

城市能源战略发展指标评价体系研究

李顺昕¹, 高峰², 张靖², 张绚², 赵敏¹, 岳云力¹

(1. 国网冀北电力有限公司经济技术研究院, 北京 100038; 2. 清华大学能源互联网创新研究院, 北京 100085)

摘要: 本文针对城市能源战略发展指标, 提出了指标设计的六大原则, 构建了城市能源战略发展评价的二级指标体系以及相应的计算模型和方法, 及时纳入能源新革命、新技术、新业态、新商业模式, 涵盖了能源供给、能源消费、电能替代、能效提升、系统灵活、绿色低碳、创新发展、产业发展、安全可靠、经济效益、能源体制共十一个方面。该指标体系适合我国城市能源战略发展决策, 笔者以张家口市为例进行了应用验证, 对张家口市 2017 年现状进行了评价、对 2020 年以及 2030 年的能源战略发展进行了预测, 指出该市具有较强基础、较大发展潜力以及亟待技术突破的领域, 提出了城市能源发展目标和城市能源战略发展建议, 为城市能源发展提供了指导方向。

关键词: 城市发展; 能源战略; 指标评价

中图分类号: TK01 **文献标识码:** A

Study on Urban Energy Strategy Development Index Evaluation System

Li Shunxin¹, Gao Feng², Zhang Jing², Zhang Xuan², Zhao Min¹, Yue Yunli¹

(1. Economic Research Institute, State Grid Jibei Electric Power Company Limited, Beijing 100038, China;
2. Energy Internet Research Institute, Tsinghua University, Beijing 100085, China)

Abstract: According to the urban energy strategy development indexes, this paper puts forward six principles for index design, and constructs a two-grade index system for development evaluation of the urban energy strategy, and corresponding calculation models and methods. The two-grade index system introduces new revolution, new technologies, new formats and new business models into the energy system, and covers eleven aspects: energy supply, energy consumption, electric power replacement, efficiency promotion, system flexibility, green and low carbon, innovation and development, industry development, safety and reliability, economic benefits, and energy system. This index system adapts to decisions on development of the urban energy strategy in China. For the evaluation and prediction of energy strategy in 2017, 2020 and 2030, this index system is applied to Zhangjiakou as an example for verification. This paper points out that Zhangjiakou has a strong resource foundation, a great development potential and also important fields in need of technological breakthroughs, proposes energy development goals and strategic development advices, and provides guidance for future urban energy development.

Keywords: urban development; energy strategy; index evaluation

收稿日期: 2018-06-10; 修回日期: 2018-06-20

通讯作者: 高峰, 清华大学能源互联网创新研究院, 高级工程师, 副院长, 主要从事能源战略研究; E-mail: fgao@tsinghua.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“我国能源技术革命的技术方向和体系战略研究”(2015-ZD-09); 国网冀北电力有限公司管理科技项目“张家口地区能源战略发展体系研究”(52018F17001S)

本刊网址: www.enginsci.cn

一、前言

能源是人类生存和发展的重要基石，是社会经济运行动力和基础。随着化石能源的逐渐枯竭与能源消费引起的环境问题不断加重，未来人类发展与传统能源结构不可持续的矛盾日益凸显。推动可再生能源利用，加快能源结构转型，实现能源高效、清洁供应，保护生态环境，已在国际社会达成共识。“以深度融合可再生能源与互联网信息技术为特征的能源互联网的提出，将是实现能源清洁低碳替代和高效可持续发展的关键所在” [1]。《国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》中提出“将推进能源与信息等领域新技术深度融合，统筹能源与通信、交通等基础设施网络，建设‘源-网-荷-储’协调发展、集成互补的能源互联网”。2016年7月26日，国家能源局发布了《国家能源局关于组织实施“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目的通知》，通过开展不同类型、不同规模的能源互联网试点示范，促进能源互联网健康发展，推进能源领域结构性改革。能源互联网已成为国内外各界关注的焦点。

进入21世纪以来，能源技术在政治、经济、文化等各个领域不断渗透和推陈出新，正深刻改变着人类社会的运作方式和创新模式，驱动能源系统和社会经济快速实现转型升级。我国社会的主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。在能源不断发展演化的过程中，科学评价能源战略发展水平，并进一步总结发展经验、提出发展策略，是世界各国的政府部门、行业组织普遍关注的重要课题。能源战略发展指标评价对践行能源革命具有指导意义，对能源政策制定具有参考价值。

在国际上，德国于2008年提出“E-Energy”计划，力图打造新型能源网络，在整个能源供应体系中实现数字化互联及计算机控制和监测。另外，德国政府在《德国2020高技术战略》[2]中提出了“工业4.0”的发展战略。瑞士联邦理工学院致力于研究应用于智慧能源的能量集线器（energy hub）概念模型，采集并整合了实时负荷预测与实时监测的分布式电源、配电网潮流数据，对各发电侧及受控负荷侧进行优化控制。美国国家科学基金会在北卡

罗莱纳州立大学的FREEDM系统创新平台致力于将电力电子技术和信息技术引入电力系统，效仿通信网络中路由器的概念，提出了能源路由器的概念并实施了初步开发。美国国家可再生能源实验室一直从事智慧能源的研究，将可再生能源接入作为最重要目标，认为未来的能源网络是“电力，热/冷，燃料+数据”的形式。德国国际合作机构（GIZ）和国家可再生能源中心共同发布了中德新能源示范城市能源规划，致力于实现甘肃省敦煌市的零排放目标。埃森哲公司发布了《2015年全球能源架构绩效指数报告》[3]以确定当前国家能源系统的绩效基准，并在全球能源格局不断变化的背景下为决策提供信息。

二、城市能源战略发展

为了确保生态环境根本好转，美丽中国目标基本实现，未来的城市能源战略要向能源互联网方向转型。能源互联网是一种互联网理念，技术与能源生产、传输、存储、消费以及能源市场深度融合的新型生态化能源系统。能源互联网是构建智慧城市的重要元素，它利用能源技术、信息技术等各种先进技术以及智能化手段，提高能源的优化利用效率，促进生态文明建设，实现智慧城市低碳、节能、高效、环保的目标，在智慧城市能源和环保体系中，发挥重要的作用 [4]。

城市能源战略发展的架构体系主要分三层：第一层是基础设施层，电、油、气、水、通信、环保、交通、热力管网等是城市运转架构体系中不可缺少的基础设施，能源及相关设施的互联互通、高效利用是智慧城市的保障。第二层是信息应用层，通过能源互联网对能源信息采集分析和控制，分析城市的能源现状、用能特性和用能预测等，结合各种能源使用情况，最大化利用新能源和可再生能源。分析并评估用能设备能效情况，提供用能建议引导低碳环保的生活方式，采集分析电动汽车的用能信息，识别重点排放源，采集监控城市环境质量数据，对环境风险进行预警，并对关键问题给出解决方案。第三层是决策交易层，利用能源互联网中能源、交通、环境的信息，对能源结构、生态环境、市政和居民生活特点进行分析，对城市决策提供支持。同

时,进行价值挖掘,创新的商业模式能源运营,用互联网的思维来改变整个能源产业链。

在指标评价领域,华北电力大学新能源电力系统国家实验室构建了基于层次分析法的配电网能效指标体系 [5],采用层次分析法确定各单项指标权重,结合单项指标状态值,获得被评估配电网综合能效分值,找出配电网能效薄弱环节。中国石油大学石油天然气工程学院基于双重结构的能源利用效率新指标分析提出,应当降低煤炭结构,提高清洁能源比例,控制第二产业粗放型发展,提高其能源使用效率,加大第三产业比例 [6]。江苏省智能电网技术与装备重点实验室进行了基于电力系统能效评估的技术节能评价及优化 [7]。华南理工大学利用天然气分布式冷热电联供 (DES/CCHP) 系统和区域能源利用效率计算方法及影响因素分析,提出了区域的能效评价指标及计算方法 [8]。

清华大学能源互联网创新研究院构建的城市能源战略发展指标评价体系,结合国内外城市能源转型发展实践,力求从多层面、多视角反映我国能源战略发展的真实水平,建立了城市能源战略发展指标评价体系,为制定科学合理的能源政策奠定坚实的基础。及时纳入能源新革命、新技术、新业态、新商业模式,设计了能源供给、能源消费、能效提升、再电气化、绿色低碳等指标,力求使指标评价体系与时俱进。城市能源系统通过多种能源协同、供给与消费协同、集中式与分布式协同,大众广泛参与,实现物质流、能量流、信息流、业务流、资金流的优化配置,促进能源系统更高质量、更有效率、更加公平、更可持续发展。本文在以往研究的基础上,从能源生产、传输、消费、存储、转换的不同环节,进一步研究和分析了城市能源战略发展指标评价体系。

三、指标体系及评价方法

(一) 指标设计原则

评价指标体系设计工作坚持导向性、系统性、可比性、科学性、可操作性、动态优化等设计原则,具体如下。

1. 导向性原则

指标体系的设计以促进能源战略发展为目标,

以国家政策方针、经济发展规律、能源清洁低碳发展需求为导向,体现国家能源战略发展的总体要求。指标体系作为一个整体系统应该能够反映城市能源战略发展的主要影响因素和特征。同时在指标要素和权重设置方面,对能源战略发展重点关注的方向进行倾斜,从而充分体现其引导性作用。

2. 系统性原则

能源发展是一个有机体系,经济社会各主体、各领域之间均存在着紧密联系,指标体系不是指标的简单堆砌,而是一个层次分明的整体,不同维度的指标处于不同层级,形成一定的秩序,同层级指标之间、指标层与指标层之间具有清晰的逻辑关系。指标体系中的单个指标能反映能源战略发展的某个侧面,而指标的综合又能反映整体情况。清华大学电机工程与应用电子技术系提出过适用于多能协同园区能效评估的能源综合利用率指标及能源互联网综合能效评估方法 [9,10]。

3. 可比性原则

可比性包括评价结果的横向对比和纵向对比。不同区域能源战略发展指数的比对,可以发现区域资源禀赋、能源系统、生态环境、技术水平、政策保障、经济发展等方面的差异。同一个地区在不同年度的指数比较,可以发现该地区能源战略发展的方向、水平和速度。清华大学建筑技术科学系构建了能量转换系数 (ecc/ECC) 指标,对一系列用能环节的能源利用效率进行对比评价 [11]。

4. 科学性原则

科学性原则主要体现在,一是指标的选择应尽量排除主观因素的影响,以定量指标为主,定性指标为辅;二是指标体系力求严谨、准确反映能源战略发展的现实情况和未来潜力。科学性是能源战略发展评价指数设计遵循的主要原则,从而确保评价指数的结果,能够客观反映能源战略发展的趋势方向、现实水平以及变化速度。

5. 可操作性原则

能源战略发展评价指标设计面临的问题是理论模型的合理性与数据可获得性之间的不一致性,在理论上非常理想的测度指标往往面临数据难以获得的困境。在现实中很容易获得的数据,却可能与指标设计的相关性不高。因此,能源战略发展评价指标的设计力求在理论科学性和数据可获得性之间取

得平衡。例如，目前对可再生能源利用率的具体算法尚未统一。华北电力大学和中国建筑设计研究院明确了可再生能源替代量、可再生能源利用量的不同含义算法，给出了可再生能源利用率算法 [12]。另外，不同的能源之间难以相互比较，一般采用一次能耗的计算方法，将煤、天然气等不同种类的能源按照热值折合成标准煤，根据燃煤电厂发电过程中的煤耗将电能折算为标准煤 [13,14]。

6. 动态优化原则

能源发展是一个动态发展的过程，能源基础设施的升级、能源技术的变革、数据可获得性的变更、新数据源的出现以及评价目标的调整，都会导致能源战略发展评价指标的动态演化。在保持指标体系总体框架基本稳定的前提下，综合权衡能源发展的阶段态势，适时对指标进行动态补充调整，可以更加全面客观地反映能源发展状况。

城市指标体系对于不同类型城市具有动态灵活的可变成分，为不同类型城市在不同时期的决策提供优化指导。

(二) 构建指标评价体系

城市能源战略发展指标评价体系共分为两级，一级指标初步共计 11 个：能源供给、能源消费、能效提升、电能替代、系统灵活、绿色低碳、创新发展、产业发展、安全可靠、经济效益、能源体制，一级指标权重 0.05~0.15；二级指标初步共计 14 个：可再生能源装机占比、清洁能源消纳比例、可再生能源消费占比、新能源车普及率、综合能源利用效率、电力占终端用能比重、跨区输电通道容量、储能容量、二氧化碳减排、研发投入、注册企业量、中心城市停电时长、投资收益率、政策数量，二级指标权重 0.5~1，详见图 1。

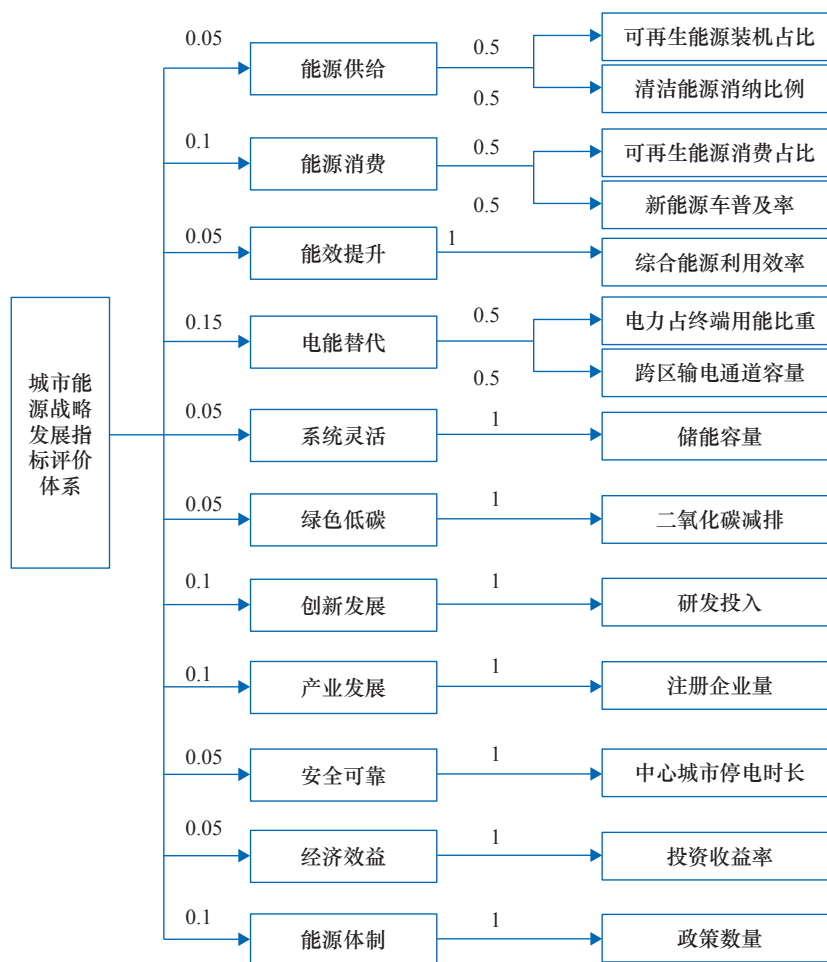


图 1 城市能源战略发展指标评价体系

(三) 构建指标评价模型

在上述工作的基础上,初步构建起城市能源战略发展指标评价模型,对能源战略多级指标进行定量分析测算,主要包括指数计算,指标权重,指标值计算方法和案例分析四部分。

1. 指数计算

能源战略发展评价指标体系基本指数的构建,主要通过查询文献、数据库或发放业内专家调查问卷,得出与经济周期同步的定量指标在不同时刻的取值,对其设定阈值并去量纲,从而计算得出基本指数。

$$B_i(t) = d_i(t)/T_i(t) \quad (1)$$

式(1)中, $B_i(t)$ 为第 i 个指标在 t 时刻的未加权基本指数, $d_i(t)$ 是第 i 个指标在 t 时刻的取值; $T_i(t)$ 是第 i 个指标 t 时刻的阈值, $i=1, 2, 3, \dots$ 。

得出 i 个不同指标的基本指数后,设定其权重,计算得出加权后 t 时刻的指数结果:

$$I_i(t) = \sum_{i=1}^N B_i(t)W_i \quad (2)$$

式(2)中, W_i 为第 i 个指标的权重; N 为指标个数; $B_i(t)$ 为第 i 个指标 t 时刻的未加权的基本指数; $I_i(t)$ 为第 i 个指标 t 时刻的指数结果。

指数计算初步选取 11 个一级指标,根据公式(1)得出基本指数 $B_i(t)$,经过等权重加权后根据公式(2)得出各项二级指标的指数计算结果 $I_i(t)$,对其求和得到 $I_i(t)$ 。

2. 指标权重

能源战略发展指标体系权重的确定,采用层次分析法(AHP),具体计算过程如下:首先,建立层次结构模型,依据设定的能源战略发展指标评价体系,对指标间的相互关系进行分层。然后构造判断矩阵,在确定各层次、各指标之间的权重时,采用一致矩阵法进行两两比较,尽可能减少性质不同因素相互比较的困难,提高准确度。其次,开展层次单排序,对于上一层某因素而言,对本层次各因素的重要性排序,进行判断矩阵的一致性检验。再次,开展层次总排序,确定某层所有因素对于总目标相对重要性的排序权值过程。初步一级指标权重取 0.05~0.15,二级指标权重取 0.5~1。

3. 综合指标

综合指标评分计算采用线性加权方法按照指标

层级逐层叠加,加权计算公式为:

$$D = \sum_{i=1}^5 \alpha_i \sum_{j=1}^n \beta_j P_j \quad (3)$$

式(3)中, i 为一级指标个数; j 为第 i 个一级指标对应的二级指标个数; P_j 为第 j 个指标值; α_i 为一级指标权重; β_j 为第 k 个一级指标下对应的第 j 个二级指标权重; D 为城市能源战略发展指数。

4. 指标评价案例分析——以张家口市为例

当前,中国河北省张家口市树立创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念,抢抓京津冀协同发展、京张携手筹办冬奥会、建设国家可再生能源示范区三大机遇,大力培育大生态、大旅游、大数据、大健康和新能源、新技术、高端制造“四大两新一高”主导产业,着力打造水源涵养功能区、绿色产业集聚区、可再生能源示范区、国际休闲运动旅游城市和奥运名城。按照张家口市特色丰富了二级指标,再将 2017 年张家口市能源指标相应数据输入模型,并采用综合指标评价方法计算得出城市能源战略发展指数,结果见表 1。

根据国家能源领域的“十三五”发展规划及中长期规划,对张家口市 2020 及 2030 年的城市能源战略发展指数值进行模拟计算得出结果,见表 2 和表 3。

张家口市城市能源战略发展指标评价结果见图 2。

四、结论与建议

本研究从能源供给、消费、能效等不同角度,提出了城市能源战略发展指标评价体系,并给出计算方法,提高了城市能源战略发展指标评价的全面性、科学性和实用性。用此方法进行验证,张家口市在能源消费、再电气化、能源体制等指标方面有较强基础,2030 年在创新发展、产业发展指标方面有较大的发展潜力。2017—2020 年该城市在能源供给、绿色低碳、安全可靠等指标方面亟待技术突破,2020—2030 年该城市在能效提升、系统灵活、经济效益指标方面需要较强的技术支持及政策推进力度。进而提出了张家口市未来“1+5”发展目标:“打造生态宜居、具有国际领先示范效应的体制—技术—产业绿色创新示范区——张家口”+国家核心区能源基地、张家口绿色用能城市、绿色智慧谷、低碳冬奥专区、绿色达沃斯崇礼和电网发展目标。

表 1 2017 年张家口市城市能源战略发展指数

序号	一级指标	二级指标	2017 年	二级评分	二级加权	一级评分	一级加权
1	能源供给	可再生能源发电装机容量	1280	43	17.2	42.9	2.1
		清洁取暖率	17	17	5.1		
		弃风率	7	50	7.5		
		弃光率	1.3	87	13.1		
2	能源消费	可再生能源消费占比	0.15	60	30	45	4.5
		可再生能源交通占比	0.1	30	15		
3	能效提升	单位 GDP 能耗降低	5.8	22	22	22	1.1
4	电能替代	电力消费中可再生能源比例	20	40	20	30	4.5
		可再生能源外送容量	400	20	10		
5	系统灵活	储能容量	5	40	40	40	2
6	绿色低碳	单位 GDP 二氧化碳排放下降	18	56	14	50.8	2.5
		减少二氧化碳排放	1300	35	8.8		
		PM _{2.5} 年均值	34	50	12.5		
		空气优良天数占比	81	62	15.5		
7	创新发展	研发试验投入	0.6	24	24	24	2.4
8	产业发展	注册能源企业量	1816	52	52	52	5.2
9	安全可靠	中心城市停电时长	156	38	38	38	1.9
10	经济效益	投资收益率	8	60	60	60	3
11	能源体制	政策数量	60	60	60	60	6

表 2 2020 年张家口市城市能源战略发展指数

序号	一级指标	二级指标	2020 年	二级评分	二级加权	一级评分	一级加权
1	能源供给	可再生能源发电装机容量	2000	60	24	72	4
		清洁取暖率	60	60	18		
		弃风率	0	100	15		
		弃光率	0	100	15		
2	能源消费	可再生能源消费占比	0.3	80	40	80	8
		可再生能源交通占比	0.3	80	40		
3	能效提升	单位 GDP 能耗降低	0.19	78	78	78	3.9
4	电能替代	电力消费中可再生能源比例	55	75	37.5	67.5	10.13
		可再生能源外送容量	1500	60	30		
5	系统灵活	储能容量	10	60	60	60	3
6	绿色低碳	单位 GDP 二氧化碳排放下降	0.21	62	15.5	70	3
		减少二氧化碳排放	3600	66	16.5		
		PM _{2.5} 年均值	25	70	17.5		
		空气优良天数占比	90	80	20		
7	创新发展	研发试验投入	0.01	40	40	40	4
8	产业发展	注册能源企业量	2000	60	60	60	6
9	安全可靠	中心城市停电时长	60	80	80	80	4
10	经济效益	投资收益率	0.15	80	80	80	4
11	能源体制	政策数量	80	80	80	80	8

表 3 2030 年张家口市城市能源战略发展指数

序号	一级指标	二级指标	2030 年	二级评分	二级加权	一级评分	一级加权
1	能源供给	可再生能源发电装机容量	5 000	100	40	100	5
		清洁取暖率	100	100	30		
		弃风率	0	100	15		
		弃光率	0	100	15		
2	能源消费	可再生能源消费占比	0.5	100	50	100	10
		可再生能源交通占比	0.5	100	50		
3	能效提升	单位 GDP 能耗降低	0.3	100	100	100	5
4	电能替代	电力消费中可再生能源比例	80	100	50	100	15
		可再生能源外送容量	3 000	100	50		
5	系统灵活	储能容量	100	100	100	100	5
6	绿色低碳	单位 GDP 二氧化碳排放下降	0.25	100	25	96	4.8
		减少二氧化碳排放	8 500	95	23.75		
		PM _{2.5} 年均值	10	90	22.5		
		空气优良天数占比	95	100	25		
7	创新发展	研发试验投入	0.018	78	78	78	7.8
8	产业发展	注册能源企业量	4 000	90	90	90	9
9	安全可靠	中心城市停电时长	5	100	100	100	5
10	经济效益	投资收益率	0.2	90	90	90	4.5
11	能源体制	政策数量	120	100	100	100	10

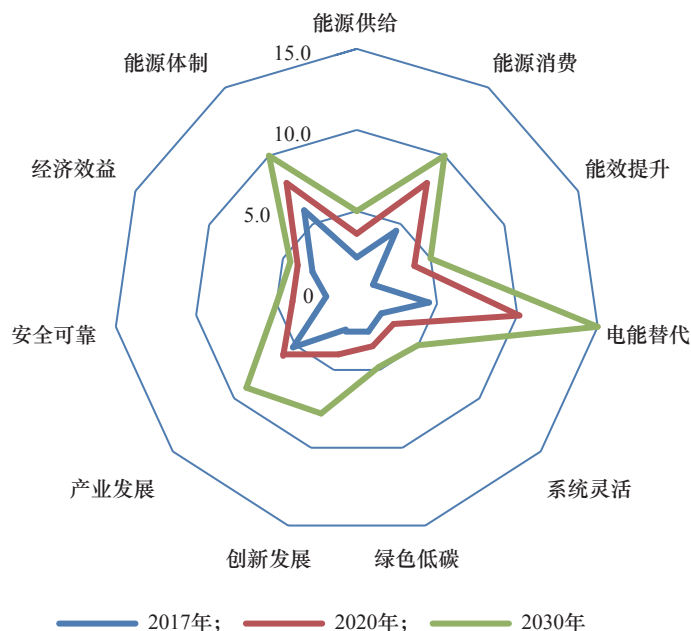


图 2 张家口市城市能源战略发展指标评价结果

参考文献

- [1] 清华大学能源互联网研究课题组. 能源互联网发展研究 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2017.
Tsinghua University Energy Internet Research Group. Research on energy internet development [M]. Beijing: Tsinghua University

Press, 2017.

- [2] 陈志. 国家科技计划体系如何调整?——《德国高技术战略》的启示 [J]. 全球科技经济瞭望, 2017, 32(3): 21-27.
Chen Z. How to change the framework for national S&T programs: Inspirations from “German High-Tech Strategy” [J]. Global

- Science, Technology and Economy Outlook, 2017, 32 (3): 21–27.
- [3] 华东电力. 世界经济论坛发布全球能源架构绩效指数报告 [J]. 华东电力, 2014, 42(12): 2698.
East China Electric Power. Global energy architecture performance index report was released by the world economic forum [J]. East China Electric Power, 2014, 42(12): 2698.
- [4] 马君华. 能源互联网发展研究 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2017.
Ma J H. Research on energy internet development [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2017.
- [5] 杨小彬, 李和明, 尹忠东, 等. 基于层次分析法的配电网能效指标体系 [J]. 电力系统自动化, 2013, 37(21): 146–150, 195.
Yang X B, Li H M, Yin Z D, et al. Energy efficiency index system for distribution network based on analytic hierarchy process [J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(21): 146–150, 195.
- [6] 郭小哲, 葛家理. 基于双重结构的能源利用效率新指标分析 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(6): 999–1002.
Guo X Z, Ge J L. A new index of energy efficiency based on dual structure analysis [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38(6): 999–1002.
- [7] 高赐威, 罗海明, 朱璐璐, 等. 基于电力系统能效评估的蓄能用电技术节能评价及优化 [J]. 电工技术学报, 2016, 31(11): 140–148.
Gao C W, Luo H M, Zhu L L, et al. Energy efficiency assessment based on power system energy efficiency evaluation and optimization of energy saving technology and optimization [J]. Journal of Electrical Technology, 2016, 31(11): 140–148.
- [8] 华贲. DES/CCHP 系统和区域能源利用效率计算方法及影响因素分析 [J]. 中外能源, 2012 (3): 18–23.
Hua B. DES/CCHP system and regional energy efficiency calculation method and influencing factors analysis [J]. Chinese and Foreign Energy, 2012 (3): 18–23.
- [9] 薛屹洵, 郭庆来, 孙宏斌, 等. 面向多能协同园区的能源综合利用效率指标 [J]. 电力自动化设备, 2017, 37(6): 117–123.
Xue Y X, Guo Q L, Sun H B, et al. The index of energy comprehensive utilization for multi energy collaborative parks [J]. Electric Power Automation Equipment, 2017, 37(6): 117–123.
- [10] 吴强, 程林. 基于层次分析法的能源互联网综合能效评估方法 [J]. 电气应用, 2017 (17): 62–68.
Wu Q, Cheng L. Comprehensive energy efficiency assessment method of energy internet based on analytic hierarchy process. [J]. Electro technical Application, 2017 (17): 62–68.
- [11] 薛志峰, 刘晓华, 付林, 等. 一种评价能源利用方式的新方法 [J]. 太阳能学报, 2006, 27(4): 349–355.
Xue Z F, Liu X H, Fu L, et al. A new method of evaluating energy utilization [J]. Journal of Solar Energy, 2006, 27(4): 349–355.
- [12] 徐宝萍, 徐稳龙. 新区规划可再生能源利用率算法研究与探讨 [J]. 暖通空调, 2013, 43(10): 52–55.
Xu B P, Xu W L. Algorithm research and discussion of renewable energy utilization in new district planning [J]. Journal of HV&AC, 2013, 43(10): 52–55.
- [13] Ziegler F, Riesch P. Absorption cycles. A review with regard to energetic efficiency [J]. Heat Recovery Systems & Chp, 1993, 13(2): 147–159.
- [14] Havelský V. Energetic efficiency of cogeneration systems for combined heat, cold and power production [J]. International Journal of Refrigeration, 1999, 22(6): 479–485.