



霍尼韦尔 产业绿色升级报告

大气治理篇 (2018版)

霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院



免责声明

本报告包含前瞻性论述。前瞻性论述蕴含风险和不确定性。因为它们与事件相关且取决于未来将或可能发生的情况。实际结果可能由于各种因素和变化有所不同；这些因素包括产品供应、需求和定价、政治稳定性、整体经济状况、人口变化、法律和监管动态、新技术的可用性、自然灾害和恶劣天气条件；战争和恐怖主义行径或破坏活动、以及其他可能的要素。霍尼韦尔不承担更新本报告的任何义务。霍尼韦尔或其任何附属公司（包括代表处、雇员和代理商）均不对本报告或其所载的任何资料有关的任何谬误或遗漏，或任何类型的直接、间接、特别、连带或其他损失或损坏承担任何责任。

对于报告中提及的任何霍尼韦尔产品及服务，尽管霍尼韦尔在此提供的信息力求准确和可靠，但该信息不构成霍尼韦尔的任何陈述和担保，无论是明示或暗示的，霍尼韦尔不承担任何保证或责任。

版权声明

本报告的所有内容均为霍尼韦尔原创，受相关法律法规的保护。未经许可，任何单位及个人不得进行复制、转载，或用于其它商业性、盈利性用途。对于未经许可擅自使用本白皮书或其内容者，霍尼韦尔保留追求其法律责任的权利。

总裁寄语



在去年召开的中共第十九次全国代表大会上，中国提出了“美丽中国”这一振奋人心的愿景，承诺以前所未有的决心解决环境问题。事实上，这不仅仅是政府需要解决的问题，更同时要求每个企业尽其本分，每个人三思而后行。今天，中国和世界各地的企业领导者们都对创造可持续发展经济承担着更大的责任。

各大企业都越来越多地选择那些拥有可持续发展计划并在其能源结构中采用可再生能源的供应商。他们这样做不仅仅是因为社会责任，更因为如果不这样做，他们的供应链将面对不可预见的风险。越来越明显的是，不可持续会带来额外的成本。

好消息是，许多必要的技术今天已经存在且并不是高不可攀。这些技术一直在不断地被优化，在性能提升的同时，兼顾了经济上的考量。

包括政府、企业和个人在内的利益相关者们若想要做出明智的决策，就需要通过了解不同技术之间的细微差别，并且实际上理解一项技术的“环境足迹”。

在霍尼韦尔，我们以“端到端”的方式开发了一系列与环境相关的技术。此外，十多年前我们就提出了“东方服务于东方”的中国战略，立足中国国情和中国客户的需求来开发技术和产品，并已在这个市场投放了众多保护大众健康，助力企业节能减排的优质解决方案。在当今严苛的环境下，作为企业应该承担起让大众“畅享深呼吸”的责任。

今天，我希望我们能够通过这份最新的报告与您分享我们对于绿色产业升级的一些见解，为“美丽中国”这一将对你我、对中国、对地球产生长期影响的伟大愿景贡献我们的一份力量。

正如习近平总书记所说：“绿水青山就是金山银山。”霍尼韦尔非常荣幸能在中国的绿色发展旅程中扮演一个角色，与您共同打造“美丽中国”！

谢谢！

Shane

沈达理

霍尼韦尔全球高增长地区总裁兼CEO

摘要

《霍尼韦尔产业绿色升级报告—大气治理篇》主要关注如何在“环境保护”与“经济效益”之间寻求平衡，帮助企业在国家环境政策的引导下，逐渐改善中国环境质量，同时通过引入先进技术服务和产品，确保企业生产效率和经济效益的提升。本报告从汽车产业、工业制造和石化产业废气治理入手，逐一解读中国现存空气质量问题，同时也将目光聚焦于全球变暖导致的气候异常问题解决方案、如何更加清洁高效地利用能源，以及如何提高生产效率以减少资源浪费。

专家寄语

“中国的大气环境治理面临诸多挑战，环保技术不可或缺，霍尼韦尔公司在这一领域不断创新和突破，为行业做出了表率。”

“江苏省经济规模大，产业结构偏重，煤炭消费量大，石化比重大，在环保技术上面临许多的挑战。霍尼韦尔分享的先进技术在环境友好性和实用性上都有很强的优势，在我省环境治理中有许多成功案例，效果斐然。”

“东营市石化产业集聚，石油加工量很大，因此高度重视绿色石化加工工艺。霍尼韦尔分享的绿色技术非常及时，在东营已有不少良好应用，我们期望与霍尼韦尔在清洁石化产业领域有更广阔的合作。”

“霍尼韦尔的“产业绿色升级报告”对中国的空气治理从汽车、工业及石化领域都提出了问题分析及可行的解决方案，具有很好的实际意义。作为中美清洁技术合作的桥梁，我们欣喜地看到霍尼韦尔的绿色技术在中国已得到了许多的有效利用，帮助中国更好地降低污染，更高效地利用能源，希望在未来能够看到更多的中美在清洁技术领域的务实合作发展。”

“中国石化产业正迎来新一轮的转型升级机遇。霍尼韦尔产业绿色升级报告提及的相关处理技术在中国市场有着广阔的应用前景。石化盈科凭借中国石化和电讯盈科两大母公司的资源，国际化与本土化的广泛能力，专注于绿色智能化方案的开发与实践，期待着与霍尼韦尔更广泛的合作。”

李俊峰

国家气候战略中心首任主任，学术委员会主任
2017年度“扎耶德未来能源奖”终身成就奖获得者

陈秀平

江苏省环境经济技术国际合作中心
书记

薄庆良

东营市政府
节约能源办公室主任

安锋博士

美中清洁技术中心
主任

竹巍

石化盈科信息技术有限公司
高级总监

“霍尼韦尔公司在石油化工与炼油技术、工厂控制与自动化等方面多有创新，并与很多中国公司建立了良好的合作关系。这次霍尼韦尔公司发布的“产业绿色升级报告”展示了该公司在节能减排和保护环境方面的多项新技术。“它山之石，可以攻玉”，这些技术的应用将有利于中国的绿色、低碳、可持续发展。”

“中国近年来在清洁生产方面取得了很大的进展。在低能耗快速增长的过程中通过技术革新和产品换代大幅地提高了能源效率，降低了温室气体和其它有害气体的排放。在此过程中，霍尼韦尔以其先进石化生产和控制技术为中国引进和推广先进的清洁技术做出了巨大的贡献。这份由霍尼韦尔提出的产业绿色升级的策划和实施方案将进一步推进中国的石化产业升级，通过提倡循环经济、过程优化和智能控制从源头控制污染气体的排放，为中国大幅改善城市空气质量和达到中国2030年温室气体减排目标做出持续的贡献。”

特别鸣谢外部审查员为本文提供修改意见

费维扬

清华大学化工系教授，中国科学院院士，
中国低碳经济发展促进会执行理事长

毕晓涛

加拿大英属哥伦比亚大学化工系教授，
北京化工大学兼职教授，加拿大工程院院士

Kevin Mo (莫争春)

保尔森基金会北京代表处执行主任

目录

版权及免责声明	02
总裁寄语	03
摘要	05
专家寄语	06
1 前言	09
2 空气质量治理问题	13
2.1 汽车排放治理——油品升级	16
2.2 工业排放治理——低氮燃烧器	19
2.3 工业排放治理——低VOCs涂料	22
3 石化排放治理	25
3.4 火炬	26
3.5 石化行业低氮燃烧器	29
3.6 热氧化炉	30
4 全球变暖与异常气候	33
4.7 低全球变暖潜值方案——制冷剂	38
4.8 低全球变暖潜值方案——环保发泡剂	41
5 资源利用	45
5.9 煤炭资源利用方案	46
5.10 渣油废物利用方案	47
5.11 资源循环利用方案	49
6 生产效率	51
6.12 “炼化一体化”技术	51
6.13 智能制造引领未来	53
7 总结	55
参考与注释	56
关于我们	58
鸣谢	59

前言

中国在过去40年中取得了举世瞩目的经济及社会建设成就。

在维持经济高速增长的同时,中国政府和13.9亿民众也正面临一个史无前例的挑战:如何在环境保护和经济增长之间实现平衡?

1978年改革开放以来,中国在过去40年中取得了举世瞩目的经济及社会建设成就。作为世界第二大经济体,2016年中国对全球GDP总值的贡献率达到14.84%,人均GDP从1960年的89.5美元增加到2016年的8123.2美元¹。在维持经济高速增长的同时,中国政府和13.9亿民众也正面临一个史无前例的挑战:如何在环境保护和经济增长之间实现平衡?

联合国环境规划署(UNEP)在其关于“绿色经济”的报告中指出,为了让环境和社会人力资源获得可持续发展,必须对传统经济行业进行重组和升级²。这一理念的提出不仅意味着人类开始更多关注环境保护,同时点明了2008年全球金融危机之后一条极为重要的发展路径:对环境相关基础设施和工业设施进行投资。近十年来,欧盟经济体已对环保产业相关的税收、立法、监管和科技创新进行了全方位改革,将其打造成全新的GDP及就业增长点。这一逻辑也同样适用于中国。

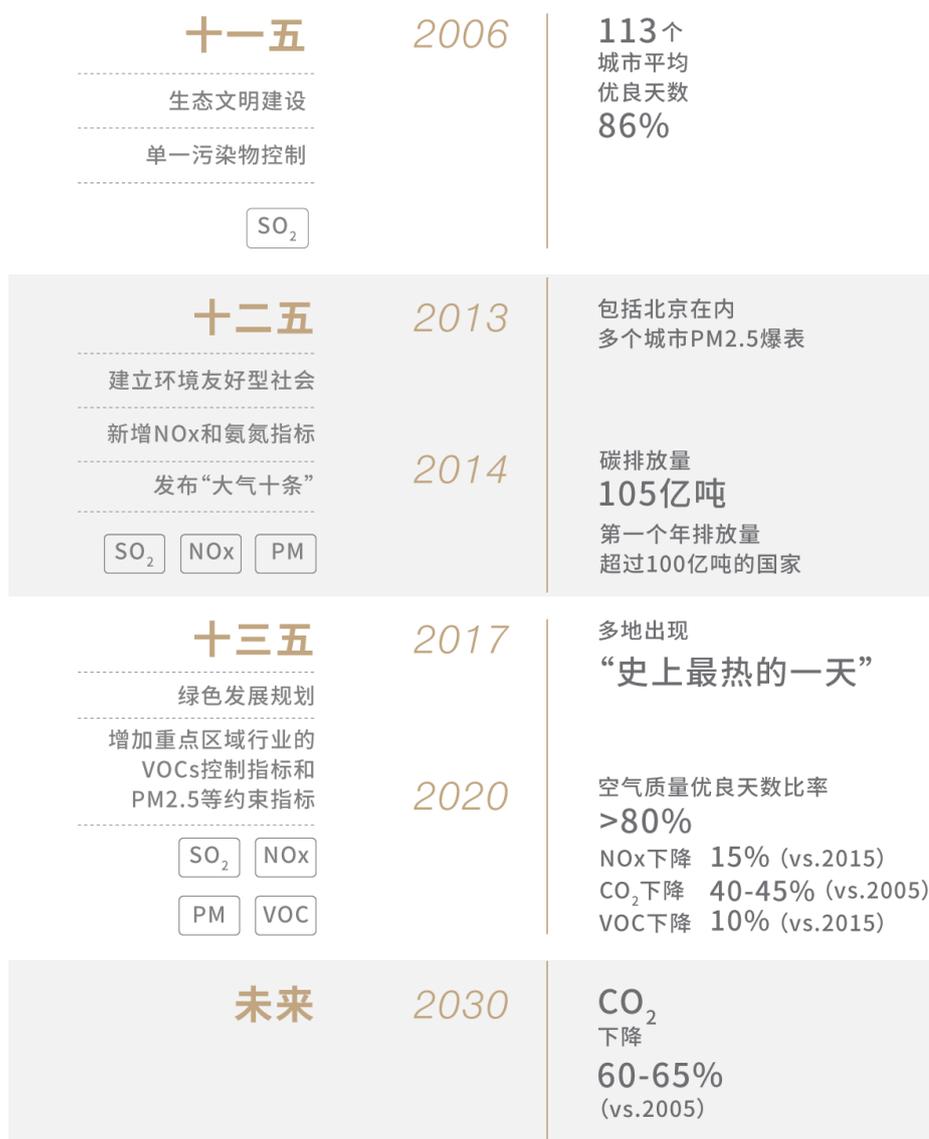
2008年全球金融危机之后,中国政府提出“四万亿计划”以刺激实体经济。然而,过热的经济发展不仅带来产能过剩,还造成难以回避的环境破坏问题。温室气体排放量与日俱增、城市空气质量亮起红灯、能源需求飞速增长、能源利用率依旧低下,这些都是摆在政府和公众面前迫在眉睫的问题。自2006年“十一五”规划实施以来,中国政府的环保规划已经从“十一五”期间的“单一污染物控制(硫化物)”发展到“十二五”期间的“大气十条”,并新增氮氧化物和氨氮指标。2016年,中共中央在“十三五”规划中进一步提升对环境保护的重视,第十八届中央委员会第五次全体会议上提出的《第十三个五年规划建议》中明确写道,“加大环境综合治理力度,创新环境治理理念和方式,实行最严格的环境保护制度,强化排污者主体责任,形成政府、企业、公众共治的环境治

1 来源:世界银行

2 来源:联合国环境规划署

理体系,实现环境质量总体改善”,同时要求增加重点区域行业的VOCs(Volatile Organic Compounds挥发性有机物)控制指标和PM2.5等约束指标。“十三五”规划体现出中国政府对环境治理紧迫性的强烈认识,习近平主席也在十九大报告中明确谈到全党全国贯彻绿色发展理念的必要性。中国未来经济发展必将与环境保护密切相关,两者的结合将产生“1加1大于2”的积极影响,为中国经济注入全新、健康、可持续发展的强大动力。

图1:中国数次“五年规划”中与空气质量相关内容的变化



*SO₂(二氧化硫),Nox(氮氧化物),PM(颗粒物),VOCs(挥发性有机物)
来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

为实现环境和经济的共赢，政界、商界及学术界的全面合作势在必行。在各项措施实施过程中，政府的政策引导和监管能够为企业指明方向，企业的投入和创新将保证环境政策的切实落地，学术界能提供专业技术支持，确保环保成果真实有效。三方互动实现了“绿色”与“红利”互相影响、互相促进的良性循环。

除此之外，中外合作也将成为共赢的重要一环。早在20世纪60年代，美国、英国等发达国家已经历过经济高速发展带来的严重环境破坏。在此之后半个多世纪的污染治理过程中，英美等国率先开启了对绿色技术的研究。中国目前正在经历的环境问题，例如城市雾霾、大气VOCs超标等，都能从这些国家取得经验和借鉴。环境保护是整个人类社会永恒而共同的话题，在这一领域中只存在“共同进退”，不存在“独善其身”，因此充分的国际交流与合作符合全世界的共同利益。

环境保护是整个人类社会永恒而共同的话题，在这一领域中只存在“共同进退”，不存在“独善其身”，因此充分的国际交流与合作符合全世界的共同利益。

图2: 国际上主要的绿色技术



来源: 霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

霍尼韦尔作为一家百年企业，在环保技术上不断探索研究，并在与客户的长期合作实践中积累了宝贵经验和数据。我们坚信，企业要深入理解并参与到打造“绿色经济”的过程中，才能更好地将绿色技术及产品与中国市场的本地需求相融合，在解决中国社会环境问题的同时，带来更新更健康的经济增长。



2 空气质量治理问题

2013年的严重雾霾定义了新的“雾霾色”，天空蓝被灰黄色取代，空气质量指数屡次刷新监管数据的纪录，功能性口罩一夜之间登上热卖榜第一位——这些记忆交织在一起，成为眼下中国最迫切的环境问题。

空气污染被视为严重影响人类健康的全球十大环境健康风险之一。近年来，中国的空气质量问题不仅被政府主管部门所关注，更成为不论肤色、语言所有生活在这个国家的人们共同关注的问题。据不完全统计，仅2010年中国因室外空气污染导致早死的人数就已达35万—50万人³。2013年的严重雾霾定义了新的“雾霾色”，天空蓝被灰黄色取代，空气质量指数屡次刷新监管数据的纪录，功能性口罩一夜之间登上热卖榜第一位——这些记忆交织在一起，成为眼下中国最迫切的环境问题。

为治理雾霾，政府针对不同行业、不同区域制定了不同的大气排放标准，除了早已被民众熟知的硫化物(SO_x)，还加入了氮氧化物(NO_x)、VOCs等物质。在国家层面上，2013年公布的《大气污

图3:雾霾下的北京

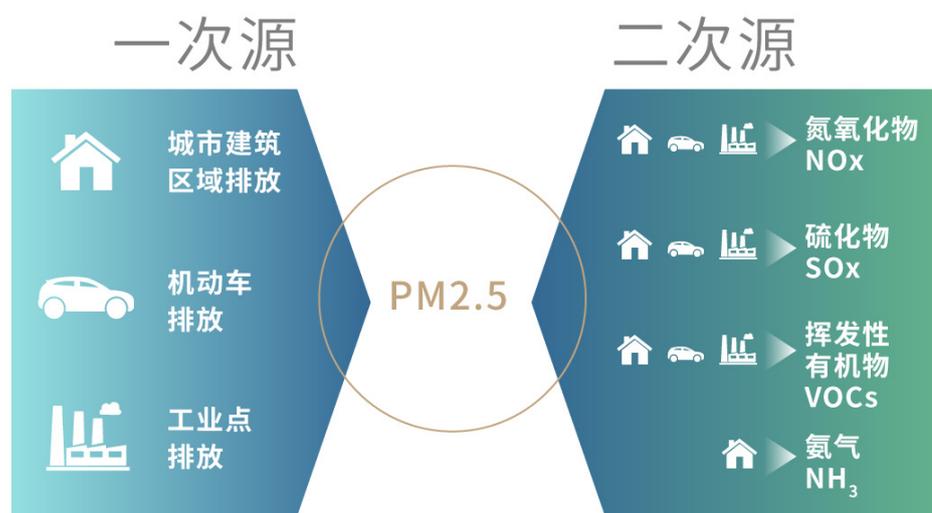


3 来源:清洁空气创新中心和环境咨询公司Trucost

染防治行动计划》(“国十条”)要求,到2017年中国的可吸入颗粒物(PM10)相比2012年的水平需减少10%,同时要求2012年至2017年间能耗强度降低20%,比“十二五”规划(2011年—2015年)国家单位GDP能耗降低16%的目标更加严格。李克强总理更在今年3月召开的第十三届全国人民代表大会第一次会议上明确指出,2018年二氧化硫、氮氧化物排放量要下降3%,重点地区细颗粒物(PM2.5)浓度继续下降。

众所周知,雾霾主要成分之一PM2.5是学名为大气细粒子的一种大气颗粒物。实际上PM2.5很少有直接排放源,它主要以排放源一次排放的气体经过物理和光化学过程生成的二次粒子为主。简单来说,PM2.5的形成是由多种大气排放物经过复杂的物理化学反应形成的,这些大气排放物主要包括氮氧化物、硫化物、碳氧化物等。

图4:PM2.5的形成



来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

PM2.5浓度的增加会对气候、环境和人体健康带来很大危害。它不仅影响大气辐射,导致地面温度降低,大气温度升高,增加极端气候事件的发生率,还会引起城市大气酸雨、光化学烟雾,导致大气能见度下降,妨碍城市交通运行。健康方面,PM2.5又被称为可入肺颗粒,它能够直接进入人体肺泡甚至血液系统,导致心血管疾病。同时它本身携带各种重金属元素和有机污染物,这些物质多为致癌物质和基因毒性诱变物质,它们会导致重病及慢性病患者的死亡率升高,重大疾病发病率增加,中科院研究已基本证

实大气污染与呼吸道疾病死亡率之间正相关⁴。

如果以上文提到的这些主要大气污染物来衡量一个国家目前在世界上的空气质量水平的话,在2016年的世界环境绩效指数(EPI)排名中,中国在180个被统计国家里名列第109位,其中空气质量排名第177位,环境污染治理的形势非常严峻。

表1:中国在2016世界环境绩效指数(EPI)的排名⁵

主要空气指数全球排名(共180个被统计国家)

二氧化氮 平均值	PM2.5 平均值	室内 空气质量	PM2.5 超标指数
NO. 176	NO. 180	NO. 116	NO. 179

在这些主要大气污染物之外, VOCs对于空气质量的负面影响近几年也越来越受到重视。美国联邦环保署将其定义为“除一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、碳酸(H₂CO₃)、金属碳化物、金属碳酸盐和碳酸铵外,任何参加大气光化学反应的碳化合物”⁶。大部分VOCs具有高度光化学反应性,是形成高浓度臭氧等过氧化物的罪魁祸首,同时它也会加剧PM2.5的形成,部分VOCs甚至还有基因毒性和致癌性。中国清洁空气联盟的《中国环境空气质量管理评估报告》显示,截至2016年, VOCs排放总量已成为中国大气污染防治的新重点⁷。工业场所中的低浓度VOCs会增加长期暴露其中的工人的致癌几率。因此中国政府在“十三五”规划中已经把VOCs列入重点区域行业的控制指标,并于2017年开始制定《挥发性有机物无组织排放控制标准》。

为了能够有效降低以上空气污染物质的排放量,重建洁净安全的生活环境,霍尼韦尔凭借多年在全球参与类似治理的实际经验,仔细分析案例并结合中国的具体国情,总结了一系列大气环境治理解决方案。

4 来源:能源基金会Energy Foundation China

5 来源:美国耶鲁大学

6 来源:江苏省环保厅

7 来源:中国清洁空气联盟CAAC

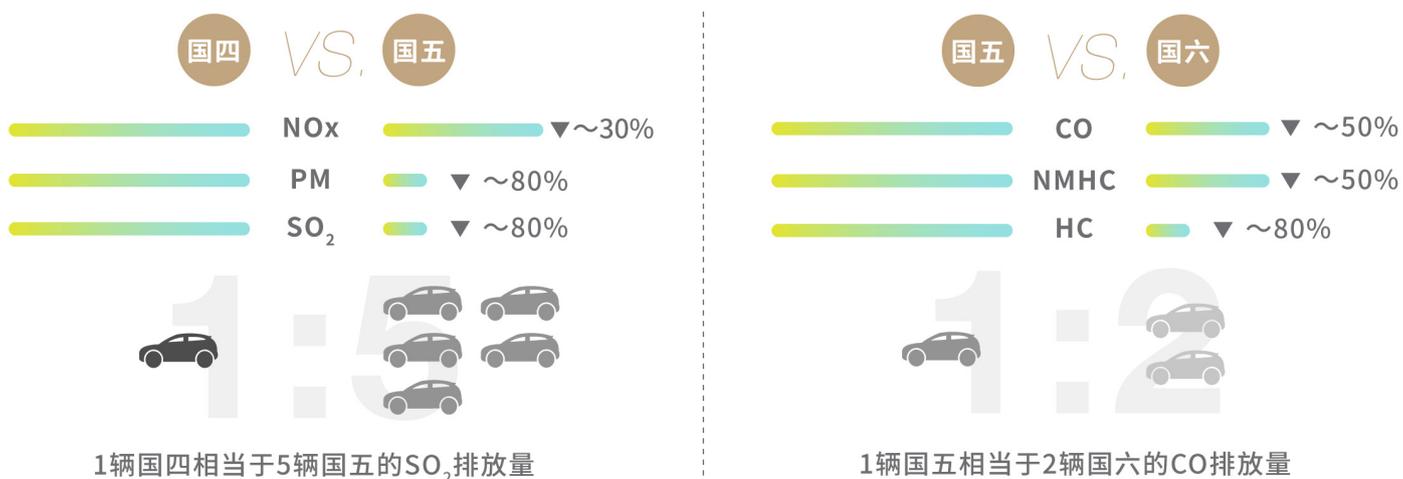
2.1 汽车排放治理——油品升级

随着中国城市化进程加快和汽车保有量增多,在许多大型城市,机动车排放已经成为PM2.5本地污染的最大来源(包括一次和二次颗粒物)。除了PM2.5之外,机动车排放还会产生大量的碳氢化合物和氮氧化物,而这两者恰恰是臭氧污染的主要前体物。目前在中国,臭氧已经成为继PM2.5之后第二大主要大气污染物,美国洛杉矶市自20世纪50年代起漫长的光化学烟雾治理经历,更是给中国大气臭氧污染的防治敲响了警钟。

机动车燃油质量直接影响汽车的污染排放水平⁸。根据中国环境保护部、国家质检总局联合发布的《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》,自2020年7月1日起,中国将在全国范围强制推行国六a排放标准,这代表第六阶段车用汽油、柴油也将依照该标准全面升级。

事实上,为了减少汽车废气排放污染、切实改善城市空气质量,中国的轻型汽油车排放标准自2000年起就不断向更严格的方向升级。当中对空气质量改善最大的两个阶段分别是“国四升国五”和“国五升国六”,这两次升级加大了对汽车尾气中硫化物排放、氮氧化物排放、颗粒物排放以及一氧化碳和碳氢化合物排放

图5:中国轻型汽油车排放标准变化



*SO₂(二氧化硫), NOx(氮氧化物), PM(颗粒物), CO(一氧化碳), NMHC(非甲烷总烃), HC(碳氢化合物)

来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

⁸ 来源:中国清洁空气联盟CAAC

的限制,同时对炼油技术和成品油的最终调和提出了巨大挑战。

在了解如何对汽油进行技术升级之前,首先要明确汽油的一些基本参数。辛烷值是区分不同等级汽油的关键标准,在中国销售的97号汽油实际上代表该汽油的辛烷值是97,它是汽油抵抗爆震的指标,辛烷值越高代表抗爆震的能力越强。高辛烷值的汽油可以提高汽油机的热效率,是保护汽车发动机、提高汽车驾驶性能的主要手段之一,市场对此有刚性需求。

芳烃和烯烃是汽车尾气中一氧化碳和碳氢化合物的主要来源之一,但芳烃同时也是增加辛烷值的重要手段之一。在治理机动车排放领域,中国目前的脱硫技术已相对成熟,硫化物含量已经得到有效抑制,这一点体现在“国四升国五”的排放标准中。而国六的颁布事实上对石化企业提出了另一个挑战:“如何在保持高辛烷值的基础上,降低烯烃和芳烃的含量?”由于使用的原油特征和历史技术等原因,中国50%以上的汽油都是采用催化裂化(Catalytic Cracking)技术生产出来的,而使用该技术产出的油品会有高烯烃和高芳烃的问题,如果能够顺利把两者的含量降到国六标准,那么汽车尾气中的一氧化碳和碳氢化合物可以减

国六的颁布事实上对石化企业提出了另一个挑战:“如何在保持高辛烷值的基础上,降低烯烃和芳烃的含量?”

图6:霍尼韦尔油品生产关键技术



	催化轻汽油	催化重汽油	异构化油	烷基化油
硫 ppm	242	1700	0	<5
烯烃 vol%	40	11	0	0
芳烃 vol%	12	48	0	0

来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

少50%。为在现有条件下尽量实现这一目标,三种汽油生产技术必不可少:催化重整(Catalytic Reforming)、异构化(Isomerization)以及烷基化(Alkylation)。

霍尼韦尔发明的连续重整技术(Continuous Catalytic Regeneration, CCR),是目前世界上最成熟的用来生产高辛烷值汽油的催化重整技术之一。它解决了催化重整工艺中辛烷值越高装置寿命越短的问题,实现了催化剂的循环再生,可以保证生产出的汽油保有可达到的最高辛烷值。同时该工艺设计具有极强的适应性,截至目前霍尼韦尔已在全球范围内转让了250余套连续重整技术,无论在哪个地区使用哪种特性的原油,只要有具体的辛烷值生产要求,这套工艺方案立刻就能进行相应调整和应用。在保证工艺稳定的同时,霍尼韦尔的设计细节也体现了环保理念,比如在传统的催化重整工艺中,氯需要用碱水清洗,最后形成难以处理的废液(氯盐具有腐蚀性,会妨碍水生动植物生长导致生态环境被破坏,也会对设备造成很大损害增加替换成本),而在霍尼韦尔的连续重整技术中,整个过程产生的90%以上的氯都将被回收,剩余10%需要被排放的氯也完全符合国家排放标准。因此,霍尼韦尔连续重整技术产生的氯排放只有其他技术的3%,减少了VOCs排放并且无废液,真正实现了“绿色产品源自绿色生产”。

与大众通常认为的不同,市面上出售的成品汽油实际上是由不同参数的汽油按照不同比例调和而成的。如果将中国用来调和油品的汽油池与欧洲、美国的汽油池作比较,会很明显地发现中国汽油池中烷基化汽油和异构化汽油的占比远远低于欧美国家。目前欧洲烷基化油品占比为10%左右,美国为30%,而中国只有约2%。为了补充更多污染少、辛烷值高的汽油组分,从技术和成本层面来考虑,中国应增加汽油池中烷基化和异构化油品的比例。

霍尼韦尔开发的轻石脑油异构化技术具有催化剂活性高、操作温度低等特点,生产出的汽油比使用普通异构化技术的汽油拥有更高辛烷值,几乎不含烯烃和芳烃,生产过程还可以降低25%的二氧化碳排放。

在烷基化方面,霍尼韦尔拥有全球领先的离子液烷基化工艺技术(IsoAlky)。区别于需要使用强酸的硫酸法,离子液是一种比较缓和的液体,霍尼韦尔的离子液烷基化技术不仅不需要使用硫

而在霍尼韦尔的连续重整技术中,整个过程产生的90%以上的氯都将被回收,剩余10%需要被排放的氯也完全符合国家排放标准。

酸,还可以实现烷基化汽油中的烯烃和芳烃零含量,免除后续环保和安全风险。

前文提到,汽油本身是由炼油厂通过多种生产工艺最终完成的油产品,而不同的生产工艺会赋予汽油不同的指标,例如高辛烷值等。汽油作为终端消费品,与民众的日常生活密不可分,因此我们在注重减少汽油对环境的负面影响的同时,还应关注如何以最经济科学的方法达到这一目标。为了符合油品升级标准,提供更加绿色、环保、经济的汽油产品,精确的油品调和过程必不可少。一套好的油品调和方案能够在现有油品的基础上,实现所能达到的最低硫化物、一氧化碳和碳氧化合物排放,最高辛烷值和最低制造成本。霍尼韦尔提供的移动式油品调和解决方案,通过动态监测和动态调整,在线进行油品调和,这一技术可以满足不同厂家的不同需求,实现100%调和合格率。它不仅能够保证油品完美符合国标要求,还能为炼油厂节省0.45美元/桶的成本,提高经济效益,最终使消费者受益。

2.2 工业排放治理——低氮燃烧器

氮氧化物(NO_x)是大气主要污染物之一,除了是光化学烟雾的重要成因之外,氮沉降的增加还会导致地表水的富营养化和陆地、湿地、地下水系的酸化及毒化,对陆地和水生态系统造成破坏。氮氧化物污染还会危害人类健康,进入人体后可能造成血液失去输氧能力、引起肺部损害等严重伤害。根据计算,氮氧化物实际造成的经济损失和防治成本比二氧化硫高出33.3%⁹。除机动车尾气等交通污染源之外,大气中的氮氧化物主要来自火电厂、工业锅炉烟气排放等工业污染源,而低氮燃烧器技术是目前全球两大氮氧化物控制技术之一。

燃烧器应用的行业十分广泛,包括食品、农业、干燥、表面处理、金属和陶瓷等。霍尼韦尔提供的低排放解决方案与人们的日常生活息息相关,比如在汽车制造行业,2016年全中国有1500万辆汽车是在安装有霍尼韦尔燃烧器的涂装线上加工出来的。

除机动车尾气等交通污染源之外,大气中的氮氧化物主要来自火电厂、工业锅炉烟气排放等工业污染源,而低氮燃烧器技术是目前全球两大氮氧化物控制技术之一。

⁹ 来源:北京国之专利预警咨询中心

图7:工业锅炉图片



低氮燃烧器是这些热能燃烧技术中的佼佼者,如果更具体地以低氮燃烧器在锅炉中的应用来举例,那么不难发现,城市大气中的氮氧化物排放与燃烧器密切相关。上海是全球人口规模和面积最大的都会区之一,上海市政府一直致力于提升环境和人民生活质量,对城市空气治理也投入了相当大的精力和资源。到2016年,上海市二氧化硫、PM10和PM2.5年均浓度降幅显著,较2010年平均浓度分别下降48%、27%和25%。

表2:上海市燃油(气)锅炉的各项污染物排放量平均值¹⁰

单位:毫克每立方米

	燃油锅炉	燃气锅炉
PM 排放量	19 ± 43 mg/m ³	9 ± 5 mg/m ³
二氧化硫 排放量	59 ± 141 mg/m ³	15 ± 12 mg/m ³
氮氧化物 排放量	155 ± 148 mg/m ³	98 ± 48 mg/m ³

¹⁰ 来源:《锅炉大气污染物排放标准》编制组

根据上海市燃油(气)锅炉的调研结果,燃油锅炉的各项污染物排放水平要明显高于燃气锅炉,特别是在氮氧化物的排放量上。

但与此同时,全市的氮氧化物浓度仅下降14%,究其原因,主要是柴油机和燃油(气)锅炉等稀薄燃烧源的燃料消费量不断攀升。根据上海市燃油(气)锅炉的调研结果,燃油锅炉的各项污染物排放水平要明显高于燃气锅炉,特别是在氮氧化物的排放量上¹¹。

霍尼韦尔为工业锅炉和商用锅炉提供的低氮燃烧器均使用清洁的天然气,从燃料出发减少排放。同时,精准的空气和燃气比设置能够实现“完全燃烧”,发挥燃烧器的最大工作效率,从而实现氮氧化物和一氧化碳排放量的最小化。霍尼韦尔对这种技术的开发可以回溯到上世纪80年代,由于美国加州圣华金河谷地区要求锅炉燃烧的氮氧化物排放量不超过20mg/Nm³(毫克每标准立方米),霍尼韦尔开发了喷嘴混合低氮燃烧方案。采用燃烧器内的喷嘴混合和分段燃烧技术,该低氮燃烧器的使用可以使锅炉的氮氧化物排放完全符合目前北京30mg/Nm³的排放标准,在3.2%含氧量的情况下,还可以达到15mg/Nm³到20mg/Nm³的更低排放值,从点火位到最大功率时都能保证低于30mg/Nm³的排放值,实现真正全方位燃烧的低氮排放和低维护成本运行。

图8:霍尼韦尔喷嘴混合低氮燃烧器



应用案例:城市锅炉降排

霍尼韦尔喷嘴混合低氮燃烧器已被广泛应用在北京、上海等城市的工业和商业锅炉中。除了使锅炉的氮氧化物排放量达到30mg/Nm³以下以外,还能够有效提升燃烧效率,降低2-3%的燃气消耗。

来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

11 来源:《锅炉大气污染物排放标准》编制组

2.3 工业排放治理——低VOCs涂料

中国是VOCs排放大国,其来源分为自然源和人为源,主要来自固定源燃烧、道路交通、溶剂产品使用和工业过程。其中工业源VOCs具有排放集中、排放强度大、浓度高、组分复杂的特点¹²。

图9:VOCs的来源¹³

自然源	生活源	工业源	移动源
植被排放	垃圾、秸秆焚烧	工业表面涂装	机动车排放
动物排放	建筑装饰	石油炼制、储运	飞机排放
森林火灾	服装干洗	包装印刷	轮船排放
	油烟排放	化工、溶剂使用	

在近几年工业源VOCs排放量节节攀升,成为眼下最刻不容缓的防治对象。而作为涂料生产,消费大国,2017年中国涂料产量已经超过2036.4万吨,这巨大的涂料产量中超过50%都是溶剂型的,在其生产,使用的过程中随着更多溶剂,稀释剂的加入,无疑会产生严重的VOCs排放¹⁴。

因此,自2013年颁布“大气十条”以来,无论是中央政府还是地方政府都已明确要求对涂料生产、表面涂装等行业实施更加严格的VOCs排放综合整治。在国家环保部《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》中,集装箱、汽车、家具、船舶、钢结构等制造行业对VOCs排放的控制将被重点推进。到2020年,全国工业涂装VOCs的排放量将减少20%以上,重点地区将减少30%以上。

2017年中国涂料产量已经超过2036.4万吨,这巨大的涂料产量中超过50%都是溶剂型的,在其生产,使用的过程中随着更多溶剂,稀释剂的加入,无疑会产生严重的VOCs排放。

12、13 来源:深圳市创新投资集团有限公司

14 来源:中国涂料工业协会据1380家一定规模以上涂料公司统计数

细分到具体的涂料类型中，以氟碳树脂为原材料的氟碳涂料由于其优良的防腐蚀性能、自清洁性能、强附着性和超长耐候性，一直在工业重防腐和重要基础设施建设中扮演重要角色。然而普通的较低固含量氟碳树脂在涂料配方及以后的涂装操作中无法满足日益严格的VOCs排放要求。以我国为例，中国每年大约消耗7万吨涂料用氟碳树脂，造成的VOCs排放量在12万吨以上。

如能完全以霍尼韦尔的高固含量低粘度氟碳树脂替代传统产品，在氟碳涂料生产及使用环节最多能够降低约70-80%的VOCs排放。试以南京大胜关大桥的涂装工程举例计算，其氟碳面漆用量约为100吨，VOCs排放估算超过45吨，如能以霍尼韦尔氟碳树脂替代传统产品，根据计算将有效减少21吨VOCs排放，在完美应对易腐蚀环境的同时，也为VOC减排提供新的解决方案。

图10:上海某石化厂使用霍尼韦尔
氟碳树脂涂料的设备



来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

应用案例:霍尼韦尔氟碳树脂涂料

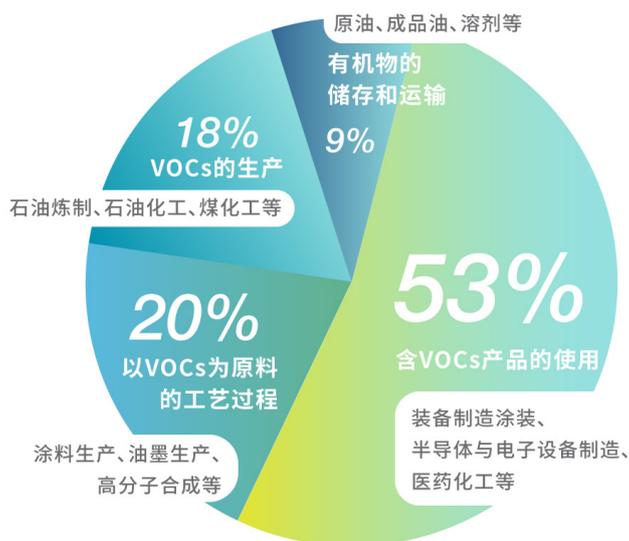
上海某石化厂由于位置特殊，距离海岸仅有不到100米，对于涂料抗腐蚀的性能要求较高。该厂过去使用的聚氨酯涂料无法有效对抗腐蚀，每5年就需要进行一次常规维护，每10年需要进行重新喷涂，无形中增加了VOCs的排放量。在采用霍尼韦尔氟碳树脂涂料后，经过实地测量和计算，对比原有的聚氨酯涂料能够减少35%的VOCs排放，并且涂料寿命有3倍左右的延长。



3 石化排放治理

石化行业是VOCs工业源排放的主要来源之一，属于工业源VOCs中的“VOCs的生产”部分，排放量占VOCs人为源总排放量的17.7%。

图11:工业源 VOCs 来源构成¹⁵



国家在《石化行业挥发性有机物综合整治方案》的工作目标中明确指出，到2017年底，石化行业VOCs排放总量要比2014年削减30%以上。

石化行业的主要排放物质包括挥发性有机气体和轻烃类，属于无组织排放，主要的排放源有石化装置设备与管阀件泄漏、各类贮罐的呼吸、装置尾气、油品装运挥发、废水处理系统逸散等。根据环保部环境规划院估算，2009年全国石化行业VOCs排放总量约为153.5万吨。石化行业排放的VOCs特征表现为成分复杂、活性强、浓度高和危害大，因此政府和社会各界对其重视程度不断提高。国家在《石化行业挥发性有机物综合整治方案》的工作目标中明确指出，到2017年底，石化行业VOCs排放总量要比2014年削减30%以上。

¹⁵ 来源:华南理工大学,东吴证券研究所

3.4 火炬

火炬是石化行业降低VOCs排放的最主要手段之一。它是石油化工企业的一项安全保障设施,用来处理石油化工厂、炼油厂、化工厂等无法回收和再加工的可燃有毒废气。

石油是一种易燃物质,石化行业排放出来的废气有很大一部分是气态的易燃物质。火炬的工作原理是基于废气中有机化合物可以被燃烧的特性,将VOCs转化为二氧化碳和水等无害物质。这些废气不仅会污染大气环境,还会沉降到地面造成火灾隐患,火炬对这些气体的处理可以大大降低它们对环境的危害。

图12:高架火炬与地面火炬



指标	高架火炬	地面火炬
燃尽率	98%	99.5%
噪音	大	小
光污染	较高	较低
消烟能力	有限	100%无烟
维护成本	高	低
火炬VOCs* 排放量(吨/年)	200	50
排污费* (万元/15年)	6600	1500



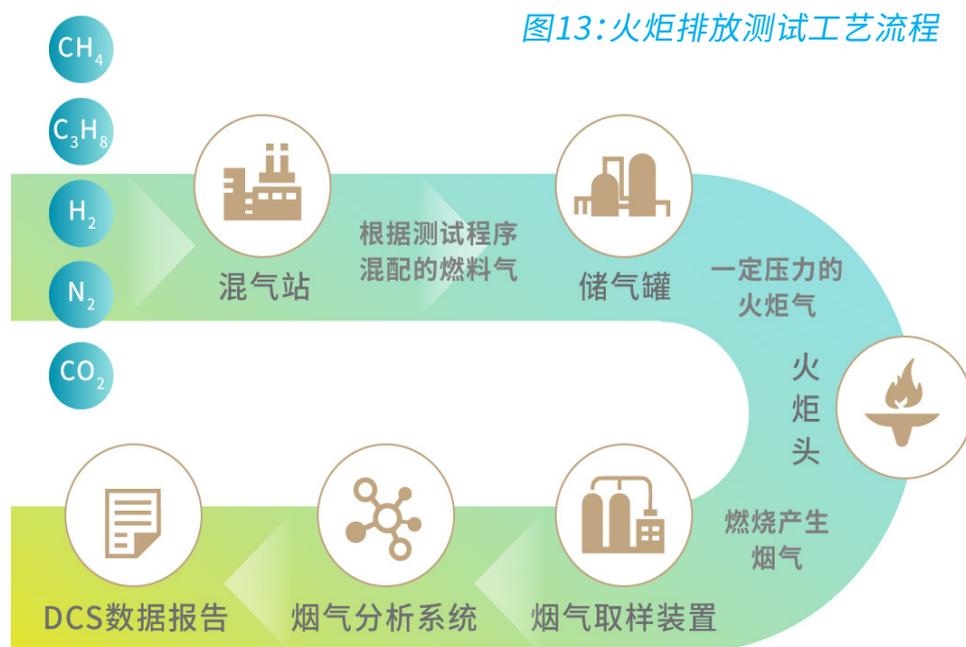
*以10,000吨每年的火炬气为例,上海VOCs排放收费:20元/kg
来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

目前常用的火炬有两种，地面火炬和高架火炬。高架火炬功率大，噪音也很大，并且会产生光污染并伴有黑烟，给周边居民带来不安全感。由于离地距离高等原因，高架火炬的运行和维护成本也相对较高。相比之下，地面火炬可以实现无烟排放，其运行和维护成本也较低。

火炬最重要的一个指标是“燃尽率”，也就是 Destruction & Removal Efficiency (简称DRE值)。DRE值越高，说明火炬的内部燃烧越充分，最后排放的VOCs气体越少。

火炬最重要的一个指标是“燃尽率”，也就是Destruction and Removal Efficiency (简称DRE值)。DRE值越高，说明火炬的内部燃烧越充分，最后排放的VOCs气体越少。国家环保局在2015年设立了火炬的行业技术指标，其中DRE值必须达到98%才能被应用到石化项目中。

美国环保局在过去十年做了大量关于火炬检测和监测的工作，建立了测量火炬VOCs排放的两步法。第一步，将刚出场的火炬放置于一个封闭的建筑物内，让其燃烧，分析烟气的成分，检测火炬的DRE值。任何一个新火炬头产品或者新的火炬设计，必须先做这个检测且DRE值达到98%以上，才可以提供给用户，政府是最终审批者。第二步是现场火炬的监测，美国环保部认可一种名为被动式傅立叶红外光谱仪PFTIR (Passive Fourier-transform Infrared Spectroscopy) 的技术，通过这个技术可以现场监测火炬VOCs的排放。



*CH₄ (甲烷), C₃H₈ (丙烷), H₂ (氢气), N₂ (氮气), CO₂ (二氧化碳), DCS (分散控制系统)
来源: 霍尼韦尔 (中国) 有限公司环境保护研究院

在中国,火炬的检测和监测目前还是空白,不仅是实时监测,出厂检测也没有相应的标准。2017年中国开始进行火炬的相关调研,第一,调研上海地区的火炬现状;第二,调研国内外在火炬排放监测管理上的标准;第三,要在上海地区确立新出厂火炬的标准,以及现场火炬的标准。如何精确监测火炬排放长久以来一直是国内的技术难题,从最初的火炬气混配到烟气捕集装置,再到烟气分析系统,每一步的建立都需要大量精密计算和历史数据。

霍尼韦尔在火炬排放测试上经验丰富,建立了一套完善的检测系统,并在洛阳建成了火炬测试中心,可以测试火炬在实际工况下的燃尽率。在检测能力之外,霍尼韦尔的火炬DRE值出厂标准是99.5%,在实际使用中会减少大量VOCs排放量。以一个1亿吨火炬气用量的石化厂为例,如果以20元/公斤标准收取VOCs排放费用,DRE值减少1.5个百分点意味着减少了75%的VOCs气体排放量,相当于约5000万VOCs排放费用。从2018年1月1日起,中国正式开始执行环保税,各类废气排放的税收标准都有明文规定,而通过使用火炬来降低VOCs排放量,可以为企业带来巨大经济效益,既承担了社会责任,又得到实际好处。

以一个1亿吨火炬气用量的石化厂为例,如果以20元/公斤标准收取VOCs排放费用,DRE值减少1.5个百分点意味着减少了75%的VOCs气体排放量,相当于约5000万VOCs排放费用。

图14:石化企业排放图片



3.5 石化行业低氮燃烧器

在石化行业排放的污染物中，除了VOCs以外还有一大构成——氮氧化物。前文对氮氧化物排放的危害已经做了比较详细的介绍，除了城市生活如工业和商用锅炉、机动车排放等会产生大量氮氧化物排放以外，石化行业作为主要工业排放源之一，也造成了大量氮氧化物排放。工信部2016年发布的《石化和化学工业发展规划(2016—2020年)》中，氮氧化物的排放总量被要求在“十三五”末减少15%。

石化企业的主要氮氧化物排放来源之一是工艺加热炉装置。这种加热炉炉温可达800到1200摄氏度，炉内的燃烧器火焰温度更高。火焰温度越高，就越容易将空气中的氮气氧化为氮氧化物，所以控制燃烧器的氮氧化物产生量，重点在于控制火焰的温度和燃烧速度。针对这种燃烧器，中国的国家排放标准是不高于100mg/Nm³(特定区域)。

应用案例：霍尼韦尔低氮氧化物燃烧器

2018年1月，霍尼韦尔旗下凯勒特业务的CUBL低氮氧化物燃烧器技术，成功帮助中国石化集团北京燕山石油化工有限公司(以下简称“燕山石化”)完成了500多台乙烯加工装置燃烧器的改造，氮氧化物排放量减少40%到50%。在2018年内，工业炉的氮氧化物排放量限值由原先的150mg/m³降低至100mg/m³。该种燃烧器的技术核心在于，通过将燃料气分级燃烧和烟气内循环相结合来延缓火焰燃烧的速度，以此控制火焰温度，达到减少氮氧化物的目的。此外，霍尼韦尔的低氮氧化物燃烧器技术还被恒力石化(大连)炼化有限公司(以下简称“恒力石化”)选中，将应用于其位于大连市长兴岛的炼化基地——当前中国最大的炼化一体化基地之一，该项目共包括1400多个低氮氧化物燃烧器。借助凯勒特的低氮氧化物燃烧器技术和定制燃烧器，在最新排放控制规定下，恒力石化可减少约50%的氮氧化物排放量。定制燃烧器能满足恒力石化的所有应用，包括炼厂加热炉、转化炉、乙烯裂解装置、连续催化重整装置和丙烷脱氢过程装置加热炉。

3.6 热氧化炉

在石化行业的减排手段中,除了火炬技术和低氮氧化物燃烧器技术以外,热氧化炉(Thermal Oxidizer,即TO)也是帮助工厂降低VOCs排放的主要措施之一。热氧化炉是一种将废气和废液进行高温焚烧,达到减量化和无害化的一种环保设备。它的基本工作原理是:有机物+氧气(空气)→二氧化碳+水+能量。热氧化技术对于处理危险和有毒化学废物不仅具有灵活、高效、可靠等特点,在能源的回收利用上也有所贡献。通过热氧化技术处理后的有机物浓度能降低到20mg/Nm³以内。净化后的气体中一氧化碳的含量也非常低,可以帮助企业达到国家要求的环保排放标准。如果将热氧化炉的类型进一步细分,根据处理对象的不同,还可以分为催化氧化炉、尾气热氧化炉、顶烧式热氧化炉和含卤素废弃物热氧化炉系统等,它们都具有非常优秀的去除效率。

表3:传统VOCs处理技术 vs. 霍尼韦尔热氧化炉技术



来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

石化行业的低VOCs解决方案是一个非常复杂的设计和¹处理过程,其排放的废气包含多种成分,因此行业的重大发展趋势之一就是工厂对于废气解决方案的需求越来越定制化。

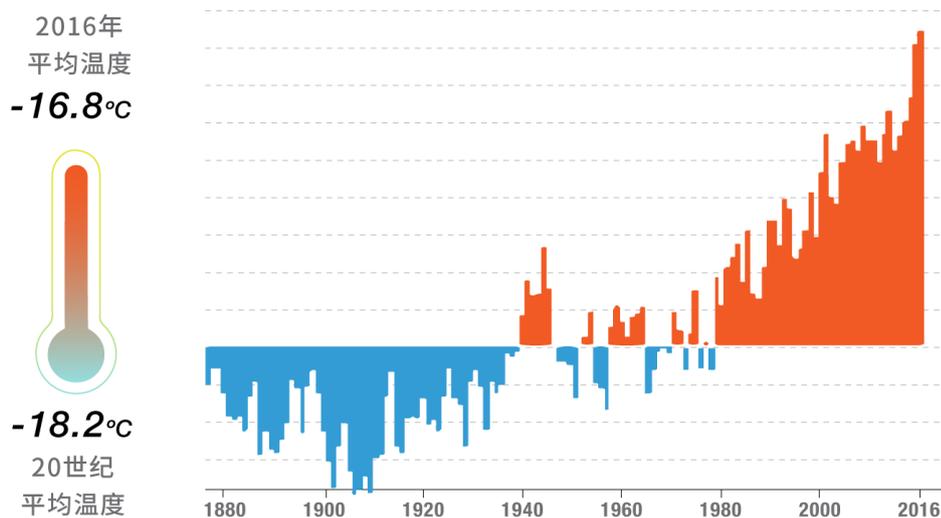
石化行业的低VOCs解决方案是一个非常复杂的设计和¹处理过程,其排放的废气包含多种成分,因此行业的重大发展趋势之一就是工厂对于废气解决方案的需求越来越定制化。定制化的要求中包括以专业的工程师团队和最优性价比达成最优化的VOCs解决方案。举例来说,霍尼韦尔的尾气热氧化炉,能够在某些特别情况下使烟气中的硫化氢(H₂S)排放指标低至2ppmv,优于环保标准规定的10ppmv。另外,霍尼韦尔的顶烧式热氧化炉系统可以让绝大多数有机废弃物脱除率超过99.99%,有效保证有机物排放量低于标准。



4 全球变暖与异常气候

自诞生以来的数十亿年间，地球的表面温度一直经历着低温与高温的循环往复。观测数据表明，过去半个世纪中，地球表面的平均温度正在上升。

图15: 地球表面平均温度比较:20世纪与21世纪(单位:摄氏度)¹⁶



从上图我们可以很清晰地看到，自2014年打破历史年均最高气温纪录以来，2015年和2016年又连续创造了新纪录。全球变暖的趋势也在探测大气的人造卫星发回的数据中得到了佐证。联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 的第四份评估报告显示，“过去100多年里，全球平均气温上升了0.74摄氏度，过去50年升温尤其明显，1850年以来最暖的12个年份中，有11个出现在1995年—2006年；降水格局也发生了很大变化，一些地区降水增多，很多地区变得更为干燥。”¹⁷

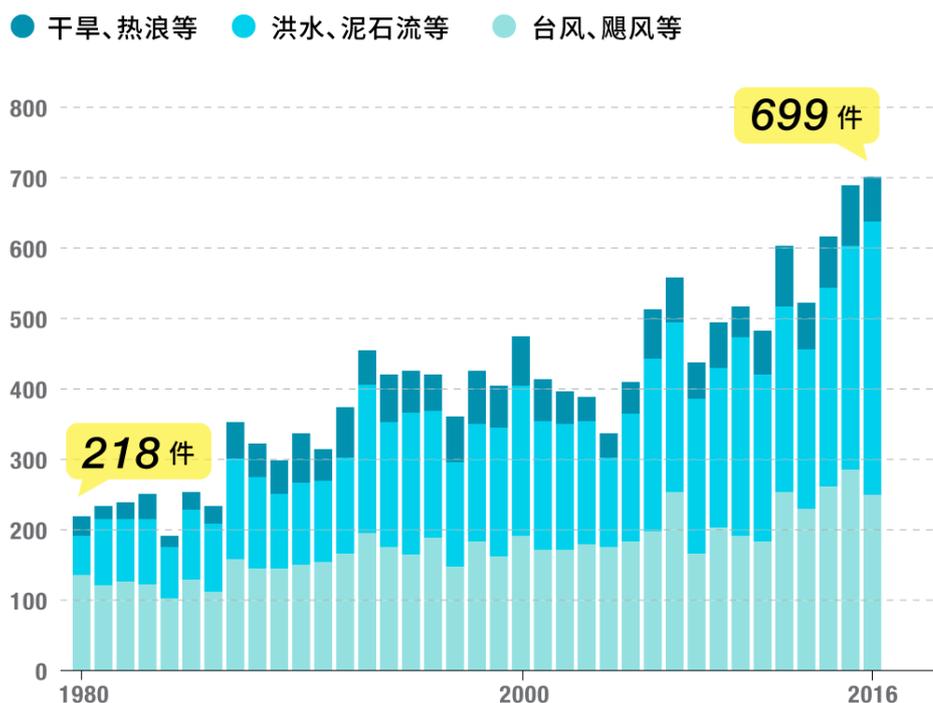
¹⁶ 来源:美国国家地理

¹⁷ 来源:中国科学院

影响已经发生,近年来异常气候的发生频率明显增长。除异常高温天气之外,变暖导致地区间的水分进一步失衡,干旱、洪水和雪灾的发生概率与强度明显上升。2017年中旬,中国南方地区连续出现11天强降雨天气,暴雨成灾,逾13万公顷农作物遭淹没,直接经济损失高达310亿人民币¹⁸。同时中国北方地区遭遇干旱灾情,直接经济损失超700亿人民币。从统计数据来看,2016年发生的气候相关灾害数量是1980年的3倍。

影响已经发生,近年来异常气候的发生频率明显增长。除异常高温天气之外,变暖导致地区间的水分进一步失衡,干旱、洪水和雪灾的发生概率与强度明显上升。

图16: 全球自然灾害数量统计, 1980年—2016年¹⁹



缓解气候变化问题、遏制全球变暖已刻不容缓,目前气象科学界普遍认为温室气体(GHG)是导致地球表面温度升高的主要原因,人类的生产生活活动则使得温室气体排放量增加。比如二氧化碳,比较2016年和1960年空气中的二氧化碳含量,其数字增加了近30%。

18 来源:乐施会

19 来源:美国国家地理

图17:大气中二氧化碳含量, 1800年—2016年 (单位:百万分之一ppm)²⁰

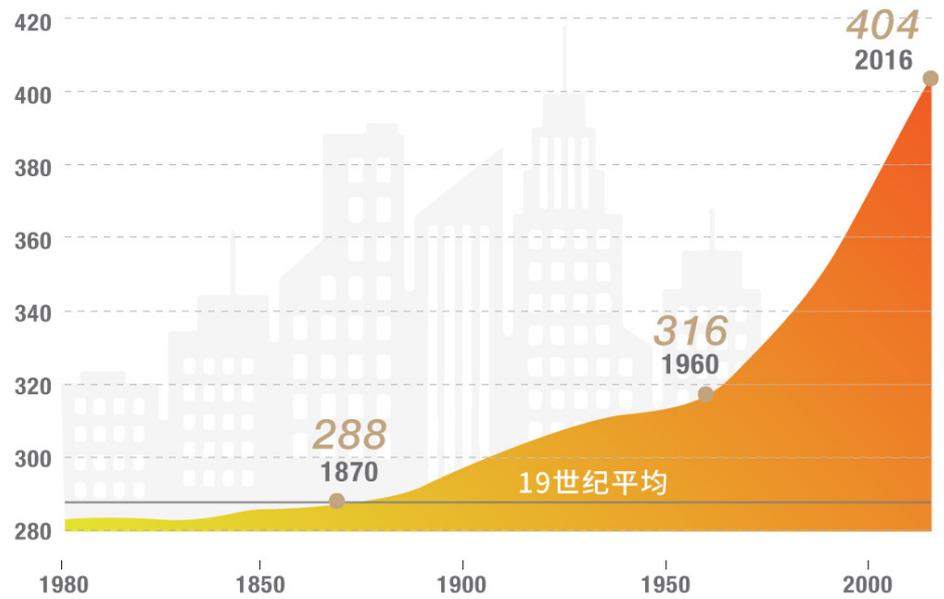


表3:京都议定书管制六大温室气体种类²¹

<p>CO₂ 二氧化碳</p> 	<p>石化燃料 改变土地的使用 (砍伐森林)</p>	<p>CH₄ 甲烷</p> 	<p>生物体的燃烧 家畜肠道发酵作用 水稻</p>
<p>N₂O 氧化亚氮</p> 	<p>生物体的燃烧 燃料 化肥</p>	<p>PFCs 全氟碳化物</p> 	<p>半导体制程 光电产业</p>
<p>HFCs 氢氟碳化物</p> 	<p>半导体制程 光电产业 冰箱及汽车冷气 系统主要冷媒</p>	<p>SF₆ 六氟化硫</p> 	<p>电力业 灭火器 半导体制程 光电产业</p>

²⁰ 来源:美国国家地理

²¹ 来源:2007年IPCC第四次评估报告

温室气体排放的增加同时也增加了极地臭氧层被消耗的速度和产生破洞的次数。根据观测数据,地球大气上空臭氧层的臭氧从1970年代开始以每十年4%的速度在递减,在两极的部分季节,递减速度甚至超过这个数字。臭氧的减少会导致进入大气层的紫外线增加,造成一些生物品种如海洋浮游生物的灭绝,同时皮肤癌和白内障患者数量也会增加。

为了及时治理这一问题,1987年联合国邀请所属的26个成员国签署了《蒙特利尔议定书》,严格管制各种ODS(消耗臭氧层物质),而事实上有几种关键的ODS同时也是GHG,比如CFC(全氯氟烃)和HCFC(含氢氯氟烃)。它们同时具有很高的GWP值(全球变暖潜能值,是物质产生温室效应的一个指数,以二氧化碳作为参照气体,数值越高代表该物质对全球变暖的影响越大)和ODP值(消耗臭氧潜能值,是物质破坏大气臭氧层的一个指数,数值越高代表对臭氧层破坏越大),并且被广泛使用于人类的日常生活像空调制冷剂、气体喷雾等,自协议生效以来,一直被缔约国们列为高等级监管的对象。

表4:中国受控ODS消耗臭氧层物质清单²²

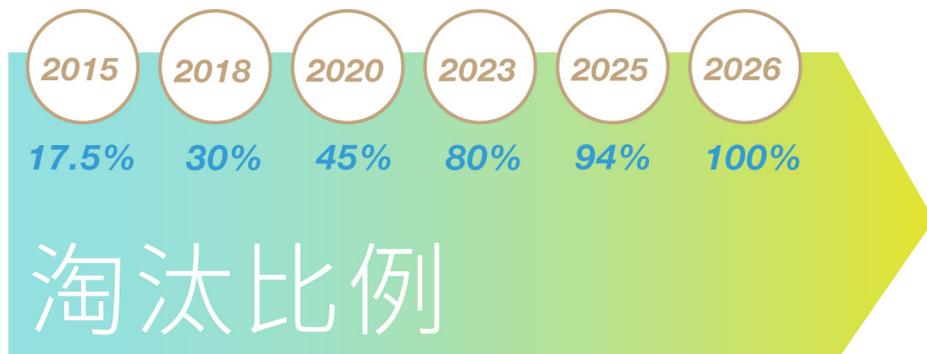
第1类 全氯氟烃 CFCs	第2类 哈龙 Halon
第3类 四氯化碳 CCl ₄	第4类 甲基氯仿 CH ₃ CCl ₃
第5类 含氢氯氟烃 HCFCs	第6类 含氢溴氟烃 HBFC
第7类 溴氯甲烷 CH ₂ BrCl	第8类 甲基溴 CH ₃ Br

而作为HCFC和CFC替代产品的HFC(氢氟碳化物)虽然不会破坏臭氧层,但具有较高的GWP值,是《京都议定书》中受管控的温室气体之一,因此欧盟、美国及日本等发达国家先后制定了相关政策法规控制HFCs的生产和消费²³。

22 来源:中华人民共和国环境保护部

23 来源:气候变化研究进展

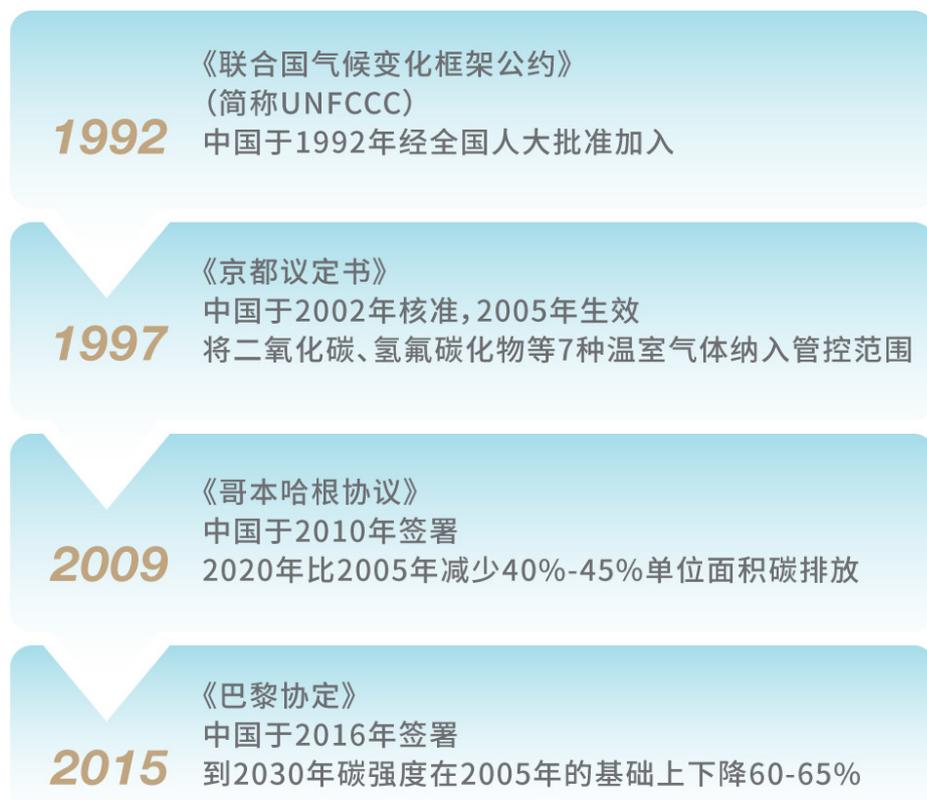
图18:国内聚氨酯(PU)泡沫行业HCFC-141B淘汰进程



来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

中国作为负责任的大国,同时也是目前全球碳排放量第一的国家和ODS的生产消费大国,自分别于1991年和1992年正式加入《蒙特利尔议定书》和《联合国气候变化框架公约》以来,一直积极配合协议的约定时间表,逐步按计划淘汰这些高GWP、高ODP的物质。比如HCFC-141B,目前中国正按照对于《蒙特利尔议定书》内容的承诺,逐步淘汰该物质的使用。

图19:《联合国气候变化框架公约》演变进程



2016年,中国正式成为第23个完成批准《巴黎气候变化协定》的缔约方。

为实现承诺,中国政府出台了一系列相关政策,当中包括在2017年12月正式启动中国碳排放交易市场。这一市场化机制的正式运行,标志着中国减排抗污的整体格局出现改变,企业和民众将会以一种与自身经济利益更直接挂钩的形式参与到低碳排放的推进中去。减少碳排放,理念升华与经济刺激缺一不可,一方面应以宣传教育的方式提高企业所有者和民众的低碳意识,另一方面应以市场手段鼓励和监督相关低碳设备和材料升级。

根据过去各地碳交易市场试点披露的数据,一家普通的制造型企业一次性投入1000万到3000万人民币的低碳设备或材料升级成本后,每年能减少以百万吨计的碳排放量;如果按照目前北京市碳交易市场的价格——56.6元人民币/每吨(此处碳交易价格以2018年3月20日的市场价格为准)来计算,在碳市场的交易可以为企业升级环保设备减轻很大一部分经济压力。

保尔森基金会能源与环境系列论文写道,“我们发现中国需要引入碳价来持续降低碳排放强度和2030年‘碳峰值’目标。”在政策加速的情况下,中国的碳强度每年下降4%左右,碳排放量可在2030年达到峰值,与之相对应的碳价将在2030年上升至38美元/吨²⁴。与此同时,中国与欧洲乃至全世界其他地区的碳交易市场接轨,会为积极参与该市场机制的企业与个人带来更灵活多样的选择,更能发挥自己的优势。

4.7 低全球变暖潜值方案——制冷剂

城市是全球碳排放的主要来源,全球70%以上的能源相关温室气体来自于城市的排放。近几年全球人口最多的几个国家都在经历高速城镇化,为了满足城市基础设施建设的需要,高能耗、高碳耗建筑正在急速变高²⁵。许多城市面临气候变化带来的影响,包括足以摧毁基础设施的强风暴、洪水、干旱,热浪加剧,雾霾加重以及其他可对生态或人体健康造成伤害的环境因素。中国有600

这一市场化机制的正式运行,标志着中国减排抗污的整体格局出现改变,企业和民众将会以一种与自身经济利益更直接挂钩的形式参与到低碳排放的推进中去。

24 来源:保尔森基金会

25 来源:劳伦斯伯克利国家实验室

多个城市,其中人口超过1000万的超大城市有十余个,再加上已经开始并且还将持续多年的快速城镇化,城市碳排放量逐年增加。近8000万中国城市人口居住在面临海平面上升危险的沿海地区,在印度和美国,这一数字是3000万和2000万²⁶。城市既是气候变化因素的来源,又是受气候变化影响最深的脆弱地区,因此理应成为推动能效和低碳发展的先锋力量。

在中国,来自于城镇建筑的二氧化碳排放量大约占总二氧化碳排放量的25%,仅次于工业领域的数据,其中民用及商业/公共建筑的贡献各占一半。今天很多建筑制冷设备都在使用高GWP值、高ODP值的制冷剂产品。

图20:上海市在“十三五”期间是否使用LGWP方案的碳排放总量对比

	十三五期间上海市碳排放总量	减排效果	使用LGWP方案的碳排放总量
 新增车用空调	33万吨	-99.9% 减排33万吨	0.03万吨
 工商建筑冷水机组	700多万吨	-99.9% 减排1050万吨 (含节能减排)	0.5多万吨
 大型超市冷冻	187万吨	-67.9% 减排145万吨 (含节能减排)	60万吨

来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

以上海市新建建筑的安装和维修使用为例,如果其使用的是传统制冷方案,那其“十三五”期间的碳排放总量将达到约700万吨;如果采用新一代LGWP(低全球变暖潜值方案)产品,那么这些建筑的碳排放总量将减少99%。

以上海市新建建筑的安装和维修使用为例,如果其使用的是传统制冷方案,那其“十三五”期间的碳排放总量将达到约700万吨;如果采用新一代LGWP(低全球变暖潜值方案)产品,那么这些建筑的碳排放总量将减少99%,降低到0.5万吨左右。

26 来源:劳伦斯伯克利国家实验室

与此同时,在工商建筑的应用方案里,LGWP制冷剂还能降低4%能耗,这也可以带来间接降低碳排放的效果。虽然4%看起来并不是一个很大的数字,但对于动辄几千千瓦的商用空调来讲,4%的能耗降低所带来的收益是不容小觑。以数字来说明的话,每节约1度电,就会相应节约0.4kg标准煤,同时减少0.997kg的碳排放。在“十三五”期间,如果再把能耗降低所带来的碳减排量一起计算进去,采用LGWP制冷剂能够为上海市减少约1000万吨碳排放。按照投入产出比计算,LGWP制冷方案大约三年左右就可以收回投资,环保问题和经济利益得到兼顾。

除了建筑部门的空调系统外,超市每年大量制冷剂泄露造成的碳排放量也非常可观。在欧洲,某发达国家的大型超市每年平均泄露10%制冷剂,而在中国,这个数字一般可达15%—20%。一家大型超市的制冷剂充足注量约为1.5吨,如果每年泄露20%(约300千克),以现在超市普遍采用的制冷剂GWP值为3980计算,一年一家超市仅制冷剂泄露一项就将造成1200吨(300×3980)左右的碳排放。超市数量随着城市规模的扩大而迅速增长,特别是一些小型便利店,规模虽然不大,数量却十分可观。

目前世界上的便利店大国如日本已经采用了霍尼韦尔提供的LGWP制冷方案,经实际测试,可有效降低至少66%的碳排放。

一家大型超市的制冷剂充足注量约为1.5吨,如果每年泄露20%(约300千克),以现在超市普遍采用的制冷剂GWP值为3980计算,一年一家超市仅制冷剂泄露一项就将造成1200吨(300×3980)左右的碳排放。

应用案例:北京丽泽金融商务区LGWP制冷剂

事实上中国第一个安装使用LGWP制冷剂的商用空调机组就座落在北京丰台区的丽泽金融商务区(在建)。在该商务区的城市设计和城市规划中,“环保低碳”领衔四大指导性理念,主推细化绿色建筑的碳排放量设计与管理。同时丽泽金融商务区还是北京住建委指导下北京首个正式启动的绿色园区试点项目,目标“实现到2020年区域碳排放量比2005年北京市相同规模相同类型区域的碳排放量降低45%的碳减排目标。”²⁷特灵空调携手霍尼韦尔LGWP制冷剂,以先进的低碳环保方案和可靠的专业技术服务,被选中成为丽泽金融商务区项目的参与者,为达成减排目标作出贡献。

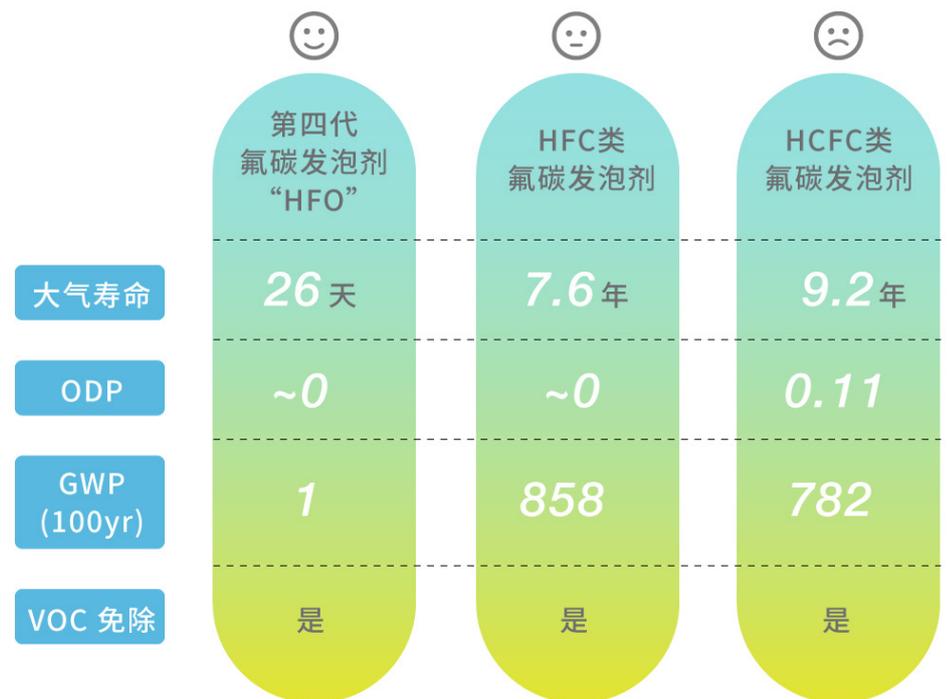
27 来源:北京市住房和城乡建设委员会

4.8 低全球变暖潜值方案——环保发泡剂

聚氨酯绝缘泡沫是一种具有保温和防水功能的新型合成材料,因其具有很低的导热系数,在国际上被广泛应用在建筑物外墙保温、屋面防水保温一体化、冷库保温隔热和管道保温材料等领域。

在美国,温室气体排放的40%来自建筑能源,而聚氨酯绝缘泡沫可以有效降低建筑能源使用。美国Freedonia集团的数据显示,预估到2020年美国的聚氨酯绝缘泡沫市场价值将达到252亿美元²⁸。

表5:氟碳发泡剂环保性能数据对比



28 来源:《化学推进剂与高分子材料》2016年 第5期

在生产高性能、硬质聚氨酯绝缘泡沫时,发泡剂是其中关键的原材料之一,而在不同种类的发泡剂中,氟碳发泡剂由于其高绝缘性能、优异的物理特性和安全简单的加工特点,得到了最佳使用价值的评价,自二十世纪五十年代中期开始被大规模使用。然而调查显示早期的氟碳发泡剂如CFC类和HCFC类发泡剂对臭氧层有明显的损坏,因此国际社会开始了对氟碳发泡剂的升级换代过程。

近年来,对气候变化的担忧驱动着第四代氟碳的发展,此第四代氟碳目前预期能够达到臭氧消耗和气候变化法规的要求。霍尼韦尔开发的第四代发泡剂产品的大气存留时间远远低于上一代的氟碳发泡剂,具有极低的GWP值,完全满足国际社会对气候协定的要求,同时还保留了不可燃、不含VOC和高物理性能的特点,在聚氨酯绝缘泡沫体系中有非常好的表现。在美国印第安纳州的普渡社区旧建筑翻修项目中,霍尼韦尔的第四代发泡剂喷涂方案成功帮助该社区升级成为节能减排的新型可持续社区。

霍尼韦尔开发的第四代发泡剂产品的大气存留时间远远低于上一代的氟碳发泡剂,具有极低的GWP值,完全满足国际社会对气候协定的要求,同时还保留了不可燃、不含VOC和高物理性能的特点。

图22:低全球变暖潜值方案应用实例
——美国印第安纳州普渡社区翻修



来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院



5 资源利用

谈到“环保”，人们往往第一时间联想到减少污染和治理环境问题。而实际上“减少浪费”作为一种间接的环境治理手段一直在环保这个话题中一直扮演着一个非常重要的角色，比方说化石能源的节约和高效利用可以有效降低环境污染物的排放。

中国是资源大国，却从未自称为“能源大国”。2018年3月，李克强总理在政府工作报告中针对降低能耗提出了具体要求——单位国内生产总值能耗下降3%以上。要达到这一要求，需要从中国的实际国情出发，找出行业痛点，结合先进技术进行产业升级。

表6: 中国能源储备情况²⁹

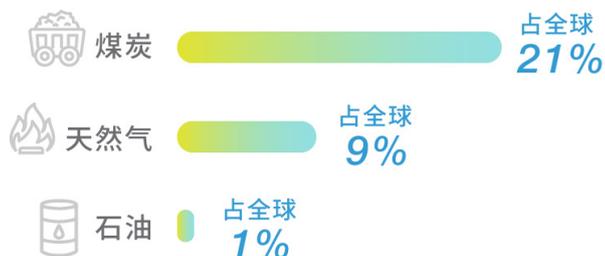
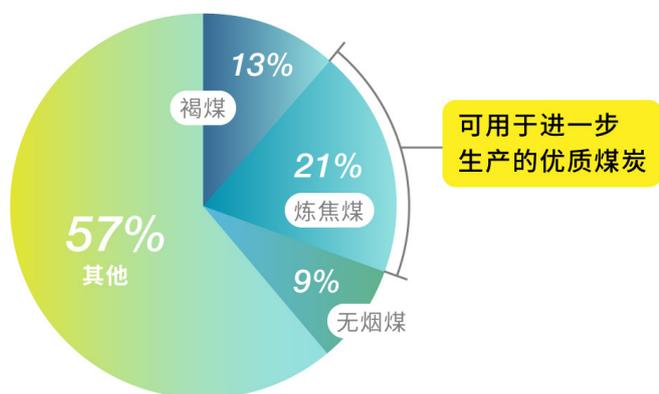


图23: 中国保有煤炭资源的煤类分布³⁰



29、30 来源：中国地质调查局

一句话概括中国目前的能源现状,那就是“煤炭资源丰富,油气、铀等优质资源相对短缺”。而在煤炭资源中,可用于进一步生产的优质炼焦煤占比较小,仅占煤炭总保有量的不足21%。如果从分布空间来看,中国煤炭资源相对集中,呈现北多南少、西多东少的格局,东部相对发达的工业区域反而缺乏能源或原料供应,需要负担额外的物流成本,影响企业经济效益。

尽管不是能源大国,但40年来的经济高速发展将中国对能源的需求不断推向新高。根据英国石油公司(British Petroleum,简称BP)的《BP世界能源展望(2017版)》中国专题,2015年—2035年,中国能源消费预计将增长47%(全球平均增长31%),同时中国在全球能源需求中的占比也将从2015年的23%升至2035年的26%,占全球净增长量的35%。供需差异导致中国的能源对外依存度持续上升,2015年中国能源对外依存度为17%,预计到2030年该数字将上升到24%³¹。2018年的《政府工作报告》中,“单位国内生产总值能耗下降3%以上”成为主要预期目标之一。针对当前制约能源发展的主要因素,中国政府和相关学术界提出多项建议,其中包括大力开发煤炭清洁利用技术,不断提高煤炭清洁利用水平。

5.9 煤炭资源利用方案

2017年,中国国家重点研发计划启动实施“煤炭清洁高效利用和新型节能技术”重点专项。该专项以“控制煤炭消费总量,实施煤炭消费减量替代,降低煤炭消费比重,全面实施节能战略”为目标,进一步解决和突破制约我国煤炭清洁高效利用和新型节能技术发展的瓶颈问题,全面提升煤炭清洁高效利用和新型节能领域的工艺、系统、装备、材料、平台的自主研发能力,突破重大关键共性技术,并实现工业应用示范。目前在中国,现代煤化工已实现从示范到产业化发展。煤炭直接液化、煤炭间接液化、煤制烯烃、煤气化、煤制乙二醇等技术都已相继投入工业化生产。

一句话概括中国目前的能源现状,那就是“煤炭资源丰富,油气、铀等优质资源相对短缺”。而在煤炭资源中,可用于进一步生产的优质炼焦煤占比较小,仅占煤炭总保有量的不足21%。

31 来源:英国石油公司

霍尼韦尔自1972年随尼克松总统访华,成为当时中国炼油石化领域唯一被选中的现代化建设伙伴以来,一直致力于在中国推动更新、更环保、更高效的石化技术。在煤炭的清洁开发利用方面,煤制烯烃是公认可行的发展方向,而甲醇制烯烃(MTO)一直是其中关键的技术环节。霍尼韦尔拥有的甲醇制烯烃技术在生产同类烃类产品时可减少5%的煤炭用量并提高收率,既可节约能源,又能为企业带来实际经济效益。除此之外,霍尼韦尔独有的催化剂分子筛可以比其他同类产品降低50%磨损,减少替换频率,进一步帮助企业降低成本。

5.10 渣油废物利用方案

除了优化煤炭的使用效率以外,如何更加充分地利用有限的石油资源,也是中国面临的能源挑战之一。

渣油是一种石油经过蒸馏加工后剩余的残渣,它的比率大约占石油加工前的50%。在过去渣油由于质量差、杂质和非理想组份含量高,加工难度大等缺点,一般被用于作为锅炉燃料,不仅造成了宝贵石油资源的浪费,还污染了环境³²。

为了解决这一难题,渣油加氢技术应运而生。中华人民共和国科学技术部的描述如下:“简单来说这种处理技术就是在高温、高压和催化剂存在的条件下,使渣油和氢气进行催化反应,这样就可以使渣油分子中硫、氮和金属等有害杂质,分别与氢和硫化氢发生反应,生成硫化氢、氨和金属硫化物。同时,渣油中部分较大的分子裂解并加氢,变成分子较小的理想组份,反应生成金属的硫化物沉积在催化剂上,硫化氢和氨可回收利用,而不排放到大气中,故对环境不造成污染。”因此渣油加氢技术不仅仅解决了石油资源浪费的问题,同时还减少了排放,起到了保护环境的作用。

32 来源: 中华人民共和国科学技术部

霍尼韦尔拥有的渣油加氢技术已经成功商业化15年，它具有极高的转化率。对比延迟焦化技术(目前渣油加工的主要加工方法之一)，霍尼韦尔的渣油加氢技术可以提供2倍的馏分油产率，最少的尾油副产品以及极大的原料灵活性。它已被证明是处理渣油的优秀环保技术，并能大幅提高产品的经济效益。

5.11 资源循环利用方案

除了更环保更合理地使用化石能源之外，国务院发展研究中心还提出“资源循环利用为我国绿色发展奠定基础”这一概念。工信部也在《重要资源循环利用工程(技术推广及装备产业化)实施方案》中指出“资源循环利用产业是战略性新兴产业的重要组成部分，是为节约资源、发展循环经济、实现废弃物综合利用、保护环境提供物质基础和技术保障的产业”。因此大力推进建设资源节约型环境友好型社会，为资源循环利用技术创造了巨大的市场需求。

霍尼韦尔在技术开发的方向上一直遵循着环境友好、资源友好和可持续发展的原则。以吸附剂和解析器技术为例，2009年霍尼韦尔与上海某石化厂合作了一套联合芳烃装置，该装置采用霍尼韦尔的吸附剂和解析器技术。新技术的采用使得整套装置的能源消耗降低40%，同时减少10%的投资和占地面积。鉴于城市工业用地的稀缺性，其价值不言而喻。

资源的循环利用不仅可以带来显著的经济效益，还可以大大减少化工品生产对周边环境和居民生活的安全影响。举例来说，二甲苯(Xylene)是一种被广泛应用于涂料、树脂、染料、油墨等行业做溶剂；用于医药、炸药、农药等行业做合成单体或溶剂；也可作为高辛烷值汽油组分，是有机化工的重要原料。它还可以被用来生产邻二甲苯(OX)和对二甲苯(PX)以生产PTA(精对苯二甲酸)、PA(苯酐)纤维等，是人们日常生活中离不开的重要化工原料之一。然而二甲苯同时被列入了世界卫生组织国际癌症研究机构公布的三类致癌物清单，其带有的毒性会随着含有二甲苯的工业废气废水危害工厂的周围环境和居民。中国是二甲苯的消费大国，一直致力于降低该物质的进口依存度，因此清洁安全的二甲苯的生产技术就显得尤为重要。霍尼韦尔的异构化技术能够在二

新技术的采用使得整套装置的能源消耗降低40%，同时减少10%的投资和占地面积。

甲苯纯度高达99.97%的同时,回收率达到99%,极大降低了该生产工艺对周边环境和居民生活的安全影响。回收的二甲苯最终将被合成为聚酯,用于生产纺丝,既保证安全性,又满足了循环利用原材料的效益诉求。



Honeywell

Important Targets	UNIT	VALUE	LOW LIMIT	HIGH LIMIT	MIN VALUE	MAX VALUE	LIMIT
CDU Feed Rate		88.01	139.16	153	141.61	142.31	KBPD
CDU Apsi Prods.		10.96	0	103	17.21	17.24	PCT
CDU Bottoms P.		138.52	0	303	38.11	19.58	PCT
CDU Sid Gas Pn.		88.08	0	303	1.58	2.52	PCT
Hydrotreater A.		15.05	0.1	80.8	74.78	76.7	PSIG
HCC Cat Regen.		86.79	34.08	27.06	23.39	23.92	KBPD
HCC Feed Rate		138.52	74.25	75.75	35.67	36.55	KBPD
Hydrogen Prod.		47.84	0	971.62	651.09	915.45	KBPD
DSB Separator		112.47	0	303	37.84	38.49	PSIG
DSOver Feed.		91.49	0	8030	3079.61	3027.83	BPH
DSH		56.79	0	1111	891.25	908.01	BPH
DSH Gas Flow		14.74	0	555.5	435.69	655.75	BPH
DSH		14.74	0	103	1063.36	1084.94	BPH
DSH		14.74	0	103	0	1084.94	BPH
DSH		14.74	0	75.75	53.56	56.47	KSCFH
DSH		14.74	0	75.75	53.56	56.47	PCTA

6 生产效率

自“绿色经济”概念被提出以来,提高生产效率一直是其重要组成部分,能够间接地减少对环境的排放。一方面,生产效率低下会造成不必要的产能投资,导致污染源增多,能源浪费;另一方面,生产效率低的工厂往往智能化管理落后,造成排污不可测量也不可控。“十三五”时期是中国石化和化学工业转型升级、迈入制造强国的关键时期,行业发展的有利条件和制约因素相互交织。2016年6月在上海召开的中国石油化工发展创新论坛上,石油和化学工业规划院副院长白颐表示,石化行业的供给侧改革在“十三五”期间会成为规划的重要内容,相比煤炭和钢铁行业以产能退出、清理“僵尸”企业为主要目标,石油化工行业将主要聚焦在提高生产效率和产品品质上。

6.12 “炼化一体化”技术

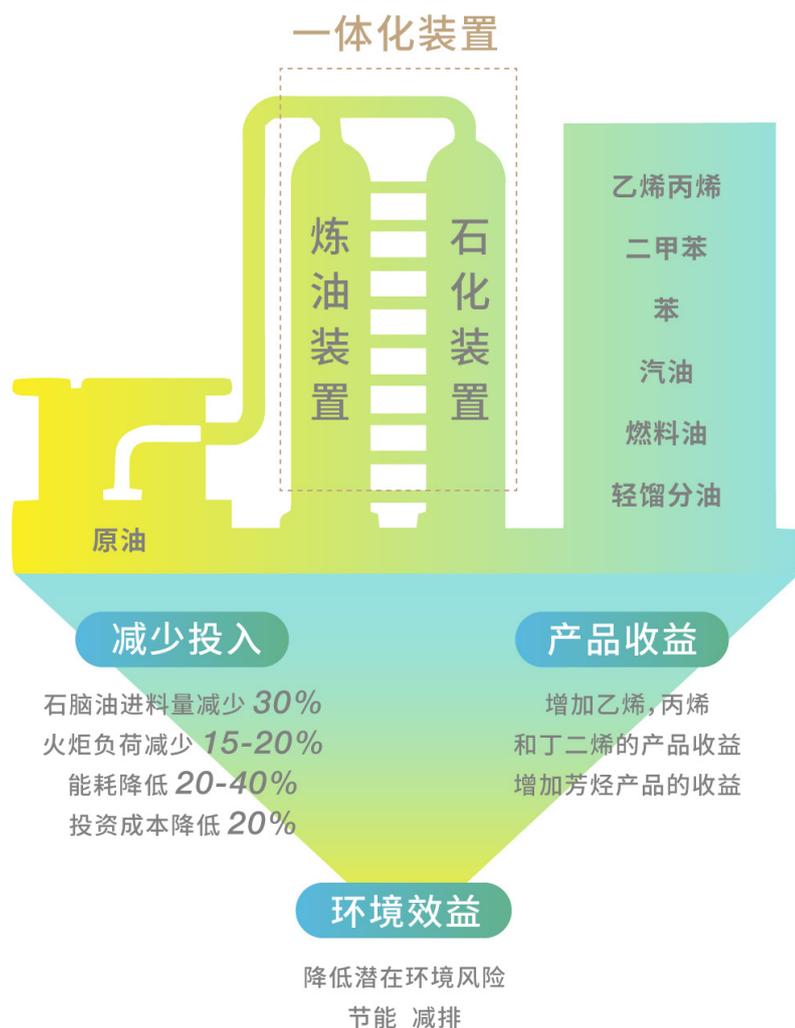
目前在炼油石化行业颇受关注的“炼化一体化”技术,实际上也是依托于智能制造升级,追求生产效率和成本控制的最大化,最终在利润最大化和绿色发展之间取得完美平衡。

目前在炼油石化行业颇受关注的“炼化一体化”技术,实际上也是依托于智能制造升级,追求生产效率和成本控制的最大化,最终在利润最大化和绿色发展之间取得完美平衡。“炼化一体化”简单来说就是把“炼油”和“化工”这两个独立的环节给合并在了一起,这一做法能够减少中间流通环节、提高生产灵活性和石油资源利用率、通过产业上下游整合来降低成本,同时对于环境来说能够减少有害污染物质的排放和泄漏。这一概念现在已经得到了世界范围内各大炼油和化工行业巨头的认可,被美国、沙特、日本、韩国等炼油化工大国普遍采用。

很多时候,环境问题来源于生产技术路线的规划和选择,最优的工艺设计往往能兼顾生产收益、环境影响及工人的人身安全。丙烷脱氢生产丙烯,是炼化一体化技术中的另一个典型代表。丙烯是乙烯的副产品和催化裂化的副产品,但受到生产原料和工艺限制,丙烯产量在全球范围内一直存在缺口。为填补这一缺口,霍尼韦尔开发了通过丙烷脱氢直接生产丙烯的技术,在技术路线上使用了对人体无害的贵金属铂作为催化剂,不仅避免了重金属催

化剂铬在氧化状态下产生有害物质对工人健康产生危害(微量6价铬可对人体造成不可逆的致癌性,遗传,生殖,肝肾等毒性,3价铬细胞摄入性虽不如6价铬,但同样具备毒性),还预防了一旦发生泄漏事故将对周边环境和居民造成的巨大威胁。霍尼韦尔的丙烷脱氢技术除了在催化剂的选择上彻底秉持安全环保理念,其独特的完全连续技术能在很大程度上减少切换反应器时产生的废气废水,使周围环境免遭大量排污之苦。

图24:“炼化一体化”作用说明



霍尼韦尔开发了通过丙烷脱氢直接生产丙烯的技术,在技术路线上使用了对人体无害的贵金属铂作为催化剂,不仅避免了对人体无害的贵金属铂作为催化剂,不仅避免了对人体无害的贵金属铂作为催化剂,不仅避免了对人体无害的贵金属铂作为催化剂,还预防了一旦发生泄漏事故将对周边环境和居民造成的巨大威胁。

来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院

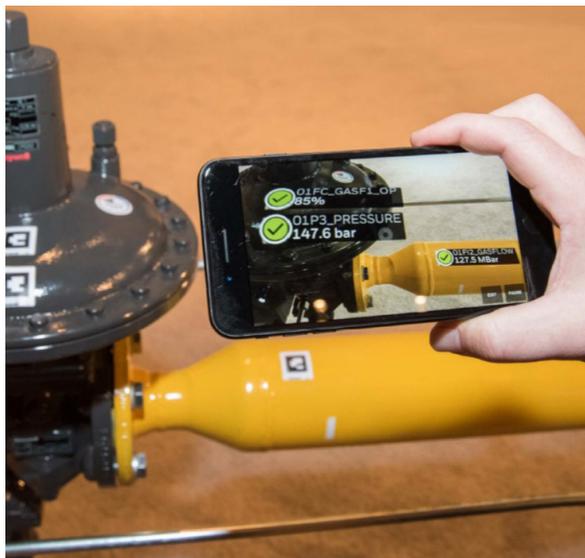
6.13 智能制造引领未来

如今，中国石化行业无论体量还是增速都处于全球领先地位，巨大成就的背后是随之而来的诸多挑战：行业增速放缓、部分产能过剩、行业平均投资回报率偏低等。这些问题加上逐步削弱的人口红利以及不断提升的环保要求，都让中国石化企业坚定了提高生产和运营效率的决心。

在工信部发布的《石化和化学工业发展规划（2016—2020）》中，“以提质增效为中心，以供给侧结构性改革为主线，深入实施创新驱动发展战略和绿色可持续发展战略，着力改造提升传统产业”被写入指导思想，强调新一代信息技术与石化工业的深度融合，并鼓励加强国际交流与合作，统筹国内国际“两种资源、两个市场”。这实际上代表了国家对于石化行业智能化、自动化升级，并以此带动产业生产效率提升的要求。工业物联网和数据分析技术都是这一领域的先进技术，可以通过不断降低运营成本、提高产量和收益率来改善企业的盈利能力。企业如果能够在限额内排污量的基础上生产更多产品，那在提高生产效率的同时，也间接达到了环境保护的目的。

在工信部发布的《石化和化学工业发展规划（2016—2020）》中，“以提质增效为中心，以供给侧结构性改革为主线，深入实施创新驱动发展战略和绿色可持续发展战略，着力改造提升传统产业”

图25:智能资产管理



应用案例:智能生产

在某石化项目中，通过霍尼韦尔的在线动态建模，动态在线优化，这套控制技术在6个月后就帮助工厂收回了在增产降耗上投入的成本。在没有做任何其他技术调整的情况下，增加了乙烯和丙烯的产量，提高了石脑油的处理能力，同时降低了燃料气的消耗。在符合环境排放标准的同时，做到了环保和生产能力提升的双赢。在使用多种先进技术后，将为工厂增加7%的生产能力，6%的销售额，并提高10%的安全保障。

来源:霍尼韦尔(中国)有限公司环境保护研究院



7 总结

“绿色经济”本质上是一种以资源节约型和环境友好型经济为主要内容的经济形态，当中包含了低碳经济、循环经济等可持续发展概念，有利于推动社会经济发展模式由“高能耗、高污染、低效率”向“低能耗、低污染、高效率”转变。

对于中国来说，聚焦“绿色经济”有着非同寻常的战略意义，它象征的集约化和可持续化发展模式是中国现代化发展前景的动力，更是社会安定的基石之一。2004年，国家环保局和国家统计局联合发布了中国第一份绿色GDP核算报告，数据显示，当年污染造成的损失占GDP总量的3.05%。仅江苏一个省，一旦在GDP核算上加入环境污染这项因素，当年的GDP下调幅度超过8%³³。无论对政府、企业还是普通民众来说，这都是一个警醒。

进入“十三五”规划时期，中国面临着比“十二五”规划期间更为复杂多变的国内国际经济环境。经济发展模式由粗放型向集约型转变，经济结构转型升级、供给侧改革、民众日益提升的生活质量要求以及世界经济形势的不确定等，所有这些因素都在指向一条真正的可持续发展道路。十九大报告中提出“美丽中国”这一概念，表明“必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，坚持节约资源和保护环境的基本国策，像对待生命一样对待生态环境，统筹山水林田湖草系统治理，实行最严格的生态环境保护制度，形成绿色发展方式和生活方式，坚定走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路”。

绿色发展、文明发展无疑已经成为新时代中国特色社会主义思想的重要落实点之一，作为企业，应当充分认清当前的现状和未来发展的机遇，积极主动地配合调整自身发展战略，以求得更好更长久的立足。

十九大报告中提出“美丽中国”这一概念，表明“必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，坚持节约资源和保护环境的基本国策。”

33 来源：国家环境保护总局和国家统计局

参考与注释

1. “世界银行数据 | 中国”，世界银行，February 24, 2017, accessed at <https://data.worldbank.org.cn/country/china>
2. Doreen Fedrigo-Fazio and Patrick ten Brink, “Green Economy, WHAT DO WE MEAN BY GREEN ECONOMY?” UNEP, May 2012, accessed at https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8659/-%20Green%20economy_%20what%20do%20we%20mean%20by%20green%20economy_%20-2012Main%20briefing%202012--Final.pdf?sequence=2&isAllowed=y
3. “上市公司环境成本档案”，清洁空气创新中心和Trucost, October 2015, accessed at www.cleanairchina.org/file/loadFile/104.html
4. “一文看懂中国雾霾的成因、危害和解决方案”，EF China, January 22, 2016, accessed at http://www.ef-china.org/News-zh/Program-Updates-zh/Restoring-BlueSkies-zh/pop_science/pop_science_20160122
5. “2016世界环境绩效指数(EPI)排名”，Yale University, 2016, accessed at <http://epi2016.yale.edu/reports/2016-report>
6. “什么是VOC? ”，江苏省环保厅, July 25, 2013, accessed at www.jshb.gov.cn/rdzt/dqwrlyhy/.../t20130725_240597.html
7. “中国环境空气质量管理评估报告(2017)”，清洁空气创新中心(清洁空气联盟秘书处), January 1, 2018, accessed at www.cleanairchina.org/file/loadFile/178.html
8. “改善城市交通, 遏制中国空气污染”，清洁空气创新中心(中国清洁空气联盟秘书处), December 29th, 2014, accessed at <http://www.cleanairchina.org/product/6842.html>
9. “大气污染防治技术产业-氮氧化物控制领域专利竞争情报分析”，北京国之专利预警咨询中心, November 2014, accessed at www.sipo.gov.cn/docs/pub/old/.../P020151014514057806342.pdf
- 10&11. “《锅炉大气污染物排放标准》(征求意见稿)编制说明”，《锅炉大气污染物排放标准》编制组, July 2017, accessed at <https://www.sepb.gov.cn/fa/cms/upload/uploadFiles/.../file2765.pdf>
- 12&13. 刘炜, “挥发性有机物(VOCs)治理行业分析报告”，深圳市创新投资集团有限公司, April 1st, 2016, accessed at www.szvc.com.cn/upload/20160401/20160401161232157.pdf
14. 中国涂料工业协会据1380家一定规模以上涂料公司统计数据
15. 华南理工大学和东吴证券研究所, “VOCs行业深度报告”，东吴证券, October 22nd, 2015, accessed at pg.jrj.com.cn/.../f95d4439-6c7f-422c-a13f-8a6e72e7d584.pdf
16. “Seven things to know about climate change”，美国国家地理, accessed at <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/04/seven-things-to-know-about-climate-change/>
17. 方修琦, “全球变暖面面观”，中国科学院, January 21st, 2013, accessed at http://www.cas.cn/xw/zjsd/201301/t20130121_3754178.shtml
18. “2017中国水灾”，乐施会, September 1st, 2017, accessed at <http://www.oxfam.org.hk/txt/sc/2017SouthChinaFlood.aspx>
- 19&20. “Seven things to know about climate change”，美国国家地理, accessed at <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/04/seven-things-to-know-about-climate-change/>
21. “气候变化2007-综合报告”，政府间气候变化专门委员会, 2008, accessed at https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_cn.pdf

22. “关于发布《中国受控消耗臭氧层物质清单》的公告”，中华人民共和国环境保护部，September 27th, 2010, accessed at http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201010/t20101013_195491.htm?COLL-CC=2281500838&
23. 姜含宇, 张兆阳, 别鹏举, 等. “发达国家 HFCs 管控政策法规及对中国的启示”, 气候变化研究进展, March 2017, accessed at www.climatechange.cn/CN/article/downloadArticleFile.
24. 柯蔚蓝 (Valerie J. Karplus), 张希良, “中国治理大气污染和应对气候变化为什么需要单独但要协调的政策”, 保尔森基金会, February 2015, accessed at http://www.paulsoninstitute.org/wp-content/uploads/2017/01/PPEE_Air-and-Climate_Karplus_Chinese_R.pdf
- 25&26. Stephanie Ohshita, Lynn Price, 周南, 等, “中国城市在温室气体减排中的作用”, 劳伦斯伯克利国家实验室中国能源研究室, September 2015, accessed at https://china.lbl.gov/sites/all/files/lbnl_sei_china_cn.pdf
27. “绿色建筑-北京在行动1期”, 北京市住房和城乡建设委员会, June 1st, 2013, accessed at <http://www.bjjs.gov.cn/Portals/0/files/kjcjzx/>
28. 郭智臣, “美国对聚氨酯泡沫的需求不断上涨”, 《化学推进剂与高分子材料》2016年 第5期
- 29&30. “中国能源资源报告”, 中国地质调查局, November 2016, accessed at <http://www.cgs.gov.cn/ddztt/cgs100/bxcg/fwgj/201611/P020161125577066113658.pdf>
31. “《BP世界能源展望(2017版)》中国专题”, 英国石油公司, March 2017, accessed at https://www.bp.com/content/dam/bp-country/zh_cn/Download_PDF/EO2017/%E3%80%8AB-%E4%B8%96%E7%95%8C%E8%83%BD%E6%BA%90%E5%B1%95%E6%9C%9B%E3%80%8B%E5%B8%AD%E7%89%88%E5%B8%AD%E5%9B%BD%E4%B8%93%E9%A2%98%20.pdf
32. “渣油加氢处理技术”, 中华人民共和国科学技术部, January 15th, 2001, accessed at http://www.most.gov.cn/kxjspj/gzkgp/200702/t20070201_40700.htm
33. “中国绿色国民经济核算研究报告2004”, 国家环境保护总局和国家统计局, 2006, accessed at <http://gcs.mep.gov.cn/zhxx/200609/P020060908545859361774.pdf?COLL-CC=2281445603&>

关于我们

我们是霍尼韦尔旗下的特性材料和技术业务集团,有着领先全球的技术并始终关注环境与人类的和谐共存,致力于用科技力量推动环境改善和绿色经济发展。霍尼韦尔的高性能材料部拥有超过5200项专利,UOP业务部有超过4900个专利和应用。霍尼韦尔引领开发了新一代低全球变暖潜值解决方案,并已将其应用在超过3000个超市和4000万辆车中。全球36种炼油工艺中的31种是霍尼韦尔发明的。霍尼韦尔还拥有全球领先的燃烧方案。UOP技术助力全球60%汽油、40%液化天然气和70%聚酯纤维的生产,霍尼韦尔的过程控制技术应用于全球50%炼厂,覆盖全球125个国家。

霍尼韦尔会继续在其保有领先技术的领域努力,投资开发新型绿色环保科技,结合中国具体国情和环境、经济现状,与社会各界共同合作,助力建设绿色经济,将蓝色还给天空。

领先全球的技术

高性能材料部
5,200+
有效专利

UOP
4,900+
有效专利和应用

No.1
全球第一的
工艺技术授权商


3,000+
个超市


4,000+
万辆车

引领开发新一代低全球变暖潜值解决方案
全球领先的低排放燃烧解决方案
36项炼油工艺中有31项由UOP发明

UOP 技术 助力生产

坚持绿色健康的工艺技术路线



全球汽油



全球液化天然气



可生物降解洗涤剂



聚酯纤维

过程控制技术

运用于全球
~50%
炼油厂

帮助炼制
~4千万
桶石油/天

应用于超过
~9千万
个互联产品和解决方案

覆盖全球
125
个国家

鸣谢

感谢《霍尼韦尔产业绿色升级报告——大气治理篇》撰写的参与者,他们是:余锋、周麓波、潘利华、罗兆雄、罗超、汪涛、戴丝云、吴翀、邓晶尹、张雯、韦丹华、胡方舟、樊奇、张奎山、杨晓远、牛永明、张宝华、丁喆、张熹、侯健、徐水根、吴佳骏、王知翔、陈艳、金锋。

感谢他们基于对行业发展和相关技术应用的洞察和提出的独到见解和前瞻看法。