

引用格式: 夏玉娟, 刘荣宽, 何源. 面向绿色转型的数字化标识可选数据载体与访问技术比较浅析[J]. 标准科学, 2025(12):123-129.

XIA Yujuan, LIU Rongkuan, HE Yuan. RA Brief Analysis of Optional Data Carriers and Access Technologies for Digital Labels Oriented toward Green Transition [J]. Standard Science, 2025(12):123-129.

面向绿色转型的数字化标识可选数据载体与访问技术比较浅析

夏玉娟^{1*} 刘荣宽² 何源¹

(1.中国标准化研究院; 2.华为技术有限公司)

摘要: 【目的】随着全球绿色转型的加速,产品标识数字化成为促进绿色消费和产业低碳转型的重要支撑。【方法】本文立足全球标识数字化发展趋势,梳理各国绿色可持续标识实践案例,对比分析二维码、RFID、NFC、星闪等典型数据载体与访问技术的核心特性及应用差异。【结果】研究发现,全球标识已形成“物理标识+数字化载体”融合发展格局,我国在能效标识二维码应用、大湾区碳足迹标识数字化平台建设等方面积累了实践基础。不同技术适配场景存在显著差异,二维码凭借低成本、高普及率优势主导通用产品场景,RFID/NFC依托动态更新与高安全性适配工业监管、供应链追溯及高价值产品防伪溯源等场景,星闪技术以大容量存储、低时延特性满足智能制造装备等工业物联网全生命周期数据管理需求。【结论】研究认为,应通过构建分层分类技术适配体系、推进数据载体标准化建设、强化数据载体动态交互能力、平衡技术创新与应用便捷性,助力绿色可持续类标识数字化高效升级。

关键词: 数字化标识; 绿色标识; 数据载体与访问技术

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.12.017

A Brief Analysis of Optional Data Carriers and Access Technologies for Digital Labels Oriented toward Green Transition

XIA Yujuan^{1*} LIU Rongkuan² HE Yuan¹

(1. China National Institute of Standardization; 2. Huawei Technologies Co., Ltd.)

Abstract: [Objective] With the accelerated global green transition, the digitalization of product labels has become a crucial pillar for promoting green consumption and low-carbon industrial transformation. [Methods] Based on the global development trend of label digitalization, this paper analyzes practical cases of green and sustainable labels from various countries, and conducts a comparative analysis of the core characteristics and application differences of typical data carriers and access technologies such as two-dimensional codes, RFID, NFC, and NearLink. [Results] The research finds that an integrated development pattern of “physical labels + digital carriers” has taken shape globally, and China has accumulated practical experience in the application of two-dimensional codes on energy efficiency labels and the construction of the

基金项目: 本文受国家市场监督管理总局重点实验室(能效水效及绿色化)开放基金“欧盟可持续产品倡议(SPI)对中国的
影响及本土化数字产品护照实现路径研究项目”(项目编号: 2023SYSKF01002)资助。

作者简介: 夏玉娟, 通信作者, 博士, 副研究员, 研究方向为节能减排标准化。

刘荣宽, 博士, 高级工程师, 研究方向为信息通信技术标准化。

何源, 博士, 助理研究员, 研究方向为节能减排标准化。

digital carbon footprint label certification public service platform in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. Significant differences exist in the applicable scenarios of different technologies: two-dimensional codes dominate general product scenarios by virtue of their low cost and high popularity. RFID/NFC are suitable for industrial supervision, supply chain traceability, and anti-counterfeiting traceability of high-value products due to their dynamic update capability and high security. NearLink technology meets the full-lifecycle data management needs of industrial Internet of Things (IoT) such as intelligent manufacturing equipment with its large-capacity storage and low-latency characteristics. [Conclusion] The research concludes that China should promote the efficient digital upgrading of green and sustainable labels by establishing a hierarchical and classified technology adaptation framework, advancing the standardization of data carriers, enhancing the dynamic interaction capability of data carriers, and balancing technological innovation with application convenience.

Keywords: digital label; green label; data carrier and access technologies

0 引言

随着全球绿色转型加速推进,产品信息的透明化、可追溯已成为赋能绿色消费、驱动产业低碳升级的核心支撑。我国能效标识制度实施二十年来,凭借其广泛的覆盖范围、庞大的市场适配规模及显著的节能成效,已跻身国际领先行列^[1]。与此同时,欧盟在迭代能效标识体系的基础上,创新推出数字产品护照(Digital Product Passport, DPP)机制,以推动产品可持续信息管理向全生命周期、全产业链延伸。数据载体作为信息承载的核心媒介,其技术特性与访问便捷性直接决定各类标识机制的实施效能。本文立足全球绿色可持续类标识数字化发展趋势,聚焦二维码、射频等典型数据载体与访问技术,通过对比分析其核心能力与应用差异,为未来我国绿色可持续类标识的数字化升级及相关技术选型提供参考。

1 各国绿色可持续标识信息展示趋势及引入数字化数据载体的需求

在绿色可持续类标识方面,世界上超过100个经济体已实施或正在研究出台能效标识项目,欧盟通过出台《可持续产品生态设计法规》(Ecodesign for Sustainable Products Regulation, ESPR)引入了数字产品护照。尽管全球能效标识体系呈现不同的设计理念和实施路径,但数字化

标签、区块链溯源、AI能效分析等新技术已在相关领域落地应用,未来有望进一步赋能全球绿色可持续标识体系,通过更完善的数据自动分析、查询核验功能和更丰富的信息展示功能,更好地服务供应链管理、消费者查询、监管核验等多场景需求。本章以能效标识为例,选取美国、欧盟等发达国家及能效标识样式发展最为活跃的东盟地区,分析各国标识信息展示趋势和引入数字化数据载体的需求^[1-4]。

1.1 典型发达国家能效标识信息展示项目

欧盟、美国和澳大利亚能效标识样式近年来未有大的变化,网站展示信息项目逐渐丰富。对于具体型号产品,美国能源之星网站主要为消费者提供产品概述、效率、尺寸、核心功能/性能、市场和型号等6类信息,消费者可以下载产品信息页。美国Energy Guide能效标签仍采用传统样式,包含3类主要信息:估计年度能源费用、产品的年度能耗(由DOE测试程序确定)和一个对应最高及最低能源成本范围的比较标尺。

欧盟能效标识备案系统EPREL(European Product Registry for Energy Labelling)提供3类核心产品信息,包括产品详细规格信息、产品上市时间、供应商信息。以洗衣机产品为例,其公开的产品信息具体包括:产品型号、品牌、尺寸规格、类型、能效指数、清洗性能指数、漂洗性能指数、单次循环的能耗和水耗、额定洗涤温度、半载、全载和1/4负载下脱水转速和运行时间、噪声、待机能

耗/关机能耗及保质期。

澳大利亚Energy rating网站的消费者信息页面不仅能够指导消费者解读标识信息,同时提供了energy rating计算器、采购指南及节能妙招等内容。Energy rating为产业提供的功能包括:标准要求、注册指南、产品注册系统、合规要求、政策动向等。

1.2 东盟国家能效标识样式变化趋势

近年来,东盟国家能效标识样式展现了一些新的发展趋势^[2],以房间空调为例进行说明。泰国能效标识引入了年电费估算值和CO₂年减排量(kgCO₂/年,对比最低性能标准MEPS基准值进行计算)、二维码(让消费者获取使用、安装和维护信息)、环保认证信息。马来西亚能效标识引入了高效产品节能量信息、二维码(供消费者查询安全认证等信息)。菲律宾能效标识引入了月能耗、制冷剂类型和相应全球变暖潜势值(GWP)、二维码(访问温室气体排放量等更多信息)。

1.3 各国能效标识信息展示趋势和需求

对于能效标识本体来说,展示内容除了产品型号、能效等级、核心能效指标等基本信息外,开始试点展示更多销售、使用以及品质、绿色低碳信息。为破除能效标识物理空间限制,进一步拓展信息展示功能,欧盟、泰国、马来西亚等越来越多的地区/国家开始为能效标识加施二维码,将各类信息集成在数字化数据载体上,从而为消费者提供产品全方位信息,帮助消费者选择满足其特定需求的成本效益最优的产品。相关信息包括但不限于技术规格(如尺寸、容积)、性能参数(如噪声)、销售使用信息(如安装维护、售后保证、电子说明书)、绿色低碳信息(如年/月能耗、制冷剂、碳排放、碳减排量)、产品认证信息(如安全认证、环保认证)等。

2 各国绿色可持续标识引入数字化数据载体的具体实践

以我国能效标识和欧盟数字产品护照为例,

分析比较2个国家和地区在引入数字化数据载体方面的实践经验。

2.1 中国能效标识及碳足迹标识数字化实践

为加强节能管理,推动节能技术进步,提高能源效率,我国于2004年发布《能源效率标识管理办法》。2016年,我国发布新修订后的《能源效率标识管理办法》并于6月1日起施行。为顺应新时代消费趋势,我国在国际上率先将二维码技术融入能效标识体系,为突破物理标识的信息承载限制、便利市场监管与产品比对、推动绿色消费理念落地奠定了技术基础^[3]。未来随着数字技术的普及,有望在信息项目扩容、交互体验升级等方面进一步提升。

除能效标识外,我国粤港澳大湾区构建特色化碳足迹标识认证公共服务平台,通过数字化手段实现线上核算与线下认证全流程一体化。平台遵循核算标准、模型、数据库、认证实施规则及标识证书“五统一”原则,搭载100类产品碳足迹核算模型,企业可使用基础功能进行低成本核算,且认证数据全程透明可追溯。目前,已发放600多张认证证书。用户通过扫描碳足迹标识,可实时获取产品全生命周期碳排放数据、核算标准、认证溯源信息等。

2.2 欧盟生态设计法规与数字产品护照

在欧盟可持续发展倡议下,2024年6月13日欧盟发布了《可持续产品生态设计法规》(ESPR),取代了之前的《生态设计指令》。ESPR^[4]中提出了数字产品护照(DPP)机制,用于管理进入欧盟市场的环境可持续性相关信息。DPP要求制造商或零售商为每个产品创建一个独一无二的数字化身份档案,有助于提高产品的可追溯性和透明度。DPP机制涉及的利益相关方不局限于消费者、产品供应商、监管机构,而且为了促进产品的循环利用,还涉及整个产业链中更多角色,因此对数字系统的能力要求更高,需要完善的数字化解决方案支撑。尽管其尚处于初期阶段,仍然可以根据ESPR法规对DPP的描述看出一些相对确定的轮廓。欧盟正通过欧盟标准化委员会联合工作组对DPP数字系统的关键环节进行标准化工作,包

括数据载体、数据交互、数据存储、应用编程接口 (Application Programming Interface, API) 协议、访问权限管理、数据鉴权等。到目前为止, DPP数字系统系列标准尚未发布。

3 绿色可持续标识中可选的数据载体与访问技术

数字技术在推动全球经济绿色转型中扮演着关键角色。通过物联网、大数据、云计算等技术, 可以有效地提升能源利用效率, 优化资源配置, 降低生产和运营成本。同时, 数字技术还能促进信息的透明化和共享, 为绿色产品和服务的创新提供支持, 从而加速实现碳中和目标。具体到绿色可持续标识场景, 更高效访问更多信息是未来的发展趋势, 也是各类标识机制进一步提升数字化程度需要考虑的基本问题。针对目前较为成熟的几类数据载体与访问技术进行如下比对分析。

3.1 二维码数据载体

二维码是各类标识中常见的数据载体形式, 可以通过点、方块、六边形或矩形在水平和垂直2个维度上的排列组合进行信息编码并存储数据。

快速响应码 (Quick Response Code, QR code) 是由国际标准ISO/IEC 18004:2024进行规范的一种二维码^[5], 可以存储文本、统一资源定位符 (Uniform Resource Locator, URL) 链接、数据等。消费者或用户可以通过手机或相机扫描QR码快速访问信息。QR码因其多功能、快速可读、纠错编码等能力在市场营销、支付、物流等领域中被广泛应用。当前中欧能效标识中采用的数据载体形式是QR码。

数据矩阵码 (Data Matrix, DM) 是由ISO/IEC 16022:2024进行规范的一种紧凑型二维码^[6], 通过黑白单元格以正方形或矩形排列, 可以存储文本、数字或二进制数据, 对于编码少量信息非常高效。DM码具有较强的纠错能力, 适合标记小型物品如医疗设备、电子产品等。

在产品标识应用场景中二维码数据载体的选

用需要综合考虑数据容量大小、市场的接受程度、识读设备的支持程度、支持纠错的能力等。二维码数据载体本身承载的信息是相对固定的, 并且受限于对应字符集条件下的容量, 因此可以存储产品特征相关的固有信息, 例如产品身份信息等。为了扩展二维码静态信息存储的局限, 可以将产品附加信息的链接作为编码信息, 通过手机等识读设备跳转到官方指定的地址提供额外信息。基于互联网地址与解析是一种常见的形式, 此外, 基于物联网的标识与解析技术也在持续发展^[7-8], 可以作为技术路径的候选方案之一。

3.2 射频数据载体

射频数据载体 (Radio Frequency Data Carrier) 是各类标识中另一类常见的数据载体形式, 可以通过芯片提供数据存储能力, 并且以无线通信技术访问数据获取信息。标识应用场景中与射频数据载体相关的通常是短距无线通信技术。短距无线通信具有高传输速率、低成本、低功耗及灵活便携等特性, 在日常生活中被广泛应用于电子支付、电子门禁、电子钥匙等场景中。本节主要介绍3种短距无线通信及射频载体技术, 包括射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID) 技术、近场通信 (Near Field Communication, NFC) 技术及星闪 (NearLink) 技术。

RFID是一种工作在特定频率、利用无线读写器与附着在物品上的标签之间的电磁场耦合来识别和跟踪物体的无线技术。根据标签的形式可以分为无源RFID技术和有源RFID技术。RFID技术被广泛应用于产品识别、票务系统、资产管理等方面。RFID技术可以实现同时读取多个标签。RFID技术根据工作频点的不同主要由ISO/IEC 14443系列、ISO/IEC 15693系列等标准进行规范。

NFC是一种设备间短距离交互数据的无线通信技术, 通常工作范围在5 cm以内。NFC是为了近距离安全交互而设计的, 支持读/写、卡模拟、点对点通信3种工作模式。NFC技术的空口协议主要由ISO/IEC 18092:2023和ISO/IEC 21481:2021国际标准进行规范^[9-10]。

星闪是集数据采集、传输、定位等功能于一体的新短距无线通信技术,通过创新的标准设计满足多场景的低时延、高可靠、精同步、多并发的技术需求。星闪具备基础接入模式(SparkLink Basic, SLB)和低功耗接入模式(SparkLink Low Energy, SLE)^[11],可以覆盖多种场景的大数据量的传输速度要求。

RFID、NFC、星闪技术中都具有各自的数据编码、空口传输协议和标准。值得注意的是各种短距通信技术都有更广泛的应用场景,而且仍在持续发展中。

3.3 各类数据载体特性对比

各类二维码数据载体和射频数据载体的部分典型特性的比对情况见表1所示。

对于二维码数据载体而言,信息承载容量通常与物理实体尺寸等因素相关,而射频数据载体的信息承载容量通常取决于支持相应射频传输协议的芯片存储容量,且会随着不同应用场景对数据量的存储和交互需求的提高而增加。静态数据存储是数据载体技术的基本能力。此外,考虑到数据访问的频率与实时性需求,以及特定场景中对物联网设备数据采集的支撑需求,动态数据访问对数据载体提出更高要求,进而倒逼其在读写速率、数据同步效率、稳定性等方面持续优化。

不同于二维码数据载体,射频数据载体通常涉及对芯片及相关集成电路的供电考量。在被动访问为主的应用场景中,射频数据载体可采用无

源激励方式,保障与访问设备之间的信息交互;而对于信息传输距离有特定要求的场景,则可通过微型电池实现有源供电,并且结合低功耗无线传输技术延长其工作时长。不同的应用场景中用户的识读习惯存在差异,当前手机扫码、接触式访问及非接触式的短距通信访问方式均已得到广泛应用。从标识机制的信息承载演进趋势来看,数据载体和访问技术将持续向信息密度更高、存储容量更大、访问更便捷的方向发展。

4 数据载体与访问技术的适配场景及发展建议

4.1 适配场景分析

不同数据载体与访问技术的核心特性(如成本、存储容量、访问方式、安全性、动态更新能力等)存在差异,决定了其在绿色可持续标识中的应用边界。绿色可持续标识的信息传输需求(如数据量大小、更新频率、查询便捷性)与应用场景的实际诉求(如成本控制、监管效率、消费者体验、全生命周期追溯)存在多元化特征,各类标识机制的设计者需基于技术特性—场景需求的匹配度进行合理选型。

二维码(QR码、DM码等)作为应用广泛的低成本数据载体,具有制作流程简单、印刷成本可控、易读性强、消费级终端设备普及率高、市场接受度广等优点,适用于面向普通消费者和终端用

表1 产品标识场景下数据载体的部分典型特性对比

数据载体	DM码	QR码	RFID	NFC	星闪
标准	ISO/IEC 16022	ISO/IEC 18004	ISO/IEC 14443系列 ISO/IEC 15693系列	ISO/IEC 18092 ISO/IEC 21481	SparkLink 1.0
Byte容量	1555	1852~4296	16~8K	32~16K	512K~1M
数据类别	静态	静态	静态	静态、动态	静态、动态
供电方式	无	无	无源或有源	无源或有源	无源或有源
识读距离	10~20 cm	10~20 cm	可达10 cm	5 cm以内	可达米级

户的通用产品绿色类标识场景,如家电、照明灯具、办公设备、日用消费品等大宗品类。二维码可承载能效等级、产品说明书、低碳环保认证等静态信息,满足消费者对产品绿色属性的基础信息查询需求,同时降低企业各类绿色属性信息的标示成本,因此在民用绿色可持续标识中应用最为广泛。

RFID与NFC技术支持近距离非接触式数据访问,具备动态数据更新能力,其核心优势在于信息交互的安全性、实时性与便捷性,适配对数据追溯精度、动态管理效率有明确要求的绿色标识场景,在工业产品、供应链管理中应用优势突出。从技术细分适配性来看,RFID技术适用于需要频繁核验信息的监管场景与供应链追溯场景,如绿色工业原材料流转管理等。NFC技术以交互距离近(通常 $\leq 5\text{ cm}$)、安全性高(支持加密通信)、操作便捷(触碰式访问)为核心亮点,适合高价值绿色产品的防伪溯源等场景。

星闪技术(SparkLink)作为新兴的短距无线通信技术,凭借其大容量存储、米级识读距离和低时延特性,适用于对数据传输速率和交互距离有较高要求的工业级应用场景,如新能源汽车、大型机械设备、智能制造装备、工业环保设备等。在绿色可持续标识应用中,该技术可支撑产品全生命周期绿色数据的动态管理,涵盖实时能耗监测数据、碳排放量动态核算、环保材料溯源信息、设备节能运行参数等内容;同时可实现物联网设备间的互联协同(如工业传感器与绿色标识数据终端的实时数据交互),为高端工业绿色产品标识的数字化升级与智能化管控提供解决方案。

4.2 发展建议

在全球数字化技术演进与我国绿色发展需求的双重驱动下,针对各类绿色可持续标识机制的发展需求,提出以下建议。

(1) 构建分层分类的技术适配体系。立足产品类型(如民用消费级、工业级、高价值精密级等)与应用场景差异,明确二维码、RFID、NFC、星闪等技术的适用范围与应用路线。通过体系化

规范,确保每种技术在其特定场景中得到最佳应用,从而提升绿色可持续标识的效能和实用性。

(2) 强化数据载体的标准化建设。当前,各类数据载体技术和访问方式存在较大差异,数据格式、编码规则和接口协议的统一问题亟待解决。建议加快推进绿色可持续标识数字化标准体系建设。统一不同技术间的数据格式与编码规范,明确能效能耗、碳足迹、环保认证信息等关键数据源定义;规范数据载体与设备、后端管理平台的接口协议,保障跨技术、跨平台数据交互顺畅;衔接欧盟数字产品护照等技术框架,推动我国标准与国际接轨,降低跨境合规成本;建立标准动态更新机制,适配技术演进与政策调整需求。

(3) 拓展数据载体的动态交互能力,未来的绿色可持续标识机制不仅仅是静态的信息展示平台,更应支持动态数据更新和实时交互。为此,应积极强化数据载体对产品全生命周期绿色属性数据(如能效能耗、碳排放量、环保材料溯源等)的集成与更新能力;融合数字技术实现标识与用户、设备的智能交互,为消费者提供绿色使用建议,为监管部门提供数据自动核验功能;采用加密通信、区块链等技术保障动态数据的安全性与不可篡改性,提升绿色标识的精准度与可信度。

(4) 兼顾技术创新与应用便捷性。在推进新技术应用的同时,平衡应用便捷性与用户接受度。保持二维码等成熟技术的广泛应用与兼容性,并逐步将更为复杂和先进的技术(如RFID、NFC、星闪等)引入到特定的细分场景中。此外,通过提供灵活的技术选型与替代方案,降低企业的改造成本,促进新技术的快速落地与推广。

5 结语

本文围绕绿色可持续标识的数字化升级需求,梳理了全球标识信息展示趋势、数字化数据载体实践案例,对比分析了二维码与射频类(RFID、NFC、星闪)数据载体的技术特性,并提出适配场景与发展建议。主要发现如下。

(1) 全球绿色可持续标识已呈现“物理标识+数字化载体”融合发展趋势,信息展示从基础能效指标向全生命周期绿色数据(如碳足迹、制冷剂GWP值、环保认证等)延伸,二维码成为当前主流数字化载体,欧盟数字产品护照(DPP)则推动标识向全产业链数据互通、动态管理方向演进。

(2) 我国在能效标识二维码应用、大湾区碳足迹标识数字化平台建设等方面已形成实践基础,欧盟DPP通过标准化推进数据载体、接口协议等关键环节规范,相关实践为全球标识数字化提供了“民用场景普及”与“工业场景升级”两种典型路径。

(3) 不同数据载体技术各有适配边界:二维码以低成本、高普及率优势主导民用消费级标识场景;RFID/NFC凭借动态更新、高安全性适配工业监管与高价值产品溯源;星闪技术则以大容量、

低时延特性满足工业物联网场景全生命周期数据管理需求,技术选型需基于“产品类型—场景需求—核心指标”三维匹配原则。

(4) 我国绿色可持续类标识数字化升级可从4个方面推进:构建分层分类技术适配体系,实现场景精准匹配;推进数据格式、接口协议标准化,打通跨技术互通壁垒;强化数据载体动态交互与安全保障能力;平衡技术创新与应用便捷性,降低企业转型成本。

未来,随着数字技术与绿色低碳政策的深度融合,数据载体将向高信息密度、高安全性、智能化方向迭代。未来我国应加快多元化数据载体技术和应用实践和范式总结,推动标准化建设与国际互认,不断提升我国绿色可持续类标识应用效能,同时推动全球绿色可持续类标识技术体系的协同发展。

参考文献

- [1] 夏玉娟,李鹏程,彭妍妍,等.中美能效标识制度发展趋势简介和优缺点比较[J].标准科学,2018(6):40-44.
- [2] 杨洁,陈彦如,成建宏,等.中国—东盟房间空调器能效表征方法比对和发展趋势分析[J/OL].制冷学报,1-10[2025-11-30].<https://link.cnki.net/urlid/11.2182.TB.20250207.1257.002>.
- [3] 夏玉娟,林翎,彭妍妍,等.能效标准标识2023进展报告[M].北京:中国标准出版社,2024.
- [4] European Union. Establishing a Framework for the Setting of Ecodesign Requirements for Sustainable Products[J]. Official Journal of the European Union, 2024(L series):39-44.
- [5] Information Technology – Automatic Identification and Data Capture Techniques – QR Code Bar Code Symbology Specification: ISO/IEC 18004:2024 [S].
- [6] Information Technology – Automatic Identification and Data Capture Techniques – Data Matrix Bar Code Symbology Specification:ISO/IEC 16022:2024 [S].
- [7] 申鑫鑫.基于标识解析的家电产品碳足迹研究及应用[D].重庆:重庆大学,2025.
- [8] 姜良润.基于工业互联网标识解析的产品碳足迹核算方法与应用研究[D].成都:电子科技大学,2025.
- [9] Information Technology – Telecommunications and Information Exchange between Systems – Near Field Communication Interface and Protocol 1 (NFCIP-1):ISO/IEC 18092:2023 [S].
- [10] Information Technology – Telecommunications and Information Exchange between Systems – Near Field Communication Interface and Protocol 2 (NFCIP-2):ISO/IEC 21481:2021 [S].
- [11] 星闪无线通信系统 架构:T/XS 00001-2022 [S].