



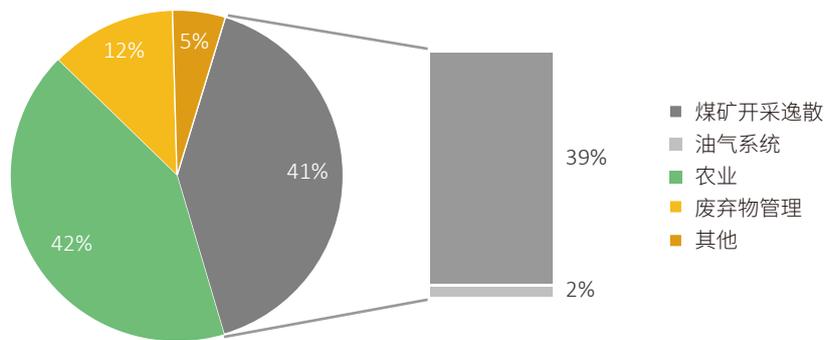
# 中国煤矿甲烷减排观察与展望

## 基本现状

### 1. 中国甲烷排放中煤矿甲烷占比最高

根据中国2018年提交的《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》中的数据显示，2014年甲烷排放达到11.61亿吨二氧化碳当量（CO<sub>2</sub>e），约占当年全国总温室气体排放的10.4%，其中煤炭开采和矿后活动中的煤层气逸散是最大的排放源，占比39%。随着中国煤炭开采总量的下降，煤矿相关的甲烷排放也有所下降，但研究显示，从2015年到2030年，煤炭开采过程排放占甲烷总排放比例分布在39% - 44%之间。到2050年比例将有所下降，但是仍有25.5%<sup>1</sup>。因此尽早采取行动减少煤层气的逸散对于减少中国甲烷排放具有重要意义。

图 1: 中国甲烷分行业排放 (2014年)

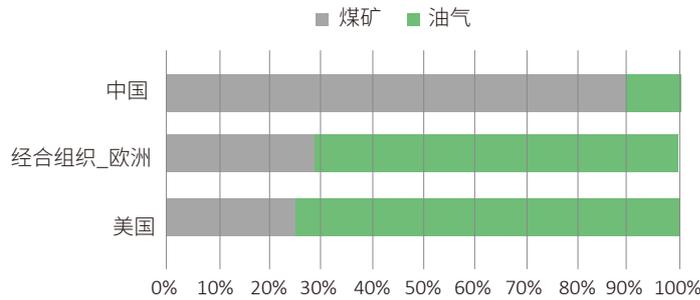


数据来源:《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》

与全球主要国家和地区的能源行业的甲烷排放相比，中国能源行业的甲烷排放主要来自煤矿甲烷，美欧国家在能源行业的甲烷排放则主要来自油气系统。图2根据EDGAR全球大气研究排放数据库所示中美欧能源供应部门甲烷排放来源占比。

<sup>1</sup> 清华大学气候变化与可持续发展研究院. (2021). 中国长期低碳发展战略与转型路径研究综合报告. 中国环境出版集团.

图 2: 中、美、欧 能源供应部门甲烷排放分行业占比一览

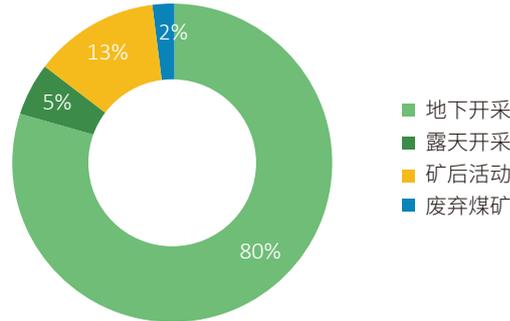


数据来源: EDGAR

## 2. 煤矿甲烷排放中, 以超低浓度煤矿瓦斯为主

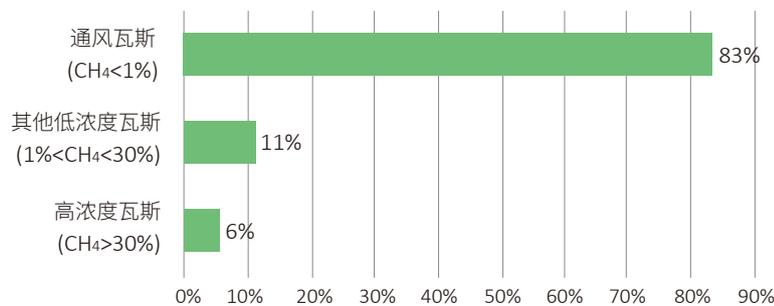
如图3所示, 目前我国煤矿甲烷的排放有80%是来自煤矿地下开采, 13%来自矿后活动。在煤矿地下开采甲烷排放中, 超低浓度的通风瓦斯占比达到80%以上, 其他浓度瓦斯占比大概为11% (参见图4)。通风瓦斯是在井下开采中为确保矿工安全, 将大量空气通入矿井, 将瓦斯甲烷浓度稀释到小于0.75% (即通风瓦斯)。通风瓦斯由于甲烷浓度极低, 利用困难, 因此大多直接排空, 导致中国的煤矿甲烷中超低浓度瓦斯排放占比极高。

图 3: 中国煤矿甲烷排放的分布



数据来源: 刘文革 et al, 2022<sup>2</sup>

图 4: 煤矿地下开采中甲烷逸散的分布



数据来源: Zhou et al, 2016<sup>3</sup>

<sup>2</sup> 刘文革, 徐鑫, 韩甲业, 王勃, 李志, & 严媛. (2022). 碳中和目标下煤矿甲烷减排趋势模型及关键技术. 煤炭学报, 47(1), 470–479.

<sup>3</sup> Zhou, F., Xia, T., Wang, X., Zhang, Y., Sun, Y., & Liu, J. (2016). Recent developments in coal mine methane extraction and utilization in China: a review. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 31, 437–458.

## 关键挑战

### 1. 超低浓度瓦斯减排标准缺失

中国现有煤矿瓦斯排放限制标准并没有禁止超低浓度瓦斯排放。2008年发布的《煤层气（煤矿瓦斯）排放标准（暂行）》只禁止高浓度瓦斯（甲烷体积分数 $\geq 30\%$ ）排放。但并没有对煤矿瓦斯抽放系统的低浓度瓦斯（甲烷体积分数 $< 30\%$ ）和超低浓度的风排瓦斯有禁止排放要求<sup>4</sup>。

其次，现在标准仅以甲烷浓度为指标对瓦斯排放进行限制，但对于甲烷排放总量没有限制要求<sup>5</sup>。现行标准要求<sup>6</sup>煤矿对管道内的甲烷浓度、流量、压力、温度等参数进行监测，并安装煤层气（煤矿瓦斯）排放自动监控设备，并与环保部门的监控中心联网。但是并未提到对甲烷排放总量有监测与限制。

### 2. 超低浓度瓦斯开发利用技术经济性不足

目前对5%-30%的低浓度煤矿瓦斯的开发利用以发电为主，但是由于发电机组效率较低，如何经济有效的开发利用低浓度煤矿瓦斯仍有待加强<sup>7</sup>。对于甲烷浓度在5%以下，尤其是低于0.75%的风排瓦斯的开发利用难度高，技术经济性不足，未能形成稳定的市场需求。此外，为了矿工安全，通过加大通风量稀释风排瓦斯的甲烷浓度，也加大了利用难度。

如果CCER交易市场启动，甲烷减排可以生成CCER进行交易，有望解决技术经济性问题。

#### 案例1：低浓度煤矿瓦斯CCER项目

中源博智节能技术有限公司通过与煤矿山区达成合作，采用“回热氧化法”，将煤炭矿山“乏风”中的甲烷进行氧化还原反应，生成二氧化碳和水进行利用，实现甲烷的减排。通过申请CCER项目产生的核定减排量可以用于交易。

根据碳减排认证的方法学规定，每减排1吨甲烷就可以获得25吨CCER。经过测算，设备捕获一吨甲烷的成本不到100元。如果可以作为CCER销售，若以50元/吨的CCER价格计算，捕获一吨甲烷将盈利1250元。预计CCER开启后，「中源博智」申报的项目2023年可产生5000万吨CCER。

案例信息节选自：邱晓芬，36氪，<https://36kr.com/p/1863816681265026>

### 3. 废弃煤矿亟待关注

中国尚未对废弃煤矿的甲烷逸散采取任何措施，也没有编制清单。随着中国能源低碳转型，能源生

<sup>4</sup> [https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqgdwrywrrwzpfbz/200804/t20080414\\_121137.htm](https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqgdwrywrrwzpfbz/200804/t20080414_121137.htm)

<sup>5</sup> 马翠梅, 高敏惠, & 褚振华. (2021). 中国煤矿甲烷排放标准执行情况及政策建议. 世界环境, 47-49.

<sup>6</sup> [https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqgdwrywrrwzpfbz/200804/t20080414\\_121137.htm](https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqgdwrywrrwzpfbz/200804/t20080414_121137.htm)

<sup>7</sup> 杨颖, 曲冬蕾, 李平, & 于建国. (2018). 低浓度煤层气吸附浓缩技术研究与发展. 化工学报, 69(11), 4518-4529.

产端逐渐退煤，废弃矿井数量在不断增加。数据显示，煤矿数量已经从2015年的1万多处减少到2020年底4700处以下，并且计划到“十四五”末将数量控制在4000处左右<sup>8</sup>。对废弃矿井的甲烷排放研究以及减排行动亟待引起关注。

## 政策建议

### 1. 甲烷减排是中美气候合作关键领域

2021年COP26期间，中美联合发布的《关于在21世纪20年代加强气候行动的格拉斯哥联合宣言》中将甲烷减排确定为重点合作领域。其中，煤矿甲烷是中国最大的甲烷排放源，也是中国甲烷减排工作的核心。如前所述，在美国，煤矿甲烷占能源部门甲烷排放量的25%。减少煤炭甲烷是两国共同的挑战和机遇。此外，中美合作将向其他国家发出应对甲烷减排的积极信号，带动更多减排行动。

### 2. 编制废弃矿井甲烷排放清单并加强统计与管控

煤矿关闭后，煤矿瓦斯仍然会通过各种裂隙不断从井下向地面逸散。因此随着废弃煤矿数量的持续增加，由此造成的废弃煤矿甲烷排放占比也将保持增长趋势<sup>9</sup>。我国废弃煤矿的甲烷泄漏底数不清，没有编制清单。据估算，1998-2020年，我国关闭了7万多资源枯竭和不符合安全生产条件的煤矿，煤矿数量减少到4700处左右。废弃矿井的甲烷排放占比在1-2%，也有研究表明已经上升到10-15%<sup>10</sup>。因此需要重视对废弃甲烷逸散监测和治理利用技术研发，同时尽快摸清废弃矿井排放底数和开展相关方法学研究。

### 3. 加强矿后活动甲烷排放研究及管控

如前所述，我国煤炭开采的矿后活动环节产生的甲烷占总排放量的13%左右，高于德国、美国、澳大利亚<sup>11</sup>。研究表明，井工煤矿的矿后活动甲烷排放与煤的挥发分含量密切相关：煤的变质程度（或煤化程度）越高（即挥发分减小），煤的矿后活动甲烷含量越大<sup>12</sup>。另一方面，我国井工煤矿采选一体化水平不高，煤炭洗选过程增加矿后甲烷排放量。针对矿后活动的甲烷排放量目前缺少基于实测的准确统计数据，亟需开展调查研究。

### 4. 完善煤矿甲烷排放标准、加强监督管理

现有标准对煤矿瓦斯抽放系统的低浓度瓦斯（甲烷体积分数<30%）和煤矿回风井中风排瓦斯没有限制要求，亟需通过标准的修订，针对不同浓度的煤矿甲烷进行排放控制。同时加强标准实施过程的监督管理，明确部门职责，推进部门联动，加强企业和监管部门人员的能力建设。

<sup>8</sup> 中国煤炭工业协会. (2021). 2020煤炭行业发展年度报告. 中国煤炭工业协会.

<sup>9</sup> 刘文革, 徐鑫, 韩甲业, 王勃, 李志, & 严媛. (2022). 碳中和目标下煤矿甲烷减排趋势模型及关键技术. 煤炭学报, 47(1), 470-479.

<sup>10</sup> 2022年7月21日中美甲烷减排系列对话-煤矿行业甲烷减排圆桌会. 哥伦比亚大学全球能源政策中心、北京大学能源研究院、能源基金会主办.

<sup>11</sup> 马翠梅, 戴尔阜, 刘乙辰, 等. 中国煤炭开采和矿后活动甲烷逃逸排放研究[J]. 资源科学, 2020, 42(2): 311-322.

<sup>12</sup> 国家发展和改革委员会应对气候变化司. 2005年中国温室气体清单研究[M]. 北京: 中国环境出版社, 2014.

## 5. 强化煤矿甲烷排放监测、报告和核证 (MRV) 制度

按照《煤层气（煤矿瓦斯）排放标准（暂行）》的要求，企业需对矿井瓦斯开展甲烷排放监测，并安装排放自动监控设备，与生态环境部门的监控中心联网，但企业并未严格执行<sup>13</sup>。因此在甲烷排放数据监测、报告和核证方面需要加强管理，建立统一的报送制度，并建议出台实施细则，由地方主管部门监督落实，同时加强排放主体及核查机构的能力建设。

## 6. 加强中国煤矿甲烷排放因子研究

为计算煤矿甲烷的排放量，《IPCC温室气体排放清单指南》列出了三个层级的方法，第一层级T1为全球平均范围的排放因子，第二层级T2为国家(或地区)(即反映本国特征)的平均值，第三层级T3为各矿井实际测量甲烷排放得出。选择哪种方法取决于可获得数据的质量。层级越高，所需数据越详细，结果越科学准确。由于各国煤矿的地层结构、开采方式等有一定的差异，采用全球平均排放因子可能同本国实际排放量偏差较大，应结合矿井实测数据开展本国化特征因子研究，为我国制定有针对性的甲烷减排措施提供支撑。

## 7. 深入推动低浓度瓦斯利用技术

甲烷浓度小于 1% 的瓦斯目前以排空为主，虽然排放量大但极低的浓度导致其难以利用。现有的利用技术主要是通过加热氧化或催化氧化的方式将其转化为二氧化碳和水，回收反应中的热量用于供暖、煤炭加工甚至发电。建议通过金融财税等政策鼓励企业技术创新，提高低浓度瓦斯回收利用的技术经济性，特别是探索低浓度瓦斯在分布式供能系统中的应用，实现因地制宜、就地取材和灵活应用。

## 8. 完善激励政策，建立甲烷排放控制的投融资机制

中国现有激励政策中包括了部分甲烷减排项目。煤层气（煤矿瓦斯）抽采利用也已经列入发改委发布的《绿色产业指导目录（2019）》。《绿色债券支持项目目录（2021年版）》覆盖了与甲烷减排相关的3个领域的7项具体内容。但有待纳入更多促进甲烷减排的项目，如废弃矿井处置等。建议在未来目录更新、以及气候投融资和转型金融的支持目录制定中有所体现，以及研究出台针对煤炭行业甲烷回收利用的财税、价格、金融和土地等配套政策，激励企业采取减排措施。

## 9. 开展煤矿甲烷减排自愿行动

建议在煤炭开采领域开展甲烷减排自愿行动，鼓励重点煤炭企业率先示范，得到国家核证的自愿减排量纳入交易体系，充分发挥市场机制。政府和行业协会应大力引导煤炭企业联合行动，制定甲烷排放控制目标，共同推进全行业甲烷控排行动，实现温室气体减排、资源回收利用和污染物协同控制等多重效应。

<sup>13</sup> 马翠梅, 高敏惠, & 褚振华. (2021). 中国煤矿甲烷排放标准执行情况及政策建议. 世界环境, 47-49.

## 作者

撰稿：陈美安，洪佳玲，胡敏，莫争春

## 关于iGDP

绿色创新发展中心（注册名：北京绿色伙伴咨询有限公司）是专注绿色低碳发展的战略咨询机构，通过跨学科、系统性、实证性的政策研究、梳理、比较和评估，推动低碳环境解决方案的精细化，提升可实施度。我们与多样的合作伙伴和利益相关方合作，共同推动实现零排放的未来；立足本土，讲述中国绿色低碳发展故事。绿色创新发展中心关注以下领域的研究、咨询和交流：

- 能源转型
- 绿色经济
- 气候战略
- 可持续城市
- 策略传播

### 绿色创新发展中心(iGDP)

地址：中国北京市朝阳区秀水街1号建外外交公寓7-1-51 100600

电话：86-10-8532 3096

传真：86-10-8532 2632

邮箱：igdpoffice@igdp.cn

网站：www.igdp.cn