



中国科学院
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

CCS发展及国际标准化研究报告

魏 凤 研究员

中国科学院武汉文献情报中心

Email: weif@mail.whlib.ac.cn



主要提纲

- 一、CCS产生背景
- 二、全球CCUS发展状况分析(政策/项目)
- 三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术
- 四、CCUS交叉技术深度剖析
- 五、进展与建议



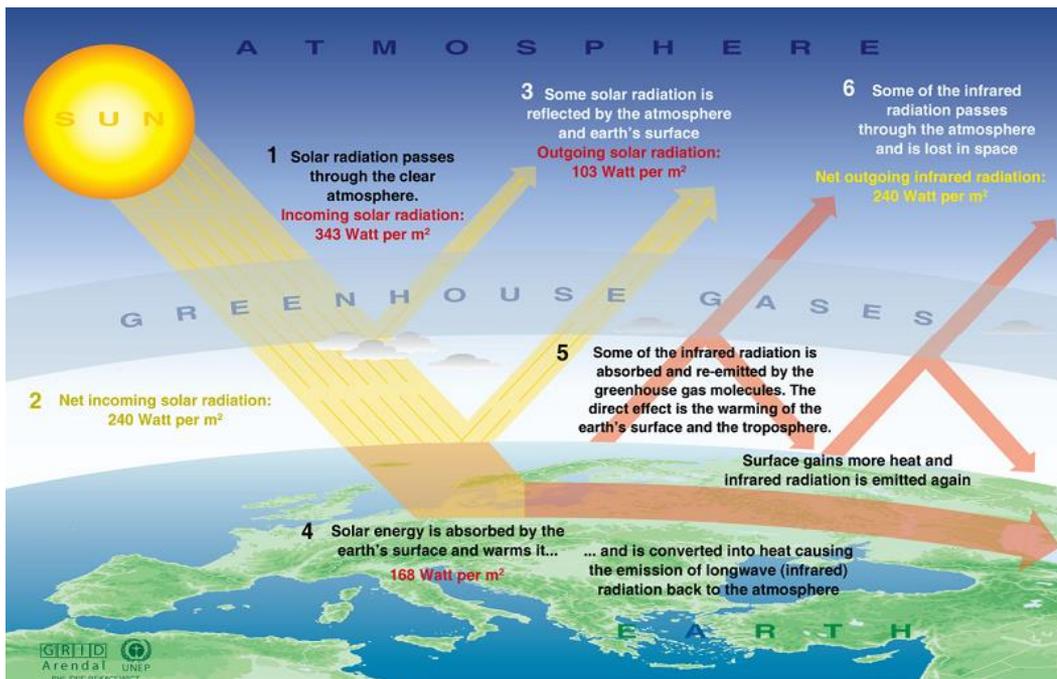
(一) CCUS的产生背景与作用

- 气候变化
- 能源消费情况
- 二氧化碳排放情况
- 减排技术



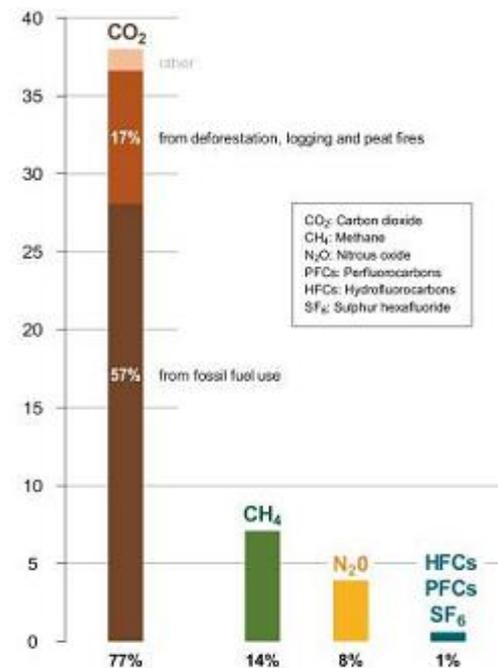
气候变化

- 气候学记录：近百年来全球平均地面气温呈现明显上升趋势。
本世纪80年代的全球平均气温比上个世纪下半叶升高约 0.6°C 。如这种趋势继续下去，到2030年全球平均气温将比现在上升 $0.5\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ ，到2050年，将上升 $3.6\sim 4.5^{\circ}\text{C}$ 。
- IPCC结论：到2050年需要全球二氧化碳排放量至少削减到2000年的50%，才能把全球长期平均温度上升限制在 $2.0^{\circ}\text{C}\text{—}2.4^{\circ}\text{C}$ 。



温室效应

Source: <http://maps.grida.no/go/graphic/greenhouse-effect>



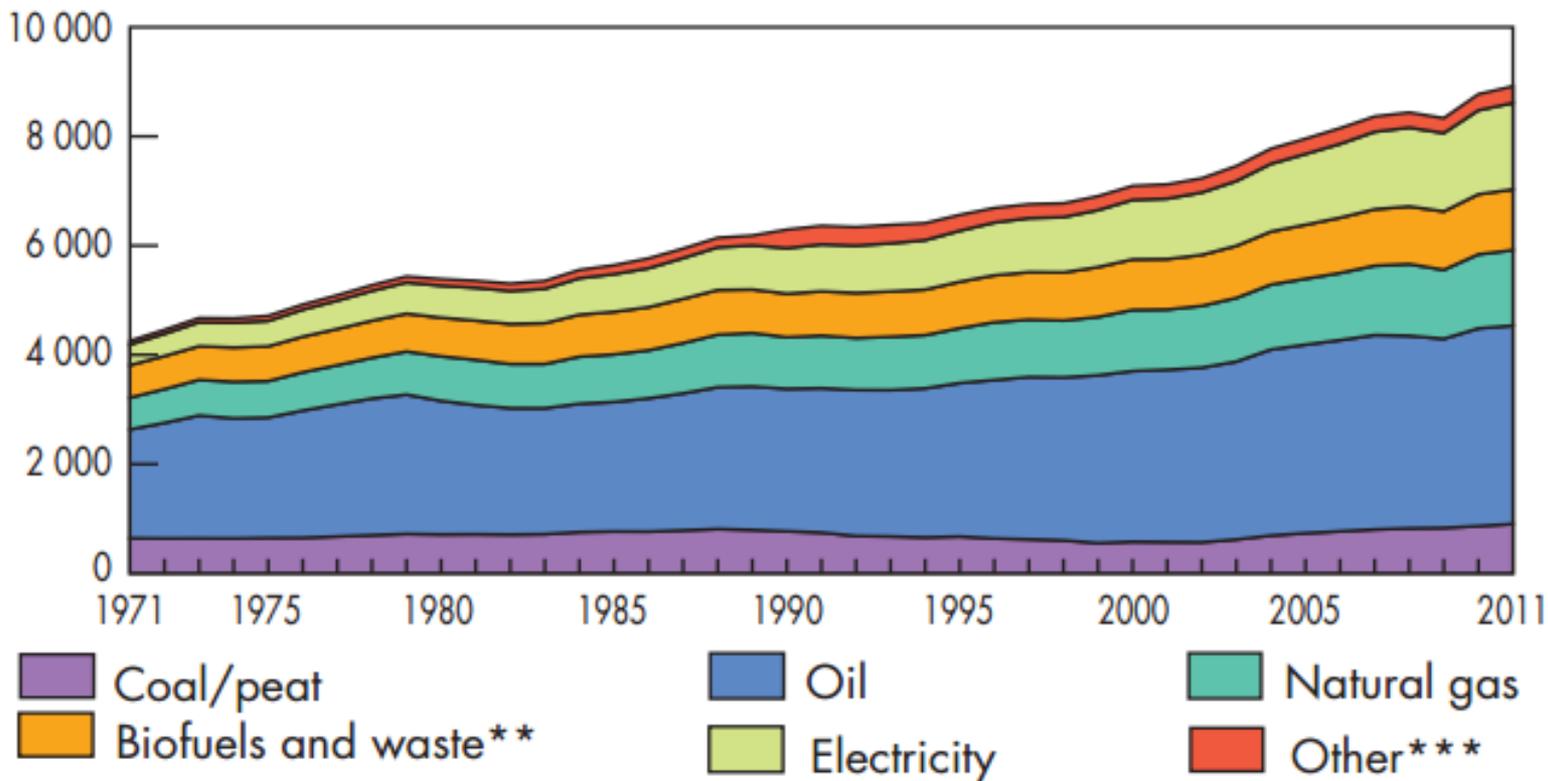
温室气体排放量分类

Source: <http://maps.grida.no/go/graphic/emissions-by-gas1>



能源消费情况-全球

- 从总体趋势来看，一次能源品种之间的排序还会出现更迭，化石能源在世界一次能源结构中所占比例仍将保持在 60~80%。



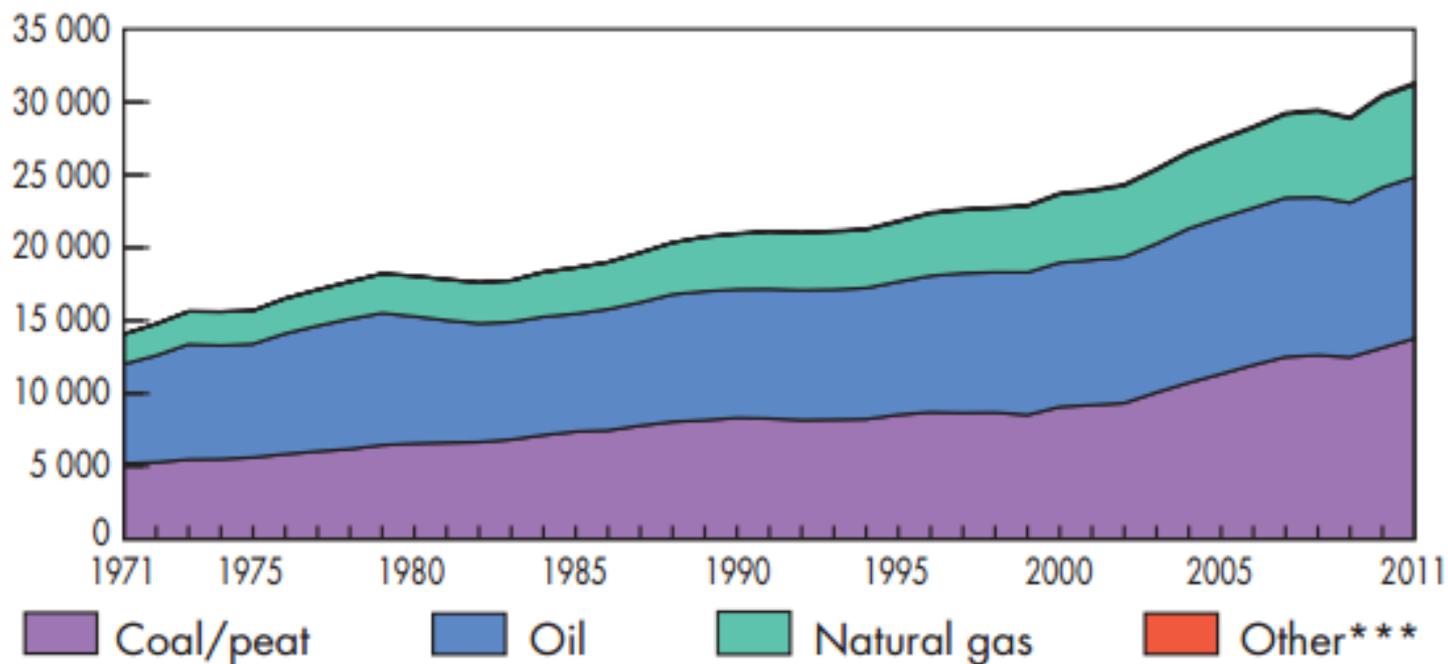
全球能源消费情况

Source: 能源技术展望,2012, IEA



二氧化碳排放情况-世界

- IWR公布的全球二氧化碳排放数据显示，2011年全球二氧化碳排放量为340亿吨。



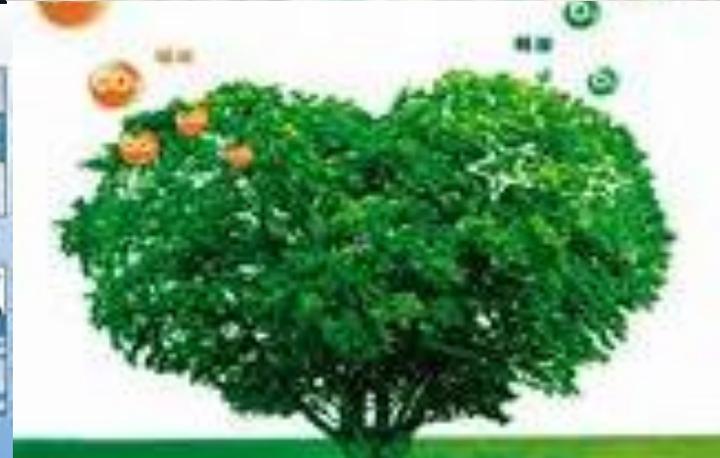
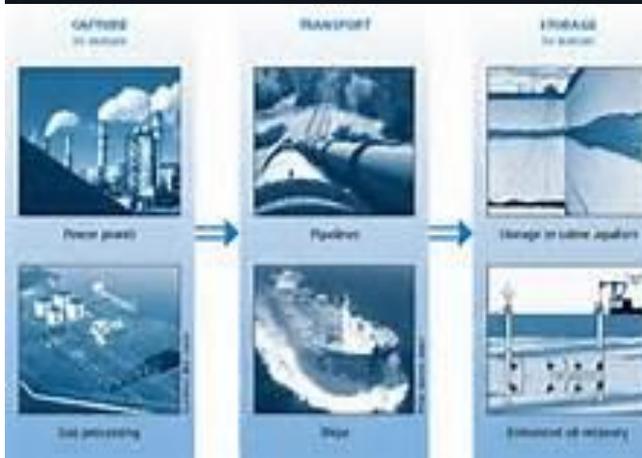
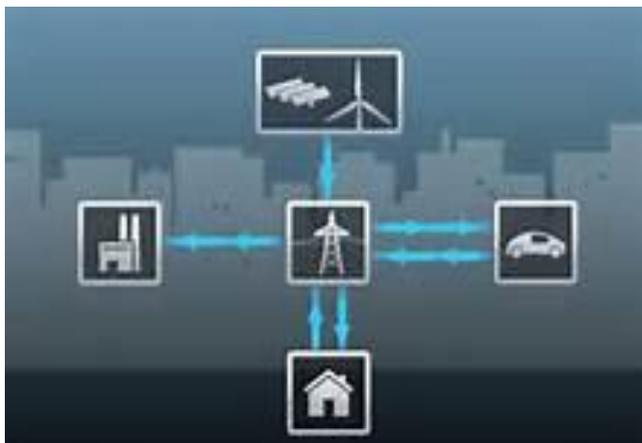
世界二氧化碳排放量

Source: 能源技术展望2012, IEA



二氧化碳减排技术

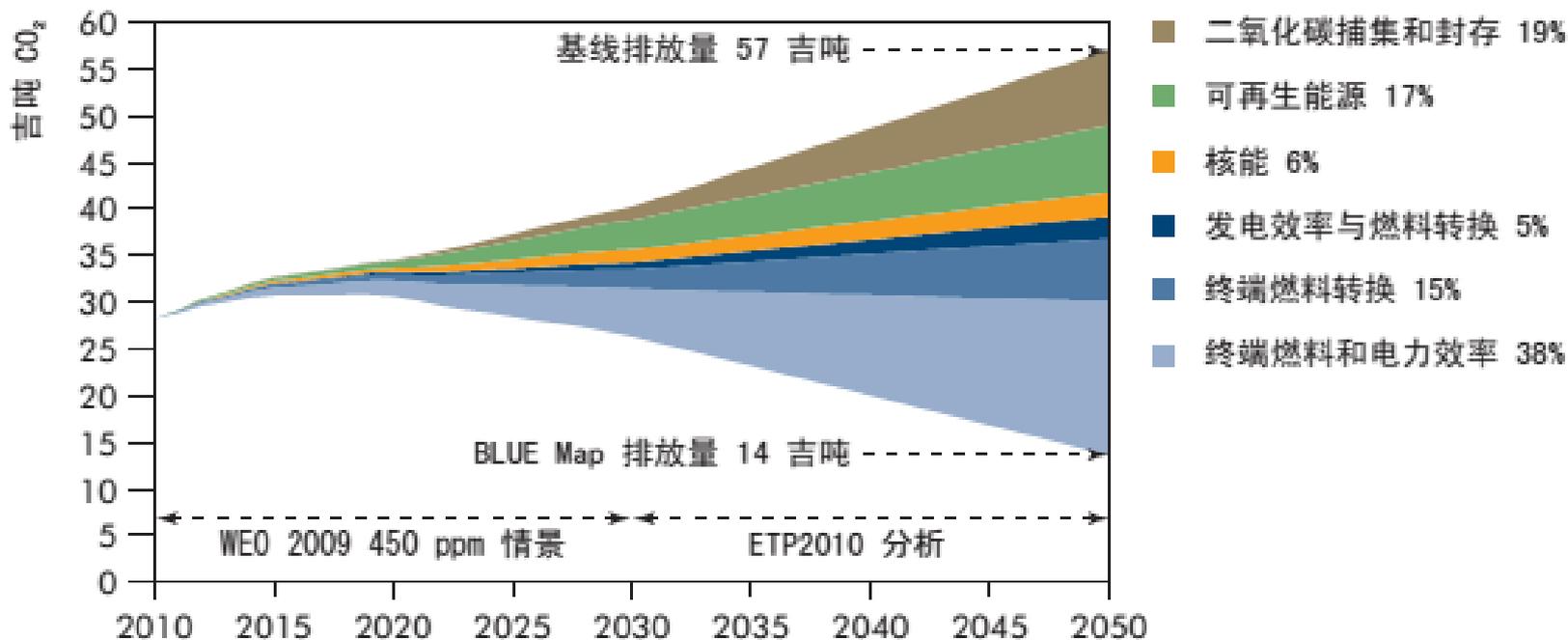
- 二氧化碳减排措施主要包括：提高能源利用效率、发展可再生能源、增强碳汇的吸收能力和碳捕集，利用与封存技术（CCUS）。





二氧化碳减排技术

- 根据IEA《能源技术展望 2012》预测，到2050年，CCS 技术对全球二氧化碳减排总量的贡献率将占19%，是仅次于改善能源效率的第二大减排技术。



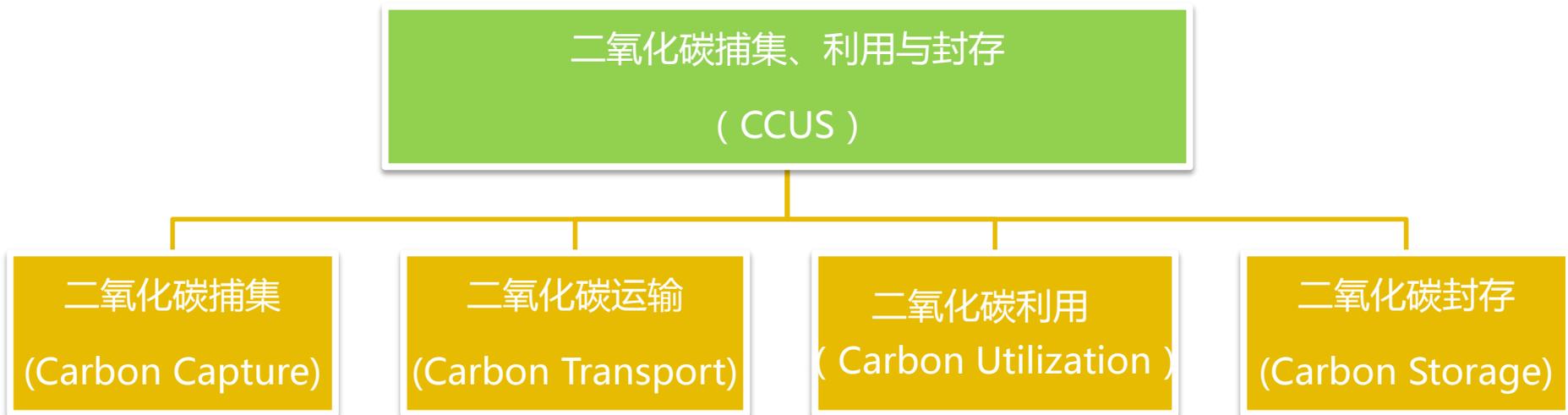
BLUE Map 情景下CO₂减排关键技术

Source: 能源技术展望2012, IEA



CCUS概念

- 二氧化碳捕集、利用与封存 (Carbon Capture , Utilization and Storage , 简称CCUS) 是指将大型发电厂、钢铁厂、化工厂等排放源产生的二氧化碳收集并封存起来以避免其排放到大气中的一种技术。CCUS技术一般包括以下几个方面：二氧化碳捕集、运输、利用和封存，其中二氧化碳的利用主要是在封存的同时实现利用（驱油、驱煤层气等）。





世界CCUS政策发展

- ✓ 国外立法程度高，注重CCS研发、实践活动的安全、环境、风险等；
- ✓ 对CCUS的技术指导、责任、义务、激励等方面有明确规定；
- ✓ 特别是加拿大在CO₂地质封存方面有丰富的管理和实施经验。

国际组织或国家	主要举
联合国	《联合国气候变化框架公约》、《京都马拉喀什协定》等。
国际标准化组织 (ISO)	(1) 成立ISO/TC 265 CCS国际标准化技术委员会，制定ISO/TS14067产品碳足迹量化标准、ISO14064温室气体排放和清除的量化与报告的规范及指南、ISO14064-1温室气体第1部分：项目层次上对温室气体减排或清除增加的量化、监测和报告的规范及指南；ISO14064-2温室气体第2部分：项目层次上对温室气体减排或清除增加的量化、监测和报告的规范及指南；ISO14064-3温室气体第3部分：温室气体声明审定与核查的规范及指南，等；
欧盟	《碳捕集与封存指令》（2009）、《温室气体排放控制指令》、《二氧化碳封存地点》等
美国	《美国碳捕集和地址封存立法指南》（2011）、《二氧化碳地址封存井的地下灌注控制计划的联邦要求：最终条例》（2011）、《美国CO ₂ 地质封存井地下控制项目的技术要求》、以及 13个州的相关法案
澳大利亚	《CO ₂ 捕集与封存指南》（2009）、《CCS监管指导原则》、《修订海洋石油法》等
加拿大	《CSA Z741 CO ₂ 地质封存（2012）》、《碳捕集与封存条例修正法》（2010）、《碳封存任期规定》（2010）
日本	成立日本碳捕集与封存有限公司，作为推动CCS发展的执行实体。

Source:
 邹乐乐, 张九天, 魏一鸣. 二氧化碳封存技术相关国际法规与政策的回顾与分析. 能源与环境, 2010, 32(4): 15-18
 仲平, 彭斯震, 张九天等. 发达国家碳捕集、利用与封存技术及其启示. 中国人口, 资源与环境, 2012, 22(4): 25-28
 魏凤, 李小春, 刘枚等. CCS国际化进展剖析及对我国的启示. 科技管理研究, 2013(录用)



主要国家CCUS政策比较

国家项目	澳大利亚 ¹⁾	欧盟 ¹⁾	美国 ¹⁾	加拿大 ¹⁾
专门法案	《CO ₂ 捕集与封存指南》(2009) ^[4]	《碳捕集与封存指令》(2009) ^[7]	《美国碳捕集和地址封存立法指南》(2011) ^[4] 、《二氧化碳地址封存井的地下灌注控制计划的联邦要求：最终条例》(2011)、13个州的相关法案	《CSA·Z741- CO ₂ 地质封存(2012)》、《碳捕集与封存条例修正法》(2010)、《碳封存任期规定》(2010)等
类型	指南	法律	法律、指南	标准、法律、规定
内容	1) 必须符合已有的法律法规要求；2) 必须进行公开、透明的环境风险评价和核准；3) 规定了利益相关者的责任和义务；4) 符合《职业健康与安全准则》。	1) 保证和其他法律一致；2) 有明确的准证核查和颁发程序；3) 有监测和报告指导；4) 强调封存地点的永久封存与运行、监测和场地关闭和后关闭安全管理；5) 有明确的运营商责任；6) 明确事故处理。	1) 制定第 6 类 CO ₂ 封存井的许可程序、现场地质特征、审查与纠正措施、经济责任、井施工、运行、完整性测试、监测、管理、封闭的最低技术要求；2) 由各州来管理项目，并明确了管理机构；3) 由各州明确 CO ₂ 所有权人；4) 由州立法明确相关者责任；5) 由州来规定资金来源和财政、税收刺激政策；6) 要求 CO ₂ 运输和封存的安全性；7) 对事故处理办法及要求做了指导。	1) 把各类 CCS 活动纳入各级政府的管辖；2) 地方政府拥有管理和许可项目、利益相关者约定等权限；3) 联邦政府拥有 CO ₂ 运输、项目资助、环境保护、规定减排量等管辖；4) 要服从环境保护法案、国家气候减排政策、水资源法、地表使用权法、矿山和矿产法等已有的联邦和地方法律要求；5) 有明确的 CO ₂ 封存权利期限、相关者责任、项目边界、持续改进、选址及评价等要求。
侧重	强调环境清洁认证、环境保护法、能源政策实施等方面。	是指导性立法，强调安全管理、核查与报告、责任、事故处理等。	侧重于过程管理和规范化管理，对每一阶段有“可测量、可监测、可核实”明确要求，并强制落实；由州来管理具体项目的实施。	侧重地方和中央分权限管理。
特点	没有将 CO ₂ 分类，所有与空气污染物、有害物质、废物和污水排放物相关的 2000 个立法都适用于 CO ₂ 。	强调全过程的安全性，提供较为完善的安全管理办法指导。	从联邦层面颁布通用性的法律规范，由州层面来规定具体的项目实施办法和要求。	地方和中央政府有明晰的权力分界，有助于地方政府对项目的长期监督和报告，在 CO ₂ 地质封存方面有完善的管理和实践经验。
不足	1) 没有解决责任、管道、不同用户之间的竞争、事故处理的问题；2) 加强在有效组织、公众参与和 CCS 专门法律规范的制定；3) 已有的法律存在重叠，如环境、安全、能源等方面。	仅提供宏观的指导方法，对项目实施的阶段、流程中应用的具体技术或方法缺少明确规定，技术指导细节还不完善。	由于各州的具体情况不一，在联邦层面缺少统一的技术规范，尤其在 CO ₂ 捕集和运输方面缺少具体要求。	由于地方和中央的权力分割，可能导致两者权力受限问题，如联邦政府在 CCS 审批和许可权受到限制；CO ₂ 捕集和运输方面具体技术要求不足。



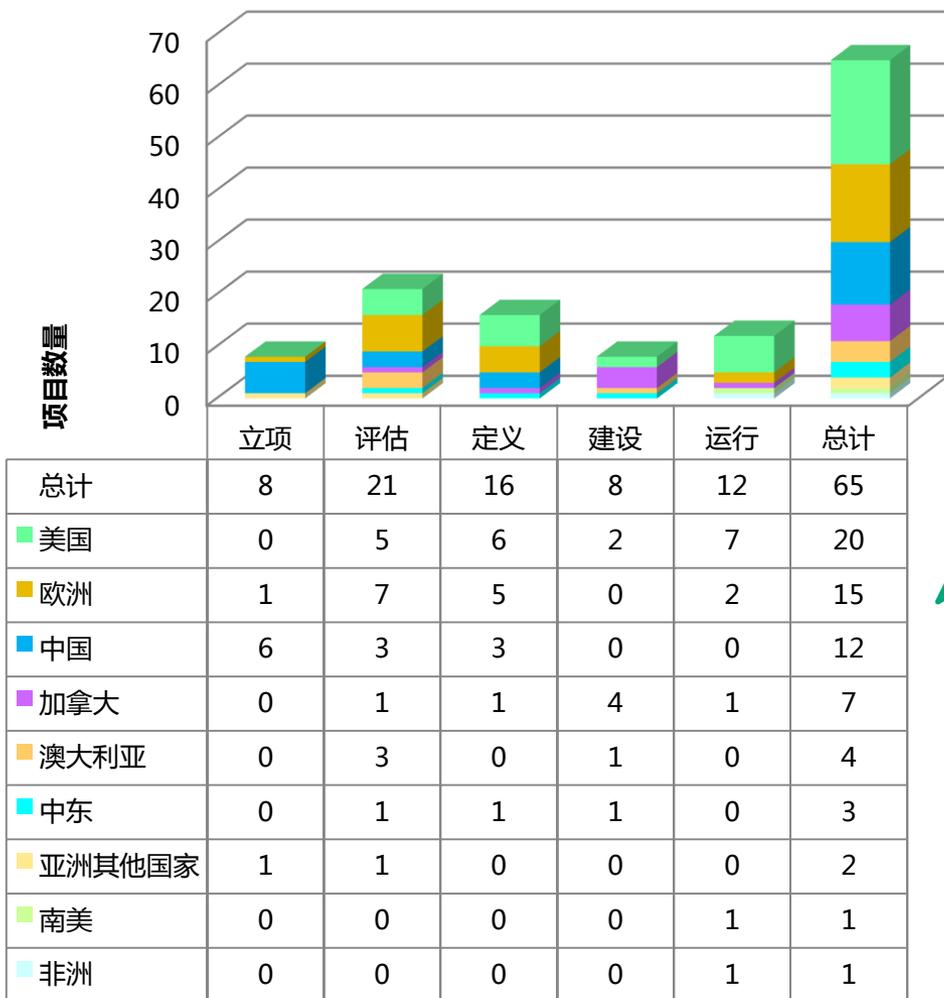
中国制定CCUS相关的政策

发布单位	发布时间	名称
国务院	2006.02	《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》
科技部、国家发改委、外交部、教育部等14个部委	2007.06	《中国应对气候变化科技专项行动》
国务院	2010.10	《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》
科技部	2011.07	《国家“十二五”科学和技术发展规划》
国土资源部	2011.08	《国土资源“十二五”科学和技术发展规划》
科技部社会发展科技司，中国21世纪议程中心	2011.09	《中国碳捕集、利用与封存（CCUS）技术发展路线图研究》
国务院	2012.01	《“十二五”控制温室气体排放工作方案》
科技部、外交部、发改委、教育部、工信部等16部委	2012.05	《中国“十二五”应对气候变化科技发展专项规划》
工信部、发改委、科技部、财政部等4部委联合发布	2013.01	《工业领域应对气候变化行动方案》
科技部	2013.02	《“十二五”国家碳捕集与封存科技发展专项规划》
国家发展和改革委员会	2013.02	《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》
国务院	2013.03	《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012-2030年）》
国家发展和改革委员会	2013.04	《关于推动碳捕集、利用和封存试验示范的通知》
环境保护部	2013.11	《关于加强碳捕集、利用和封存试验示范项目环境保护工作的通知》



世界CCUS项目情况

世界已完成或正进行的CCUS项目



根据全球CCS现状报告，当前全球已建、在建和计划建设的CCS项目超过300个，其中大型CCS全流程项目65个处于“运行”状态的全流程项目分别分布在美国、欧洲、加拿大等国家，均与石油、天然气领域直接相关，其规模在百万吨以上，并已达到工业化生产能力。

大规模全流程CCS项目世界现状

Source: Global status of CCS : 2013, GCCSI.



主要提纲

- 一、CCS产生背景
- 二、全球CCUS发展状况分析(政策/项目)
- 三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术
- 四、CCUS交叉技术深度剖析
- 五、进展与建议

三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术

中国在ISO中的地位:

(1) 2008年成为常任理事国,2013年9月,中国人担任ISO主席;

(2) 以德、法、英等为主的欧盟成员国不论在ISO成员国数量上、还是在承担秘书处工作上都占据主要地位,特别是承担秘书处的数量几乎占全部的39.9%以上;

(3) 与中国相比,美、日本虽然在ISO成员国数量上较少,但在承担秘书处的数量高于中国,尤其是美国已高出一个数量级;

(4) 与欧盟、美国、日本等相比,中国在参与ISO成员国上数量较多,但是在承担秘书处的数量不如美、德、日、法等主要发达国家。总之,欧洲、美国和日本在承担国际标准化工作中占据主要领导地位,这与欧洲、美国、日本在20世纪80、90年代就开展标准化战略发展的研究和规划具有密切联系。

表1 各国成为ISO/TC、ISO/SC成员国、秘书处承担国数量排名及比例¹⁴

国家	承担的(TC+SC)秘书处数量(个)	成员国数量(个)	秘书处/成员国的比例(%)
美国	112	620	18.1
德国	116	719	16.1
法国	71	725	9.8
日本	66	686	9.6
英国	63	726	8.7
中国	51	705	7.2
波兰	17	639	2.7
意大利	16	667	2.4
韩国	15	712	2.1

注:表1数据检索日期为2013年4月。

三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术

- ISO/TC 265成立过程



三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术

1、总体情况介绍：

➤ ISO/TC 265工作进展：

— 主席国：加拿大：

— 秘书处：加拿大、中国（联合）

— 大会：第一届会议（巴黎）、第二届会议（马德里）、第三届（北京）

➤ ISO/TC 265下属5个工作组：

— 碳捕集

— 碳封存

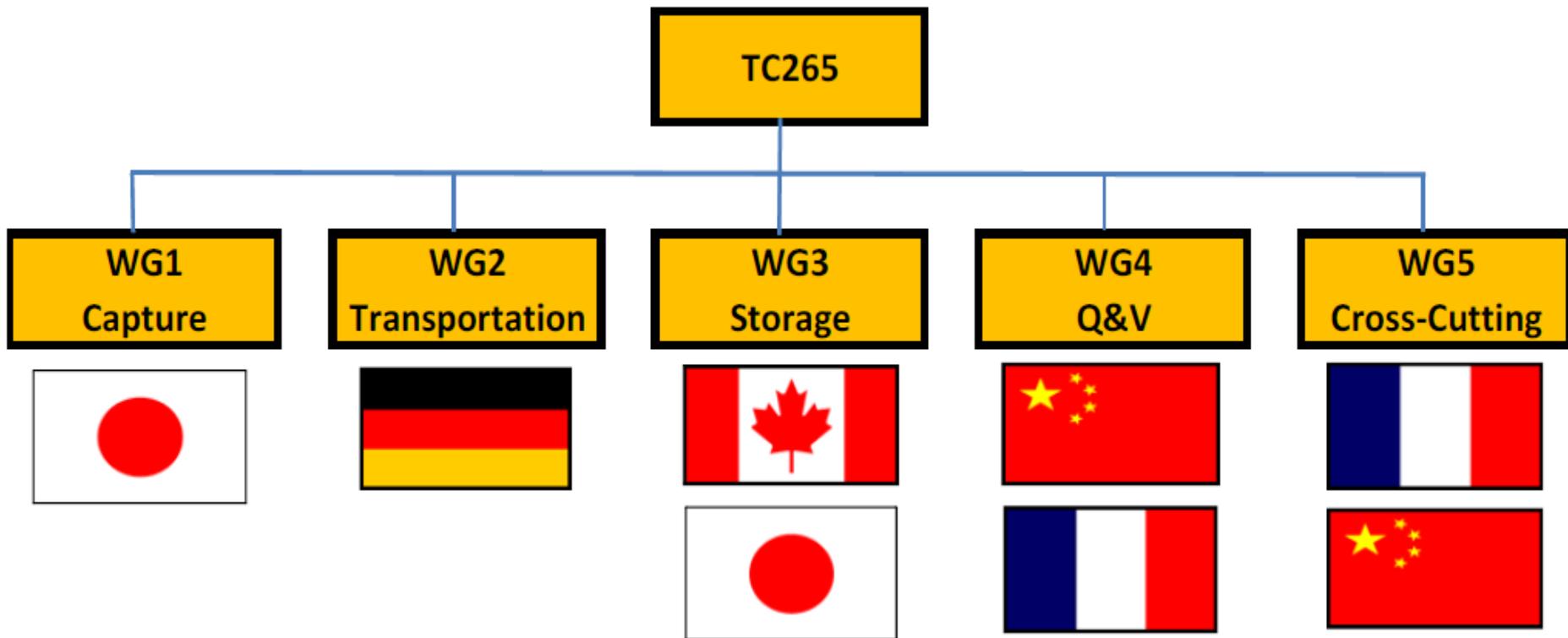
— 碳输送

— 碳验证与核查（中国石油大学彭勃教授和法国）

— **Cross Cutting交叉技术**：由Thomas Laurence(法)和李小春研究员担任联合主席，秘书处设在法国。

三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术

- 各工作组的主席和秘书处的承担国分布示意



三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术

- **成员国：**法国、英国、德国、日本、韩国、荷兰、澳大利亚、南非、中国、加拿大、挪威、瑞士、意大利、西班牙、马来西亚、美国等16个国家
- **观察员国：**巴西、印度、埃及、阿根廷、伊朗、塞尔维亚、芬兰、瑞典、新西兰、捷克等11个国家；
- **5个联络成员：** 国际标准化组织环境管理标准化技术委员会（ISO/TC 207）
全球碳捕获和封存研究院（GCCSI）
国际能源署（IEA）
国际能源署温室气体研发中心（IEAGHG）
世界资源研究院（WRI）

三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术

表 1· ISO/TC·265 下属标准制定工作组及范畴

序号	工作组名称	主要工作范畴
1	CO ₂ 捕集	针对 CO ₂ 捕集的技术或设备、用于电力和能源工业的捕集方法（如燃烧后捕集、燃烧前捕集、富氧燃烧、工业应用捕集）、处理工艺、CO ₂ 气流的采样和分析方法、废物采样和分析方法、CO ₂ 捕集技术资格评定方法、性能评价方法、监控、捕集管理系统。
2	CO ₂ 运输	CO ₂ 管道运输、CO ₂ 运输交通（包括船运、公路、铁路等）、CO ₂ 气流的运输要求、运输风险、运输管理系统、运输监测。
3	CO ₂ 封存	陆地和海上地质封存技术、CO ₂ 提高采油率的地质封存、选址及特征、选址作业、风险评估、风险管理、注入井的要求（包括新井和老井的长期安全）、关闭技术、封存泄漏的补救技术、关闭后的要求、CO ₂ 储存的专业设备和材料、CO ₂ 储存的组分和浓度、储存的风险管理、储存管理系统。
4	CO ₂ 量化与验证	项目分界和项目渗漏、责任评估量化方法、CO ₂ 气流组分和量化、监控与报告、第三方认证、CO ₂ 减排量化、无泄漏量化方法、生命周期分析。
5	CCS 交叉问题	术语、系统集成（ <u>全价值链</u> ）、 <u>全风险管理</u> （包括健康、安全和环境）、利益方关联与公众参与、报告与评信、责任转移方法、不同 CO ₂ 气流的混合。

三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术

2、CCS交叉技术国际标准化工作的问题

主要包括七个方面：

- (1) 专业名词、术语/Terminology
- (2) 系统集成（价值链）/System integration
- (3) 全局HSE管理/Overall risk management including HSE
- (4) 利益相关方的关联、公众参与/Relationship/consultation with stakeholder, and public engagement
- (5) 报告与评信？/Reporting and Crediting
- (6) 责任转移 /Liability transfer procedure (transport and storage)
- (7) 不同来源气流的混合/Mixing of gas streams from different sources



主要提纲

- 一、CCS产生背景
- 二、全球CCUS发展状况分析(政策/项目)
- 三、CCUS国际标准化与CCUS交叉技术
- 四、CCUS交叉技术深度剖析
- 五、进展与建议



■ 主要参考文献

Date [↗]	Issued by [↗]	Title [↗]
2008 [↗]	BGS [↗]	Best practice for the storage of CO ₂ in saline aquifers (http://nora.nerc.ac.uk/2959/) [↗]
Jan. 2009 [↗]	CO ₂ Capture Project (CCP) [↗]	A technical basis for carbon dioxide storage [↗] (http://www.co2captureproject.org/co2_storage_technical_book.html) [↗]
Feb. [↗] 2010 [↗]	DNV [↗]	Guideline for selection and qualification of sites and projects for geological storage of CO ₂ (http://www.dnv.com.au/binaries/CO2QUALSTORE_guideline_tcm162-412142.pdf) [↗]
Sept. 2004 [↗]	LBNL [↗] (GEO-SEQ Project Team) [↗]	Geologic carbon dioxide sequestration: Site evaluation to implementation (http://www.netl.doe.gov/technologies/carbon_seq/refshelf/GEO-SEQ_BestPract_Rev1-1.pdf) [↗]
Jan. 2009 [↗]	NETL [↗]	Best practices for: Monitoring, verification, and accounting of CO₂ stored in deep geologic formations (http://www.netl.doe.gov/technologies/carbon_seq/refshelf/MVA_Document.pdf) [↗]
Sept. [↗] 2010 [↗]	NETL [↗]	Best practices for: Geologic storage formation classification: Understanding its importance and impacts on CCS opportunities in the United States (http://www.netl.doe.gov/technologies/carbon_seq/refshelf/BPM_GeologicStorageClassification.pdf) [↗]
Nov. [↗] 2010 [↗]	NETL [↗]	Best practices for: Site screening, site selection, and initial characterization for storage of CO ₂ in deep geologic formations (http://www.netl.doe.gov/technologies/carbon_seq/refshelf/BPM-SiteScreening.pdf) [↗]
2008 [↗]	WRI [↗]	Guidelines for CCS (http://pdf.wri.org/ccs_guidelines.pdf) [↗]
June 2011 [↗]	DNV [↗]	CO ₂ WELLS Guideline for the risk management of existing wells at CO ₂ geological storage site (http://www.dnv.com/industry/energy/segments/carbon_capture_storage/recommended_practice_guidelines/co2qualstore_co2wells/index.asp) [↗]
April 2012 [↗]	DNV [↗]	Geological Storage of Carbon Dioxide (DNV-RP-J203) (http://www.dnv.com/news_events/news/2012/newcertificationframeworkforco2storage.asp) [↗]
June 2012 [↗]	DNV [↗]	Qualification Management for Geological Storage of CO ₂ (DNV-DSS-402) (http://www.dnv.com/news_events/news/2012/newcertificationframeworkforco2storage.asp) [↗]
March 2011 [↗]	NETL [↗]	Risk analysis and simulation for geologic storage of CO ₂ (http://www.netl.doe.gov/technologies/carbon_seq/refshelf/BPM_RiskAnalysisSimulation.pdf) [↗]
April 2012 [↗]	NETL [↗]	Best practices for: Carbon Storage Systems and Well Management Activities



主要参考文献

Date	Issued by	Title
	IEA	Best Practice Manual developed through learnings from Weyburn project
	IPACCO2/ CSA Standards	CCS Standards Manual
2005	Australian Government	Australian Guiding Principles for Carbon Dioxide Capture and Geological Storage (Guiding Principles) (http://www.ret.gov.au/resources/Documents/ccs/CCS_Aust_Regulatory_Guiding_Principles.pdf)
2009	Australian Government	Environmental Guidelines for Carbon Dioxide Capture and Geological Storage - 2009 (http://www.ephc.gov.au/sites/default/files/Climate_GL_Environmental_Guidelines_for_CCS_200905_0.pdf)
2011	European Commission	Guidance Document 1 CO ₂ Storage Life Cycle Risk Management Framework (http://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ccs/implementation/docs/gd1_en.pdf) Guidance Document 2 Characterisation of the Storage Complex, CO ₂ Stream Composition, Monitoring and Corrective Measures (http://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ccs/implementation/docs/gd2_en.pdf)
June 2007	OSPAR Convention	OSPAR Guidelines for Risk Assessment and Management of Storage of CO ₂ Streams in Geological Formations (http://www.ucl.ac.uk/ccip/pdf/OSPAR2007-Annex-7.pdf)
March 2003	Stefan Bachu	Screening and Ranking of sedimentary basins for sequestration of CO ₂ (http://www.geology.wmich.edu/bachu_Barnes_2003.pdf) Screening and Ranking of hydrocarbon reservoirs for CO ₂ storage (http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/01/carbon_seq/p21.pdf)
March 2008	CO ₂ CRC	Storage Capacity Estimation, Site Selection and Characterisation for CO ₂ Storage Projects (http://www.ukerc.ac.uk/support/tiki-download_file.php?fileId=2395)
2005, 2007 and 2008	CSLF Task Force for Review and Identification of Standards for CO ₂ Storage Capacity	Measurement, Phase I, II and III (http://www.cslforum.org/publications/index.html?cid=nav_publications)
	NETL	Methodology for Development of Geologic Storage Estimates for Carbon Dioxide (http://www.netl.doe.gov/technologies/carbon_seq/refshelf/methodology2008.pdf)
2010	USGS	A probabilistic assessment methodology for the evaluation of geologic carbon dioxide storage: U.S. Geological Survey Open-File Report 2010-1127, 31 p. (http://pubs.usgs.gov/of/2010/1127)
Nov. 2010	CCP	Update on Selected Regulation Issues for CO ₂ Capture and Geological Storage



■ 主要参考文献

		(http://www.co2captureproject.org/reports/regulatory_report.pdf) [↗]	
Nov. 2010 [↗]	IEA [↗]	CCS Model Regulatory Framework (http://www.iea.org/ccs/legal/model_framework.pdf) [↗]	↗
Dec. 2009. [↗]	NETL [↗]	Best Practices for: Public outreach and education for carbon storage projects [↗] (http://www.netl.doe.gov/technologies/carbon_seq/refshelf/BPM_PublicOutreach.pdf) [↗]	↗
Oct. 2010 [↗]	WRI [↗]	Guidelines for community engagement in CCS (http://pdf.wri.org/ccs_and_community_engagement.pdf) [↗]	↗

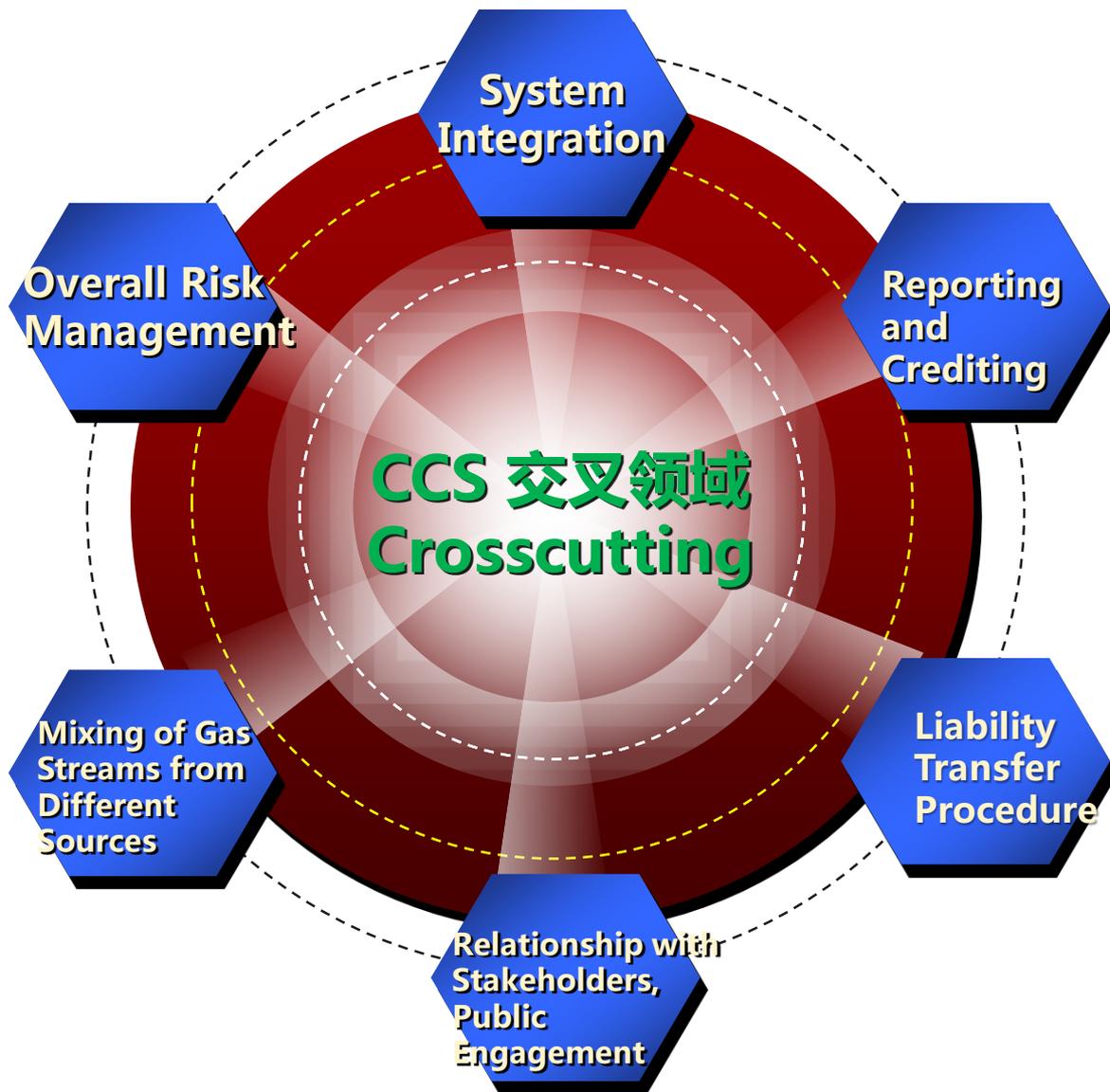
CSLF在2011年第四届部长会议（北京）上决定组建“Monitoring of Geologic Storage for Commercial Projects”工作组，其任务是

- Identifying and reviewing new and updated standards for geological CO₂ storage and monitoring on an annual basis;
- Identifying and reviewing new and updated guidelines for communication with and engagement of involved communities and regulators on an annual basis;
- Keeping track of the work within ISO, where a CCS working group has been established and has recommended global standards on CCS to be elaborated;
- Producing annual summaries of new as well as updated standards, guidelines and best practice documents regarding geological storage of CO₂ and monitoring of CO₂ sites



(1) 专业名词、术语解释/Terminology

- **定义：**除CO₂捕获、封存、运输、量化核查等技术领域之外的CCS相关领域的专有名词或术语的界定与解释。
- 例如，在2012年11月14日的电话会议中，提出对“运输—储存责任转移”这一专有名词进行定义。





(1) 专业名词、术语解释/Terminology 问题

- 其他专业名词。如：
 - CCS项目周期；
 - CCS全风险评估；
 - CCS融资；
 - CCS减排效益；
 - CCS减排成本；
 - 集成系统价值链；
 - CCS利益方；
 - CO₂气流混合；
 - 等等。。。。。



(2) 系统集成（全价值链）/System integration（full value chain）

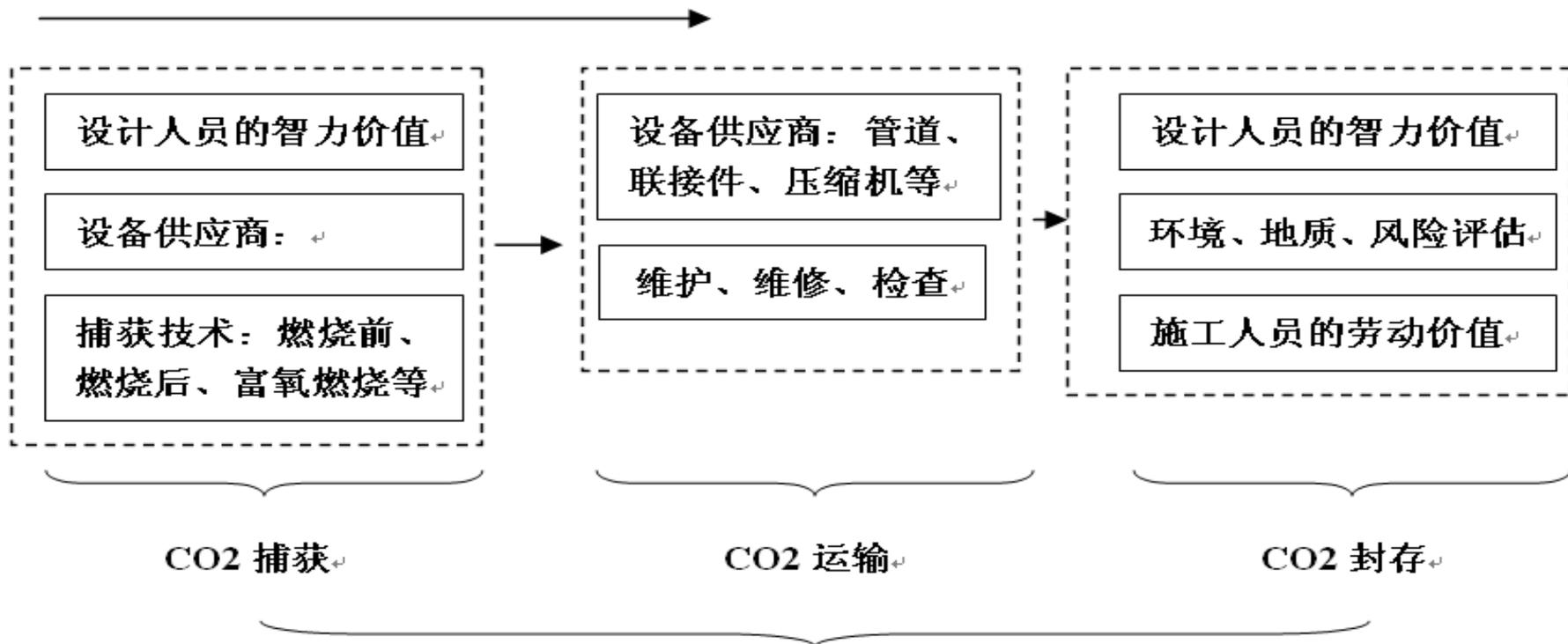
在碳捕集、运输以及封存全流程中，由监管、运营、设计、施工、设备供应、维修、维护、检查、环境/安全/健康风险监督等各方面产生的、完成CCS全系统工程所需的价值流程与集成体系。



(2) 系统集成（全价值链）/System

integration (full value chain) 标准问题

全流程价值链



全系统价值链的预测 理论方法√ 标准×

全系统价值链的实际计算 理论方法× 标准×

全系统生命周期价值链的实际计算 理论方法× 标准×



Estimated CCS Cost for New Power Plants Using Current Technology

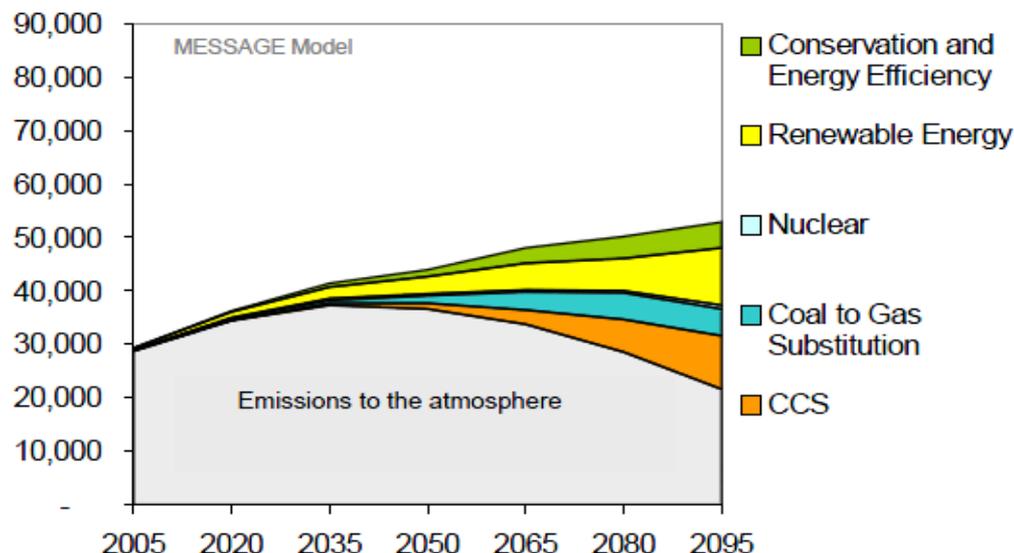
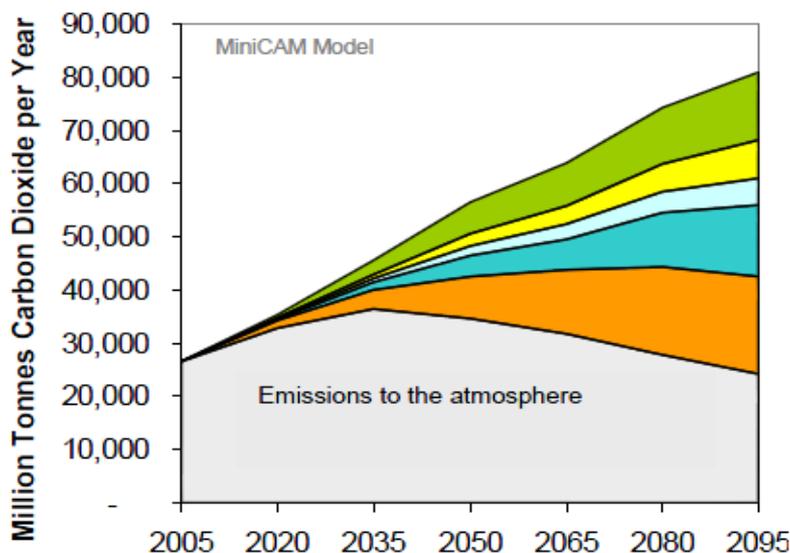
(Levelized cost of electricity production in 2002 US\$/kWh)

Power Plant System	Natural Gas Combined Cycle Plant	Pulverized Coal Plant	Integrated Gasification Combined Cycle Plant
Reference Plant Cost (without capture) (\$/kWh)	0.03–0.05	0.04–0.05	0.04–0.06
Added cost of CCS with geological storage	0.01–0.03	0.02–0.05	0.01–0.03
Added cost of CCS with EOR storage	0.01–0.02	0.01–0.03	0.00–0.01

成本预测的差异主要由特定地点的不同造成的。给消费者增加的成本将取决于**CCS**电站的发电类型。



Economic Potential of CCS



- Across a range of stabilization and baseline scenarios, models estimate cumulative storage of 220–2200 GtCO₂ via CCS to the year 2100
- This is 15–55% of the cumulative worldwide mitigation required to achieve stabilization
- Cost is reduced by 30% or more with CCS in the portfolio

摘自IPCC报告（2005）。



(3) 全风险管理（含健康、安全和环境等）/Overall risk management including HSE

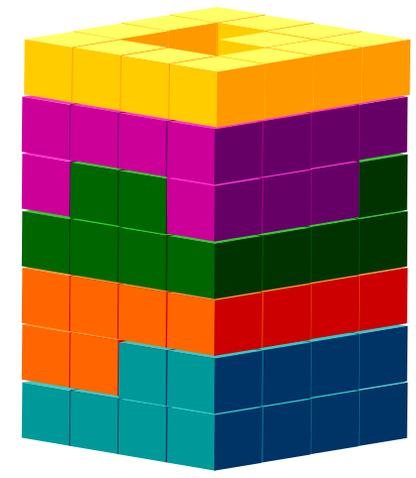
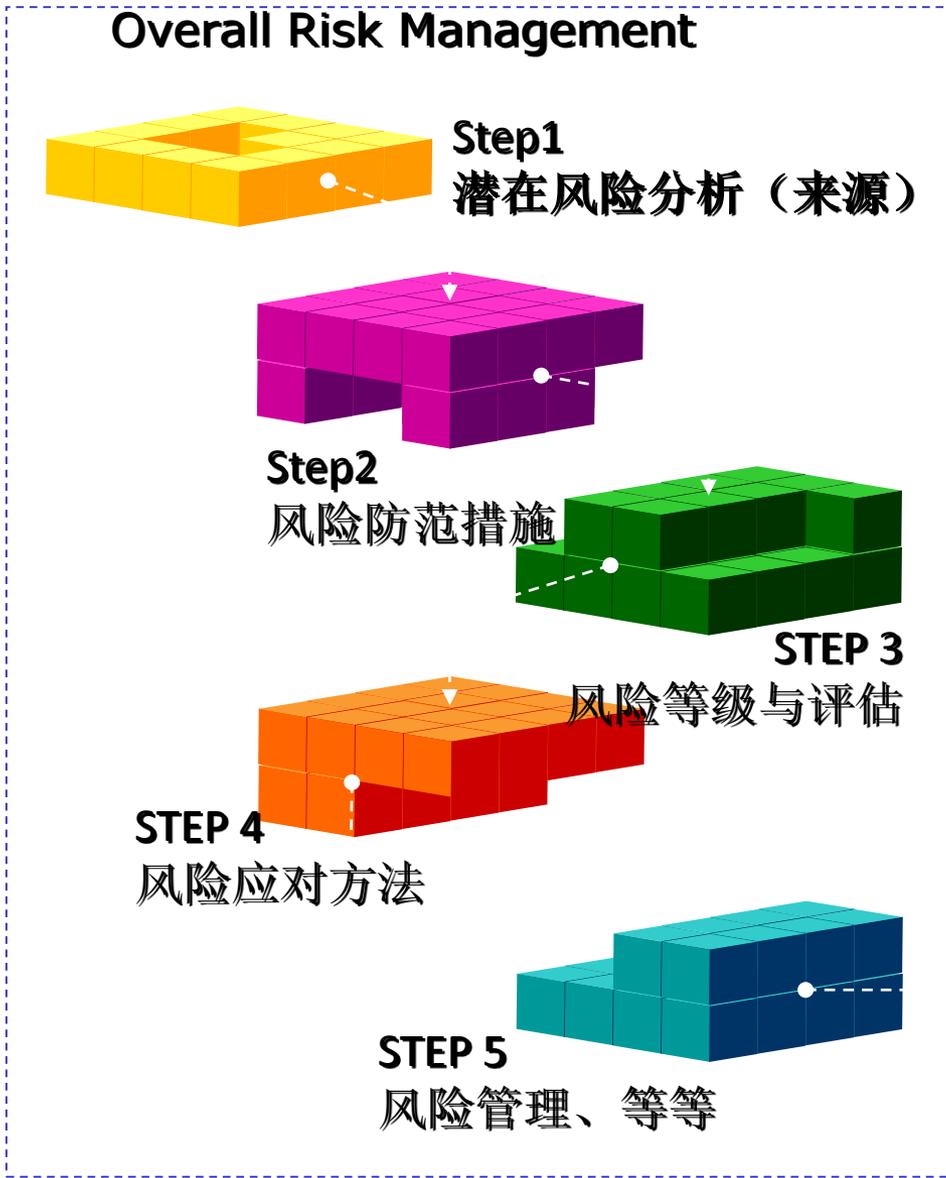
主要指对各种影响人体健康、安全、生态环境等的风险进行预测、识别、评估、防范、应对及解决等一系列办法，以达到最大程度地降低或消除危害的目的。全风险管理是CCS实施过程中的重要内容，能够有效消除或最大程度地减低对人身和环境的危险伤害，增强利益相关方对CCS项目的信任。

整个系统？

环节之间的激发、作用？

➤ (3) 全风险管理 (含健康、安全和环境等) /Overall risk

management including HSE内容



Process Completed

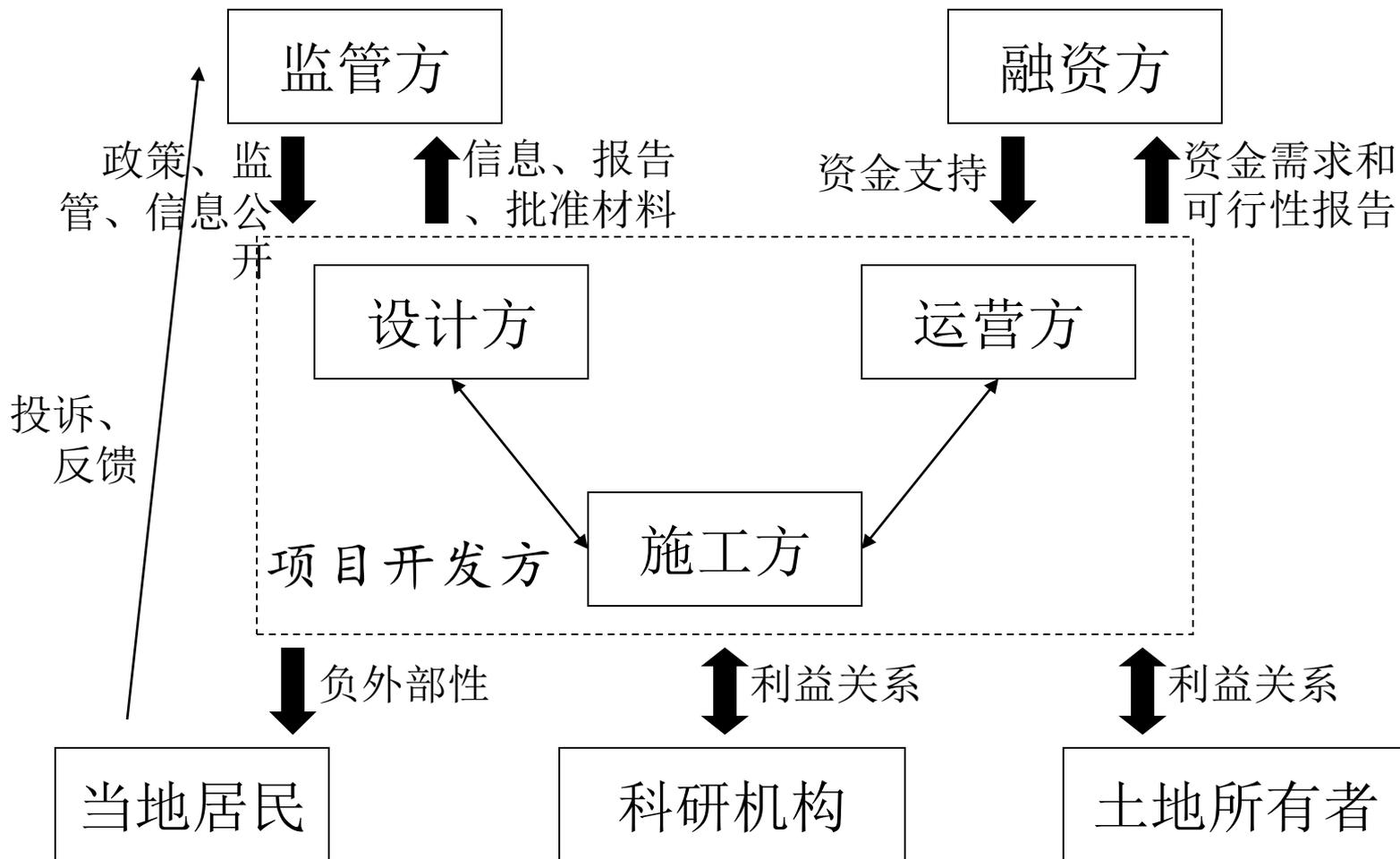
(含各类健康风险、安全风险、环境奉献、职业风险等)

(4) 利益方的关联、公众参与/Relationship/consultation with stakeholder, and public engagement

- CCS利益方主要指受相同事件或工程项目的各种利益影响、需要发生相互关系、共同参与完成同一事件的各类群体组合。对于CCS项目而言，主要利益相关者包括设计方、施工方、运营方、当地居民、监管方、融资方、土地所有者等。利益相关方是CCS的实施主体，有必要加强各利益方的信任、责任、交流沟通、信息共享、建立联系机制等。
- 特点：
 - 1) 利益相关方众多；
 - 2) 多头关联；
 - 3) 具有明显叠加效应；
 - 4) 需明确各方责任和义务。



(4) 各利益方的相互作用/关联





(5) 报告与评信/Reporting and Crediting

在CCS项目实施的过程中，开展的阶段性、定期性或突发性事故或问题的监督和总结，并形成具有真实、可靠、有效的书面记录材料，即称为报告，并在对报告的真实性和可靠性进行核实的基础上做出适当的评定。

不同机构认为报告须包括的最低内容要求

Table 7.1 Comparison of mandatory reporting requirements

	IPCC Guidelines for National GHG Inventories	EU ETS monitoring guidelines for CCS	EU CCS directive	US EPA GHG reporting rule (EOR)	US EPA GHG reporting rule (CO ₂ sequestration)
The mass of CO ₂ transferred onsite from offsite sources (imports)	x			x	x
The mass of CO ₂ transferred offsite (exports)	x				
The source of the CO ₂	x	x		x	x
Background CO ₂ measurements	x				
Other baseline data		x	x		
Chemical composition of the injected material		x	x		
Injected CO ₂ volumetric flow	x		x	x	x
Injected CO ₂ pressure and temperature			x	x	x
Injected CO ₂ mass	x		x	x	x
Sequestered CO ₂ mass (cumulative mass of stored CO ₂)			indirectly indirectly		x
Fugitive emissions of CO ₂ from the transport	x	x			
Fugitive emissions of CO ₂ at the injection facility	x	x	x		x
The mass of CO ₂ emitted to the surface from the subsurface	x				x
Isotopic analysis of CO ₂ leakage	x	For on-shore			
Reservoir temperature and pressure			x		
Modelling updates		x	x		
Third party verification			x		
Copies of associated permits			x		

表中包括IPCC、欧盟、美国的5家机构报告内容，其中有4个机构同时认为应该报告CO₂的排放源、流量、质量及可能的泄露等信息。

emissions from CCS activities.
Prescribed level of uncertainty for each measurement

measures plan.
Comparison with the simulated pressure-volume behaviour.



(6) 责任转移 /Liability transfer procedure (transport and storage)

- **描述：** 责任转移是指在CCS项目实施的各环节之间，由于每一环节工程的结束或启动，而对因此在各环节实施主体之间发生的责任移出和移入活动进行管理的方法（流程、准则、责任范围等）。
- **责任特点分类：** 物权转移监管责任、环境责任、风险责任、安全责任，等。

(6) 责任转移争议 /Liability transfer procedure (transport and storage)

目前，封存——长期管理之间的责任转移尚处在争议中，有两种不同的讨论：责任转移给有关当局，或者没有明确规定。

赞成责任转移



反对责任转移

责任期限不确定；
运营者寿命有限；
CO₂会带来正的外部性。

运营期的道德风险；
怀疑责任救济的理由。



(7) 不同来源气流的混合/Mixing of gas streams from different sources

不同排放源或者不同捕集技术获得二氧化碳可能会共同使用输送及封存设施，带来了CO₂气流混合的问题。

对气流的成分、压力、温度及其稳定性等做出要求。



不同排放源气流混合的标准问题

序号	内容	指标	优先度	进展	立场
1	气流工质 (CO2) 要求及测量技术	温度	√	暂无	
		流速	√		
		气压	√		
		纯度	√		
		容积	√		
		组分及占比	√		
2	工质性质及测量方法	易燃性	√		(1) 美国: 必须移除有害物质; (2) 加拿大: H2S 浓度不超过 0.1mol/kmol; (3) 欧盟
		致癌性	√		
		诱变性	√		
		毒性	√		
3	混合方法及要求	差级混合	√		
		同级混合	√		
		混合杂质的处理	√		
4	混合装置技术要求及稳定性及测试	测试	√		
		检修	√		
		维护	√		
		安装	√		
5	意外事故应对措施 (泄露、爆炸等)	泄露	√		
		爆炸	√		
6	意外事故的 HSE 影响	健康	√		
		安全	√		
		环境	√		



五、进展与建议

➤ ISO/WD 19251 CCS - Vocabulary

- <CCS词典>
- 国内外互借鉴

➤ 风险管理和风险评价

— 成为NWIP;

- 全风险的范畴（潜在风险、风险因素、风险防范准则等）
- 风险分级（人身、安全、环境等）
- 风险评估（技术、方法等）
- 各国的想法？美国？？



中国科学院
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

谢 谢！

