

ICS 13.020

CCS Z06

团 体 标 准

T/CQSES XX-2025

重庆市航空枢纽碳排放核算与碳中和实 施指南

Guidance for Carbon Emission Accounting and Carbon Neutrality
Implementation of Aviation Hub in Chongqing

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

重庆市环境科学学会 发布

目 次

前 言	ii
引 言	错误！未定义书签。
重庆市航空枢纽碳排放核算与碳中和实施指南	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体原则	4
5 实施目的	5
6 航空枢纽碳排放核算与碳中和实施流程	5
7 碳足迹核算	6
8 航空枢纽碳中和核心指标评价体系	10
9 航空枢纽碳中和路径技术措施	20
附录 A（资料性附录）	26

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由重庆机场集团有限公司、重庆碳管家科技有限公司提出，重庆市环境科学学会归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件起草单位：重庆机场集团有限公司、重庆碳管家科技有限公司。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

重庆市航空枢纽碳排放核算与碳中和实施指南

1 范围

本文件适用于重庆市航空枢纽温室气体排放的核算与碳中和路径的选择。任何在重庆市内的航空枢纽均可按照本文件规定核算边界内的二氧化碳排放，编制航空枢纽温室气体排放报告，根据核算结果规划碳中和实施路径。

本文件的提出旨在明确单个航空枢纽二氧化碳排放核算方法，根据核算结果制定科学合理的碳中和实施方案，指导航空枢纽实现减碳。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。所有引用文件，都以其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 32151.6-2015 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）

ISO 14064-1: 2006 温室气体第 1 部分组织层次上对温室气体排放和清除的量化与报告的规范及指南

PAS 2060 碳中和认证规范

2006 年 IPCC 国家温室气体清单编制指南

MH/T 5112-2016 民用机场航站楼能效评价指南

MH/T 5069-2023 绿色机场评价导则

T/CCAATB 0066-202 民用机场温室气体排放核算技术指南

GB/T 50378-2019 绿色建筑评价标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

航空枢纽 Aviation hub

在航空运输网络中承担中转功能和组织功能的运输型机场及其核心区域,在本文件中指以机场土地使用证上红线为边界的地理区域。3.2

温室气体 (GHG) greenhouse gas

京都议定书所列出的六种气体:二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟化碳(PFCs)和六氟化硫(SF₆)。

3.3

碳中和 carbon neutrality

国家、企业、产品、活动或个人在一定时间内直接或间接产生的二氧化碳或温室气体排放总量,通过植树造林、节能减排等形式,以抵消自身产生的二氧化碳或温室气体排放量,实现正负抵消,达到“零排放”。

3.4

碳排放 carbon emissions

人类生产经营活动中向外界排放温室气体(二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫等)的过程。

3.5

碳排放量 carbon emission quantity

是指在人类生产经营活动中所产生的平均温室气体排放量。

3.6

碳信用 credits of carbon emission

温室气体减排项目按照有关技术标准和认定程序确认减排量化效果后,由政府部门或国际组织签发或其授权机构签发的碳减排指标,碳信用的计量单位为碳信用额,1个碳信用额相当于1吨二氧化碳当量。

3.7

碳汇 carbon exchange

是指通过植树造林、森林管理、植被恢复等措施，利用植物光合作用吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在植被和土壤中，从而减少温室气体在大气中浓度的过程、活动或机制。

3.8

碳汇量 carbon exchange quantity

碳汇过程中的流量。

3.9

碳当量 carbon equivalent

是指碳排放量、碳汇量的统一称谓，碳排放量对应的碳当量为正值，碳汇量对应的碳当量为负值。当碳当量等于零时，或者碳排放量、碳汇量经加法计算后 总碳当量等于零，则表明实现了碳中和。

3.10

碳抵消 carbon offset

是指用于减少温室气体排放源或增加温室气体吸收汇，用来实现补偿或抵消其他排放源产生温室气体排放的活动。

3.11

可再生能源 Renewable energy

是指从持续不断地补充的自然过程中得到的能量来源。可再生能源包括太阳能、水能、风能、生物质能、波浪能、潮汐能、海洋温差能、地热能等。

3.12

绿色电力 Green electricity

使用可再生能源生产的电力能源。

3.13

基准期 Base period

用来将不同时期的温室气体排放或清除，或其他温室气体相关信息进行参照比较的特定历史时段。

3.14

绿色建筑 green building

指在全寿命周期内，节约资源、保护环境、减少污染、为人们提供健康、适用、高效的使用空间，最大限度地实现人与自然和谐共生的高质量建筑。

3.15

甲类机场 Category A Airport

按照旅客吞吐量，甲类机场为年旅客吞吐量高于 1000 万人次的机场。

3.16

乙类机场 Category B Airport

按照旅客吞吐量，乙类机场为年旅客吞吐量 50 万人次~1000 万人次的机场。

4 总体原则

4.1 概述

为保证重庆市航空枢纽碳足迹核算、实施碳减排行动、实施碳抵消活动、开展碳中和评价、编制碳中和评价报告等过程符合本文件的要求，在碳中和实施过程中，产品碳排放核算和抵消的相关数据宜保证完整、准确、透明，并且相关核算方法应保持一致。

4.2 相关性

宜选择适应核算对象需求的温室气体排放和抵消相关数据和方法。

4.3 完整性

宜包括对核算对象碳足迹有实质性贡献的所有温室气体的排放与清除。

4.4 一致性

按同样方式应用假设、方法和数据，以根据目标和范围定义得出结论。

4.5 准确性

核算过程是准确的、可验证的和相关的，并且尽可能减少偏差和不确定性。

4.6 避免重复计算

宜避免对所评价对象温室气体排放量与清除量进行重复计算,以及避免对其他对象已考虑的温室气体排放与清除进行分配。

5 实施目的

通过量化航空枢纽温室气体排放量和清除量(以二氧化碳当量表示),判定其对全球变暖潜势的影响。其目的包括但不限于以下方面:

- a) 上下游供应链对航空枢纽碳中和情况的掌握;
- b) 制定航空枢纽碳排放核算方法,挖掘减排潜力;
- c) 促进航空枢纽温室气体管理策略制定和实施;
- d) 作为对外信息披露的依据;
- e) 作为相关认证依据。

6 航空枢纽碳排放核算与碳中和实施流程

满足运输型要求、年旅客吞吐量大于 50 万人次的航空枢纽,按照碳足迹核算、实施碳减排行动、实施碳抵消活动、作出碳中和评价等步骤完成碳中和实施工作,具体工作流程见图 1:

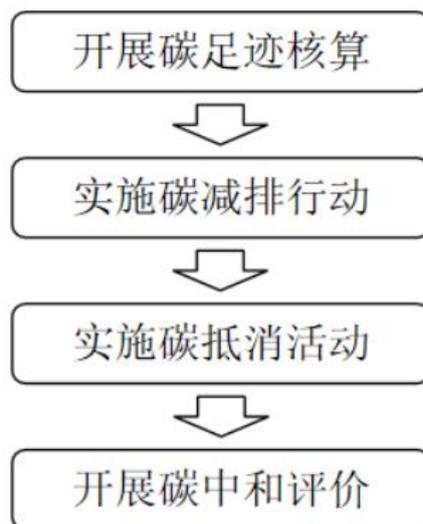


图 1 航空枢纽碳排放核算与碳中和实施流程

7 碳足迹核算

7.1 核算边界

核算主体以航空枢纽法人或视同法人单位运行的机场为边界，包括飞行区、航站区、货运区、工作区等（鼓励有条件的机场将核算范围进一步扩展至空管、航空公司级驻场单位在机场的设施和机构），识别、核算边界内所有与生产经营相关的二氧化碳排放，基于边界内的排放开展碳中和进展评价和路径选择。

航空枢纽的温室气体排放核算范围和报告范围包括：燃料燃烧的二氧化碳排放，即燃料在各种类型的固定或移动燃烧设备（如机场内锅炉、气源车、电源车、运输车辆等）中与氧气充分燃烧生成的二氧化碳排放；以及净购入使用电力及热力产生的二氧化碳排放。

7.2 获取活动水平与排放系数数据

活动水平数据根据选定的核算方法收集相应的温室气体活动水平数据，记录数据来源并保存相关证据文件。温室气体排放系数的确定可分为下列三个水平：

- a) 水平一，通过现场测试获得的排放系数；
- b) 水平二，利用工程经验或本地区经验已确定的排放系数；
- c) 水平三，参照有关规范选取典型数值确定。

在获取其他来源温室气体排放参数时，应考虑如下因素：来源明确，有公信力；真实性；适用性；时效性。优先选择顺序：水平一>水平二>水平三。

7.3 碳排放核算方法

航空枢纽的二氧化碳排放总量等于航空枢纽核算边界内化石燃料燃烧、过程排放、消耗净外购电力和消耗净外购热力、以及净外购冷量排放产生的排放量之和。如公式（1）所示：

$$E = E_{\text{燃烧}} + E_{\text{过程}} + E_{\text{电}} + E_{\text{热}} + E_{\text{冷}} \dots\dots (1)$$

式中，

E 为航空枢纽二氧化碳排放总量（t）；

$E_{\text{燃烧}}$ 为燃料燃烧的二氧化碳排放总量（t），包括化石燃料燃烧的二氧化碳排放量；

$E_{\text{过程}}$ 为或航站楼运行过程中制冷剂逸散产生的温室气体排放，单位为吨二氧化碳当量（t）；

$E_{\text{电}}$ 为航空枢纽净购入使用电力产生的二氧化碳排放总量（t）；

$E_{\text{热}}$ 为航空枢纽净购入使用热力产生的二氧化碳排放总量（t）；

$E_{\text{冷}}$ 为航空枢纽净购入使用冷量产生的二氧化碳排放总量（t）。

7.3.1 燃料燃烧的二氧化碳排放

航空枢纽燃料燃烧的二氧化碳排放包括机场内锅炉、地面保障车辆等固定源及移动源（航空器除外）消耗的化石燃料燃烧的二氧化碳排放。航空枢纽燃料燃烧的二氧化碳排放总量计算公式如下：

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_i (AD_{\text{化石}, i} \times EF_{\text{化石}, i}) \dots\dots (2)$$

式中，

$AD_{\text{化石}, i}$ 为第*i*种化石燃料的活动水平（TJ）；

$EF_{\text{化石}, i}$ 为第*i*种化石燃料的排放因子（tCO₂/TJ）；

*i*为化石燃料的种类。

7.3.1.1 活动水平数据及来源

航空枢纽消耗的化石燃料包括机场的内的固定源和移动源（航空器除外）消耗的化石燃料，其活动水平按下式计算。

$$AD_{\text{化石}, i} = FC_{\text{化石}, i} \times NCV_{\text{化石}, i} \times 10^{-6} \dots\dots (3)$$

式中，

$AD_{\text{化石}, i}$ 为第*i*种化石燃料的活动水平（TJ）；

$FC_{\text{化石}, i}$ 为第*i*种化石燃料的消耗量，对固体、液体类化石燃料以吨为单位，对气体类化石燃料以10³立方米为单位；

$NCV_{\text{化石}, i}$ 为第*i*种化石燃料的低位发热值，对固体或液体燃料以kJ/kg为单位，对气体燃料以kJ/m³为单位。

地面活动涉及的其他移动源及固定源化石燃料的消耗量应根据机场能源消费台帐或统计报表来确

定。燃料消耗量具体测量仪器的标准应符合 GB 17167-2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》的相关规定。

航空枢纽地面活动涉及的其他移动源和固定源化石燃料的低位发热值参考附录表。

7.3.1.2 排放因子数据及来源

航空枢纽消耗的化石燃料燃烧的排放因子由燃料的单位热值含碳量和碳氧化率等参数计算得到，计算公式如下：

$$EF_i = CC_i \times OF_i \times 44/12 \dots\dots (4)$$

式中，

EF_i 为第 i 种化石燃料的排放因子(tCO_2/TJ)；

CC_i 为第 i 种化石燃料的单位热值含碳量 (tC/TJ)；

OF_i 为第 i 种燃料的碳氧化率 (%)；

44/12 为二氧化碳与碳的分子量之比；

i 为化石燃料的种类。

7.3.2 过程排放

过程排放产生的二氧化碳排放量按公式 (5) 计算。

$$E_{过程} = (M_r + M_{ir} - M_{cr} - M_{er}) \times GWP_r/1000 \dots\dots (5)$$

式中，

M_r 为核算周期开始，制冷系统以及制冷设施的制冷剂充注量 (kg)；

M_{ir} 为核算周期内，制冷系统以及制冷设施的制冷剂补充量 (kg)；

M_{cr} 为核算周期内，制冷系统以及制冷设施的制冷剂回收量 (kg)；

M_{er} 为核算周期结束，制冷系统以及制冷设施的制冷剂剩余量 (kg)；

GWP_r 为制冷剂 r 的全球变暖潜值。

7.3.2.1 数据的监测与获取

制冷剂的活动数据可通过制冷设备相关读数获取，宜采用每月测量结果。不具备条件的也可采用供

应商提供的相关制冷剂凭证。制冷剂充注量按照日常保养过程厂家及维修商提供发票及数据说明。

7.3.2.2 制冷剂逸散的排放因子取值

不同制冷剂对应全球变暖潜势 GWPr 的缺省值，见附录 A 表 A.2。

7.3.3 净购入使用电力、热力及冷量产生的排放

航空枢纽净购入电力产生的排放计算公式如下：

$$E_{电} = AD_{电} \times EF_{电} \dots\dots (6)$$

式中，

$E_{电}$ 为净购入电力所对应的电力生产环节产生的二氧化碳排放量（t）；

$AD_{电}$ 为净购入电量（MWh）；

$EF_{电}$ 为重庆市电网年平均供电排放因子（tCO₂/MWh）。

企业净购入使用热力产生的排放计算公式如下：

$$E_{热} = AD_{热} \times EF_{热} \dots\dots (7)$$

式中，

$E_{热}$ 为净购入热力所对应的热力生产环节产生的二氧化碳排放量（t）；

$AD_{热}$ 为净购入热力（GJ）；

$EF_{热}$ 为热力供应的二氧化碳排放因子（tCO₂/GJ）。

7.3.3.1 活动水平数据及来源

航空枢纽净购入电量数据以电表记录的读数为准，如果没有，宜采用供应商提供的电费发票或者结算单等结算凭证上的数据。航空枢纽应按净购入电量所在的不同电网，分别统计净购入电量数据。航空枢纽运行过程中如使用绿电，则应在净购入电力中减去相应绿电用量，绿电消费以国家核发的绿证为唯一凭证。

航空枢纽净购入热力数据以热计量表计量的读数为准，如果没有，宜采用供应商提供的供热量发票或者结算单等结算凭证上的数据。

7.3.3.2 排放因子数据及来源

区域电网年平均供电排放因子应根据航空枢纽所在地及目前的东北、华北、华东、华中、西北、南方电网划分，选用国家主管部门最近年份公布的相应区域电网排放因子进行计算，2022年重庆市电力平均二氧化碳排放因子为 0.5227kgCO₂/kWh。

热力供应的二氧化碳排放因子暂按 0.11 tCO₂/GJ 计，待政府主管部门发布官方数据后应采用官方发布数据并保持更新。

航空枢纽存在外购冷量的，首选对所购的冷量进行溯源，溯源至为航空枢纽外购冷量所对应的能源站消耗的燃气、电力等能源所对应的温室气体排放，按照公式（2）或（6）进行计算。如机场无法进行溯源，则可按照净外购热力所对应的温室气体排放，按照公式（7）进行计算。

8 航空枢纽碳中和核心指标评价体系

8.1 指标说明

重庆市航空枢纽碳中和核心指标评价体系围绕节能降碳管理机制、能源与碳排放指标、节能降碳技术应用、碳抵消实施 4 个一级指标进行构建，包含 19 个二级指标，总分 100 分。

本指标体系适用于重庆市航空枢纽开展碳中和进程自评估、第三方评价，碳中和组织实施与改善等。

8.2 指标体系

表 1 航空枢纽碳中和核心指标评价体系

一级指标	二级指标	最高	指标	评分标准
	名称	分值	类型	
节能降碳管理机制 (15分)	建立碳排放管理体系	8	约束性	建立碳排放管理制度体系且有效运行，得 2 分。
				编制绿色低碳领域专项规划、行动方案，得 2 分。
				建立能源和碳排放管理部门，得 2 分。
				开展综合能源智慧运行管控平台应用，进行综合能源多能互补与高效运行、能耗监测、负荷预测、能源管控、碳排放跟踪、机电设备可视化运维，得 2 分。
	供应链碳排放管理	2	预期性	建立航空枢纽供应链碳排放管理制度体系，得 1 分
				与主要航司、商户建立协同减排机制并开展至少 1 个项目，得 1 分
	宣传与试点	5	预期性	在机场重点区域对内、对外展示机场自身碳排放管理成效、开展绿色低碳宣传

一级指标	二级指标	最高	指标	评分标准
	名称	分值	类型	
				工作，得 2 分。
				参与行业、地方层面组织的绿色低碳交流活动，并通过发言、主题报告、入选优秀案例等形式宣传机场绿色发展经验，得 3 分
能源与碳排放指标 (31 分)	可再生能源使用比例	6	预期性	$\text{可再生能源使用比例} = \frac{\text{可再生能源使用量折标煤量}}{\text{航空枢纽能源使用总量折标煤量}}$
				可再生能源使用比例 $\geq 60\%$ ，得 6 分
				$50\% \leq \text{可再生能源使用比例} < 60\%$ ，得 5 分
				$30\% \leq \text{可再生能源使用比例} \leq 50\%$ ，得 3 分
				$10\% \leq \text{可再生能源使用比例} < 30\%$ ，得 2 分
				可再生能源使用比例 $< 10\%$ ，得 0 分

一级指标	二级指标	最高 分值	指标 类型	评分标准	
	名称				
	航站楼综合能耗强度 ¹	8	约束性	$\text{综合能耗强度} = \frac{\text{航空枢纽综合能耗总量折标煤量}}{\text{航空枢纽建筑面积}}$	
				甲类机场	乙类机场
				综合能耗强度 ≤ 20 kgce/平米, 得 8 分	综合能耗强度 ≤ 18 kgce/平米, 得 8 分
				20 < 综合能耗强度 ≤ 25 kgce/平米, 得 5 分	18 < 综合能耗强度 ≤ 21.5 kgce/平米, 得 5 分

¹ 《民用机场航站楼能效评价指南》（MH/T 5112），年旅客吞吐量高于 1000 万人次为甲类，年旅客吞吐量 50 万人次-1000 万人次为乙类。

一级指标	二级指标	最高	指标	评分标准	
	名称	分值	类型		
				25<综合能耗强度≤30 kgce/平米，得3分	21.5<综合能耗强度≤25 kgce/平米，得3分
				综合能耗强度>30 kgce/平米，不得分	综合能耗强度>25 kgce/平米，不得分
	单位旅客碳排放 ²	4	约束性	机场单位旅客吞吐量二氧化碳排放<0.43kg/人次，得4分	
				0.43kg≤机场单位旅客吞吐量二氧化碳排放<0.459kg/人次，得2分	
				机场单位旅客吞吐量二氧化碳排放>0.459kg/人次，不得分	
单位旅客能耗		约束性	机场单位旅客吞吐量能耗<0.853kgce/人次，得4分		

² 根据《“十四五”民航绿色发展专项规划》中“十四五”时期民航绿色发展主要指标的机场单位旅客吞吐量二氧化碳排放指标确定。

一级指标	二级指标	最高	指标	评分标准
	名称	分值	类型	
				0.853kgce≤机场单位旅客吞吐量能耗<0.948kgce/人次，得2分
				机场单位旅客吞吐量能耗>0.948kgce/人次，不得分
	供热供冷系统	3	约束性	设备满足国家现行有关标准的节能评价的要求，得3分。
	照明设施	3	约束性	照明功率密度值达到现行国家标准《建筑照明设计标准》GB50034规定的目标值，得2分；
				采光区域的人工照明随天然光照度变化自动调节，得1分
	碳排放强度降低	5	约束性	航空枢纽碳排放总量连续3年下降，且能源消费总量增速连续三年控制在2%(含)以下，得3分
				连续三年单位旅客碳排放量指标位于夏热冬冷地区甲类机场前列，得2分。

一级指标	二级指标	最高	指标	评分标准
	名称	分值	类型	
节能降碳技术应用 (34分)	新建成或改造完成的建筑 中绿色建筑(二星及以上评 级)比例 ³	4	预期性	航站楼执行高星级绿色建筑要求, 航站楼获得二星及以上绿色建筑评级, 得 2 分。
				其他建筑执行高星级绿色建筑要求, 提高二星级及以上绿色建筑的比例要求, 二星级及以上绿色建筑面积占总建筑面积的比例 $\geq 60\%$, 得 2 分
	电动车充电设施覆盖	5	预期性	机场空侧场内充电设施与电动车辆设备的数量比不小于 1:3, 得 2 分

³ 根据《绿色生态城区评价标准》(GB/T 51255), 当机场有多栋航站楼时, 按建筑面积加权平均计算得分, 绿色建筑应符合《绿色建筑评价标准》(GB/T50378-2014) 和线性行业标准《绿色航站楼标准》(MH/T 5033) 的规定。

一级指标	二级指标	最高	指标	评分标准
	名称	分值	类型	
				机场陆侧充电设施与配建停车位的数量比不低于 1: 1.1, 得 3 分
	绿化覆盖率	5	预期性	机场绿化结合机场区域净空限制及鸟防要求, 优化植物搭配方式, 并开展多样化绿化, 总体绿地率 $\geq 35\%$, 得 5 分
				$30\% \leq$ 总体绿地率 $< 33\%$, 得 3 分
				总体绿地率 $< 30\%$, 不得分
	新能源车辆使用比例	3	约束性	$10\% \leq$ 新能源车辆使用比例 $< 30\%$, 得 1 分
				$30\% \leq$ 新能源车辆使用比例 $< 60\%$, 得 2 分
				新能源车辆使用比例 $\geq 60\%$, 得 3 分

一级指标	二级指标	最高	指标	评分标准
	名称	分值	类型	
	机位辅助动力装置替代设施安装/应用情况	6	约束性	中型以上机场近机位 APU 替代设施覆盖率达到 100%，得 3 分
				中型以上机场远机位 APU 替代设施覆盖率达到 50%，得 3 分。
	储能技术应用	5	预期性	合理使用电化学储能、机械储能、水蓄能、电蓄能、冰蓄冷等蓄能或储能技术，得 5 分
	旅客公共交通保障率	3	预期性	45% < 旅客公共交通保障率 ≤ 55%，得 1 分
				55% < 旅客公共交通保障率 ≤ 65%，得 2 分
				旅客公共交通保障率 > 60%，得 3 分
碳抵消实施 (20 分)	碳抵消比例	15	约束性	碳抵消比例为 100%，得 15 分 碳抵消比例 ≥ 80%，得 12 分

一级指标	二级指标	最高	指标	评分标准	
	名称	分值	类型		
				80% > 碳抵消比例 ≥ 60%，得 10 分	
				60% > 碳抵消比例 ≥ 40%，得 7 分	
				40% > 碳抵消比例 ≥ 20%，得 4 分	
				20% > 碳抵消比例 ≥ 5%，得 2 分	
				碳抵消比例 < 5%，不得分	
	碳抵消方式	5	预期性	碳汇量 = 面积 × 单位面积碳汇速率	
				机场在通过降低能源消耗、使用可再生能源等内部减排措施来减少排放量的基础上，将剩余的无法避免的减排量通过购买碳汇的方式实现碳排放量的抵消，得 5 分	

8.3 评价方法

1. 形成完整碳排放算与碳抵消材料，接受第三方认证机构审核评估。
2. 与认证机构签订许可协议，获得认证机构碳中和标签使用权利，实现碳中和。
3. 当航空枢纽总体碳排放量 ≤ 0 时，航空枢纽实现碳中和或产生碳汇。

8.4 评价结果

按照评分结果对供应链进行分级，判断航空枢纽的碳中和建设进程。

表 2 航空枢纽碳中和核心指标评价结果分级

碳中和 进程分级	一级	二级	三级	四级	五级
评分及航空 枢纽碳中和 建设进程评 价	评分 ≤ 20 ，代 表航空枢纽处 于碳中和初级 水平	20 $<$ 评分 ≤ 40 ， 代表航空枢纽 处于碳中和中 等偏低水平	40 $<$ 评分 \leq 60，代表航空 枢纽处于碳中 和中等水平	60 $<$ 评分 \leq 80，代表航空 枢纽处于碳中 和较高水平	80 $<$ 评分 \leq 100，代表航空 枢纽处于碳中 和高水平

只有当航空枢纽评价结果为三级及以上等级时，方可在开展碳中和认定与评价后，通过购买碳信用的方式实现碳中和。

9 航空枢纽碳中和路径技术措施

9.1 碳中和实施计划的制定与发布

根据碳排放核算结果，制定航空枢纽碳中和管理计划并形成文件，包括但不限于：

- 排放源清单；
- 对航空枢纽碳中和承诺的陈述；
- 实现碳中和的时间表；
- 与航空枢纽碳中和时间表相对应的减排目标；
- 计划实现和维持温室气体减排的措施；
- 碳中和抵消方式等。

为实现碳中和目标，航空枢纽应至少每隔 12 个月更新一次碳中和管理计划。

9.2 碳减排实施

9.2.1 制定碳减排计划

提出航空枢纽碳减排行动的主要内容，策划并实施减少碳温室气体排放或增加温室气体清除的行动。执行过程中对直接行动所实现的排放或清除的变化予以量化，并针对直接行动形成报告文件，内容包括但不限于：

——对减排行动的说明；

——减排行动的空间和时间范围；

——温室气体排放和清除的量化方法；

——对减排行动所产生的温室气体排放或清除的变化的确定，以及它们属于何种排放或清除（直接、间接、其他类型）。

9.2.2 实施碳减排行动

减排行动划分为 7 种类型，具体减排措施如下所示。

表 3 减排措施推荐性目录表

减排行动类型	具体减排措施	措施内容
对航空枢纽能源需求和使用的管理	建立智慧能源管理系统	部署综合能源管控平台，对航站楼、能源站等主要耗能单元进行实时监测、数据分析、优化控制和负荷预测。
	实施精细化节能运行管理	制定并执行供冷、供热、照明等系统的运行管理制度，过渡季节充分利用新风降温。
	开展能源审计与节能诊断	定期对高耗能区域和设备进行能源审计，识别节能潜力，制定并实施改进方案。
提高航空枢纽整体运行能效	推行桥载设备替代 APU	大力提高廊桥机位桥载设备覆盖率和使用率，减少飞机停靠时使用高耗油、高排放的辅助动力装置。
	应用高效节能设备	对水泵、风机、空调主机等用能设备进行节能改造，采用高效电机、变频调速等技术，淘汰高耗能落后设备。
	优化地面运行流程	通过机场协同决策系统优化飞机滑行路线，减少滑行时间和等待时间，降低航空器及地面车辆油耗。
在航空枢纽内采用减排技术或使用先进设备	全面推广地面车辆或设备“油改电”	将机场摆渡车、行李牵引车、贵宾车、通用车辆等逐步替换为纯电动车，并配套建设充电基础设施。

	建设分布式光伏发电系统	在航站楼、货运站、停车场等建筑的屋顶和立面安装光伏发电系统，实现可再生能源就地消纳。
	应用高效制冷供热技术	采用磁悬浮冷水机组、高温冷机、地源/空气源热泵等高效技术，提升冷热源效率。
	全面推广 LED 照明与智能控制	全场域更换 LED 灯具，并应用分区、定时、光感、人感等智能照明控制系统，杜绝照明浪费。
	建设水/冰蓄冷系统	利用峰谷电价差，在夜间电价低谷时段制冰蓄冷，在白天电价高峰时段释冷，实现移峰填谷和节能降费。
温室气体的捕获和贮存	研究碳捕获、利用与封存（CCUS）技术	在资金允许的条件下，探索在机场能源中心或大型锅炉排放端应用小型化、模块化的碳捕获技术。
燃料转换或替代	推动可持续航空燃料的应用	与航空公司、燃料公司合作，争取可持续航空燃料试点项目，为起降航班提供可持续航空燃料加注服务。
	供暖锅炉“气改电”或“气改再生能源”	将燃气锅炉替换为耦合光伏绿电的电锅炉，降低直接化石燃料消耗。
	采购绿色电力	通过电力交易市场直接购买光伏、风电等绿色电力，或购买绿色电力证书，从源头降低外购电力碳排放。
植树造林	开展机场场内及周边生态绿化	在符合飞行区安全要求的前提下，选择适宜本地生长的植物种类，建设生态绿地，提升碳汇能力。
其他措施	推动绿色建筑设计与运维	所有新建建筑均按照高星级绿色建筑标准设计建造，并对现有建筑进行绿色化改造。
	深化废弃物资源化利用	实施垃圾分类，推进厨余垃圾、园林垃圾就地资源化利用，废旧物资回收利用，减少废弃物填埋产生的碳排放。
	倡导绿色出行与低碳服务	提升轨道交通、机场巴士等公共交通接驳比例；鼓励旅客使用电子登机牌；航站楼商户提供低碳餐饮选择。

9.3 剩余温室气体抵消

9.3.1 抵消要求

航空枢纽应在实施减排行为后协调抵消温室气体减排所需的碳抵消信用额，确定实现碳抵消所用的标准和方法论并形成文件报告，从而实现碳中和状态。

9.3.2 抵消原则

在任何情况下，抵消所采用的方法论和类型均应符合以下原则：

产生的信用额度或返还的补偿信用额应代表其他地方真正的、额外的温室气体减排量；

交易抵消额中涉及的项目应满足额外性、永久性、泄露性和重复计算性等准则；

碳信用应当由独立的第三方核查机构进行核查；

碳抵消项目的信用额，应在实现与抵消项目相关的减排后方可发行；

除活动以外的碳抵消项目的信用额度应在实现声明公布之日起的 12 个月内撤销。对于活动，撤销期应尽量缩短，不应超过 36 个月。

碳抵消项目的信用额应由签发主体公开可用的项目文档或同等公开记录予以支持，其中应提供信息包括抵消项目、量化方法学以及审定和核查程序。

9.3.3 抵消类型

通过购买碳信用实现碳抵消，如：购买绿证，开发或购买自愿减排量（CER）、中国核证自愿减排量（CCER）、重庆“碳惠通”项目核证自愿减排量（CQCER）等，航空枢纽宜优先考虑通过购买 CQCER 实现碳抵消。

可用于实施碳抵消的碳信用年份应不早于实施抵消年份前 3 年，其中可用于抵消的碳信用类型见表 5。

表 5 可用于碳抵消的碳减排信用类型

签发机构	碳减排信用类型
联合国应对气候变化框架公约 (UNFCCC)	CER
生态环境部	国家核证自愿减排量 (CCER)
Verra	VCU
黄金标准 GS register	GS-VCU
重庆市生态环境局	重庆“碳惠通”项目核证自愿减排量 (CQCER)

对于产品生命周期内消耗电力产生温室气体排放的抵消，可以通过直购可再生能源电力、购买绿证及可再生能源电力的自我申明等方式来抵消对应的用电排放。购买绿证用于抵消的，相应绿证年份应不早于实施抵消年份前 3 年。用于抵消的绿证对应的可再生能源电力应产生在中国境内。可用于实施碳抵消的绿色电力权益类型见表 6。

表 6 可用于抵消用电排放的绿色电力权益类型

抵消类型	说明	碳减排信用类型
直购绿电	通过直购可再生能源电力抵消对应排放	实施评价组织应提供电力供应商环境权益权属的申明文件
绿证	由国家可再生能源信息管理中心签发的绿色电力的证明	实施评价组织应出具用于抵消的绿证唯一性申明文件
国际绿证 (I-RECs, TIGRs)	由国际机构签发的绿色电力证明	-

9.3.4 文件报告要求

航空枢纽应编制能证实碳抵消文件，其中包括但不限于：

- 被抵消的温室气体排放种类；
- 实际碳抵消的数量；
- 抵消类型和所涉及项目；
- 确认所用的碳抵消方案符合抵消原则；
- 所用碳抵消信用额的数量和类型，以及产生信用额度的时间段和撤销日期；
- 关于碳抵消信用额的撤销/取消的相关信息。

9.4 碳中和声明

碳排放量核算边界见 7.1，核算范围包括项目航空枢纽的二氧化碳排放总量以及利用碳汇、绿电等产生的二氧化碳减排量。因此航空枢纽的二氧化碳排放总量可以根据两个部分的来源情况得出，如式(8)：

$$E_N = E + E_{\text{绿电}} + E_{\text{碳汇}} \dots \dots (8)$$

式中，

E 为航空枢纽的二氧化碳排放总量（tCO₂e），为正值；

$E_{\text{绿电}}$ 为利用绿电产生的二氧化碳抵消量（tCO₂e），为负值；

$E_{\text{碳汇}}$ 为利购买碳汇产生的二氧化碳抵消量（tCO₂e），为负值。

9.4.1 一般要求

航空枢纽应作出符合要求的声明，并予以公布。声明需明确日期并由航空枢纽法定代表人或高级别领导签署。航空枢纽作出符合本文件要求声明时，应满足本文件中所有规定。

9.4.2 碳中和认证

对于试图证明其声明已按本文件要求进行独立审定的航空枢纽，应接受独立第三方认证机构的评定，这些机构能证明其具有（或已达到）必要的知识和专长，以便按本规范的要求开展评定和认证。

航空枢纽可采用自我审定的方式，自我审定时应确定并能证明实现碳中和所采取的量化和行动符合本文件要求。

9.4.3 声明内容

经核算，若式（8）中核算结果 $E_N \leq 0$ ，则该航空枢纽实现了碳中和。

根据本文件作出的声明应以适当形式进行披露，内容包括但不限于：

明确地确定声明的主体边界；

明确地确定负责作出声明的实体；

合格日期和应用周期；

声明提出依据的规范和技术文件；

合格解释性陈述相关的唯一参考资料（可免费且方便地获得所有支持证据）。

9.5 维持碳中和状态

碳中和承诺声明的最长有效期应为1年，此后，合格条件和行动应重新审定，并相应地更新合格日期。如发生任何导致声明失效的变更或事件，实体应采取纠正行动，并使之在三个月内生效，以恢复其有效性，或者撤销此声明。一旦声明失效，实体应立即清除与标的物相关联的所有声明和有关碳中和的合格解释性陈述，直到其能重新被证明与本文件一致。

附录 A

(资料性附录)

A.1 常用化石燃料相关参数缺省值

燃料品种	计量单位	低位发热值 (kJ/kg)	单位热值 含碳量 (t-C/TJ)	碳氧化率	
液体 燃料	原油	吨	41816	20.1	0.98
	燃料油	吨	41816	21.1	0.98
	汽油	吨	43070	18.9	0.98
	柴油	吨	42652	20.2	0.98
	一般煤油	吨	43070	19.6	0.98
	航空汽油	吨	44300	19.1	1
	航空煤油	吨	44100	19.5	1
	液化天然气	吨	41868	17.2	0.98
	液化石油气	吨	50179	17.2	0.98
	炼厂干气	吨	45998	18.2	0.98
	石脑油	吨	44500	20.0	0.98
	石油焦	吨	32500	27.5	0.98
其他石油产品	吨	40200	20.0	0.98	

气体 燃料	天然气	万立方米	38931	15.3	0.99
	焦炉煤气	万立方米	17406	13.6	0.99
	其他煤气	万立方米	15758.4	12.2	0.99

表 A. 2 制冷剂的全球变暖潜势 GWPr 缺省值

制冷剂类型	化学物质	GWPr (kgCO ₂ /kg)
R-717	NH ₃	0
R-290	C ₃ H ₈	0.02
R-600	C ₄ H ₁₀	0.006
R-744	CO ₂	1.00
R-22	CHClF ₂	1960
R-32	CH ₂ F ₂	771
R-115	CClF ₂ CF ₃	9600
R-125	CHF ₂ CF ₃	3740
R-134a	CH ₂ FCF ₃	1530
R-143a	CH ₃ CF ₃	5810