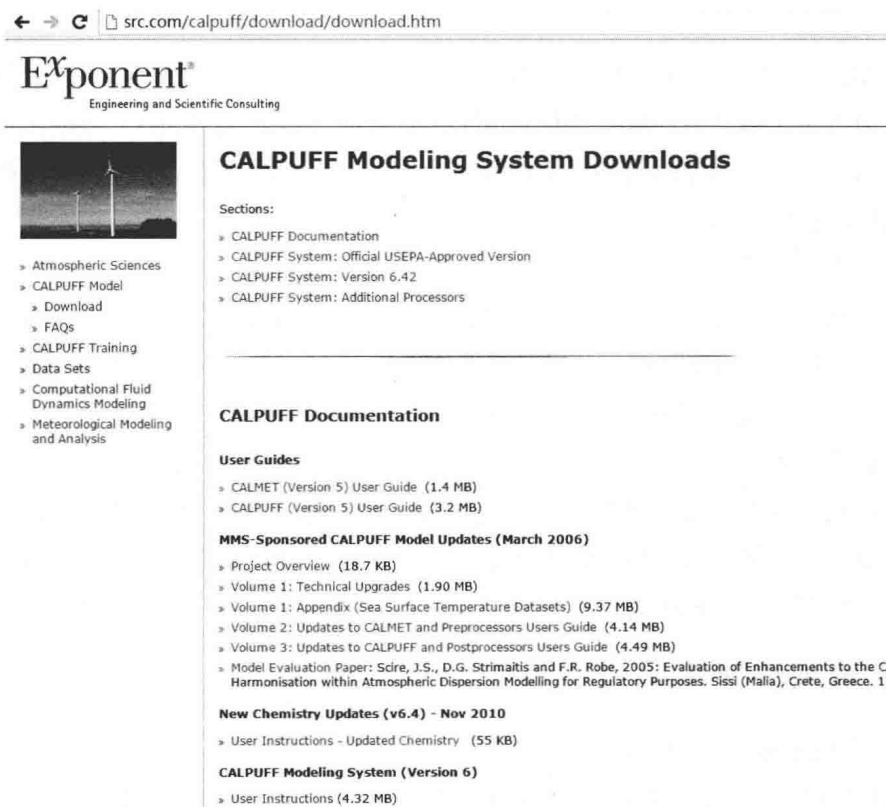


图 1-2 网站免费下载地址

1.1.3 CALPUFF 理论概述

1.1.3.1 CALMET 理论

CALMET 为 CALPUFF 烟团扩散模型提供必要的三维气象场,包括诊断风场模块和微气象模块。诊断风场模块对初始猜测风场(MM4 或 MM5 网格风场、常规监测的地面与高空气象数据)进行地形动力学、坡面流、地形阻塞效应调整,产生第一步风场,导入观测数据,并通过插值、平滑处理、垂直速度计算、辐散最小化等产生最终风场;微气象模块根据参数化方法,利用地表热通量、边界层高度、摩擦速度、对流速度、莫宁-奥布霍夫长度等参数描述边界层结构。

(1) 地形动力学效应

CALMET 利用 Liu 和 Yocke 提出的方法处理地形动力学效应,通过计算整个区域的风来获得受地形影响的垂直风速,并满足大气稳定度递减指数函数。对初始猜测风场重复执行辐散最小化方法,直到三维辐散小于阈值,以获得水平方向风分量所受到的地形动力学影响。

(2) 坡面流

在 CALMET 中,坡面流利用地形坡度、坡高、时间等参数计算,其风分量调入风场调整空气动力学影响。坡面流算法根据 Mahrt 的射流(shooting flows)参数化基础,射流是浮力驱动的气流,依靠微弱的平流输送、地表曳力、坡面流层的夹卷作用平衡。坡流层厚度随坡顶高程而变化。

(3) 地形阻塞效应

地形对风场的热力学阻塞效应通过局地弗劳德(Froude)数计算。如果网格点计算值小于临界弗劳德数(阻塞作用阈值默认值为 1),且风有上坡分量,则风向调整为与地形相切的方向,风速不变;如果超过临界弗劳德数,则不需要调整。

(4) 最终风场

最终风场通过客观分析将观测资料引入第一步风场,主要包括插值、平滑处理、垂直风速的 O'Brien 调整、辐散最小化 4 个子过程。用户可以在平滑处理和 O'Brien 调整步骤之间调用海风程序,以模拟海岸线风场。

1.1.3.2 CALPUFF 理论

(1) 烟团模式的一般形式

与 AERMOD 与 ADMS 不同, CALPUFF 采用非稳态三维拉格朗日烟团输送模型。烟团模式是一种比较简便灵活的扩散模式,可以处理有时空变化的恶劣气象条件和污染源参

数,比高斯烟羽模式使用范围更广。在烟团模式中,大量污染物的离散气团构成了连续烟羽。烟团模式一般由以下几方面构成:①烟团的质量守恒;②烟团的生成;③烟团运动轨迹计算;④烟团中污染物散布;⑤迁移过程;⑥浓度计算。

大多烟团模型利用“快照”方法预测接受点浓度,每个烟团在特定时间间隔被“冻结”,浓度根据此刻被“冻结”的烟团计算,然后烟团继续移动,大小和强度等继续变化,直到下次采样时间再次被冻结。在基本时间步长内,接受点浓度为周围所有烟团采样时间内平均浓度总和。

对比烟羽方法,烟团方法具有很多优点:①可以处理静风问题;②在离开模拟区域前,烟团都参加扩散计算;③烟团在三维风场遵循非线性运动轨迹;④一个烟团平流经过一个区域,烟团的形状尺寸会随之发生变化。而高斯烟羽仅考虑污染源和预测点的地形差异,不考虑两点之间地形对烟羽的影响。

常规的烟团方法在“快照”时,烟团间隙的预测点浓度偏低,中心的预测点浓度偏高。CALPUFF 解决此问题的方法一种是采用积分采样方法即 CALPUFF 积分烟团方法(最早用于 MESOPUFF II),另一种是沿风向拉长非圆形烟团,解决释放足够烟团的问题,即 Slug 方法。

(2) CALPUFF 积分烟团

在 CALPUFF 烟羽扩散模型中,单个烟团在某个接受点的基本浓度方程为:

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_x\sigma_y} g \exp\left[-\frac{d_a^2}{(2\sigma_x^2)}\right] \exp\left[-\frac{d_c^2}{(2\sigma_y^2)}\right] \quad (1-1)$$

$$g = \frac{2}{\sigma_z\sqrt{2\pi}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp[-(H_e + 2nh)^2 / (2\sigma_z^2)] \quad (1-2)$$

式中, C 为地面浓度, g/m^3 ; Q 为源强; σ_x 、 σ_y 、 σ_z 为扩散系数; d_a 为顺风距离; d_c 为横向距离; H_e 为有效高度; h 为混合层高度; g 为高斯方程垂直项,解决混合层和地面之间多次反射的问题。

在中尺度距离传输中,烟团体积在采样步长内的分段变化通常很小,积分烟团可以满足计算要求。当模型用来处理局地尺度问题时,由于部分烟团的增长速率可能很快,积分烟团的处理能力难以达到要求。

(3) Slug 计算

Slug 方法用来处理局地尺度大气污染,将烟团拉伸,可以更好地体现污染源对近场的影响。Slug 可以被看成一组分隔距离很小的重叠烟团,利用 Slug 模式处理时,污染物被均匀分散到 Slug 里。

Slug 描述了烟团连续排放,每个烟团都含有无限小的污染物。和烟团一样,每个 Slug 都能根据扩散局地影响、化学转化等独立发生变化,邻近 Slug 的端点相互链接,确保模拟烟羽的连续性,摒弃了烟团方法的间隔缺陷。

采用 Slug 模式, 当横向扩散参数 σ_y 增长接近于 Slug 自身长度时(下风距离内会发生这种情况), CALPUFF 开始利用烟团(Puff)模式对污染物采样, 提高计算效率。在足够大的下风距离内, 利用 Slug 模式模拟没有优势, 因而积分烟团模式适合中等尺度范围, Slug 模式适合局地尺度。

(4) 大气湍流分量

计算 σ_{yt} 和 σ_{zt} 时(σ_{yt} 和 σ_{zt} 为在大气湍流作用下的 σ_y 和 σ_z 的函数), 尽可能使用大量精确数据, 当数据不能被使用时, 模型提供不要求输入精确数据的计算公式。根据 5 种不同的扩散选项, 模型将输入的数据分为 3 级。5 种扩散选项分别为: ①根据湍流运动的监测值计算扩散系数 σ_V 和 σ_W ; ②利用微气象变量计算扩散系数 σ_V 和 σ_W ; ③通过 ISCST 模型计算乡村区域 PG 扩散系数和 McElroy-Pooler 城市区域扩散系数; ④除 PG 扩散系数之外, 通过 MESOPUFF II 计算的扩散系数; ⑤稳定和中性气象条件下(假设 σ_V 和 σ_W 已读取), CTDM 的 σ 值和不稳定条件下第 3 种选项的 σ 值。输入的数据有 3 种: ①湍流扩散系数, 即 σ_V 和 σ_W 直接监测值; ②通过 CALMET 或其他模型对微气象参数计算得到的横向和垂直分量; ③PGT 或 ISCST 模型中的扩散系数, 或 MESOPUFF II 的乡村扩散参数。

(5) 初始烟羽大小

体源排放烟团的初始大小由用户定义的初始扩散系数(σ_{y0} 和 σ_{z0})决定。一个体源可以看做由特定区域内许多指定的面源组成的单个污染源, 随着体源排放扩散到一定体积, 可用 σ_{y0} 和 σ_{z0} 表示。体源烟团扩散可以当做点源烟团计算处理, 采用虚拟源设置初始 σ_{y0} 和 σ_{z0} 。

(6) 烟团分裂

垂直风切变有时是影响烟团传输和扩散的一个重要因素。CALPUFF 可以处理单个烟团切变, 当切变作用明显时, 将烟团分裂成多个, 分裂后的烟团独立传输和扩散。如果单个烟团在模拟区域时间足够长, 则可能被多次分裂, 在垂直方向仍是高斯形式的烟团将不再被分裂。

(7) 烟羽抬升

CALPUFF 模型中烟羽的抬升关系适用于各种类型的源和各种特征的烟羽。烟羽抬升算法考虑了以下几个方面: 烟团的浮力和动量; 稳定的大气分层; 部分烟团穿透进入稳定的逆温层; 建筑物下洗和烟囱顶端下洗效应; 垂直风切变; 面源烟羽抬升; 线源烟羽抬升。

1.2 CALPUFF 6.0 安装

1.2.1 CALPRO 系统安装

首先读者将安装包(CALPro_Setup_Version6_20 110 427.zip)解压到本地硬盘, 找到文件夹下的 CALProPlus_Setup.exe, 双击鼠标左键, 则自动启动安装向导, 在安装向导的

指引下,可轻松完成安装过程。

注意 CALPRO 软件必须安装到英文路径下,路径不要有中文字符、空格、标点符号。同样读者在建立 CALPUFF 等测试案例文件夹也不要有中文字符、空格、标点符号,否则会造成建模失败或者运算错误。

依次按照图 1-3 到图 1-9 的步骤,开始安装文件。读者注意,本书 CALPUFF 以及 CALPRO 安装在 C:\CALPUFF 目录下,在 windows 资源管理器内可查看 CALPUFF 目录。而本书的案例来源于光盘中的自带光盘\caltest 目录下,读者可将 caltest 文件夹拷贝到 D 盘,在 D 盘的 D:\caltest\路径下进行案例操作测试。

安装成功后,可看到桌面上出现  图标,双击后可启动 CALPRO 程序(图 1-10)。读者使用 CALPRO 有两个方法供选择。方法一是直接操作集成图形用户界面 CALPRO 程序(GUI),CALPRO 已将前处理、模拟模块和后处理模块等集成到一个界面,可直接进入子模块操作窗口,初学者不用去了解 INP 文件的具体格式;方法二是直接改写各模块的控制文件(CALPUFF.INP、CALMET.INP 等),读者在建立 CALMET、CALPUFF 等模型过程中,可以直接在 CALPUFF.INP、CALMET.INP 控制文件对参数进行设置、修改,然后点击执行脚本执行文件(BAT 格式文件),可在 DOS 提示符下运行相关模块。例如,CALMET 的 BAT 脚本执行文件内容如下:

```
echo on
```

```
C: \CALPUFF\calpuffl.exe   D: \caltest\calpuff\calpuff.INP
```

```
pause
```

本书建议初学者采用方法一建立模型,便于对模型操作的理解和入门。

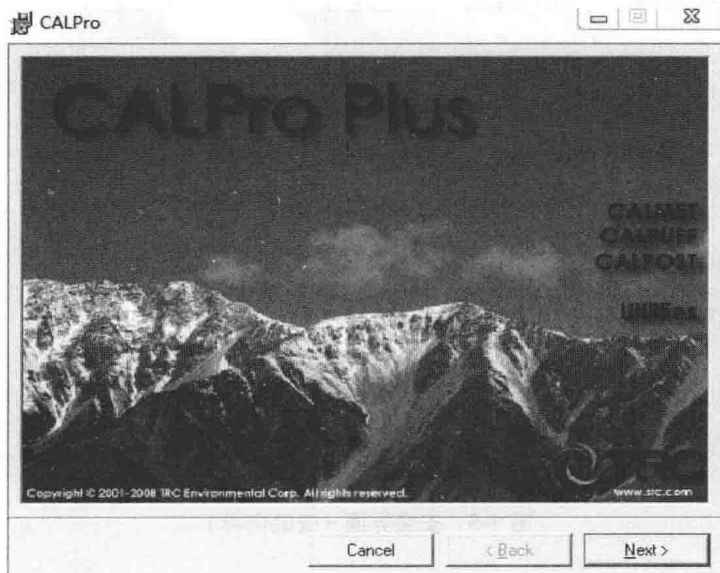


图 1-3 CALPRO 安装界面(第一步)

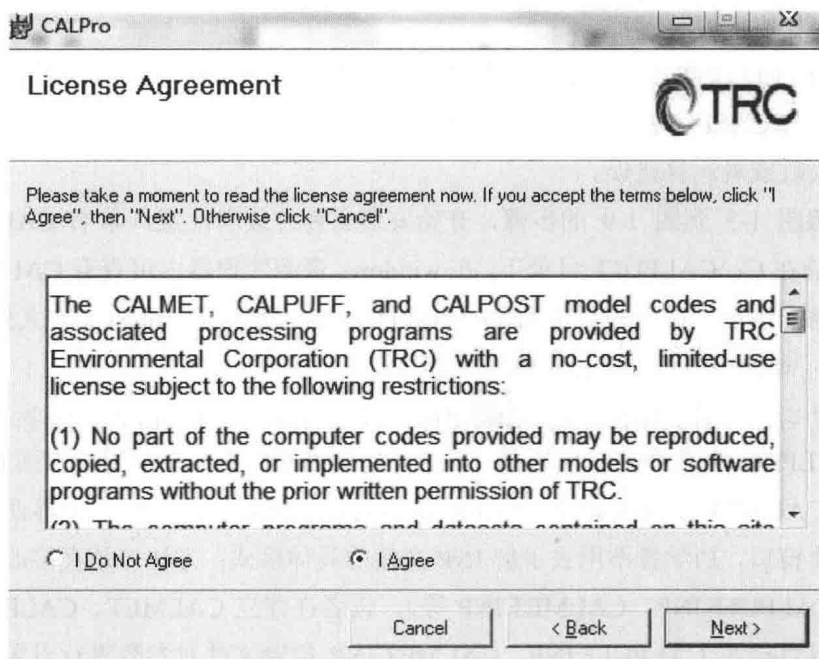


图 1-4 安装界面（用户协议）

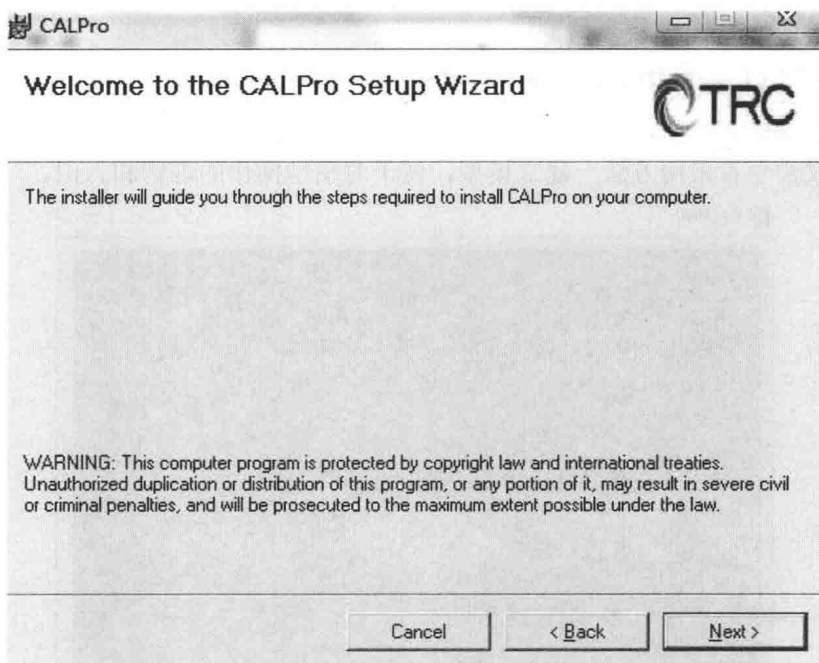


图 1-5 安装界面（安装向导）