

# 西北典型城市集中供热能耗特征及减碳潜力分析

王登甲<sup>1,2</sup>, 张睿超<sup>2</sup>, 罗 西<sup>1,2</sup>, 门端宜<sup>2</sup>, 刘艳峰<sup>1,2</sup>, 刘加平<sup>1</sup>

(1. 西部绿色建筑国家重点实验室, 陕西 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学 建筑设备科学与工程学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:** 统计了西部“一带一路”沿线西安、乌鲁木齐、西宁、兰州、银川五个省会城市 10 年来集中供热规模和面积的发展趋势, 分析了集中供热热源类型及占比。以现行国家相关供暖能耗指标为约束, 分析估算了这 10 年集中供热能耗变化规律, 并对此后 5 年集中供热能耗做出了预测。结果表明, 严格实行近零能耗建筑技术标准 GB/T 51350-2019 后, 2025 年上述城市集中供热能耗可分别降低 2.8%, 40.2%, 30.5%, 15.3% 及 42.7%。此外, 采用太阳能、地热能等可再生能源替换常规能源供热从 0 增加至 20% 的情况下, 上述城市的碳减排量可分别达到 22.3%, 52.1%, 44.3%, 32.0% 及 54.1%, 结果为“一带一路”沿线城市供热能源更新发展技术发展和政策制定提供参考。

**关键词:** “一带一路”; 集中供热; 能耗; 碳排放; 可再生能源

中图分类号: TU111.95

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2022)06-0819-08

## Energy consumption characteristics and carbon saving potential of central heating in typical cities in Northwest China

WANG Dengjia<sup>1,2</sup>, ZHANG Ruichao<sup>2</sup>, LUO Xi<sup>1,2</sup>, MEN Duanyi<sup>2</sup>, LIU Yanfeng<sup>1,2</sup>, LIU Jiaoping<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Green Building in Western China, Xi'an 710055, China;

2. School of Building Services Science and Engineering Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

**Abstract:** This paper makes statistics on the development trend of the scale and area of central heating in the past 10 years in the five provincial capital cities along the Belt and Road in western China, including Xi'an, Urumqi, Xining, Lanzhou and Yinchuan, and analyzes the types and proportions of heat sources for central heating. Constrained by the current relevant national heating energy consumption indicators, the change law of central heating energy consumption in the past 10 years is analyzed and estimated, and the energy consumption of central heating in the next 5 years is predicted. The results show that after strictly implementing the Technical standard for nearly zero energy buildings GB/T 51350-2019, the energy consumption of central heating in the above cities will be reduced by 2.8%, 40.2%, 30.5%, 15.3% and 42.7% respectively in 2025. In addition, when solar energy, geothermal energy and other renewable energy are used to replace conventional energy for heating from 0 to 20%, the carbon emission reduction of the above cities can reach 22.3%, 52.1%, 44.3%, 32.0% and 54.1% respectively. The results will provide a reference for the technological development and policy formulation of urban heating energy renewal and development along the “the Belt and Road”.

**Key words:** “the Belt and Road”; central heating; energy consumption; carbon emissions; renewable energy

2013 年 9 月, 习近平总书记提出了“新丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”这两项发展战略的构想(“一带一路”)。“一带一路”战略构想的提出, 对我国进一步扩大对外开放, 促进国际交流, 深化内部改革具有重大的战略意义<sup>[1]</sup>。

我国西部“一带一路”主要途径陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆等省自治区, 在自然区域上包

括了关中平原地区、黄土高原地区、青藏高原东北部地区以及河西走廊等高山盆地区域, 横跨地域广阔, 海拔差异较大<sup>[2]</sup>。由于西部“一带一路”沿线地形地貌复杂, 跨度较广, 因此, 不同地域具有明显的气候差异。西部“一带一路”沿线不同地区的气候区划如图 1 所示, 从图中可以看出, 西部“一带一路”沿线主要包括了严寒地区及寒冷地区。

收稿日期: 2022-11-05

修改稿日期: 2022-11-18

基金项目: 中国工程院战略研究与咨询项目(2022-XZ-38)

第一作者: 王登甲(1984—), 男, 博士, 教授, 主要从事建筑节能与可再生能源利用研究。E-mail: wangdengjia@xauat.edu.cn

其中,关中平原主要包括了寒冷地区(2A)与寒冷地区(2B),黄土高原主要为寒冷地区(2B),甘肃河西走廊横跨经度较大,气候区划复杂,包括了严寒地区(1C),严寒地区(1B)以及严寒地区(1A),新疆大部分属于高山盆地,包括了寒冷地

区(2A),严寒地区(1C),严寒地区(1B)<sup>[3]</sup>。综上所述,西部“一带一路”沿线区域具有显著的供暖需求,常规能源供暖造成的高能耗、高污染以及高碳排放问题也是该区域需要重点关注的问题。



图1 西部“一带一路”沿线地区气候区划

Fig. 1 Climate regionalization along “the Belt and Road” in Western China

西部“一带一路”沿线地域太阳能、风能等可再生能源极其丰富,这也为该地区供热领域的能源更新提供了先决条件。图2表示了我国陆地区域法向太阳辐射强度<sup>[4]</sup>,可以看出,西部“一带一路”沿线区域太阳能资源都比较丰富,特别是青海、甘肃等区域,完全可以通过太阳能来替代一部分常规能源,达到降低供暖能耗的目的。尽管新疆地区太阳能资源稍弱于别的地区,但是新疆具有丰富的风能资源,风能、光能的协同互补是新疆能源产业及区域经济可持续发展的必然措施,也是降低城市供热能耗的有效举措<sup>[5]</sup>。

沿线西安、乌鲁木齐、西宁、兰州、银川五个省会城市10年来集中供热规模和面积的发展趋势,分析了集中供热热源类型及占比。以现行国家相关供暖能耗指标为约束,分析估算了这10年集中供热能耗变化规律,对此后5年集中供热能耗做出了预测。同时,分析了上述城市当可再生能源逐渐替代常规能源时,对集中供热领域碳排放量的影响。

## 1 沿线主要城市供暖规模

### 1.1 整体概况

完善集中供热是我国西部“一带一路”沿线地区城镇化建设的重要环节,城市集中供热率的提升是保障居民过冬的关键。表1表示了西部“一带一路”沿线各省自治区集中供热面积变化情况<sup>[6]</sup>。从表1可以看出各省自治区集中供热面积逐年提高,集中供热方式成为越来越多沿线地区的冬季采暖方式。与2011年相比,2020年青海省集中供热面积增幅高达3717.85%,陕西、甘肃、宁夏和新疆增幅分别为313.98%、129.13%、112.06%和83.24%。

从建筑类型上看,随着城镇化进程的推进,各地区住宅建筑供热面积逐年稳步增长。相较2017年,各地区2020住宅供热面积增加约17%~45%;而对于公共建筑,除甘肃省有较大增幅外,其余城市保持在23%~59%之间,如图3所示。

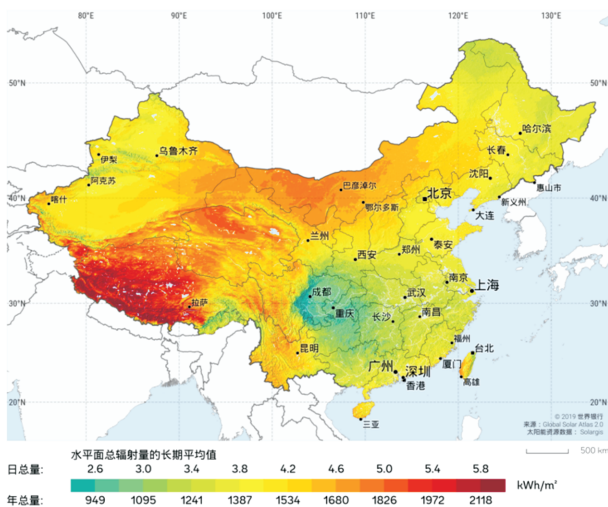


图2 我国陆地太阳辐射资源分布(法向直射平均值)

Fig. 2 Distribution of terrestrial solar radiation resources in China (average normal direct radiation)

基于以上所述,本文统计了西部“一带一路”

表 1 西部“一带一路”沿线地区集中供热面积(10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>)

Tab. 1 Central heating area along “the Belt and Road” in Western China(10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>)

—	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
陕西	10 069.34	12 307.78	15 963.00	19 824.59	24 030.34	27 918.95	39 578.60	35 226.83	38 614.04	41 685.20
甘肃	12 162.25	12 943.27	15 436.91	15 269.98	16 137.13	17 434.74	20 360.00	23 460.40	26 121.28	27 867.97
青海	269.90	304.20	450.90	455.96	461.46	462.36	7 844.60	7 923.90	8 014.55	10 304.37
宁夏	6 848.62	7 373.31	8 236.40	8 757.37	9 979.05	11 010.79	12 978.00	14 682.78	13 952.25	14 523.11
新疆	21 063.80	21 844.02	23 452.42	25 204.92	30 728.06	36 050.08	37 754.60	39 478.00	36 060.14	38 597.54

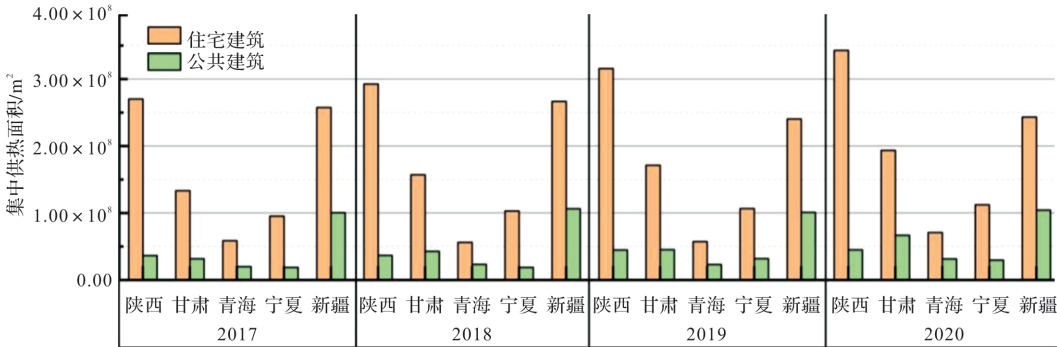


图 3 “一带一路”沿线城市住宅及公共建筑历年集中供热面积

Fig. 3 Centralized heating area of urban residential and public buildings along “the Belt and Road” over the years

1.2 典型城市供暖规模变化情况

西安、兰州、西宁、银川以及乌鲁木齐这五个典型城市的集中供热面积在 2011—2020 年的变化趋势如图 4 所示。可以看出，西安以及乌鲁木齐集中供热面积增加较快，2011 年，西安与乌鲁木齐集中供热面积分别为 6 424 万 m<sup>2</sup> 与 9 215 万 m<sup>2</sup>，

2020 年分别增长至 29 139 万 m<sup>2</sup> 与 18 478 万 m<sup>2</sup>；兰州、银川这两座城市集中供热面积增速较慢，而西宁在 2017 年以前基本没有集中供热，从 2017 年至 2020 年，其集中供热面积由 7 325 万 m<sup>2</sup> 增加至 8 892 万 m<sup>2</sup>。

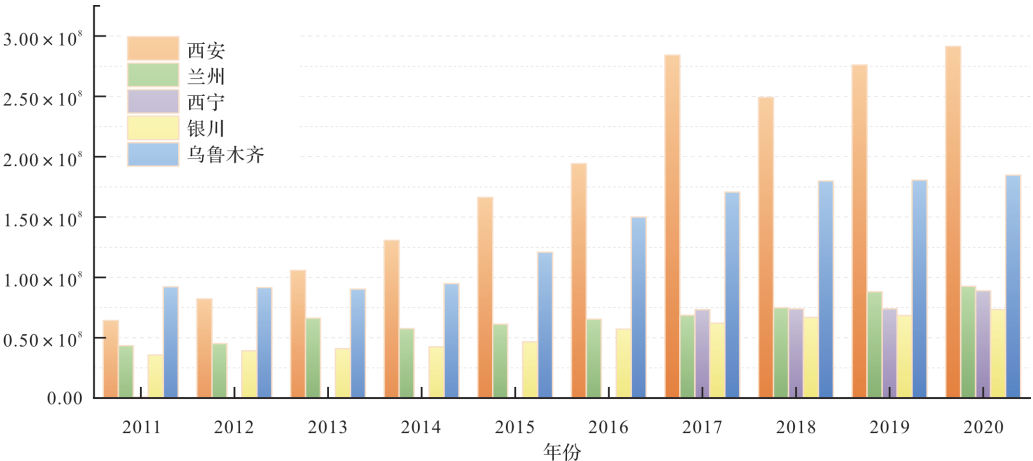


图 4 2011—2020 年各典型城市集中供热面积变化趋势

Fig. 4 Change trend of central heating area in typical cities from 2011 to 2020

2 居住建筑供热能耗预测

2.1 供热能耗指标

通过上节分析得到了不同典型城市集中供热面积的变化趋势。为了得到上述城市集中供热能耗，选取了《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标

准(JGJ26—2018)》、《建筑节能与可再生能源利用通用规范(GB 55015—2021)》、《近零能耗建筑技术标准(GB/T 51350—2019)》这三部国家级行业标准规范，以及各省市的建筑节能设计标准进行计算，在不同标准及规范的限定下，各城市供热能耗指标如表 2 所示<sup>[3,7-13]</sup>。

表 2 不同标准下的西部“一带一路”沿线地区供热能耗指标

Tab. 2 Heating energy consumption indicators of Western region along “the Belt and Road” under different standards

典型 城市	规范	供暖能耗		
		$\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	$\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	$\text{W}/\text{m}^2$
西安	严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ26—2018	13.9	—	—
	建筑节能与可再生能源利用通用规范 GB 55015—2021	—	67	—
	DBJ61-65-2011 陕西省居住建筑节能设计标准	—	—	13.6
	近零能耗建筑技术标准 GB/T 51350—2019	13.5	—	—
兰州	严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ26—2018	16.7	—	—
	建筑节能与可再生能源利用通用规范 GB 55015—2021	—	82	—
	DB62/T25-3033-2006 甘肃省采暖居住建筑节能设计标准	—	—	14.6
	近零能耗建筑技术标准 GB/T 51350—2019	14	—	—
西宁	严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ26—2018	19.9	—	—
	建筑节能与可再生能源利用通用规范 GB 55015—2021	—	138	—
	DB63/T1626-2020 青海省居住建筑节能设计标准-75%节能	—	—	19.9
	近零能耗建筑技术标准 GB/T 51350—2019	17	—	—
银川	严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ26—2018	24.4	—	—
	建筑节能与可再生能源利用通用规范 GB 55015—2021	—	82	—
	DB64/521-2013 宁夏居住建筑节能设计标准	—	—	15
	近零能耗建筑技术标准 GB/T 51350—2019	14	—	—
乌鲁木齐	严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ26—2018	28.4	—	—
	建筑节能与可再生能源利用通用规范 GB 55015—2021	—	138	—
	XJJ001-2011 新疆严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准实施细则	—	—	21.8
	近零能耗建筑技术标准 GB/T 51350—2019	17	—	—

2.2 区域供热能耗及预测

结合不同规范标准中的能耗指标，计算得到不同城市供暖能耗，结果如图 5 所示。

在现行 JGJ26—2018 规范中的节能指标下，截至 2020 年，西部“一带一路”沿线地区典型城市按供热能耗大小排序分别为：乌鲁木齐>西安>银川>西宁>兰州，预测到 2023 年西宁供热能耗将超过兰州和银川。经过初步预测，截至 2025 年，各城市供热能耗将稳步提高，各城市供热能耗将分别约为：乌鲁木齐  $5.23 \times 10^9$  kWh、西安  $4.98 \times 10^9$  kWh、银川  $1.85 \times 10^9$  kWh、西宁  $2.49 \times 10^9$  kWh、兰州  $1.30 \times 10^9$  kWh，结果如图 5(a) 所示。

据 GB 55015—2021 规范中的节能指标计算，截至 2020 年，各典型城市按供热能耗大小排序分别为：乌鲁木齐>西安>西宁>兰州>银川，预计截至 2025 年，各城市供热能耗将分别约为：乌鲁木齐  $7.06 \times 10^9$  kWh、西安  $6.67 \times 10^9$  kWh、西宁  $3.91 \times 10^9$  kWh、兰州  $1.78 \times 10^9$  kWh、银川

$1.72 \times 10^9$  kWh，其结果如图 5(b)所示。

根据各地现行节能规范，截至 2020 年，各典型城市按供热能耗大小排序分别为：西安>乌鲁木齐>西宁>兰州>银川，预计 2025 年，各城市供热能耗将分别约为：西安  $4.87 \times 10^9$  kWh、乌鲁木齐  $4.01 \times 10^9$  kWh、西宁  $2.03 \times 10^9$  kWh、银川和兰州  $1.14 \times 10^9$  kWh，其结果如图 5(c) 所示。

若将居住建筑全部按照 GB/T 51350—2019 标准进行近零能耗改造，截至 2020 年，各典型城市按供热能耗大小排序分别为：西安>乌鲁木齐>西宁>兰州>银川，预计到 2025 年，各城市供热能耗将分别约为：西安  $4.84 \times 10^9$  kWh、乌鲁木齐  $3.13 \times 10^9$  kWh、西宁  $1.73 \times 10^9$  kWh 兰州  $1.10 \times 10^9$  kWh、银川  $1.06 \times 10^9$  kWh。相比于现行 JGJ26—2018 规范中能耗指标计算结果，西安供热能耗可降低 2.8%，乌鲁木齐可降低 40.2%，西宁可降低 30.5%，兰州可降低 15.4%，银川可降低 42.7%。

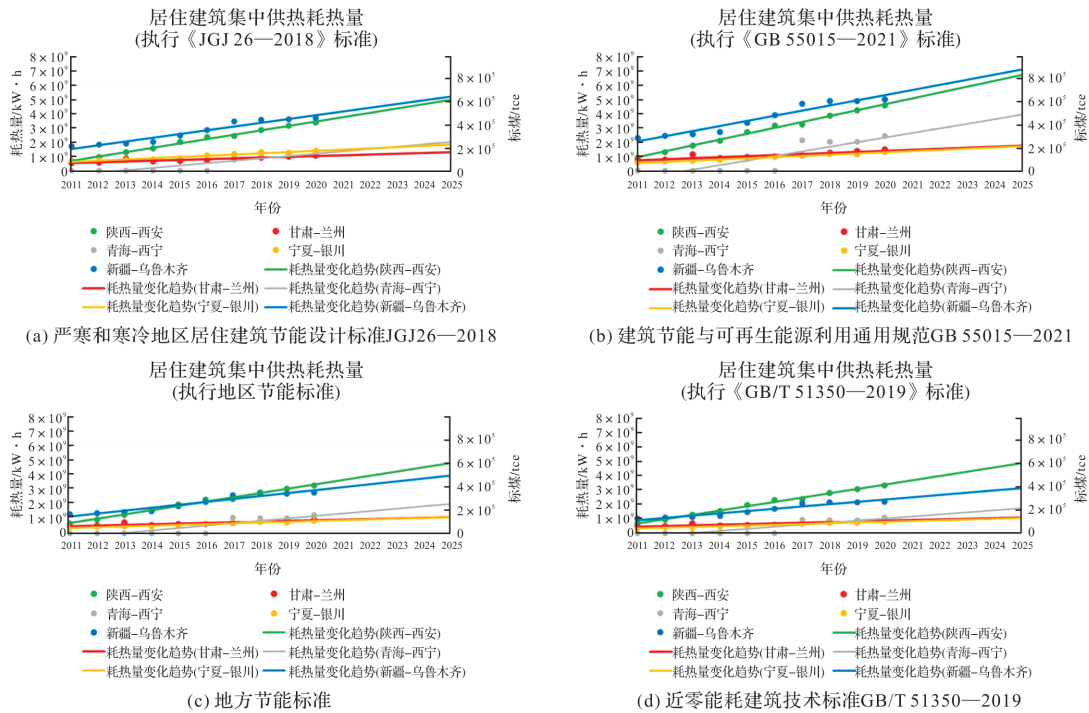


图 5 “一带一路”沿线典型城市居住建筑供热能耗

Fig. 5 Heating energy consumption of typical urban residential buildings along “the Belt and Road”

2.3 供热热源系统形式

本节调研了各典型城市集中供热不同能源所占比例, 如图 6 所示。

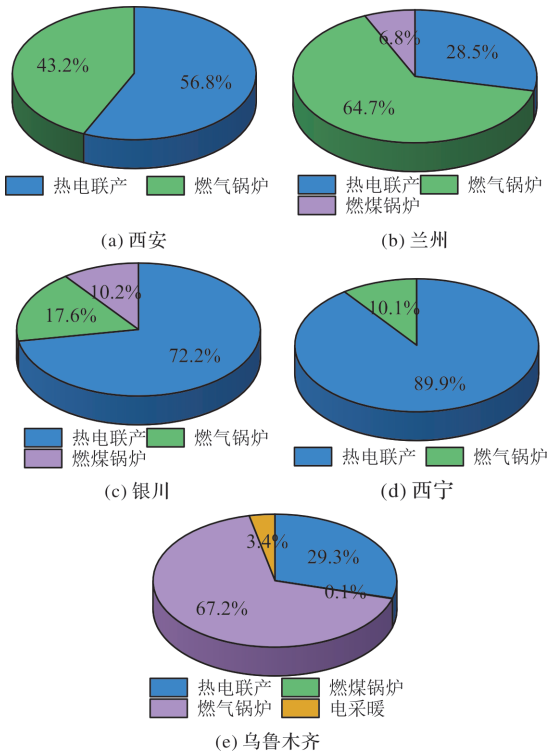


图 6 各城市集中供热不同能源所占比例

Fig. 6 Proportion of different energy sources for central heating in different cities

从图 6 可以看出, 各城市集中供暖所用热源以热电联产与燃气锅炉为主。西安市与西宁市集中

供热的热源形式种类较少, 以热电联产与燃气锅炉为主。其中西安市热电联产与燃气锅炉供热比例分别为 43.2%与 56.8%, 而西宁市为 89.9%与 10.1%。银川、兰州以及乌鲁木齐仍保留燃煤锅炉的集中供暖形式, 其所占比例分别为 10.2%、9.5%与 0.1%。在上述城市中, 乌鲁木齐市仍存在 3.4%的比例采用电采暖形式, 西宁市热电联产供暖比例最高, 达到了 90.0%。

2.4 区域供热常规能源消耗

为了得到各典型城市集中供热的常规能源消耗量, 首先调研到原煤、天然气及电等不同能源热值, 如表 3 所示。

表 3 不同能源热值与效率

Tab. 3 Heat value and efficiency of different energy sources

热源种类	单位	单位发热量/kJ	加热设备效率/%	取值/%
原煤	kg	20 934	60~75	70
天然气	m <sup>3</sup>	35 588	65~90	75
电	kW · h	3 699	95~97	96

在本文中, 热电联产集中供热的能源消耗不计入供暖能耗。依据图 5 中各典型城市集中供热耗热量以及图 6 中各典型城市集中供热不同能源所占比例, 计算出 2020 年各典型城市常规能源消耗量, 并对 2025 年常规能源消耗量进行了预测, 如表 4 所示。

表 4 不同城市在集中供暖常规能源消耗量及预测

Tab. 4 Conventional energy consumption and prediction of central heating in different cities

规范/标准	地区	常规能源消耗量					
		2020 年			2025 年		
		原煤/ $10^{-4}$ kg	天然气/ $10^{-4}$ m <sup>3</sup>	电/ $10^{-4}$ kW·h	原煤/ $10^{-4}$ kg	天然气/ $10^{-4}$ m <sup>3</sup>	电/ $10^{-4}$ kW·h
JGJ 26—2018	乌鲁木齐	2.161 4	803.496 2	305.491 4	3.060 5	1 137.723 0	432.565 3
严寒和寒冷	西安	/	475.491 1	/	/	696.554 1	/
地区居住建	银川	85.382 9	80.386 1	/	111.553 7	105.025 3	/
筑节能设计	西宁	/	41.980 1	/	/	81.496 5	/
标准	兰州	43.814 1	230.388 2	/	52.104 0	273.979 4	/
GB/T 51350—2019	乌鲁木齐	1.293 8	480.966 1	182.864 6	1.832 0	681.031 4	258.929 9
	西安	/	461.807 9	/	/	676.509 4	/
	银川	48.990 2	46.123 2	/	64.006 2	60.260 4	/
	西宁	/	35.862 4	/	/	56.780 4	/
	兰州	36.730 4	193.139 8	/	43.680 0	229.683 3	/
GB 55015—2021	乌鲁木齐	2.917 4	1 084.531 3	412.341 7	4.131 0	1 535.658 9	583.861 6
	西安	/	636.648 8	/	/	932.636 4	/
	银川	79.706 3	75.041 7	/	104.137 1	98.042 7	/
	西宁	/	80.866 2	/	/	128.034 1	/
	兰州	59.759 7	314.235 5	/	71.066 7	373.691 1	/
地区节能标准	乌鲁木齐	1.659 1	616.768 2	234.496 9	2.349 3	873.322 6	332.039 6
	西安	/	465.228 7	/	/	681.520 6	/
	银川	52.489 5	49.417 7	/	68.578 1	64.564 7	/
	西宁	/	41.980 1	/	/	66.466 4	/
	兰州	38.304 5	201.417 3	/	45.552 0	239.526 9	/

从表 4 可以看出,目前,西安、西宁、乌鲁木齐地区集中供暖仍然以消耗天然气供暖为主,其中西安与乌鲁木齐由于集中供暖面积巨大,造成了天然气的大量消耗,若按照目前供暖的供暖方式,2025 年天然气的消耗量会进一步增大.除此之外,兰州与银川仍然存在燃煤消耗的情况,这对该地区的环境保护造成了较大的压力.

从表 4 还可以看出,建筑的节能改造对常规能源消耗量影响巨大.以乌鲁木齐为例,执行《新疆严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准实施细则(XJJ001—2021)》,集中供暖可消耗 617 万 m<sup>3</sup> 天然气,若按照《近零能耗建筑技术标准(GB/T 51350—2019)》进一步优化建筑节能属性,天然气消耗量可降低至 481 万 m<sup>3</sup>,节能效果显著.

### 3 碳排放量及减碳潜力分析

#### 3.1 典型城市供热碳排放量

根据计算的不同地区常规能源消耗量,结合原煤、天然气及电力等能源碳排放系数(原煤碳排放系数取 0.755 9、天然气碳排放系数取 0.448 3、电力碳排放系数取 0.785 0)<sup>[14]</sup>,计算得到不同级别能耗指标、不同能源种类的碳排放量.各能源碳排放量见表 5.

表 5 各典型城市碳排放量计算

Tab. 5 Calculation of carbon emissions in typical cities

规范/标准	地区	碳排放量/ $10^{-4}$ kg	
		2020 年	2025 年
JGJ 26—2018	乌鲁木齐	601.6	851.9
	西安	213.1	312.2
	银川	100.5	131.4
	西宁	18.8	36.5
	兰州	136.4	162.2
GB/T 51350—2019	乌鲁木齐	360.1	509.9
	西安	207.0	303.2
	银川	57.7	75.3
	西宁	16.0	25.4
	兰州	114.3	135.9
GB 55015—2021	乌鲁木齐	812.0	1149.8
	西安	285.4	418.1
	银川	93.8	122.6
	西宁	36.2	57.3
	兰州	186.0	221.2
地区节能标准	乌鲁木齐	461.8	653.9
	西安	208.5	305.5
	银川	61.8	80.7
	西宁	18.8	29.7
	兰州	119.2	141.8



从表5可以看出,由于乌鲁木齐主要依靠燃气供暖,且集中供暖面积明显高于其他四座城市,因此其碳排放量远高于其余四座城市。尽管西安供暖面积较大,但是该城市56.8%的供暖面积由热电联产供暖模式承担,因此其碳排放量相对不大。对于银川和西宁,由于其集中供热面积远低于乌鲁木齐与西安,因此其集中供热碳排放量较低。此外,严格执行《近零能耗建筑技术标准(GB/T 51350—2019)》后,相比各地地方规范,各城市碳排放量仍会降低。预计到2025年,西安、兰州、银川、西宁及乌鲁木齐的碳排放量分别会降低0.7%、4.2%、6.7%、14.5%以及22.0%。

### 3.2 可再生能源替代下的减碳潜力分析

西北地区太阳能、风能等可再生能源十分丰富,利用当地丰富的可再生能源替代常规能源供暖,是西部“一带一路”沿线典型城镇节能减碳的重要举措。图7表示了预计到2025年,5座典型城市通过可再生能源逐级替代常规能源后,碳排放量的变化情况。

从图7可以看出,在集中供热系统中,采用可再生能源逐步替代常规能源后,各城市集中供热领域碳排放量降低十分明显。若2025年各城市均严格执行了《近零能耗建筑技术标准(GB/T 51350—2019)》,采用可再生能源替换常规能源至20%时,相比现阶段执行的JGJ26—2018规范,西安、兰州、银川、西宁及乌鲁木齐集中供热碳排放量可分别减少22.3%、32.9%、54.1%、44.3%以及52.1%。

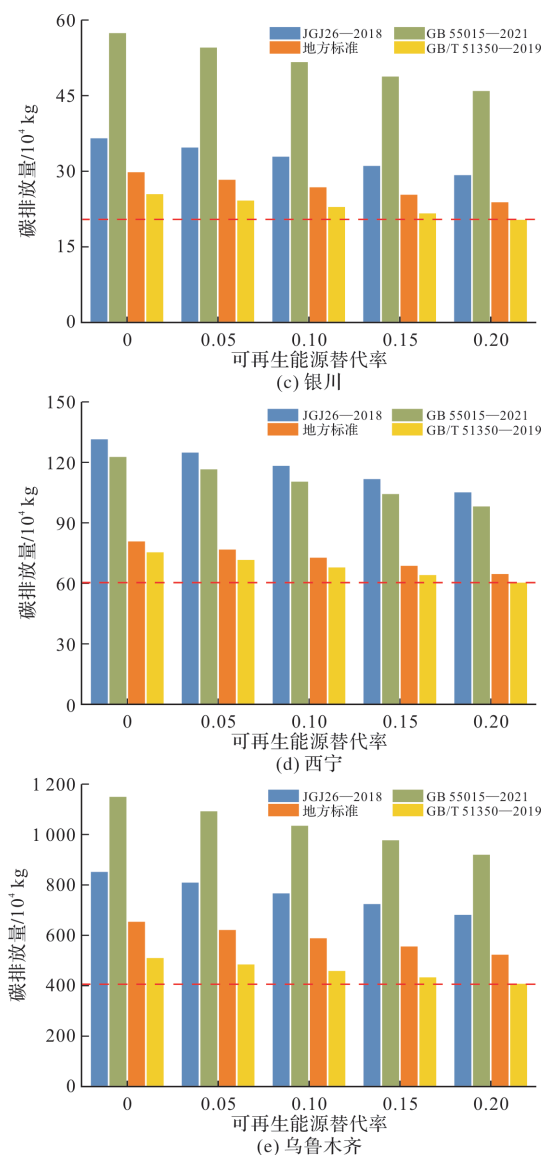
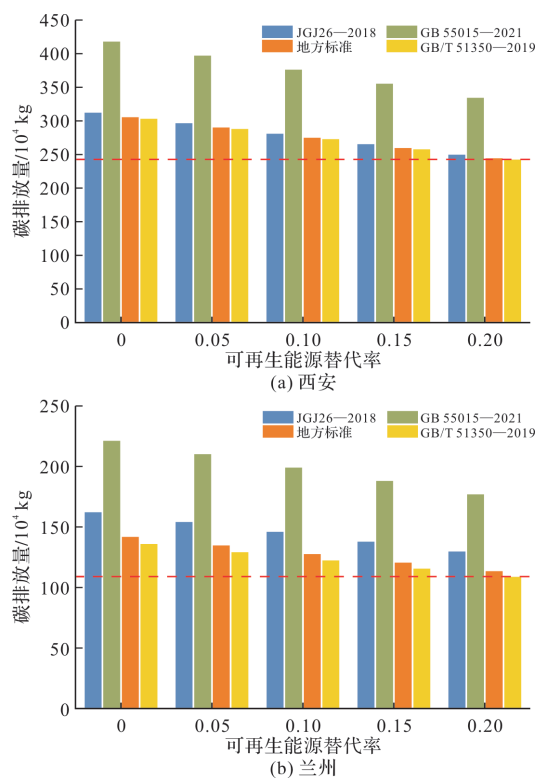


图7 2025年可再生能源逐级替代常规能源后  
各城市碳排放量变化

Fig. 7 Change in carbon emissions in cities after renewable energy gradually replaces conventional energy in 2025

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

针对西部“一带一路”沿线西安、乌鲁木齐、西宁、兰州、银川五个典型城市,对其十年来供暖面积及供暖能耗进行了研究,分析了执行不同建筑节能标准对集中供热能耗及碳排放量的影响。此外,分析了不同比例的可再生能源替换原有集中供热的热源时节能与减碳的潜力。得到了如下结论:

(1)集中供热领域节能减碳的首要措施是实行建筑节能改造。特别是对于乌鲁木齐、银川、西宁等地,预计2025年,相比现行JGJ26—2018规范中能耗指标计算结果,严格执行GB/T 51350—

2019标准进行近零能耗改造, 乌鲁木齐、银川、西宁供暖能耗可分别降低40.2%, 42.7%与30.5%。西安与兰州可分别降低2.8%与15.4%;

(2)建筑节能改造也可以有效降低其碳排放量。预计2025年严格执行GB/T 51350—2019标准后, 若保持现有集中供暖热源结构形式不变, 相比现行的各地方标准, 西安、兰州、银川、西宁及乌鲁木齐碳排放量可分别降低0.7%、4.2%、6.7%、14.5%以及22.0%;

(3)可再生能源逐步替换常规能源可显著降低集中供热碳排放量。相比现阶段执行的JGJ26—2018规范, 预计2025年在严格执行GB/T 51350—2019标准的基础上, 通过可再生能源替代常规能源至20%后, 西安、兰州、银川、西宁及乌鲁木齐集中供热碳排放量可分别减少22.3%、32.9%、54.1%、44.3%以及52.1%。

## 4.2 建议

集中供热领域节能减碳方法应从“节流”与“开源”两个方面进行改进。

(1)在“节流”方面, 各城市应严格按照现有近零能耗建筑技术标准(GB/T 51350—2019)对建筑进行节能改造, 特别是乌鲁木齐、银川、西宁这三个地区, 建筑节能改造能大幅度降低供暖能耗与碳排放量;

(2)在“开源”方面, 分为以下两个方面。第一, 优化现有集中供热系统热源结构。以兰州、银川、乌鲁木齐为例, 取缔原煤锅炉等高污染的集中供热热源形式, 以西安为例, 加大热电联产供热比例, 降低碳排放量。第二, 尽可能使用可再生能源替代现有常规能源, 兰州、西宁、银川等地可利用丰富的太阳能资源满足部分用户的热需求, 乌鲁木齐可充分利用其丰富的风能资源来降低常规能源在集中供热中的比例。

## 参考文献 References

- [1] 傅喧棋. “一带一路”建设的战略意义与机遇[J]. 山西农经, 2017(24): 37.  
FU Xuanqi. The strategic significance and opportunities of the construction of “Belt and Road”[J]. Shanxi Agricultural Economics, 2017(24): 37.
- [2] 左其亨, 韩春辉, 郝林钢, 等. “一带一路”主体路线及主体水资源区研究[J]. 资源科学, 2018, 40(5): 1006-1015.  
ZUO Qiting, HAN Chunhui, HAO Lingang, et al. The main route and water resource areas of the Belt and Road Initiative[J]. Resources Science, 2018, 40(5): 1006-1015.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准: JGJ26—2018[S]. 北京: 中国

建筑工业出版社, 2018

- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Design standard for energy efficiency of residential buildings in severe cold and cold zones: JGJ26—2018[S]. Beijing: China Architecture Publishing & Media, 2018.
- [4] Global solar atlas[DS/OL]. <https://globalsolaratlas.info/map?c=29.342037,103.666992,5&r=CHN&s=35.000074,104.999927&m=site>
- [5] WU G, WANG H, WU Q. Wind power development in the Belt and Road area of Xinjiang, China: Problems and solutions[J]. Utilities Policy, 2020, 64: 101024.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2020年城乡建设统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. 2020 urban and rural construction statistical yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2020.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑节能与可再生能源利用通用规范: GB 55015—2021[S]. 北京: 中国工业出版社, 2022.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. General code for energy efficiency and renewable energy application in buildings: GB 55015—2021[S]. Beijing: China Architecture Publishing & Media Co. Ltd., 2022.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部发布. 近零能耗建筑技术标准: GB/T 51350—2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Technical standard for nearly zero energy buildings: GB/T 51350—2019[S]. Beijing: China Architecture Publishing & Media Co. Ltd., 2019.
- [9] 陕西省住房和城乡建设厅. 陕西省居住建筑节能设计标准: DBJ61-65—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.  
Shaanxi Provincial Department of Housing and Urban-Rural Development. Design standard for energy efficiency of residential buildings in Shaanxi province: DBJ61-65—2011[S]. Beijing: China Architecture Publishing & Media Co. Ltd., 2011.
- [10] 甘肃省住房和城乡建设厅. 甘肃省采暖居住建筑节能设计标准: DB62/T3151—2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.  
Gansu Provincial Department of Housing and Urban-Rural Development. Design standard for energy efficiency of heating residential buildings in Gansu province: DB62/T3151—2018[M]. Beijing: China Architecture Publishing & Media Co. Ltd., 2018.

(下转第 837 页)



## 参考文献 References

- [1] GROSSI L, MUSSINI M. Inequality in energy intensity in the EU-28: Evidence from a new decomposition method[J]. *The Energy Journal*, 2017, 38(4): 1-18.
- [2] 周洁. 中国建筑业能源强度时空分布与影响因素研究[D]. 西安:长安大学,2020.
- ZHOU Jie. A study on the spatial and temporal distribution and influencing factors of energy intensity in China's construction industry [D]. Xi'an: Chang'an University, 2020.
- [3] 孙海玲,王红平. 基于岭回归的城市建筑能耗增长驱动因素研究[J]. *城市发展研究*, 2013, 20(5): 21-24.
- SUN Hailing, WANG Hongping. Research on driving factors of urban building energy consumption growth based on ridge regression [J]. *Research on Urban Development*, 2013, 20 (5): 21-24.
- [4] 刘晓君,胡升凯,李玲燕. 中国省区建筑能耗时空分布与影响因素分析[J]. *数学的实践与认识*, 2020, 50(6): 74-85.
- LIU Xiaojun, HU Shengkai, LI Lingyan. Spatial and temporal distribution of building energy consumption in China's provinces and regions and analysis of influencing factors [J]. *Mathematical Practice and Understanding*, 2020, 50 (6): 74-85.
- [5] 赵璐,赵作权,王伟. 中国东部沿海地区经济空间格局变化[J]. *经济地理*, 2014, 34(2): 14-18, 27.
- ZHAO Lu, ZHAO Zuoquan, WANG Wei. Changes in the economic spatial pattern of the eastern coastal areas of China [J]. *Economic Geography*, 2014, 34 (2): 14-18, 27.
- [6] EHRLICH P, HOLDREN J. Impact of population growth in population, resources and the environment [M]. Washington DC: US Government Printing Office, 1972.
- [7] 韩梦. 城镇化下我国北方省份集中供热耗煤预测及节能潜力分析[D]. 徐州:中国矿业大学,2014.
- HAN Meng. Coal consumption prediction and energy conservation potential analysis of central heating in northern provinces of China under urbanization [D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2014.
- [8] 刘兆珂. 城市化对民用建筑能耗的影响[D]. 上海:上海财经大学,2021.
- LIU Zhaoke. Impact of urbanization on energy consumption of civil buildings [D]. Shanghai: Shanghai University of Finance and Economics, 2021.
- (编辑 吴海西 沈波)
- 
- (上接第 826 页)
- [11] 青海省住房和城乡建设厅. 青海省居住建筑节能设计标准-75%节能:DB63/T1626—2020[S]. 北京:中国建材工业出版社,2020.
- Qinghai Provincial Department of Housing and Urban-Rural Development. Design standard for energy efficiency of residential buildings in Qinghai province: DB63/T1626—2020[S]. Beijing: China Building Materials Industry Press, 2020.
- [12] 宁夏回族自治区住房和城乡建设厅. 宁夏居住建筑节能设计标准:DB64/521—2012[S]. 北京:中国建材工业出版社,2013.
- Ningxia Provincial Department of Housing and Urban-Rural Development. Design standard for energy efficiency of residential buildings in Ningxia province: DB64/521—2012[S]. Beijing: China Building Materials Industry Press, 2013.
- [13] 新疆维吾尔自治区住房和城乡建设厅. 新疆严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准实施细则:XJJ001—2012[S]. 北京:中国建材工业出版社,2021.
- Xinjiang Provincial Department of Housing and Urban-Rural Development. Design standard for energy efficiency of residential buildings in severe cold and cold zones in Xinjiang province: XJJ001—2012 [S]. Beijing: China Building Materials Industry Press, 2021.
- [14] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: volume II [EB/OL]. Japan: the Institute for Global Environmental Strategies, 2008 [2008-07-20]. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/Methodology-reports.htm>.
- (编辑 吴海西 沈波)