

能源与石油天然气行业： 循环经济的战略与实践



提高可持续发展绩效，构建更具韧性的运营模式

dss⁺

Protect. Transform. Sustain.

内容摘要

想象一个没有浪费的世界，在这里每一种产品和材料都能被尽可能长时间地循环利用。这正是循环经济的核心——一个创新框架，重新定义了资源和环境管理的方式。

对能源、石油和天然气行业来说，采纳循环经济的原则变得越来越重要。面对碳排放和资源枯竭等重大挑战，循环经济的实践提供了一种有效的解决方案。通过延长材料使用周期和再利用废物，行业可以向着脱碳目标迈进，还能增强其整体的可持续性。

全球范围内，尤其是在欧洲，能源及石油与天然气（O&G）行业正见证循环经济倡议所带来的转型成效。从拉丁美洲到非洲再到亚太地区，各地的成功案例展示了这些实践如何提升效率、减少环境影响，并创造新的商机。

为了支持循环经济原则的整合，dss+ 开发了一套特定的评估框架，用以评价石油和天然气行业参与者的循环性。框架包括一个全面的九步方法，重点关注治理结构、采购、运营、废物减少及替代性收入流等关键领域。培养支持这些原则的企业文化，加速整个组织中推动这些策略的落地。

循环经济不仅仅是一个理念；它已成为能源及石油与天然气行业的战略必需品。通过整合原则，企业不仅能够应对迫在眉睫的环境问题，还能为增长和提高适应性开辟新的道路。

循环经济

定义

循环经济的概念可以通过与自工业革命以来主导的传统经济模式进行对比来更好地理解。传统经济模式的缺点越来越明显，这对社会、环境和企业产生了负面影响。

传统模式是一个线性的过程：提取原材料、制造产品、短暂使用后将其丢弃，即所谓的“取 - 造 - 用 - 弃”周期。这种做法导致了几个不利的后果：

- 耗尽自然资源；
- 导致废物的积累和环境退化，包括土地、水和空气的污染；
- 增加了温室气体的排放；
- 经济价值的损失，因为本可以重复使用或回收的资源反而被浪费了。

与线性“取 - 造 - 废”经济模式不同，**循环经济是一种经济愿景，在这种模式下，产品和材料在第一次使用后不会变成废物。**它描绘了一个经济体系，其中产品和材料能够尽可能长时间地保持使用；当它们无法继续使用时，它们会被转化为新产品或新材料，而不是被丢弃到垃圾填埋场，甚至更糟的是，最终流入环境。

根据国际标准化组织（ISO）¹ 的定义，循环经济是一种经济系统，它采用系统性的方法保持资源的循环流动，通过回收、保留或增加资源的价值，同时促进可持续发展。

2024 年 5 月 22 日，ISO 发布了一套新的标准，旨在帮助实现向循环经济的过渡。这些标准标志着国际上首次对循环经济的定义和规则进行统一。新发布的标准为循环经济的定义、基于经济模型的商业运营以及其监测和评估提供了统一的框架。

这一经济模式带来了环境和财政上的双重效益。通过不断回收和再利用材料和产品，可以帮助稳定主要商品的供应链、最大化经济价值，同时应对资源稀缺和气候变化带来的挑战。

我们离实现这一愿景仍有很长的路要走；相关研究估计，全球经济中不到 9% 是循环的。然而，在废物预防方面，全球范围内的行动势头不容忽视，受到监管、企业举措、投资以及消费者需求的推动。²

“

相关研究表明，全球经济中仅有不到 9% 采用了循环经济模式。

¹ISO 59004:2024 circular economy – vocabulary, principles, and guidance for implementation <https://www.iso.org/standard/80648.html>

² https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/3a/a6/3aa67ad0-4e7c-46c8-8b10-0c6d097f35cf/circular_economy_-_interativo.pdf

循环经济的核心原则

循环经济在很多方面可视为源自古老的智慧；这是自古以来人类所遵循的生活方式，直至工业革命的兴起。

然而，现代循环经济的理念和实践，得益于一些先行者，如瑞士建筑师沃尔特斯塔赫尔（Walter Stahel），以及诸如艾伦·麦克阿瑟基金会（Ellen MacArthur Foundation）这样的组织的推动。

按照艾伦·麦克阿瑟基金会的定义，循环经济具有以下几个核心特点：

- 保持产品和材料的长期使用寿命；
- 消除废物和污染，减少健康风险，保护野生动物及其栖息地；
- 恢复自然系统。

实现循环经济的方法多种多样。以下是一些目前在日常产品或服务中应用的常见方法（图 1）。



图 1：循环经济原则与案例

ISO 59004 将循环经济的行动分类为以下几类，
图 2 展示了为循环经济的核心目标。

图 2：ISO 59004 将循环经济的行动进行分类

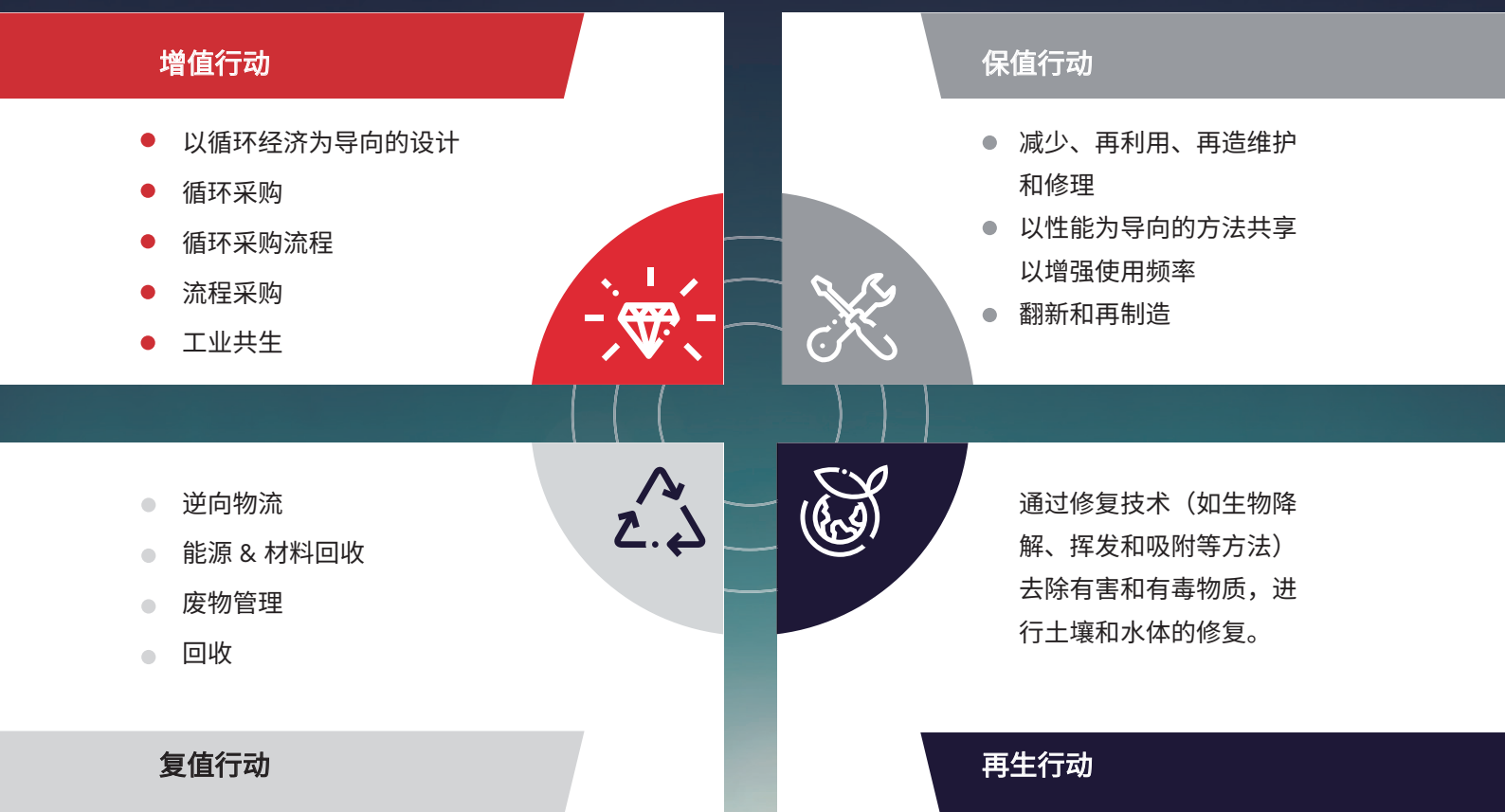




图 3：废物等级结构

循环经济可视化

循环经济的概念可以通过废物等级结构简要解释，通常用“4R”（减少、再利用、回收和恢复）来概括。该结构根据产品和材料保持其价值的 ability，对循环经济策略进行排名。以下是简要概述以及一些来自能源、石油和天然气行业的例子：



减少

最有效的策略是从源头上防止废物的产生。

在石油和天然气行业，通过高效的项目规划和流程优化，可以显著减少不必要的材料使用及相关废物的产生。一个例子是优化钻井过程，以减少切屑和未使用的材料。



再利用

接下来是优先考虑再利用产品和材料。

在这一行业，再利用可能包括重新利用生产中的副产品，例如将钻井废料用作建筑材料，或将使用过的托盘和油桶退还给供应商用于未来的运输。此外，过期的催化剂和化学品也可以退还给供应商，而不是进行处置。另一个例子是电动汽车（EV）的锂离子电池也可重新用于太阳能储能系统。



回收

回收是指对材料进行加工以创造新产品。尽管回收对环境有益，但由于所涉及的能源和成本，它并不总是最能保持价值的方式。

在石油和天然气行业，回收可能包括再加工铁质金属和玻璃。然而，回收过程中也存在一些挑战，如回收复杂聚合物的困难，以及缺乏处理生物塑料的回收基础设施。



能源回收

这指的是将废物转化为能源，例如通过焚烧产生电力或热能。虽然这种方式可以有效防止环境污染，但也存在一些缺点，如材料价值的损失、空气排放以及潜在的污染风险。

石油和天然气行业可能会使用废物转能源（waste-to-energy）技术处理混合废物或危险废物。堆肥和有机废物的厌氧消化是另一种回收方法，分别可以产生富含营养的有机物料或生物甲烷。



处置

处置是废物等级结构中优先级最低的选项，通常意味着未能有效实施循环经济实践。

在能源、石油和天然气行业中，处置方法的环境影响各异。填埋、乱丢或无能源回收的焚烧不仅未能优先考虑废物的预防、再利用或回收，而且还错过了将现有废物转化为未来原材料的机会，从而无法通过降低资源强度和减少对进口依赖来增强经济韧性。

循环经济

从战略到行动

循环经济在推动经济脱碳以及帮助能源、石油和天然气行业实现其目标方面发挥着至关重要的作用。其背后的大多数活动具有净碳效益，能够帮助公司实现脱碳目标：例如，使用回收材料而非原生资源，能够减少多达 80% 的碳含量，特别是在塑料等材料中。

建议采用系统性的方法，来识别哪些循环经济干预措施最适合，并能对每家公司产生最大影响，同时将循环经济理念嵌入到日常运营中。为了优先实施这些干预措施，建议各公司根据一系列预定义的标准（图 6）对可行的解决方案进行筛选验证。



实施努力

技术成熟度（区域内的技术成熟度）：指技术在该地区的普及程度或应用水平，通常通过其他公司在废物处理过程中使用该技术的数量来衡量。较少人知晓或未广泛测试的技术会得到较低评分，而那些已在该地区成功实施的技术将获得较高评分。

兴趣程度：基于个别公司是否愿意进行技术转移的主观评估。积极推进的公司通常获得较高评分。



技术成本

国家、地区和国际层面的处理成本：评估与当前处理技术的处置费用相比的商业影响（无论是负面还是正面），包括每吨或每立方米的处理成本。



环境评估

CO2 排放：根据 IPCC2021 年《全球变暖潜力值（GWP100）》标准，这一评估方法基于 IPCC《AR6 气候变化 2021》报告中的生命周期评估（LCA）方法，专门用于废物管理。

循环经济评估标准：根据废物等级结构定义，在等级结构的顶部（即最有效的废物管理方案）会获得更高的评分，并应优先考虑。相比之下，专注于废物处置或仅为能源处理的技术（位于金字塔底部）得分较低。将废物作为原材料用于其他流程能带来额外的环境效益（因此得分较高），因为避免了原材料的使用。

图 6：多标准方法，用于确定应优先考虑的循环经济解决方案

dss⁺ 如何提供帮助？

许多能源和石油天然气行业的公司，甚至其他行业的公司，尚未完全实现其循环经济承诺和战略。

为此，基于现有最佳实践，dss⁺ 提供了一套逐步流程，帮助将循环经济转化为实际行动。

为了确保循环经济战略的有效性，关键在于将其融入公司核心流程和商业决策，而非将其视为独立的项目。³

可评估的方面包括：

- 如何将材料相关的考量纳入商业战略；
- 循环经济标准如何影响财务决策（如：投资、并购）；
- 如何在采购决策中嵌入循环经济标准。



³ https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2023-08/China%27s%20Circular%20Economy%20Transition_%20Challenges%20and%20Solutions%20Ahead.pdf

dss* 建议遵循 9 个具体步骤来制定循环经济战略。一些步骤已在现有客户项目中实施。

1.

定义边界

设定明确的边界，包括特定的地点、海上作业、公司或特定材料，并将这些边界作为战略的一部分进行考虑。

2.

识别并衡量运营过程中产生的废物流

进行基准物料清单（以重量为度量单位），特别关注在选定的边界内物料的流动进出。标准化和全面的测量系统在循环经济战略中起着至关重要的作用。

3.

识别主要废物来源

根据以下 3 个标准对废物热点进行排名：（a）废物的质量；（b）生态价值（如处置成本或丧失的资源价值）；（c）废物的危险性，或是这三者的加权组合。

4.

定义循环经济措施

为每个物料流定义可能的循环经济措施，特别是针对废物热点，采取减少、再利用、回收和恢复措施，遵循废物层级结构，并计算实施这些措施的成本。

5.

设定预算

为废物最小化措施设定预算，并考虑这些措施带来的价值和长期收益，确保财务资源与预期的节省成本相一致。

6.

设定目标

为废物预防、再利用、回收和恢复设定目标，这些目标应与优先活动和分配的预算相一致。

7.

识别利益相关者

识别实施所需的人员资源，以及他们的技能提升 / 培训需求。有时，所需的利益相关者并不直接为公司工作，而是承包商、供应商、客户或其他合作伙伴。同时，要明确所需的合作伙伴关系。

8.

实施战略

循 PDCA（计划 – 执行 – 检查 – 行动）方法论，确保战略的逐步推进和调整。

9.

跟踪进展

确保定期跟踪进展，并在问题出现时及时解决。



© 2024 DSS Sustainable Solutions. All rights reserved.

图 7：dss+ 循环经济实施框架

鉴于能源和石油天然气行业的特点，最具潜力的循环经济机会包括：

- **建立循环经济治理框架：**通过设立有效的监督结构，确保循环经济战略与公司核心业务战略紧密融合，并与其他可持续发展议题相协调。
- **营造循环经济文化：**确保员工理解废物预防的重要性，并具备为此目标做出贡献的能力。通常，结合定期辅导、培训和新流程的实施，推动文化在公司内部的落实。
- **制定循环经济采购标准：**将循环经济标准与财务、绩效、质量及可持续性标准相结合，融入采购决策中，并通过定期审计确保承包商遵守相关废物管理和循环经济法规。
- **在运营中，最具潜力的机会包括：**
 - **减少废物：**通过优化流程、提高材料效率和实施可持续实践，减少资源消耗和处置成本；
 - **设立替代收入来源：**例如，处理来自其他行业的副产品或废料，开辟新的盈利途径；
 - **与价值链中的各方合作：**与技术供应商、承包商、竞争对手和客户等合作，促进循环经济目标的实现。

能源与石油天然气行业案例

在许多国际石油公司（IOCs）的官方网站上，可以找到多个成功实施循环经济的案例。通过分析这些案例，我们发现实现循环经济并没有单一的标准方法。建议：

- 选择的循环经济战略应着重解决关键问题，特别是针对主要的废物来源，考虑其重量、体积、毒性及经济价值。
- 管理废物的努力不仅应关注减少废物的产生，还应创造商业价值。这包括提升副产品的价值、提高资源效率，或开发新的商业模式。当前，循环经济已被证明对全球能源公司具有显著的经济利益。因此，在评估投资和支出时，企业也必须考虑到这些举措可能带来的收入潜力。



监管现状

循环经济的概念正在全球范围内逐步纳入国家战略和法律。

目前，全球已有超过 30 个国家制定了相关的路线图和战略，另外还有十多个国家的政策处于草案阶段。虽然欧洲在立法方面处于领先地位，但这一局面正在迅速发生变化。拉丁美洲、非洲和亚太地区的多个国家也开始引入与循环经济相关的立法。以下信息概述了当前全球的监管环境，并特别涵盖了海湾合作委员会（GCC）国家的相关情况。



图 4：循环经济全球监管现状概览

来源：dss+ 战略政策情报团队内部研究



立法

欧盟无可争议地是全球循环经济立法的领导者。欧盟在 2015 年通过了首个《循环经济行动计划》作为政策战略文件，并于 2020 年发布了第二版。这两份文件为循环经济相关的立法方向设定了明确目标。

在第二个计划中，具有重要意义的立法内容涵盖了对内部贸易以及进口的影响，主要包括以下几个方面：

- A. 电子产品与信息通信技术 (ICT)：**修订了《生态设计指令》（2009），目前正在转变为《可持续产品生态设计条例》（ESPR）。新版指令在原有的电气电子产品能效要求基础上，增加了耐用性、可修复性、资源使用效率以及微塑料排放等新要求。
- B. 关于塑料的立法**
 - a. 一次性塑料指令（2021）：通过禁令和其他限制措施，覆盖了欧盟海滩上 70% 的垃圾。该指令重点针对 10 种常见的一次性塑料（如餐具、吸管、棉签等）以及渔具。
 - b. 化学品立法 REACH（化学品注册、评估、许可和限制）修订：旨在控制由清洁剂、涂料和化妆品等产品产生的微塑料。当前正在讨论为纺织品的微塑料释放制定测量标准。
 - c. 包装和包装废弃物指令修订（待定）：旨在到 2030 年实现欧盟市场上所有包装的可回收性，并减少包装中原材料的使用。可能的措施包括，针对成员国层面减少包装废弃物的目标，以及从 2030 年起，要求二级和一级包装具备最低回收内容目标。
- C. 新电池法规：**该法规对 2006 年的旧指令进行了现代化修订，要求在电池生命周期结束时进行再利用、再制造或回收。此外，法规还要求最低含量的回收钴、铅、锂和镍，并采用分阶段的实施方式，计划从 2026 年到 2036 年逐步推进。
- D. 建筑材料与产品的回收内容要求：**修订后的《建筑产品法规》引入了对建筑材料和产品的回收内容要求。虽然欧盟已有的建筑材料回收目标仍然有效，但许多成员国在执行时面临挑战，这些目标大多是通过将建筑材料降解再利用（如用于回填）来实现的。
- E. 企业信息披露：**《企业可持续报告指令》（CSRD）要求欧盟内一定规模以上的公司披露一系列环境和社会影响，包括资源使用情况。标准 ESRSE5 要求公司设定可衡量的资源使用和循环经济目标，监测资源的流入与流出，制定减少原生资源使用的计划，并建立跟踪和验证绩效的机制。

其他相关的监管和金融发展

除了欧盟范围内的立法，欧盟不同成员国以及地方和区域当局也相继出台了基于欧盟立法的循环经济激励措施和法规。

例如，2020年，法国通过了《循环经济法》，推出了该地区最为严格的一些相关法规。此外，市政府和地方政府也在制定并推出区域性和地方性的行动计划、要求和措施。公共采购是欧盟公共当局具有特别影响力的工具，因为它占欧盟 GDP 的约 14%，即每年约 2 万亿欧元。

最为显著的是，欧盟正在通过其融资项目和机构推动循环经济。例如，欧盟委员会运营的 LIFE（环境金融工具）和 Horizon2020 资金计划已资助了 100 多个与循环经济相关的创新项目。同样，欧盟的两大多边金融机构——欧洲投资银行（EIB）和欧洲复兴开发银行（EBRD）也已成为循环经济项目指定了资金，并正努力从私营部门筹集更多资金，以支持此类项目。

深入分析

塑料的化学回收与先进回收的监管

这一话题仍然充满争议，明确的立法尚在等待中。塑料的先进回收是石油化工、能源和石油天然气行业日益投资的创新领域。热解（pyrolysis）作为主要的化学回收方式，被认为能够解决那些无法通过机械回收处理的“难回收”塑料问题。业内认为，这些塑料包括柔性塑料、聚苯乙烯、聚氨酯等。* 化学回收项目的数量持续增加——壳牌、埃克森美孚、陶氏化学、杜邦、雷普索尔、巴斯夫等公司都进行了显著投资。行业显然对此类项目存在需求，并且正在从立法层面寻求明确性。

“

从立法角度来看，问题的核心在于，经过热解处理后，塑料中有多少比例可以被视为“回收”内容。

从立法角度来看，关键问题在于热解后的塑料中，哪些部分可以被视为“回收”内容。随着技术的快速进展以及各方缺乏透明度，当前尚不清楚热解油（作为回收过程中的中间产物）中有多少转化为塑料，有多少进一步精炼为航空燃料和重型运输燃料。根据一些估算，大约25%的热解油转化为聚合物，而75%转化为燃料，但这一比例会因技术进步和不同运营商的操作而有所不同。

问题在于，用于能源的聚合物既不被欧盟，也不被美国环保署（EPA）视为回收材料。同时，不同国家之间的政策存在差异；例如，英国和西班牙都为先进回收项目提供了与机械回收相同的税收豁免。

尽管总体而言，化学回收市场正在增长，但业内人士认为，若能提供更清晰的立法框架，可能会进一步推动投资。从立法角度来看，核心问题在于，热解后的塑料中，有多少比例可以被视为“回收”内容。

美洲

在北美，循环经济在立法中的应用主要集中在地区层面，且重点集中在塑料问题上——在美国和加拿大超过一千项相关措施中，许多都针对塑料袋和吸管。然而，自 2023 年以来，加拿大一直在努力将法国《废物与循环经济法》的一些元素转化为联邦法律。具体来说，加拿大修改了《消费者保护法》，规定到 2026 年，特定电子产品必须具备可修复性，并引入了反绿洗立法，旨在确保消费者获得关于购买产品环境影响的准确信息。尽管如此，北美的许多循环经济措施仍然零散，尚未形成像欧盟及其成员国那样由整体国家立法或战略所引导。

在美国，环保署（EPA）的《国家回收战略》（NRS）和《防止塑料污染的国家战略草案》表明*，其重点主要是废物回收，尤其是塑料材料流的回收。NRS 主要关注城市固体废物的机械回收；如前所述，它目前尚未涉及化学回收聚合物的问题，尽管 EPA 已明确表示，它不认为将非危险固体废物转化为燃料或燃料替代品是回收的一部分。

拉丁美洲和加勒比地区的多个国家，包括智利、秘鲁、哥斯达黎加和哥伦比亚，已经制定并开始实施围绕循环经济的国家战略和路线图，尤其聚焦于消费品、包装和工业废物的管理。

* https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-04/Draft_National_Strategy_to_Prevent_Plastic_Pollution.pdf

亚太地区



亚太地区的多个国家，包括印度、越南、印尼和澳大利亚等，正在制定或已出台关于循环经济的国家立法。例如，印度在 2023 年制定了循环经济路线图，旨在减少塑料废物，并开始采取措施逐步淘汰一次性塑料并促进回收。

中国在其第十四个五年计划（2020-2025）中设定了 3 个与资源相关的目标：

- 扩大全国回收中心网络；
- 培训循环经济领域的专业人员；
- 提高公众对废物预防重要性的认知。

GCC

海湾合作委员会各国的环境政策越来越重视循环经济原则，具体措施和进展因国家而异。



科威特

科威特新环境保护法：尽管科威特尚未明确制定国家级的循环经济战略，但其环境保护法强调废物管理、污染减少和自然资源保护，这些都是循环经济的核心内容，表明科威特在推进循环经济原则方面采取了间接方法。



阿曼

阿曼愿景 2040：尽管阿曼愿景 2040 未明确提出循环经济政策，但可持续性被确立为核心支柱。该愿景旨在推动经济多元化和可持续发展，其中的举措可能涵盖循环经济原则，如废物减少、资源效率和可持续制造实践。



卡塔尔

国家环境与气候变化战略：该战略于 2022 年启动，包含了直接支持循环经济原则的目标，如到 2030 年在建筑项目中使用 35% 的回收材料，并实现 15% 的市政废物回收率。这体现了卡塔尔将循环经济实践纳入国家发展计划的承诺。



沙特阿拉伯 (KSA)

沙特绿色倡议：作为 2030 年愿景的一部分，沙特阿拉伯启动了沙特绿色倡议，提出了雄心勃勃的环境目标，包括减少排放、种植数十亿棵树以及提升可再生能源在能源结构中的比重。这些倡议与循环经济原则高度契合，着重于资源保护、能源效率和可持续增长。



阿联酋 (UAE)

阿联酋循环经济政策 2021：阿联酋出台了这一国家政策，旨在推动向循环经济转型。该政策通过可持续金融、可再生能源及其他关键领域，力求实现资源使用和废物管理的闭环。这项政策是阿联酋更广泛发展战略的一部分，旨在实现经济可持续性并减少环境影响。

现有与即将出台的立法影响

欧盟的立法可能对内外贸易产生最大的影响。进入欧盟市场的产品和包装——无论是食品饮料、电子产品、建筑材料还是电池——都必须符合维修性、耐用性、可回收性等标准。此外，在不同欧盟成员国运营的生产商或供应商需要支付垃圾填埋税、“延长生产者责任”费用，并遵守其他国家和地区的相关规定。

海湾合作委员会（GCC）国家正积极将循环经济原则纳入国家发展议程，其中阿联酋和卡塔尔通过明确的政策和目标，展现出了强烈的推动意愿。沙特阿拉伯的雄心勃勃环保目标也表明其在可持续发展方面采取了强有力的行动，符合循环经济的原则。阿曼和科威特虽然取得了一些进展，但如果能制定更加具体的循环经济战略和目标，将会取得更大成效。总体来看，该地区在可持续性和资源效率方面展现了积极的趋势，各国根据自身情况与能力，在推动循环经济的过程中各自发挥着重要作用。

“

欧盟立法
将深刻影响
内外贸易格局



结论

在石油和天然气行业，循环经济的拥抱已不再仅是一个前瞻性的可持续发展倡议，而是成为了竞争优势和长期生存能力的重要驱动因素。通过聚焦于废物最小化、资源效率提升和创新实践等关键领域，企业能够实现变革性的成果。这些成果包括降低运营成本、提高资源韧性以及推动全员参与可持续发展过程。

dss+ 循环经济（CE）框架提供了一种综合战略方法，旨在实施循环经济原则，并根据能源与石油天然气行业的特定挑战和机遇量身定制。该框架支持建立健全的治理模型，不仅确保符合法规要求，还推动持续创新，使公司在环境管理方面始终处于领先地位。

通过采纳循环经济实践，组织能够在环境和经济上获得双重效益，从减少废物和排放到提升运营效率。在这个效率和可持续性对生存至关重要的行业中，这种整体方法确保企业不仅仅是适应变化，而是引领变化——在全球经济日益重视资源的背景下，确保企业拥有更加可持续且盈利的未来。

关于 dss+

dss+ 作为一家领先的运营管理咨询服务提供商，以拯救生命和创造可持续发展的未来为宗旨。

dss+ 有着多年的咨询经验，勇于创新，以满足客户不断变化的需求。我们帮助企业建立组织和人员能力，管理风险，实现可持续发展和 ESG 目标，并更负责地运营。

dss+ 凭借深厚的行业和管理专业知识以及多元化的团队，通过将企业发展与可持续发展目标紧密结合，不断开发符合中国市场需求的解决方案，提供包括企业运营风险管理、卓越运营管理、创新与研发、环保以及数字化等解决方案，帮助合作伙伴实现一流的安全业绩和卓越的可持续运营。

更多信息请访问网站 www.consultdss.com

dss+
Protect. Transform. Sustain.



更多关于 dss+ 解决方案, 欢迎联系我们

021 5068 2805
info.cn@consultdss.com
www.consultdss.com

