

展望2040—全球二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)增长机遇

由监管框架、实施负排放技术以及通过二氧化碳利用开发价值而加速的未来增长潜力

弗若斯特沙利文全球能源与环境研究团队

目录

章节	幻灯片页码
战略要素	10
• 为何增长越来越难?	11
• 八维战略要素™	12
• CCUS行业—三大核心战略要素	13
• 增长机遇助推增长管线引擎™	14
增长环境	15
• 核心洞察	16
• 增长环境—美洲CCUS发展现状	17
• 增长环境—欧洲CCUS发展现状	18
• 增长环境—亚太各地区CCUS发展现状	19
• 增长环境—中东及非洲各地区CCUS发展现状	20
增长机遇分析	21
• 分析范围	22
• 应用与区域范围	23
• CCUS价值链与定义	24

目录

章节	幻灯片页码
• CCUS分类与定义	25
• CCUS技术分类	26
• 主要竞争对手	27
• 增长指标	28
• 驱动因素	29
• 驱动因素分析	30
• 制约因素	33
• 制约因素分析	34
• 预测假设	37
• 收入与每年新增捕集量预测	38
• 收入预测—按终端用户行业	39
• 收入预测—按主要分离技术	40
• 收入预测—按地区	41
• 收入预测分析	42
• 收入预测分析—按终端用户行业	43

目录

章节	幻灯片页码
• 收入预测分析—按地区	45
• 每年新增捕集量预测—按终端用户行业	47
• 每年新增捕集量预测分析—按终端用户行业	48
• 每年新增捕集量预测—按主要分离技术	50
• 每年新增捕集量预测分析—按主要分离技术	51
• 每年新增捕集量预测—按地区	54
• 竞争环境	55
• 市场份额	56
• 市场份额分析	57
增长机遇分析—电力行业	58
• 增长指标	59
• 收入与每年新增捕集量预测	60
• 收入预测—按各燃料类型	61
• 收入预测—按地区	62
• 每年新增捕集量预测—按地区	63

目录

章节	幻灯片页码
• 预测分析	64
增长机遇分析—重工业	66
• 增长指标	67
• 收入与每年新增捕集量预测	68
• 收入预测—按各燃料类型	69
• 收入预测—按地区	70
• 每年新增捕集量预测—按地区	71
• 收入预测分析	72
增长机遇分析—石油和天然气行业	74
• 增长指标	75
• 收入与每年新增捕集量预测	76
• 收入预测—按各燃料类型	77
• 收入预测—按地区	78
• 每年新增捕集量预测—按地区	79
• 预测分析	80

目录

章节	幻灯片页码
增长机遇分析—生物质能综合碳捕获与封存(BECCS)	82
• 增长指标	83
• 收入与每年新增捕集量预测	84
• 收入预测—按地区	85
• 每年新增捕集量预测—按地区	86
• 预测分析	87
增长机遇分析—直接空气碳捕获与封存 (DACCS)	88
• 增长指标	89
• 收入与每年新增捕集量预测	90
• 收入预测—按地区	91
• 每年新增捕集量预测—按地区	92
• 预测分析	93
增长机遇分析—二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS) 产业集群	94
• 增长指标	95
• 收入与每年新增捕集量预测	96

目录

章节	幻灯片页码
• 收入预测—按地区	97
• 每年新增捕集量预测—按地区	98
• 预测分析	99
• 全球运行中和待运行二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS) 技术的中心枢纽和产业集群	100
增长机遇分析—氢气制造	101
• 增长指标	102
• 收入与每年新增捕集量预测	103
• 收入预测—按地区	104
• 每年新增捕集量预测—按地区	105
• 预测分析	106
增长机遇分析—垃圾发电	108
• 增长指标	109
• 收入与每年新增捕集量预测	110
• 收入预测—按地区	111
• 每年新增捕集量预测—按地区	112

目录

章节	幻灯片页码
• 预测分析	113
增长机遇分析—利用 (Utilization)	114
• 碳捕获与利用及未来发展前景	115
• 每年捕集量预测	116
• 化学制品、燃料、塑料和建筑材料转化领域中主要增长潜力	117
• 关于大气压水平下纯二氧化碳用途的最新研究调查	118
增长机遇分析—封存 (Storage)	119
• 全球捕集二氧化碳的封存潜力	120
• 每年二氧化碳年封存量预测	121
• 预测分析	122
增长机遇宇宙	123
• 增长机遇1: 负排放技术 (Negative Emission)	124
• 增长机遇2: 二氧化碳捕集利用与封存即服务 (CCUSaaS)	126
• 增长机遇3: 二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS) 工厂模块化	128
• 增长机遇4: 集成式二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS) 产业集群与中心枢纽	130

目录

章节	幻灯片页码
附录	132
• 公司目录	133
下一步行动	135
• 下一步行动	136
• 为什么选择沙利文，为什么是现在？	137
• 图表目录	138
• 免责声明	142

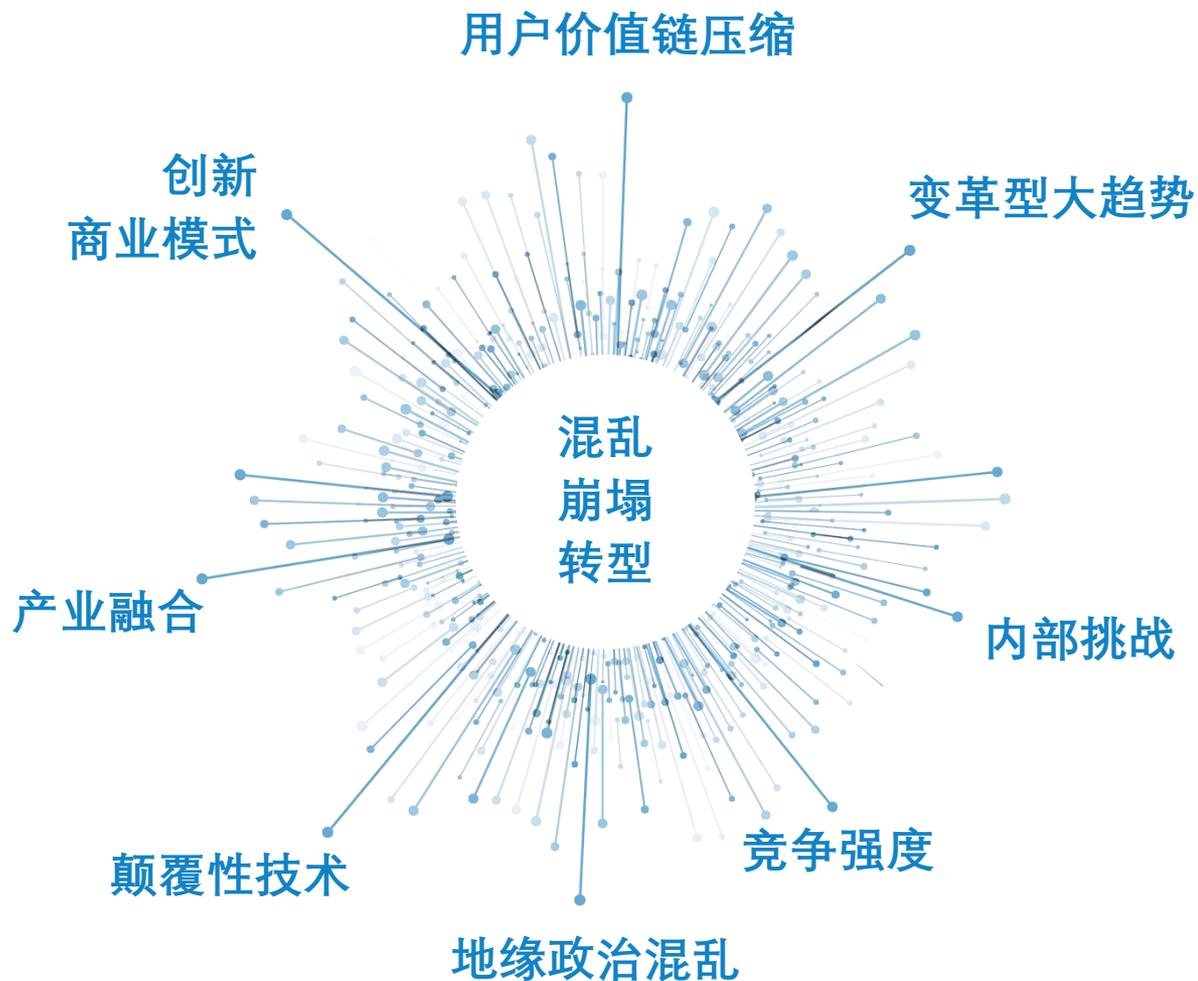
作者： Mahesh Radhakrishnan



战略要素

为什么增长越来越难？

八维战略要素：造成增长压力的因素



来源：Frost & Sullivan

八维战略要素

创新商业模式

一种定义公司如何创造经济价值并将其资本化的新的收入模式，通常会对公司的价值主张、产品供应、运营战略和品牌定位产生影响。

用户价值链压缩

先进技术、互联网平台和其他直接面向消费者的模式压缩了用户价值链，从而减少了用户旅程中的摩擦和步骤。

变革型大趋势

定义未来世界的全球力量，对商业、社会、经济、文化和个人生活有着深远影响。

内部挑战

阻碍公司进行必要变革的内部组织行为。

竞争强度

来自初创企业和数字商业模式的新一轮竞争，挑战着过去的传统，迫使老牌行业重新思考自己的竞争立场。

地缘政治混乱

政治不和谐、自然灾害、大流行病和社会动荡造成的混乱和无序，影响着全球贸易、合作和商业安全。

颠覆性技术

颠覆性的新技术正在取代旧技术，并极大地改变着消费者、行业或企业的运营方式。

产业融合

在以往互不相关的行业之间开展合作，以实现跨行业空白领域的增长机遇。

来源：Frost & Sullivan

CCUS行业—三大核心战略要素

八维战略要素

创新商业模式

- CCUS是一个迅速崛起的行业，它将在企业的去碳化战略中发挥关键作用。在某些行业中，实施CCUS的成本仍然很高，因此需要创新的商业模式。
- 为了调动私人投资者的情绪并激励他们投入资金，应降低二氧化碳价值不足带来的收入风险。这可以通过降低CCUS即服务成本或提高二氧化碳价值来实现。

原因

变革型大趋势

- 气候变化和环境的可持续发展正在成为中心议题。全球各地的公司都在大力投资去碳化战略。
- 创新、研发和制造战略需要进行调整，从而实现低碳足迹并保证可持续发展的未来。
- 大型科技公司面临的创造智能绿色解决方案的机遇，不仅可以使得其减少自身的碳足迹，还可以使他们互相分享技术诀窍。

产业融合

- CCUS的最佳应用领域是温室气体明显且难以消减的行业。但是没有跨行业的支持，不可能实现气候目标。
- 通过分享各行业在试点阶段的经验教训，可以实现CCUS的商业性成功。
- 这将为技术开发商和即服务提供商提供探索新途径和新行业的机会，从而提供更广阔的业务空间。

沙利文观点

- 为了减少排放和履行《巴黎协定》，到2030年底，更多项目的规模应被扩大。这促使了许多技术开发商和即服务提供商为客户开发创新的商业模式。
- 即服务提供商已在考虑通过运用CCUS即服务和CCUS中心等商业模式来提供点对点即服务以减轻客户的总体负担。

- 将全球气温升幅稳定在1.5度是一项任务，而不是一种选择。要实现这一目标，必须稳定二氧化碳的浓度，这意味着需要实现温室气体的净零排放。
- 主要国家的政府正在探索实现全社会的目标：
 - 到2030年减排30%，到2050年减排80%（相对于2016年的排放水平）；以及
 - 到2050年实现100%的可再生能源。

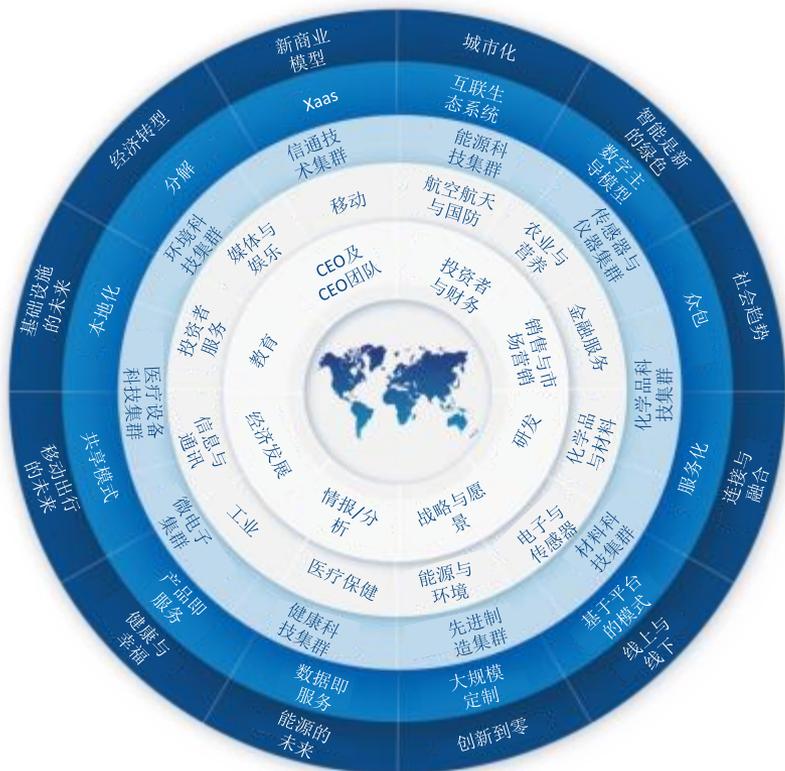
- CCUS市场已经出现了一些行业融合。原本只为石油和天然气（O&G）行业提供传统即服务的公司，现在也开始为水泥、电力和钢铁行业提供即服务。
- 同样，以电力领域为主的阿尔斯通（Alstom）和通用电气电力公司（GE Power）正在与石油和天然气即服务公司合作，提供CCUS解决方案。

来源：Frost & Sullivan

增长机遇助推发展赛道引擎



创新孵化器™



分析视角



增长管线引擎™



来源：Frost & Sullivan



增长环境

核心洞察

- 预计CCUS市场将以49.7%的年复合增长率（2022—2030年）大幅增长。预计到2030年，收入将达到424.8亿美元；到2034年，收入可能达到峰值452.1亿美元，但从2040年起收入将趋于平稳。
- 在中短期内，通过现有工厂的改造，CCUS将在燃煤电厂、水泥、钢铁、肥料和化工等二氧化碳难以消减的行业中得到更广泛的应用。为确保脱碳战略在长期内产生更大的影响，必须部署负排放技术，如BECCS和DACCS。
- CCUS中心枢纽将通过整合生态系统中的各种产业集群发挥重要作用，从而降低成本和运营风险。预计到2030年，碳捕集产业集群的纵向价值将达到27.88亿美元，到2040年将下降到6.6亿美元。
- 与其他工业技术一样，CCUS在很大程度上依赖于规模经济。虽然这可能有利于大规模部署从而产生大量二氧化碳，但并非所有行业都能产生如此多的二氧化碳。模块化是实现必要的规模经济的关键，通过建立标准化工厂和大规模生产技术可以降低成本。
- 碳捕集即服务是一种新的商业模式，将解决客户从源头到封存的整个二氧化碳价值链问题。在这种模式下，客户只需为每吨二氧化碳的捕集付费，而服务提供商将通过其网络合作伙伴管理捕集、运输和封存的整个二氧化碳价值链。
- 就项目数量而言，欧洲和北美仍将是领跑者。但由于亚太地区和中东地区的发展中经济体的二氧化碳排放更为严重，这些地区的项目将在2025年至2030年间开始增加，并且这些地区最终将成为极具吸引力的市场。

来源：Frost & Sullivan

增长环境—美洲CCUS发展现状

水泥



垃圾发电

氮气处理



乙醇设备

燃气发电

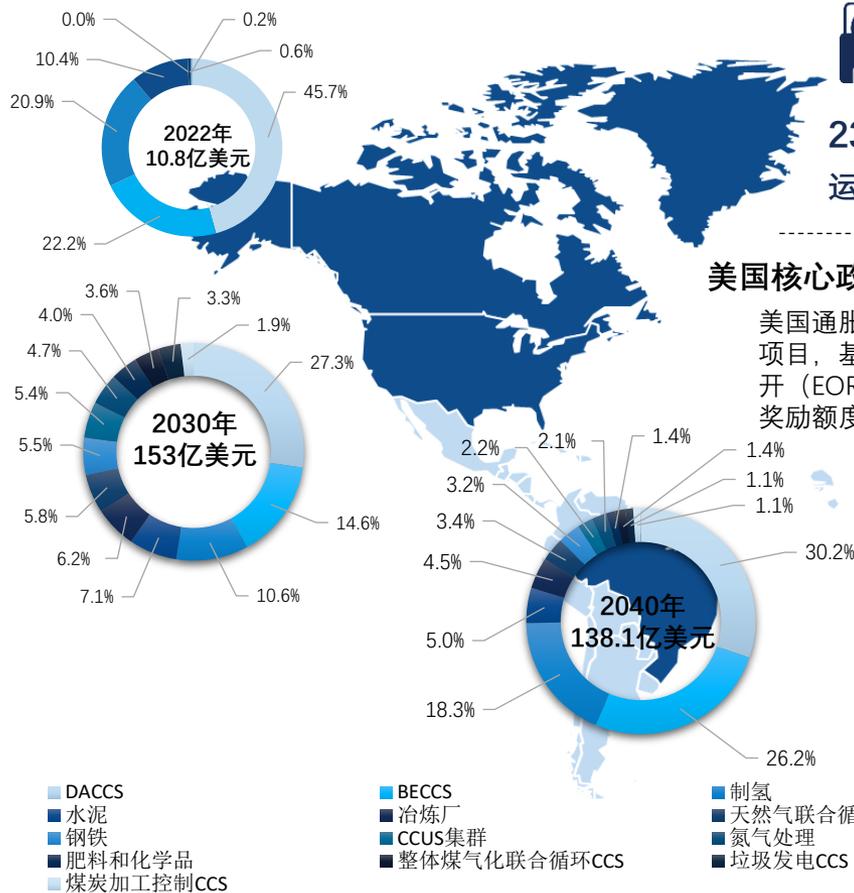


化学物质



DACCS

CCUS：2022年、2030年和2040年美洲终端用户行业的市场份额



136
商业设施

23
运行中

113
不同发展阶段

CO₂捕集

CO₂



28百万吨/年

23个运行的商业设施的总捕获能力为28百万吨/年。

美国核心政策

美国通胀削减法案（IRA）更新的45Q税收抵免政策会刺激所有的新项目，基准额度为每储存1吨二氧化碳减免17.0美元，每为增强油气开（EOR）采用1吨二氧化碳减免17.0美元。此外，还提供5倍的奖励额度（储存：85美元，增强油气开采：60美元）。

DAC基准额度为每储存1吨二氧化碳奖励36美元，每为增强油气开采使用1吨二氧化碳奖励26美元。此外，还有一个5倍的奖励额度（储存：180美元，增强油气开采：130美元）。

IRA45Q

CO₂封存税收抵免



《基础设施投资与就业法案》（IIJA）确保在2021年至2026年期间，将有120亿美元或更多资金用于CCS。CCUS对于实现100%清洁电力或建设净零排放经济至关重要。

到2035年实现100%清洁电力和到2050年实现净零排放经济的国家气候目标主要依赖于CCS。

注：NGCC—天然气联合循环；IGCC—整体煤气化联合循环；地图颜色表示研究涉及的主要国家。所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

增长环境—欧洲CCUS发展现状



水泥



垃圾发电

CCUS产业集群



生物质能

制氢

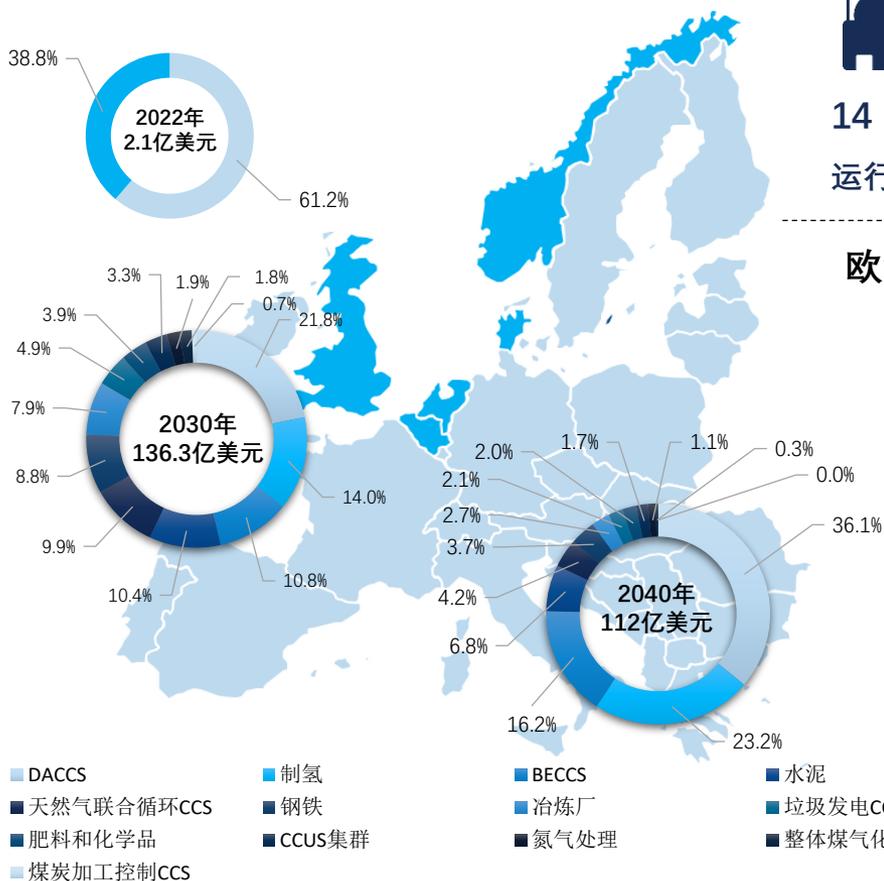


天然气发电



DACCS

CCUS: 2022年、2030年和2040年欧洲终端用户行业的市场份额



121
商业设施

14
运行中

107
不同发展阶段

CO₂捕集
CO₂
4.0百万吨/年

14个运行的商业设施的总捕获能力为4百万吨/年。

欧洲核心政策



《欧洲绿色协定》和气候法为欧盟执行更多政策铺平了道路，通过将政治承诺转化为净零气候中和，支持CCUS项目。

到2023年的碳清除认证书框架将激励BECCS和大型DACCS项目。



二氧化碳的越境转移将支持该地区CCUS产业集群项目的发展。

创新资助计划将有助于推广低碳技术。这将快速跟踪处于规划、建设和运营阶段的CCS项目。

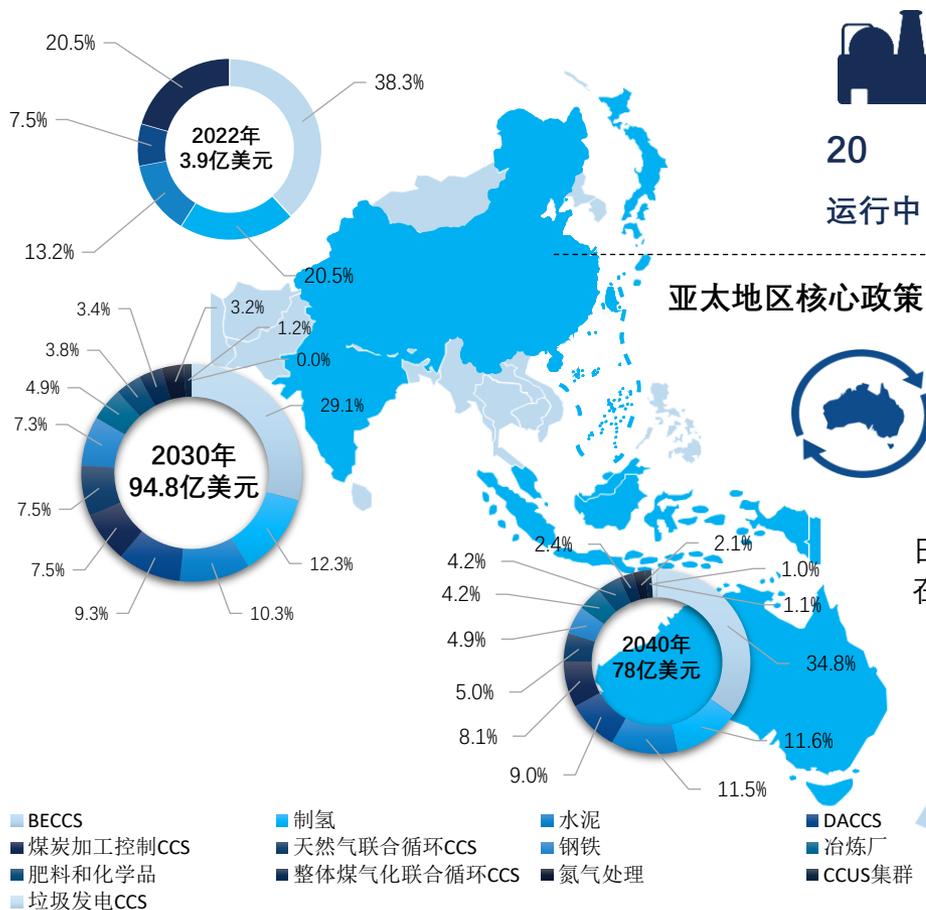


注：NGCC—天然气联合循环；IGCC—整体煤气化联合循环；地图颜色表示研究涉及的主要国家。所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

增长环境—亚太地区CCUS发展现状



CCUS: 2022年、2030年和2040年亚太地区终端用户行业的市场份额



58 商业设施

20 运行中

38 不同发展阶段

CO₂捕集

CO₂

17.3百万吨/年

20个运行的商业设施的总捕获能力为17.3百万吨/年。

澳大利亚政府已采取各种措施和政策框架来支持低碳技术。澳大利亚有多个新项目正处于不同的开发阶段。

日本已将CCUS作为其长期减排战略的一部分，并正在开发供国内使用和出口的技术。

中国承诺到2060年实现净中和，并制定了一项五年计划，其中也包括为CCS提供资金。

注：NGCC—天然气联合循环；IGCC—整体煤气化联合循环；地图颜色表示研究涉及的主要国家。所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

增长环境—中东及非洲地区CCUS发展现状

氮气处理



天然气发电



制氢

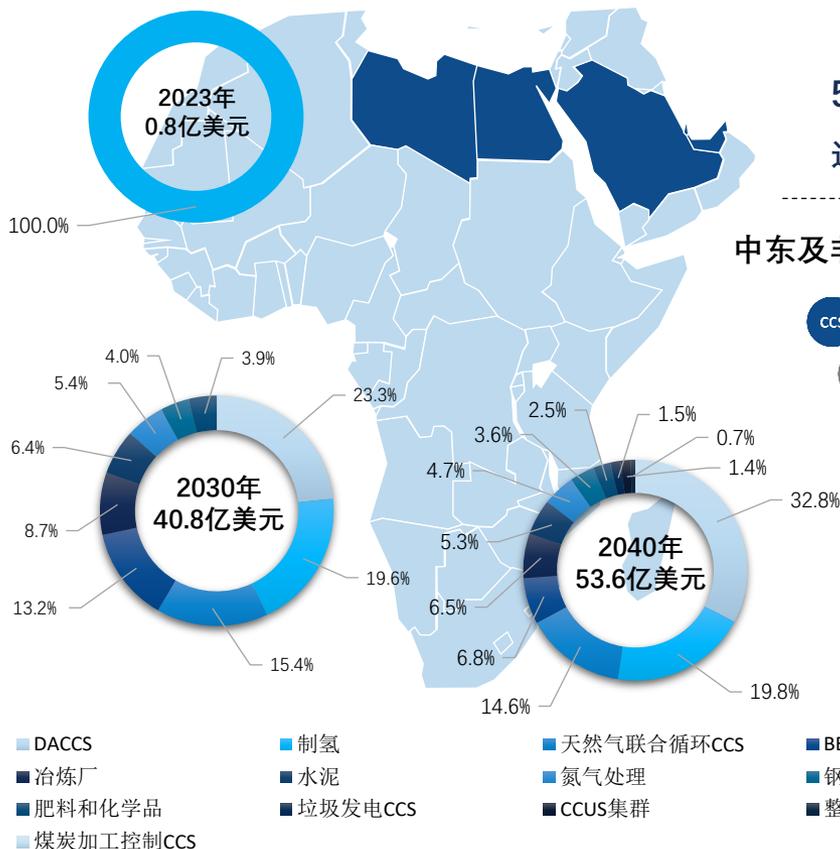


钢铁



DACCS

CCUS: 2022年、2030年和2040年中东及非洲地区终端用户行业的市场份额



5 运行中

15 商业设施

10 不同发展阶段

CO₂捕集

CO₂

4.6百万吨/年

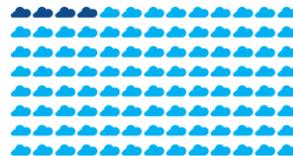
5个运行的商业设施的总捕获能力为4.6百万吨/年。

中东及非洲地区核心政策



尽管海湾合作委员会国家 (GCC) 正在关注其他低碳技术, 如可再生能源、用天然气替代煤炭和石油以及提高能源效率, CCS技术依然是循环碳经济的一个重要组成部分。

中东及非洲地区的CCUS项目潜力巨大, 该地区的二氧化碳捕集量预计将从2020年的4百万吨/年增加到2030年的100百万吨/年以上。



沙特阿拉伯和阿拉伯联合酋长国 (UAE) 由于其庞大的石油和天然气以及工业运营, 造成了中东及非洲地区75%的二氧化碳排放量。

该地区以油气田的形式拥有高达300亿吨的地下储藏潜力。



注: NGCC—天然气联合循环; IGCC—整体煤气化联合循环; 地图颜色表示研究涉及的主要国家。*中东及非洲地区2022年的数值很小, 因此采用2023年的数值。所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源: Frost & Sullivan

增长机遇分析

分析范围

- CCUS是指一系列可有效用于捕集大型点源（包括使用化石燃料或生物质作为输入燃料的发电厂和工业装置）中的二氧化碳的技术。
- 从大气中捕集剩余的二氧化碳被称为直接空气捕获（DAC）。
- 捕集后二氧化碳经过进一步处理，通过脱水除去其中的水分，然后压缩成致密相，再通过船舶或管道运输进行利用。

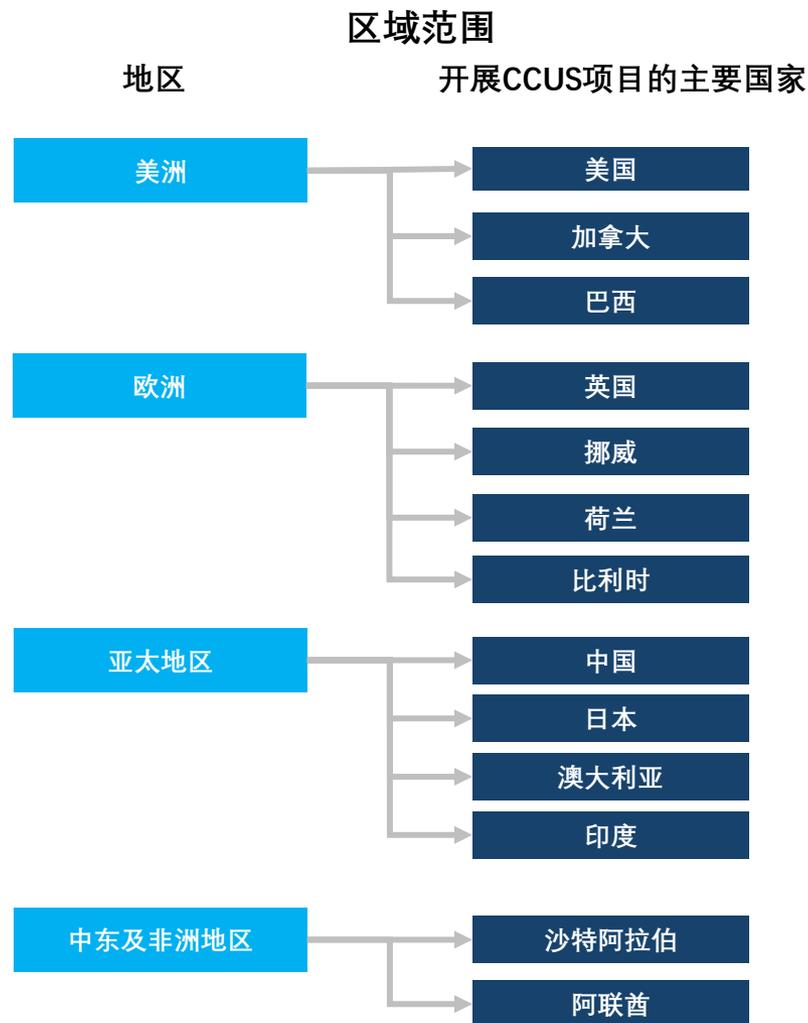
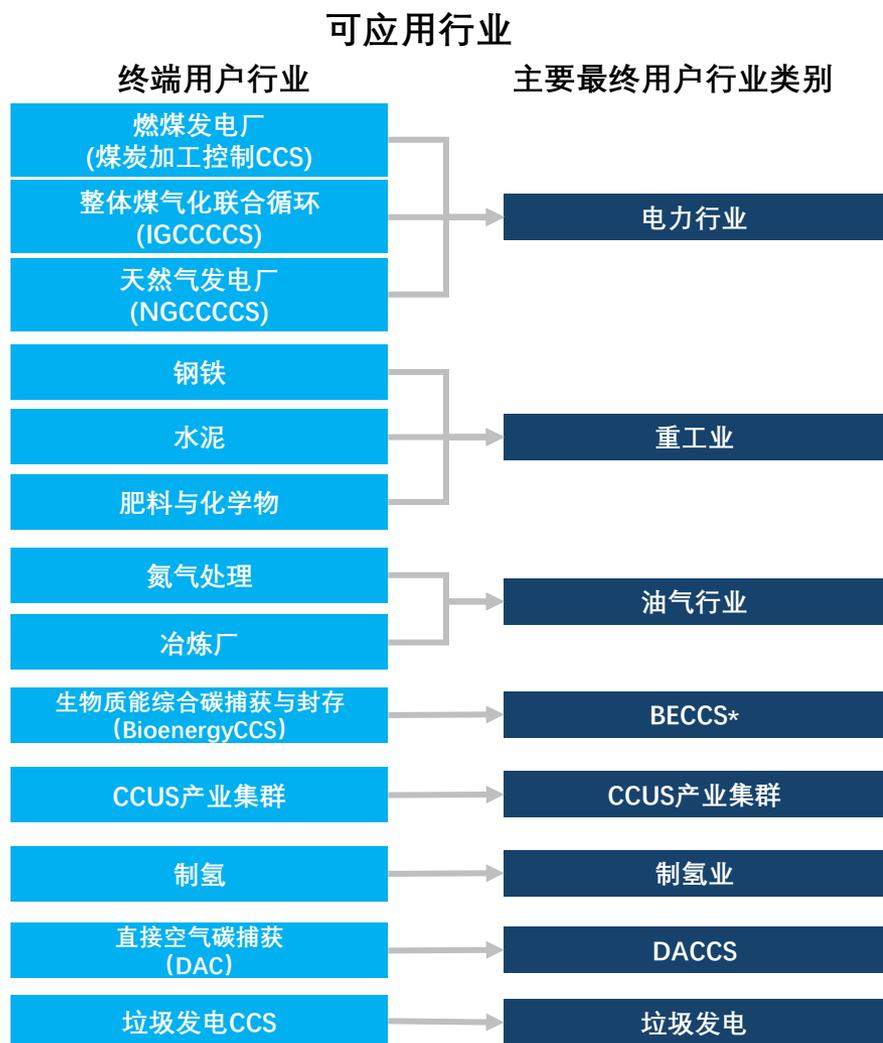
- 另外，它们也可以永久储存在深层地质构造中，如枯竭的石油和天然气储层或陆上和近海盐层。
- CCUS可以在履行《巴黎协定》条款和减缓气候变化方面发挥关键作用，因为它可以以多种方式应用于各个领域。因此CCUS在一个行业的应用会对其他行业产生连锁反应。
- 在本研究中，市场规模是根据每年新增的碳捕集能力确定的，单位为百万吨/年。市场收入的估算考虑了安装碳捕集技术的资金成本（美元），并直接转化为完成CCUS项目的公司收入。
- 碳捕集利用与封存根据其应用（即碳是被封存还是被使用）的不同可称为CCS或CCU。
- 本研究包括的地区有美洲、欧洲、亚太地区以及中东及非洲地区。

适用范围

地理范围	全球
研究年份	2022–2040
基准年	2022
预测年份	2023–2040
货币单位	美元

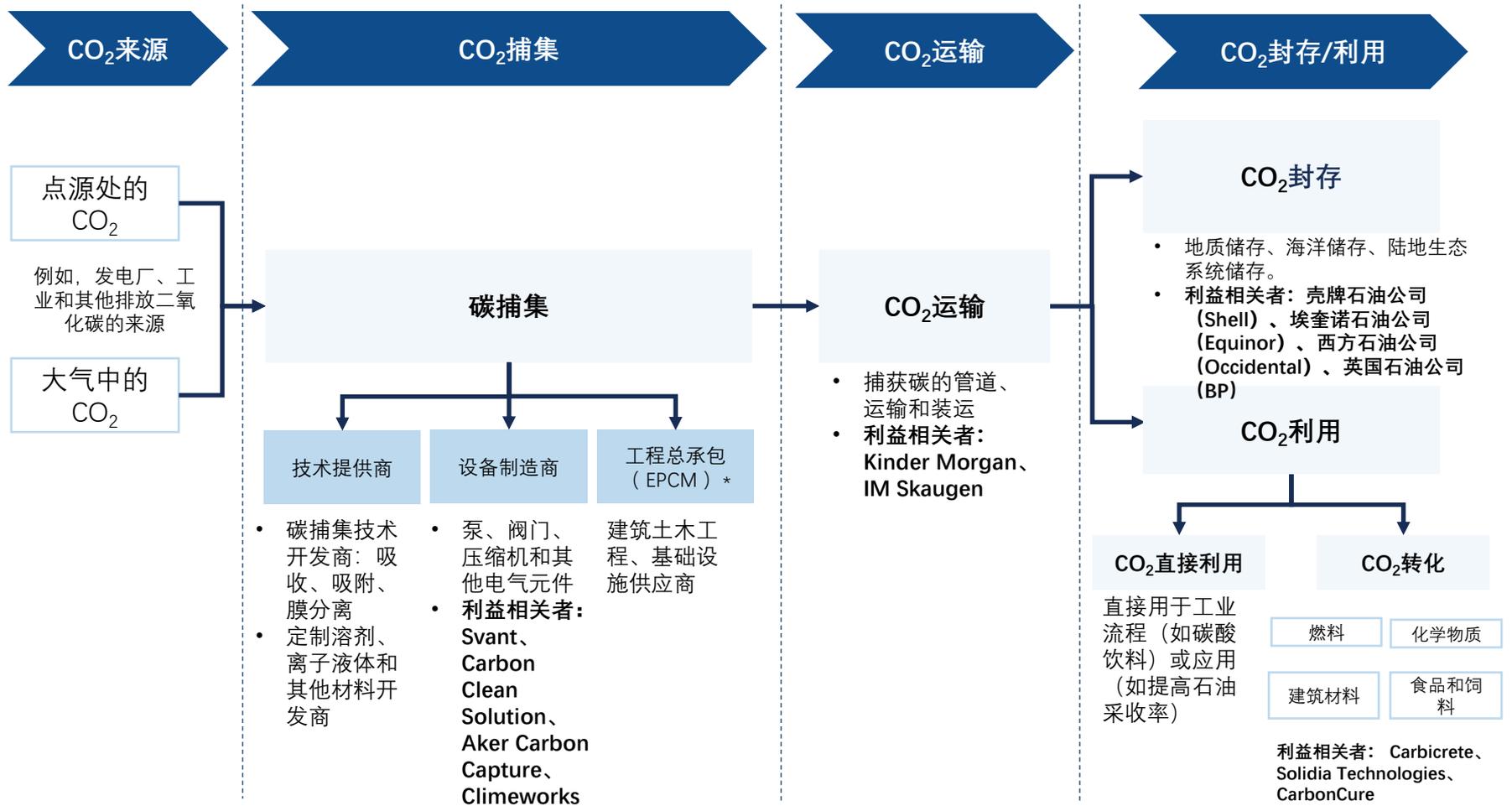
来源：Frost & Sullivan

应用与区域范围



来源：Frost & Sullivan

CCUS价值链与定义



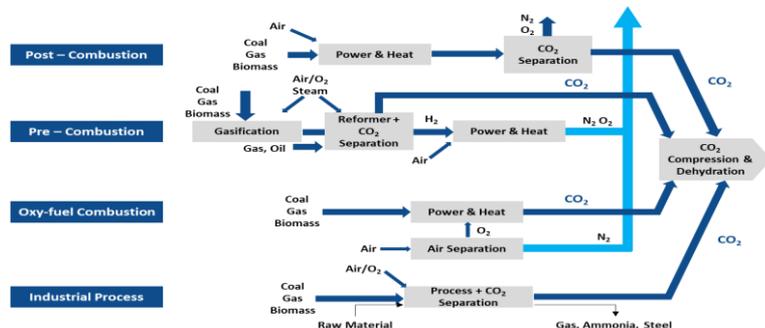
注：*工程、采购、施工和管理

来源：Frost & Sullivan

CCUS分类与定义

捕集

- 二氧化碳从各种工业源排放，如水泥生产、钢铁、石油和天然气生产、化石燃料制氢、天然气加工和火力发电。
- 根据排放强度的不同，二氧化碳在进入大气之前就会被捕获、压缩，然后被储存或利用。
- 通过采用不同的工程方法，可从点源中有效捕集高达90%的二氧化碳。



利用

- 利用是指将捕集后二氧化碳转化为具有经济效益的增值产品的过程。
- 利用市场较小。因此，增值产品对温室气体即气候变化目标的贡献虽小，但却十分重要。
- 利用市场大致可分为三大类：矿化、化学和生物。
- 一些利用捕集后二氧化碳制造的产品不会有助于永久封存，但如果与DACCS结合使用，则可以中和这些产品。

成矿

二氧化碳可在混凝土和骨料工业中得到有效利用，同时降低能耗。



化学制品

在氢经济中，二氧化碳可用于生产合成燃料、合成气和甲醇。这些燃料可用作许多化学制品和聚合物的原料。



生物质

二氧化碳可用于促进植物生长，也可通过使用生物炭在土壤中捕获，以提高土壤质量。



封存

- 二氧化碳可以贮存在地质存储器中，地质存储器使用的温度和压力与石油和天然气数百万年来固有的贮存温度和压力相同。
- 油田和气田是储存捕集后二氧化碳的首选地点，主要有两个原因：一是它们有能力将二氧化碳封存数百万年；二是数百年的石油和天然气勘探积累了大量研究经验。
- 盐碱地层在全球分布更广，具有数千万吨的二氧化碳封存能力。



来源：Frost & Sullivan

CCUS技术分类

化学吸收：一种基于胺的先进分离技术，用于从工艺烟气中分离二氧化碳。主要用于发电厂、燃料转化和工业生产中的小型和大型项目。

物理吸收法：使用以聚乙二醇二甲醚法(Selexol)或低温甲醇洗法(Rectisol)为主的液体溶剂将二氧化碳从工艺气体中分离出来；这种方法用于天然气加工、乙醇、甲醇和氢气生产。

物理吸附：是一种利用活性炭、氧化铝、金属氧化物或沸石等固体吸附材料的分离技术。吸附后，通过变温吸附或变压吸附释放二氧化碳。

纯氧燃烧：在这种技术中，煤、天然气和生物质使用纯氧燃烧，烟道中会排放出高浓度的二氧化碳。排放的二氧化碳可通过脱水的方式捕集，从而去除水蒸气，获得高纯度的二氧化碳流。

钙循环：该技术使用两个反应器在高温下捕集二氧化碳。在第一个反应器中，石灰被用来吸附和捕集烟气中的二氧化碳，形成碳酸钙。然后碳酸钙被转移到第二个反应器中，再生出石灰，纯净的二氧化碳流被压缩并输送以备进一步使用。

化学循环：在此工艺中，使用两个反应器。在第一个反应器中，小颗粒金属和空气中的氧气结合形成金属氧化物。金属氧化物被转移到第二个反应器中，在那里产生浓二氧化碳，使还原型金属再生。

低温分离：在这种技术中，酸性气体被冷却到非常低的温度，这样二氧化碳就可以液化并分离出来；这种技术需要大量的电力来操作制冷装置。

DACCS：利用化学或物理过程直接从环境空气中提取二氧化碳。如果捕集后二氧化碳被永久储存，那么它就是一种负排放技术。

膜分离：这种技术以具有高二氧化碳选择性的聚合物或无机装置（膜）为基础，可让二氧化碳通过，但起到阻隔气体流中其他气体的作用。这种技术在天然气处理中的应用正处于示范阶段。对于合成气和沼气，这种技术已投入商业使用，而对于烟道气，这种技术正在开发之中。

其他：目前正在测试的其他分离技术，如直接分离、脱水和压缩、阿拉姆（阿拉姆）循环和清洁能源系统(CES)循环，也是分析的一部分。技术就绪程度因燃料类型和应用行业而异。

主要竞争对手

全球	美洲	欧洲	亚太地区	中东及非洲地区
<ul style="list-style-type: none"> • Aker Carbon Capture • Air Products • Svante • Velocys • Air Liquide • Praxair Technology Inc. • Linde Group • Global Thermostat • Alstom • Baker Hughes • SLB • Worley • Fluor • Shell • ExxonMobil • Equinor • TotalEnergies • Technip Energies 	<ul style="list-style-type: none"> • Blue Planet Ltd • Carbicrete • CarbonCure Technologies Inc • Kiverdi Inc • LanzaTech • Twelve • Solidia Technologies • Carbon Engineering • 1PointFive • Empower Materials • Novomer • Battelle • Industrial Climate Solutions • TerraCOH • Carbon Upcycling Technologies • CO2Solutions • Clean Energy System 	<ul style="list-style-type: none"> • Airovation • Carbon Recycling International (CRI) • Econic Technologies Ltd. • SolarFoods • Carbon Clean • Silicon Microgravity • Carbon8 • Recoval • Carbfix • ClimeWork • Deep Branch Biotechnology • ENI 	<ul style="list-style-type: none"> • Mitsubishi Heavy Industry (MHI) • Carbon Infinity • Samsung Engineering • Mirreco • CNOOC • CNPC 	<ul style="list-style-type: none"> • ENI • Dodsal • ADNOC • Qatar Petroleum • Saudi Aramco

来源：Frost & Sullivan

增长指标

CCUS: 2022年全球主要增长指标



注: *收入超过500万美元。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源: Frost & Sullivan

CCUS：2023-2040年全球增长驱动因素

驱动因素	1-2年	3—4年	5-18年
符合《巴黎协定》的气候行动目标： 196个缔约方于2015年签署了具有法律约束力的气候目标承诺书，承诺减少排放，从而将全球气温升幅保持在1.5摄氏度以下。	高	高	高
CCUS是生产低碳氢气的重要技术： 到2030年，20%的氢气将来自配备CCUS的化石燃料，这些设备主要集中在拥有低成本运输和储存基础设施的地区。	中	高	高
CCUS在难以消减的行业中去碳化中的作用： 水泥、钢铁和化工等重工业的二氧化碳排放量约占全球总量的20%。CCUS是目前唯一经过验证的大规模消除此类高浓度排放的技术。	中	中	高
用于运输和储存二氧化碳的CCUS中心枢纽和产业集群： 枢纽集聚、压缩、脱水和运输来自大型工业产业集群的二氧化碳，从而实现规模经济，特别体现在压缩成本和管道运营与维护方面。	低	中	高
更快地部署负排放技术： 尽管CCUS能有效去除难以消减的工业中的二氧化碳，但残余排放必须通过负排放技术（如BECCS和DACCS）来补偿。	低	中	高
直接空气捕集与二氧化碳封存： 直接空气捕集与二氧化碳封存具有从大气中捕集29至36千兆吨二氧化碳的潜力，并可与在封存地点设置于同一处，从而降低运输成本。	低	中	高

来源：Frost & Sullivan

驱动因素分析

符合《巴黎协定》的气候行动目标

- 2015年12月12日，全球196个缔约方通过了一项具有法律约束力的气候变化国际条约，以确保全球气温升幅不超过20°C。《巴黎协定》被誉为气候变化进程中的重要里程碑，它首次促使世界各国共同应对气候变化，并推动世界各国在2050年前实现净零排放。
- CCUS已迅速成为去碳化的关键推动力，因此，在整个预测期内，《巴黎协定》将成为CCUS投资的重要驱动。

CCUS是生产低碳氢气的重要技术

- 氢被认为是电力的化学孪生兄弟，其具有使包括交通、重工业、电力和建筑在内的一系列行业脱碳的潜力。目前生产的氢气约98%来自天然气或煤炭，每年排放800兆吨二氧化碳。这类氢产品被称为灰氢。在蓝色氢气生产中使用CCUS将有助于降低一半成本。
- 预计到2050年，低排放氢气的年需求量将达到530百万吨/年（减排量为60亿吨），蓝色氢气可作为一种低成本/低碳选择。然而，只有使用近零排放工艺生产氢气，包括使用CCUS生产蓝色氢气，才能实现长期效益。

来源：Frost & Sullivan

驱动因素分析

CCUS在难以消减的行业中去碳化中的作用

- 要实现净零排放目标，必须针对所有能源密集型行业的排放，包括水泥、钢铁、肥料和化工等难以消减的行业。在占全球排放量20%的重工业中，化石燃料的替代品（如利用热能或工艺电气化产生的可再生能源）仍然非常昂贵。
- 在可预见的未来，CCUS将成为这些行业的关键脱碳技术，而难以消减的行业需求将成为强大的市场驱动力。例如，水泥生产涉及大量工艺排放，占全球总排放量的近8%，而水泥生产几乎没有替代方法，因此该行业具有实施CCUS的巨大潜力。
- 天然气加工过程中含有高达90%的二氧化碳，这些二氧化碳大部分被排放到大气中。通过在排放前捕获二氧化碳，然后将其储存在地下或用于提高石油采收率（EOR），可以避免这种排放。

用于运输和储存二氧化碳的CCUS中心枢纽和产业集群

- 通过降低捕集、运输和封存成本，可以提高CCUS的长期效益。这可以通过大规模压缩、脱水、管道输送和储存二氧化碳来实现，从而降低每吨二氧化碳的成本。
- CCUS中心枢纽有可能汇集、压缩、脱水和运输来自不同工业场所或产业集群的二氧化碳。除了管道的运营和维护成本外，还可以通过减少或分担电力消耗来降低压缩厂的资金成本。
- 中心枢纽可以在碳捕集设施和贮存地点之间起到中枢的作用，与每个地点的单个压缩厂相比，枢纽可以实现灵活的压缩操作和更大的周转率。建立CCUS中心枢纽的合作已经开始，并将成为整个预测期内的主要驱动力。

来源：Frost & Sullivan

驱动因素分析

更快地部署负排放技术

- 随着工业、能源和农业系统大气温室气体排放量的净增长，低排放技术，如核能、水电、碳捕获与封存、风能和太阳能，将不足以实现净零排放目标。
- 要实现净零排放目标，必须采用负排放技术，如BECCS和DAC。负排放技术是从大气中净清除二氧化碳。
- 生物燃料是通过加工生物质制造的，燃烧生物燃料产生的碳具有生物源性质，如果这些二氧化碳被捕获和储存，则被视为从大气中净减排。从长远来看，随着技术变得更加高效和经济，BECCS和DACCS的增长将推动市场收入的增长。

直接空气捕集与二氧化碳封存

- 从大气中捕集二氧化碳的直接空气捕获设施，从长远来看有可能捕集2,900万吨到3,000万吨的二氧化碳。
- DACCS是一种非常灵活的技术，具有很多优势：工厂可以与封存地点同处一地；可以部署在多风的地方，也可以与可再生能源一起使用。
- 然而，与烟道气相比，大气中的二氧化碳浓度非常低；因此，浓缩二氧化碳所需的能量非常高。围绕DACCS的创新将继续快速发展，但在预测期内的市场仍将有限。

来源：Frost & Sullivan

制约因素

CCUS：2023-2040年全球增长制约因素

制约因素	1-2年	3-4年	5-18年
二氧化碳长期封存责任： 二氧化碳封存长期影响的不确定性会带来市场风险。在没有政府支持的情况下，封存后监测和二氧化碳泄漏的责任会让潜在的项目开发商和投资者望而却步。	高	高	高
资本投资和成本的不确定性： CCUS项目资本投资高，成本高，项目延误影响大，因此风险大。	高	中	中
技术、商业和社会就绪程度低： CCUS市场充满变化，仍处于发展阶段。技术变革是不可避免的，这就凸显了成熟度、性能、工厂集成和工厂安全运行的重要性。	高	中	低
缺乏政策和法规： 政府需要强有力地执行政策和法规。如果不及时制定与许可程序、技术和环境审批、二氧化碳跨境转移和责任问题有关的框架，就会阻碍投资。	高	中	低
二氧化碳价值不足导致收入风险： 为有效实现《巴黎协定》，假设2020年的二氧化碳成本为每吨40至80美元，2030年为每吨50至100美元。大规模部署CCUS将需要政策的变化，以及捕集后二氧化碳的有效销售价格。	高	中	低
相互依存或跨链风险： CCUS价值链的所有方面都是密切相互依存的。价值链中任何一个环节的发展失败都可能导致CCUS项目被更大范围地推迟完成，从而影响净零目标的实现。	高	低	低

来源：Frost & Sullivan

制约因素分析

长期的二氧化碳封存责任

- 二氧化碳储存地的泄漏风险非常小，但并非零。如果没有任何规定和限制，封存运营商将对未来的任何泄漏负责。
- 由于这种无限和永久的责任，私营部门的投资者将面临长期的财务风险，这可能成为一些项目投资者的主要障碍。
- 在政府的支持和强有力的政策框架下，这种风险可以降低，从而帮助私人参与者获得投资信心。不过，在本研究报告所评估的整个期间内，这种风险仍将是一种制约因素。

资本投资和成本的不确定性

- 大型CCUS项目是资本密集型项目，需要数百万美元，有时甚至数十亿美元的投资。尽管该项目具有很高的增长潜力，但由于仍处于早期发展阶段，投资回报并不确定。
- 尽管政府资金正在帮助支持一些小规模的CCUS项目，但通过政府直接拨款注入大量资金，对于吸引私人投资者和支持他们的股权投资至关重要。
- 世界上大部分流动资金来自私营部门公司，但由于对项目发展和投资回报相关风险的了解有限，吸引银行和金融机构投资CCUS项目依然存在挑战。

来源：Frost & Sullivan

制约因素分析

技术、商业和社会就绪程度低

- 目前，大多数CCUS技术已达到技术就绪水平（TRL）9，这意味着它们在操作上已做好部署准备，但政策制定者在将CCUS纳入其国家气候行动计划方面却相对滞后。
- 尽管大多数项目都是由政府资助的，但是在许多情况下，政策和监管框架仍不利于CCUS技术的全面商业化。虽然许多CCUS技术已经做好了商业化的准备，但由于公众意识的缺乏，这些项目的社会准备水平（SRL）滞后，从而延误了实施，增加了成本。

政策法规有待完善

- CCUS项目的快速部署取决于政府的逐步支持以及新的公共和私人投资框架的搭建。成功实施政策的关键在于设计一个能够激励私营部门并促进其投资CCUS项目的框架。
- 虽然政策框架由政策制定者自行决定，但为应对投资挑战，需要采取多种措施，如直接资本赠款、税收减免、碳定价机制、运营补贴、监管要求以及从配备CCUS的工厂采购低碳产品。大规模部署CCUS需要针对CCUS的具体应用采取有针对性的措施，包括资本补助和运营补贴。随着这些措施的落实，这种市场限制将逐渐减少。

来源：Frost & Sullivan

制约因素分析

二氧化碳价值不足导致收入风险

- 尽管将捕集后二氧化碳用于提高油气开采效率已经产生了一些收入，但要进行更大规模的部署，还需要制定能够提高二氧化碳经济价值的政策。
- 在目前的大多数情况下，捕集、运输和封存二氧化碳的成本高于其价值。据估计，到2020年，有效减少碳排放所需的碳价格为每吨40到80美元，到2030年为每吨50到100美元。

相互依存或跨链风险

- 相互依存会给资本投资以及项目的长期可持续性带来固有风险。大多数CCUS项目都依赖于单一的来源、汇和管道。即使一个来源关闭，整个管道和相关的储存运营商也可能面临财务危机。
- 从长远来看，随着更多枢纽和CCUS产业集群的开发，与相互依存相关的风险可能会降低。

预测假设

- 市场预测是基于综合利用二手信息资料以及与全球主要市场参与者的讨论进行的。
- 二手来源包括国际和国内CCUS资产数据库、在建CCUS市场数据、出版物、公共和私人投资的政府文件、内部数据库、各种市场趋势和分析研究、行业协会和研究机构的出版物和分析、新项目和项目状态公告、利益相关者的见解、观点和战略以及思想领袖简报。

预测估算中使用的主要假设如下：

- 我们考虑了目前处于不同开发阶段的在建项目以及特定终端用户行业可能增加的项目。
- 我们还考虑到了政府拨款和私营部门投资的增加，这对CCUS项目的增长非常重要。
- 政策和法规是CCUS市场增长不可分割的一部分，并将拉动对新技术的需求。
- 不同终端用户行业的碳捕集成本各不相同，因此在估算总的可用市场机会时，考虑了每个垂直行业的不同范围。
- 我们考虑了全球气候协议（如《巴黎协议》）的影响，因为它拉动了对低碳解决方案的需求。
- 此外，我们还考虑了贸易战和政治不稳定的影响，因为它们会影响供应链以及人员和货物的自由流动，从而对经济产生负面影响。

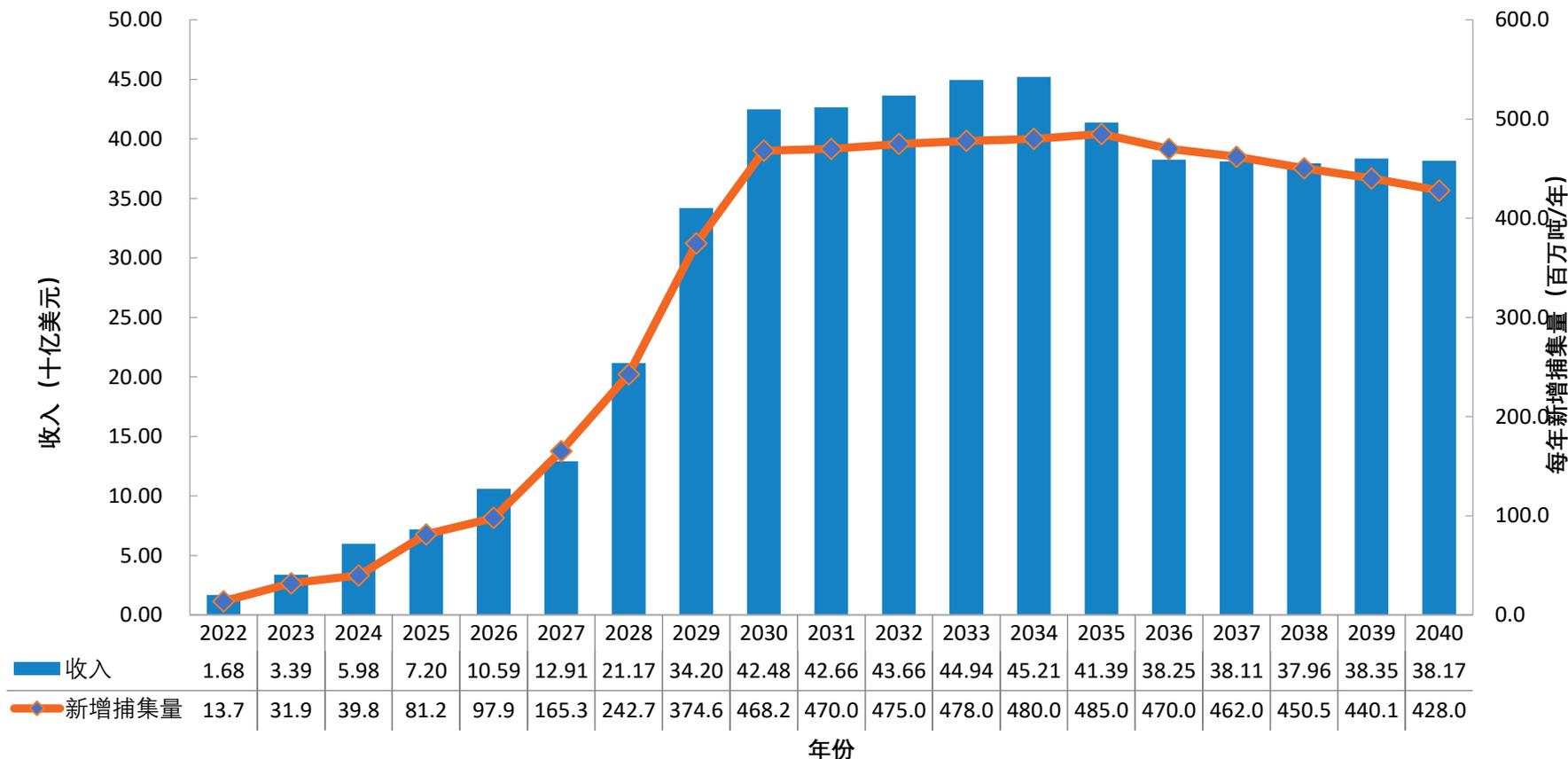
来源：Frost & Sullivan

收入与每年新增捕集量预测

CCUS: 2022-2040年全球收入和每年新增捕集量预测

2022-2040年收入年复合增长率 = 18.9%

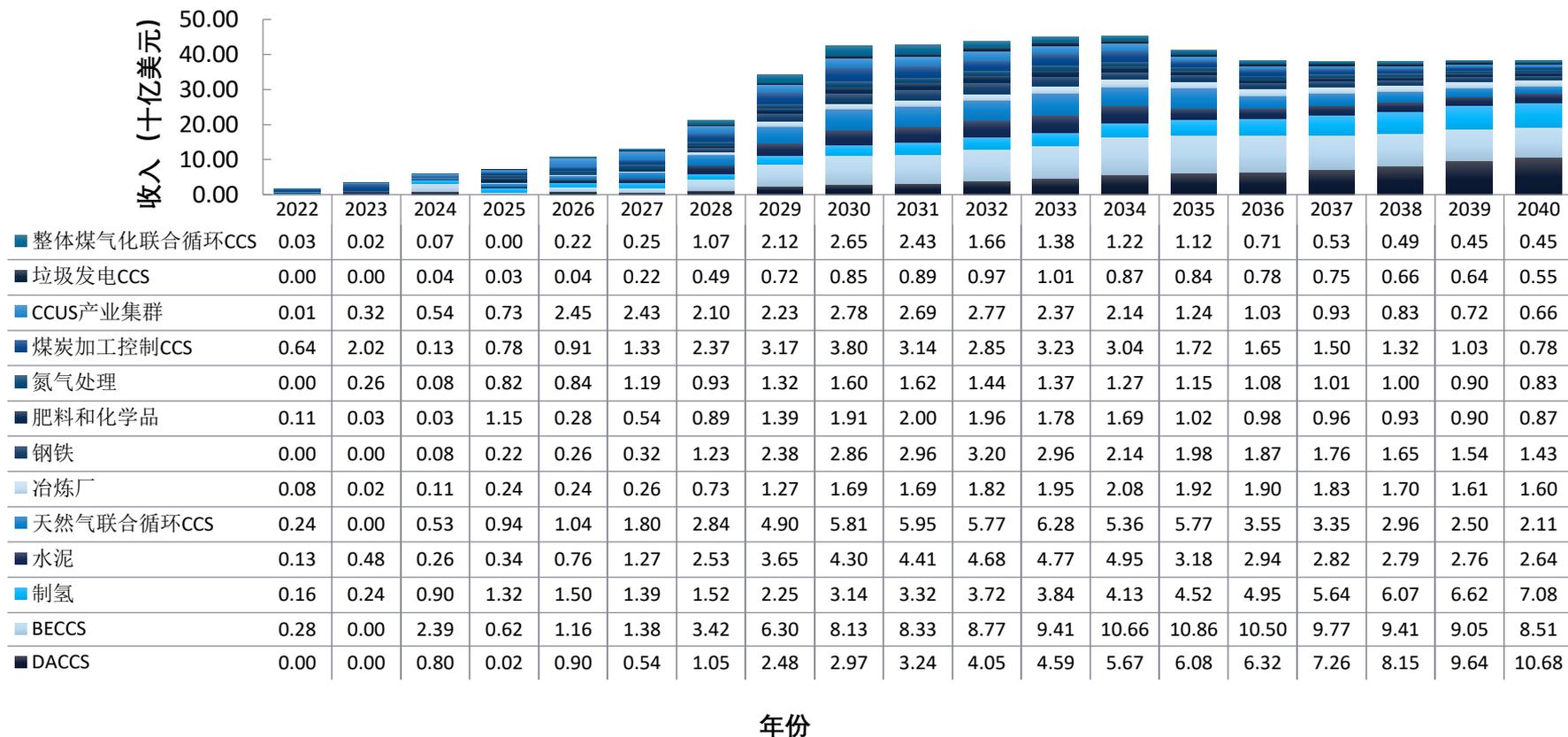
2022-2040年新增捕集量年复合增长率 = 21.1%



注: 所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源: Frost & Sullivan

收入预测—按终端用户行业

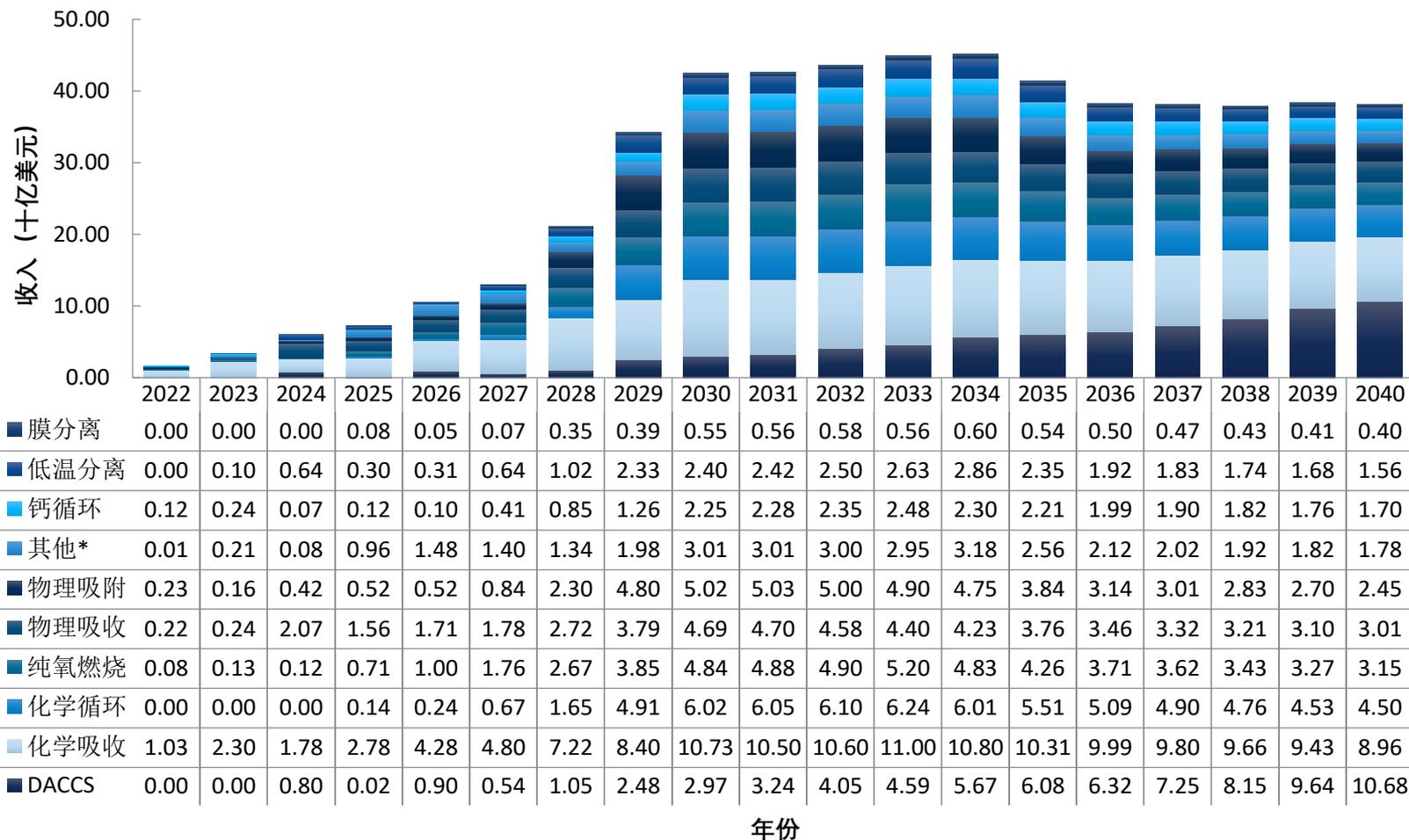
CCUS: 2022-2040年全球终端用户行业收入预测



注：2023年天然气联合循环CCS的价值非常小，仅为0.02亿美元。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按主要分离技术

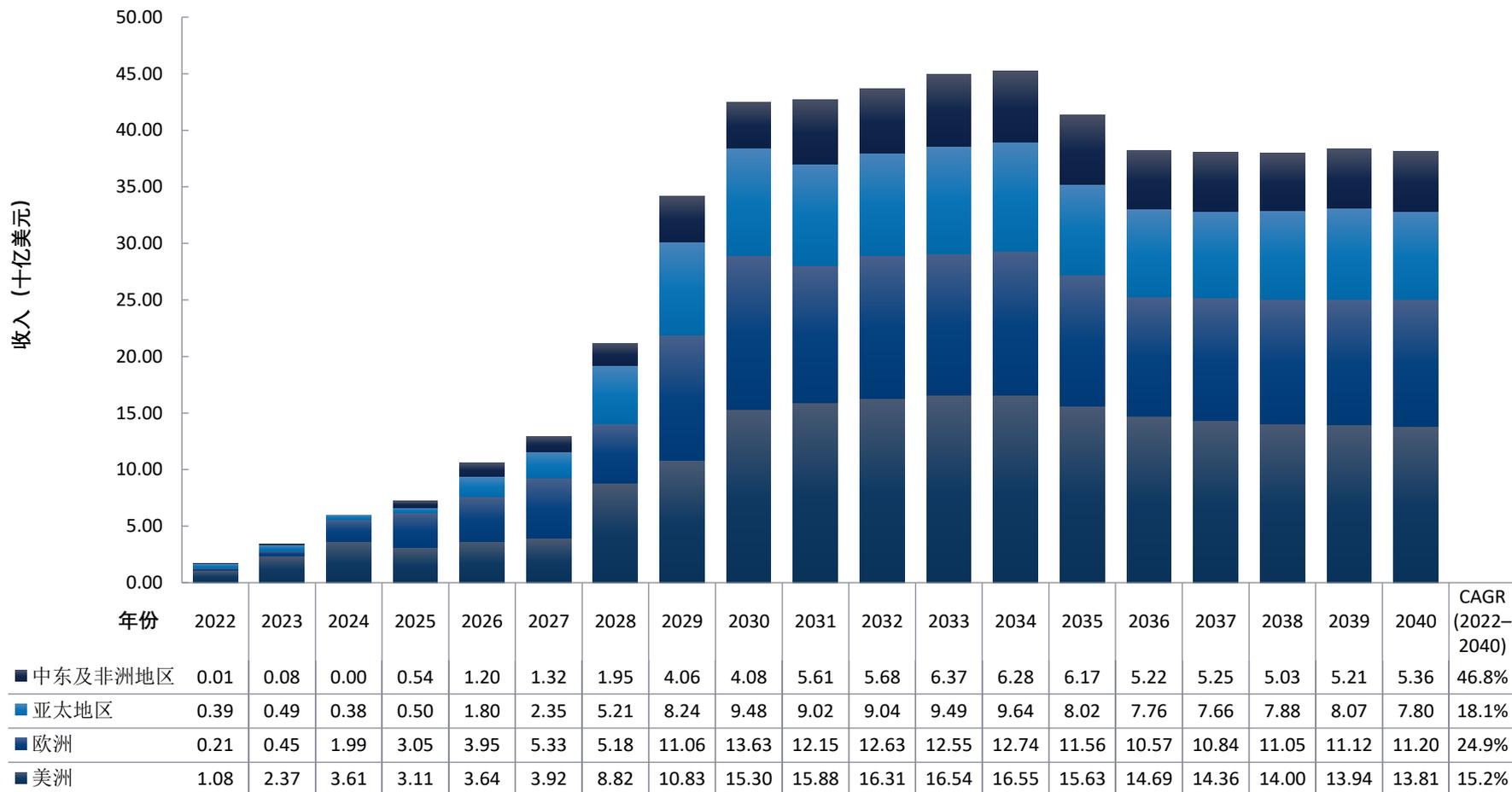
CCUS: 2022-2040年全球主要分离技术收入预测



注：*其他包括脱水 and 压缩、直接分离、阿拉姆循环、SkyMine工艺、间接煤液化。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按地区

CCUS: 2022-2040年全球各地区收入预测

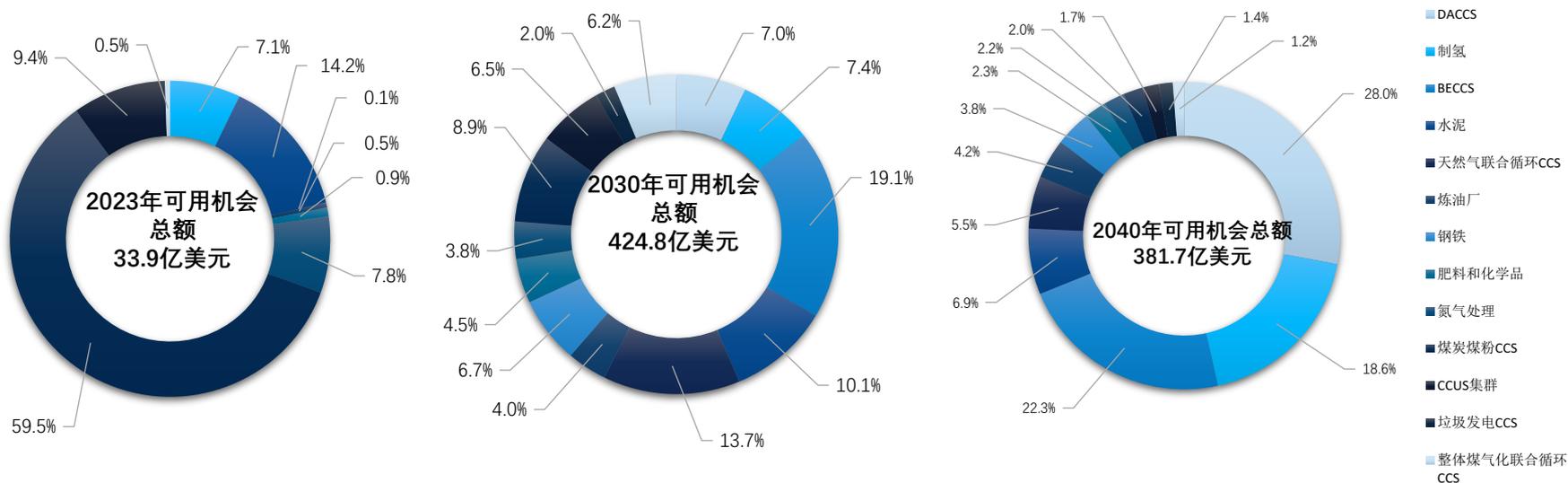


注：MEA：中东及非洲地区。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测分析

- 预计2022年至2040年期间，市场将以18.9%的年复合增长率迅猛增长。在2034年达到碳捕集收入峰值452.1亿美元之后，到2040年市场将出现下滑并趋于平稳，这主要是由于捕集成本较低和可用新增捕集量较少。
- 2023年，碳捕集市场预计将产生33.9亿美元的收入，到2030年这一数字可能达到424.8亿美元，到2040年可能达到381.7亿美元。增长主要来自美洲的美国和欧洲的英国、挪威、荷兰和爱尔兰。
- 2021年至2025年期间，随着现有项目的发展，市场预计将适度增长。2025年后，由于私人参与者的积极情绪将继续促进投资，预计市场将呈指数级增长。
- 促进该市场增长的一些主要终端用户行业包括电力、水泥、钢铁、化工、石油和天然气、生物燃料、制氢、DACCS和垃圾发电。

CCUS：2023年、2030年和2040年全球终端用户行业收入百分比预测



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测分析—按终端用户行业

电力行业¹

- 发电量占全球二氧化碳排放量的三分之一，由于电力需求预计将大幅增加，快速脱碳对实现净零排放至关重要。
- 碳捕获在电力行业的份额预计将从2022年的9.1亿美元增至2040年的33.4亿美元，年复合增长率为7.5%。
- 碳捕获的收入将在2030年达到峰值，为122.6亿美元，从2031年到2040年开始下降，到2040年将达到33.4亿美元，这主要是美国和欧洲许多燃煤电厂关闭的缘故。

制氢

- 虽然氢气目前的用途有限，但具有成本效益、低排放的蓝色氢气潜力巨大。
- 预计到2050年，蓝色氢气的年需求量将达到5.3亿吨，可减少高达60亿吨的二氧化碳排放量。
- 氢气生产中的碳捕集市场收入预计将从2022年的1.6亿美元增至2040年的70.8亿美元，年复合增长率为23.4%；美国、欧洲和亚太地区的增长潜力可期。

重工业²

- 重工业每年排放80亿吨二氧化碳，其中水泥、钢铁和化工行业占70%。
- 重工业碳捕集预计将从2022年的2.4亿美元增长到2040年的49.4亿美元，年复合增长率为18.2%。到2032年，市场规模将达到90.7亿美元的峰值，并从2033年到2040年开始下降，这主要是由于捕集成本下降和可用于增加碳捕集能力的工厂减少。
- 仅水泥行业的碳捕集预计将从2022年的1.3亿美元增长到2030年的43亿美元，年复合增长率为36.8%。

BECCS

- 尽管低排放技术有助于减少温室气体排放，但工业、电力和农业系统对能源的持续需求将拉动对负排放技术的需求，以此实现气候目标。
- BECCS通过燃烧生物质生产的生物燃料来捕获生物源二氧化碳。如果这些生物源二氧化碳被捕获和储存，则被视为净负排放。
- BECCS的碳捕集市场预计将从2022年的2.8亿美元增至2040年的85.1亿美元，年复合增长率为20.9%。

注：¹电力行业包括煤炭煤粉CCS、天然气联合循环CCS和整体煤气化联合循环CCS；²重工业包括水泥、钢铁、肥料和化工。

来源：Frost & Sullivan

收入预测分析—按终端用户行业

石油和天然气

- 石油和天然气行业的业务活动占全球二氧化碳排放量的9%。这些排放主要来自开采和钻探、燃烧、逃逸性排放、原油运输、冶炼厂热能和电力以及氢气生产。
- 通过对现有工厂进行碳捕集技术改造，估计可减少33%的排放量。
- 石油和天然气行业的碳捕集市场预计将从2022年的8230万美元增至2040年的24.3亿美元，年复合增长率为20.7%。

垃圾发电CCS

- 如今，70%的垃圾被填埋或倾倒，这两种方式都会释放大量污染物。预计到2050年，全球垃圾量将达到34亿吨。
- 处理这些排放物的唯一解决方案是通过部署垃圾发电厂将其转化为能源。
- 根据生物源和非生物源废物的比例，利用CCUS对废物回收厂进行改造，可使其成为零排放或负排放者。
- 垃圾发电的碳捕集市场预计将适度增长，从2024年的0.4亿美元增至2030年的8.5亿美元，到2040年将达到5.5亿美元。

注：石油和天然气工业包括冶炼厂和天然气加工厂。

CCUS产业集群

- 通过将工业中心与共享的二氧化碳运输和储存基础设施结合起来，产业集群和中心将在加速和部署CCUS项目方面发挥关键作用。
- 虽然这些项目的初始成本可能较高，但从长远来看，市场参与者将能够通过实现规模经济降低成本。
- 碳捕集在CCUS产业集群中的市场份额预计将从2023年的3.2亿美元增至2030年的27.8亿美元，然后到2040年降至6.6亿美元。

DACCS

- 与BECCS不同，DACCS工厂直接从大气中提取二氧化碳。从大气中捕获二氧化碳非常困难，因为这种二氧化碳非常稀薄，需要高能量才能将其浓缩。
- 目前，全球有几个项目正在试验阶段。其中一个项目是由碳工程公司开发的，预计每吨二氧化碳的捕获成本为150美元。
- 美国的《通货膨胀削减法》极大地推动了DACCS市场的发展。预计DACCS市场将以17.6%的年复合增长率从2024年的8亿美元急剧增长到2040年的106.8亿美元。

来源：Frost & Sullivan

收入预测分析—按地区

美洲

- 美洲市场将主要由美国、加拿大和巴西驱动。预计该市场将从2022年的10.8亿美元增长到2040年的138.1亿美元，年复合增长率为15.2%。
- 美国能源部是推动CCUS项目发展的另一动力。能源部已拨出约2.7亿美元用于与碳捕集相关的FEED研究。
- 买家对二氧化碳排放量低的制成品和燃料的需求，推动难以消减的行业加快启动CCUS项目的步伐。
- 根据新的《通货膨胀削减法》45Q 税收抵免法案，所有新项目都将获得奖励，基准金额为每储存1吨二氧化碳奖励17美元，每使用1吨二氧化碳用于提升采集率奖励17美元。此外，还有5倍的奖励额度（封存：85美元，提升采集率：60美元）。

欧洲

- 欧洲目前有14个商业CCUS设施运行中。这些项目主要位于挪威、英国、爱尔兰和荷兰。碳捕集市场预计将从2022年的2.1亿美元增长到2040年的112亿美元，年复合增长率为24.9%。
- 《欧洲绿色协定》和气候法为欧盟执行更多政策铺平了道路，通过将政治承诺转化为净零气候中和，支持CCUS项目。
- 现在，欧盟允许跨境运输二氧化碳，北极光和净零提赛德等用于运输和储存的产业集群项目将成为脱碳战略不可分割的一部分。
- 预计到2030年，将有10多个围绕水泥制造、废物变能源、带二氧化碳捕获和储存系统的生物能源、CCUS产业集群、燃气发电厂和氢气生产的项目开始运营。

水泥



垃圾发电



乙醇设备



燃煤发电



燃气发电



化学制品



水泥



垃圾发电



生物能源



CCUS产业集群



制氢



燃气发电



来源：Frost & Sullivan

收入预测分析—按地区

亚太地区

- 亚太市场将主要由印度、中国、澳大利亚和日本驱动。预计该市场将从2022年的3.9亿美元增长到2040年的78亿美元，年复合增长率为18.1%。
- 虽然亚太地区增长缓慢，但正在开发的几个新商业试点项目将确保更高的新增捕集量。
- 该地区在天然气加工、肥料、制氢、垃圾发电、钢铁、煤化工和水泥制造等领域有多个试点项目。
- 东南亚的印度尼西亚、新加坡、马来西亚、泰国、越南和文莱是CCUS项目的新兴市场，在不久的将来有可能成为中心。



水泥

垃圾发电



煤化工



制氢



氮气处理



钢铁



肥料



DACCS

中东及非洲地区

- 海湾合作委员会国家—沙特阿拉伯、科威特、阿联酋、卡塔尔、巴林和阿曼正在成为CCUS中长期市场前景的重要候选国。
- 该地区的CCUS市场预计将从2022年的0.1亿美元增长到2040年的53.6亿美元，年复合增长率为46.8%。促进这一增长的行业包括天然气加工、钢铁、燃气发电厂、DACCS和制氢。
- CCUS是海湾合作委员会国家通过可再生能源替代石油和煤炭以及提高能源效率来应对气候变化计划的核心。



氮气处理



钢铁



燃气发电



制氢

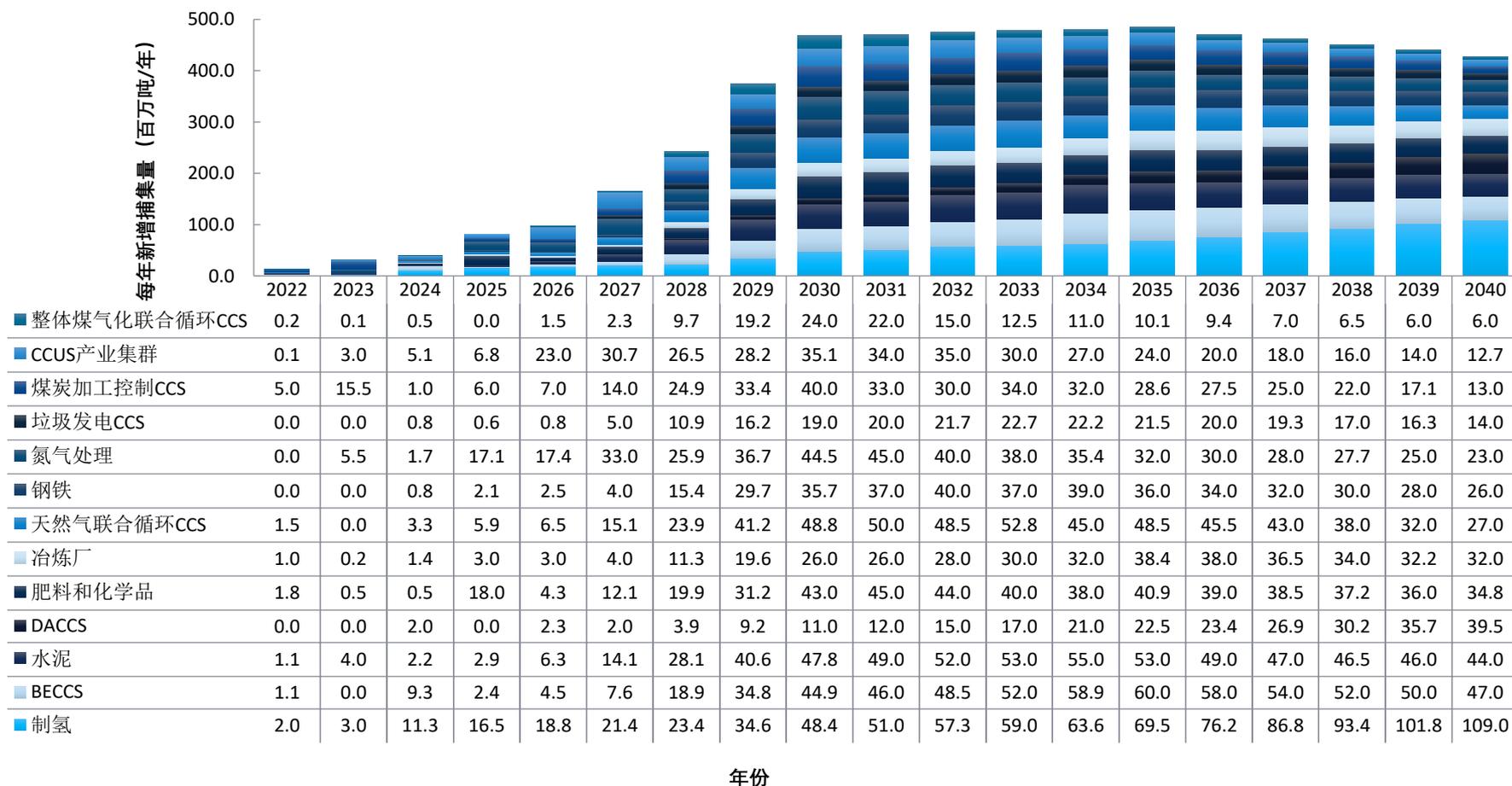


DACCS

来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按终端用户行业

CCUS: 2022-2040年全球终端用户行业每年新增捕集量预测



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测分析—按终端用户行业

电力行业

- 全球燃煤发电厂的发电能力为2,000兆瓦，预计到2030年将新增发电能力500千兆瓦。
- 鉴于天然气发电厂可运行19年，而燃煤发电厂可运行12年，因此部分燃煤发电厂将退役。由于这些电厂大多还有几十年的经济寿命，如果不进行CCS改造，它们将继续排放二氧化碳。
- 电力行业的年碳捕集能力预计将从2023年的15.6百万吨/年增加到2030年的112.8百万吨/年，然后到2040年降至46百万吨/年。

制氢

- 约8亿吨二氧化碳与几乎全部由天然气（76%）和煤炭（23%）生产的7,500万吨氢气有关。
- 在大多数地区，与使用可再生能源电解水制氢相比，配备碳捕集与封存系统的制氢是一种低成本的新增工厂途径。
- 氢气行业的年碳捕集能力预计将从2023年的3百万吨/年增加到2040年的109百万吨/年。

重工业

- 为了遵守《巴黎协定》，到2060年，工业排放量应减少到47亿吨。
- 估计有19亿吨二氧化碳排放是生产过程中化学反应的副产品，只有使用CCUS才能减少这些排放。
- 此外，水泥生产等一些工业流程没有替代的生产路径。减少水泥厂排放的唯一办法就是采用碳捕集技术。
- 重工业的年碳捕集能力预计将从2022年的2.9百万吨/年增加到2032年的136百万吨/年，然后到2040年降至104.8百万吨/年。

BECCS

- BECCS在商业上的可行性已得到大规模验证；这使得BECCS成为最成熟的负排放技术。
- 利用BECCS生产生物乙醇是一个极好的低成本机会，因为发酵过程中产生的高纯度二氧化碳在储存前只需脱水和压缩。
- 生物能源的年碳捕集能力预计将从2022年的1.1百万吨/年增加到2040年的47百万吨/年。

来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测分析—按终端用户行业

石油和天然气

- 尽管由于其固有的复杂性，很难在石油和天然气行业大规模实施CCUS，但人们正在采取措施，以具有成本效益的方式捕获二氧化碳。
- 石油和天然气行业的二氧化碳排放量占全球排放量的3.6%，主要包括肥料、药品、制冷剂、石油和天然气开采过程中的排放量。
- 预计石油和天然气行业的年碳捕集能力将从2023年的5.7百万吨/年增加到2040年的55百万吨/年。

垃圾发电

- 全世界有2,340多家垃圾发电厂在运营，另有2,700家发电厂（捕集量为530百万吨）将于2027年开始运营。
- 每1,000吨城市固体废弃物就会产生405吨非生物源二氧化碳，而且这一数字还在稳步增长。
- 要使垃圾发电厂成为二氧化碳的净负排放者，就必须配备CCS，以捕集超出非生物源部分的二氧化碳。
- 垃圾发电的年碳捕集能力预计将从2024年的0.8百万吨/年增加到2033年的22.7百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的14百万吨/年。

CCUS产业集群

- 产业集群和枢纽就像一个纽带，将各产业集群与运输和储存基础设施连接在一起，从而降低财务和运营风险。
- CCUS产业集群市场正处于早期发展阶段，一些项目将在2023年前开始运营。
- CCUS产业集群的年碳捕集能力预计将从2022年的0.1百万吨/年增加到2030年的35.1百万吨/年，到2040年将逐渐下降到12.7百万吨/年，因为届时已经开发出足够多的枢纽。

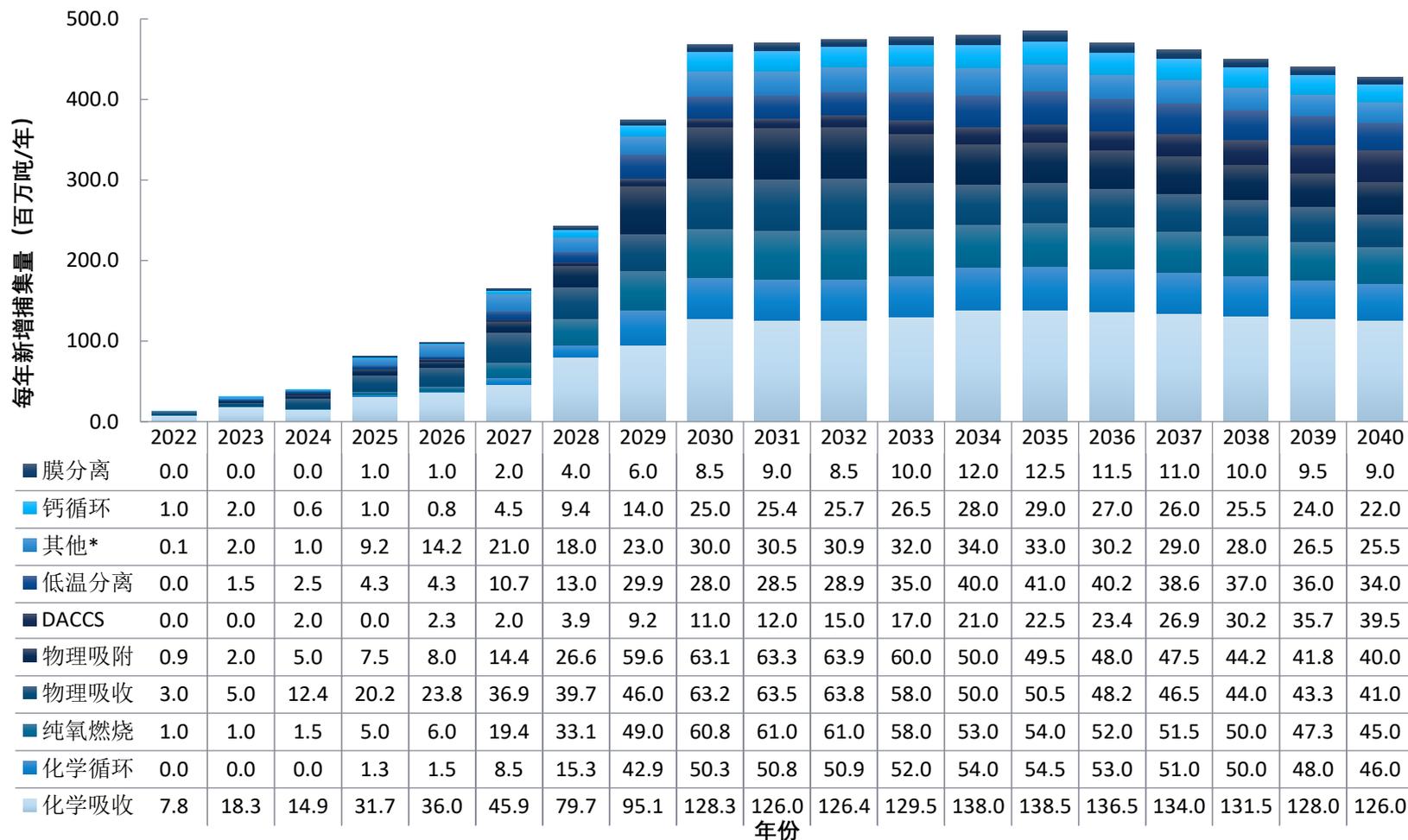
DACCS

- 与BECCS不同，DACCS工厂直接从大气中提取二氧化碳，有可能提取29至36千兆吨二氧化碳。
- 与其他低碳技术相比，DACCS还处于非常初级的发展阶段，捕集成本非常高，每吨二氧化碳在140美元到400美元之间。
- 预计到2040年，DACCS的年碳捕集能力将达到39.5百万吨/年，显示出较高的增长率。
- 根据美国IRA的规定，DAC的基准奖励为每储存1吨二氧化碳36美元，用于提升采集率的二氧化碳每吨26美元。此外，还有5倍的奖励额度（用于封存的奖励额度为180美元，用于提升采集率的奖励额度为130美元）。

来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按主要分离技术

CCUS: 2022–2040年全球主要分离技术每年新增捕集量预测



注: *其他包括脱水和压缩、直接分离、阿拉姆循环、SkyMine工艺、间接煤液化。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源: Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测分析—按主要分离技术

化学吸收TRL：9—11

- 化学吸收是一种先进的分离技术，使用胺类溶剂将二氧化碳从烟气中分离出来。这种双柱技术使用一个柱子吸收二氧化碳，另一个柱子释放二氧化碳；化学溶剂在下一个流程中重复使用。
- 广泛应用于发电（加拿大边界大坝项目）、燃料转化（加拿大Quest）和工业生产（如美国EnidFertilizer、沙特阿拉伯Uthmaniyah CO₂-EOR 示范项目）的小型 and 大型项目中。
- 使用化学吸收法的碳捕集能力预计将从2023年的18.3百万吨/年增加到2035年的138.5百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的126百万吨/年。

物理吸附TRL：5—8

- 物理吸附利用的是固体表面，如活性炭、氧化铝、金属氧化物或沸石。使用TSA1和PSA2或VSA3捕获二氧化碳。
- 使用物理吸附的碳捕集能力预计将从2023年的2百万吨/年增加到2030年的63.9百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的40吨/年。

物理吸收TRL：7—10

- 物理吸收法使用液体溶剂（主要是Selexol或Rectisol）将二氧化碳从工艺气体中分离出来。这种技术目前用于天然气加工、乙醇、甲醇和氢气生产。
- 其中一些关键项目包括：德克萨斯州的世纪工厂、怀俄明州的Lost Cabin天然气厂、空气产品公司在德克萨斯州制氢设施中的碳捕集项目、液化空气公司在怀俄明州舒特溪天然气加工厂的低温分离项目。
- 使用物理吸收技术的碳捕集能力预计将从2023年的5百万吨/年增加到2032年的63.8百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的41百万吨/年。

纯氧燃烧TRL4：5—7

- 纯氧燃烧是指使用近乎纯净的氧气燃烧燃料，然后捕获排放的二氧化碳。烟气中只含有二氧化碳和水蒸气，通过脱水可以很容易地去除，从而获得高纯度的二氧化碳流。
- 氧气是通过低温空气分离产生的，这种方法需要消耗大量能源。降低能耗是减少捕获成本的关键因素。
- 目前正在测试一些先进的概念，如氧燃料燃气轮机和加压氧燃料二氧化碳捕集，两者都使用更高效的材料。
- 使用全氧燃烧的碳捕集能力预计将从2023年的1百万吨/年增加到2031年的61百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的45百万吨/年。

注：1温度摆动吸附 (TSA)；2压力摆动吸附 (PSA)；3真空摆动吸附 (VSA)；4技术就绪程度 (TRL)。

来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测分析—按主要分离技术

钙循环TRL：5—6

- 钙循环是指使用两个反应器在高温下捕获二氧化碳。在第一个反应器中，石灰作为固体吸附剂从烟气中捕捉二氧化碳，形成碳酸钙。碳酸钙被转移到第二个反应器中，以再生石灰和纯二氧化碳流。再生石灰被循环回第一反应器。
- 使用钙循环的碳捕集能力预计将从2023年的2百万吨/年增加到2035年的29百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的22百万吨/年。
- 目前正在钢铁和水泥行业测试两个使用钙循环技术的项目。

低温分离TRL：5—8

- 低温分离：在这种技术中，酸性气体被冷却到非常低的温度，这样二氧化碳就可以液化并分离出来。这种技术需要大量电力来操作制冷装置。
- 这种技术需要大量电力来操作制冷装置。它还需要对原料气体进行预处理和脱水，以去除任何可能导致水合物形成的杂质。
- 使用低温分离技术的碳捕集能力预计将从2023年的1.5百万吨/年增加到2035年的41百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的34百万吨/年。

化学循环TRL：4—6

- 化学循环使用两个反应器，在第一个反应器中，小颗粒金属与空气中的氧气结合形成金属氧化物。金属氧化物被转移到第二个反应器中，在那里产生浓缩的二氧化碳，使还原形式的金属再生。
- 目前，这项技术正处于从早期原型到规模化完整原型的阶段。全世界有35个试点项目正在进行测试。
- 使用化学循环的碳捕集能力预计将从2025年的1.3百万吨/年增加到2035年的54.5百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的46百万吨/年。

DACCS TRL：7—10

- 与BECCS不同，DACCS工厂直接从大气中提取二氧化碳，有可能提取29至36千兆吨二氧化碳。
- 与其他低碳技术相比，DACCS还处于非常初级的发展阶段，捕集成本非常高，每吨二氧化碳在140美元到400美元之间。
- 预计到2040年，DACCS的年碳捕集能力将达到39.5百万吨/年，显示出较高的增长率。
- 根据美国IRA的规定，DAC的基准奖励为每储存1吨二氧化碳36美元，用于提升采集率的二氧化碳每吨26美元。此外，还有5倍的奖励额度（用于封存的奖励额度为180美元，用于提升采集率的奖励额度为130美元）。

注：TRL指技术就绪水平。

来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测分析—按主要分离技术

膜分离TRL：6—7

- 这种技术以具有高二氧化碳选择性的聚合物或无机装置（膜）为基础，可让二氧化碳通过，但起到阻隔气体流中其他气体的作用。这种技术在天然气处理中的应用正处于示范阶段。对于合成气和沼气，这种技术已投入商业使用，而对于烟道气，这种技术正在开发之中。
- 目前，用于烟道气处理的膜还处于试验阶段，而用于从合成气和生物气中去除二氧化碳的膜已经投入商业使用。
- 使用膜分离技术的碳捕集能力预计将从2025年的1百万吨/年增加到2035年的12.5百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的9百万吨/年。

其他TRL：7—10

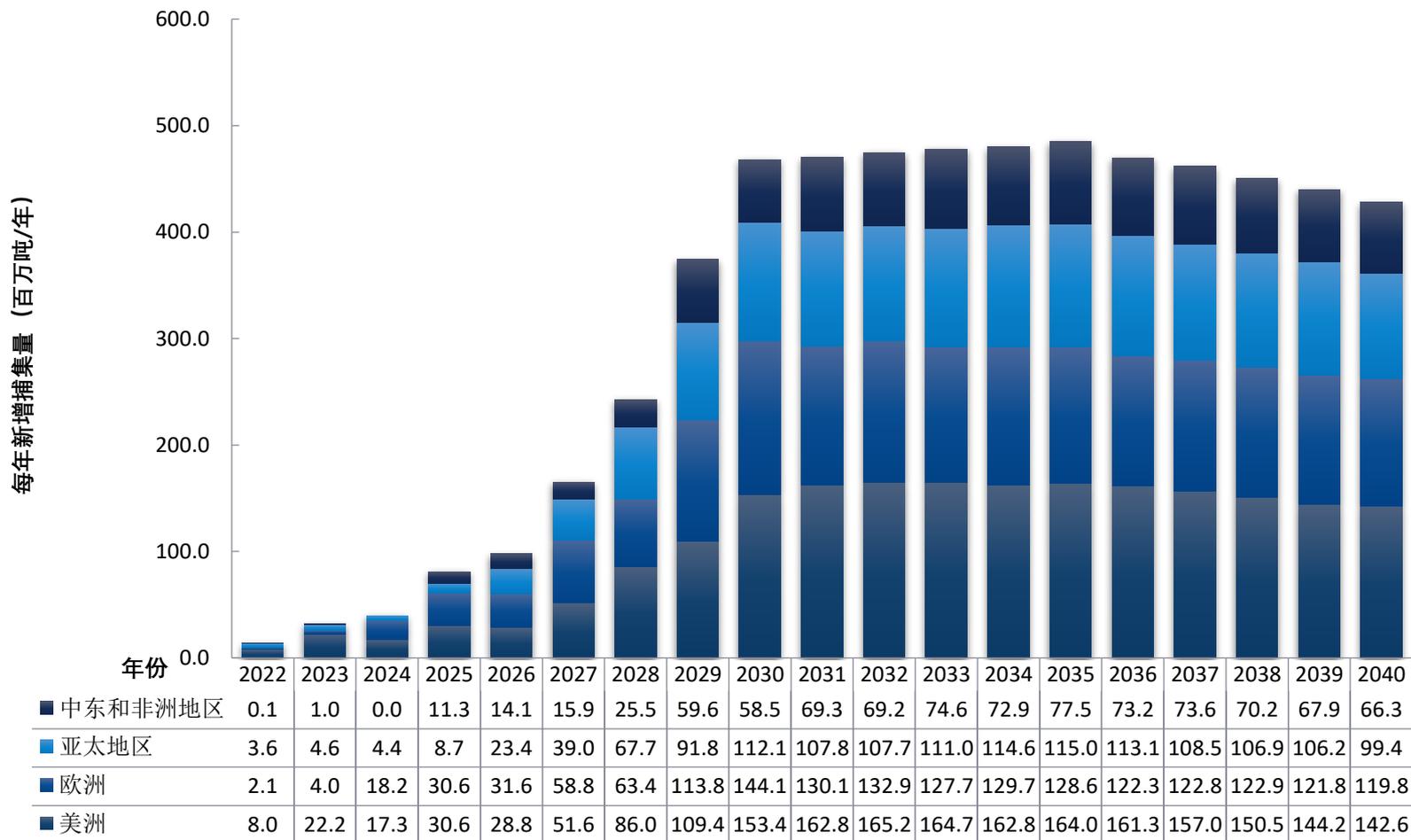
- 其他技术包括脱水和压缩、直接分离、阿拉姆循环、SkyMine工艺、间接煤液化。
- 这些技术或处于开发阶段，或根据行业类型在很小的范围内实施。
- 使用其他技术的碳捕集能力预计将从2023年的2百万吨/年增加到2034年的34百万吨/年，然后逐渐下降到2040年的25.5百万吨/年。

注：TRL指技术就绪水平。

来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按地区

CCUS：2022-2040年全球各地区每年新增捕集量预测



注：MEA：中东及非洲地区。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

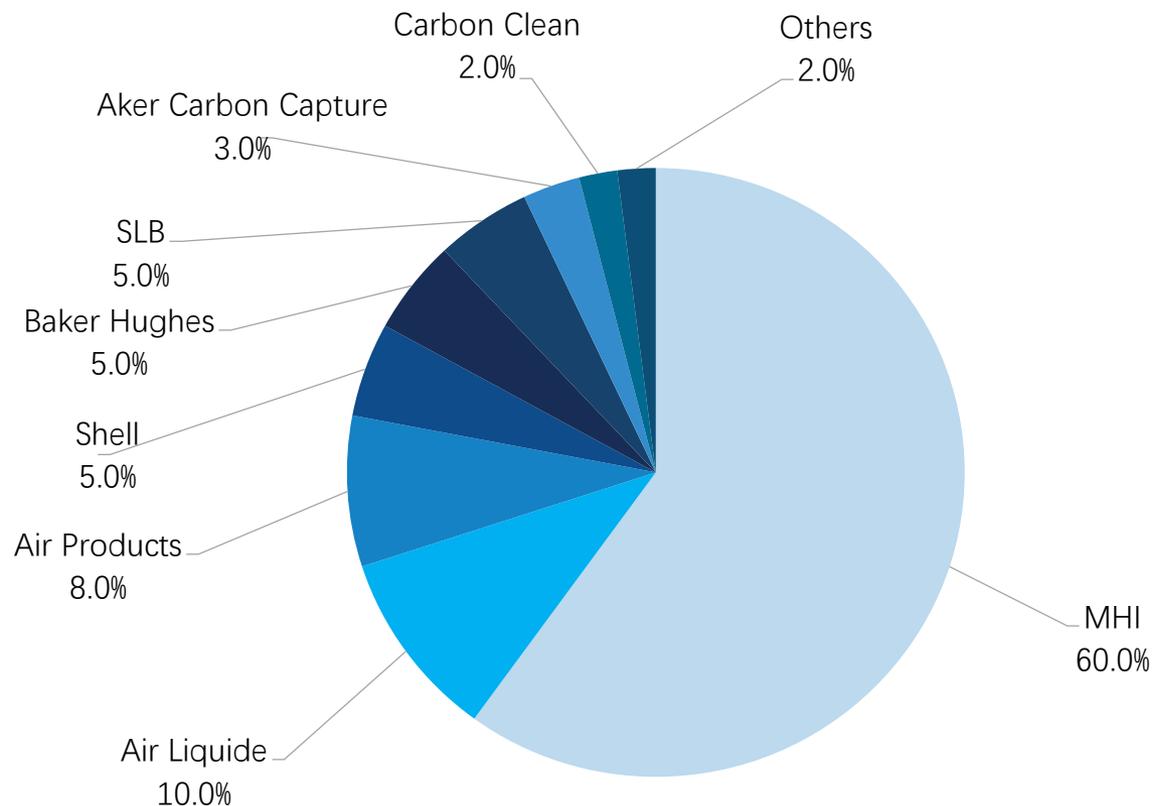
竞争环境

竞争者数量	>80, 收入超过500万美元
竞争因素	成本、技术、可靠性、承包商关系、客户关系
主要终端用户行业	电力、水泥、钢铁、肥料和化工、石油和天然气、制氢、生物能源、垃圾发电
主要竞争对手	Aker Carbon Capture、Air Products、Shell、Carbon Clean、Mitsubishi Heavy Industries、Baker Hughes、Air Liquide、SLB
2022年五大竞争对手的市场份额	88%
其他知名竞争对手	Global Thermostat、Carbon Engineering、Carbon Cure Technologies、Blue Planet Systems、Solidia Technologies、HoneywellUOP
分销结构	EPCM、CCUS即服务、技术提供商、EPC
知名收购与合并	贝克休斯于2022年收购了工业气候解决方案公司

来源: Frost & Sullivan

CCUS：2022年全球主要参与者的市场份额

2022年收入 = 16.8亿美元



注：其他参与者名单见附录。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

市场份额分析

- CCUS正在成为一个高速增长的市场，但在项目开发方面仍然非常复杂。该市场既有成熟的参与者，也有拥有创新技术的新兴公司。
- 市场的上层比较集中，只有少数几家大型的全球知名供应商。然而，市场高度分散，大大小小的参与者超过60家。大型参与者拥有强大的传统和成熟的客户群，而新兴参与者则拥有创新的商业模式和新技术。
- CCUS行业包括四大类：占市场55%的大型企业集团、占25%的中型企业、占15%的新兴企业以及占其余5%的初创企业。
- 大型企业集团是纵向一体化的全球性公司，拥有强大的工程技术和雄厚的营运资金。2021年，这类公司有10多家，但随着市场的扩大，这一数字将大幅增长。
- 中型公司的收入将超过1,000万美元。这些独立公司起初规模不大，但随着时间的推移，因其创新技术而不断发展壮大。
- 新兴公司指的是在风险资本家和私人股本投资者的帮助下取得长足发展的前初创公司。目前有30多家这样的公司，它们的项目发展势头良好。
- 初创企业是典型的“襁褓婴儿”，他们有潜力在这个竞争激烈的市场上迈出第一步。它们要么正在等待资金，要么可能已经获得了第一笔赠款。这类公司有100多家。

The background features a complex financial data visualization. It includes a candlestick chart with red and green bars, a line graph with a red trend line, and a bar chart with blue and green bars. A numerical value '+11,000.00' is visible on the left side of the chart area. The overall color scheme is dark blue and teal with some red highlights.

增长机遇分析—电力行业

CCUS在电力行业中的应用：2022年全球主要增长指标



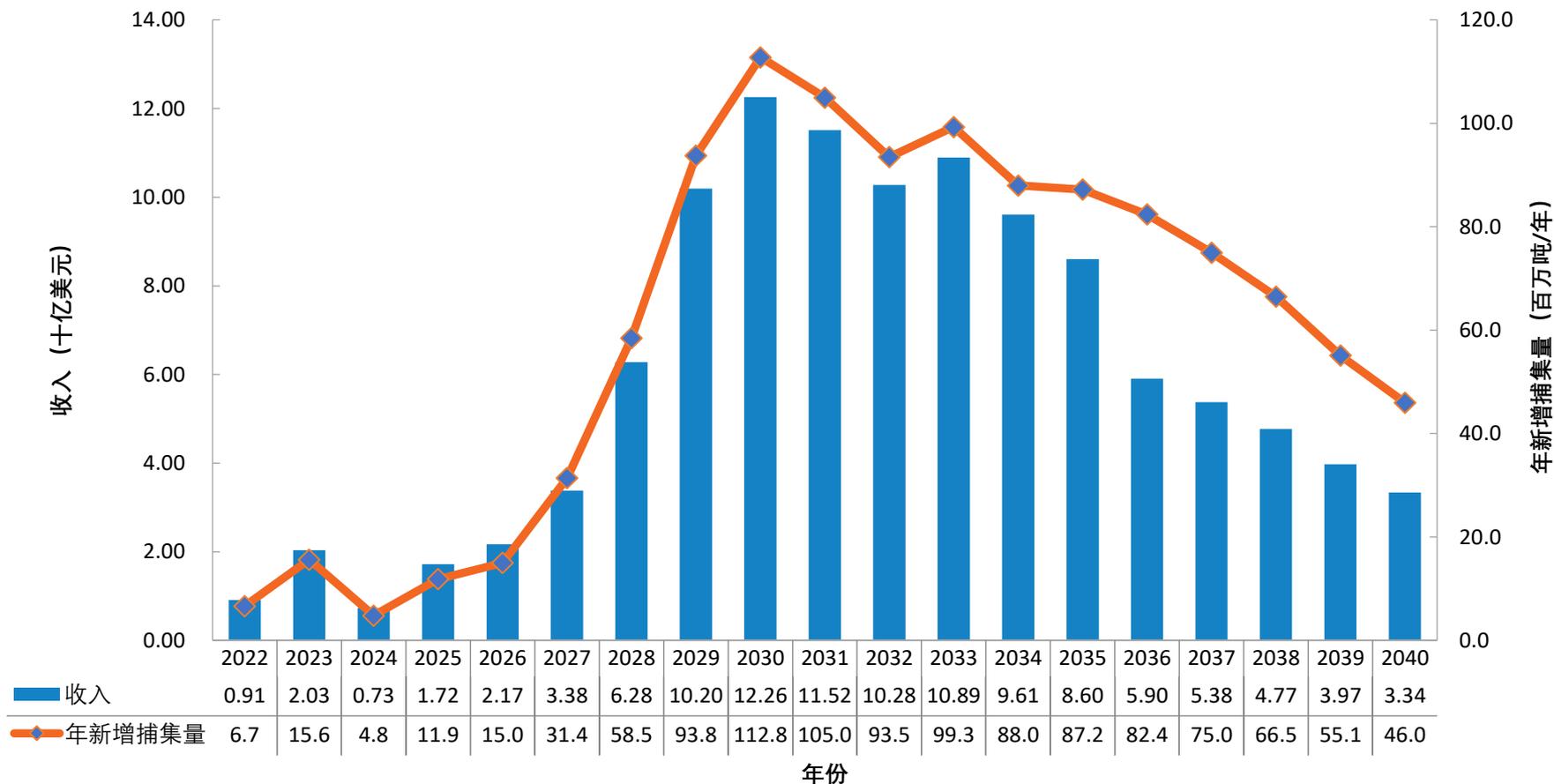
注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入和每年新增捕集量预测

CCUS在电力行业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测

2022-2040年收入年复合增长率 = 7.5%

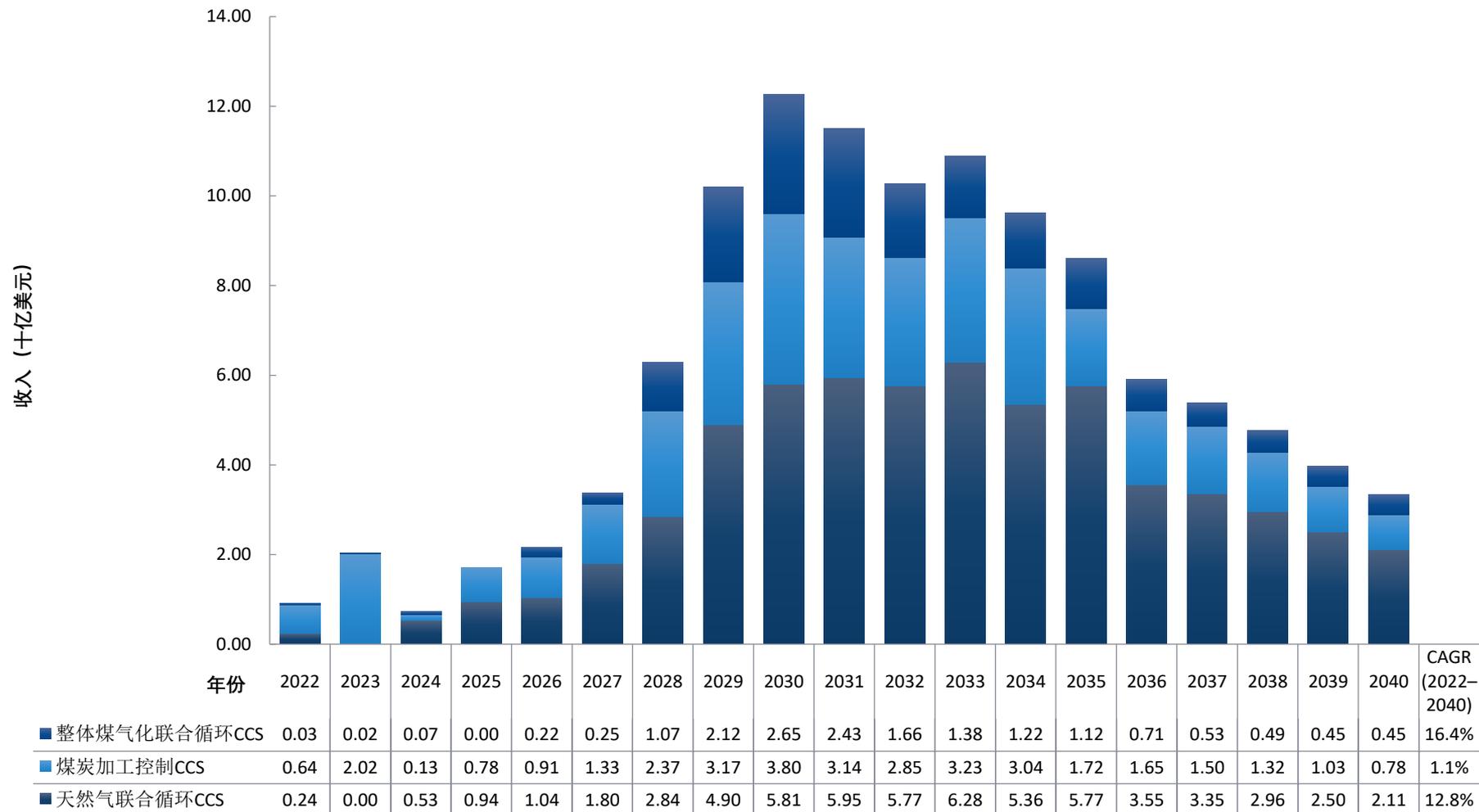
2022-2040年新增捕集量年复合增长率 = 11.3%



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按各燃料类型

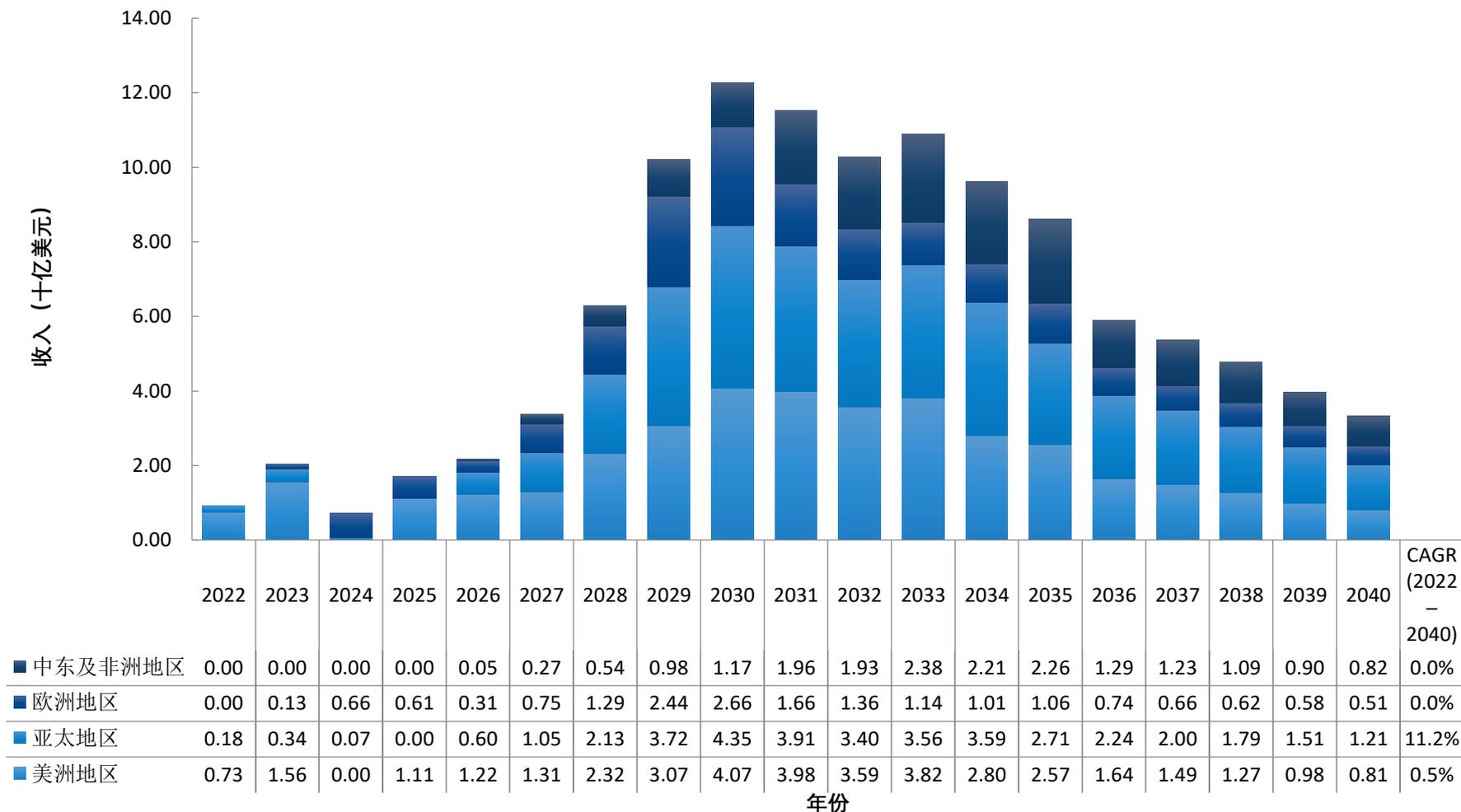
CCUS在电力行业中的应用：2022-2040年全球燃料类型收入预测



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按地区

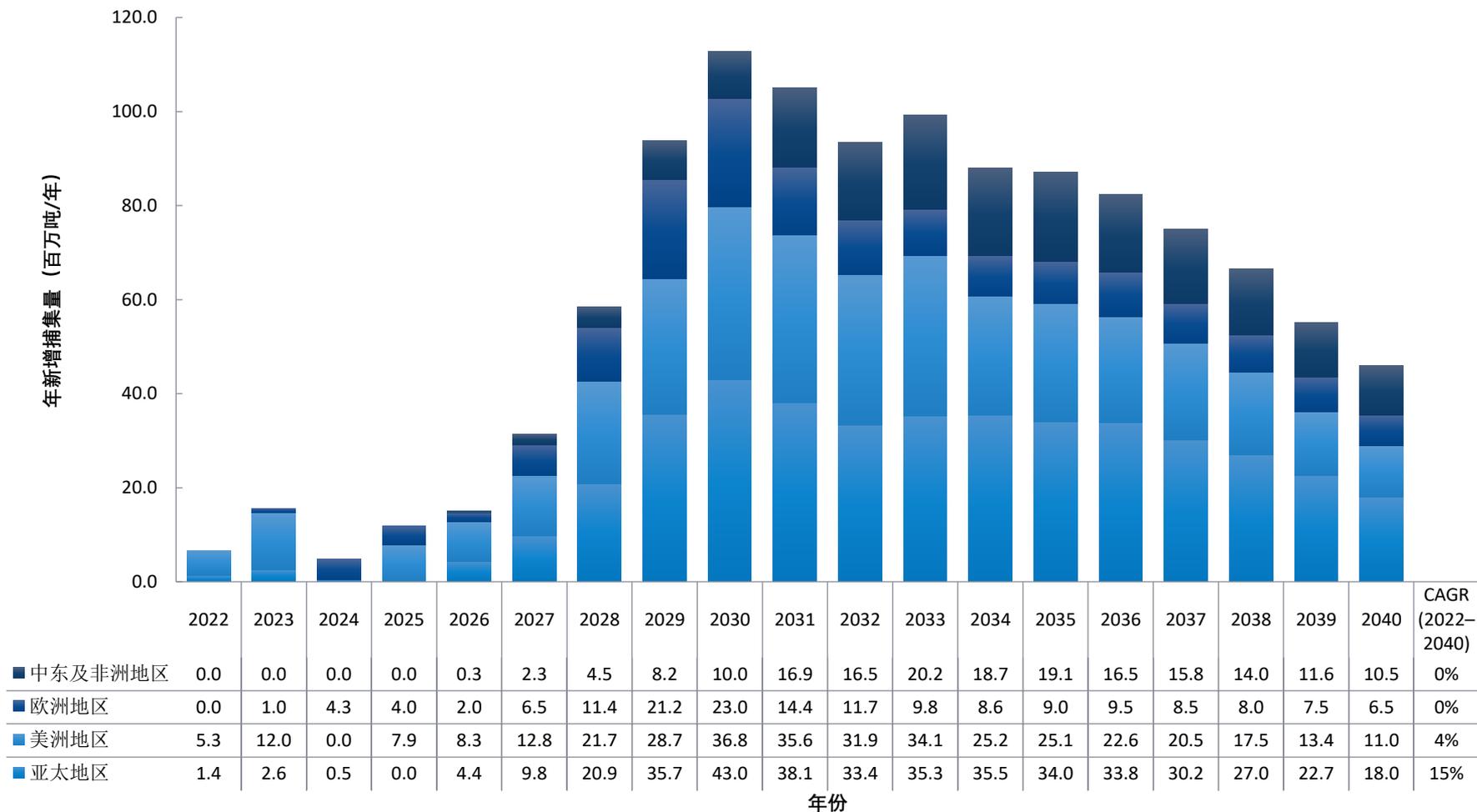
CCUS在电力行业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按地区

CCUS在电力行业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

预测分析

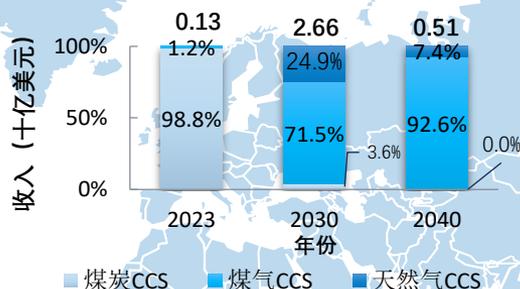
- 全球电力需求预计将从2020年的22,500太瓦时增至2030年的28,611.1太瓦时，年复合增长率为2.4%。发电量占全球二氧化碳排放量的33%。
- 尽管由于向可再生能源和天然气的转移，燃煤发电厂的比例预计将在本十年内减少，但目前仍有约2,000千兆瓦的燃煤发电厂在运营，在退役前还有几十年的经济寿命。
- 这些燃煤电厂可以通过碳捕集与封存技术进行改造，中国、印度和东南亚国家等严重依赖煤炭的经济体将在向低碳经济转型的同时继续使用煤炭。
- 燃煤电厂的碳捕集收入可能会出现指数级增长，从2022年的6.4亿美元增至2030年的38亿美元，年复合增长率（2022—2030年）为24.9%。到2040年，市场规模将最终降至7.8亿美元。
- 燃煤电厂对碳捕集的需求将主要来自美国和亚太地区。预计到2030年，市场将达到顶峰，到2040年，燃煤电厂关闭，运营商转用天然气后，市场将下降。
- 尽管与燃煤发电厂相比，天然气发电厂的二氧化碳排放量减少了50%，但CCS技术的应用仍将增长，仍有剩余的二氧化碳可供捕集。
- 天然气发电厂的碳捕集市场预计将从2022年的2.4亿美元增长到2030年的58.1亿美元，年复合增长率（2022—2030年）为48.9%。到2040年，市场规模将逐渐下降到21.1亿美元。

来源：Frost & Sullivan

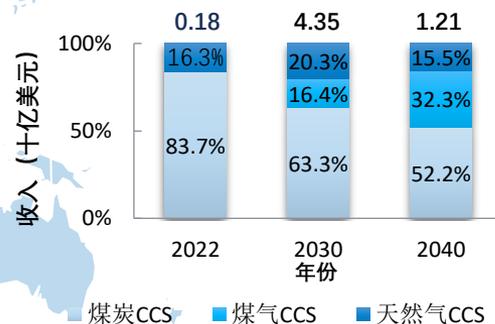
预测分析

- 从地区来看，电力行业对碳捕集的需求主要来自美国。现有的燃煤发电厂、从燃煤转为天然气的发电厂以及新建的天然气发电厂将促进发电量的增加。
- 亚太地区电力行业碳捕集市场将由中国、印度和东南亚国家主导，这些国家将煤炭作为发电的主要能源。
- 尽管欧洲正在向可再生能源和其他发电能源转变，但仍有近37%的发电量来自化石燃料。欧洲的碳捕集能力将主要由天然气发电厂贡献。

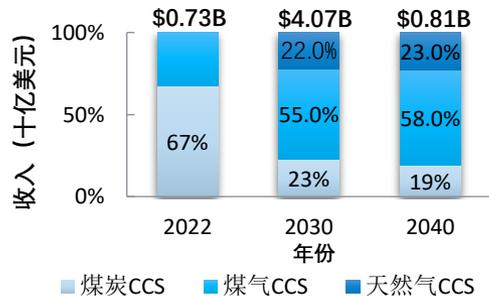
CCUS在电力行业中的应用：2023年、2030年和2040年欧洲燃料类型收入百分比预测



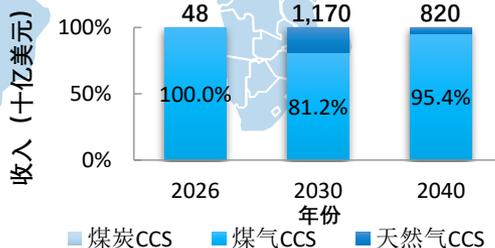
CCUS在电力行业中的应用：2023年、2030年和2040年亚太地区燃料类型收入百分比预测



CCUS在电力行业中的应用：2023年、2030年和2040年美洲燃料类型收入百分比预测



CCUS在电力行业中的应用：2023年、2030年和2040年中东及非洲燃料类型收入百分比预测



注：欧洲和中东欧2022年的数值为零，因此提供2023年和2026年的数值。所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan



增长机遇预测—重工业

CCUS在重工业中的应用：2022年全球主要增长指标



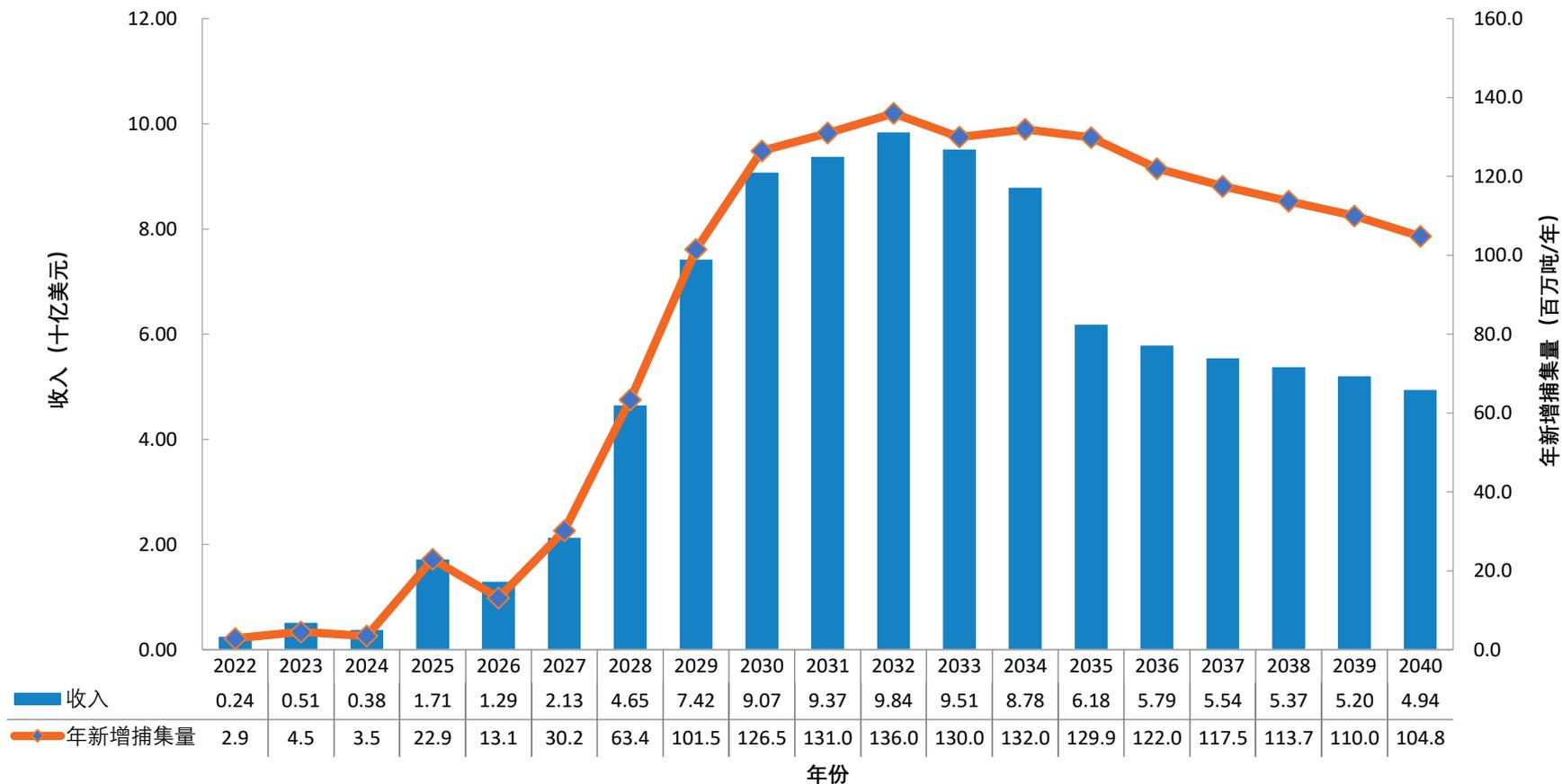
注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入和每年新增捕集量预测

CCUS在重工业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测

2022-2040年收入年复合增长率 = 18.2%

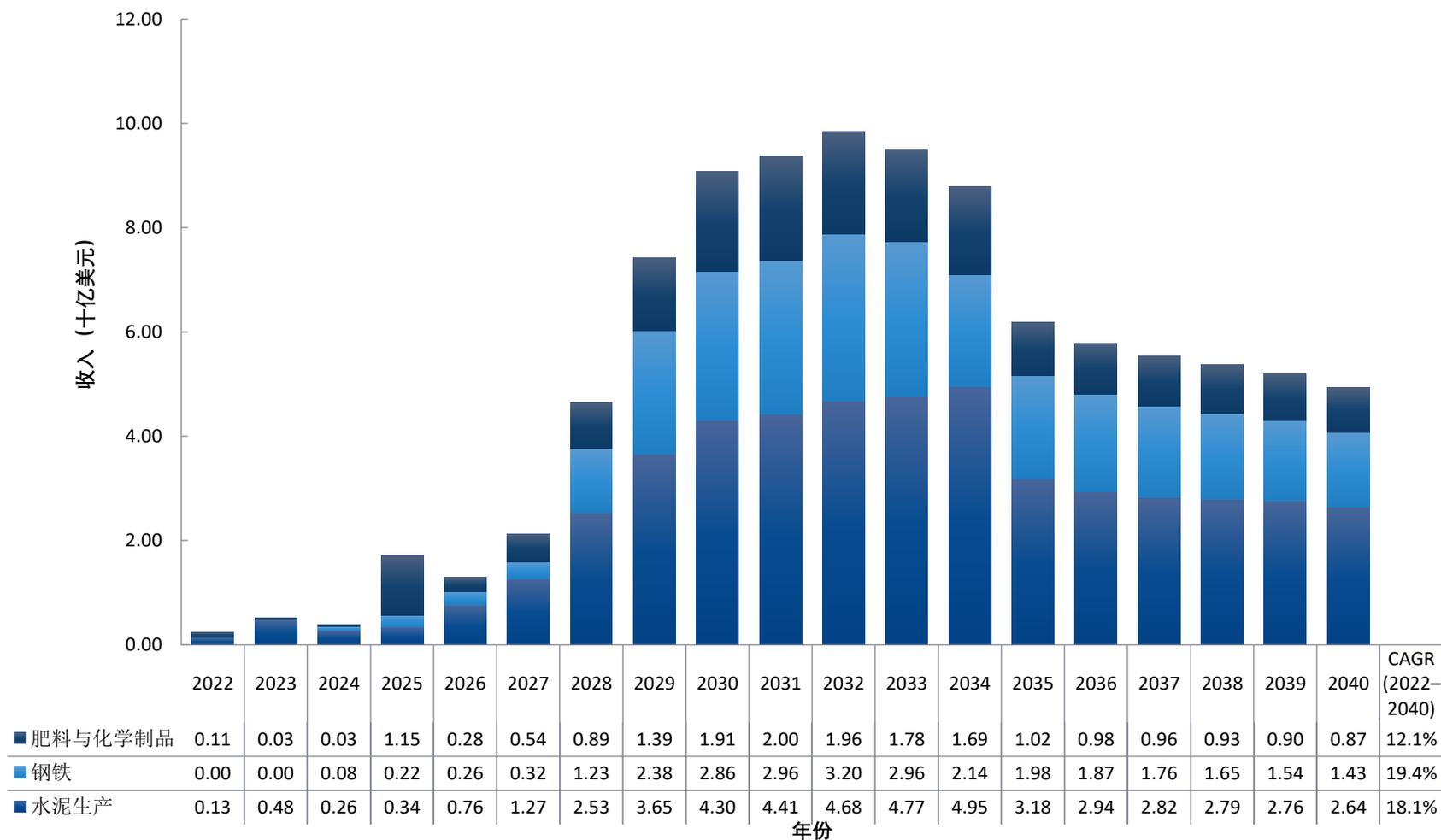
2022-2040年新增捕集量年复合增长率 = 22.2%



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按各燃料类型

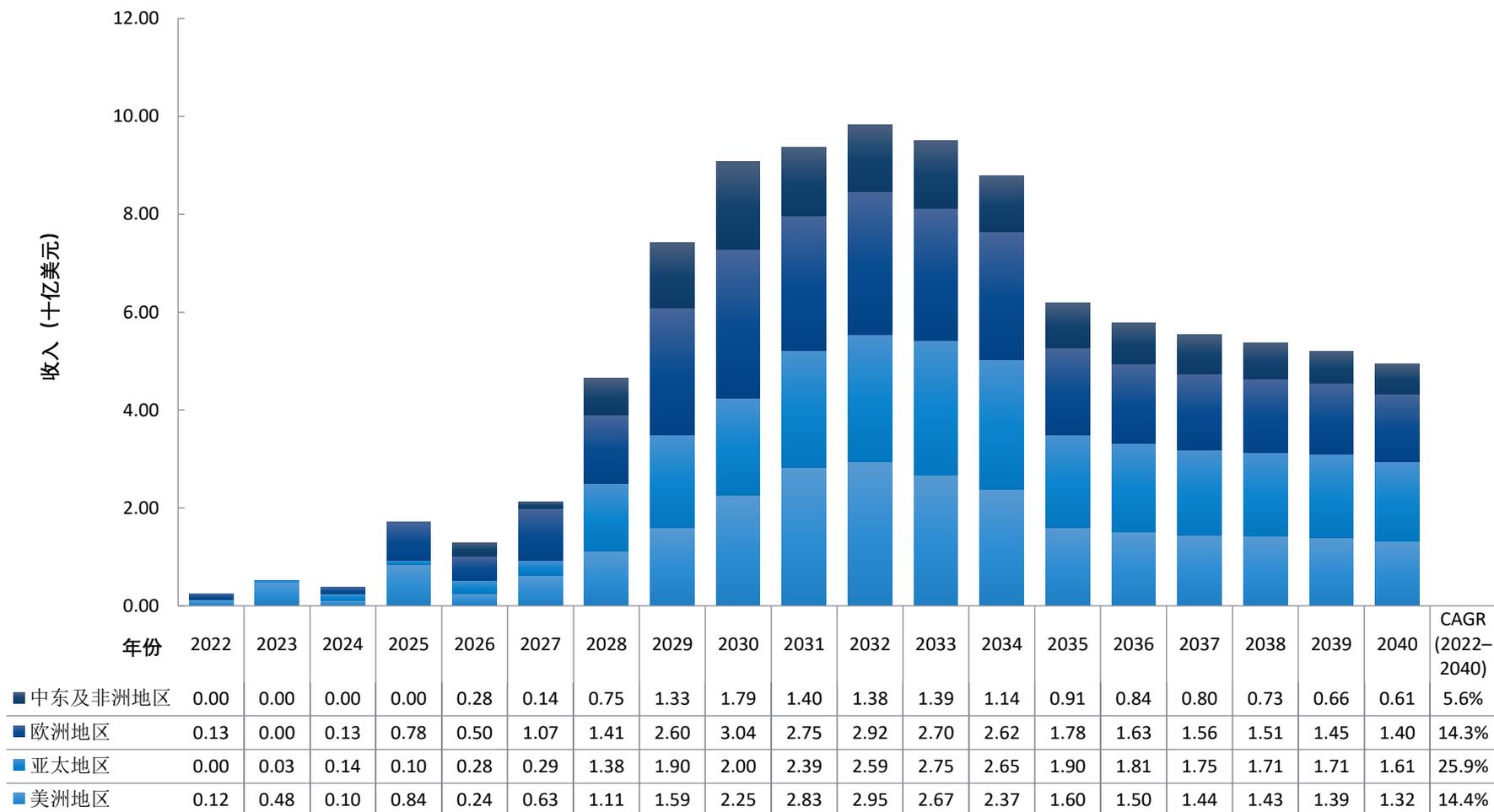
CCUS在重工业中的应用：2022-2040年全球燃料类型收入预测



注：由于2022年的数值为零，因此使用2024年的数值来计算钢铁行业的年复合增长率。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按地区

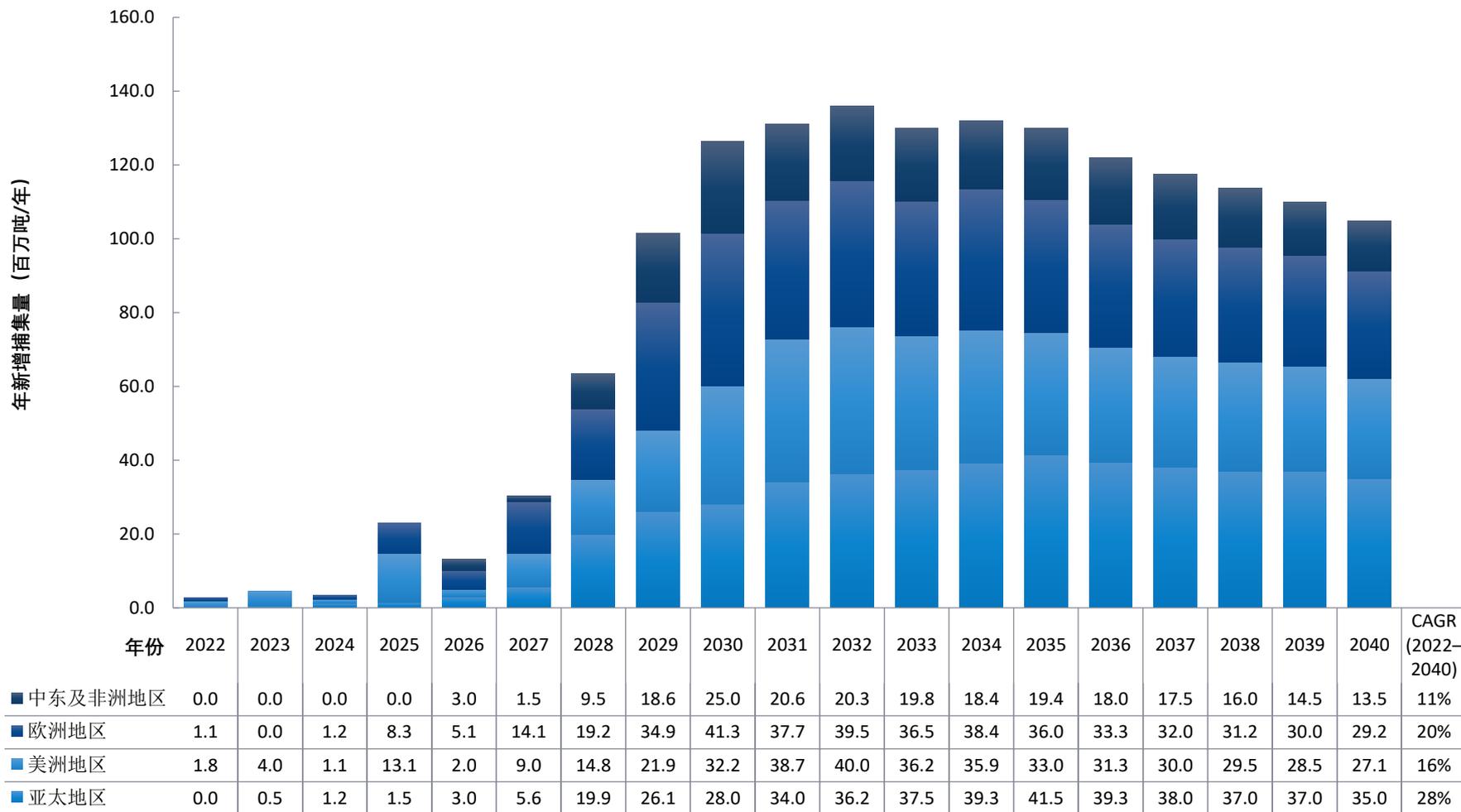
CCUS在重工业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测



注：对于中东及非洲地区和亚太地区，2022年的数值为零；因此转而分别提供2026年及2023年的数值。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按地区

CCUS在重工业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测



注：对于中东及非洲地区和亚太地区，2022年的数值为零；因此转而分别提供2026年及2023年的数值。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测分析

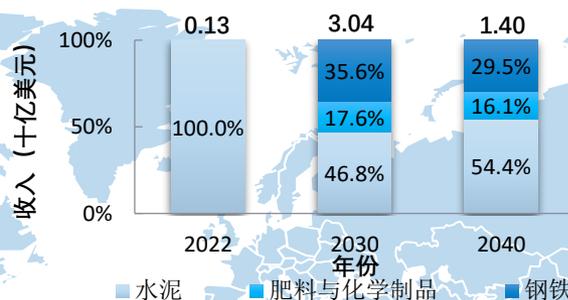
- 全球工业每年直接排放约80亿吨二氧化碳，其中水泥制造、钢铁生产和肥料与化学制品占70%。
- 随着发展中经济体人口和消费能力的增长，对工业产品的需求预计至少在2050年前还会增长；这将促使更多的捕集量增加，最终导致更多的二氧化碳排放。
- 根据国际能源机构的预测，工业排放量将从2020年的80亿吨增加到2060年的100亿吨。为了遵守《巴黎协定》并实现气候目标，到2060年，这些排放量应减少到47亿吨。
- 减少工业排放有多种途径，如燃料转换、提高能效、部署现有技术和未来的创新技术。最具成本效益和最合适的方法是实施碳捕获与储存（CCS）。
- 水泥行业每年产生的二氧化碳排放量占全球总排放量的8%，即使通过可再生能源提供热量，仍有50%的排放量来自生产过程，而这些排放量可以通过采用碳捕集技术来减少。
- 水泥行业的碳捕集市场预计将从2022年的1.3亿美元增长到2030年的43.0亿美元，年复合增长率（2022—2030年）为54.6%。到2040年，该市场将最终降至26.4亿美元。
- 钢铁生产产生的二氧化碳排放量占全球总量的7%。尽管目前正在通过钢铁回收、提高能效和化石燃料替代来控制这些排放，但其中大部分可以通过CCS来解决。
- 预计来自钢铁厂的CCUS收入将从2024年的8,400万美元增长到2030年的28.6亿美元，年复合增长率（2022—2030年）为80.0%。

来源：Frost & Sullivan

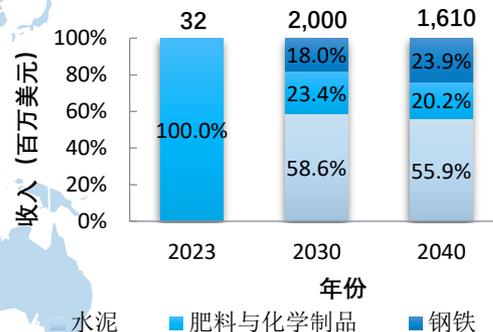
收入预测分析

- 重工业对碳捕集的需求将主要来自欧洲，因为欧洲现有的水泥厂和钢铁厂正在考虑部署碳捕集技术。
- 亚太地区的重工业碳捕集市场将由中国、印度和东南亚国家主导，这些国家由于基础设施市场的不断发展，对水泥的需求量很大。
- 尽管中东地区在实施CCS方面将处于落后地位，但由于基础设施项目对水泥、铁和钢的需求旺盛，到十年后，中东地区的碳捕集市场将有所回升。

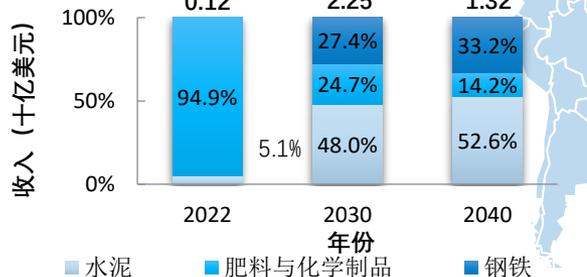
CCUS在重工业中的应用：2022年、2030年和2040年欧洲按产品类型分列的收入百分比预测



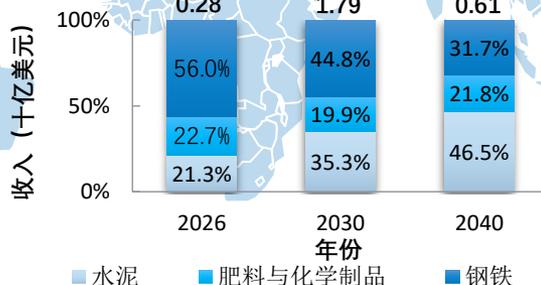
CCUS在重工业中的应用：2023年、2030年和2040年亚太地区按产品类型分列的收入百分比预测



CCUS在重工业中的应用：2022年、2030年和2040年美洲地区按产品类型分列的收入百分比预测



CCUS在重工业中的应用：2026年、2030年和2040年按产品类型分列的中东及非洲收入百分比预测



注：对于中东及非洲地区和亚太地区，2022年的数值为零；因此转而提供2026年及2023年的数值。所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

The background of the slide features a complex financial data visualization. It includes a candlestick chart on the right side, a bar chart with green and blue bars in the center, and a line graph with a red line and a blue line. A numerical value '+11,000.00' is visible on the left side of the chart area. The overall color scheme is dark blue and teal with some red highlights.

增长机遇分析—石油和天然气行业

增长指标

CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022年全球主要增长指标



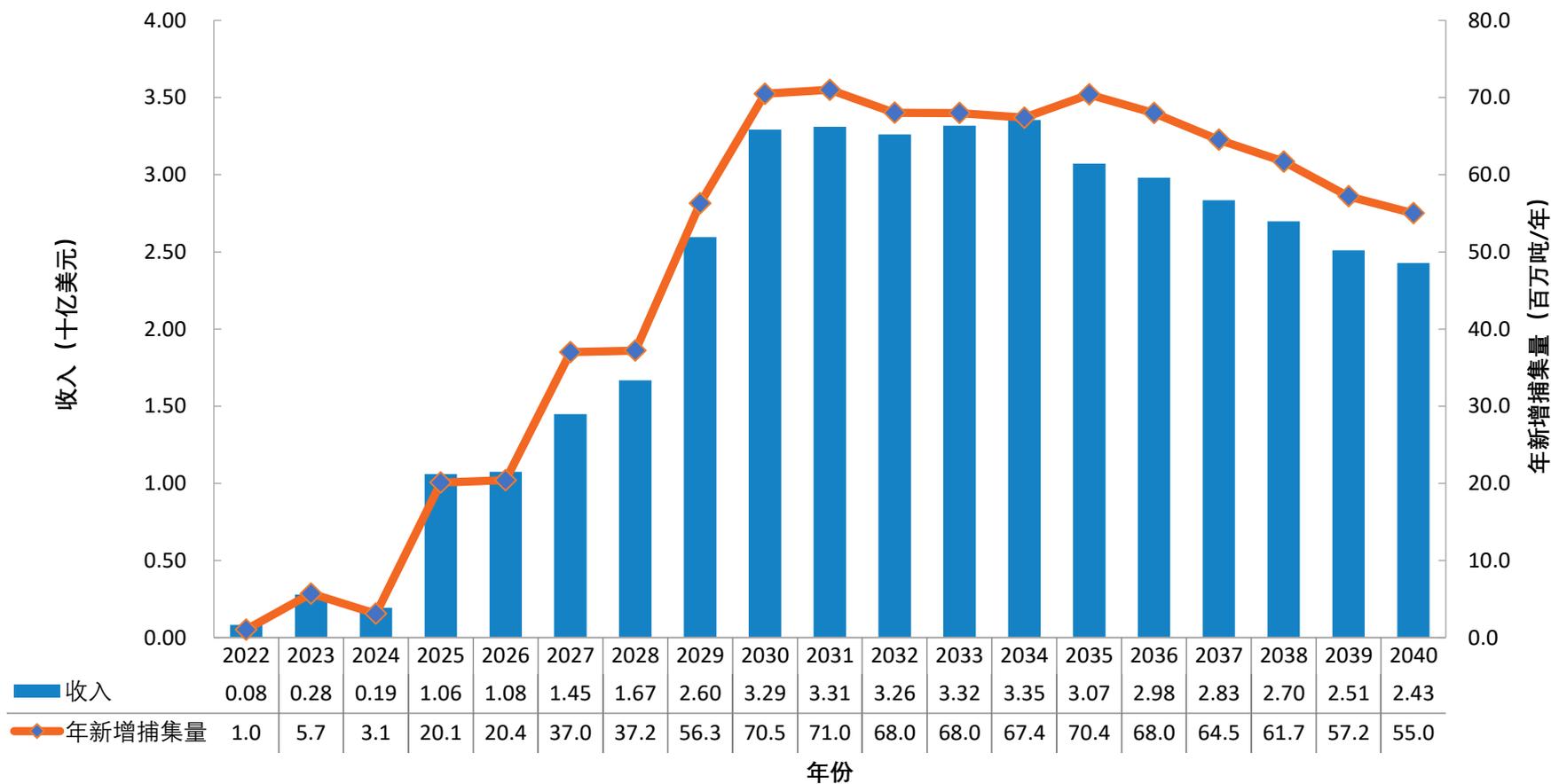
注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入和每年新增捕集量预测

CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测

2022-2040年收入年复合增长率 = 20.7%

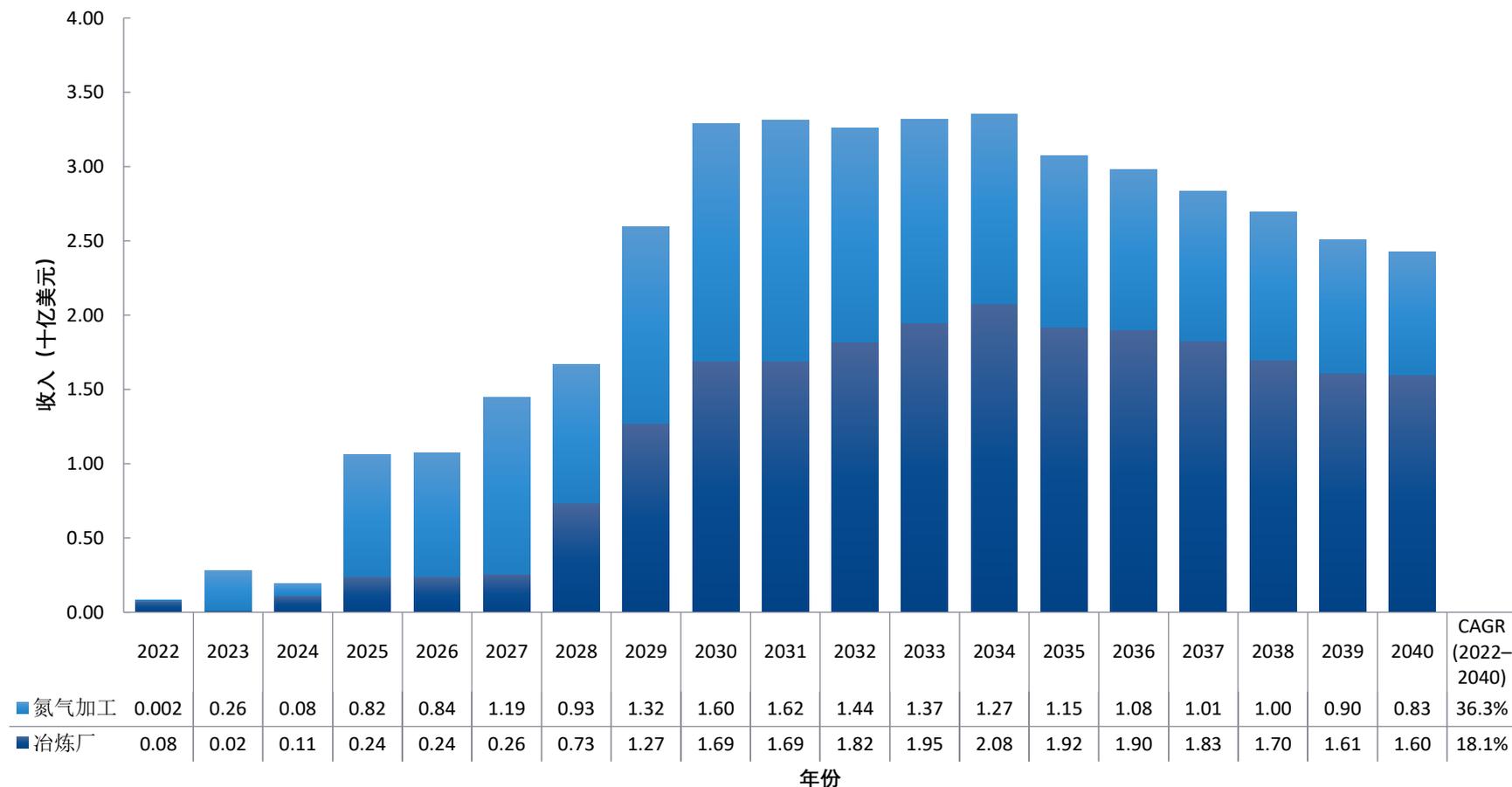
2022-2040年新增捕集量年复合增长率 = 24.6%



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按各燃料类型

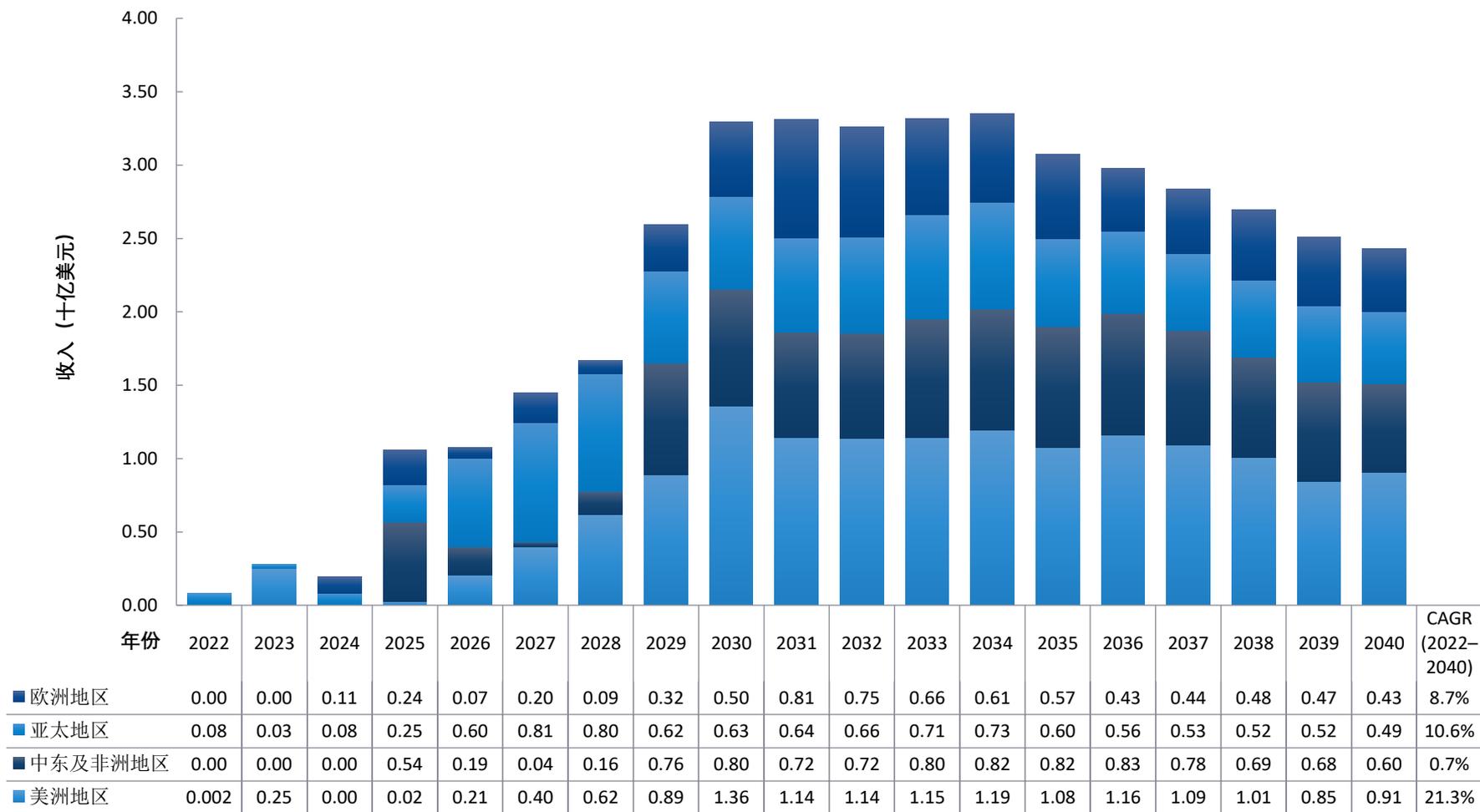
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022-2040年全球燃料类型收入预测



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按地区

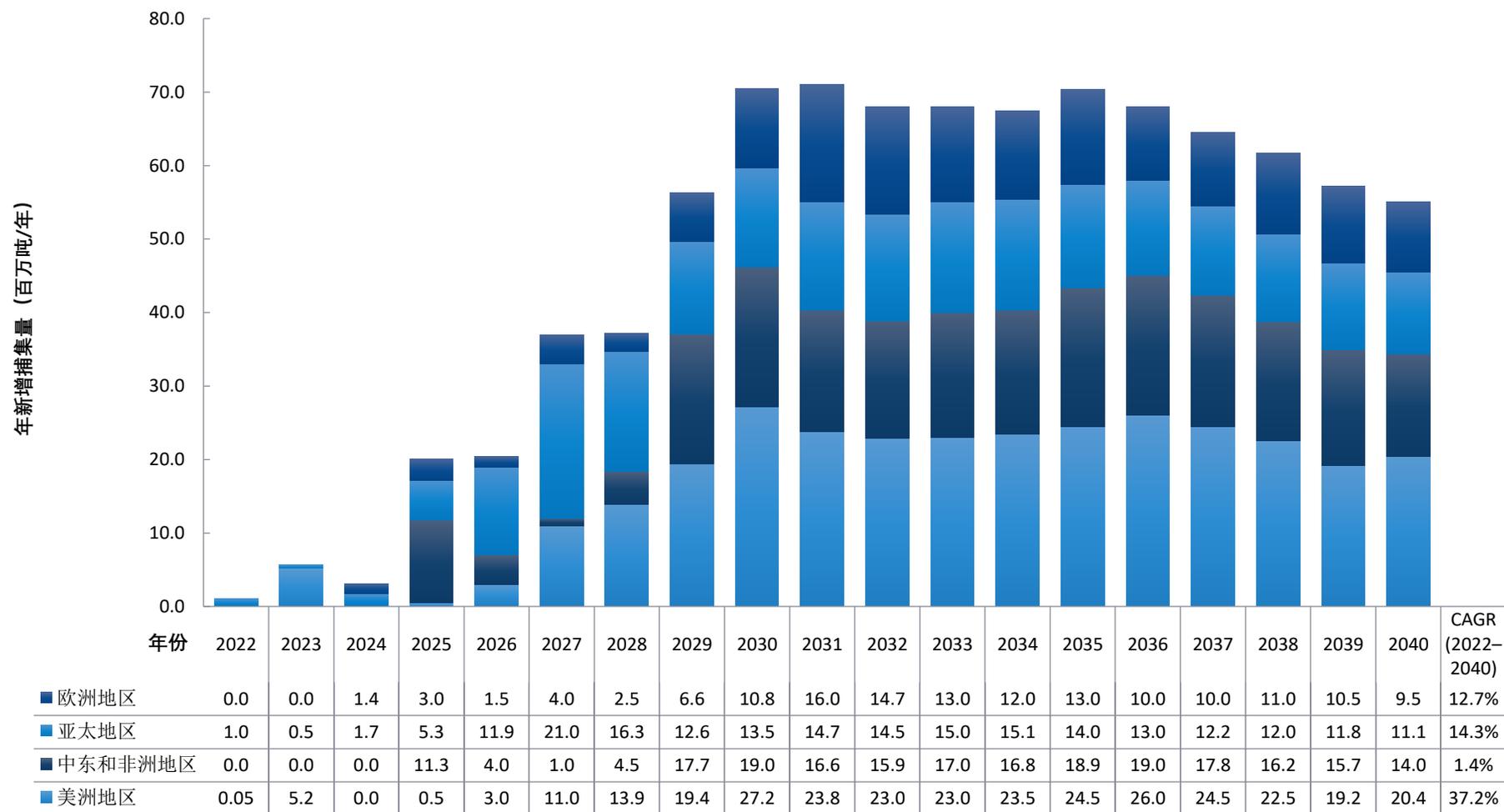
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测



注：对于中东及非洲地区和亚太地区，2022年的数值为零；因此转而提供2026年及2023年的数值。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按地区

CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测



注：对于中东及非洲地区和亚太地区，2022年的数值为零；因此转而提供2026年及2023年的数值。所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

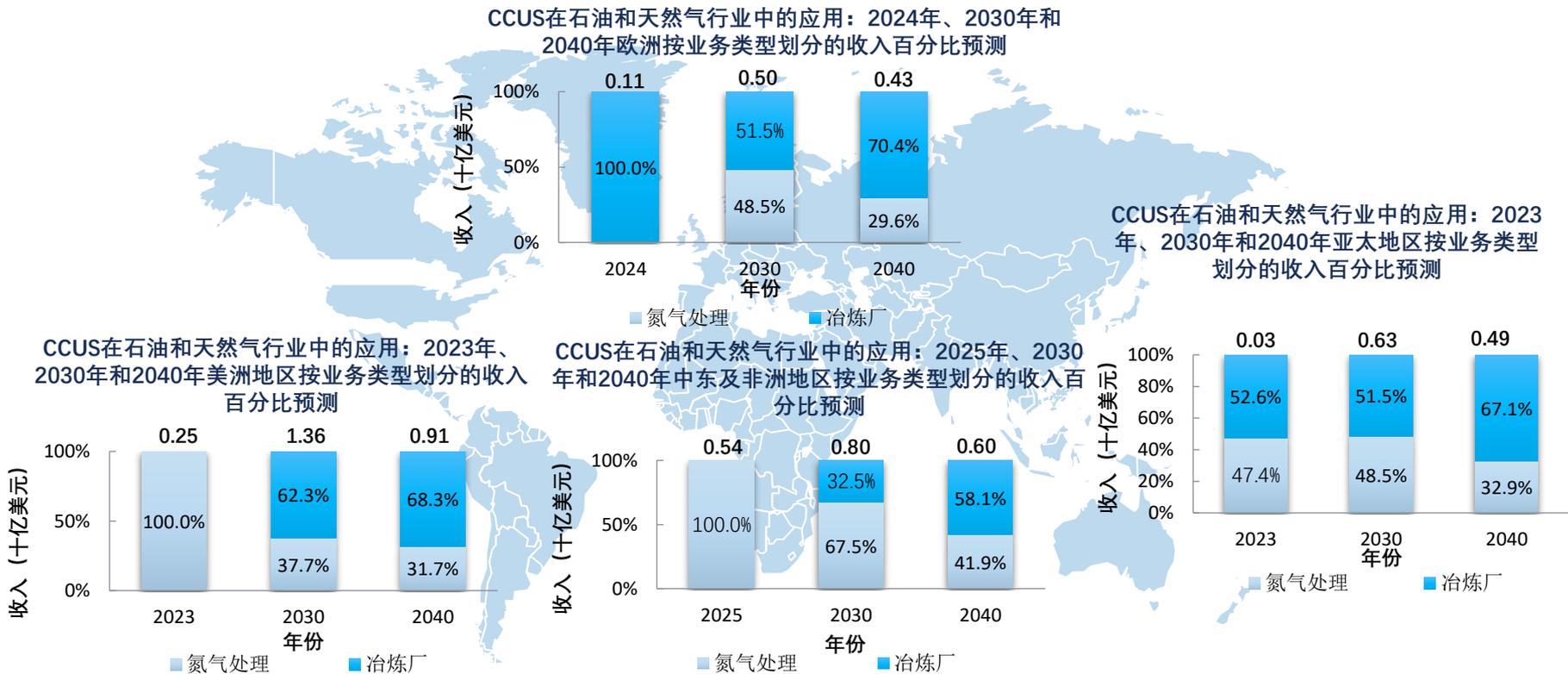
预测分析

- 石油和天然气行业的业务活动占全球二氧化碳排放量的9%。这些排放主要来自开采和钻探、燃烧、逃逸性排放、原油运输、冶炼厂热能和电力以及氢气生产。
- 据预测，通过对现有工厂进行碳捕集技术改造，可减少石油和天然气行业33%的排放量。
- 预计石油和天然气行业的碳捕集市场收入将从2022年的8,230万美元增至2040年的24.3亿美元，年复合增长率为20.7%。
- 世界各地的天然气加工厂正在生产约150百万吨/年的高浓度二氧化碳。由于这些二氧化碳纯度高，只需脱水即可，因此捕获和封存成本较低，每吨二氧化碳的成本在20到25美元之间。
- 来自天然气加工的碳捕集市场收入预计将从2023年的2.6亿美元激增到2030年的16.0亿美元，年复合增长率（2023—2030年）为29.4%。到2040年，市场规模将最终降至8.3亿美元。
- 对石油产品的需求预计将从2020年的每天9,070万桶增加到2030年的每天1.073亿桶，年复合增长率为1.7%。
- 由于存在多个点源、空间有限和位置偏远等问题，传统的碳捕集难以在冶炼厂中部署。采用模块化碳捕集系统可以克服这些难题。
- 冶炼厂碳捕集市场的收入预计将从2022年的8,000万美元增至2030年的16.9亿美元，复合年均增长率（2022—2030年）为46.4%。

来源：Frost & Sullivan

预测分析

- 在北美，石油和天然气行业的碳捕集应用将主要集中在美国，这主要得益于天然气产量的增长。
- 亚太地区石油和天然气行业的碳捕集市场将以中国、印度和东南亚国家为主，这些国家既有冶炼厂，也有上游石油和天然气生产。欧洲石油和天然气行业对碳捕集的大部分需求将来自冶炼厂，这些冶炼厂旨在实现其运营的去碳化，从而为气候目标做出贡献。



注：所有数字均四舍五入。所有地区2022年的数值都较小。因此提供了2023年、2024年和2025年的数值。来源：Frost & Sullivan。



增长机遇分析—生物能源综合二氧化碳捕 获与储存（BECCS）

增长指标

BECCS：2022年全球主要增长指标



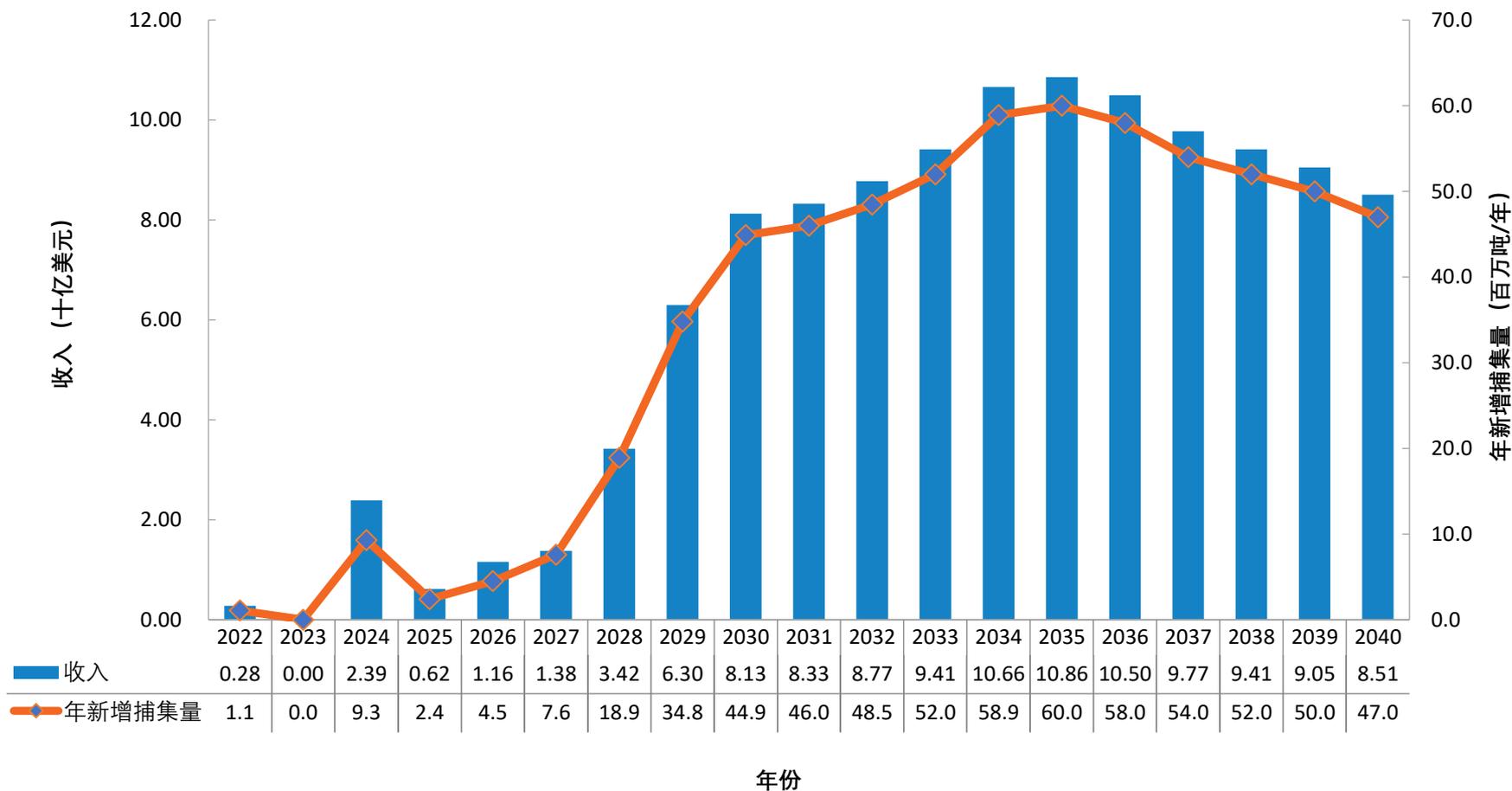
注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入和每年新增捕集量预测

BECCS：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测

2022-2040年收入年复合增长率 = 20.9%

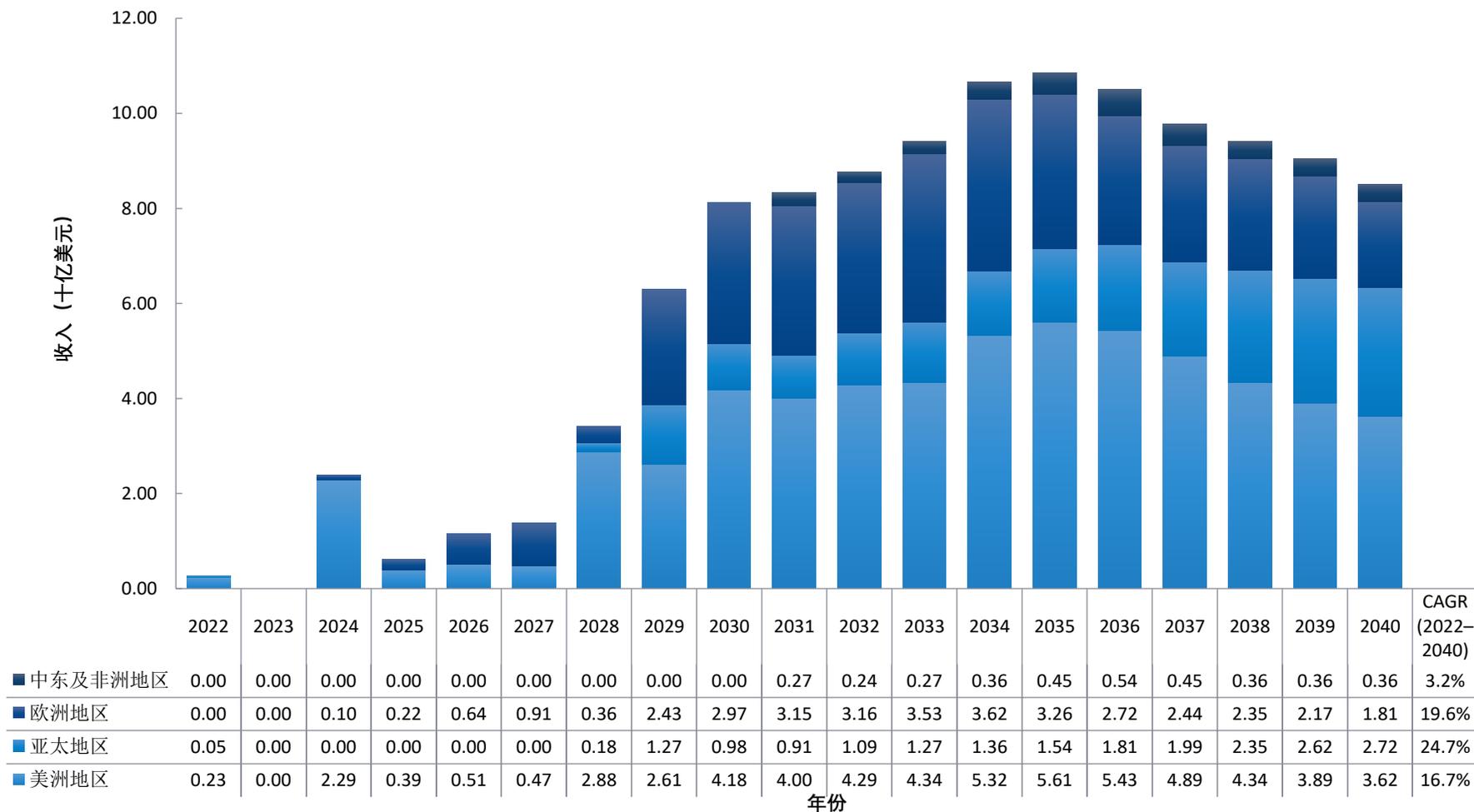
2022-2040年新增捕集量年复合增长率 = 23.3%



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按地区

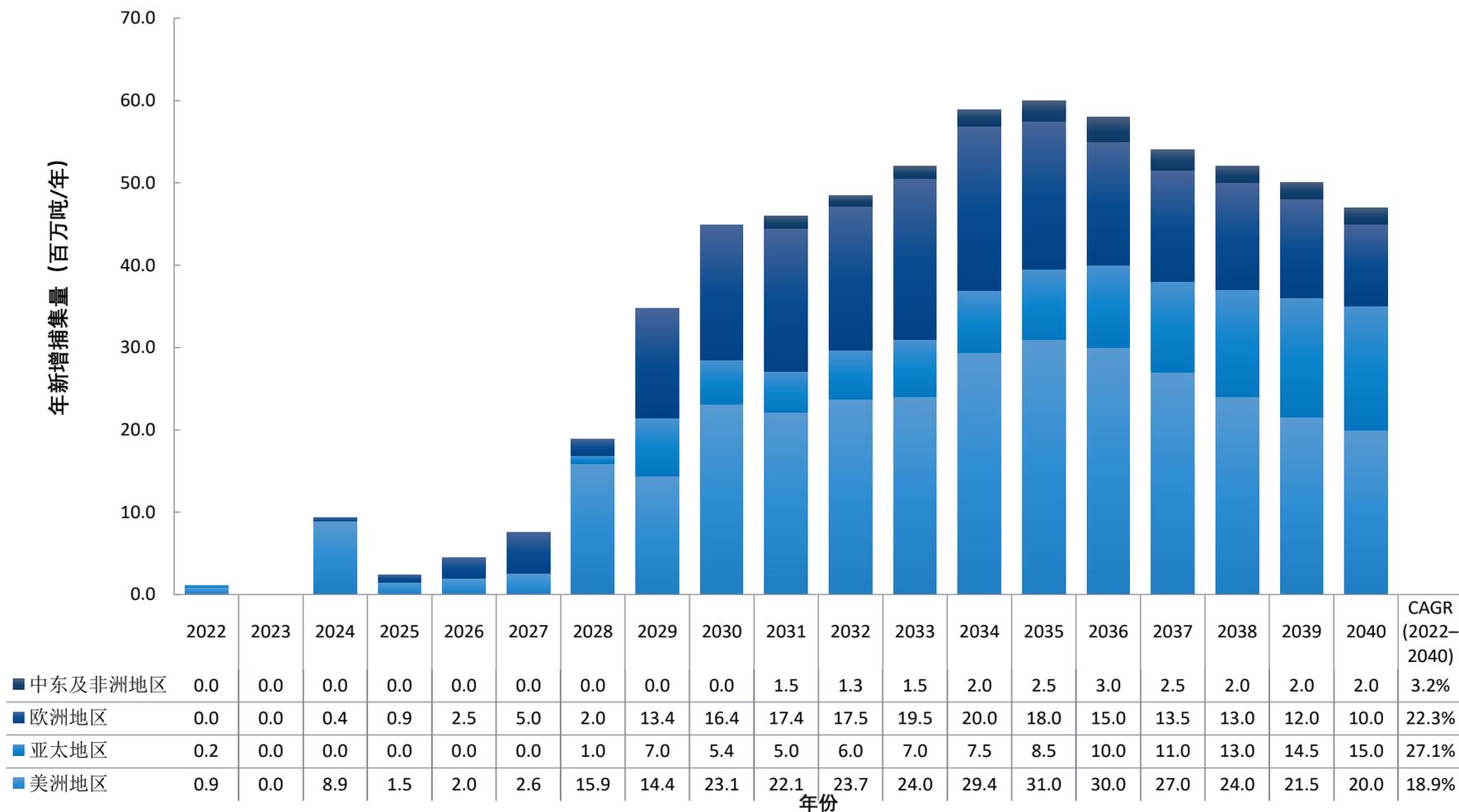
BECCS：2022-2040年全球各地区收入预测



注：所有数字均四舍五入。中东及非洲地区的基准年为2031年，欧洲为2024年，亚太地区和美洲为2022年。来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按地区

BECCS：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测



注：所有数字均四舍五入。中东及非洲地区的基准年为2031年，欧洲为2024年，亚太地区和美洲为2022年。来源：Frost & Sullivan

预测分析

- 尽管低排放技术将有助于减少温室气体排放以及工业、电力和农业系统对能源的持续需求，但对实现气候目标至关重要是负排放技术。
- 生物能CCS通过燃烧生物质生产的生物燃料来捕获生物源二氧化碳。如果这些二氧化碳被捕获和储存，则被视为净负排。
- 大多数BECCS都部署在现有的乙醇设施中。发酵过程中产生的二氧化碳纯度很高，只需简单的脱水技术即可分离，因此捕获成本效益很高。
- 美国的Summit Carbon Solution公司正在开发一个生物乙醇二氧化碳网络项目，从其31个独立的工厂中提取二氧化碳，从而实现经济的共享运输和储存。该项目拥有8百万吨/年的捕集量，预计将成为世界上最大的单一BECCS网络。
- 生物能源CCS的碳捕集收入预计将从2022年的2.8亿美元增至2040年的85.1亿美元，年复合增长率为20.9%。预计到2035年，市场规模将达到峰值108.6亿美元。



增长机遇分析—直接空气碳捕集与封存 (DACCS)

增长指标

DACCS：2022年全球主要增长指标



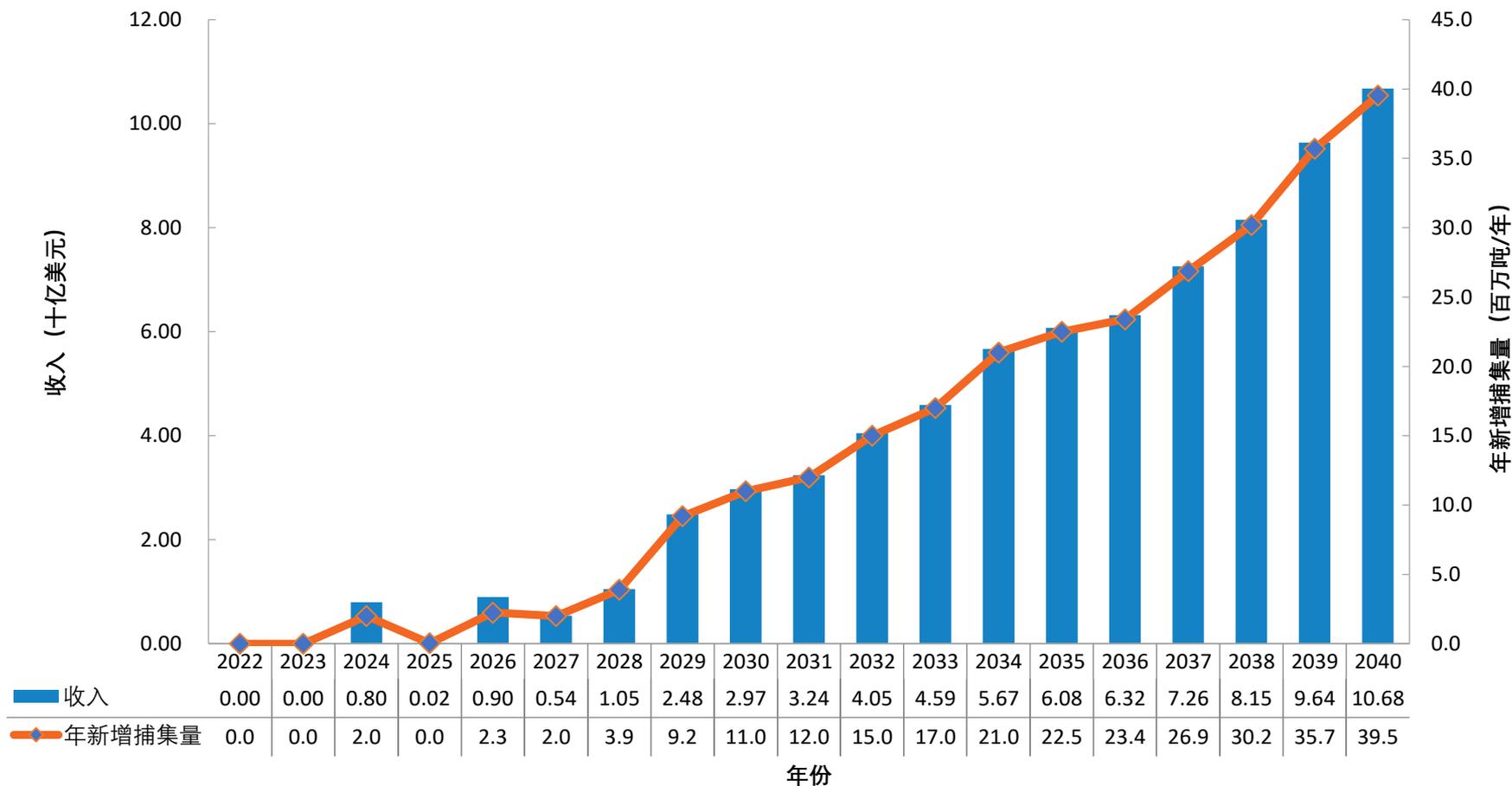
注：2022年和2023年，DACCS没有增加捕集量和收入，因此将2024年作为基准年。所有数字均四舍五入。基准年为2023年。来源：Frost & Sullivan

收入和每年新增捕集量预测

DACCS: 2022-2040年全球收入和新增捕集量预测

收入年复合增长率: 2024-2040年 = 17.6%

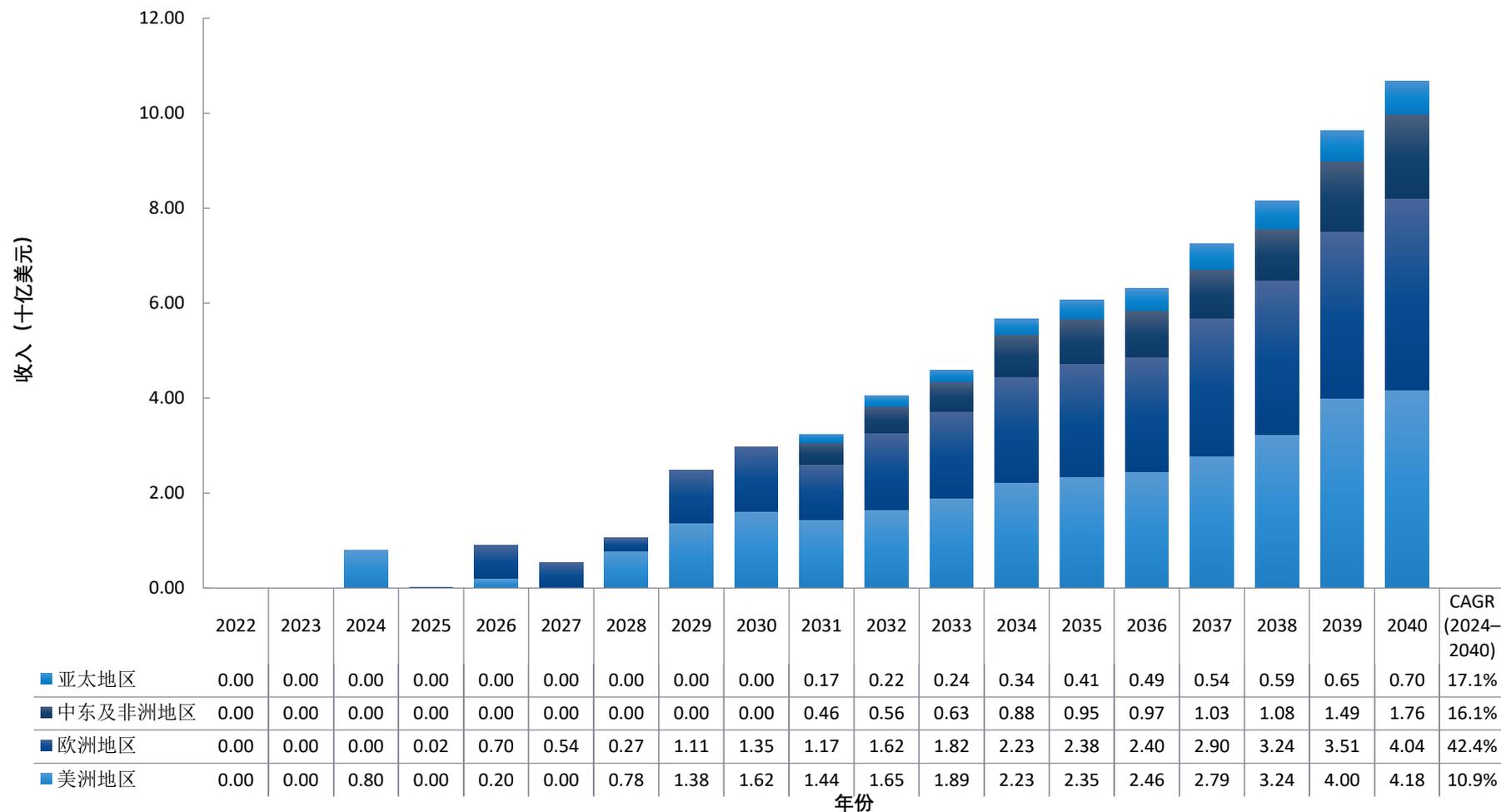
2024-2040年每年新增捕集量年复合增长率 = 20.5%



注: 所有数字均四舍五入。基准年为2023年。来源: Frost & Sullivan

收入预测—按地区

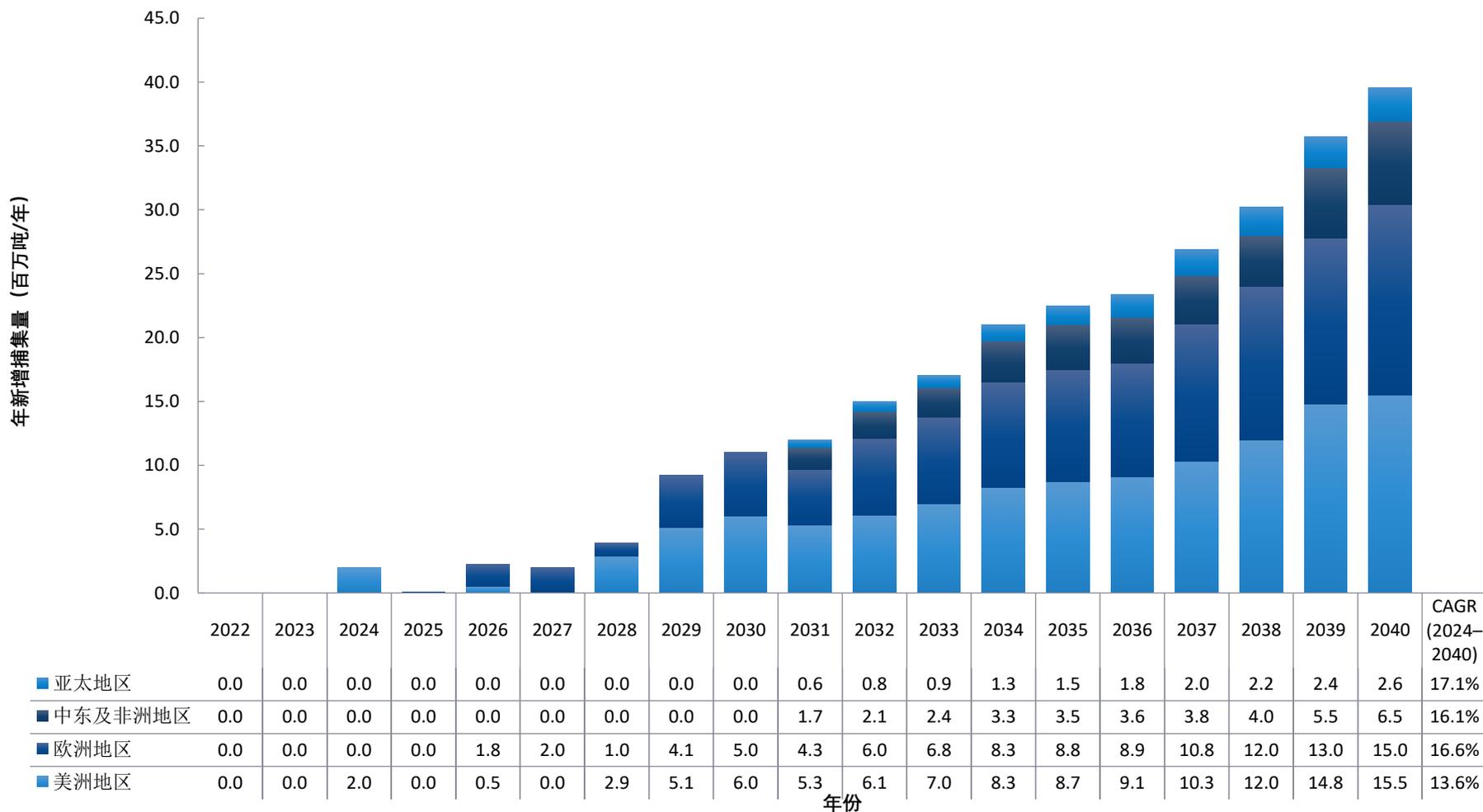
DACCS: 2022-2040年全球各地区收入预测



注：所有数字均四舍五入。亚太地区和中东欧的基准年为2031年，美洲为2024年，欧洲为2025年。来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按地区

DACCS: 2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测



注：所有数字均四舍五入。亚太地区和中东欧的基准年为2031年，美洲为2024年，欧洲为2025年。来源：Frost & Sullivan

预测分析

- 与BECCS不同，DACCS工厂直接从大气中提取二氧化碳。从大气中捕获二氧化碳非常困难，因为二氧化碳非常稀薄，需要高能量才能将其浓缩。
- 西方石油公司在美国二叠纪盆地的空气捕集项目将是其全球计划中的第一个项目，该计划将建立70—135个DACCS设施。通过与碳工程公司（Carbon Engineering）合作，该公司将把捕集量从0.5百万吨/年提高到1百万吨/年。
- 已颁布的《基础设施投资与就业法案》（Infrastructure Investment and Jobs Act）为CCUS的研发、示范、DAC创新和4个地区DAC中心的建设、二氧化碳相关物流和存储分配了约120亿美元。
- 预计DACCS市场将从2024年的8亿美元急剧增长到2040年的106.8亿美元，年复合增长率为17.6%。



增长机遇分析—CCUS产业集群

增长指标

CCUS产业集群：2022年全球主要增长指标



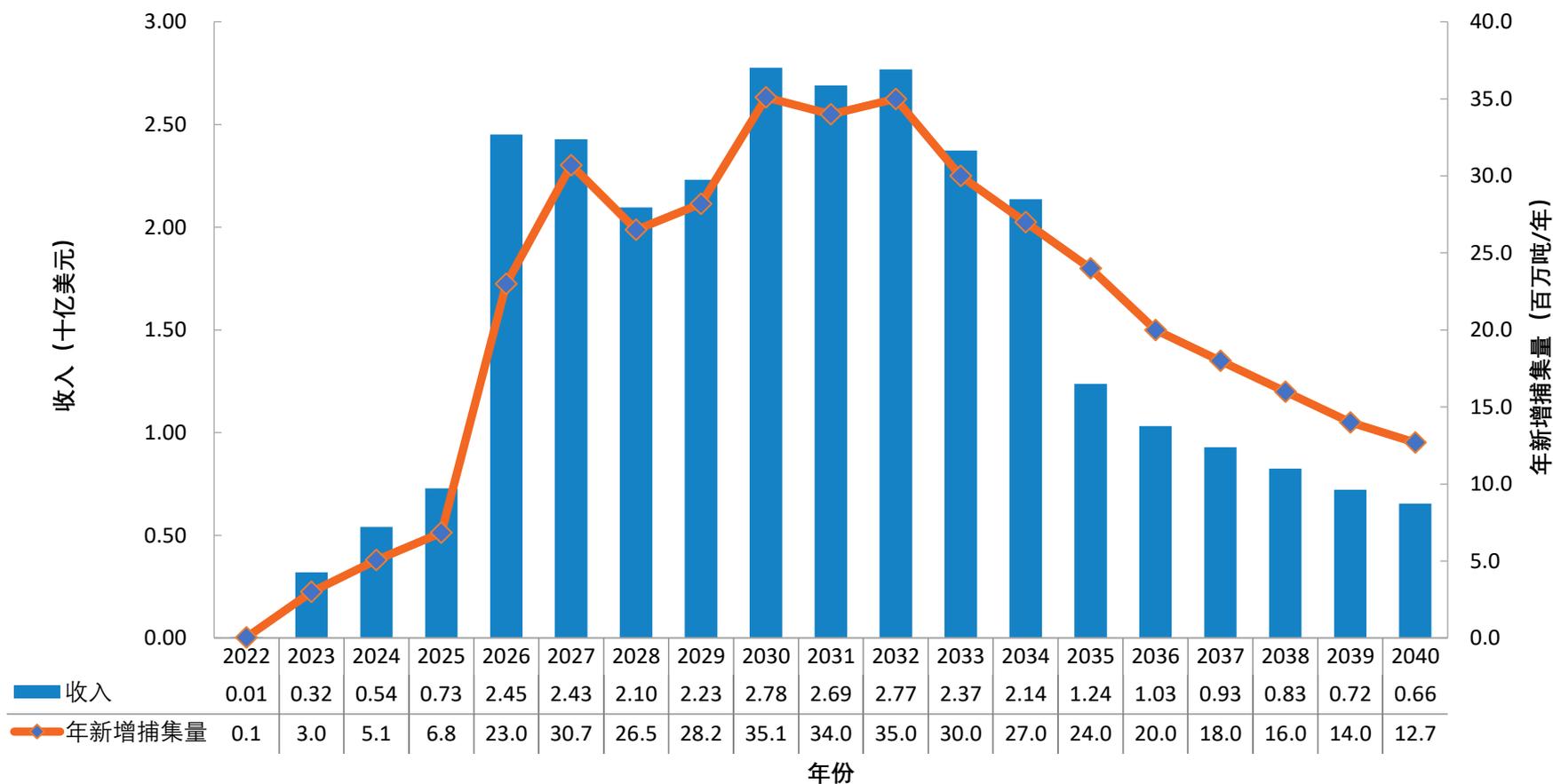
注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入和每年新增捕集量预测

CCUS产业集群：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测

收入年复合增长率：2022-2040年 = 30.6%

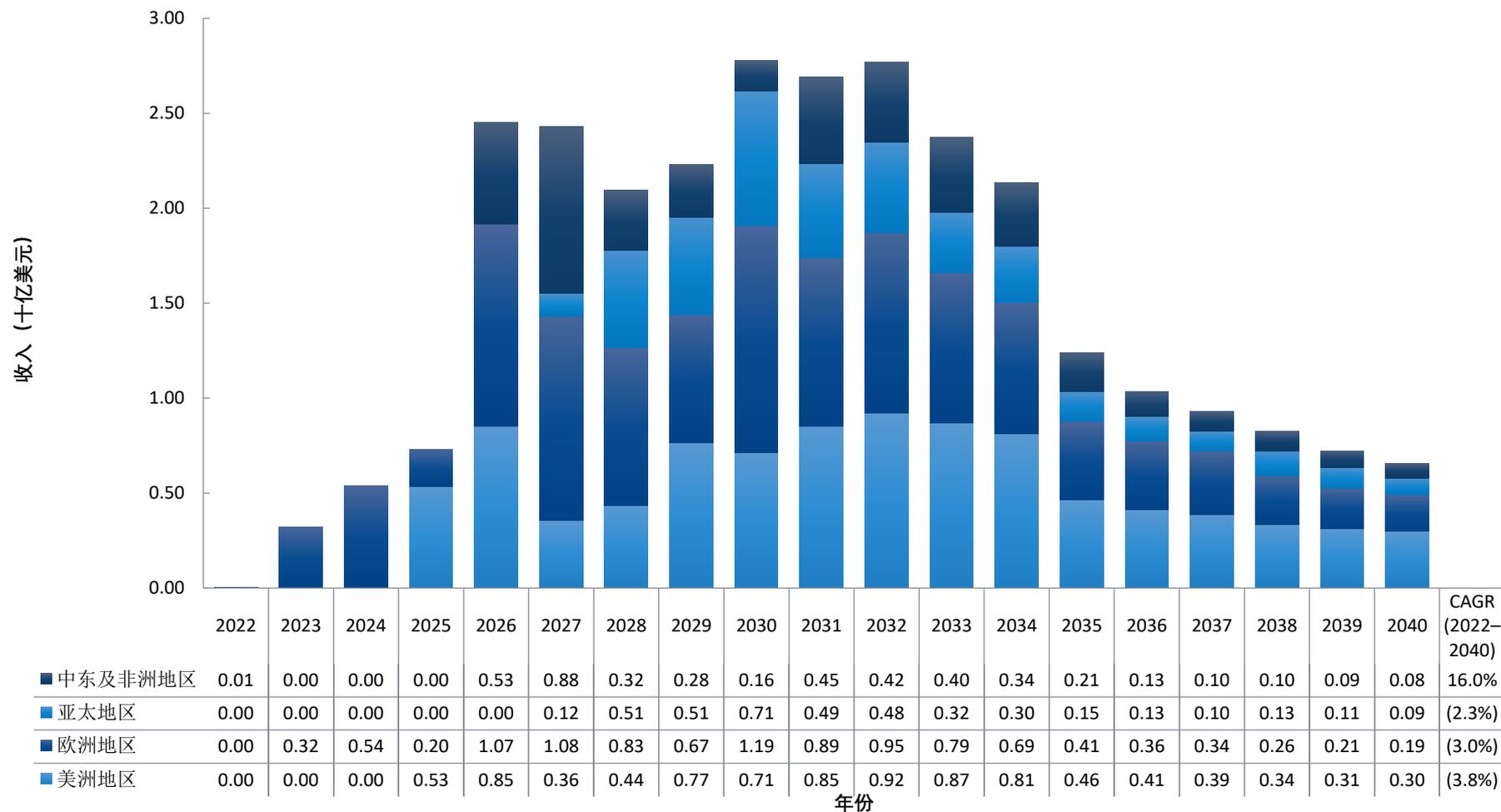
2022-2040年每年新增捕集量年复合增长率 = 30.8%



注：所有数字均四舍五入。基准年为2023年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按地区

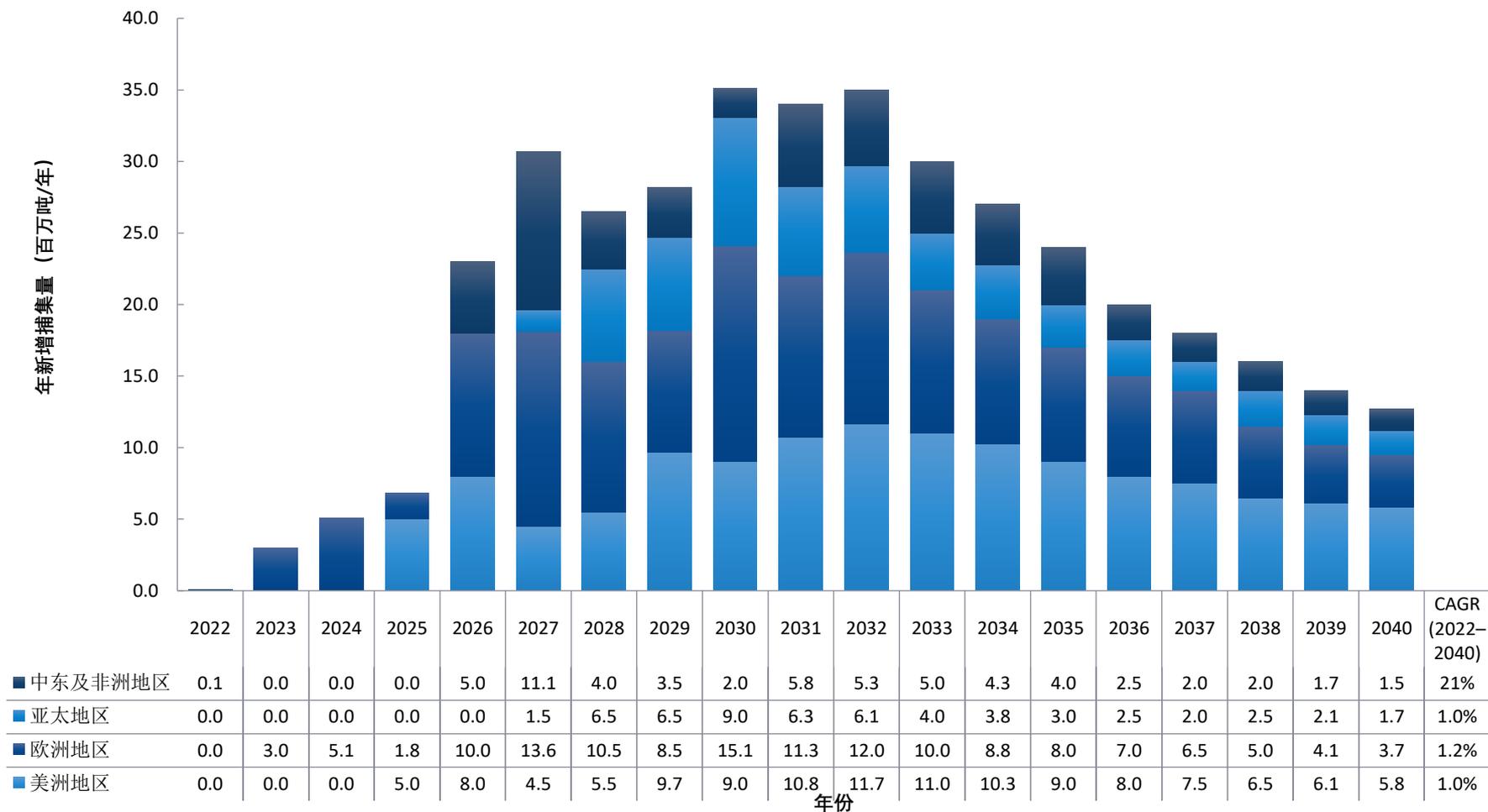
CCUS产业集群：2023-2040年全球各地区收入预测



注：所有数字均四舍五入。中东及非洲基准年为2022年、欧洲为2023年、美洲为2025年、亚太地区为2027年。来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按地区

CCUS产业集群：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测



注：所有数字均四舍五入。中东及非洲基准年为2022年、欧洲为2023年、美洲为2025年、亚太地区为2027年。来源：Frost & Sullivan

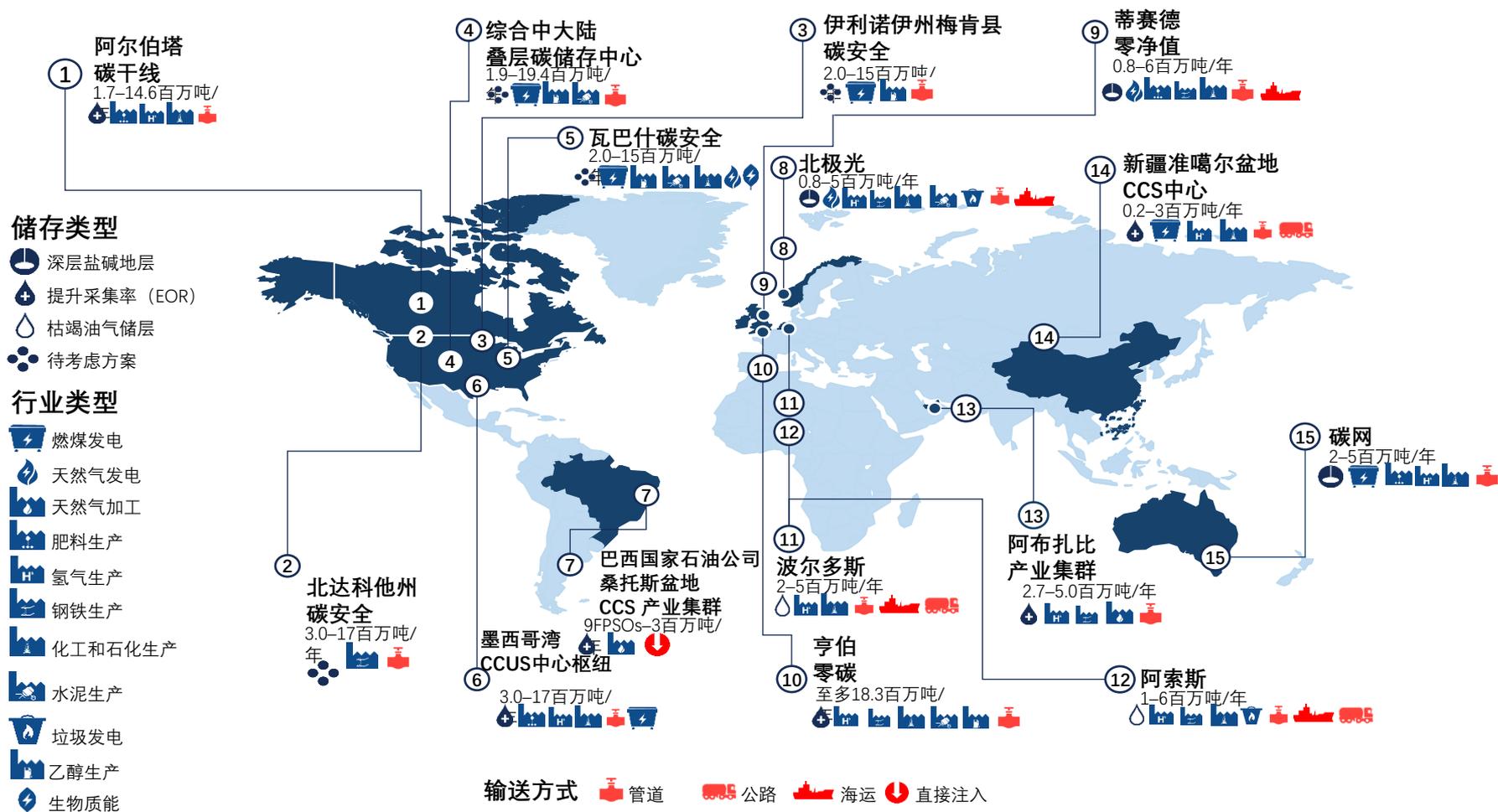
预测分析

- 通过将工业中心与共享的二氧化碳运输和封存基础设施整合在一起，产业集群和枢纽将在加速采用和部署CCUS项目方面发挥关键作用。
- 通过大规模压缩、脱水、运输和封存工业产业集群排放的二氧化碳，CCUS产业集群有助于降低成本。
- 产业集群可以提高捕集厂和封存点之间的源和汇效率；这将有助于灵活的压缩操作，并减少对每个源压缩厂的要求。
- 虽然项目初期规模过大会增加资本成本，增加融资难度，但从长远来看，工业可以实现规模经济，降低单位成本。
- CCUS产业集群的碳捕集收入预计将从2022年的3.2亿美元增至2030年的27.8亿美元，年复合增长率为（2022—2030）36.2%。预计到2040年，市场规模将下降至6.6亿美元。
- 北极光项目是Equinor—壳牌—道达尔公司在北海主导的项目，是正在开发的最先进枢纽之一。
- 北极光项目预计将于2024年投入运营，将在排放源工厂对二氧化碳进行压缩和液化，然后通过船舶运输到储存地点。
- 该项目将连接英国、德国、瑞典、波兰、荷兰和比利时等不同国家的多个工业产业集群，但其旅程将从挪威的一家废物变能源和水泥厂开始。

来源：Frost & Sullivan

全球运行中和待运行的CCUS中心枢纽和产业集群

CCUS：2023年全球运行中和待运行的中心枢纽和产业集群



来源：Frost & Sullivan



增长机遇分析—氢气制造

CCUS制氢：2022年全球主要增长指标



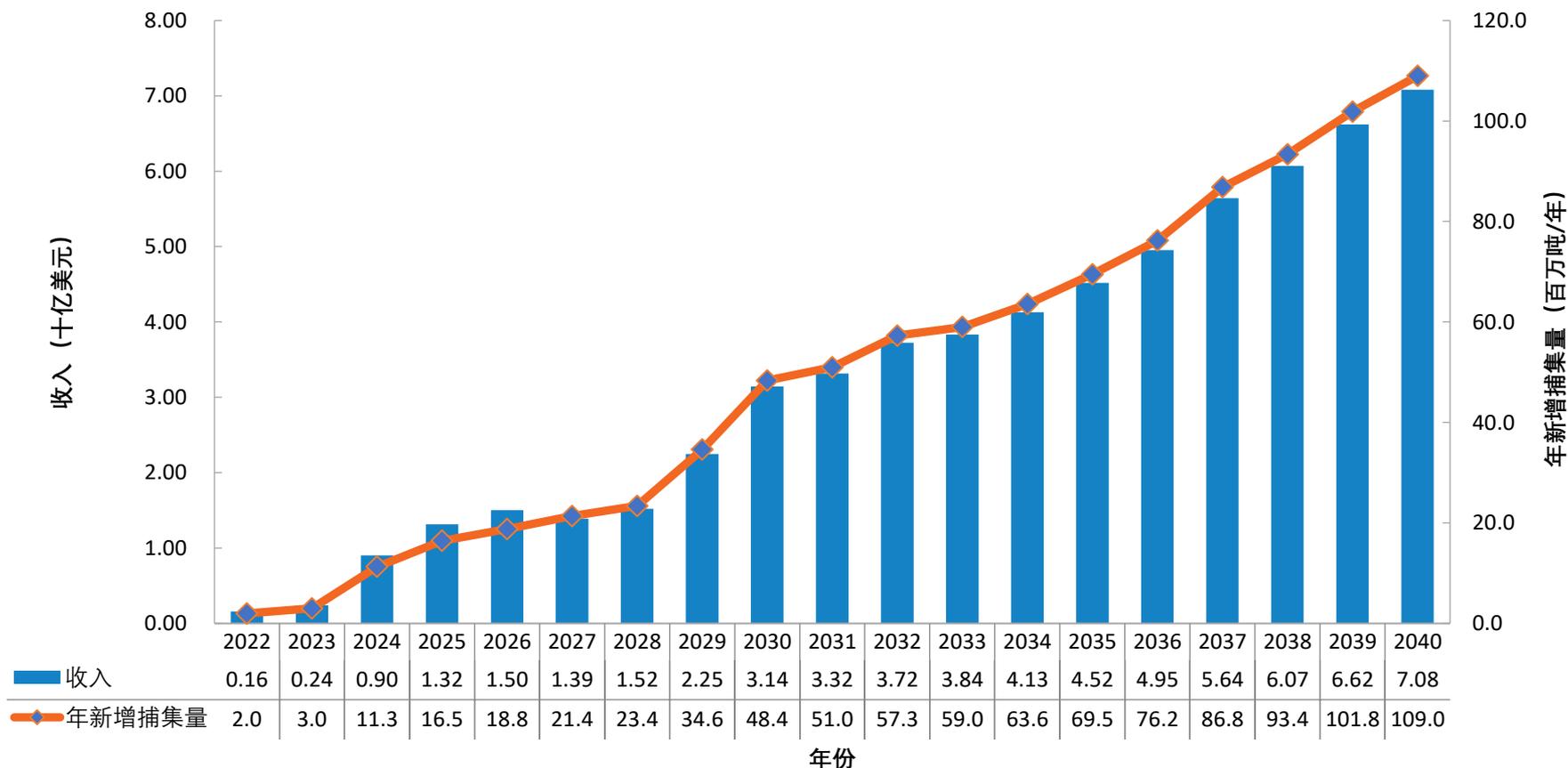
注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入和每年新增捕集量预测

CCUS在制氢行业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测

2022-2040年收入年复合增长率 = 23.4%

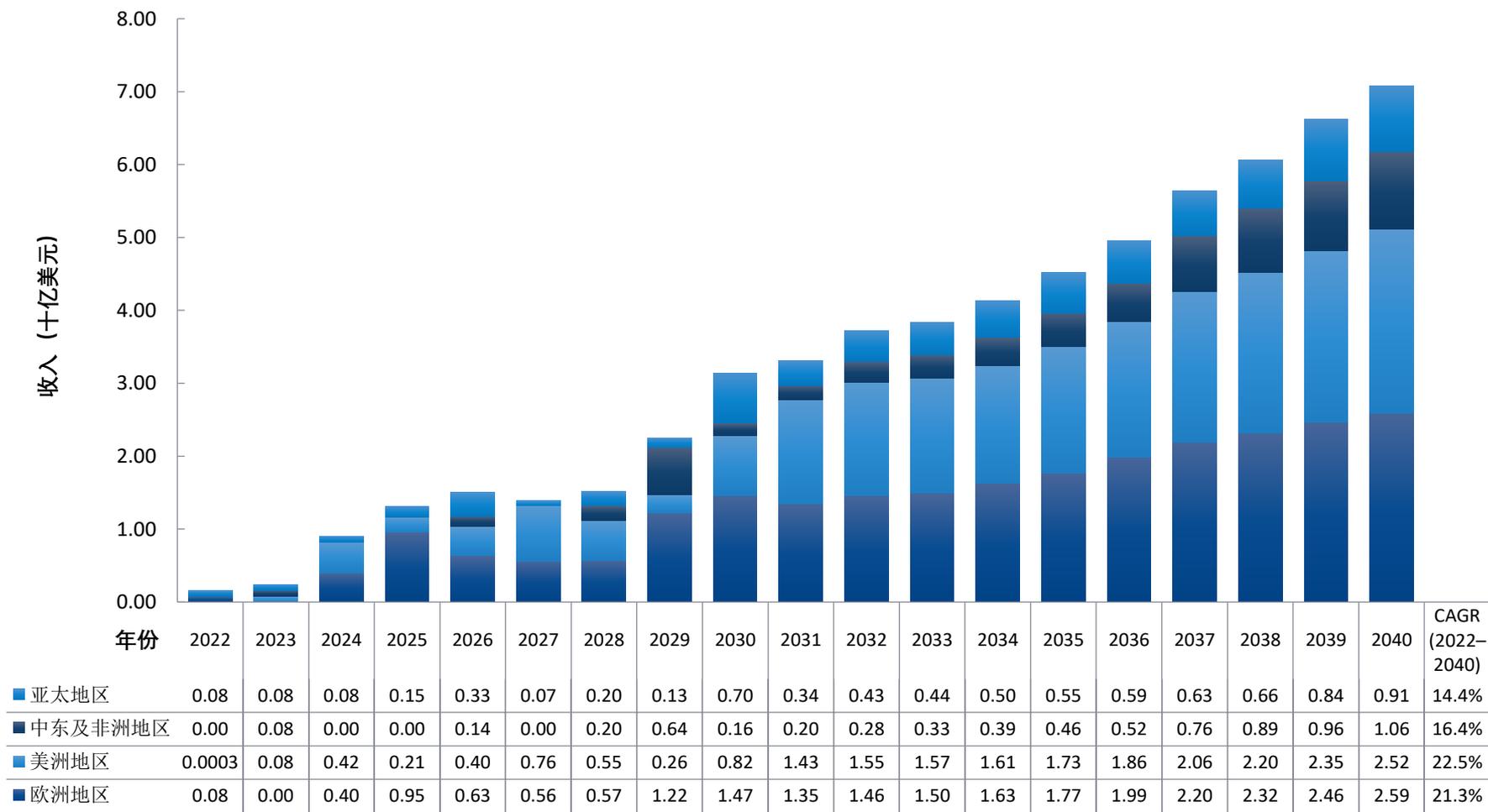
2022-2040年新增捕集量年复合增长率 = 24.9%



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按地区

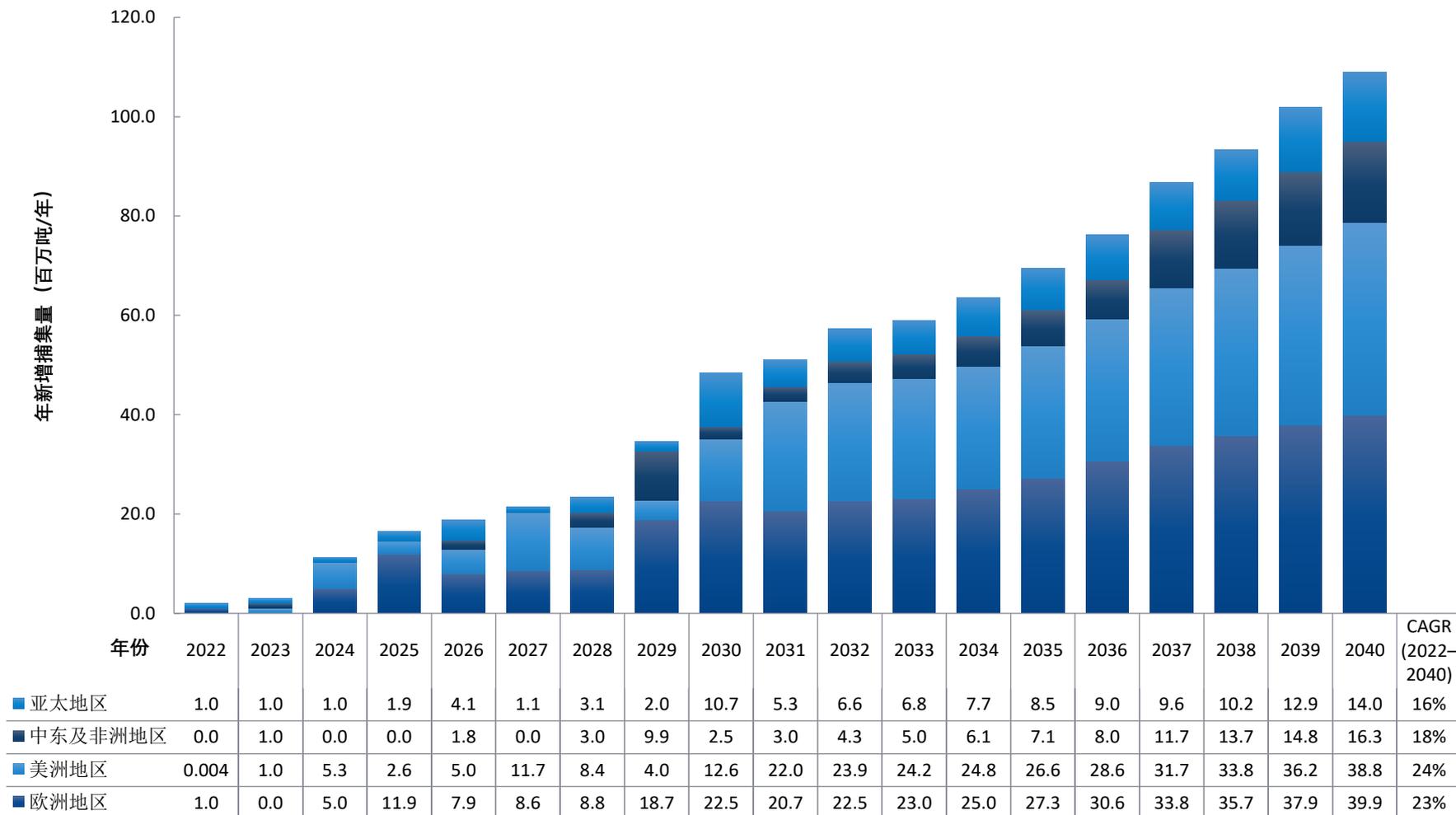
CCUS在制氢行业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测



注：所有数字均四舍五入。亚太地区和欧洲的基准年为2022年，美洲和中东及非洲地区的基准年为2023年。来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按地区

CCUS在制氢行业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测



注：所有数字均四舍五入。亚太地区和欧洲的基准年为2022年，美洲和中东及非洲地区的基准年为2023年。来源：Frost & Sullivan

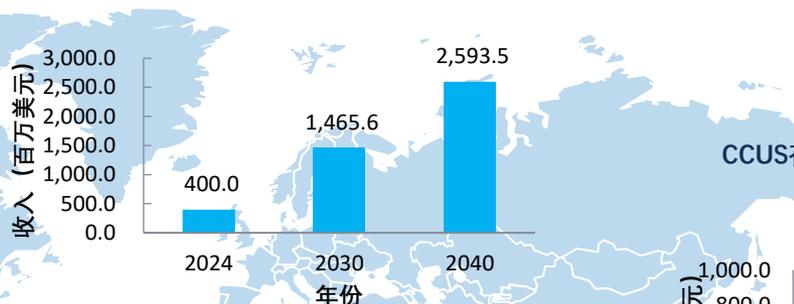
预测分析

- 氢气目前的用途有限，但具有成本效益、低排放的蓝色氢气潜力巨大。在电池不可行的重型运输车辆中，氢有望在替代石油产品方面发挥关键作用。
- 世界上98%的氢气来自煤（通过气化）和天然气蒸汽甲烷重整（SMR）。这两种方法都会在不使用CCS的情况下排放大量二氧化碳，因此是部署CCS的理想选择。
- 随着到2050年实现净零排放的压力不断增大，现有的大量天然气和煤炭制氢厂将必须改装碳捕集设备。应对这一挑战的方法之一是部署模块化解决方案，以节省时间和成本。
- 目前世界上有四家商业规模的SMR制氢厂（设置CCS），合计每年可生产80万吨低碳氢气。
- 预计到2050年，蓝色氢气的年需求量将达到5.3亿吨，二氧化碳减排潜力高达60亿吨。
- 制氢过程中的碳捕集市场收入预计将从2022年的1.6亿美元增长到2040年的70.8亿美元，年复合增长率为23.4%；增长潜力主要集中在美国、欧洲和亚太地区。
- 在北美，制氢过程中的碳捕集应用将主要在美国。北达科他州拥有世界上最大的清洁制氢工厂——大平原合成燃料公司（Great Plains Synfuel）。该厂通过褐煤气化生产约1,300吨氢气。

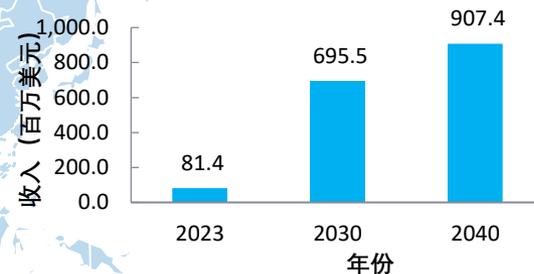
预测分析

- 在亚太地区，中国、印度和东南亚国家将成为CCUS制氢的主要国家，这些国家煤炭资源丰富，天然气需求量大。
- 在美国，氢气需求预计将翻两番，到2050年将达到每年4,100万吨。主要需求将来自炼油和肥料合成氨生产。

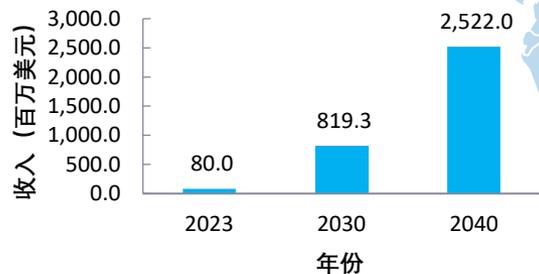
CCUS在制氢行业中的应用：2023年、2030年和2040年欧洲收入预测



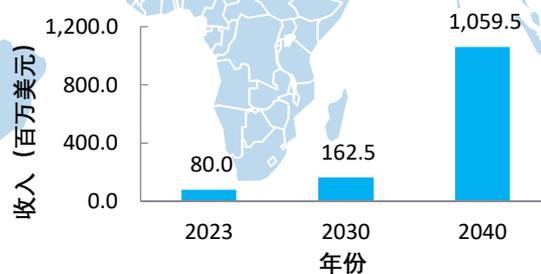
CCUS在制氢行业中的应用：2023年、2030年和2040年亚太地区收入预测



CCUS在制氢行业中的应用：2023年、2030年和2040年美洲收入预测



CCUS在制氢行业中的应用：2023年、2030年和2040年中东及非洲地区收入预测



注：所有数字均四舍五入。所有四个地区2022年的数值都很小或为零；因此，提供的是2023年和2024年的数值。来源：Frost & Sullivan



增长机遇分析—垃圾发电

CCUS在垃圾发电行业中的应用：2023年全球主要增长指标

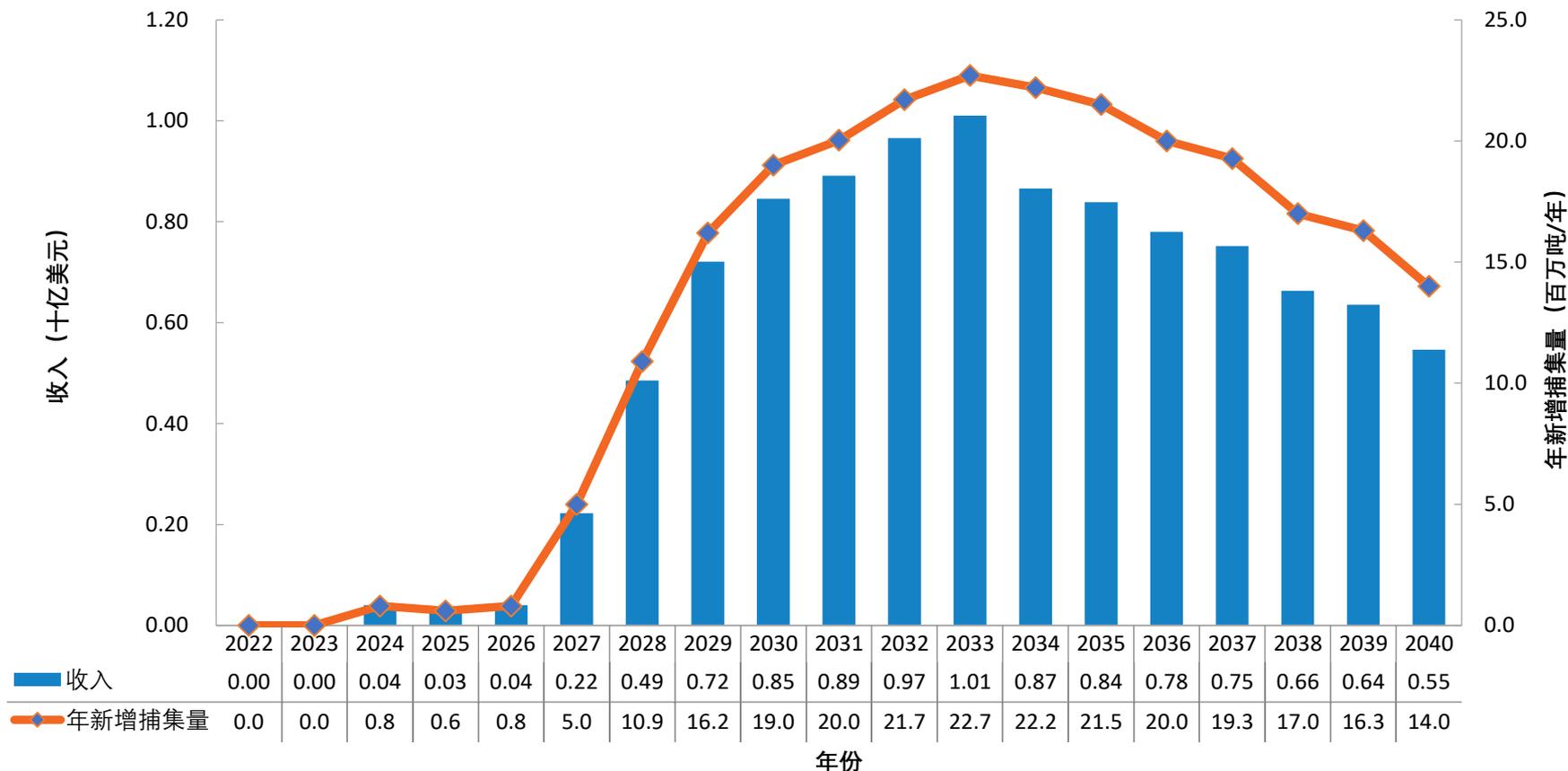


注：2023年没有垃圾发电的新增捕集量和收入；因此提供了2024年的新增捕集量。
所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入和每年新增捕集量预测

CCUS在垃圾发电行业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测

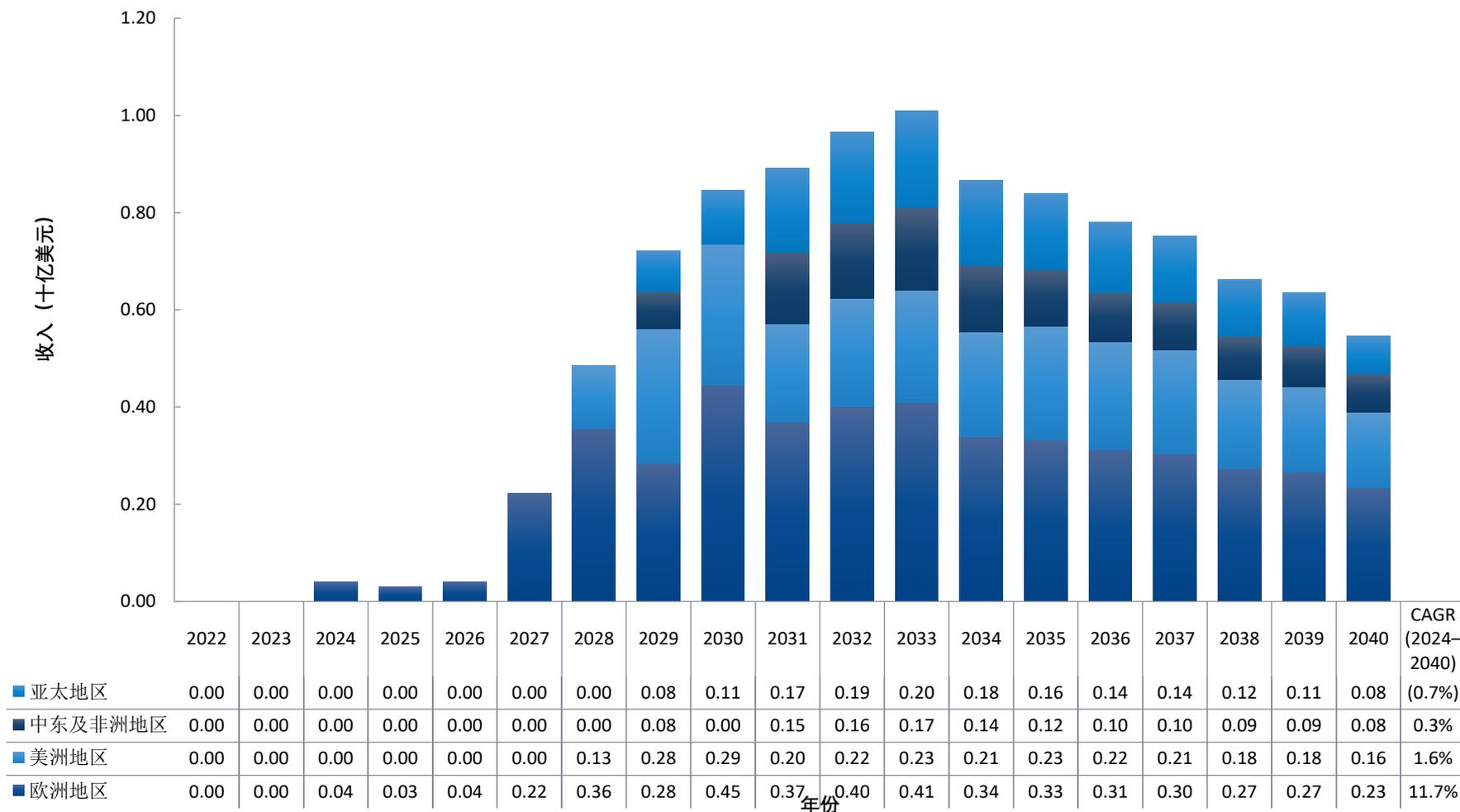
收入年复合增长率：2024-2040年 = 17.7%
 2024-2040年每年新增捕集量年复合增长率 = 19.6%



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

收入预测—按地区

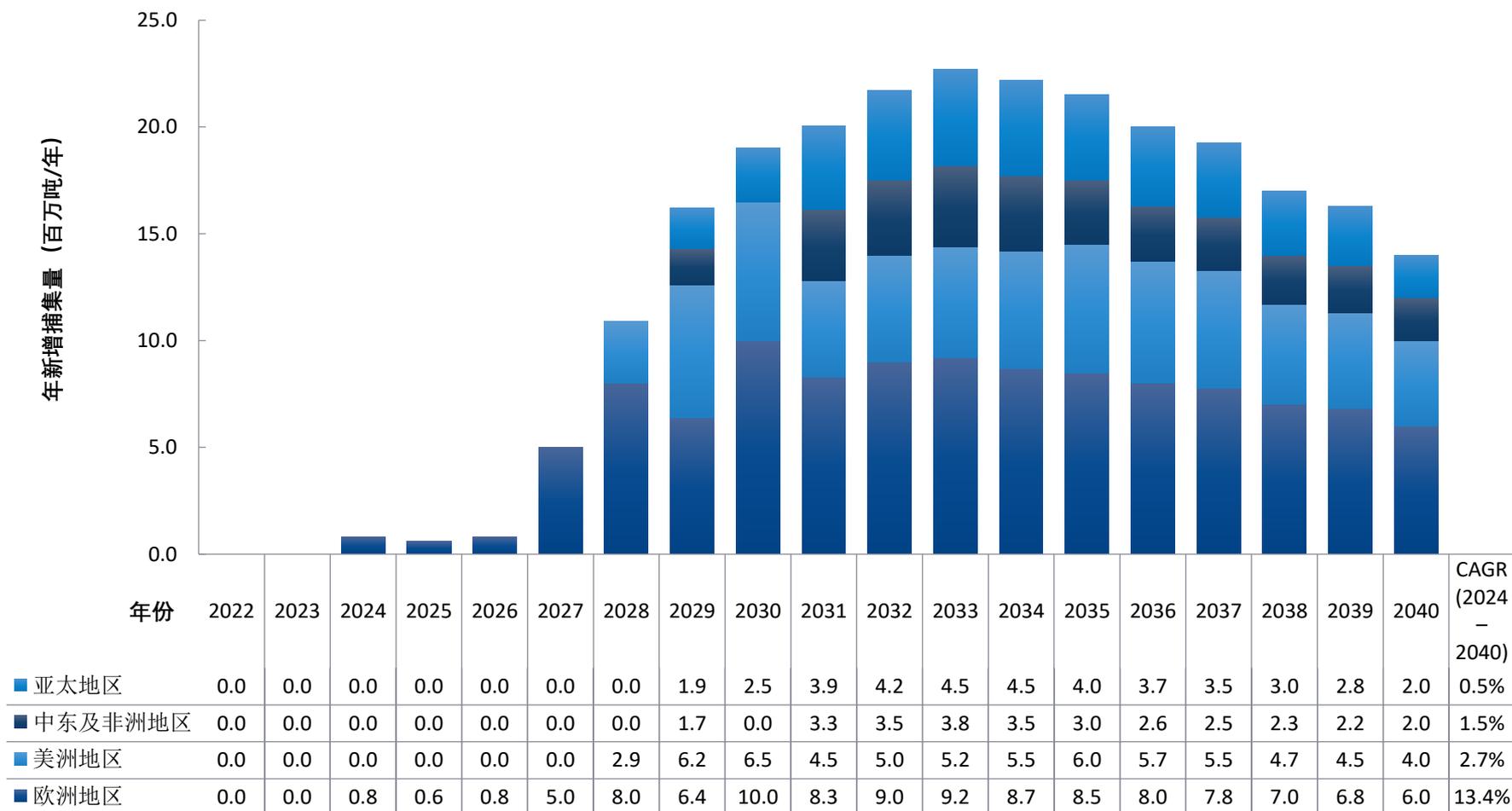
CCUS在垃圾发电行业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测



注：所有数字均四舍五入。欧洲的基准年为2024年，美洲为2028年，中东、非洲和亚太地区为2029年。来源：Frost & Sullivan

每年新增捕集量预测—按地区

CCUS在垃圾发电行业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测



注：所有数字均四舍五入。欧洲的基准年为2024年，美洲为2028年，中东及非洲和亚太地区为2029年。来源：Frost & Sullivan

预测分析

- 到2050年，全球将产生34亿吨垃圾。目前，70%的垃圾被填埋或倾倒，这两种方式都会释放二氧化碳和甲烷等大量污染物。
- 目前，全球有2,430多家垃圾发电厂在运营，预计到2027年将达到2,700家，城市固体废物（MSW）处理能力将达到5.3亿吨。
- 城市固体废物中的生物和非生物成分会对环境产生不利影响；焚烧会导致前者向大气中排放二氧化碳，后者向大气中排放废气。
- 不过，通过垃圾发电厂对城市固体废物进行再处理，产生热量和电力，可以在一定程度上减轻这些风险。
- 每1,000吨城市固体废弃物中含有110吨非生物源废物，这些废物会排放405吨二氧化碳，如果这些非生物源二氧化碳被捕获和储存，这些工厂就可以实现零排放或负排放。
- 垃圾发电的碳捕集市场收入预计将从2024年的4,000万美元增至2040年的5.5亿美元，年复合增长率为17.7%。预计到2033年，该市场将达到10.1亿美元的峰值。
- 高收入地区，如北美的美国和加拿大以及欧洲的英国、荷兰、德国和挪威，往往拥有更多的可回收物，如玻璃、金属、纸张和纸板以及塑料。这些国家将拥有更多的非生物源成分，使其成为CCUS工程建设的潜在候选国。

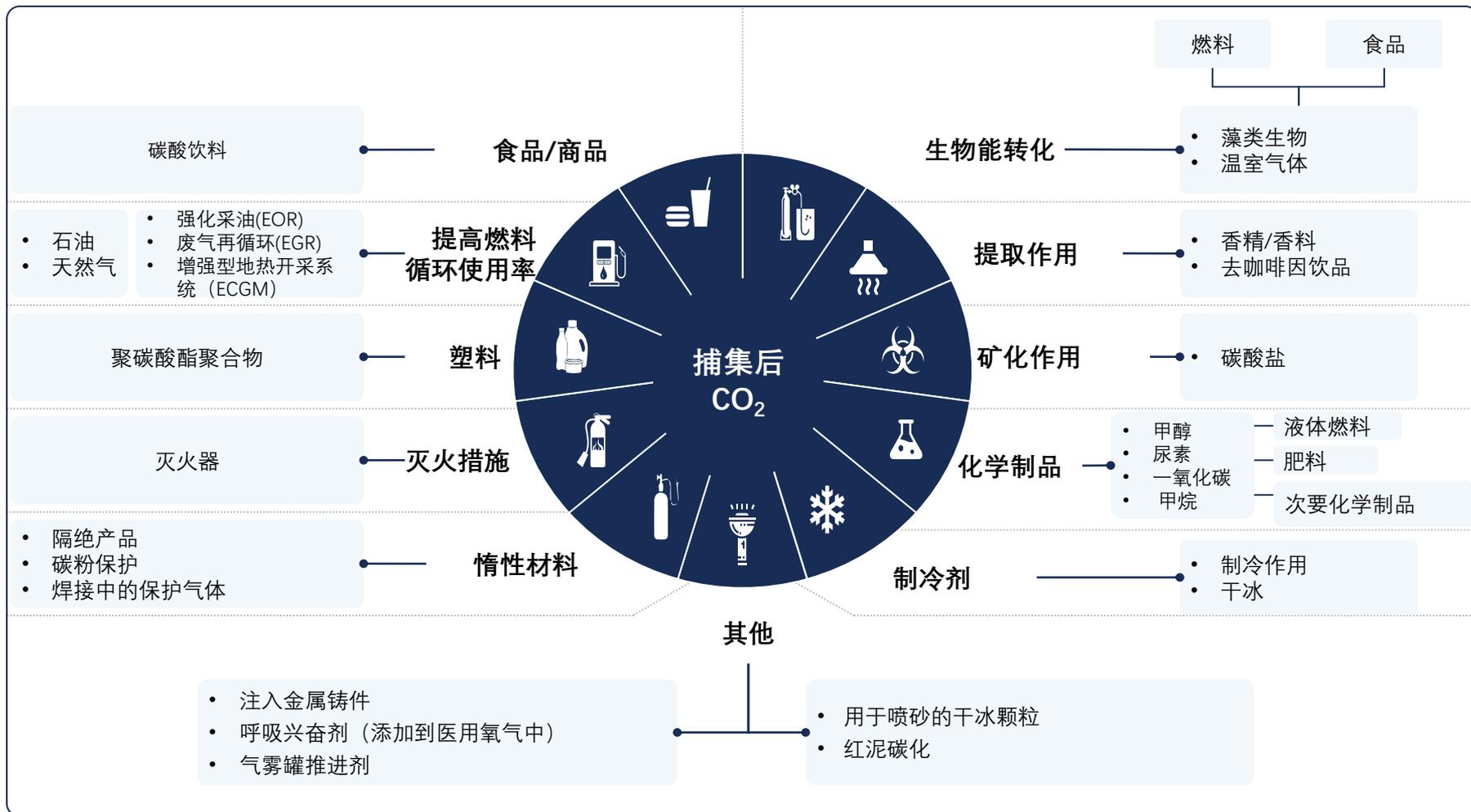
来源：Frost & Sullivan



增长机遇分析—利用

碳捕获与利用及未来发展前景

捕集后二氧化碳利用方式：2023年全球应用实例

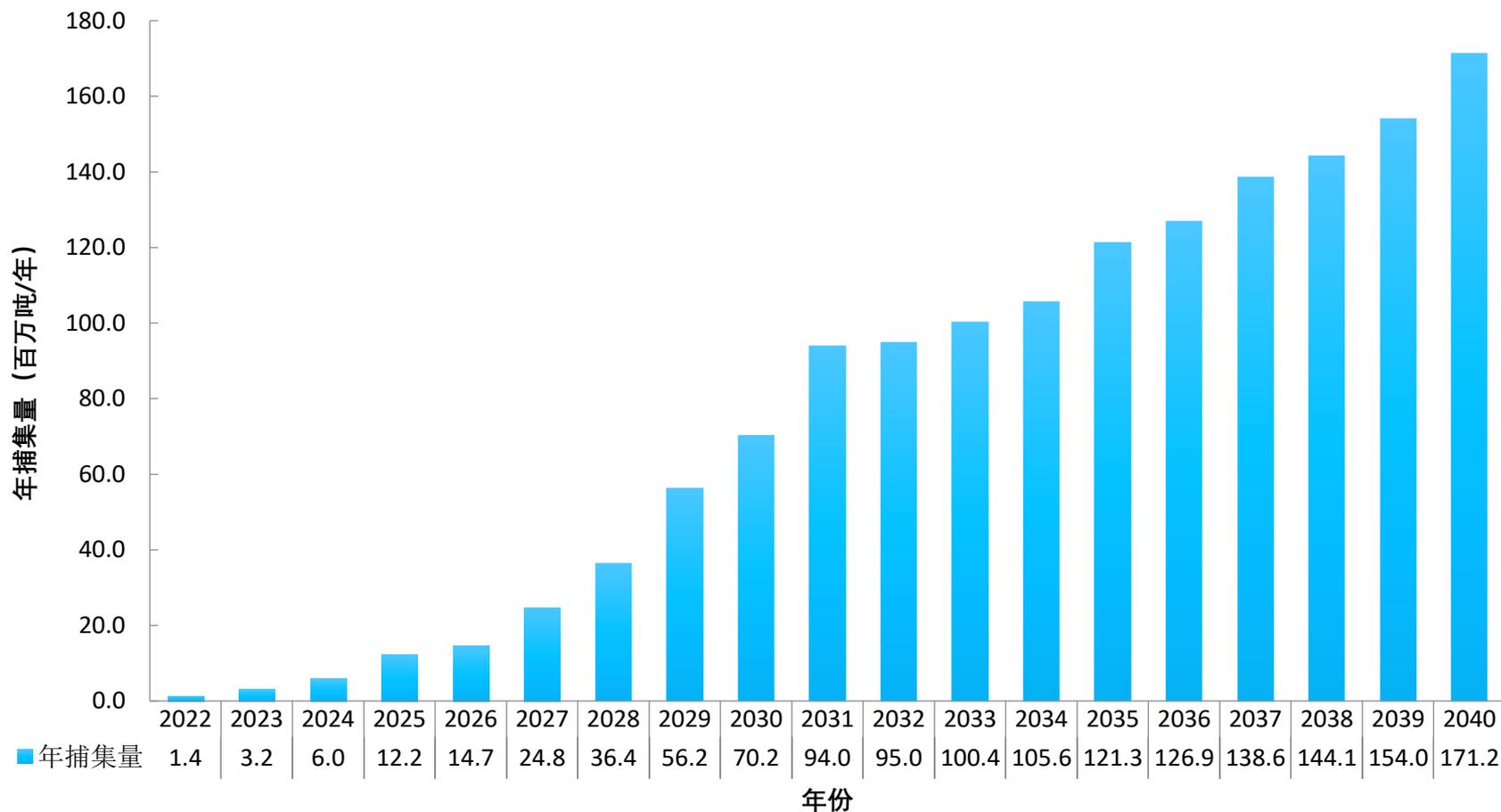


来源：碳利用—重要而有效的脱碳途径，C2ES，2019年8月；Frost & Sullivan

每年捕集量预测

捕集后二氧化碳利用：2022-2040年全球年捕集量预测

年复合增长率：2022-2040 = 30.8%



注：所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源：Frost & Sullivan

化学制品、燃料、塑料和建筑材料转化领域中主要增长潜力

技术研发重点

化学制品

- 仅用水和电将二氧化碳回收为化学制品
- 利用催化剂将二氧化碳转化为乙醇和氧气
- 气体发酵
- 电化学一氧化碳还原反应
- 将二氧化碳直接转化为甲酸
- 将二氧化碳投放到肥料中
- 将二氧化碳转化为草酸
- 低能量催化电化学

燃料

- 利用生物质加工能源将二氧化碳转化为液体燃料
- 化学循环生产合成气
- 负碳生物燃料技术
- 将二氧化碳直接回收为合成气
- 采用双极膜的新型电解槽，可一步将碳酸盐转化为合成气
- 将二氧化碳电解为燃料和化学制品
- 一锅催化法将二氧化碳转化为甲烷
- 将二氧化碳选择性转化为燃料
- 将二氧化碳转化为燃料的吸附剂技术
- 利用二氧化碳排放为动力的光生物反应器培育藻类

最新技术趋势

塑料/塑料替代品

- 利用微生物培养将二氧化碳转化为新型材料
- 藻类聚丙烯腈纤维生产技术
- 将二氧化碳转化为多元醇的催化剂技术
- 将二氧化碳转化为碳纳米管的电解方法
- 电化学分离二氧化碳以生产碳纳米管

建筑材料

- 从大气碳中提取生物炭建筑材料
- 加速碳化技术
- 二氧化碳矿化形成纳米级碳酸钙
- 碳化活化
- 利用化学制品将二氧化碳转化为精细纳米颗粒组合

来源：Frost & Sullivan

关于大气压水平下纯二氧化碳用途的最新研究调查



塑料制品

一般来说，在二氧化碳压力为1帕（Pa）反应时间为3—6小时的条件下，使用均相双核锌和镁催化剂，可以成功地利用烟道空气中的二氧化碳制备聚碳酸酯。为了提高聚碳酸酯的热稳定性，已经进行了多项研究调查。其中一项研究通过在三元共聚物中加入不同种类的环氧化物和环氧丙烷来提高聚碳酸酯的热稳定性，从而使二氧化碳在较低的压力水平（0.06帕）下也能得到有效利用。



化学制品

在CCU技术中，二氧化碳可用于通过氢化获得甲醇（MeOH）。使用碳酸铯(Cs_2CO_3)作为催化剂可降低二氧化碳加压成本。



餐饮业

二氧化碳在食品和饮料行业的应用是作为碳酸化剂生产各种产品，如软饮料和酒精。此外，二氧化碳还可用作防腐剂、包装气体和调味剂的溶剂。在相关行业中，将捕集后二氧化碳用于现场饮料补充无需加压，可大大降低二氧化碳运输成本，从而提高CCU技术的吸引力。



矿物质碳酸化

在优化工艺反应速度和效率方面的快速发展使得矿物碳化工工艺对CCU具有吸引力。在矿物碳化过程中，碱性岩石和/或废料可与捕集后二氧化碳发生反应，生成碳酸盐作为最终产品，如砌块、预制混凝土、预拌混凝土、地坪和其他建筑材料。与其他CCU方法相比，矿物碳化法的优势如下：

- 自发反应，使整个过程的能耗更低
- 与其他技术相比，性质稳定
- 碳酸钙（ CaCO_3 ）市场规模巨大，因此与其他应用相比，该工艺具有相对较大的潜力



生物质能转换

- 生物转化分为两个主要部分：碳固定途径和生物体。生物根据其生长特性、热稳定性、产生的代谢物类型以及对抑制剂的耐受性，表现出不同的碳固定途径。例如，藻类培养是CCU技术中最广为人知的生物应用，即向海洋或其他水体中溶解二氧化碳。藻类吸收二氧化碳的速度很快，而且可以进行基因改造，因此在CCU技术方面具有巨大潜力。
- 另一种前景广阔的CCU技术是种植微藻来生产生物燃料。这种技术的优点是产量更高、可利用土地面积增加、减少大气中二氧化碳的排放以及减少对土地的竞争。

来源：Frost & Sullivan

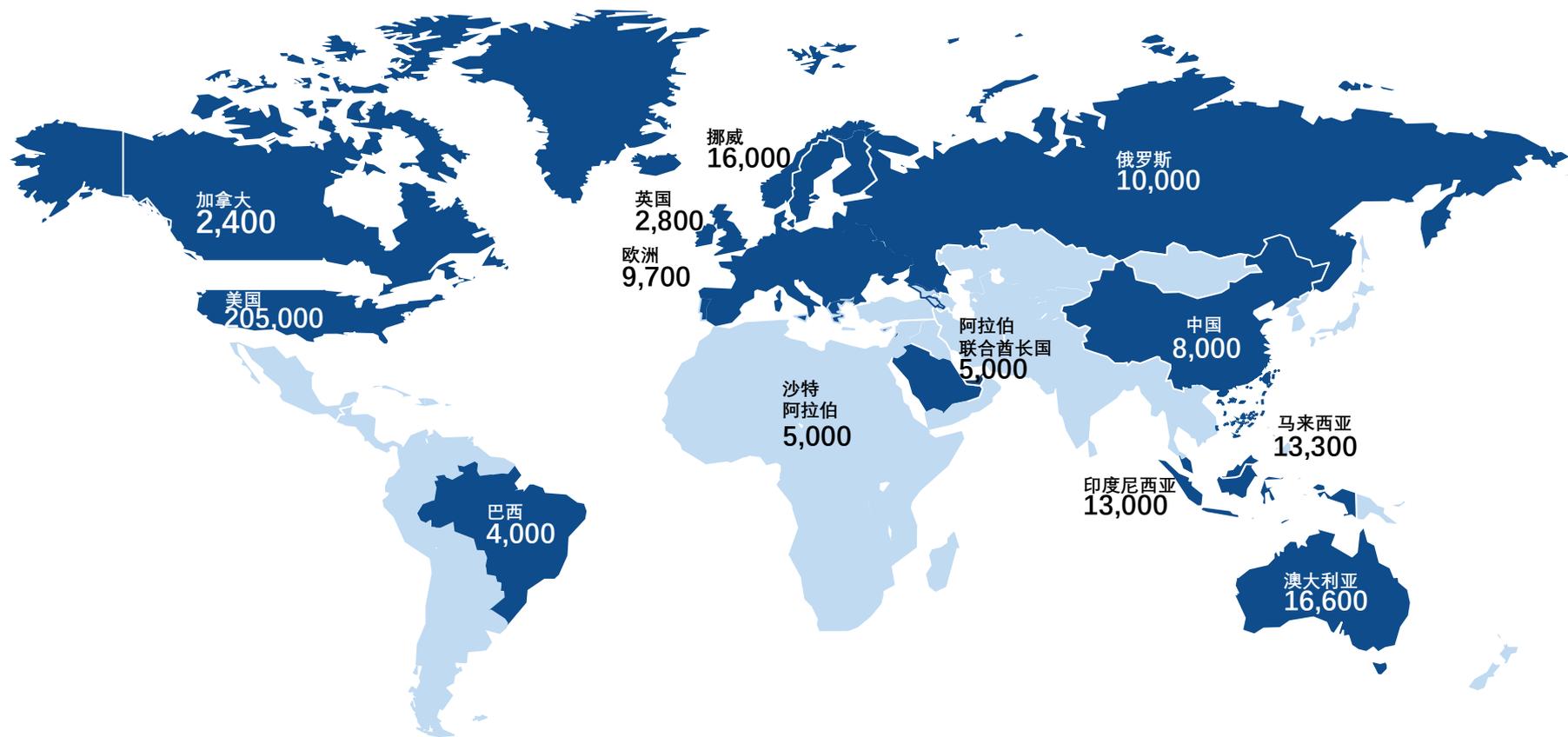


增长机遇分析—封存

全球捕集二氧化碳的封存潜力

尽管全球石油和天然气的地质封存能力足以支持净零排放目标，但并非所有这些封存地点都靠近二氧化碳源；这就增加了运输成本。盐碱地层在全球分布更广，可封存数千万吨二氧化碳。只要政府提供适当的资金和研究，盐碱地就能成为最后一英里连接的重要枢纽。

CCUS：2022年全球主要油气田的二氧化碳封存资源量



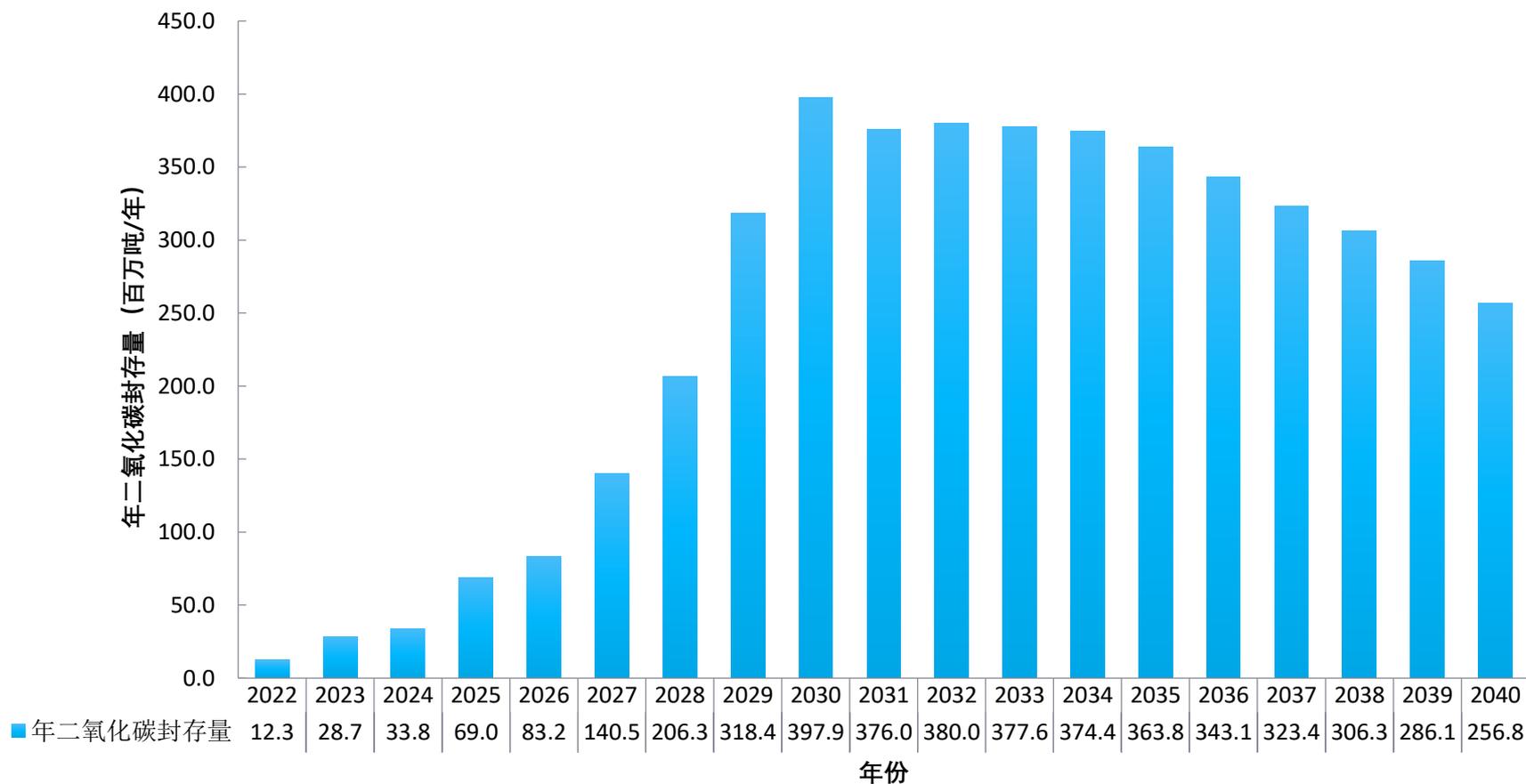
单位：百万吨

来源：Frost & Sullivan

每年二氧化碳封存量预测

CCUS: 2022-2040年全球二氧化碳年封存量预测

年复合增长率: 2022-2040 = 18.4%



注: 所有数字均四舍五入。基准年为2022年。来源: Frost & Sullivan

预测分析

- 二氧化碳的地质封存利用的是地球地下数百万年来封存石油和天然气的相同压力和过程。
- 只要有足够的深度（深度超过800米）和足够的孔隙度和渗透性，大大小小的封存地点都适合注入二氧化碳。
- 许多CCUS项目利用枯竭的或现有的油气田来封存捕集后二氧化碳，这不仅是因为这些油气田的捕集量大，还因为通过地震和地球物理数据可以获得大量有关其结构的知识。
- 全球油气田的总可用捕集量接近3,000亿吨，比《巴黎协定》设定的净零排放目标高出许多倍。
- 目前的估计显示，90%的捕获二氧化碳被储存起来，储存市场预计将从2022年的12.3百万吨/年增长到2040年的256.8百万吨/年，年复合增长率为18.4%。
- 虽然油气田有能力储存捕集后二氧化碳，但其地理分布有限，二氧化碳与最近的油气田之间的距离较大，从而增加了运输成本。
- 盐碱地层的岩层与油气田的岩层相似，但含水质量较差，这种情况很普遍。与油气田相比，这些盐碱地层的二氧化碳储存能力高达几千亿吨。
- 遗憾的是，由于盐碱地的经济价值较低，政府和私人投资者都没有为盐碱地的研究提供足够的资金。

增长机遇宇宙

增长机遇1：负排放技术

五年内市场规模	>10亿美元	具有增长机遇的相关终端用户行业						适用地区		
		 制造业	 物流业	 金属与矿业	 北美	 西欧				
行动时间线	>五年	 能源与环保业	 化学制品与材料业	 信息与通讯技术业	 拉丁美洲	 非洲				
		 电子与半导体业	 农业、食品与营养业	 政府和公共部门						
		 建筑业	 教育业	 医疗与生命科学业						
基准年	2023	 消费业	 航空航天业	 服务业	 中欧/东欧	 亚太地区				
		 零售业	 国防业	 银行与金融服务业						

Frost & Sullivan确定了10个增长路径，作为确定和评估新增长机遇的杠杆。

 增长路径	 客户与品牌	 销售渠道	 地域扩展	 拓展垂直市场	 竞争策略
	 战略合作伙伴关系	 产品研发	 兼并与收购	 产品发布	 技术与知识产权

来源：Frost & Sullivan

增长机遇1：负排放技术



背景和定义

- 尽管CCUS在实现净零过渡目标方面将发挥关键作用，但还需要更多基于技术的碳清除方法，以抵消运输和工业等技术难度高或成本过高部门的排放。
- 当我们实现净零排放时，仍有2.9Gt的二氧化碳将来自运输和工业部门。负排放技术，如生物能源捕获与封存（Bioenergy CCS）和直接空气捕获与封存（Direct Air Capture CCS），如果部署成功，可以帮助抵消这些难以消减的排放。
- 负排放技术是从大气中净清除二氧化碳。就生物能CCS而言，燃烧加工生物质产生的生物燃料所排放的二氧化碳被称为生物源二氧化碳。这种二氧化碳被认为是净零排放，如果这种生物源二氧化碳被捕获和储存，则被认为是负排放。
- 与BECCS不同，DACCS设施配备了从大气中提取二氧化碳的设备。DACCS的主要优势在于它可以与贮存地点合用同一地点。
- DACCS有潜力捕获29到36千兆吨二氧化碳，但捕获成本非常高，每吨在140到400美元之间，这是因为提高二氧化碳浓度需要大量能源。



呼吁行动

- 一些行业，如运输和航空业，由于清除二氧化碳不切实际，应考虑通过投资负排放技术来转移其营运资本，以抵消其排放并支持净零排放目标。
- 政府应积极制定框架，激励私人参与者和初创企业支持其研发活动，从而加快创新技术的发展。
- 英国石油公司（BP）、壳牌石油公司（Shell）和雪佛龙公司（Chevron）等大型企业集团以及谷歌（Google）、微软（Microsoft）和国际商业机器公司（IBM）等IT巨头可以支持小型创新技术初创公司加快研发进程，并使更多的客户能够获得这些技术。
- 项目所有者和利益相关者应开发可持续的价值链和商业模式，从原材料供应到运输和捕集二氧化碳的储存，这对BECCS工厂的成功部署至关重要。
- 参与者需要游说提高二氧化碳的市场价格。为了实现投资价值，二氧化碳的价值应高于捕集成本。在大多数地区，使用BECCS捕集二氧化碳的平均成本为每吨二氧化碳50到100美元，而目前的碳价格为每吨二氧化碳40到80美元，这使得BECCS的吸引力降低。

来源：Frost & Sullivan

增长机遇2: CCUS即服务

<p>五年内市场规模</p>	<p>>10亿美元</p>	<p>具有增长机遇的相关终端用户行业</p>						<p>适用地区</p>	
<p>行动时间线</p>	<p>至少3—5年</p>	 制造业	 物流业	 金属与矿业业	 <p>北美</p>	 <p>西欧</p>			
<p>基准年</p>	<p>2023</p>	 能源与环保业	 化学制品与材料业	 信息与通讯技术业	 <p>拉丁美洲</p>	 <p>非洲</p>			
		 电子与半导体业	 农业、食品与营养业	 政府和公共部门	 <p>中欧/东欧</p>	 <p>亚太地区</p>			
		 建筑业	 教育业	 医疗与生命科学业					
		 消费业	 航空航天业	 服务业					
		 零售业	 国防业	 银行与金融服务业					

Frost & Sullivan确定了10个增长路径，作为确定和评估新增长机遇的杠杆。

 <p>增长路径</p>	 <p>客户与品牌</p>	 <p>销售渠道</p>	 <p>地域扩展</p>	 <p>拓展垂直市场</p>	 <p>竞争策略</p>
	 <p>战略合作伙伴关系</p>	 <p>产品研发</p>	 <p>兼并与收购</p>	 <p>产品发布</p>	 <p>技术与知识产权</p>

来源: Frost & Sullivan

增长机遇2：CCUS即服务



背景和定义

- 高昂的资本成本和可预见的投资风险促使CCUS市场进行商业模式创新。CCUS即服务（CCUSaaS）是一种综合服务，将涵盖运营商减少二氧化碳排放所需的一切。
- 在这种商业模式中，客户只需为每吨二氧化碳付费，而服务提供商将在整个价值链中处理二氧化碳—从排放点到永久封存。
- 在CCUS即服务中，服务提供商将帮助客户建立碳捕集工厂。运输和储存则由其战略合作伙伴负责。
- 这种商业模式将使刚刚接触CCUS概念的客户受益匪浅，因为他们不需要为融资、合同管理以及与长期储存责任相关的风险而烦恼。



呼吁行动

- 由于CCUS市场相当未知且不可预测，与资本投资相关的风险非常高。CCUS即服务可以帮助降低这些风险。
- 技术开发商可与产业集群运营商建立战略伙伴关系，处理客户排放的整个价值链；这将使他们成为成功实施CCUS即服务模式的催化剂。
- 不了解CCUS且风险吸收能力较低的小型和新排放者可与服务提供商合作，后者可在从捕获到储存的整个价值链中负责其排放。
- CCUS项目是资本密集型项目，需要持续投资。考虑到所涉及的固有风险，小型排放者将没有能力投入如此巨额的资金。与服务提供商建立战略伙伴关系可以降低这种风险。

来源：Frost & Sullivan

增长机遇3: CCUS工厂模块化

五年内市场规模	5亿—10亿美元	具有增长机遇的相关终端用户行业			适用地区	
行动时间线	1—3年	 制造业	 物流业	 金属与矿业业	 北美	 西欧
		 能源与环保业	 化学制品与材料业	 信息与通讯技术业	 拉丁美洲	 非洲
		 电子与半导体业	 农业、食品与营养业	 政府和公共部门	 中欧/东欧	 亚太地区
基准年	2023	 消费业	 航空航天业	 服务业		
		 零售业	 国防业	 银行与金融服务业		

Frost & Sullivan确定了10个增长路径，作为确定和评估新增长机遇的杠杆。

 增长路径	 客户与品牌	 销售渠道	 地域扩展	 拓展垂直市场	 竞争策略
	 战略合作伙伴关系	 产品研发	 兼并与收购	 产品发布	 技术与知识产权

来源: Frost & Sullivan

增长机遇3：CCUS工厂模块化



背景和定义

- 尽管CCUS将在实现净零过渡目标方面发挥关键作用，但还需要实施更多基于技术的碳清除措施，以抵消运输和工业等技术难度大或成本过高的部门的排放。
- 当我们实现净零排放时，交通和工业部门仍将排放2.9千兆吨二氧化碳。负排放技术，如生物能源捕获与封存（Bioenergy CCS）和直接空气捕获与封存（Direct Air Capture CCS），如能成功应用，将有助于抵消这些难以消减的排放。
- 负排放技术是从大气中净清除二氧化碳。就生物能CCS而言，燃烧加工生物质产生的生物燃料所排放的二氧化碳被称为生物源二氧化碳。这种二氧化碳被认为是净零排放，如果这种生物源二氧化碳被捕获和储存，则被认为是负排放。
- 与BECCS不同，DACCS设施配备了从大气中提取二氧化碳的设备。DACCS的主要优势在于它可以与贮存地点合用同一地点。
- DACCS有潜力捕获29到36千兆吨二氧化碳，但捕获成本非常高，每吨在140到400美元之间，这是因为提高二氧化碳浓度需要大量能源。



呼吁行动

- 一些行业，如运输和航空业，由于清除二氧化碳不切实际，应考虑通过投资负排放技术来转移其营运资本，以抵消其排放并支持净零排放目标。
- 政府应积极制定框架，激励私人参与者和初创企业支持其研发活动，从而加快创新技术的发展。
- 英国石油公司（BP）、壳牌石油公司（Shell）和雪佛龙公司（Chevron）等大型企业集团以及谷歌（Google）、微软（Microsoft）和国际商业机器公司（IBM）等IT巨头可以支持小型创新技术初创公司加快研发进程，并使更多客户能够获得这些技术。
- 开发从原材料供应到运输和封存捕集后二氧化碳的可持续价值链和商业模式，对于成功部署BECCS工厂至关重要。
- 参与者需要游说提高二氧化碳的市场价格。为了实现投资价值，二氧化碳的价值应高于捕集成本。在大多数地区，使用BECCS捕集二氧化碳的平均成本为每吨二氧化碳50到100美元，而目前的碳价格为每吨二氧化碳40到80美元，这使得BECCS的吸引力降低。

来源：Frost & Sullivan

增长机遇4: CCUS工业综合产业集群和中心枢纽

五年内市场规模	5亿—10亿美元	具有增长机遇的相关终端用户行业			适用地区	
行动时间线	1—3年	 制造业	 物流业	 金属与矿业业	 北美	 西欧
基准年	2023	 能源与环保业	 化学制品与材料业	 信息与通讯技术业	 拉丁美洲	 非洲
		 电子与半导体业	 农业、食品与营养业	 政府和公共部门	 中欧/东欧	 亚太地区
		 建筑业	 教育业	 医疗与生命科学业		
		 消费业	 航空航天业	 服务业		
		 零售业	 国防业	 银行与金融服务业		

Frost & Sullivan确定了10个增长路径，作为确定和评估新增长机遇的杠杆。

 增长路径	 客户与品牌  战略合作伙伴关系	 销售渠道  产品研发	 地域扩展  兼并与收购	 拓展垂直市场  产品发布	 竞争策略  技术与知识产权
---	---	--	---	--	---

来源: Frost & Sullivan

增长机遇4：CCUS工业综合产业集群和中心枢纽



背景和定义

- 早期的CCUS项目采用点对点模式。过去，储存场地只有单一的源和汇。在许多情况下，这种模式在经济上并不可行，特别是对于较小的场地而言。
- 通过将工业中心与二氧化碳运输和储存基础设施共享，产业集群和中心将在加速CCUS项目部署方面发挥关键作用。
- CCUS产业集群通过对工业产业集群排放的二氧化碳进行大规模压缩、脱水、运输和封存，有助于降低成本。
- 产业集群可以提高捕集厂和封存点之间的源汇效率。这将有助于实现灵活的压缩操作，并减少在每个源头建立压缩厂的要求。
- 尽管项目初期规模过大会增加资本成本，增加融资难度，但从长远来看，工业可以实现规模经济，降低单位成本。



呼吁行动

- 全球各国政府应支持产业集群的发展，为项目提供共同资金，并让各产业集群认识到枢纽的益处。
- CCUS产业集群有可能成为去碳化战略的神经系统。各行业利益相关者与政府之间的规划和协调将是项目成功开发的关键。
- 小型排放者可以通过加入这些产业集群来优化其资本成本。产业集群内的客户将共同承担基础设施和组织成本方面的责任。
- 在碳捕集运行期间，即使一个（或多个）排放者发生故障，储存提供商也可以将储存地点与排放者组合连接起来，以保持供应。这将降低与点对点CCUS项目相关的风险，因为如果排放者合作伙伴无法做出积极的最终投资决策，该项目可能会被终止。

来源：Frost & Sullivan

附录

公司目录

序号	公司名称
1	Carbon8Systems
2	Sumitomo
3	Svante
4	Fluor
5	Velocys
6	Carbon Engineering
7	Climework
8	Carbfix
9	Linde
10	Worley
11	Global Thermostat
12	CO2Solutions (Saipem)
13	MAN Energy Solutions
14	ABB
15	Siemens
16	HoneywellUOP
17	Emerson
18	Lanza Tech
19	1PointFive

序号	公司名称
20	CarbonCure Technologies Inc
21	Solidia Technologies
22	Recoval
23	Industrial Climate Solutions
24	Twelve
25	Carbon Recycling International (CRI)
26	Carbon Infinity
27	Blancair
28	Aircapture
29	Noya
30	Aircela
31	AspiraDAC
32	Haldor Topse
33	Wood Plc
34	Technip Energies
35	Bechtel
36	Clean Energy Systems
37	Carbon Upcycling Technologies
38	CHART

来源：Frost & Sullivan

公司目录

序号	公司名称
39	Airhive
40	Capture6
41	Carbominer
42	Carbon Blade
43	Heirloom
44	Removr
45	Samsung Engineering
46	GS Engineering
47	Kiewit
48	Halliburton
49	ASCO
50	Entropy Inc
51	Mitsui
52	CarbonFree
53	Inventys
54	JGC
55	Equinor
56	TotalEnergies
57	Chevron

序号	公司名称
58	ExxonMobil
59	Occidental
60	Saudi Aramco
61	ADNOC
62	British Petroleum
63	Eni
64	Blue Planet Systems

来源：Frost & Sullivan



下一步行动

下一步行动

增长管线™评估

1

让您的增长团队高管参与在线调查，对您的增长能力进行高水平评估

参与量身定制的增长管线探讨™

2

与我们的咨询团队深入探讨，了解新的发展机遇

制定增长管线™ 审核方案及 GPaaS™ 解决方案

3

与您的Frost & Sullivan顾问联系，踏上成长之旅

为什么选择沙利文，为什么是现在？

沙利文的专业知识

工作经验

- 60年的全球服务经验
- 投资者、企业和政府信赖的合作伙伴

覆盖范围

- 产业融合，全面覆盖
- 遍布全球以满足客户需求

分析工具

- 创新孵化器™驱动6个分析视角
- 定制化增长工具和框架

最佳范例

- 增长管线引擎™ 和企业行动路线™
- 10个增长路径：最佳实践基础

客户影响力

- 未来发展潜力：通过合作实现最大化
- 增长管线：源源不断的增长机遇
- 增长战略：已验证的最佳实践方案
- 创新文化：客户体验优化
- 投资回报率和利润：优秀的执行力
- 变革性增长：行业领先地位

图表目录

图表名称	页码
CCUS：2022年、2030年和2040年美洲终端用户行业的市场份额	17
CCUS：2022年、2030年和2040年欧洲终端用户行业的市场份额	18
CCUS：2022年、2030年和2040年亚太地区终端用户行业的市场份额	19
CCUS：2022年、2030年和2040年中东及非洲地区终端用户行业的市场份额	20
CCUS：2022年全球主要增长指标	28
CCUS：2023-2040年全球增长驱动因素	29
CCUS：2023-2040年全球增长制约因素	33
CCUS：2022-2040年全球收入和每年新增捕集量预测	38
CCUS：2022-2040年全球终端用户行业收入预测	39
CCUS：2022-2040年全球主要分离技术收入预测	40
CCUS：2022-2040年全球各地区收入预测	41
CCUS：2023年、2030年和2040年全球终端用户行业收入百分比预测	42
CCUS：2022-2040年全球终端用户行业每年新增捕集量预测	47
CCUS：2022-2040年全球主要分离技术每年新增捕集量预测	50
CCUS：2022-2040年全球各地区每年新增捕集量预测	54
CCUS：2022年全球主要参与者的市场份额	56
CCUS在电力行业中的应用：2022年全球主要增长指标	59
CCUS在电力行业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测	60

图表目录

图表名称	页码
CCUS在电力行业中的应用：2022-2040年全球燃料类型收入预测	61
CCUS在电力行业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测	62
CCUS在电力行业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测	63
CCUS在电力行业中的应用：2023年、2030年和2040年欧洲燃料类型收入百分比预测	65
CCUS在电力行业中的应用：2023年、2030年和2040年美洲燃料类型收入百分比预测	65
CCUS在电力行业中的应用：2023年、2030年和2040年中东及非洲燃料类型收入百分比预测	65
CCUS在电力行业中的应用：2023年、2030年和2040年亚太地区燃料类型收入百分比预测	65
CCUS在重工业中的应用：2022年全球主要增长指标	67
CCUS在重工业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测	68
CCUS在重工业中的应用：2022-2040年全球燃料类型收入预测	69
CCUS在重工业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测	70
CCUS在重工业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测	71
CCUS在重工业中的应用：2022年、2030年和2040年欧洲按产品类型分列的收入百分比预测	73
CCUS在重工业中的应用：2022年、2030年和2040年美洲地区按产品类型分列的收入百分比预测	73
CCUS在重工业中的应用：2026年、2030年和2040年按产品类型分列的中东及非洲收入百分比预测	73
CCUS在重工业中的应用：2023年、2030年和2040年亚太地区按产品类型分列的收入百分比预测	73
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022年全球主要增长指标	75
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测	76

图表目录

图表名称	页码
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022-2040年全球燃料类型收入预测	77
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测	78
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测	79
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2024年、2030年和2040年欧洲按业务类型划分的收入百分比预测	81
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2023年、2030年和2040年美洲地区按业务类型划分的收入百分比预测	81
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2025年、2030年和2040年中东及非洲地区按业务类型划分的收入百分比预测	81
CCUS在石油和天然气行业中的应用：2023年、2030年和2040年亚太地区按业务类型划分的收入百分比预测	81
BECCS：2022年全球主要增长指标	83
BECCS：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测	84
BECCS：2022-2040年全球各地区收入预测	85
BECCS：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测	86
DACCS：2022年全球主要增长指标	89
DACCS：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测	90
DACCS：2022-2040年全球各地区收入预测	91
DACCS：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测	92
CCUS产业集群：2022年全球主要增长指标	95
CCUS产业集群：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测	96
CCUS产业集群：2023-2040年全球各地区收入预测	97

图表目录

图表名称	页码
CCUS产业集群：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测	98
CCUS：2023年全球运行中和待运行的枢纽和产业集群	100
CCUS在制氢行业中的应用：2022年全球主要增长指标	102
CCUS在制氢行业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测	103
CCUS在制氢行业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测	104
CCUS在制氢行业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测	105
CCUS在制氢行业中的应用：2023年、2030年和2040年欧洲收入预测	107
CCUS在制氢行业中的应用：2023年、2030年和2040年美洲收入预测	107
CCUS在制氢行业中的应用：2023年、2030年和2040年中东及非洲地区收入预测	107
CCUS在制氢行业中的应用：2023年、2030年和2040年亚太地区收入预测	107
CCUS在垃圾发电行业中的应用：2023年全球主要增长指标	109
CCUS在垃圾发电行业中的应用：2022-2040年全球收入和新增捕集量预测	110
CCUS在垃圾发电行业中的应用：2022-2040年全球各地区收入预测	111
CCUS在垃圾发电行业中的应用：2022-2040年全球各地区年新增捕集量预测	112
捕集后二氧化碳利用方式：2023年全球应用案例	115
捕集后二氧化碳利用率：2022-2040年全球年捕集量预测	116
CCUS：2022年全球主要油气田的二氧化碳封存资源量	120
CCUS：2022-2040年全球二氧化碳年封存量预测	121

免责声明

Frost & Sullivan不对公司或用户提供的任何错误信息负责。定量市场信息主要基于访谈，因此会有波动。Frost & Sullivan研究服务是向特定客户群提供的有限出版物，其中包含有价值的市场信息。客户在订购或下载时确认，Frost & Sullivan研究服务仅供内部使用，不得用于一般出版或向第三方披露。未经书面许可，不得向非客户提供、出借、转售或披露本研究服务的任何部分。此外，未经出版商许可，不得以任何形式或通过任何手段—电子、机械、影印、录制或其他方式—复制、在检索系统中存储或传输任何部分。

有关许可的信息，请致函：permission@frost.com

©2023 Frost & Sullivan。保留所有权利。本文件包含高度机密信息，是Frost & Sullivan的专有财产。未经Frost & Sullivan书面批准，不得分发、引用、复制或或以其他方式翻印本文件的任何部分。

F R O S T & S U L L I V A N

*The Growth Pipeline™ Company
Powering clients towards aFuture shaped by growth*