

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2025

高速公路绿色低碳收费站 评价技术规范

Technical specification for evaluation of green and low carbon toll stations
on highways

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2025 年 9 月）

提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 错误！未定义书签。

1 范围 错误！未定义书签。

2 规范性引用文件 错误！未定义书签。

3 术语和定义 错误！未定义书签。

4 总则 错误！未定义书签。

5 评价类别和周期 2

 5.1 评价对象与分级 2

 5.2 评价周期 2

6 碳排放核算 3

 6.1 核算边界及范围 3

 6.2 核算方法 3

7 评价指标体系 5

 7.1 评价指标及权重 5

 7.2 得分计算 5

 7.3 指标评价 8

8 评价报告 9

附 录 A（资料性）收费站产生二氧化碳排放量核算范围 10

附 录 A（资料性）收费站智慧化评价 11

附 录 B（资料性）案例报告 13

参 考 文 献 14

索 引 15

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。

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。

本文件由中国交通运输协会交通工程设施分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

高速公路绿色低碳收费站评价技术规范

1 范围

本文件规定了高速公路绿色低碳收费站评价的总则、评价类别和周期、碳排放核算以及评价指标体系等内容。

本文件适用于高速公路运营期绿色低碳收费站的评价活动。

2 规范性引用文件

下列标准性引用是本规范的必要条款。其中标注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本指南；不注日期的引用文件，其最新版本均适用于本规范。

GB 50189 公共建筑节能设计标准

GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范

GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范

GB/T 51350 近零能耗建筑技术标准

GB/T 50801 可再生能源建筑应用工程评价标准

GB/T 51366 建筑碳排放计算标准

GB/T 51368 建筑光伏系统应用技术标准

JT/T 1537.2 近零碳交通设施建设技术要求 第2部分：高速公路服务区

JT 2015-51 绿色交通设施评估技术要求 第1部分：绿色公路

JT/T 1199.2-2018 绿色交通设施评估技术要求 第2部分：绿色服务区

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

绿色低碳收费站 green and low carbon toll stations

在满足收费站使用功能的基础上，通过结构性、技术性和管理性措施降低运营期直接和间接碳排放量，使得运营阶段的温室气体净排放量低于一般收费站的绿色收费站。

[来源：JT/T 1537.2—2025，3.1，有修改]

3.2

收费站碳中和 carbon neutralization of toll collection station

收费站在一定时间内(通常以年度为单位)，运营服务过程中产生的所有二氧化碳排放量，在自身减排的基础上，剩余部分排放量可以通过购买核算边界外相应数量的碳信用、碳配额、绿色电力证书等完全抵消。

3.3

碳配额 carbon allowance

在碳排放权交易市场下，参与碳排放权交易的单位和个人依法取得，可用于交易和碳市场重点排放单位温室气体排放量抵扣的指标。

3.4

数字化低碳评价系统 Digital zero carbon management system

通过基于智慧能耗管理、设备能效管理、环境健康管理、暖通照明自动优化和数字化碳排管理等落地场景，对低碳收费站能耗进行精细化管理和节能优化，使其到达低碳目标。

4 总则

4.1 收费站碳排放评价应以具备基本服务功能区域的整体为对象，公路两侧收费站运营单位，可作为独立的评价与认定对象。

4.2 应设立高速公路收费站低碳目标，结合各种验收与评价手段，推动低碳收费站达标。

4.3 应结合当地自然环境、气候特征及可再生能源条件，因地制宜地确定绿色低碳收费站碳减排目标和措施。

4.4 鼓励推动高速公路低碳收费站的污废系统与绿色碳汇发展，与数字化低碳管理系统有机融合。

4.5 建议推动数字化低碳评价系统对能耗、碳排放等，进行精细化管理和节能优化的落地管理，使其到达低碳与智慧化运维目标。

5 评价类别和周期

5.1 评价对象与分级

5.1.1 收费站宜根据自然环境、气候特征及可再生能源条件分为三类。再在此基础上，从可再生能源量化指标和气候能耗特征两个维度增加二级指标进一步细分。

1) A类收费站

建设地区所处温度带属于热带、亚热带（海南全省和滇、粤、台三省南部，秦岭淮河以南，青藏高原以东的地区），气候属于热带季风气候及亚热带季风气候，年均温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ ，冷月均温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ ，降水丰富，需重点考虑制冷能耗。具有太阳能、风能、地热等一种或几种较为丰富的可再生能源。

a) A1子类，具有高可再生能源潜力，太阳能年辐射量 $\geq 5000\text{MJ}/\text{m}^2$ 年，风能年平均风速 $\geq 6\text{ m/s}$ ，可再生能源占比 $\geq 60\%$ 。

b) A2子类，具有中可再生能源潜力，太阳能年辐射量 $4000\text{--}5000\text{MJ}/\text{m}^2$ 年，风能年平均风速 $4\text{--}6\text{ m/s}$ ，可再生能源占比 $30\%\text{--}60\%$ 。

2) B类收费站

建设地区所处温度带属于暖温带、中温带（黄河中下游大部分地区及新疆南部，东北、内蒙古大部分地区及新疆北部），气候属于温带季风气候及温带大陆性气候，冷月均温 $30^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ ，需兼顾供暖与制冷，冬季能耗占比高。太阳能、风能为主，资源稳定性中等

a) B1子类，属暖温带，供暖期 ≥ 120 天，太阳能年辐射量 $\geq 4500\text{MJ}/\text{m}^2$ 年，供暖能耗比 $\geq 50\%$ 。

b) B2子类，属中温带气候区，供暖期 $60\text{--}120$ 天，太阳能年辐射量 $3500\text{--}4500\text{MJ}/\text{m}^2$ 年，供暖能耗比 $30\%\text{--}50\%$ 。

3) C类收费站

建设地区所处温度带属于寒温带、青藏高原区（黑龙江省北部及内蒙古东北部，青藏高原部分地区），气候属于高原高山气候，年均温 $< 5^{\circ}\text{C}$ ，供暖期长（ ≥ 150 天），仅太阳能或风能单一资源可用，资源总量有限，需依赖高效节能技术。

a) C1子类，高原气候区，主要依赖太阳能，太阳能年辐射量 $\geq 6000\text{MJ}/\text{m}^2$ 年，供暖能耗占比 $\geq 70\%$ 。

b) C2子类, 属寒温带, 主要靠风能, 风能年平均风速 ≥ 5 m/s, 供暖能耗占比 $\geq 60\%$ 。

5.2 评价周期

收费站碳排放评价应在收费站通过交工验收并运营一年后进行, 评价周期为三年一次。可根据实际情况调整评价周期。

6 碳排放核算

6.1 核算边界及范围

6.1.1 核算边界根据运营控制权法, 以收费站计算边界用地范围为准, 包括收费站自身运营产生的直接排放和间接排放, 如下(具体核算参见附录A):

a) 直接排放: 收费站自有设备燃烧化石燃料(如柴油、天然气)产生的二氧化碳排放, 以及逸散排放(如有)。

b) 间接排放: 外购电力、热力消耗对应的二氧化碳排放。

c) 不包括收费站收费车道内过往车辆因行驶产生的尾气排放; 收费站建筑在规划、设计、施工阶段的碳排放; 其他非收费站运营控制的排放。

6.1.2 核算范围应包括收费站运营阶段能源消耗产生的二氧化碳排放量, 可再生能源利用、绿色碳汇、碳配额的碳减排量。

6.2 核算方法

6.2.1 收费站运营阶段一定时期内碳排放量应根据收费站使用的不同类型能源消耗量和不同类型能源的碳排放因子确定, 收费站二氧化碳排放总量基准值(E), 按式(1)计算:

$$E = \sum_{i=1}^m E_{\text{总耗电量}, i} + \sum_{j=1}^n E_{\text{化石能源}, j} + E_{\text{购入热}, i} \quad (1)$$

式中:

$\sum_{i=1}^m E_{\text{总耗电量}, i}$ ——不同核算单元的总耗电力产生的二氧化碳排放量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

$\sum_{j=1}^n E_{\text{化石能源}, j}$ ——不同种类的化石能源单元产生的二氧化碳排放量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

$E_{\text{购入热}, i}$ ——购入热力的二氧化碳排放量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

a) 收费站总耗电对应的二氧化碳排放量按式(2)计算:

$$E_{\text{总耗电量}, i} = \sum_{i=1}^k AD_{\text{总耗电}, i} \times EF_{\text{电}} \quad (2)$$

式中:

$E_{\text{总耗电量}, i}$ ——核算单元i总耗电力所产生的二氧化碳排放量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

$\sum_{i=1}^k AD_{\text{总耗电}, i}$ ——核算期内不同核算单元耗电力, 单位为兆瓦时(Wh);

$EF_{\text{电}}$ ——区域电网年平均供电排放因子, 单位为吨二氧化碳每兆瓦时(tCO₂/MWh)。

b) 收费站化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量按式(3)计算:

$$E_{\text{化石能源}, j} = \sum_{j=1}^l AD_j \times \sum_{j=1}^o EF_j \quad (3)$$

式中:

$E_{\text{化石能源}, j}$ ——化石燃料燃烧所产生的二氧化碳排放量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

$\sum_{j=1}^l AD_j$ ——不同化石燃料活动水平, 单位为吨(t)或万立方米(万NM³);

$\sum_{j=1}^o EF_j$ ——不同化石燃料的排放系数, 单位为吨二氧化碳(tCO₂/t或tCO₂/万NM³)。

c) 收费站购入电产生的二氧化碳排放量按式(4)计算:

$$E_{\text{购入热}, j} = \sum_{j=1}^h AD_{\text{购入热}, j} \times EF_{\text{热}} \quad (4)$$

式中:

$E_{\text{购入热}, j}$ ——核算单元j购入热力所产生的二氧化碳排放量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

$\sum_{j=1}^h AD_{\text{购入热}, j}$ ——核算期内不同核算单元购入热力, 单位为吉焦(GJ);

$EF_{\text{热}}$ ——热力消费的排放因子, 单位为吨二氧化碳每吉焦(tCO₂/GJ)。

6.2.2 收费站运营阶段一定时期内自产绿电和碳汇对应的碳减排量(R)应按式(5)计算:

$$R = \sum_{i=1}^p R_{\text{绿电}, i} \quad (5)$$

式中:

$\sum_{i=1}^p R_{\text{绿电}, i}$ ——购入或自产绿电的二氧化碳排放量之和, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

6.2.3 收费站利用光伏、风力等自产绿电的碳减排量按式(6)计算:

$$R_{\text{绿电}, i} = \sum_{i=1}^g A_{\text{绿电}, i} \times \varepsilon_{\text{电}} \quad (6)$$

式中:

$R_{\text{绿电}, i}$ ——购入或自产绿电所减少的二氧化碳排放量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

$\sum_{i=1}^g A_{\text{绿电}, i}$ ——核算期内不同核算单元输出电力, 单位为兆瓦时(MW·h);

$\varepsilon_{\text{电}}$ ——区域电网年平均供电排放因子, 单位为吨每兆瓦时t/(MW·h)。

6.2.4 收费站自然碳减排率按式(7)计算:

$$R_r = \frac{R}{E} \times 100\% \quad (7)$$

式中:

R_r ——收费站自然碳减排率(%);

R——收费站自产或购入绿电和碳汇对应的碳减排量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

E——收费站二氧化碳排放总量基准值, 单位为吨二氧化碳(tCO₂)。

6.2.5 收费站计算碳减排率按式(8)计算:

$$R_j = \frac{R_1 + R_2}{E} \times 100\% \quad (8)$$

式中:

R_j ——收费站计算碳减排率(%);

R_1 ——收费站自产绿电和碳汇对应的碳减排量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

R_2 ——收费站购入碳减排量, 单位为吨二氧化碳(tCO₂);

E——收费站二氧化碳排放总量基准值, 单位为吨二氧化碳(tCO₂)。

6.2.6 收费站单位车辆减排率按式(9)计算:

$$R_c = \frac{E}{C} \times 100\% \quad (9)$$

式中:

E——收费站二氧化碳年排放总量基准值, 单位为吨二氧化碳/每年(tCO₂/年)。

C——收费站年收费车辆数(辆/年)。

6.2.7 活动数据的获取按照下列规定进行:

- a) 电力活动数据可采用电网公司结算的电表读数、能源消费台账或统计报表。热力活动数据可采用热力购销结算凭证、能源消费台账或统计报表。化石能源活动数据可采用燃气购销结算凭证、能源消费台账或统计报表；
- b) 可再生能源系统发电量采用电表读数。

7 评价指标体系

7.1 评价指标及权重

本评价指标体系将低碳收费站的评价指标体系划分为三个层级，具体内容见表 1。指标的权重是综合专家评分意见和碳排放相关部门排放比例进行设置，其中基础设置指标权重为 20%，能源和资源的利用占 30%，温室气体减排措施占 35%，碳配额占 10%，能源和碳智能信息化管理系统占 5%，（具体智慧化评价见附录 A.2）。

表1 低碳收费站评价指标表

序号	一级指标	二级指标	三级指标	评价分数	权重
1	基础设施	建筑	满足国家或地方法律法规及标准的要求	15	20%
			绿地率	20	
			建筑材料选用高性能、高耐久性和本地建材，建筑结构采用钢结构、砌体结构和木结构等资源消耗和环境影响小的建筑结构体系。	10	
		照明	采光照明系统设备及材料配件采购考虑符合碳中和或节能环保要求。	15	
			室内外照明宜根据收费站功能分区和照明需求进行智能化节能控制。	15	
		配套设施	已明令禁止生产、使用的能耗高、效率低的设备应限期淘汰更新。	10	
			采用先进生产工艺，专用设备应符合产业准入法规，降低能源和资源消耗。	10	
			设备应采用效率高、能耗低的产品。通用设备或其系统的实际运行效率或主要运行参数应符合该设备经济运行的要求。	5	
2	能源和资源的利用	能源和资源利用	新能源的利用	90	30%
			收费站采取分区、分功能计算碳减排量	10	

3	温室气体减排措施	节能技术和措施	绿色电力消费量占总电耗比重	30	35%
			生活垃圾/废水分类收集率	20	
			新能源汽车占总车辆数量比重	10	
		碳排量核算	计算碳减排率	20	
			单位收费车辆碳排放	20	
4	碳配额	实现碳抵消	在自主减排的基础上，无需抵消或100%抵消，抵消不足100%，按实际抵消占比递减扣分。	100	10%
5	能源和碳智能信息化管理系统	建立能源与碳智能信息化管理系统	建立能源和碳排放智能信息化管理系统，对原始数据至少存档保存5年。	20	5%
			信息化管理系统的数据收集实现数字化碳排管理，最低数据上送频率为一日一送。	60	
			数据需要完整、准确且可靠，识别并修正常见的数据错误，如设备调试、故障及通讯问题。	20	
总计				100	100%

7.2 得分计算

7.2.1 绿地率

绿地率 (GAP) 指用各类绿地面积的总和占已开发土地面积的百分比，是描述区域用地构成的一项重要指标。按式 (10) 计算：

$$GAP = \frac{S_{\text{绿地}}}{S_{\text{用地}}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$S_{\text{绿地}}$ ——各类绿地面积的总和，单位平方米 (m^2)。

$S_{\text{用地}}$ ——已开发土地面积的总和，单位平方米 (m^2)。

评分标准：

表2 绿地率评分标准

绿地率 (GAP)	得分
$GAP < 20\%$	0
$20\% \leq GAP < 30\%$	10
$30\% \leq GAP < 35\%$	15

$GAP \geq 35\%$	20
-----------------	----

7.2.2 新能源的利用

新能源的利用包括但不限于太阳能光伏系统、风力发电系统、生物质能供热系统和地源热泵系统。

- a) 利用太阳能光伏系统、风力发电系统等碳减排量, 占收费站总碳减排量的20%以上, 得30分; 产能占收费站总碳减排量的50%以上, 得60分; 产能占收费站总碳减排量的80%以上, 得90分。
- b) 利用生物质能供热系统、地源热泵系统等碳减排量, 占收费站总的碳减排量的10%以上, 得30分; 占收费站总碳减排量的30%以上, 得60分; 占收费站总碳减排量的50%以上, 得90分。

7.2.3 绿色电力消耗量占总电耗比重

绿色电力是指利用风力、太阳能、水、地热、生物质能发电。绿色电力消耗量占总电耗比重记为 R_g , 按式(11)计算:

$$R_g = \frac{E_b + E_f}{E_n} \times 100\% \cdots \cdots (11)$$

式中:
 E_b ——年度购买的绿色电力, 单位为千瓦时 (KWh)
 E_f ——年度分布式发电量, 单位为千瓦时 (KWh)
 E_n ——年度总耗电量, 单位为千瓦时 (KWh)

表3 绿色电力消耗量占总电耗比重评分标准

绿色电力消耗量占总耗电量比重 (R_g)	得分
$R_g < 3\%$	0
$3\% \leq R_g < 5\%$	10
$5\% \leq R_g < 10\%$	20
$R_g \geq 10\%$	30

7.2.4 生活垃圾分类收集率

分类收集的生活垃圾量占收费站生活垃圾产生总量的百分比, 记为L。按式(12)计算:

$$L = \frac{L_1}{L_2} \times 100\% \cdots \cdots (12)$$

式中:
 L_1 ——分类收集的生活垃圾量, 单位为吨 (t)
 L_2 ——生活垃圾清运总量, 单位为吨 (t)

表4 生活垃圾分类收集率评分标准

生活垃圾分类收集率 (L)	得分
$L < 20\%$	0
$20\% \leq L < 30\%$	6
$30\% \leq L < 50\%$	8
$L \geq 50\%$	10

7.2.5 新能源汽车占总车辆数量比重

新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源（或使用常规的车用燃料、采用新型车载动力装置），综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术，形成的技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车。新能源汽车包括纯电动汽车、增程式电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车、氢发动机汽车等。按式（13）计算：

$$N = \frac{N_1}{N_2} \times 100\% \cdots \cdots (13)$$

式中：
 N_1 ——通过的新能源汽车数量，单位为辆
 N_2 ——通过总车辆数量，单位为辆

表5 新能源汽车占总车辆数量比重评分标准

新能源汽车占总车辆数量比重（N）	得分
$N < 5\%$	0
$5\% \leq N < 8\%$	10
$8\% \leq N < 10\%$	20
$N \geq 10\%$	30

7.2.6 单位收费车辆碳排放

收费站单位车辆减排率按式（9）计算。计算评价周期初期的减排率与评价周期末期的减排率，减少10%，得10分；减少20%，得20分。

7.2.7 计算碳减排率

计算方法参照6.2核算方法，公式（8）。

表6 计算碳减排率评分标准

碳减排率 R_j	得分
$R_j < 20\%$	0
$20\% \leq R_j < 30\%$	5
$30\% \leq R_j < 60\%$	10
$60\% \leq R_j < 80\%$	15
$R_j \geq 80\%$	20

7.3 指标评价

7.3.1 收费站碳排放评价均应满足本文件全部控制指标的要求，按自然环境、气候特征及可再生能源条件分为A类收费站、B类收费站和C类收费站。指标评价总分达到60分及以上，同时计算碳减排率 R_j 指标分值大于0，可以进入示范阶段，示范阶段根据收费站的类型，分别进一步细分不同的等级，具体见下表7。

表7 低碳收费站等级划分

收费站类型	等级划分	评估分值	备注
A类收费站	五星	≥ 90	满足低碳要求，属于优秀低碳收费站示范区。
	四星	75~90	基本满足低碳要求，具有比较大的提升空间。
	三星	60~75	
B类收费站	五星	≥ 85	满足低碳要求，属于优秀低碳收费站示范区。
	四星	70~85	基本满足低碳要求，具有比较大的提升空间。
	三星	60~70	
C类收费站	五星	≥ 80	满足低碳要求，属于优秀低碳收费站示范区。
	四星	70~80	基本满足低碳要求，具有比较大的提升空间。
	三星	60~70	

8 评价报告

- 8.1 应开展年度碳减排工作评估，并根据评估结果识别存在的具体问题及明确改进方向，采取有针对性的改进措施，持续改进碳排放管理成效。
- 8.2 低碳收费站营运期间评价，应委托有资质的第三方进行，确有必要可设立专项研究方案，评价内容与认定应符合相关国家标准及设计要求，并确保评价资料的真实性、完整性与准确性

附 录 A

(资料性)

收费站产生二氧化碳排放量核算范围

A. 1. 收费站产生二氧化碳排放量核算范围如表 A. 1 所示。

表 A. 1 收费站产生二氧化碳排放量核算范围

类别	核算范围	排放源	常见能耗品种	典型设备/活动示例	备注说明
直接排放	收费站运营单位自有车辆燃料消耗	燃油公务车、巡逻车、工程抢险车、管理用车等	汽油、柴油	用于站务管理、设备巡检、应急抢修的车辆	包括站区内行驶及外出公务活动
	外包服务车辆燃料消耗（若由收费站运营单位支付燃料费或承担排放责任）	外包清障车、外包道路养护车辆、外包安保巡逻车等在收费站特定区域或为收费站提供服务的车辆		在收费站广场、匝道、连接线等区域进行清障、保洁、安保等活动的车辆	需明确外包服务合同中关于燃料消耗/排放的责任归属。若由运营单位支付油费或明确承担排放责任，则应纳入核算。
	应急发电机燃料消耗	备用柴油发电机	柴油	用于在主电源故障时为收费系统、照明、关键设备供电的发电机	按实际运行时间/发电量/油耗核算
间接排放	站区设施用电	收费系统设备、照明系统、通风/空调系统、监控系统、通信系统、办公设备、生活设施（食堂、宿舍等）、水泵等	电力	收费岛/亭设备（工控机、费显、栏杆机、车牌识别、ETC 设备）、站房照明、广场高杆灯/路灯、空调/新风机组、监控室设备、办公电脑打印机、食堂冰箱/灶具、宿舍电器、污水处理设备等	核算范围覆盖整个收费站管理区域（收费广场、收费岛、站房、附属设施等）
	购入热力消耗	供暖锅炉（非自有）或区域集中供热	热力	冬季站房、收费亭供暖	若采用集中供热，核算热力消耗对应的排放

附 录 A

（资料性）

收费站智慧化评价

A.2 碳排放管理

A.2.1 收费系统应接入数字化低碳管理系统，实现以下智能控制：

（1）动态能效管理：通过 AI 算法分析车流量峰值，自动调节车道工控机、费额显示器等设备的待机/运行模式，降低非高峰时段能耗（如夜间设备功率降低30%）。

（2）碳排数据联动：集成车牌识别设备与碳积分系统，对新能源车辆自动记录绿电充电量抵扣碳排（数据同步至数字驾驶舱）。

A.2.2 监控系统与低碳收费站数字驾驶舱联动，实现：

（1）环境感知与节能联动：通过视频分析技术识别收费广场人员密度，自动调节照明亮度（如无人时段亮度降至30%）；结合温湿度传感器数据，动态优化通风系统启停策略。

（2）碳排异常预警：对监控设备集群（如摄像头、交换机）设置能耗阈值，当实时功耗超过基线15%时，自动触发数字驾驶舱预警，并生成节能优化建议（如替换高功耗交换机）。

A.2.3 通信系统需部署智能能耗模块，实现：

（1）网络设备能效优化：通过SDN（软件定义网络）技术动态调整交换机端口速率，对空闲链路实施休眠，降低待机功耗。

（2）碳足迹追踪：统计通信设备全生命周期碳排放（含制造、运输、运维），纳入数字化低碳管理系统档案，为设备更新决策提供数据支撑（如优先替换碳足迹高的老旧路由器）。

A.2.4 供电系统应构建光储充智能微电网，并接入数字驾驶舱实现：多能协同控制以及应急场景低碳化。

A.2.5 辅助设施与机电系统中，机电系统需部署物联网监测终端，从而实现：

（1）设备健康管理：通过振动传感器、温度传感器实时监测水泵、风机等设备运行状态，提前预警故障（如轴承温度超过阈值时自动报警），减少非计划停机导致的能耗浪费。

（2）碳绩效评估：在数字驾驶舱中建立“设备碳效比”指标（单位能耗对应的碳减排量），对低效设备（如能效等级低于二级的空调机组）自动生成更换建议。

A.3 低碳收费站智慧化管理系统

A.3.1 数据集成与分析

统一接入收费、监控、供电等系统的能耗与碳排数据，实现“秒级采集、分钟级分析”。运用大数据算法生成《收费站碳效日报/月报》，对比分析实际值与基准值（如设计能耗指标、行业平均碳强度），自动识别超耗环节。

A.3.2 智能决策支持

数字驾驶舱提供“态势研判-事件分析-仿真推演”全流程功能，例如：当某时段碳强度突增时，自动追溯至具体设备（如某车道工控机异常耗电），并推送维修工单至运维人员。

A.3.3 低碳宣传与交互

在收费站服务大厅设置智慧化低碳展示屏，实时公示碳排放量、碳减排量、绿电使用比例等数据，引导公众参与低碳出行（如扫码查看新能源车辆充电优惠政策）。

A.4 可再生能源利用及绿色电能

A.4.1 宜将可再生能源利用及绿色电能与低碳数字化管理驾驶舱关联，定期分析检测数据并评估减碳效能。

A.4.2 定期检查低碳收费站要能耗设备，按照安全用能、经济用能、绿色用能等维度对收费站整体用能情况进行打分，并提出优化改进意见。

A.4.3 定期检查低碳收费站能耗总量、能耗强度数据，展示能效指标能耗数据，通过同比环比分析能效表现情况，对包括全年能耗总量、全年碳排总量、全年节能量等数据进行分析。

A.4.4 定期检查低碳收费站微电网内部间歇性能源与稳定性能源（如储能）联合控制策略、系统性能指标三者之间的关系，对整个微电网内部所有设备进行综合控制，实现微电网的最优状态运行。

附录 B

(资料性)

案例报告

1. 评价对象与分级

1.1 湖北省黄石新港收费站隶属于蕲嘉高速棋盘洲长江公路大桥段，以整个收费站含收费广场和办公生活区为评价对象。

1.2 湖北黄石新港收费站为典型的亚热带大陆性季风气候；年平均气温 $17^{\circ}\text{C} \geq 15^{\circ}\text{C}$ 。最冷月均温 $3.9^{\circ}\text{C} \geq 0^{\circ}\text{C}$ 。因此属于 A 类收费站。查询得出黄石新港的代表年倾斜面太阳辐射量为 $1215\text{kWh}/\text{m}^2$ ，属于太阳能资源丰富的地区，具有中可再生能源潜力因此属于 A2 类收费站。

2. 得分计算

2.1 基础设施，得分细则如下：

2.1.1 建筑满足国家或地方法律法规及标准的要求。得 15 分。

2.1.2 黄石新港收费站目前的绿地面积约 43680m^2 ，总占地面积约为 70000m^2 ，因此绿地率： $GAP = \frac{S_{\text{绿地}}}{S_{\text{用地}}} \times 100\% = \frac{43680}{70000} \approx 62.4\%$ ，得 20 分。

2.1.3 建筑材料选用高性能、高耐久性和本地建材，建筑结构采用砌体结构，资源消耗和环境影响小。得 10 分。

2.1.4 收费站场区内道路照明的庭院灯改造为太阳能路灯，综合楼、宿舍楼内公共走道、楼梯间的照明灯具由传统的手动控制开关改造为声、光控照明智能控制开关，节约照明用电。得 15 分。

2.1.5 照明调光控制器集数据采集、分析处理、远程控制等功能于一体，采集和存储信息包括亮度、车流量、设备运行状态等参数，通过设定的智能控制策略程序及数据模型，完成对照明等设备的自主控制。得 15 分。

2.1.6 配套设施中已更新明令禁止生产、使用的能耗高、效率低的设备，得 10 分；部分专用设备符合产业准入法规，可以降低能源和资源消耗，得 6 分；通用设备或其系统的实际运行效率或主要运行参数符合该设备经济运行的要求，得 5 分。

2.2 能源和资源的利用，得分细则如下：

2.2.1 本收费站能源和资源的利用主要是建设太阳能光伏系统实现自产自足，余电上网。

2.3 能源和碳智能信息化管理系统，得分细则如下：

2.3.1 已建立能源和碳智能信息化管理系统，可以对数据进行 5 年以上存档。得 20 分。

2.3.2 能够通过信息化管理系统的数据库实现数字化碳排管理，数据上传频率有待优化。得 50 分。

2.3.3 系统并未完全投入使用，因此数据是否完整、准确且可靠，是否能够识别并修正常见的数据错误，如设备调试、故障及通讯问题有待考察。得 0 分。

2.4 温室气体减排措施，得分细则如下：

2.4.1 绿色电力消费量占总电耗比重： $R_g = \frac{E_b + E_f}{E_n} \times 100\% = \frac{2537480}{592800} \times 100\% \approx 428\%$ ，得 30 分。

2.4.2 生活垃圾/废水分类收集率： $L = \frac{L_1}{L_2} \times 100\% = \frac{7.2}{11} \approx 65\%$ ，得 10 分。

2.4.3 新能源汽车占总车辆数量比重： $N = \frac{N_1}{N_2} \times 100\% = \frac{30545}{508848} \times 100\% \approx 6\%$ ，得 10 分。

2.4.4 碳减排率： $R_j = \frac{R_1 + R_2}{E} \times 100\% = \frac{1991.92}{483.96} \times 100\% = 4.1$

2.4.5 单位收费车辆碳排放率： $R_c = \frac{E}{C} \times 100\% = \frac{483960}{508848} = 95\%$

3. 评价指标得分表

表B.1 低碳收费站评价指标表

序号	一级指标	二级指标	三级指标	评价分数	权重	评分	得分
1	基础设施	建筑	满足国家或地方法律法规及标准的要求	15	20%	15	3
			绿地率	20		20	4
			建筑材料选用高性能、高耐久性和本地建材，建筑结构采用钢结构、砌体结构和木结构等资源消耗和环境影响小的建筑结构体系。	10		10	2
		照明	采光照明系统设备及材料配件采购考虑符合碳中和或节能环保要求。	15		15	3
			室内外照明宜根据收费站功能分区和照明需求进行智能化节能控制。	15		15	3
		配套设施	已明令禁止生产、使用的能耗高、效率低的设备应限期淘汰更新。	10		10	2
			采用先进生产工艺，专用设备应符合产业准入法规，降低能源和资源消耗。	10		10	2
			设备应采用效率高、能耗低的产品。通用设备或其系统的实际运行效率或主要运行参数应符合该设备经济运行的要求。	5		5	1
2	能源和资源的利用	能源和资源利用	新能源的利用	90	30%	90	27
			收费站采取分区、分功能计算碳减排量	10		10	3
3	温室气体减排措施	节能技术和措施	绿色电力消费量占总电耗比重	30	35%	30	10.5
			生活垃圾/废水分类收集率	20		10	3.5

			新能源汽车占总车辆数量比重	10		10	3.5
		碳排放核算	计算碳减排率	20		20	7
			单位收费车辆碳排放	20		10	3.5
4	碳配额	实现碳抵消	在自主减排的基础上，无需抵消或100%抵消，抵消不足100%，按实际抵消占比递减扣分。	100	10%	100	10
5	能源和碳智能信息化管理系统	建立能源与碳智能信息化管理系统	建立能源和碳排放智能信息化管理系统，对原始数据至少存档保存5年。	20	5%	20	1
			信息化管理系统的数据收集实现数字化碳排管理，最低数据上传频率为一日一送。	60		50	2.5
			数据需要完整、准确且可靠，识别并修正常见的数据错误，如设备调试、故障及通讯问题。	20		0	0
总计				100	100%		91.5

综上得分，黄石新港收费站属于 A2 类收费站，达五星标准，满足低碳要求，属于优秀低碳收费站示范区。

参 考 文 献

《零碳智慧收费站技术白皮书》

《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南》

《收费站级机电运维手册》

《中国可再生能源资源调查评价报告》

公路水路典型运输和设施零碳试点工作方案（交办规划函[2023]1493号）

索 引
