

基于空间信息系统的中国油气开发碳排放^①

刘会云^{1,2}, 毕建涛²

¹(中南大学 地球科学与信息物理学院, 长沙 410083)

²(中国科学院 遥感与数字地球研究所, 北京 100049)

摘要: 石油和天然气开发过程中的碳排放是自然过程碳排放量中的重要一部分, 而构建基于空间信息系统的碳排放系统有助于实现碳排放数据的实时查询、更新、分析以及共享, 该系统采用 B/S 设计模式, 融合地理信息技术和分布式处理技术, 以 silverlight 进行分布式系统架构为基础, 进行空间信息系统的开发与设计, 同时引入实测算法, 对油气开发的碳排放量进行计算、分析, 将分析结果以收支年报的形式表达, 为碳减排提供有效的数据决策支持。

关键词: 油气开发; 碳排放; WebGIS; 实测算法; IPCC

Carbon Emission from Oil and Gas Development in China Based on Spatial Information System

LIU Hui-Yun^{1,2}, BI Jian-Tao²

¹(School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China)

²(Institute of Remote Sensing and Digital Earth, China Academy of Sciences, Beijing 100094, China)

Abstract: Carbon emissions in the process in oil and gas development is an important part of the natural process of carbon emissions and building carbon system based on space information system contributes to the realization of real-time carbon emissions data query, update, analysis and sharing, the system uses B/S design pattern, integration of geographic information technology and distributed processing technology, based on the silverlight for distributed system architecture, realizes space information system development and design, at the same time the measurement algorithm is introduced, a calculation is made of carbon emissions for oil and gas development, analysis, the analysis result is expressed in the form of the annual report of income and expenses, and provides effective data for carbon reduction decision support.

Key words: oil and gas development; carbon emissions; WebGIS; measurement algorithm; IPCC

引言

中国的人均碳排放量第一次超过欧盟, 2013 年全球碳计划(Global Carbon Project)公布全球碳排放量数据显示, 其中, 数据表明, 2013 年全球人类活动碳排放量创下历史新纪录达到 360 亿吨, 平均每人排放 5 吨二氧化碳。其中, 中国占 29%是碳排放总量最大的国家;其次是美国, 占 15%; 欧洲占 10%。研究者们认为, 碳排放量的增长与全球经济复苏和碳强度的增长有关, 这在发展中国家尤其明显, 特别注意到, 在人均碳排放量方面, 中国人均排放 7.2 吨, 而欧洲人均排放 6.8

吨, 这意味着中国的人均碳排放量首次超过欧洲^[1]。过去 20 年, 中国工业化发展迅速, 煤炭和进行石油天然气等资源的开发过程中会造成 CH₄、CO₂ 等温室气体的排放。

随着社会经济的快速发展, 互联网的快速崛起, WWW(World Wide Web)成为了高效的全球信息发布与共享的平台, 它使得全世界的人们可以进行大规模的相互交流。而通过 Internet 技术在 Web 上发布可以供用户浏览、查询的空间数据是 GIS 技术发展的方向和趋势。因此, 通过采用 silverlight 技术, 结合 WCF

① 基金项目:中国科学院战略先导科技专项(XDA05030101)

收稿时间:2015-11-24;收到修改稿时间:2016-01-14 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005269]

RIA Service 对数据库的访问, 和 ArcGIS Server 平台对数据的管理和功能发布服务, 建立全国油气开发过程中的空间信息系统, 这个系统不仅可以有效的管理我国的油气开发中的碳排放有关的空间数据与属性数据, 同时可以通过建立模型, 计算油气开发过程中的碳排放量, 查看油气开发的全国分布, 通过与 IPCC 算法进行比较, 整理出我国油气开发过程中碳排放收支年报, 以期为我国制订减排措施及参与全球环境活动提供材料.

1 系统总体架构

为实现石油及天然气开采过程中, 各类实测数据、计算数据以及其他基础数据的存储、管理, 以及各类计算方法的实现, 碳排放数据的统计分析 with 评估预测等功能, 设计了石油天然气开发碳排放空间信息系统.

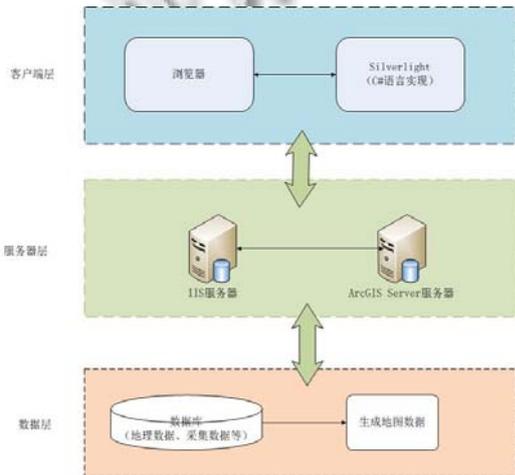


图1 系统整体框架结构

基于空间信息系统的油气开发过程中的碳排放系统框架图如图1所示, 通过 silverlight 客户端应用程序调用 ArcGIS Server 服务器中发布的各种服务对油气开发的数据进行查询检索与交互访问. 系统由数据层、服务器层和客户端层三层体系结构组成.

数据层: 它是系统的核心部分, 负责系统的数据的存储, 主要包括空间信息, 采集信息, 统计数据、影像数据等相关数据, 采用 Oracle 数据库实现空间数据与非空间数据的一体化管理. 其中空间数据通过 ArcGIS Server 的服务器系统发布地图, 提高数据的处理能力. Silverlight 应用程序则通过 WCF RIA Service

实现对属性数据的访问.

服务器层: 该层为系统配置了 ArcGIS Server 的服务器, 并通过 IIS 服务器为客户端提供 Web 服务, 主要用于油气开发碳排放系统的数据访问和 GIS 处理等.

客户端层: 该层即 silverlight 客户端的应用程序, 支持多个客户端同时登入, 具有较强的多媒体效果, 为用户展示一个内容丰富、交互性高的 Web 程序界面, 并且操作简单明了, 形象直观, 一般用户也能使用.

2 数据库设计

基于空间信息系统的油气开发过程中的碳排放系统的数据采集范围广, 数据复杂, 主要分为两种类型, 一种是空间地理数据, 一种属性数据. 其中空间地理数据包括与油气开发有关的空间地理信息数据. 属性数据主要包括油气点的采集数据及实验数据. 针对这种情况, 本系统数据库的设计采用 Oracle+ArcSDE 的模式来进行数据的存储与组织, 它对海量的空间数据是一个很好的管理模式, 有效的结合了 ESRI 对 GIS 的研究深度以及 Oracle 在数据库管理上的优势, 可以方便、准确、有效的对空间数据进行管理^[2]. 通过将油气开发涉及到的空间数据和属性数据按照 Oracle 表空间的不同, 进行分开独立存储, 通过约束条件, 再将二者进行关联, 实现在 Oracle 数据库空间数据与属性数据的一体化管理. 数据库的组织结构图如图2所示.

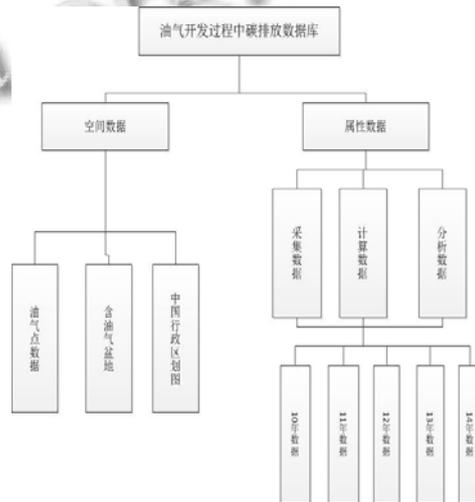


图2 数据库组织结构图

油气开发过程中空间数据主要包括油气点数据、含油气盆地数据与行政区划图, 数据的存储采用

ArcSDE 作为空间数据引擎, 以 Geodatabase 的数据模型来存储, 通过 ArcSDE, 在 ArcMap 中进行属性表的添加, 并对图层进行渲染和符号化。

油气开发过程中属性数据主要包括了采集数据、计算数据、分析数据三类数据, 各类数据分别根据年份的不同进行存储, 即采集数据按照 10 年至 14 年分年进行存储, 不同年份的数据分别包括空气样品采集记录表、天然气泄露现场检测数据记录表、油气样品采集记录表、样品图片记录表、样品碳同位素测试分析表、样品组分测量/模拟分析表等六个数据表格。计算数据主要包括油气开发系统中用于模型计算的数据, 主要包括 10 年至 14 年的各油气站点的产量数据。分析数据主要存储的是系统运行过程中产生的结果数据。各类型的数据根据设计好的数据字典, 在 Oracle 数据库内完成数据库的设计与数据的导入。

3 计算模型介绍

基于空间信息系统的油气开发过程中的碳排放系统, 通过 WebGIS 将数据库的数据进行分析得到结果作为碳收支年报的支撑内容时, 系统的关键在于模型的设计。系统涉及到两个方面的模型: 实测算法模型和 IPCC 算法。

3.1 实测算法

实测算法模型是由“石油和天然气开发过程中碳排放”项目组兰州油气中心提供。该算法参照 IPCC 对油气开发系统温室气体的排放的研究, 根据多次现场实测结合油气田专家意见, 研究油气田温室气体排放大多发生在钻井、试油、设备维修、气体生产、气体处理及油田水等环节。这些环节基本涵盖了天然气开发过程中有可能造成温室气体排放的源^[3]。通过对各个环节的实测、计算, 确立更符合我国实际情况的新的排放因子。根据对全国多个油田实测数据, 将全国油气田碳排放根据油气田的不同分为气层气开发过程中的碳排放和原油开发过程中的碳排放, 原油开发过程中的碳排放根据开发环节中伴生气排放方式的不同分为管网集输型、密闭混输型、直接放空型。油气开发过程中的碳排放量为四类油气田的碳排放之和, 具体模型为:

$$E_{\text{气体, 工业部分}} = A_{\text{气层气}} * EF_{\text{气层气}} + A_{\text{管网型}} * EF_{\text{管网型}} + A_{\text{密闭型}} * EF_{\text{密闭型}} + A_{\text{放空型}} * EF_{\text{放空型}} \quad (1)$$

其中, E 为排放总量, A 为活动因子, EF 为排放因子。

3.2 IPCC 算法

目前, 在无法通过实际测量油气开发过程中碳排放量的前提下, 国内外的学者和研究人员大都通过 IPCC 的方法来估算我国油气开发过程中的碳排放^[4]。根据 IPCC《2006 年国家温室气体清单指南》第一层次方法, 将油气开发过程分为几个环节, 每个环节有相应的排放因子, 而 IPCC 针对发展中国家与发达国家给出了不同的排放因子, 根据每个环节的活动因子与排放因子计算全国油气开发过程中的碳排放。排放量计算:

$$E_{\text{气体, } i} = A_i * EF_{\text{气体, } i} \quad (2)$$

$$E_{\text{气体}} = \sum E_{\text{气体, } i} \quad (3)$$

其中, $E_{\text{气体}}$ 为油气开发过程中总排放量, $E_{\text{气体, } i}$ 为 i 环节温室气体的排放量, A_i 为 i 环节的活动因子, $EF_{\text{气体, } i}$ 为 i 环节的排放因子。

4 分布式空间信息碳排放系统模拟与预测过程

数据库负责存储油气田每年的开采量和采集数据, 以及与空间地理位置有关的空间数据, 系统可以通过实测算法模型和 IPCC 算法模型分别计算出每个油气田的碳排放量, 得到全国油气田碳排放总量, 通过将两个算法计算出来的碳排放进行比较分析, 形成碳收支年报, 并生成全国碳排放地图, 在客户端浏览器上进行显示和下载。为使系统能够根据需求实时输出碳收支年报, 为准确掌握我国油气开发的碳排放提供数据支持, 系统的模拟与预测流程如图 3 所示。

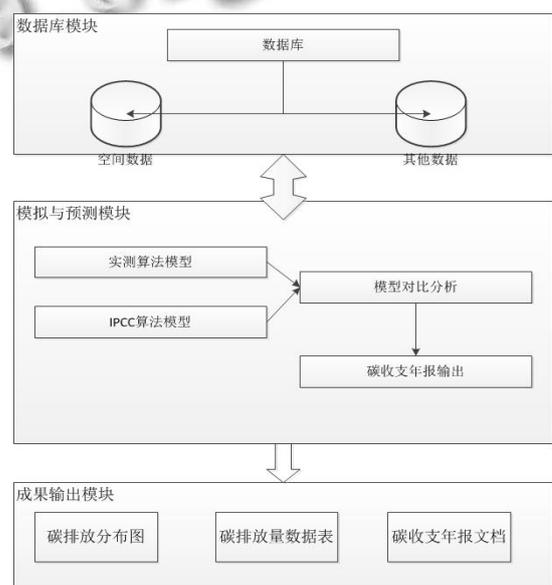


图3 系统的模拟与预测过程

5 系统实现

为了构建高效、快捷、安全的体系结构, 基于空间信息系统的油气开发过程中的碳排放系统采用 silverlight、ArcGIS Server 和 Oracle 数据库结合做分布式设计. ArcGIS Server 是 ESRI 公司推出的服务器端的产品, 它能够集中管理, 支持多用户, 包括高级的 GIS 功能, 并且可以使用工业标准来构筑程序^[5]. 其主要功能是可以实现: ①强大的 Web GIS 系统的开发; ②分布式 GIS 系统的开发. 可以提供广泛的基于 Web 的 GIS 服务, 以支持在分布式的环境下实现地理数据的管理、制图、地理处理、空间分析、编辑和其他的 GIS 功能. 同时它可以实现跨企业和跨网络分享你的 GIS 资源, 特别是引入了 REST 技术, 使得网站之间可以相互引用 GIS 的资源.

Silverlight 则是一种融合了微软的多种技术的 Web 呈现技术, 是微软丰富互联网应用程序策略的主要应用程序开发平台之一^[6]. 它提供了一套开发框架, 并通过使用基于向量的图像图层技术, 支持任何尺寸图像的无缝整合, 为使开发设计人员能够更好的协作, 其实现了对包括 asp.net、AJAX 在内的 Web 开发环境的无缝连接, 有效地创造出内容丰富、界面绚丽的 Web 应用程序, 无论是在浏览器内还是桌面操作系统, 都可以获得很好的体验.

通过 ArcGIS API for Silverlight 可以实现 ArcGIS 与 silverlight 的无缝结合, 首先它是由 Esri 公司推出的一套编程接口, 用于在 Silverlight 平台上开发 WebGIS, 通过 REST 接口访问 ArcGIS Server 发布的地图服务、影像服务、几何服务、地理处理服务、要素服务、网络服务等, 其次它可以访问 OGC 标准的 WMS、WFS、WCS 等服务, 也可以访问 Bing 地图服务.

系统的主界面, 主要包括数据服务和数据分析, 数据服务功能主要用于呈现数据库的所有数据, 方便进行数据的检索, 实现数据的在线浏览. 数据分析为系统的核心, 包括了基本的地图图层控制、油田的分类类别、和碳收支年报的下载, 根据实测算法和 IPCC 算法计算出全国油气开发碳排放量, 通过统计分析对不同年份的各类油田的碳排放量数据柱状图对比分析, 根据各类油气田碳排放量的变化及时准确的进行各种类型的油气田的减排工作. 对比分析是将实测算法与 IPCC 算法算出的全国油气田的碳排放量进行比较分析, 最后计算结果输出碳收支年报, 并在地图上显示

出油气开发过程中碳排放量的全国分布图. 图 4 为数据分析的主界面.



图 4 数据分析主界面

以 2013 年为例, 若想要下载得到 2013 年油气开发的碳收支年报, 应通过点击实测算法和 IPCC 算法, 分别计算出 2013 年油气开发过程中碳排放量, 其中实测算法显示 2013 年碳排放为 16148946.91t, IPCC 算法的排放量为 179997710.4t, 并通过统计分析比较 2011-2013 年 3 年中四中类型的油气开发的碳排放碳排量对比图, 和 IPCC 与实测算法的对比图, 同时, 根据实测算法计算值得到油气开发过程中碳排放的全国分布图, 为 2013 年的油气开发过程中的碳收支年报提供数据支持. 图 5 为碳收支年报下载界面.

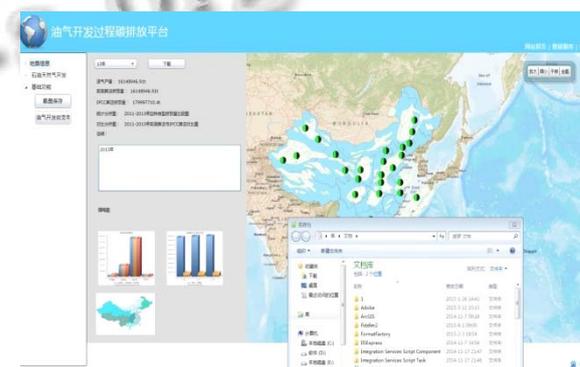


图 5 碳收支年报的下载

6 结论

本文以石油和天然气开发过程中碳排放数据为研究对象, 在对系统需求分析的基础上设计了数据库—服务器—客户端的三层体系结构, 该系统有很强的适

用性,方便资源的共享,具有较好的系统可扩展型、可使用型和开放性。同时,空间信息系统可以实现地理图形信息的可视化查询和检索,提供空间数据的在线分分析,在分析模块该系统引入了实测算法,根据该算法能够更加准确的计算出我国油气开发过程中碳排放量,分析区域的碳排放数据,得到碳排放的收支年报,为我国的节能减排提供材料支撑。

参考文献

- 1 武帅.2013 全球碳排放量数据公布中国人均首超欧洲.环球网,2014-09-23.
- 2 王艳军.基于 Oracle 与 ArcSDE 的空间数据管理研究.测绘标准化,2012,(1):16-18.
- 3 仲佳爱,陈国俊,张中宁,杨巍,王作栋.四川盆地气矿天然气开发过程中温室气体的排放特征.环境科学研究,2015,28(3):355-360.
- 4 IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.
- 5 唐东军.基于 Silverlight 技术的水库管理 WebGIS 研究[学位论文].太原:太原理工大学,2010.
- 6 王天宝,王尔琪,卢浩,黄跃峰.基于 Silverlight 的 WebGIS 客户端技术与应用试验.地球信息科学学报,2010,12(1):69-75.
- 7 郭伟鹏,沈松雨.Silverlight 支持下的 WebGIS 的研究与实现.地理空间信息,2011,9(4):34-36,39.
- 8 吴信才,郭玲玲,白玉琪.WebGIS 开发技术分析 with 系统实现.计算机工程与应用,2001,37(5):96-99.
- 9 吴涛,戚铭尧,黎勇,等.WebGIS 开发中的 RIA 技术应用研究.测绘通报,2006,(6):34-37.
- 10 彭艳芳.分布式 WebGIS 碳排放预警决策系统的研究与设计[学位论文].长沙:中南大学,2011.
- 11 谭德宝,程学军.基于 ArcSDE+Oracle9i 的防洪减灾综合数据库的构建及应用.武汉大学学报:信息科学版,2006,31(1):90-93.
- 12 张新成.基于 Silverlight 的 WebGIS 开发研究[学位论文].昆明:云南大学,2010.
- 13 祝作佳,毕建涛,王星星,龚跃健,欧阳文森.自然过程碳排放数据信息 WebGIS.计算机系统应用,2014,23(12):60-66.