



**CLIMATE CHANGE**

## **Scientific Assessment and Policy Analysis**

**WAB 500102 022**

### **内容提要**

**化石燃料沉积自燃火灾  
火源概述，监控及灭火设备设计与评价**

CLIMATE CHANGE  
SCIENTIFIC ASSESSMENT AND POLICY ANALYSIS

化石燃料沉积自燃火灾

火源概述， 监控及灭火设备设计与评价

**Report**

500102 022

内容提要

**Authors**

P.M. van Dijk  
C. Kuenzer  
J. Zhang  
K.H.A.A. Wolf  
J. Wang

September 2009



## 内容提要

本项目总结了化石燃料沉积，特别是煤炭，在原地发生燃烧的问题的现有的研究成果。本文把煤炭的物理特性和它燃烧后所释放的物质有机的结合起来，以此为基础来探讨利用先进的地球观测技术，包括利用即将实现的技术和方法，例如改良的传感器和(半)自动探测的算法，来对其进行探测和监测的可行性。在当前灭火技术条件下，报告关于灭火方面的研究重点放在煤火监测技术和温室气体排放两个方面（如清洁发展机制 CDM）。

本报告包含以下四个主要部分:

- 对原地和实验室的燃烧进行建模(第 3 章 Kimmeridge 的有机页岩)
- 在中国的 3 个专题研究，内含宁夏、内蒙古和新疆煤炭损失量的详细列表(第 4 章，第 5 章和第 6 章)
- 利用现有的遥感数据自动探测热异常的可行性 (第 7 章)
- 基于先前章节的数据，对温室气体进行估算(第 8 章)

进一步地，第 9 章探讨了利用卫星观测对点源(象化石燃料沉积燃烧，同时也包括工业和市区)排放的二氧化碳进行量化的可行性; 其理论上是可行的，但以目前的技术很难实现。理论上说，对一个地学的自然事件，例如煤火，如果已知其柱高，即可建立一个遥感和辐射转换的模型，据此可以估算 CO<sub>2</sub> 浓度。然而众多的不确定性使这一模型不可能得到解决。

对化石燃料沉积火所排放的温室气体的量化问题可以从 3 个方面入手

- 1) 直接测量排放到大气中的二氧化碳量
- 2) 量测准确的煤炭损失量(指“被烧失的煤炭”)，再用烧损煤中的碳含量去反算二氧化碳排放量
- 3) 对燃烧产生的能量释放进行量测，从而推算燃料的总量，进而估算二氧化碳(和可能的 CH<sub>4</sub>)。

在现有技术条件下，第一种选择是不可行的，还没有一种设备或仪器能够准确直接测定化石燃料火区所排放的温室气体量。第三种选择在建立能量传导模型及用遥感去耦合等方面存在着太多不确定性（除非是比较理想化的煤火）；因此，本研究项目选用第二种方法计算煤火温室气体排放量，煤炭烧损量数据来自中国煤炭开采的相关研究报告。

报告的主要内容可总结如下。

燃烧的原地和实验室建模（第三章 基于 Kimmeridge 的有机页岩）

利用英国南部 Kimmeridge 海湾附近的油页岩峭壁的模拟燃烧来对热对流和燃烧建立模型，以此来提高对原地燃烧的理解。一方面，对燃烧的峭壁的观测和对实验室实验数据的采集是反演模型输入参数的基础。在另一方面，模型对在露头所观测到的岩石热变质行为提供了解释。模型证明其可适用于低温。所以其也用于低热量煤炭产生的煤火。最大燃烧温度(800 K)几乎不随燃烧区域的厚度而改变，这一结论对建立遥感热模型非常重要。瓦砾区域(或 scree 的)渗透性决定着模型的最高温度，对地下煤火来说，裂隙与通风孔起着同样的功能。模型中的氧浓度显示，在所有的情况下，氧化作用过程消耗掉了所有的氧气，并且，温度决定于渗透性。只有当知道当地的地质条件和岩石的物理参数时，这一模拟结果才可以应用到世界的其他地区和其他煤火。另外，地方气候也是一个重要因素。所以，评估世界范围内的化石燃料沉积火所产生的二氧化碳是极其复杂的。因此，必须考虑当地的气候条件。只有明白了气候条件和(季节性)的煤火发生的关系并使其定量后，才有可能对世界范围内的由(低级)煤炭和油页岩火所产生的二氧化碳进行估算。

中国的三个省的研究实例 (第 4 章宁夏，第 5 章内蒙古，第 6 章新疆)

这些章节总结了过去的二十年间与煤火有关的研究工作。另外介绍了由中国采矿当局所编写的新的统计表格。由煤炭公司所做的这些表格包含了对煤火烧失煤炭量的可能的最好估值。值得强调的是需要清楚区分燃烧掉的煤炭的烧失量(“被烧掉的煤炭”)，和由于煤炭储量不能被(经济的)开采所产生的煤炭的损失量(“煤炭的损失量” = 煤炭的烧失量 + 浪费的其余的煤炭，浪费的这些煤炭并没有(完全地)燃烧)。

即使这些数据仍有被过高估计的可能(地方煤矿可能为了获得更多灭火的财政支持),我们相信这些被内部相互评价过的数据可以作为一个相对合理的估算基础。

在宁夏,有 37 个煤火,其中 14 个已经熄灭。汝箕沟煤矿为宁夏煤火专题研究的代表(它包含 37 个煤火的 27 个地点,其中 12 个已被熄灭)。失去的总煤炭量估计在 5 千万吨(到 2007 年底,见表 10)。估计大约每年有 2 百万吨煤炭被烧掉。以此每年产生 7.5 到 7 百万吨之间的二氧化碳(以此相对于考虑和没有考虑甲烷(CH<sub>4</sub>)的全球性变暖潜力(GWP))。

对内蒙古没有详细到每个火点的数据。已知的煤火地区是:乌达,古拉本,周子山,和鄂尔多斯。其实古拉本就位于宁夏汝箕沟煤矿的西边,和汝箕沟实际上属于同一向斜。乌达煤田被当作试验区,他是一个重要采矿区,区内煤火问题严重。整个内蒙估计有 64 处煤火,共计 2280 \* 10,000 平方米,每年被烧掉的煤炭有 4 百五十万吨。每年产生的等值二氧化碳(包括甲烷的全球性变暖潜力(GWP))的上限是一千零六万吨,下限是一千万吨。

煤火每年在新疆造成 4 亿 3 千 5 百万吨的煤炭损失(表 15)。然而,这包括了不能开采的煤炭(“煤炭损失量”)。估计每年大约有一千三百五十万吨的煤炭烧失量。在过去的 50 年间,新疆煤火灭火队已经熄灭了 8 个火区,目前在对 31 个煤火进行灭火工作。每年在新疆被烧掉的一千三百五十万吨的煤炭,每年产生的等值二氧化碳的上限(包括甲烷的全球性变暖潜力(GWP))是三千九百万吨,下限是三千六百万吨。1995 年,新疆煤火灭火队作过一个灭火计划,计划 2015 年之前灭掉新疆的所有煤火,而不是在原先计划的 2020 年。

#### 利用遥感数据自动探测热异常(第 7 章)

使用遥感数据自动探测由化石燃料火所产生的热异常的算法包括以下二步。首先是应用多光谱遥感数据自动圈划可能发生煤火的危险区域。接着是使用热波段对热异常进行自动探测。这种算法是根据乌达的已知的煤火来开发的。接着它被用于探测在中国和在印度的未知煤火。建立的方法可以使用从 Landsat-7, ASTER, 到 MODIS 的卫星的数据。夜间的热数据对探测热异常最为有效,因为此时化石燃料火与背景之间的反差最大。理论上使用这种算法对全球的化石燃料火进行制图是可行的(然而这是一项非常艰巨的任务)。

当使用不同的时相或不同的卫星数据源时，此算法所提取的热异常范围有所不同。这是由于在地表的热异常随其周围环境的改变而改变。当周围环境的温度很高，例如在夏天，在白天，热异常范围通常很小。当周围环境的温度很低时，象在冬天，在夜晚时，同一煤火形成一个更大的热异常区。对比不同时期的热异常还需要作进一步的研究。目前，使用遥感数据还做不到对化石燃料火的发展进行定量描述，所能做到的是对化石燃料火的存在与否和相对大小做出判断。结论是到目前为止，还没有建立起原地化石燃料火模型(在第 3 章所论述的)和遥感监视之间的联系。

### 温室气体排放估算(第 8 章)

#### 中国

据报在新疆、宁夏和内蒙古煤炭的年总烧失量是  $13.5+2+4.5 = 20$  百万吨，即使损失的煤炭量也许是这个数字的几十倍。我们认为这二千万吨可作为中国未被控制的煤火的年总烧失量的上限，因为这里留出了很多的富余。并且在其他省份煤火问题较少出现。最保守的估计(假设产生 2.7 吨二氧化碳和  $0.3\% \times 2.7$  吨的  $\text{CH}_4$ ，使用  $\text{CH}_4$  的全球性变暖潜力(GWP)系数 21)，这将导致每年释放五千八百万吨的等量二氧化碳(包括 GWP 甲烷)，或五千四百万吨的等量二氧化碳(不包括甲烷)。上限是不太可能达到的，因为完全燃烧不会产生任何  $\text{CH}_4$ ，同时不完全燃烧又把大量的煤炭留在了地下。此外我们不能不考虑由于国家对灭火进行财政补助，煤火可能被夸大。于是我们的结论是，中国与煤火相关的年二氧化碳排放量少于全球所有的人为的二氧化碳年排放量的 0.22%，很有可能小于 0.06% - 0.1% (年烧失煤炭 5-10 百万吨)。

#### 全球估算

遗憾的是目前不存在全球的化石燃料沉积原地燃烧的可靠数据(甚至连估计数据都不存在)。所以估计由于化石燃料沉积火所排放的温室气体是非常困难的。然而，考虑到全球的煤炭储量，煤炭生产量，以及气候条件，我们可以假设，全球的未控制的燃烧所排放的二氧化碳不可能超过中国的可能的排放量的 4 倍。上限是一亿吨(一亿零八百万吨，包括的可能的甲烷的 GWP)，占到全球所有的人为的二氧化碳年排放量的 0.38% (0.42%，包括可能的甲烷的 GWP)。对未被控制的全球的化石燃料沉积发火所排放的二氧化碳进行相对可靠的估算还有待于进一步的研究，这在时间和资源上已超出了本项目的范围。

