

中国与意大利民航业碳减排路径与 合作前景研究

2021 >>>



本项目由中国社会科学院欧洲研究所承担，并与意大利政治经济与社会研究所（**Eurispes**）合作组织中意两国专家学者共同完成。

中国与意大利民航业碳减排路径与合作前景研究^①

引言

近年来，随着气候变化导致的全球生态系统危机加速显现，碳达峰与碳中和正在全球范围内获得越来越多的认知和共识。继《京都议定书》之后，《联合国气候变化框架公约》下的第二份有法律约束力的气候协议《巴黎协定》正式达成并于2016年11月正式生效。为响应全球气候协定，同时出于自身经济发展模式转型的考虑，在很多国家，从政府宏观规划到行业政策制定，从各领域低碳技术创新到企业微观管理，碳减排实践已经如火如荼地开展起来。进入2021年，全球极端气象事件频发，令世界各国政府和民众进一步意识到气候变化产生的巨大破坏力，全球范围内的碳减排行动正加速推进。

民航业是重要的交通运输部门，同时也是全球经贸活动的重要组成部分和重要支撑，其碳减排状况受到国际社会广泛关注。2019年，全球民航业碳排放总量占全球交通运输业碳排放总量的10%，约占全球碳排放总量的2%~3%。尽管份额并不算高，但是其碳排放总量增长速度惊人，是全球碳排放增长最快的行业之一。根据国际民航组织（以下简称ICAO）的数据和预测，2013年至2019年，全球民航业碳排放总量增加了29%。如果不加控制，到2050年全球将有25%的碳排放量来自于民航业。可见，民航业碳减排既必要又迫切。近年来，世界各国民航业在节能减排方面做了不少努力，也取得了一些成效。然而，在全球民航业整体运营规模迅速扩大的背景下，要实现该行业碳中和的目标仍然极具挑战。

值得关注的是，民航业碳排放具有显著的跨国属性，要实现减排目标离不开国家间密切协调合作。基于此，近年来ICAO在推进该行业全球碳减排方面发挥着重要的引导和协调作用。2010年，ICAO第37届大会首次提出自2020年起实现民航业碳排放中性增长的目标。此后，ICAO提出了全球民航业碳减排一揽子措施的四个主要方向，分别是飞机技术创新、使用可持续的替代燃料、提高机队运营和基建管理效率，以及通过市场化机制促进减排。2016年ICAO第39届大会推动通过了第一个全球性行业减排市场机制，即国际航空碳抵消和减排机制（CORSIA），明确了自2020年起实现行业碳排放中性增长的目标。^②然而，基

^① 本研究报告主要执笔人包括：孙彦红，中国社会科学院欧洲研究所研究员，欧洲经济研究室副主任（主持工作），中国欧洲学会意大利研究分会秘书长，《意大利蓝皮书：意大利发展报告》主编，本项目主持人；孙雅雯，中国社会科学院欧洲研究所助理研究员；路易吉·农齐亚塔（Luigi Nunziata），意大利航空运输公司（ITA）燃料管理部经理，曾任意大利航空公司（Alitalia）燃料管理部高级经理。研究报告第二部分“意大利民航业碳减排的计划与路径”由路易吉·农齐亚塔撰写，由意大利政治经济与社会研究所秘书长马尔科·里切利（Marco Ricceri）审校。研究报告全文由孙彦红审校修订。感谢中国东方航空公司和环球网对本研究的支持。

^② CORSIA机制创立时设定的计算基准线是2019年和2020年的平均排放量，考虑到新冠疫情对全球民航业的冲击，ICAO理事会于2020年7月通过了将2019年排放量作为基准线的提案，并拟提交第41届大会审议。

于经济发展阶段和民航业发展状况的差异，世界各主要经济体对 CORSIA 的目标设置与具体实施方案持不同意见，该机制的落实仍存在较大争议。

鉴于民航业减排需要国家间协调合作，为促进中国民航业更好地实现碳减排目标，开展跨国比较研究具有重要的理论与现实意义。作为西方发达国家之一，同时也是欧盟第三大经济体，意大利向绿色经济转型方面取得的成绩在欧盟成员国中名列前茅。在能源转型方面，2014 年意大利可再生能源占最终能源消耗的比重即升至 17.1%，提前六年完成了欧盟为其设定的 17% 的 2020 年目标。在能效方面，受到严格的能效标准、白色证书机制与公共部门“热力账户”等制度以及大规模安装智能电表的积极推动，近年来意大利的能效表现不仅明显优于欧盟整体水平，也优于德国和法国，位于欧盟大国之首。欧盟统计局（Eurostat）的数据显示，2019 年，意大利生产 1000 欧元 GDP 的平均能耗为 97.37 千克油当量，远低于欧盟整体水平（114.21），也明显低于德国（103.07）、法国（112.8）和西班牙（113.03）。具体到民航业节能减排，意大利的表现也比较突出，不仅在技术创新上开展了不少尝试，在制度和机制设计上也积累了丰富经验。基于此，围绕中国与意大利民航业碳减排的实践开展对比研究，可为中国民航业立足于自身国情与行业发展状况更好地实现“双碳”目标提供启示。此外，在《中国和意大利关于加强经贸、文化和科技合作的行动计划（2017 年—2020 年）》中，两国确定了七大优先合作领域，其中的环境与可持续能源、航空、基础设施和交通等领域均直接涵盖或间接涉及民航业。2021 年 9 月 7 日，习近平主席与意大利总理德拉吉通电话，双方均表达了加强两国在应对气候变化和可持续发展等领域合作的重要性。可见，开展中意民航业碳减排的对比研究并探讨合作路径，对于在新形势下加强两国务实合作、进而夯实两国全面战略伙伴关系也将有所助益。

本研究首先梳理中国民航业实现“双碳”目标的计划与路径、意大利民航业碳减排的计划与路径，之后从国际环境、技术创新、碳市场发展等方面对中意两国民航业碳减排的路径进行对比，最后尝试展望两国民航业在绿色可持续发展方面的合作前景。

一、中国民航业实现“双碳”目标的计划与路径

（一）中国民航业“双碳”目标提出背景及面临的挑战

2020 年 9 月 22 日，中国国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。”这一“双碳”目标的提出，是中国响应《巴黎协定》的有力承诺，也彰显了中国作为负责任发展中大国的担当，对于加快中国经济发展方式的绿色低碳转型、促进国际社会携手有效应对气候变化和助力全球经济绿色复苏具有重要意义。

对于仍处于发展阶段的中国而言，实现“碳达峰”“碳中和”目标是一项极具挑战性的系统性任务，既需要顶层设计，也需要各部门各行业协同配合并付出巨大努力。2019年，中国民航业碳排放总量约为1.03亿吨，占全国碳排放总量的1%左右，虽然比重不算高，但是增长迅速。目前，中国民航业规模位列世界第二，而且仍处于快速发展过程中。“十三五”期间，中国民航运输总周转量、旅客运输量、货邮运输量的年均增速分别为11%、10.7%和4.6%。尽管2020年新冠肺炎疫情给全球民航业造成重大冲击，但是中国民航业率先触底反弹，成为全球恢复最快、运营状况最好的航空市场。可以说，正处于快速发展中的中国民航业要实现“双碳”目标绝非易事。

综合而言，中国民航业碳减排因其特殊的行业性质、所处严峻的国际减排环境和不断提升的国内减排要求而面临多重挑战。

第一，民航业自身的特殊性决定了其实现“双碳”目标难度较大。民航业不仅是全球经济活动的重要组成部分，对其他经济活动也发挥着不可替代的赋能作用，其碳排放总量增势不易扭转。同时，民航业跨境运营的独特性令其碳减排存在天然的复杂性和多边性。此外，民航业碳排放涉及产业链上中下游多个环节和多元主体，其中的利益非一致性为推进“双碳”工作带来一定难度。

第二，严峻的国际减排环境令中国民航业承受较大压力。与美国、欧盟等发达经济体的民航业已实现碳达峰不同的是，中国民航业需要在“发展”与“减排”之间求平衡，难度大得多。目前的CORSIA机制设计缺乏合理性、公平性和促进性，其目标设置和实施方案未能给予发展中经济体适当的发展和排放空间，增加了国际航空业减排成本。此外，购置碳配额的抵消手段也加大了发展中经济体民航业技术创新的资金压力，易造成全球航空市场竞争失衡。总之，CORSIA机制的全球推广给中国等发展中经济体民航业碳减排带来较大压力。

第三，中国国内不断提升的碳减排要求也是民航业面临的巨大挑战。当前中国民航业“双碳”工作实施方案正在酝酿当中，随着该方案出台并不断完善，以及未来全国碳排放交易市场将民航业纳入其中，针对该行业的减排要求将不断提升。中国民航业仍处于稳步发展阶段，要在不到十年内实现碳达峰，用不到四十年的时间实现碳中和，快速发展期叠加“双碳”推进关键期，任务无疑十分艰巨。

（二）中国民航业碳减排政策及落实进展

虽然面临诸多困难，但是过去多年来，节能减排始终是中国民航业的优先日程之一，且取得了可圈可点的成绩。随着“双碳”目标的提出，中国民航业正在进一步加大碳减排力度。

中国民用航空局（以下简称民航局）是指导中国民航业开展节能减排工作的主要机构，其主要职责包括提出民航业发展战略和中长期规划，起草相关法律法规草案、规章草案、政策和标准，负责民航空中交通管理工作，负责民航机场建

设和安全运行的监督管理，承担航空运输和通用航空市场监管责任等。民航局下设的发展计划司成立了节能减排办公室，专门负责民航业节能减排综合管理工作。

在民航局等相关部门的引领下，近年来中国加快部署民航业节能减排工作，出台各类政策文件和规划方案，不断完善民航业绿色发展的体制机制，并通过坚持创新驱动、加大资金投入、强化基础设施等措施稳步提升行业绿色发展水平。目前，中国民航业已初步形成了涵盖政策规划体系、指标评价体系、绿色标准体系和碳排放监测核算/报告/核查体系（以下简称 MRV 体系）等内容的绿色低碳发展综合性顶层框架。在政策规划方面，由行业五年发展规划提出节能减排的总体目标，并颁布具体技术和任务的专项实施方案；在指标评价体系方面，建立了行业高质量发展指标框架体系，并将节能减排相关指标纳入其中；在绿色标准方面，已形成针对机场从规划施工到能效评价的一系列标准和指南；在碳排放 MRV 体系方面，初步建成应对国内和国际碳管控的 MRV 体系规范，已顺利完成国内多年度碳排放核查工作，并首次完成 CORSIA 机制下 2019 年度 44 家航空公司碳排放报告及核查工作。主要政策文件及其提出的节能减排目标见表 1 和表 2。

具体来看，中国民航业在“十一五”与“十二五”时期重点关注节能减排技术应用。2006 年，民航局发布《中国民用航空发展第十一个五年规划》，提出中国民航发展需“节约资源，保护环境，提高效益，降低成本”。2008 年，国家发改委和民航局联合发布《民航行业节能减排规划》，提出以提高能源效率为核心，以航空节油、控制排放为重点。2011 年，民航局发布《中国民用航空发展第十二个五年规划》，提出“十二五”期间“建设资源节约型和环境友好型民航”。同年，民航局出台《关于加快推进行业节能减排工作的指导意见》，对 2011-2020 年工作进行部署。2012 年，国务院发布《关于促进民航业发展的若干意见》，提出“切实打造绿色低碳航空”的任务。同年，财政部和民航局发布《民航节能减排专项资金管理暂行办法》，设立民航业节能减排专项资金，此后分别于 2013 年、2014 年和 2015 年出台《民航节能减排专项资金项目指南(2013-2014 年度)》、《民航节能减排专项资金项目指南（2015 年度）》、《民航节能减排专项资金项目指南（2016-2018 年度）》，规定支持节能减排技术大规模应用的项目内容与要求，建立节能减排激励机制。2013 年，国家发改委印发《中国民用航空企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，要求全国民航重点企业每年开展碳排放报送与核查工作，为民航业纳入全国碳市场做前期准备。

表 1 中国民航业绿色低碳发展的主要政策文件

年份	政策文件
2006	《中国民用航空发展第十一个五年规划》
2008	《民航行业节能减排规划》
2011	《中国民用航空发展第十二个五年规划》
2011	《关于加快推进行业节能减排工作的指导意见》
2012	《关于促进民航业发展的若干意见》
2012	《民航节能减排专项资金管理暂行办法》

2013	《民航节能减排专项资金项目指南（2013-2014 年度）》
2013	《中国民用航空企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
2014	《民航节能减排专项资金项目指南（2015 年度）》
2015	《民航节能减排专项资金项目指南（2016-2018 年度）》
2017	《中国民用航空发展第十三个五年规划》
2017	《民航节能减排“十三五”规划》
2017	《关于全面深入推进绿色交通发展的意见》
2018	《关于深入推进民航绿色发展的实施意见》
2018	《打赢蓝天保卫战三年行动计划》
2018	《民航贯彻落实<打赢蓝天保卫战三年行动计划>工作方案》
2018	《民用航空飞行活动二氧化碳排放监测、报告和核查管理暂行办法》
2020	《关于规范民用航空飞行活动碳排放核查报告编制有关问题的通知》
2020	《中国民航四型机场建设行动纲要（2020-2035 年）》
2021	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》
2021	《关于“十四五”期间深化民航改革工作的意见》
2021	《“十四五”深化民航改革工作方案（2021-2025）》

资料来源：项目组搜集整理。

自 2015 年中国共产党第十八届五中全会将绿色发展纳入新发展理念以来，民航业加快了绿色发展步伐。“十三五”时期，民航业减排更加突出政策管理体系以及配套产业协同的重要性。2017 年，民航局出台《中国民用航空发展第十三个五年规划》和《民航节能减排“十三五”规划》，提出“到 2020 年吨公里能耗和二氧化碳排放量五年平均比‘十二五’期间下降 4%以上”的节能减排目标，成为“十三五”期间推进行业节能减排与应对气候变化工作的纲领性文件。为深入推进绿色交通发展，2017 年，交通运输部发布《关于全面深入推进绿色交通发展的意见》，提出“到 2020 年初步建成布局科学、生态友好、清洁低碳、集约高效的绿色交通运输体系”的目标，并针对民航业提出“单位运输周转量能耗比 2015 年降低 7%”的节能减排目标。在此基础上，2018 年，民航局发布《关于深入推进民航绿色发展的实施意见》，提出“以航空器节能减碳为核心、以提高空管效率为抓手、以绿色机场建设为保障”的发展思路。为坚决打好污染防治攻坚战、加快改善环境空气质量，国务院于 2018 年发布《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，明确民航相关的重点任务是“加快推进机场场内‘油改电’建设和大力推广飞机岸基供电（即飞机辅助动力装置替代，以下简称 APU）专项工作”。按照这一部署，民航局发布《民航贯彻落实<打赢蓝天保卫战三年行动计划>工作方案》，对促进民航业节能减排、降低污染提出了具体要求。2018 年，民航局出台《民用航空飞行活动二氧化碳排放监测、报告和核查管理暂行办法》，要求航空公司通过监测计划审核并提交排放报告与核查报告。2019 年，民航局发布《中国

民航高质量发展指标框架体系（试行）》，建立民航业高质量发展评价体系，并将吨公里油耗、机场每客能耗等节能减排相关指标纳入其中。2020年，民航局印发《关于规范民用航空飞行活动碳排放核查报告编制有关问题的通知》，对航空公司展开2019年碳排放核查。同年，民航局发布《中国民航四型机场建设行动纲要（2020-2035年）》提出机场建设“平安、绿色、智慧、人文”四大核心理念，进一步拓展了民航绿色发展内涵。

表 2 中国民航业节能减排的政策目标

政策文件	目标年	目标水平
《中国民用航空发展第十一个五年规划》（2006）	2010	吨公里能耗降低 10%左右，预计目标值为 0.302 千克
《民航行业节能减排规划》（2008）	2015	吨公里能耗和二氧化碳排放均比 2005 年下降 15%
《中国民用航空发展第十二个五年规划》（2011）	2015	吨公里能耗和二氧化碳排放五年平均比“十一五”期间下降 3%以上
《关于加快推进行业节能减排工作的指导意见》（2011）	2013	吨公里能耗和二氧化碳排放比 2005 年下降 11%
	2015	吨公里能耗和二氧化碳排放比 2005 年下降 15%
	2020	吨公里能耗和二氧化碳排放比 2005 年下降 22%
《中国民用航空发展第十三个五年规划》（2017）、《民航节能减排“十三五”规划》（2017）	2020	吨公里能耗和二氧化碳排放五年平均比“十二五”期间下降 4%以上，预计目标值分别为 0.281 千克和 0.889 千克
《关于全面深入推进绿色交通发展的意见》（2017）	2020	单位运输周转量能耗比 2015 年降低 7%
《关于深入推进民航绿色发展的实施意见》（2018）	2020	初步建成绿色民航政策体系、标准体系、考评体系
	2035	民航绿色发展政策体系、标准体系、考核评价体系成熟完备
	本世纪中叶	民航绿色发展方式和绿色出行方式全面形成，绿色管理水平实现国际领先

资料来源：项目组搜集整理。

2021年3月，十三届全国人大四次会议通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》针对民航业提出“深入推进交通等领域低碳转型”的指导要求。在此基础上，民航局发布行业纲领性文

件《关于“十四五”期间深化民航改革工作的意见》及《“十四五”深化民航改革工作方案（2021-2025）》，对各部门工作进行具体部署。目前，相关部门正加紧编制中国民航业“双碳”工作方案和实施路径，相关政策的进一步完善将为中国民航业按期实现“双碳”目标提供保障。

随着碳减排力度不断加大，中国民航业绿色可持续发展不断取得实效。在能耗方面，吨公里油耗在 2005-2019 年间呈波动下降趋势，“十一五”时期大幅下降，“十二五”至“十三五”时期从波动上升过渡到稳步小幅回落，2019 年吨公里油耗为 0.285 千克，较 2005 年下降 16.2%，整体燃油效率年均提升 1.08%。在碳排放方面，吨公里二氧化碳排放从 2015 年的 0.926 千克降至 2019 年的 0.898 千克，达到历史最优水平。2019 年，机场平均每客能耗 0.898 千克标煤，每客二氧化碳排放 0.553 千克，分别较基线（2013-2015 均值）下降 15.8%和 28.8%。在绿色机场建设方面，机场区域污染减排成效显著，机场智慧运行成效逐步显现。2020 年机场桥载设备使用率达 100%，APU 替代设备三年累计节约航油 40 余万吨，相当于减少碳排放近 130 万吨，减少各种大气污染物排放近 4900 吨；场内电动车辆占比从 2018 年的 5%提升至 16.3%，北京大兴机场新能源车辆占比更是超过 80%，极大降低了燃油汽车尾气排放；机场汽柴油消费强度显著下降，2019 年在航班起飞架次同比增加 5.8%的情况下，机场汽柴油消费同比减少 1100 吨。部分机场利用车联网、大数据、微储能等新技术，自主开发机场能源与设备智能监控系统，优化机场电力供给和使用效率。例如，成都双流机场、北京首都机场、广州白云机场等利用智慧储能技术，推动机场区域微电网设施建设，为降低大型机场电负荷过高、挖潜现有电力保障资源提供了可借鉴推广的经验。在相关产业发展方面，民航打赢蓝天保卫战为加快上下游产业贯通、促进相关产业绿色发展提供了新契机。2012-2018 年间，民航业节能减排技术应用的专项支持项目共计 1379 个；民航业支撑蓝天保卫战的实施项目超过 100 个；国内装备制造厂商更加注重民航绿色发展的实际需求，加大资源投入，不断提升产品性能，为民航业绿色发展提供产品支撑。例如，东航与国内制造企业合作，成功研发出全球首台 35 吨纯电动平台车和 50 吨纯电动有杆飞机牵引车；中国国际航空公司、首都机场及有关设备商联合技术攻关，有效解决了 APU 替代设备安全高效保障新型飞机（如 B787、A350 等）的技术难题，相关产业绿色发展的内生动力明显增强。此外，在电力替代设备的性能提升、大型新能源机场特种设备研发等方面也取得了一系列首创性成果。综上，中国民航业碳减排正在持续推进当中，行业绿色发展水平也在稳步提升。

（三）中国航空公司节能减排经验——以东航为例^③

民航业碳减排需要政府相关部门、航空公司、机场、科研机构、消费者等多元主体的高度联动与协作。其中，航空公司作为民航业运营的重要主体，对中国民航业实现“双碳”目标发挥着不可或缺的关键作用。经过多年的积极探

^③ 本节数据和资料来自中国东方航空公司。感谢中国东方航空公司提供调研支持。

索和发展，中国国际航空公司（以下简称国航）、中国东方航空公司（以下简称东航）、中国南方航空公司等国内各航空公司积极响应国家节能减排的号召，通过建立绿色低碳发展的内部机制、加大支撑节能减排的技术创新力度、推动机队航线及相关配置优化、积极推动可持续燃料的应用推广、积极参与碳市场交易及国际交流合作等措施推动自身绿色低碳发展。限于篇幅，本小节以东航为例，简要论述航空公司节能减排的路径和经验。

总体而言，东航在完善内部绿色低碳发展的体制机制之外，在技术和运营方面主要是朝着 ICAO 提出的“飞机技术创新、机队运营和基建管理效率提升、航空可持续燃料应用推广、积极参与碳交易市场”的主要方向不断努力。

第一，建立绿色低碳发展的内部机制。通过建立绿色低碳发展的组织领导，完善“双碳”工作实施路径的内部顶层设计和政策文件，健全节能减排的计量监测和监督考核，形成航空公司绿色低碳发展的综合体系。在组织领导方面，完善绿色低碳发展的总体设计和组织架构。东航在公司董事会设立“航空安全与环境委员会”，定期对国内国际的重大环境议题进行研究审议；设立“全面推进能源节约与生态环境保护领导小组”，负责统筹推进绿色低碳循环发展、碳达峰与碳中和等工作。在体系建设方面，严格落实国家法律法规，通过制定内部政策文件与规范要求，完善融合能源节约与生态环境保护的内部绿色低碳发展体系。在计量监测和监督考核方面，建设涵盖能耗监测和环境监测的综合监测平台，并制定年度节能减排考核指标，采取自查、交叉互查等方式监督监察，同时完善考核问责机制，将指标达成情况纳入各级单位日常监督管理指标考核，通过考核问责倒逼重点任务落实。

第二，加大支撑节能减排的技术创新力度。将技术创新作为节能减排的首要推动力，同时强化产学研联盟，促进节能减排的研发合作与协同创新。在技术优化方面，东航引用新技术改装飞机机翼，并对发动机进行软件升级与性能优化改装，降低飞行阻力及所需推力、提高发动机燃油效率；自主研发智能发动机清洗设备 Engine Care 技术，降低发动机使用维护成本、提高航油使用效率；推进尾气处理改造工程，基于对地面车辆尾气改造数据的对比分析，采用能同时降低尾气颗粒物和氮氧化物排放的“双降”技术方案实施加装。在协同创新方面，成立“东航技术应用研发中心”，并与上海交通大学、中国民航大学等科研院校，以及威海广泰等航空地面设备制造企业联合打造产学研平台；引入华东凯亚、中国民航大学机场学院、北汽福田股份等合作方，成立“东航设备联合创新实验室”，通过民航新能源特种车辆研发成果转化，减少民航地面设备碳足迹，支持民航产业生态圈的环保减碳。

第三，推动机队、航线、运营及基建管理优化。持续优化机队，积极探索优化航线，提升运营和基建管理效率，综合降低能耗和碳排放。在机队优化方面，东航完全退出 B737-300、B767、EMB145 等机型，引进 A350、B787、A320NEO、B737MAX 等节油减排效果更突出的最新一代机型，实现机队燃效水平提升。在航线优化方面，通过缩短航班飞行距离、实施机型航线优化匹配、不断开辟新航

线等措施，促进地面设施设备共享共用，提高航线运营效率、缩短飞行距离和飞行时间、降低燃油消耗和碳排放。在运营和基建管理方面，东航开展燃油成本管控，通过飞机减重、优化航路、单发滑行等方式，挖掘节油举措、控制燃油成本；积极引进并应用 GLS（卫星着陆系统）、HUD（平视显示系统）等航行新技术，开展 CCO（连续爬升运行）与 CDO（连续下降）飞行程序的验证推广；在机场地面以能源效率更高的廊桥桥载设备替代 APU 为飞机供电、供冷、供热，并持续推进地面车辆“油改电”，实现节油减碳效果最大化。

第四，积极推动可持续燃料的应用、试飞和推广。在积极推动航空可持续燃料等新能源技术投入航班商业运行方面，东航走在行业前列。2013 年，东航成功实施中国首次自主产权生物航空燃油验证试飞。东航不仅在试飞前对混合生物航空燃油的加注配比、巡航阶段温度测定、飞行高度影响、航前航后发动机孔探检查及特殊情况处置等工作进行精细准备，并且与中石化、中航油等航空燃料供应商就生物航空燃油的适航指标、质量制定与检测、飞行安全性评估、经济性评估及储存运输等工作进行专题研究和试验。此外，东航还与中国民航局第二研究所就国内航空可持续燃料研发展开积极交流和密切合作，为中国自主产权航空可持续燃料的大规模商业化应用和推广奠定了坚实基础。

第五，积极参与碳市场交易及国际交流合作。充分利用市场机制，通过碳汇和碳抵消等途径抵消航空公司运营所产生的碳排放，同时积极加强与其他国际航空公司的绿色低碳交流合作。在碳市场交易方面，东航积极开展欧盟、全国、上海市、行业四套碳排放机制下的相关工作，认真履行企业碳排放控制责任，不断完善碳排放管理制度，持续开展碳排放监测、报告和核查工作，按期完成碳排放配额履约清缴，并聘请第三方核查机构出具碳排放核查报告，积极配合民航局开展全国碳交易调研。此外，东航还探索系列碳中和航班，通过市场化手段购买林业碳汇、可再生能源等碳抵消产品，同时吸引旅客互动参与。在国际交流合作方面，东航密切关注国际绿色航空发展，积极参与相关国际会议，传递中国航空公司的态度诉求。针对 IATA 提出的 2050 净零排放目标，东航明确表达应遵循全球气候治理的基本原则，在遵守“共同但有区别的责任”和各自能力原则的基础上，充分考虑各成员公司发展阶段不同、规模和发展速度各异的事实。

二、意大利民航业碳减排的计划与路径

意大利针对整个生产与服务体系的温室气体减排政策，特别是针对航空运输部门的减排政策，既体现了意大利政府在国际组织中所做的承诺，也体现了意大利作为欧盟成员国、特别是创始成员国所做的努力。因此，要理解意大利国家层面为构建可持续空中交通系统出台的短期和中长期举措，很重要的一个方面就是要关注意大利需遵守的国际层面的规则和要执行的欧盟层面的政策。

（一）欧盟可持续航空运输的主要措施

在欧盟层面，可称得上是发展可持续空中交通系统的战略和计划的文件主要包括以下几个。

第一，建立“欧洲单一天空”（Single European Sky）条例。自 2004 年以来，根据欧盟委员会第 549/2004 号框架条例，欧盟获得了管理其境内空中交通的权限。相应地，欧盟空中交通管理的决策过程从成员国政府之间达成协议转向以欧盟机构决议为主。欧盟的目标是改革其“空中交通管理”（ATM），在确保最大安全性、遵循成本效率和保护环境的前提下，促进空中交通业务和相关服务的可持续增长。这意味着欧盟领空的碎片化状态将明显改善，也会减少飞行延误，提高安全标准，在降低对环境影响的同时降低服务费用。在之后的几年里，欧盟又对该条例做了更新和调整。

第二，“欧洲单一天空”空中交通管理研究计划（以下简称 SESAR 计划）。在 2004 年发布“欧洲单一天空”条例的同时，欧盟还启动了该条例的技术支持工具，即 SESAR 计划。SESAR 计划的目标是通过定义、开发、确认和实施创新的技术和运营解决方案提高空中交通管理的能力，使得各类空中交通管理系统更加现代化、更加协调有序。该计划提出到 2030 年令欧盟拥有高性能的空中交通管制基础设施，促进航空运输的安全和环境友好型发展。SESAR 计划包括三个相互关联、可持续而又不断演化的过程：1）定义内容和优先事项，2）开发新技术系统、组件和基于 SESAR 的运营流程，以及 3）打造有助于实现“欧洲单一天空”目标的下一代 ATM 系统。2005 年至 2020 年，SESAR 计划分为三个相互延续的阶段：定义阶段、开发阶段和实施阶段。

第三，“欧洲绿色协议”。2019 年底，欧盟委员会发布了“欧洲绿色协议”（欧委会第 640/2019 号通报），作为欧盟面向 2030 年和 2050 年的可持续发展政策的新纲领，明确提出到 2050 年将净碳排放降至零（即碳中和）。“这份通报为欧盟及其公民提出了一项绿色协议，重新设定了欧盟委员会应对气候和环境挑战的承诺，这是这一代人的决定性任务”。欧洲绿色协议“是一项新的增长战略，提出到 2050 年实现温室气体净零排放的目标，旨在令经济增长与资源利用脱钩。”

“这份通报提出了落实协议所需的关键政策和措施及其初步路线图……要实现相关目标，必须重新考虑经济、工业、生产与消费、大规模基础设施、交通、食品和农业、建筑、税收和社会公益等诸多领域的清洁能源供应政策。”

在专门介绍智能交通新政策的一章（欧委会第 640/2019 号通报第 2.1.5 小节）中，欧盟委员会针对交通部门出台专门措施：“交通部门温室气体排放量占欧盟总排放量的 1/4，而且仍在增长。为了实现气候中和，到 2050 年，交通运输的排放量需减少 90%，公路、铁路、航空和水路运输都必须为减排做出贡献。实现可持续交通意味着将用户放在首位，为他们提供更实惠、便捷、健康、清洁的可取代目前出行习惯的替代品……在航空方面，需要重新启动‘欧洲单一天空’有关计划，因为这将有助于大幅减少航空排放……应通过解决飞机和机场运营的污染物排放问题来改善机场附近的空气质量。”

第四，“适应 55”（Fit-for-55）一揽子计划。2021 年 7 月 14 日，欧盟委员会提出了“适应 55”一揽子立法和政策提案（欧委会第 2021/550 号通报）。该计划提出了到 2030 年欧盟温室气体排放量较 1990 年减少 55% 的目标。这一揽子计划包括指令、条例和其他措施等十二项举措。其中有几项重要措施值得注意：新的社会气候基金将在 2025-2032 年期间运作；更新可再生能源指令，到 2030 年可再生能源在欧盟能源结构中所占比例从目前的 32% 提高到 40%；在陆路运输部门，修订轿车和货车的二氧化碳排放标准；在基础设施部门，充实创新基金，为行业脱碳所需的创新项目和基础设施提供资金；更新土地利用和林业条例，同时致力于促进新的林业战略。

关于燃料和民用航空部门，欧盟新规定指出，“欧盟委员会正在提议促进航空和海运部门利用可持续燃料，作为其参与欧盟碳排放交易体系（以下简称 ETS）的补充，后者旨在提升污染类燃料的价格从而减少使用。促进可持续航空燃料的 ReFuel EU 航空倡议计划将迫使燃料供应商越来越多地将可持续航空燃料混合到欧盟机场现载的喷气式飞机燃料中，并鼓励使用合成燃料，即电力合成燃料（e-fuels）。即将成立的“零排放航空联盟”旨在确保市场为飞机能源的颠覆性变革（如氢、电）做好准备。应指出的是，ETS 体系已实行 15 年，且在减少温室气体排放方面取得了不少实效，为适应新的减排目标，该体系的改革已提上日程。

（二）如何实现全球民航业的减排目标

在国际层面，根据《巴黎协定》，全球民航业确定了两条碳减排目标：第一，将二氧化碳净排放量稳定在 2020 年水平（碳排放中性增长）；第二，2050 年的二氧化碳排放量减至 2005 年排放水平的 50% 及以下，在接下来逐步实现“净零”排放（这是实现规制协调情况下的最终预期目标）。

关于第一个目标，新冠疫情造成的业务急剧减少事实上阻止了民航业二氧化碳排放量的增长。根据 ICAO、IATA 以及其他国际航空组织（如欧洲的 EUROCONTROL）的研究和预测，2024-2030 年间民航业二氧化碳排放或将再次达到疫情爆发前水平。具体情况会因不同地理区域、航空运营商网的类型和不同政策而有差异。但是全球民航业二氧化碳净排放量稳定在 2020 年水平的目标未改变。

关于第二个目标，必须指出，无论现在和未来都面临着巨大挑战。2050 年排放量减半（甚至归零）只有基于以下支柱采取切实行动才可能实现：

（1）由飞机和发动机制造商进行技术开发（由“清洁天空”、“欧盟氢能战略”等欧盟项目提供支持）。

（2）通过航空运营商、机场基础设施和交通控制提高运营效率，其中交通控制部分与前述 SESAR 计划密切相关。

（3）使用可持续替代燃料（SAF）。这一条与以下多个欧盟指令相关：2018 年 12 月 11 日欧洲议会和欧盟理事会通过的关于“可再生能源（REDII）”的指令，要求欧盟成员国在 2030 年前实现可再生能源开发的目标；2021 年的“Refuel EU”指令规定了两项单独的倡议，引入了通过混合燃料降低航空和海运燃料中

二氧化碳含量的义务；2021 年的 ETS 排放市场改革指令；以及前几年批准但目前正在进行深度评估的所有措施，这些都是新政策框架的一部分，涉及前述“适应 55”一揽子计划。

（4）利用经济手段鼓励减少排放（基于市场的措施，MBM）。在这方面，需要区分有约束力的强制性计划（如自 2021 年起实施的 CORSIA 机制和自 2005 年起实施的欧盟 ETS 体系，这些机制已被成员国政府落实）和航空运营商及乘客做出环保贡献的自愿计划。

综上，实现上述目标需要多方参与，在监管和政府层面也有很多工作要做，特别是需要确定优先事项、引导投资方向和采取全球行动。

（三）意大利 2021 年航空运输业新战略

2021 年初，根据意大利国家复苏和韧性计划（以下简称 PNRR），意大利基础设施与可持续交通部部长在可持续交通指南的框架内提出了发展航空运输业的政策。以下是该政策文本的部分内容：

“至关重要，航空运输必须完全融入一个连贯和协调的运输网络之中，能够有助于减少相关基础设施对环境的影响，并促进以零排放为目标的脱碳方案。因此，有必要通过有害排放物和噪声更少的新一代飞机来更新机队，也有必要制定一项新战略来利用目前尚未向商业航空开放的小型机场，以促进有发展前景地区的开发和旅游业发展。

目前正在更新面向未来 15 年的交通预测，并修订国家机场计划。作为国家机场计划评估的一部分，将专门设章节确定未来货运交通网络发展的基本战略，同时确定该部门的基础设施需求和优先措施。

很明显，在更新交通预测和确定改革机场管理措施和时间表时，必须考虑新冠疫情的影响。疫情造成客运量大幅减少，用于压缩航班飞行时间的措施也不如之前急迫。”

2021 年 4 月 30 日，意大利总理马里奥·德拉吉向欧盟提交了 PNRR 计划，该计划是依据欧盟复苏基金制定的旨在重启意大利经济的一份非凡的计划。欧盟复苏基金实施期为 2021 年至 2026 年，被称为推动欧盟各成员国从新冠疫情危机中复苏的“马歇尔计划”。2021 年 6 月 22 日，欧盟委员会批准了意大利的 PNRR 计划。该计划规定了面向 2023 年、2026 年、2030 年和 2050 年的举措，成为意大利未来发展政策的基本工具。PNRR 计划被意大利政府定义为“划时代的举措”，其投资和改革项目可划分为 16 个部分，整合为六个使命，分别是：1）数字化、创新、竞争力、文化和旅游业；2）绿色革命和生态转型；3）实现可持续交通的基础设施；4）教育与研究；5）凝聚力与包容；6）健康。其中许多措施旨在支持意大利国家体系的生态转型。

关于机场系统和空中交通，PNRR 计划的主要措施在使命 3（也即“可持续交通的基础设施”）的框架下。从环境角度看，使命 3 的目标为“到 2026 年建立一个更加现代化、数字化和可持续的基础设施系统”。其中第 2 部分进一步明确了上述目标，旨在实现“物流链的数字化；空中交通数字化；空中交通的生态可

持续管理”。为实现这些战略目标，必须“以生态可持续方式管理空中交通并确保机场的数字化和最优化管理”。

PNRR 计划的“投资 3.2”章节规定：“应用于航空运输部门的数字创新可以改进飞机在航路空域和临近机场的排序，从而优化和减少燃料消耗。该部门的数字化优化将涉及开发航空信息数字化的新工具，以及为无人驾驶飞机提供平台和服务”，并重申“信息的安全共享还将允许创建新一代通信主干网，能够连接飞行辅助系统的各个操作站点，以保证网络安全要求的覆盖范围，并将空中导航服务供应商（ANSP）与其他相关方连接起来。这些项目涉及无人驾驶交通管理系统（UTM）的开发和互联、航空信息的数字化、云基础设施的创建和基础设施运营的虚拟化、新维护模式的定义以及信息的安全共享……该措施所包括的投资还将对机场管理产生积极影响，物流链数字化和优化还会带来新领域和新生产部门的发展。”

总之，虽然意大利 PNRR 计划仅用 1.1 亿欧元支持机场和交通管制基础设施的数字化，但是该计划致力于更高效地促进综合运输物流和多式联运（海运、铁路和陆运），开放新的运输形式（先进的空中运输系统、无人驾驶飞行器），优化港口和机场，并更新火车、汽车和船只。所有这些都将不可避免地对意大利航空业及其商业模式产生重大影响。

（四）意大利民航业运营商的中短期举措及落实前景

无论是在中短期还是在战略层面，民航业运营商都有不同的举措。

在意大利，主要行为体有以下航空公司：多洛米蒂航空（Air Dolomiti）、意大利航空（Air Italy，原意大利子午线航空）、意大利航空（Alitalia）、^④蓝景航空（Blue Panorama）、卢森堡货航意大利公司（Cargo Lux Italia）、勒奥斯航空（Neos Air）、邮政航空货运（Poste air Cargo）。其中许多公司都经历过并购转型，例如 Alitalia 重组后并入新的意大利航空运输公司 ITA。这些公司正经历严重危机，即便在新冠疫情前国际和国内航空运输市场持续增长的情况下仍处于困境之中。其他航空公司则处于增长态势，要么在巩固国际合作伙伴关系（如多洛米蒂航空与汉莎航空合作，卢森堡货航意大利公司、勒奥斯航空与阿尔皮图合作），要么积极参与不断扩张的货物运输服务（如米斯特拉尔航空、卢森堡货航意大利公司、新成立的 Alis Cargo 公司）。

根据主要支柱阐明的举措，在短期至中期内，航空运营商可在飞行和地面服务运营的效率，飞机和发动机的定向维修措施，机队的装备、照明及操作使用管理等方面有所作为，还可以在培训飞行员提高燃油效率和优化飞行程序方面采取进一步行动。此外，由航空公司与机场管理人员以及交通控制机构共同参与的多主体横向协作的做法已很普遍。以上举措都是为了减少地面和飞行中的操作时间。

^④ 2021 年 10 月 15 日，新成立的意大利国有企业意大利航空运输公司（ITA）正式取代了颇有历史的意大利航空公司（Alitalia），后者在运营了近 75 年后正式停业。

在这方面，意大利航空（以下简称 Alitalia）此前通过了一项名为“运营燃油效率政策”的内部政策，通过引进 IATA 建议的所有最佳举措来有效管理 JETA1 航空燃油的油耗。该政策由公司最高管理层发起，倾向于让所有岗位员工参与其中，并指导包括运营和营销、机载服务、企业社会责任（CSR）实践和高效社会管理在内的所有流程，以实现减少油耗的目标。这项政策为该航司在 2019 年就取得超过 10 万吨二氧化碳减排成果做出了贡献。当前，其他航空运营商也根据各自情况以或复杂或简单的方式朝着这一目标努力。

在欧洲，所有航空运营商的相关排放监测均根据国家层面的强制性监测计划开展。这些计划由成员国将欧盟指令转化为本国法律而来，具有强制性，航空运营商若要维持其执照就必须遵守。如运营商不遵守这些法律，将受到刑事制裁，惩罚之重可能导致其无法继续经营（例如，根据欧盟 ETS，一家中型航空公司每年可能被处以约 1 亿欧元的罚款）。

作为“适应 55”一揽子计划的一部分，欧盟 ETS 有望取得多方面进展，包括将海事部门纳入进去，同时进一步减少市场上的排放配额。“适应 55”一揽子计划中最具创新性的工具之一是“碳边境调节机制”（CBAM），即针对某些进口商品征收碳税，使那些受 ETS 约束的欧洲行业免受惩罚，并防止碳泄漏，激励外国生产商减少碳足迹。

在意大利，自 1997 年以来，民航部门的技术监管、认证和监督活动一直由国家民航局（以下简称 ENAC）负责。ENAC 设在基础设施与可持续交通部，是一个具备监管、组织、行政、会计和财务自主权的非盈利公共机构。在被授权范围内，ENAC 作为一个单独的管理机构运作。在国际活动方面，ENAC 代表意大利参加 ICAO、ECAC、EASA、EUROCONTROL 等主要国际民航组织，并在其中发挥关键作用。根据机构授权，ENAC 还规定了机场服务程序，负责收集和分析航空事件数据，制定和实施国际和国家飞行安全方案的制定以及提升航空安全文化和人文因素。特别重要的是，ENAC 还协调了一个国家减排计划表，该计划按照 ICAO 批准的监测指南、规定和指示运作。

ENAC 一直对民航领域的脱碳以及更普遍的气候变化问题非常敏感，基本上起到了促进各类公共和私人主体参与实施倡议的作用。这些倡议主张尊重环境可持续性原则，提出减少能源消耗和噪音影响。ENAC 还代表意大利参加 ICAO 组织的专门讨论这一问题的论坛。

此外，参与空中交通控制和机场管理的主体也在针对运营效率采取行动，例如意大利国家飞行援助局和罗马国际机场公司。

意大利国家飞行援助局（以下简称 ENAV）是一家股份制公司，其在意大利管辖空域内独家提供民用航空导航服务。该公司由经济与财政部控制（持股比例为 53.37%），并接受 ENAC 以及基础设施与可持续交通部的监管。ENAV 基于 45 个机场控制塔和 4 个区域控制中心每年全天候地保证大约 200 万次航班安全准时起降。该公司也为在意大利飞行的他国航空公司提供空中导航服务。ENAV 以其卓越的运营和创新表现被公认为欧洲五大卓越民用导航服务公司之一，也是国

际“空中交通管理”体系的基本组成部分。ENAV 与国家和国际航空部门管制机构协调,参与研发活动,是创建“欧洲单一天空”计划的主要参与者之一。自 2012 年以来,ENAV 推出了一系列举措,旨在利用其专有技术在国际市场上提供服务,并朝着设立新公司和(或)收购其他公司股份的方向发展。在逐步扩张的过程中,ENAV 于 2012 年在马来西亚吉隆坡成立了 ENAV 亚太公司,为马来西亚民航部门提供咨询服务;2014 年收购了 AIREON 公司 11%的股份,旨在加强全球天基监视服务;2018 年成立 D-Flight 公司(ENAV 占 60%股份),用于开发无人机交通控制解决方案;2019 年收购了 IDS AirNav 公司 100%的股份,旨在提供 AIM 和 ATFM 软件解决方案。

环境可持续性承诺一直是人们特别关注的话题,ENAV 早已成为欧洲该领域领先的对话者,特别是涉及 SESAR 计划方面。此外,ENAV 是欧洲第一批在一定海拔高度以上提供导航服务的公司之一,打造了“意大利自由航线”,为航空公司缩短了航程、节省了运营时间和燃油。ENAV 还参与了由欧盟资助且由意大利协调的国际项目“BluMed”,该项目是与地中海和中东邻近地区的一项重要一体化倡议,ENAV 希望基于此建立一个高效、安全、可持续的交通控制网络。最后,ENAV 承诺到 2022 年通过二氧化碳减排和抵消行动将其直接排放量归零。

自 2011 年首次实行“机场碳认证(ACA)”起,罗马国际机场公司(以下简称 ADR)不断减少碳排放,实现了国际机场理事会欧洲分会(ACI Europe,该理事会代表 46 个欧洲国家的 500 多个机场)根据“中性”定义的机场碳认证,其下辖的达芬奇国际机场和钱皮诺国际机场分别于 2013 年和 2018 年达到“3+”级别。为积极应对气候变化,该公司肩负着引导钱皮诺国际机场和达芬奇国际机场获得机场碳认证“4+”级别的承诺。机场碳认证“4+”级别是国际机场理事会欧洲分会在 2020 年底推出的最高级别认证。ADR 下辖的钱皮诺国际机场和达芬奇国际机场是欧洲第一、世界第三达到这个级别的机场。^⑤

ADR 承诺的核心要点是其“环境可持续性计划”,这是一份每年起草并经总经理正式批准的文件,规定了该公司实现环境绩效目标的干预和改善措施。该计划基于联合国可持续发展目标(SDG)确定的国际准则制定,同时也致力于将该公司的环境政策与整体经营目标联系起来。ADR 对环境的关注使得包括垃圾分类收集、能源生产、水节约和再利用等在内的所有环保实践都得到了改善。

ADR 特别关注对第三方的管理。过去若干年,该公司制定了一套旨在确保环境绩效的环环相扣的操作流程来规范机场内行为,始终坚持对机场区域内各类活动的管理进行广泛检查。ADR 于 2020 年加入联合国全球契约组织(UNGC),后者是关于可持续发展的最大的国际平台,致力于培育关注环境保护、人员培训和地方发展的负责任的商业模式。

2020 年 11 月,ADR 与其他大型欧洲机场、燃料制造商和高等院校一起加入了 ALIGHT 项目。该项目的战略目标是建设未来可持续机场,计划通过使用可

^⑤ ACA 认证一共包括六个级别: 1. MAPPING, 2. REDUCTION, 3. OPTIMISATION, 3+. NEUTRALITY, 4. TRANSFORMATION, 4+. TRANSITION。2021 年 4 月,钱皮诺国际机场和达芬奇国际机场达到 4+级别。

再生能源和智慧能源并且于 2024 年前在机场物流中引入可持续替代燃料来测试切实可行的解决方案，减少直接排放。此外，也是在 2020 年 11 月，ADR 基于已获得 ACA “4+” 级别认证以及到 2030 年完全消除二氧化碳排放的预期，发行了 5 亿欧元绿色债券，因此成为全球最先利用“可持续金融”的机场企业之一。

从中短期来看，航空运营商可利用的另一个杠杆是抵消，即通过购买其他商业活动和不同区域的特定项目所产生的同等碳减排信用额来中和其航班的排放量。这些业务可通过航空运营商采取直接投资的方式进行（例如，英国 Easy jet 公司宣布在 2020 年实现了排放平衡，总成本约为 3000 万英镑），也可以通过透明的方式让消费者参与。

在消费者参与方面，意大利多洛米蒂航空在与汉莎航空的合作框架内，建议乘客在中期内参与减排项目，或在短期内支持购买可持续替代燃料，以抵消航班排放。此外，Alitalia 正在评估通过适当的沟通策略推动消费者减少环境影响的不同项目。其他航空运营商尚无进一步举措。新冠疫情爆发后，航空部门的排放量远远低于 ETS 和 CORSIA 规定的限值，这虽然消除了“基于市场的措施”的成本，但是航空运营商仍在采取行动促进自愿抵消业务。通过这些业务，越来越注重绿色的消费者选择以“无碳”模式出行或让其货物以“无碳”模式出行。

在中短期内可能减少环境影响的另一举措是使用可持续替代燃料（以下简称 SAF）。当前的技术规范（ASTM7566）允许将 SAF 当作 JETA1 航油使用，只要 SAF 精确符合原料来源以及与 JETA1 航油混合比例的标准即可，不需要对飞机进行任何改装。然而，SAF 的大规模商用仍面临巨大障碍，特别是价格仍然比化石燃料高三到五倍，而且机场也普遍缺乏将其输送入机的基础设施。在价格方面，由于生产技术和生产商数量的限制，目前无法实现规模经济。在生产企业方面，除了埃尼公司（ENI）可服从国家意愿进行生产投资之外，意大利并无其他 SAF 生产商。无论如何，埃尼公司已于 2021 年 10 月 15 日宣布准备开始生产航空 SAF，并将之命名为“埃尼生物航油”（Eni biojet）。就在同一天，新组建的意大利航空公司运输公司（ITA）进行了首飞，并开启了一个具有象征意义的试点项目，即与埃尼公司和 ADR 合作，将喷气燃料和埃尼公司生产的 SAF 混合为当天的前 10 个航空加油。未来几个月，ITA 还将基于与埃尼公司和 ADR 的合作而采取更多举措。在物流方面，意大利仍没有能从技术和商业角度管理 SAF 的机场。目前，只有少量的 SAF 通过海运或陆运抵达意大利港口，也增加了其输送入机的成本。

另一个压低 SAF 物流服务成本的方案是登记和索取机制，即航空公司可从制造商那里购买 SAF，并将其放置在对该航空公司而言物流成本最低的现货市场上，同时保证监管链中的透明度（从生产到混合再到最后使用）。保证透明度问题以及不能将同一份 SAF 的减排效果重复计算到不同主体（如一个国家的不同州或不同航空公司）名下是需要管理的关键因素。

针对上述问题，欧盟“适应 55”一揽子计划中的监管措施应引入相关机制。由于透明度方面的限制，目前“适应 55”一揽子计划还没有包含登记和索取机

制，但是游说团体正在试图推动欧盟将针对这一机制的监管纳入其中，期待以此加速 SAF 的生产和应用。可以肯定的是，将一定数量的 SAF 投放市场（占到 2%-5%）以加速其扩散是必须要做的。鉴于 SAF 价格比化石燃料高，预计航空运营商的成本将大幅增加。针对这一问题，立法者可考虑旨在鼓励生产者和引入消费者义务的措施来分担成本。IATA 的目标是促进 SAF 燃料消耗从 2020 年的近乎为零提升到 2050 年占整体燃料需求 80% 以上。据 IATA 估算，2021 年全球仅 35 万个航班装载了 SAF，仅有约 1 亿升的需求和约 70 亿美元的金融期货交易，因此还要付出相当多的努力。

在意大利，2019 年的航空煤油需求量略低于 500 万吨，其中 200 万吨从国外进口。短期到中期内，意大利国内 SAF 产量应不会超过总需求量的 5%。不久前，Alitalia 参加了由波音公司协调的有关 SAF 生产的圆桌会议，并提出由埃尼公司从精制烟草油中生产 SAF，作为整个意大利供应链的一部分。然而，由于可处理的烟草油数量少，同时所需投资太大，这一动议一直无法启动。

此外，意大利 ENAC 设立了一个名为“意大利可持续航空燃料观测站-ITSAFO”的国家 SAF 观测站，旨在通过持续性讨论和各方（包括主管部门、工业生产商、运输商、管理者、研究机构 and 高等院校）对话，促进生物燃料在意大利的普及。前意大利石油企业协会（Unione Petrolifera）也参与了该观测站的工作，它是意大利工业家联合会（Confindustria）成员，后为适应 2050 年气候中和目标而更名为交通能源联盟（UNEM）。

就航空公司而言，多洛米蒂航空是这方面的先行者。事实上，它使用的是主要在德国法兰克福机场装载的 SAF，并已将其纳入乘客自愿抵消框架。Alitalia 也在为一些客户企业研究这方面的试点项目。其他航空运营商尚无相关举措。鉴于此，意大利要在 SAF 领域建立起真正的国家体系还有很长的路要走。

这个问题还有一个特别的方面，那就是可能发生航空公司将成本转嫁给乘客的情况。在意大利，目前既未定义相关准则，也没有关于航空公司如何将成本转移至消费者的确定机制。在国际上，在需求弹性允许的情况下，这种成本转移似乎已成为一种普遍做法。

（五）意大利民航业运营商的长期举措及落实前景

长期来看，航空运营商可采取的措施需要更大规模的投资，同时也要求企业具备必要的稳定性。例如通过更新机队可将排放水平最多降低 30%。同时，航空公司正在设想改建短途运输网络，也在考虑通过引入混合动力或电力推进技术来更多使用小型飞机，这些技术将在未来五年内准备就绪。在这方面，意大利 TECNAM 公司与其他领先的国际运营商合作开发的 P-Volt 技术值得关注。该技术旨在开发一种可再生能源驱动的、适合中距离飞行客机的全电动发动机。

最后，鉴于开发出推进系统零排放的颠覆性技术仍有很长的路要走，在相当长一段时间内，投资于针对长途飞行的各类 SAF 是可能的。此外，在技术开发上，还应朝着减少飞机起落噪音、改善机场和周边地区空气质量的方向努力。

欧盟委员会的“适应 55”一揽子计划确定了一系列“涉及欧洲共同利益的重要项目”（IPCEI），其中包含源自可再生能源的燃料和低碳燃料的供应。未来欧盟会在这些领域启动产业联盟项目，这有望缩短 SAF 生产实现规模经济的时间。

长期来看，氢能推进和合成燃料等尚未成熟的技术无疑将彻底改变航空业的未来，但是极有可能在 2050 年后才会真正投入使用。

作为“欧洲绿色协议”的一部分，欧盟将构建适用于新一代发动机和飞机的认证标准。与此同时，在后疫情时代，各国政府都在制定应对气候变化的结构性举措，并强调确保监管框架稳定。立法者的角色对于引导和激励业界朝着这一方向发展至关重要。

目前意大利主要航空公司飞机机队的情况如下：意大利第一家航空公司 Alitalia 在停业前拥有约 100 架飞机，平均使用年限约为 14 年，其中 15 架支线飞机，平均使用年限为 9 年。多洛米蒂航空拥有一支平均使用年限为 9.5 年的支线喷气机队。蓝景航空计划在 2025 年前将 B737-800 飞机替换为空客 A220。勒奥斯航空雇佣了大约 13 架飞机，包括 6 架新一代 B787 梦幻客机。新组建的 ITA 计划到 2024 年其机队中 80% 为新一代飞机，旨在到 2025 年前减少 75 万吨二氧化碳排放。此外，ITA 公司还指出，环境可持续性是公司的创始价值之一，将贯穿于所有业务和转型计划中，每一项流程和活动的设计都会考虑可持续性。

最后，还有一个超出二氧化碳排放范畴的同样重要的问题，那就是需要减少塑料使用和适当管理机上废弃物。根据已生效的欧盟第 2019/904 号指令，自 2021 年 7 月 3 日起，禁止将某些一次性塑料（如棉签、餐具、盘子、吸管、搅拌棒）投入市场。为此，机上服务的转型将是决定性的一步，具有环保意识的乘客和机组人员的作用至关重要。Alitalia 的“绿色飞行”项目（FlyGreen）于 2019 年开始试水，已减少了约 2100 万件一次性塑料件的使用，但这只是一个漫长努力过程的起点。

三、中意两国民航业碳减排路径对比与合作前景

技术创新是实现“碳中和”的核心驱动力，碳交易体系是推动包括民航业在内的诸多产业部门实现节能减排的重要市场化机制。综合前文的梳理与分析可知，目前中意两国民航业正努力通过技术创新驱动绿色转型，并积极参与内部及国际碳交易市场，以技术创新和市场化机制两个主要路径实现碳减排目标。基于这两个路径，中意两国民航业在节能减排方面拥有较大合作潜力。

（一）技术创新路径

第一，中意两国航空制造业都将加大创新投入力度、推动现有技术升级和前沿技术创新作为碳减排的核心驱动力。意大利在航空发动机整机研制方面能力较强，中国航空工业研发起步较晚但近年来取得一系列突破性成果。一方面，目前航空制造业在发动机性能提升、机型优化、燃油效率提升等方面已探索研发了多项节能减排新技术，并均已被中意两国民航业加以应用。另一方面，中意两国航

空制造业在前沿技术创新方面均加大研发力度并取得显著进展，但双方各有所长。意大利航空制造业具备较强的发动机整机研制能力，并在 3D 打印技术制造零部件方面具有较强实力（如 AVIO Aero 公司），但较为缺乏民用中大型航空发动机研发创新，主要为国际头部企业（如英国罗罗公司、美国普惠公司）提供大型部件及核心机。中国航空制造业起步较晚，早期在发动机、材料等方面存在较大短板，但是近年来不断加大创新研发力度，凭借完备的产业链成功自主设计、研发、制造和试飞 C919 等重点机型。C919 的超临界机翼设计、铝锂合金和先进复合材料应用、高涵道比发动机研发等重大技术突破能大大减轻飞机重量和空气阻力、提高飞机燃油效率，为民航业节能减排提供创新动力。

第二，中意两国民航业都以促进 SAF 综合利用、氢能技术研发作为推进能源结构转型的关键抓手。在 SAF 生产方面意大利已着手启动、中国还需提速。在氢能研发方面中国具有更为完备的产业链支撑，但是两国民航业都面临推动氢能技术突破和广泛应用的艰巨任务。

短期来看，SAF 存在成本过高、产能不足等问题，长期来看，氢能稳定性和安全性较差，大规模商业化应用尚不成熟，这都是中意两国民航业能源转型面临的共同问题。目前中意两国都在积极探索 SAF 和氢能技术在民航业的推广应用。在 SAF 方面，意大利已开始着手推进研发生产，而目前中国还处在试飞阶段，还需在投资生产方面加大力度。意大利通过设立国家 SAF 观测站促进 SAF 的普及推广，埃尼公司（ENI）正大力投资 SAF 生产，Alitalia 和多洛米蒂航空也正积极展开 SAF 试飞项目。中国 SAF 生产布局明显不足，仅通过国航、东航等航空公司展开试飞项目，未来还需加大对 SAF 生产的扶持力度，积极优化 SAF 生产技术，促进 SAF 广泛应用。在氢能研发方面，中意两国均通过制定国家战略促进氢能产业发展，中国已率先形成涵盖制氢、储运、加注、应用等较为完整的氢能产业链，意大利国家电力公司（ENEL）于 2021 年正式启动绿色氢能业务。总体上看，无论在中国还是在意大利，氢能技术在民航领域的大规模商业化应用仍不成熟，未来还有很长的路要走。

第三，中意两国民航业都以提升航空公司运营效率、促进绿色机场建设作为碳减排的重要举措。总体而言，意大利航空公司的消费者参与机制更完善，绿色机场建设成果更突出，而中国航空公司的规模更大、机队更新速度更快。

在航空公司运营效率提升方面，目前中意两国航空公司均通过创新管理措施推进节能减排，且各有所长。在消费者参与方面，意大利航空公司率先推出旅客自愿补偿计划，建议乘客通过支持购买 SAF、自愿取消餐食、资助其他环保项目等抵消个人碳足迹。相较而言，中国航空公司在旅客节能减排补偿方面尚未形成完备体系。在机队更新方面，中国航空公司的机队规模和市场体量更大，能以较高频率更换环保机型、保持较年轻机龄。例如，2019 年底，国航共有客机 699 架，平均机龄 6.96 年，东航共有客机 734 架，平均机龄 6.4 年，同时还积极引进 A350 等环保机型。而意大利航空公司的机队规模偏小、机龄较老，更新机队的速度较慢。在绿色机场建设方面，意大利的成效更为突出，中国尚有较大可提升空间。

中国大陆仅有五家机场通过 ACA 认证，最高级别为 3 级，意大利罗马钱皮诺国际机场和达芬奇国际机场均已获得 4+ 级别认证。未来中国还需进一步完善绿色机场管理体系，扩大机场可再生能源使用，通过搭建能源监控平台、数据分析中心等促进机场节能减排的集中管理。

（二）市场化机制路径

第一，中意两国都以推动完善内部碳交易市场作为民航业碳减排的关键工具，欧盟碳市场起步较早并已积累了丰富经验，中国的全国碳市场刚刚起步，需加速推动民航业参与。欧盟于 2005 年启动内部碳交易市场，意大利作为成员国参与其中。自 2012 年起，航空业被正式纳入欧盟碳交易机制，并逐步收缩免费配额，倒逼航空公司低碳转型。中国自 2021 年起建立全国范围的碳市场交易体系，目前仅涵盖电力行业，未来将逐步覆盖民航业等重点行业。由于发展阶段存在差异，与趋于成熟的欧盟碳交易市场相比，中国的碳市场在法律法规、监督管理、交易规模和定价机制等方面存在一定差距，仍具有较大的发展潜力和完善空间，因此还需加快完善国内碳市场建设的法律基础，健全碳市场监测、报告和核查（MRV）机制，未来还需加强研究制定民航业纳入全国碳市场的接入和配额分配方案，以有效、可靠的国内碳交易机制促进行业碳减排。

第二，中意两国均在国际碳市场框架下支持和积极应对 CORSIA 机制，但是 CORSIA 机制相关争议仍未解决，未来两国可积极推动国际多边磋商，以公平有效的国际碳市场机制实现民航业“碳中和”目标。中国民航业市场规模庞大且正处于快速扩张阶段，用不到十年实现“碳达峰”、近四十年实现“碳中和”的压力巨大，因此中国尚未加入 CORSIA 机制试点阶段和第一阶段。^⑥相较而言，由于发展起步较早，意大利作为欧盟成员国已自动进入试点阶段，欧盟正考虑出台相关政策促进在“欧洲绿色协议”框架下协调 EU-ETS 和 CORSIA 机制的实施。目前，疫情影响下全球民航业全面复苏尚待时日，国际民航业碳市场建设仍有待完善，这是中意两国民航业面临的共同外部环境。未来，中意两国可在多边框架下就加强全球民航业碳交易市场机制进行协调、磋商，推动 ICAO 各成员国就 CORSIA 机制的具体实施方案达成一致，为引导建立公平、有效的国际碳市场贡献力量。

（三）中意两国民航业绿色可持续发展合作展望

尽管中意两国民航业处于不同的发展阶段，节能减排面临的挑战有所不同，但是双方都在加速挖掘技术创新对“碳中和”的核心驱动作用，并借助碳交易市场机制在保证成本收益的基础上实现节能减排。在这两个共同路径下，两国民航业绿色可持续发展的合作前景颇为广阔。

^⑥ CORSIA 机制包括三个实施阶段：试点阶段（2021-2023）、第一阶段（2024-2026）和第二阶段（2027-2035）。在试点阶段和第一阶段，抵消要求只适用于自愿参加的国家之间的航班。第二阶段则要求国际航空运输量占全球国际航空运输量份额高于 0.5% 以上的国家或国际航空活动累计份额占总活动 90% 以上的国家参与。

首先，在技术创新方面，中意两国民航业可通过研发创新合作进一步推动现有技术改造升级和前沿技术突破，特别是积极推动两国企业在飞机技术创新、民航业数字化升级、可持续替代燃料开发与生产、氢能开发与生产等方面开展务实合作。两国可进一步加强顶层设计推动航空业国际研发创新合作；积极创建产业园区、联合实验室等各类载体平台；加大政策保障及财政支持力度，促进多元主体开展创新合作；夯实协同创新的人才基础，扩大两国民航业节能减排的人才培养、交流与互动。

其次，在市场化机制方面，中意两国可以适当方式推动中国与欧盟碳交易市场对接，为两国民航业减排合作夯实规则与制度基础。意大利所在的欧盟碳交易市场发展较为成熟，中国全国碳市场的发展仍处于初级阶段，要实现中国与欧盟的碳市场对接，需在减排要求、定价机制、国际抵消项目认可、惩罚机制等方面保持一定的兼容性和一致性，未来中意两国可在这些方面开展合作。待中国民航业被纳入全国碳市场后，两国民航业可以适当形式定期就本行业参与内部与国际碳市场的经验进行深入交流。