ICS 点击此处添加 ICS 号
CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

贵州省碳源汇评估规范

Evaluation criteria of carbon source and sink in Guizhou province

（征求意见稿）

XXXX－XX－XX 发布 XXXX－XX－XX 实施

发 布

目　　次

前　　言 II
引　　言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 碳源汇评估流程 2
4.1 总体评估流程 2
4.2 时空边界选取 2
4.3 大气多源 CO_2 数据收集 2
4.4 碳源汇同化反演 3
4.4.1 关键参数优化 3
4.4.2 数值模式计算 4
4.4.2 迭代最优求解 4
4.5 结果验证 4
4.6 报告编制 4
附　录　A　（规范性）基于 CO 推算 CO_2 浓度 5
附　录　B　（规范性）站点的数据格点化方法 6
附　录　C　（资料性）区域碳源汇监测评估报告编制大纲 7
参　考　文　献 8

前　　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由贵州省气象学会提出并归口。

本文件起草单位：贵州风云气象技术有限公司、贵州省山地环境气候研究所、贵州省生态气象和卫星遥感中心、贵州省大气探测中心。

本文件主要起草人：古书鸿、廖留峰、段莹、王强、丁立国、张波、廖瑶。

引　　言

本标准制定的碳源汇反演方法具有权威性，并经大量观测调查数据校准和验证，适用于贵州区域陆地碳汇评估。

1、准确性。本标准基于 IPCC2019 年温室气体增补指南，基于自上而下的方法，反演评估的碳汇量、碳源量能够准确反映评估区域内碳的的时间动态和空间格局。

2、 连续性。受气候变化、土地利用变化、 人为干扰等因素的影响， 区域陆地碳汇的年际间波动较大，利用本标准宜进行动态评估。

3、一致性。在不同时间对同一评估单元再次或多次评估时，宜采用相同评估方法、 参数和数据标准。基于所有下一级行政单元（空间范围）的碳源汇反演方法、参数和数据来源与处理方法与基于上一级行政单元(空间范围）的碳源汇反演方法、 参数和数据来源与处理方法相同。不同区域相同植被功能型的参数取值一致。

点击此处添加标准名称

1 范围

本文件规定基于了大气CO_2浓度观测数据的碳源汇反演评估方法。

本文件适用于区域内自上而下的碳源汇评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

QX/T 125 温室气体本底观测术语

QX/T 174 大气成分站 选址要求

QX/T 118—2020 气象观测资料质量控制 地面

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 大气多源 CO_2数据

高精度的地基 CO_2浓度观测、碳卫星柱CO_2浓度以及基于辅助观测数据推算获取的CO_2浓度数据的综合。

3.2 大气传输模式

表征大气层中复杂的物理和化学过程，辐射能在大气中传输过程、传输特性及其规律的模式。

3.3 生态系统模型

用数学符号和数学方程式表征生态系统各成员相互关系和功能作用之间的定量表述，对生态系统结构与功能作抽象的或形式的描述。

3.8 同化算法

把不同来源、不同分辨率、直接和间接的观测数据，与动态模型进行集成，生成具有时间一致性、空间一致性和物理一致性的各种地表状态的数据集的方法。

3.9 同化反演

利用同化算法，进行表征观测数据集成和输出的过程。

3.9 人为碳通量

来源于人为燃烧化石燃料，如煤炭、石油和天然气，以及清除森林和植被等人类活动，导致的碳的循环运动的通量。

3.6 自然碳通量

不考虑人为因素和动物活动影响的自然陆地生态系统中，大气、海洋、陆地和生物界中碳的循环运动的通量。

4 碳源汇评估流程

4.1 总体评估流程

碳源汇监测评估的总体流程主要包括四个部分：评估区域时空边界选取、大气多源 CO2 浓度观测数据收集、碳源汇同化反演、报告制作。

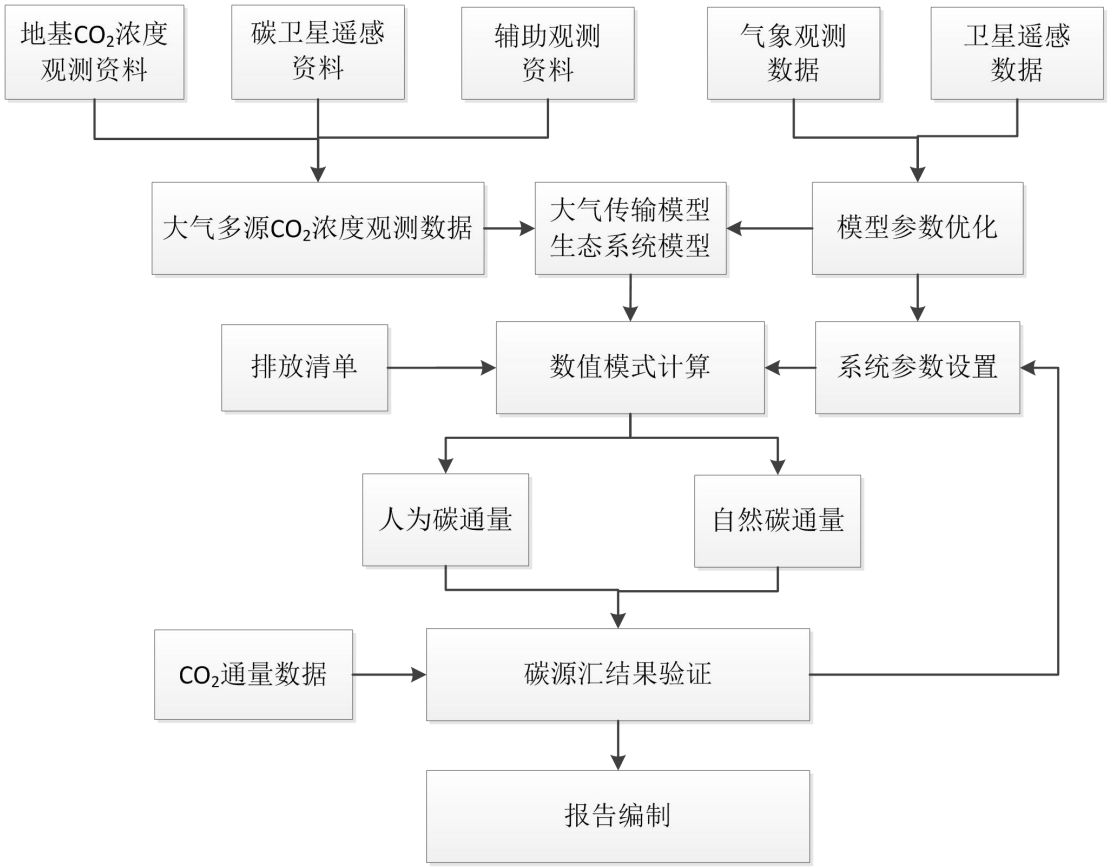


图1 碳源汇评估流程

4.2 时空边界选取

根据评估目的，确定碳源汇评估的地理边界，评估区域可以是行政单元，如省、市、县、乡、村，也可是某个功能区等，并确定评估的时间边界（起止年份）。

4.3 大气多源 CO_2 数据收集

4.3.1地基CO_2浓度

在评估区域内进行地基 CO_2 浓度的观测，观测要素包括 CO2 浓度与 CO2 通量。

观测点应具有较大的区域或气候系统代表性；宜选择高山站、雷达站或城市高楼等在当地具有一定高度（超过当地冠层）和区域代表性的地点；四周应开阔、空气自然流畅，避免受到局部地形、建筑等障碍物影响；具体站点建设和观测规范参考中国气象局《高精度温室气体二氧化碳浓度自动观测系统建设指南》。

评估区域内存在局地污染源时，应选择在局地污染源主导风向的下风方向或污染源附近开展 CO_2 浓度观测。

4.3.2 碳卫星遥感数据

评估时空范围内的四颗在轨运行的碳卫星（GOSAT、GOSAT-2、OCO-2 和 OCO-3）CO_2 柱浓度数据。

4.3.3 辅助数据

评估时空边界内无 CO2 浓度观测数据和遥感数据情况下，基于 CO_2 大气本底观测数据和其它辅助数据进行推算 CO_2 浓度（附录 A）。

站点的数据进行格点化处理（附录B）。

4.4 碳源汇同化反演

碳源汇的大气同化反演基于大气传输模型、生态系统模型以及陆表通量交换模型等完成人为碳通量和自然碳通量同步反演。主要包括关键参数优化、数值模拟计算和迭代最优解求解三个部分。

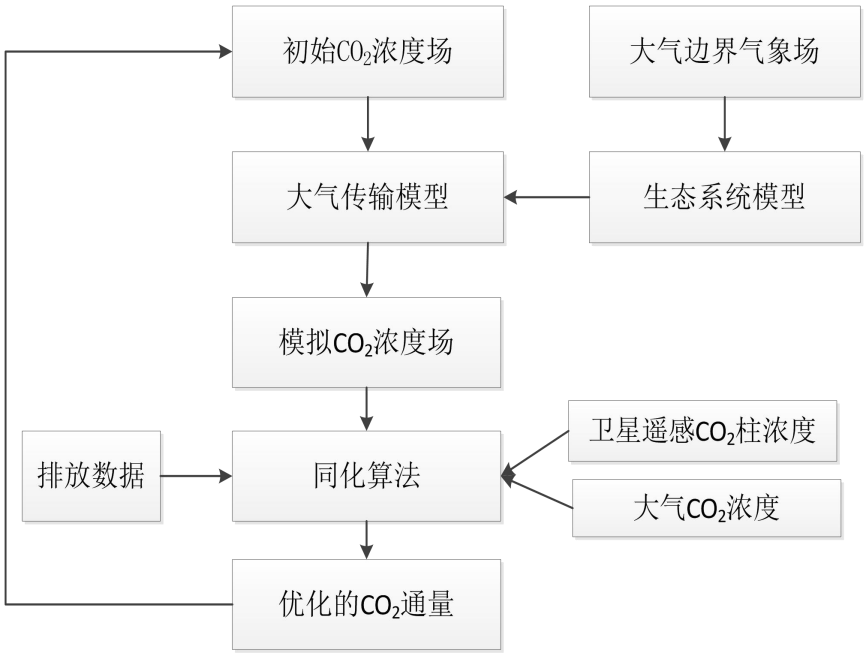


图2 碳源汇的同化反演流程

4.4.1 关键参数优化

基于观测站点的风速、气温和降水等大气边界气象场数据，对生态模型光合与呼吸模块的关键参数进行分区优化和实时校准优化；基于不同的敏感性实验结果（如扰动样本实验、边界场实验、滞后窗口实验、

化学机制实验和空间分辨率实验），设定同化系统的参数。

将构建的初始CO_2浓度场和生态系统模型参数输入至大气输送模型中，进行优化模拟，得到模拟的CO_2浓度场。

4.4.2 数值模式计算

1）对污染物进行化学谱分配、空间分配和时间分配，形成污染物排放数据。

2）在数值模式中输入模拟的CO_2浓度场，卫星遥感CO_2柱浓度、大气CO_2浓度和排放数据，进行数值同化模拟，得出优化后的CO_2通量。

4.4.2 迭代最优求解

将优化后的CO_2通量作为初始浓度场，输入到大气输送模型中，重复开始同化过程，直至最优解逼近真实观测值，求解出格点上的人为碳通量和自然碳通量。

4.5 结果验证

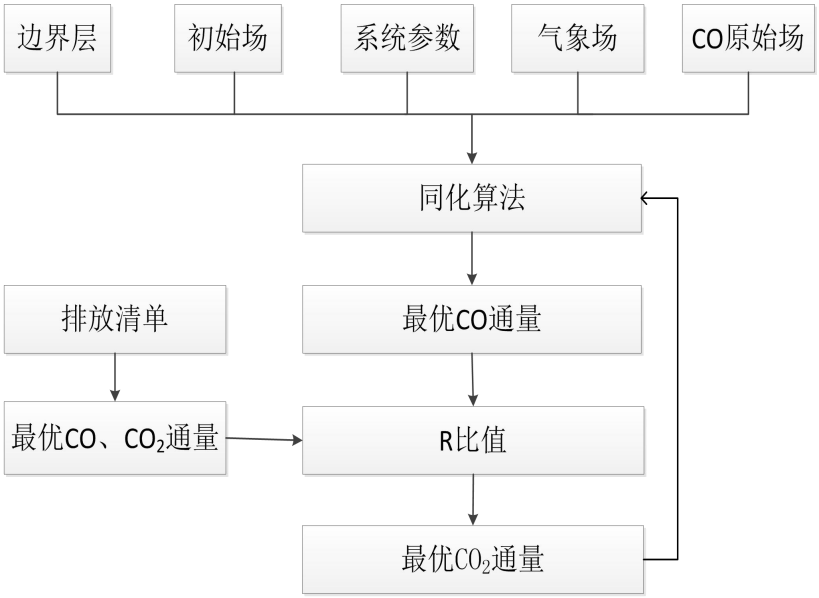
碳源汇大气同化反演方法得到的人为碳通量和自然碳通量，与站点CO_2通量观测结果进行对比，调整优化温室气体传输模式光合与呼吸模块的碳循环关键参数。

4.6 报告编制

出具碳源汇评估报告，按照附录B进行编制。

附　录　A （规范性）基于 CO 推算 CO_2 浓度

基于CO_2和CO伴生比例关系对CO_2通量进行反演。推算流程如A.1所示：



图A.1　基于CO原始场进行优化的CO_2浓度推算流程

1、基于外层模拟为内层模拟提供边界场。准备边界场、初始场、气象场及CO原始通量。气象场来自FNL再分析数据，CO原始通量可以来源于站点观测数据进行插值后的格点数据（插值方法见附录B），也可以是来自于排放清单。

2、将边界场、初始场、气象场及CO原始通量输入进行系统参数进行设置后的同化算法中进行同化计算，得出最优CO通量。

3、计算CO_2/CO排放比R，采用排放清单中评估区域内的CO_2,CO通量，计算研究区域内的R比值。

4、根据反演优化后的CO通量和R，按照公式计算格点上最优CO_2通量。

$$M_{CO_2} = M_{CO} \times R$$

M_{CO_2}表示最优CO_2通量，M_{CO}为反演得到的CO最优通量，R是格点上基于排放清单提取的CO_2/CO排放比。

5、进入下一同化窗口，进行迭代计算，得出最后结果。

附　录　B （规范性）站点的数据格点化方法

对于站点观测的 CO2 浓度数据，可利用 Anuspline 薄盘光滑样条插值法对站点观测数据进行插值，该插值方法采用平滑样条函数对多变量数据进行分析和插值，即使用函数逼近曲面的一种方法，它能够对数据进行合理的统计分析和数据诊断，并可以对数据的空间分布进行分析进而实现空间插值的功能，可使用软件 Anuspline 软件，计算公式见公式(B.1)。

$$r_i = f(x_i, y_i, h_i) + \varepsilon_i \quad i = 1,2,3\cdots, n \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots B.1$$

式中：

r_i——因变量观测值；

f——未知的连续平滑函数，可按照公式 (B.2)计算；

x_i, y_i, h_i——分别是作为自变量的数据点的经度、纬度和高程。

ε_i ——误差项。

$$f(x) = \sum_{j=1}^{m} a_j \Phi_j(x) + \sum_{i=1}^{n} b_i \varphi(r_i) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (B.2)$$

式中：

m——是低次多项式的个数，由自变量的维数、协同变量数等决定；

j——单项式序数；

a_j——未知系数；

Φ_j——第个单项式；

n——观测数；

b_i——未知系数；

Ψ ——的函数；

r_i—— x和x_i的距离。

公式 (B.2)右边的第一项代表局部趋势函数，第二项代表基本函数。

插值生成的气候曲面(surface)是一组样条函数多项式，表达的是气候变量在插值区域内沿水平和垂直方向发生的变化规律，本身不具有空间分辨率的内涵，之后借助数字高程（DEM）提供的三维空间信息，即可求算插值区域内任意一点的气候变量内插值。

附　录　C （资料性）区域碳源汇监测评估报告编制大纲

评估报告内容编制要素主要包括但不限于前言、评估区域概况、评估方法、数据来源和处理、关键参数优化、区域碳源汇量和空间格局、结论和附录。编制大纲示例见图 C.1。

××区域碳源评估报告大纲

一、 前言：介绍评估背景、目的意义、任务来源等；

1.1 评估背景

1.2 目的意义

1.3 任务来源

二、 评估区域概况：介绍评估区域地理范围、气候、土壤、植被等基本情况；

2.1 地理位置、 地形地貌

2.2 气候与水文

2.3 植被类型

2.4 土壤类型

2.5 土地覆盖

三、 评估方法：说明评估方法选择的标准、依据及使用范围，详细介绍碳源汇评估的方法；

3.1 评估方法选择依据

3.2 评估方法

四、 数据来源：说明评估数据、采集方式及采集过程，数据处理原则、 方法及其过程；

4.1 观测数据获取方法

4.2 同化数据来源与数据处理

五、 生态模型关键参数优化：基于区域地面观测数据和卫星遥感数据，对生态模型中的光合和呼吸模块进行关键参数优化的结果，如

5.1 光合作用模块参数优化

5.2 呼吸作用模块参数优化

5.3 优化结果分析

六、 ××区域碳源汇量及空间格局：对区域碳源汇量的空间格局和各统计结果进行分析；

6.1 碳源汇量同化反演结果验证

6.2 ××区域陆地碳源汇量

6.3 ××区域陆地碳汇空间格局

七、 结论：介绍区域陆地碳汇评估结论；

7.1 评估区域情况

7.2 评估准确性说明

八、 附录：包括优化后的模型参数表。

图 C.1 区域陆地碳汇评估报告大纲参考样例

参 考 文 献

1、鲁立江，区域高分辨率碳同化系统研发及人为碳排放估算研究[D]，中国矿业大学，2020.

2、金哲, 汪涛,张洪芹等，基于中国大气反演系统的卫星CO2数据同化对全球碳收支的评估[J],中国科学：地球科学，2023，53（03）:587~597.

3、朴世龙,何悦,王旭辉等，中国陆地生态系统碳汇估算: 方法、进展、展望[J],中国科学：地球科学，2022，52（06）:1010 ~ 1020.

4、Baozhang Chen,Huifang Zhang,Tao Wang ,Xiaoye Zhang. An atmospheric perspective on the carbon budgets of terrestrial ecosystems in China: progress and challenges[J]. https://doi.org/10.1016/j.scib.2021.05.017.