

DOI:10.11918/j.issn.0367-6234.201709096

中国海陆气候差异性及其海域建筑气候区划现状

崔亚平, 谢静超, 张晓静, 刘加平

(绿色建筑环境与节能技术北京市重点实验室(北京工业大学), 北京 100124)

摘要:在国家积极推进 300 万平方公里海洋国土建设的方针政策下,如何在海域岛礁建造超低能耗建筑受到研究者越来越多的关注.为探究目前中国海域建筑气候分区归属的科学准确性,通过同纬度海陆气候对比以及不同海区海陆气候对比两个不同角度分析了海洋的气候特征,并根据国家现行建筑气候分区标准确定了各海陆对比组中内陆城市及海岛县(或海域岛礁)的建筑气候分区归属情况.结果表明:海陆气候差异性大,主要体现在二者空调度日数 CDD26 差值大,海岛县(海域岛礁)的日较差小及风速大;海陆空调度日数 CDD26、年较差及太阳辐射的差异性随不同海区而异;中国现行建筑气候分区标准不适用于海洋地区;有必要针对海洋地区进行建筑气候区划,且海洋地区气候区划研究中,南海区较北海区、东海区复杂.该研究对中国海洋地区能够具备科学准确的气候分区归属具有推动作用,进而可为海洋地区建筑室内热舒适性及超低能耗建筑的设计研究奠定理论基础.

关键词: 海域建筑气候区划;海陆气候差异性;空调度日数;日较差;风速;标准不适用

中图分类号: TU119.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2018)02-0191-08

Sea-land climate differences and ocean building climate partition situation in our country

CUI Yaping, XIE Jingchao, ZHANG Xiaojing, LIU Jiaping

(Beijing Key Laboratory of Green Built Environment and Energy Efficient Technology (Beijing University of Technology), Beijing 100124, China)

Abstract: As active promotion of the construction of 3 million square kilometers ocean territory in China, the design of ultra-low-energy buildings in ocean areas has attracted more and more researchers' attention. To investigate the scientific accuracy of climate partition in ocean areas, the article firstly analyzed the climatic characteristics in ocean areas from two different angles—climate comparisons between sea and land, as well as among different sea regions, and then determined the climate partition of inland cities and island counties (or ocean island-reefs) according to current climate zoning standards. The results presented the wide differences between sea and land, which were reflected in the aspects of CDD26, daily temperature range and wind speed. The diversities for CDD26, annual temperature range and solar radiation vary in different sea regions. Additionally, building climate partition standard performed by our countries now is inapplicable for ocean areas. Therefore, it's necessary to establish building climate partition for ocean areas which is distinguished from the inland areas, and the south sea region is more complex than north or east sea regions. This study can prompt ocean areas to form scientific climate partition, and lay a theoretical foundation for the indoor thermal comfort research and the design of ultra-low-energy buildings in ocean areas.

Keywords: ocean building climate partition; sea-land climate differences; CDD26; daily temperature range; wind speed; inapplicability for standard

中国是世界上重要的海洋大国,濒临渤海、黄海、东海和南海 4 大海域,海岸线长达 1.8 万公里,大小岛屿有 7 600 个,管辖的海域面积约 300 多万平方公里^[1].目前,国家正在大力倡导开发海洋资源、拓展海洋发展空间的方针政策^[2],因此,海域岛礁建筑的节能设计尤为重要.

气候与建筑热工性能^[3-6]、设备运行性能^[7]及建筑能耗大小^[8-10]密切相关.超低能耗建筑应具备与当地气候条件相匹配的热工设计方法及设备运行

策略,而气候区划可为建筑寻找因地制宜的合理设计策略提供依据^[11-12].

中国渤海、黄海、东海及南海等海洋地区拥有明显的海洋性气候特点,与内陆气候差异性大,而目前中国施行的建筑气候分区标准是针对 960 万平方公里的内陆地区制定而成的,若将海洋地区直接按照现行建筑气候区划标准确定其分区归属,这一分区结果的科学准确性将直接影响海洋地区建筑的节能水平,是一个值得探讨的问题.

本文通过同纬度海陆气候对比及不同海区海陆气候对比两个不同角度分析了海洋气候特征,并根据现行国家建筑气候分区标准确定了各海陆对比组城市的建筑气候分区归属,指出中国现行建筑气候

收稿日期: 2017-09-18

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(51590912)

作者简介: 崔亚平(1991—),女,博士研究生;

刘加平(1956—),男,博士生导师,中国工程院院士

通信作者: 谢静超, xiejc@bjut.edu.cn

分区标准不适用于海洋地区;有必要针对海洋地区进行建筑气候区划,且海洋地区气候区划研究中,南海区较北海区、东海区复杂,该研究对中国海洋地区能够具备科学准确的建筑气候分区归属具有推动作用,进而可为海洋地区超低能耗建筑的设计研究奠定理论基础。

1 海洋气候特征

1.1 海陆气候对比组选取标准

海岛县是把中国沿海的群岛、列岛或独立海岛,以有人岛群为主体,并包括了邻近分散的无人岛,按县级行政单元的要求组成的一个整体^[13]。中国 12 个海岛县(区),主要分布在渤海、黄海及东海,由北向南依次为辽宁的长海县,山东的长岛县,上海的崇明区,浙江的嵊泗县、岱山县、普陀区、定海区、玉环县及洞头县,福建的平潭县及东山县,广东的南澳县。

现将渤海、黄海统称为北海区,则目前中国存在 3 个海区,分别为北海区、东海区及南海区,根据气象资料的可获取性,选取长岛县、玉环县分别作为北海区及东海区的代表地区。另外,由于南澳县地处东海与南海的交界且南海海域纬度跨度可达 17°(南海纬度范围:4°N~21°N),南海海域气候特点不能以 12 个海岛县来表征,选取南海海域不同纬度的东沙岛、永暑礁分析其气候特征。

在选定海岛县或海域岛礁的基础上,内陆城市的选取标准如下:1)地理位置与海岛县(或海域岛礁)同纬度或相近纬度;2)典型年气象资料可获取;3)具有代表性的内陆城市。

根据以上选取标准,确定海陆气候对比组,分别为:长岛县与济南、玉环县与温州、东沙岛与广州、永暑礁与广州,且经课题组前期数据统计工作可知,这 4 个海陆对比组代表性很强,可很好地反映海岛的气候特征,图 1 给出所选取各海陆对比组城市的经、纬度及地理位置关系。

1.2 统计数据的获取

目前,中国常见的典型年气象源包括:《中国建筑用标准气象数据库》^[14],该数据库包含 57 个主要城市的标准年气象数据、标准日气象数据以及不保证率气象数据;《中国建筑热环境分析专用气象数据集》^[15],该气象数据库中典型气象年的生成基于全国 270 个地面气象站 1971—2003 年的实测气象数据;中华人民共和国住房和城乡建设部发布的《建筑节能气象参数标准》(JGJ/T 346—2014)^[16],本标准在挑选典型气象年时,采用的数据源为中国气象局 450 个基本、基准地面气象观测站 1987—2004 年的观测数据。另外,清华大学正在通过与中国气象局、北京气象

局、中国建筑科学研究院、西安建筑科技大学等单位合作,整理收集全国 2 296 个国家级气象台站 1985—2014 年的逐时气象数据,但是该气象数据整理结果目前未发布。由此可见,就目前阶段的海陆气候特征研究而言,《建筑节能气象参数标准》(JGJ/T 346—2014)^[16]中的基础气象数据是最佳选择。

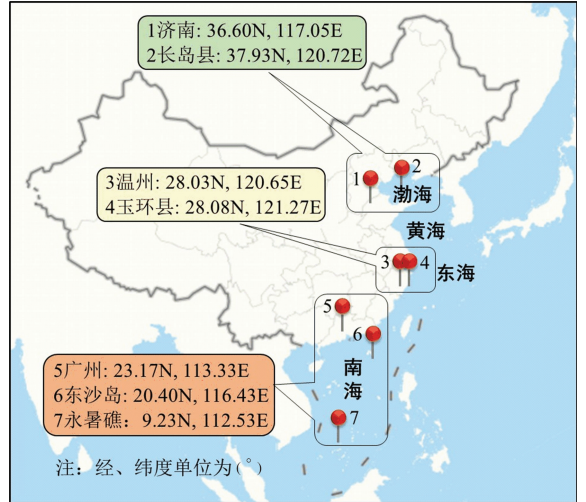


图 1 各海陆对比组城市的经、纬度及地理位置关系

Fig.1 Latitude, longitude and location relationship of all sea-land comparison group cities

1.3 同纬度海陆气候对比

1.3.1 日平均温度

各海陆对比组的全年日平均温度变化曲线见图 2,由图 2(a)、(b)可知,长岛县与济南、玉环县与温州的日平均温度最大值、最小值及平均值相差不大,但是统计得到的空调度日数 CDD26,海岛县要远小于内陆地区,差值分别为 140 和 82 °C·d。而由图 2(c)、(d)可知,南海地区与内陆地区相比,日平均温度最大值相当,最小值远高于内陆地区(差值大于 10 °C),平均值高 3~4 °C,空调度日数 CDD26 远大于内陆地区,差值分别为 174 及 469 °C·d。

另外,图 3 给出了东沙岛与广州、永暑礁与广州的日平均温度频数分布直方图,可以看出,东沙岛不存在日平均温度在 18 °C 以下的天数,永暑礁不存在日平均温度 20 °C 以下的天数,而广州 18 °C 以下及 20 °C 以下的天数分别为 87、110 d,三地区日平均温度频数较大的温度范围均为 26~30 °C,广州为 137 d,东沙岛为 185 d,永暑礁为 252 d。

1.3.2 日较差

图 4 给出了各海陆对比组的全年各日的较差值。可以看出,海岛县(或海域岛礁)日较差与内陆城市相比,最小值相当,最大值比内陆城市低 3~5 °C,平均值低于内陆城市 3 °C 左右。另外,由于《建筑气候区划标准》GB 50178—93^[17]对各个分区气候特征的年平均气温日较差规定中,日较差最小值为 5 °C,

因此,以 5 °C 日较差为界,统计得到海岛县(或海域岛礁)日较差在 5 °C 以下的天数均占全年一半以上

时间,最大可达 329 d;而内陆地区日较差在 5 °C 以下的天数均小于 120 d,最小为 64 d.

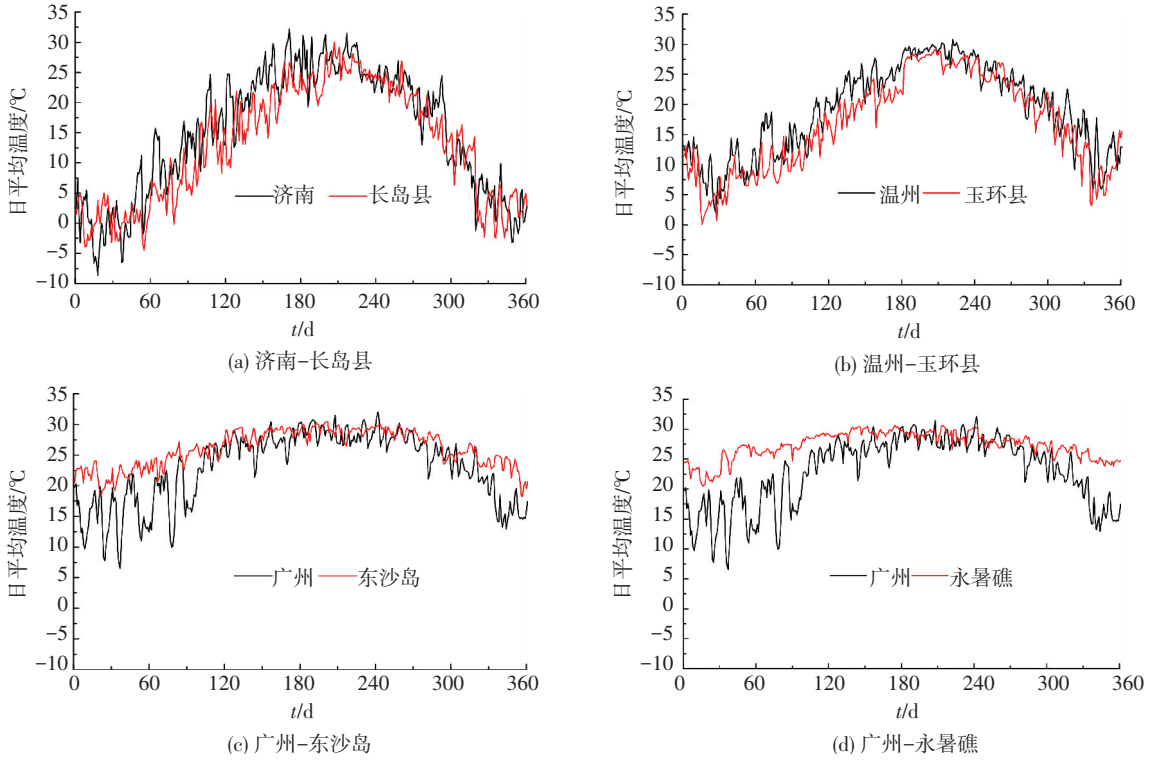


图 2 日平均温度变化曲线

Fig.2 Variation curve of daily mean temperature

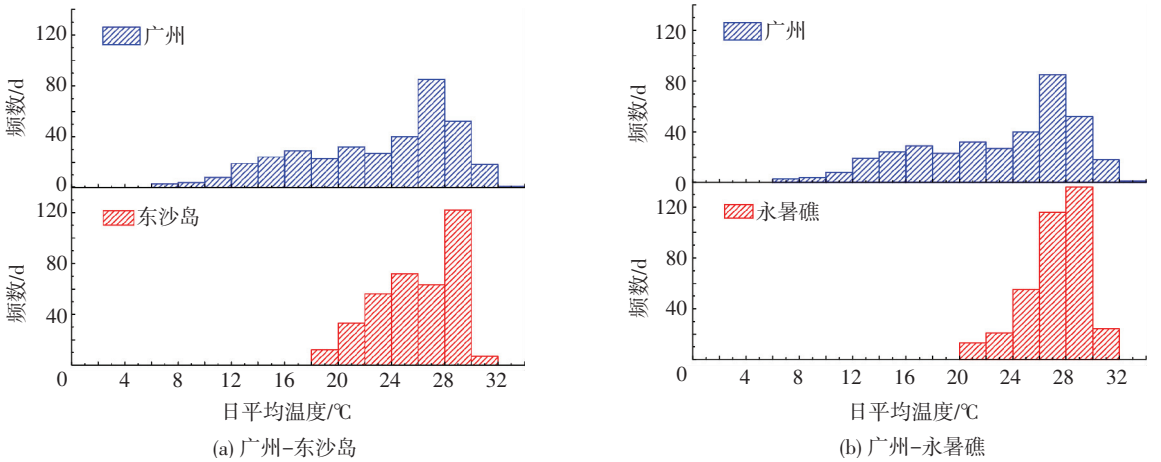


图 3 日平均温度频数分布直方图

Fig.3 Frequency distribution histogram of daily mean temperature

1.3.3 年较差

图 5 给出了各海陆对比组全年各月平均温度及年较差,由图 5(a)、(b)可知,长岛县与济南、玉环县与温州的年较差相当,差值在 2 °C 左右.而东沙岛、永暑礁年较差明显小于广州,且年较差差值均在 6 °C 以上.

1.3.4 太阳辐射

图 6 为各海陆对比组全年各月水平面太阳总辐射能统计情况,显然,除永暑礁与广州对比组外,其他海陆对比组的各月水平面太阳总辐射能相差不大,且年辐射能总量相当.而永暑礁各月水平面太阳

总辐射能均远高于广州,其年辐射能总量约为广州的 2 倍,日辐射量均在 4.5 kW · h/m² 以上.

1.3.5 风场特征

图 7 给出了各海陆对比组的全年逐时风玫瑰图.可以看出,海洋与陆地的全年主导风向有很大差异性;另外,海岛县(或海域岛礁)与内陆城市风速相比,最小值相当,最大值、平均值高于内陆城市;若以 5 m/s 风速为界,可发现内陆城市在 5 m/s 以上风速的频率均小于 15%,而海岛县风速大于 5 m/s 的频率均在 50%以上(除永暑礁外,值为 30.7%).

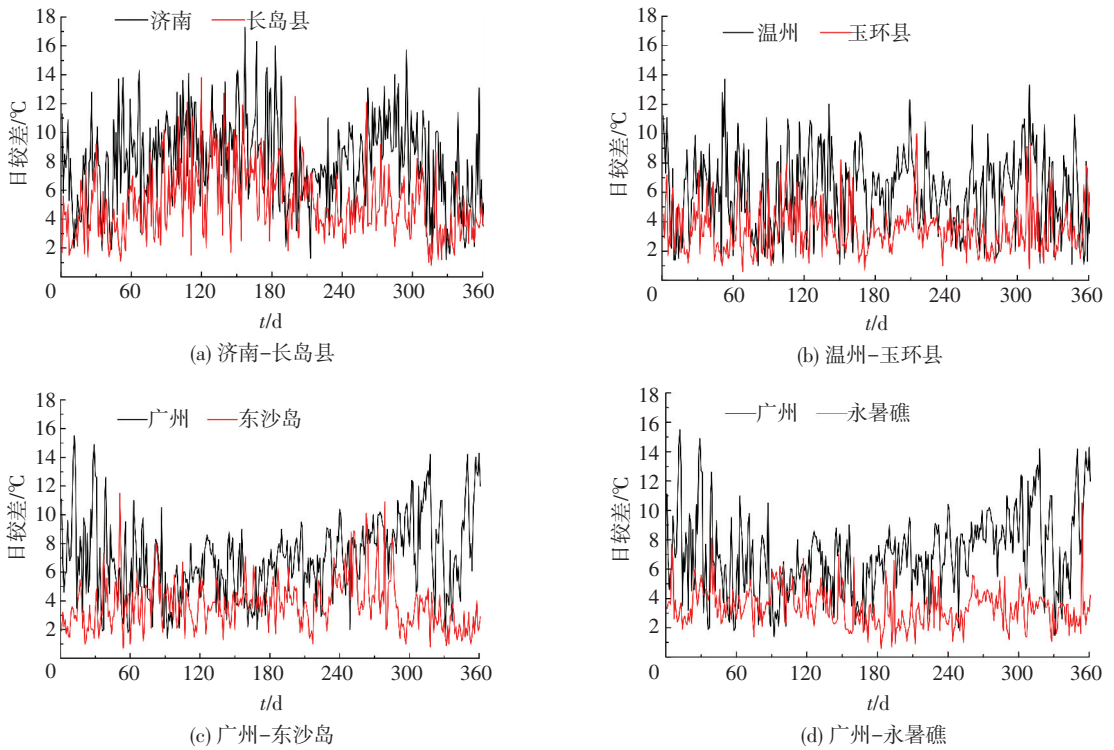


图4 全年各日较差值

Fig.4 Daily temperature range throughout the year

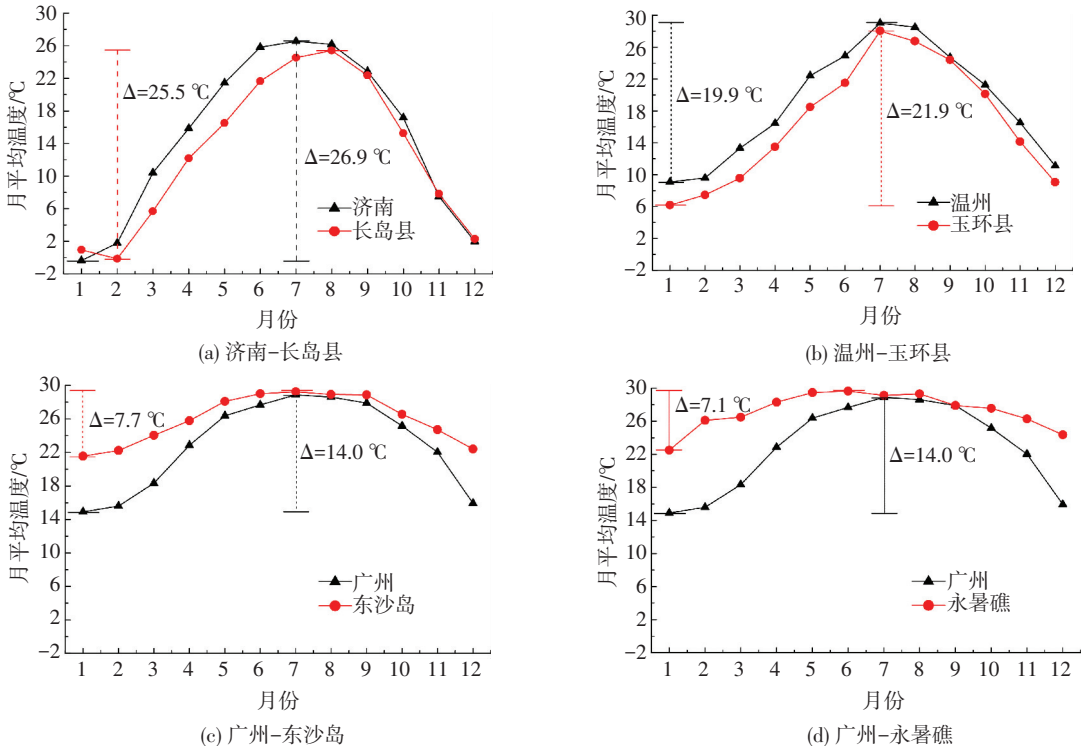


图5 全年各月平均温度曲线

Fig.5 Variation curve of monthly mean temperature throughout the year

1.4 不同海区海陆气候对比

由以上同纬度海陆气候对比结果知,海陆气候特征不同,其差异性主要体现在空调度日数CDD26、日较差以及风速等参数特征上.另外,海洋与陆地的年较差及太阳辐射的差异性会随不同海区而异.

1.4.1 空调度日数CDD26

空调度日数CDD26可反映一个地区的气候炎热程度及炎热持续时间的长短,值越大,表示该地区越炎热,空调能耗越大.图8给出了不同海区各海陆对比组城市空调度日数CDD26的统计情况,可以看出,北海区长岛县及东海区玉环县的空调度日数

CDD26 分别小于济南、温州,而南海区东沙岛及永暑礁的空调度日数 CDD26 均大于广州.由图 2 可知,造成前者差异性的原因是长岛县、玉环县日平均温度大于 26 ℃ 的天数及大于 26 ℃ 的日平均温度值小于其相近纬度的内陆城市,造成后者差异性的原

因是东沙岛、永暑礁日平均温度在 26 ℃ 以上的天数及日平均温度大于 26 ℃ 的总幅度较广州大.由此可见,海洋对不同海区建筑能耗的影响是不同的,这很可能是海洋水体的蓄、散热特性对不同地域室外参数的影响效果不同造成的.

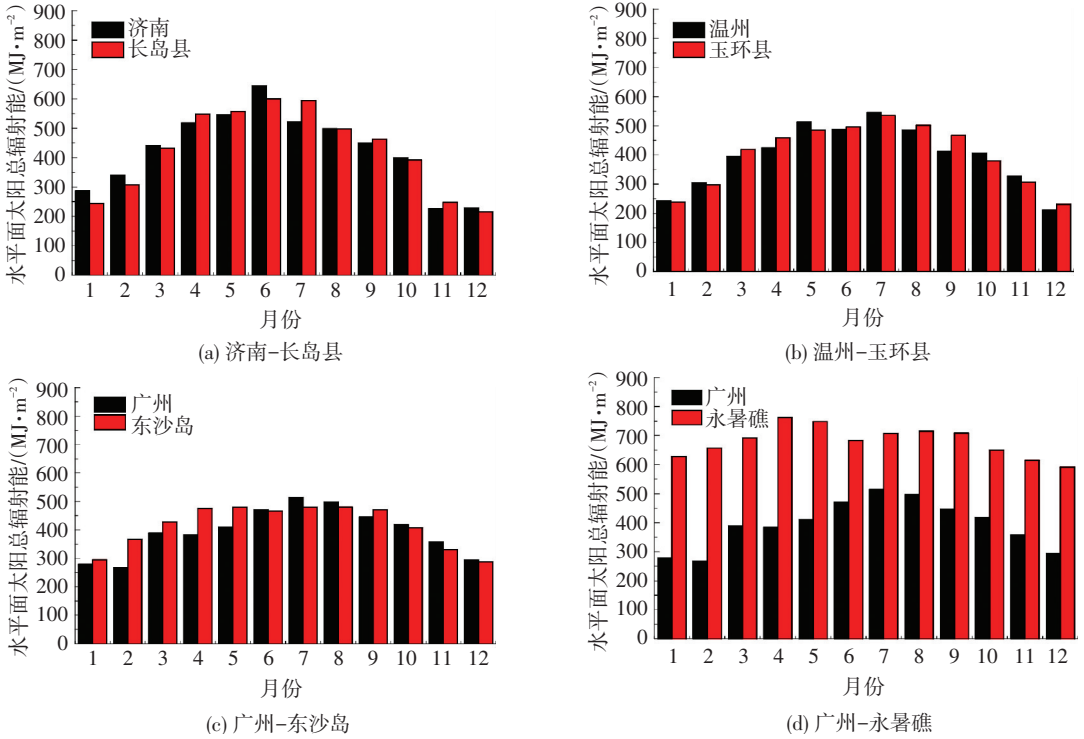
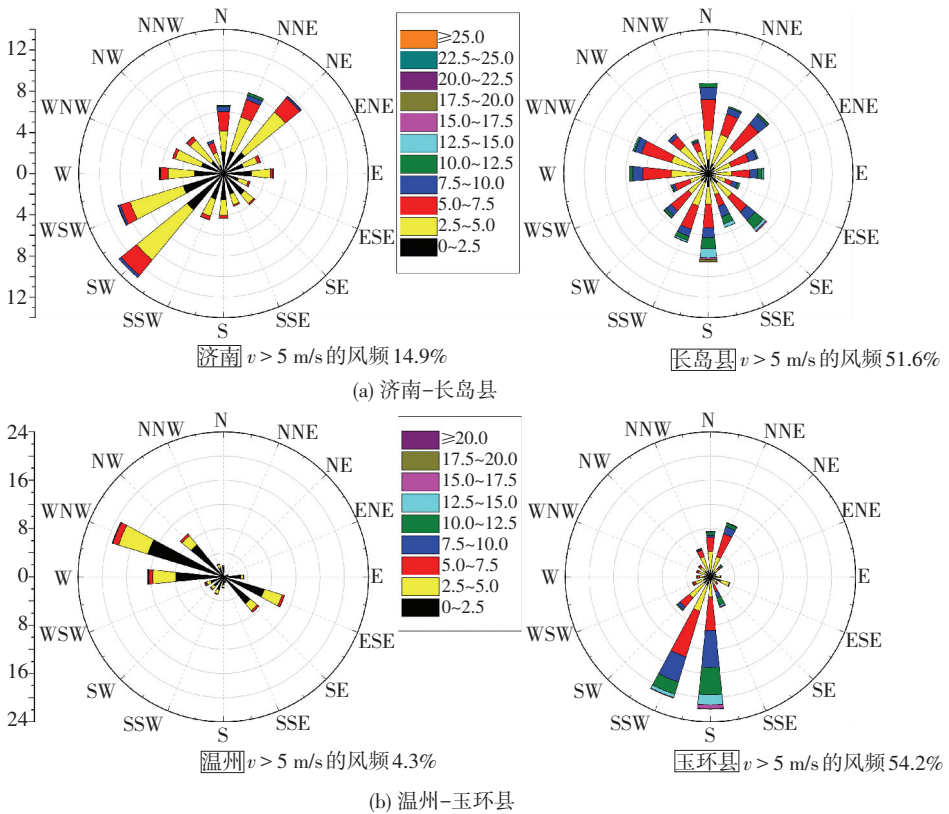


图 6 全年各月水平面太阳总辐射能

Fig.6 Total solar radiation energy monthly in horizontal direction throughout the year



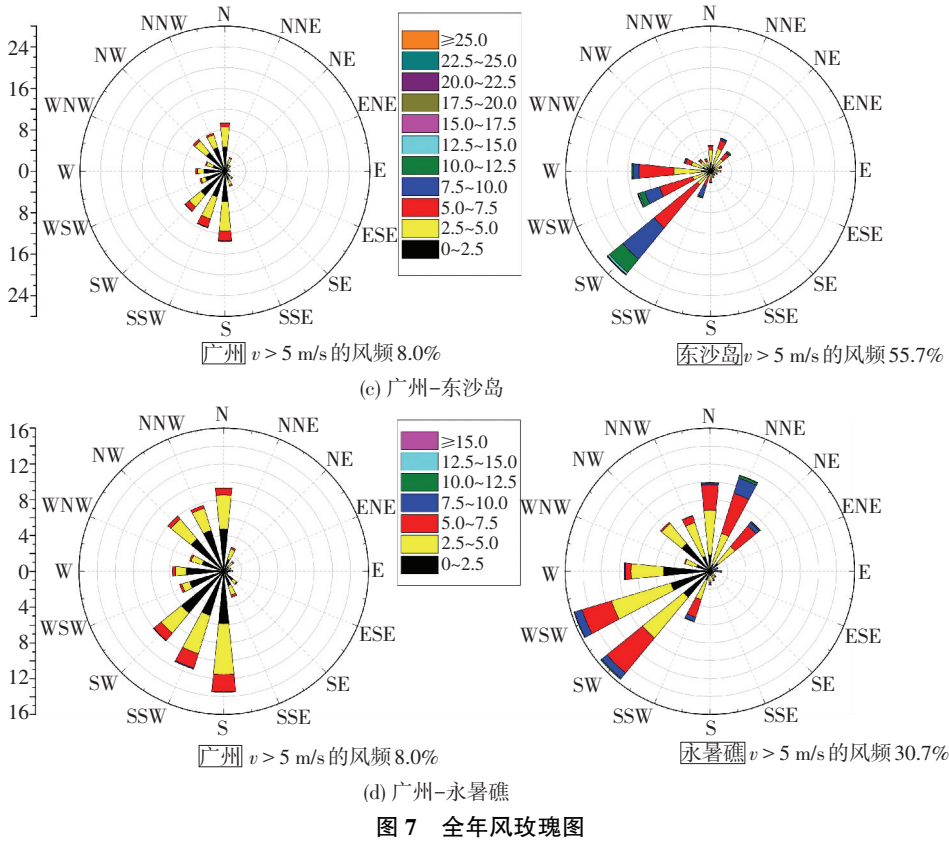


图 7 全年风玫瑰图

Fig.7 Wind rose diagram throughout the year

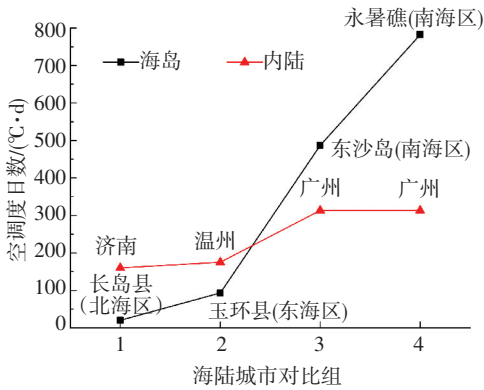


图 8 各海陆对比组城市的空调度日数 CDD26

Fig.8 CDD26 of all sea-land comparison group cities

1.4.2 年较差

年较差的分析计算不再局限于以上 4 个海陆对比组,根据目前可获得的典型气象年数据,计算得到多个海陆对比组的年较差,结果见表 1.可以看出,位于北海区、东海区的海岛县与其对应内陆城市的年较差差值有正有负且差值较小,而位于南海区的岛礁地区年较差远小于内陆.在显著性水平 5% 的条件下,经显著性检验知,北海区、东海区的海岛县与其相对应内陆城市的年较差差异不显著,而南海岛礁地区与内陆地区的年较差差异显著,可认为南海地区与内陆地区的年较差存在统计意义上的差异.

1.4.3 太阳辐射

对于北海区的长岛县、东海区的玉环县及南海区

的东沙岛,其纬度与所选内陆城市相同或相近,尽管各组海陆地区的海拔高度及空气状况有所不同,水平面太阳辐射能总量相差不大.而南海海域纬度跨度很大且处于中国最南端,仅以东沙岛气候表征南海气候特点,会显得片面,所以,同时选取南海海域偏南的永暑礁与广州水平面太阳辐射能进行对比,发现永暑礁各月水平面太阳总辐射能均远高于广州,其年辐射能总量近乎于广州的 2 倍.因此,基于纬度位置是影响太阳辐射的重要因素且南海海域纬度跨度很大的事实,南海地区太阳辐射对围护结构热工性能及建筑能耗的影响较北海区、东海区更为复杂.

表 1 海陆对比组年较差统计结果

Tab.1 Statistical result of annual temperature range				
内陆	年较差/°C	海洋	年较差/°C	备注
济南	26.9	长岛县	25.5	北海区
杭州	24.0	嵊泗县	21.3	东海区
温州	19.9	玉环县	21.9	东海区
鄞县(宁波)	20.7	定海区	22.7	东海区
福州	19.6	平潭县	17.6	东海区
广州	14.0	东沙岛	7.7	南海区
广州	14.0	西沙	6.1	南海区
广州	14.0	珊瑚岛	6.3	南海区
广州	14.0	南沙岛	6.1	南海区
广州	14.0	永暑礁	7.1	南海区

2 海域建筑气候区划现状

目前,中国建筑气候区划依据的标准主要有:《建筑气候区划标准》(GB 50178—93)^[17]中的建筑气候区划及《民用建筑热工设计标准》(GB 50176—2016)^[18]中的建筑热工设计分区。

《建筑气候区划标准》(GB 50178—93)^[17]以累年1月平均气温、7月平均气温、7月平均相对湿度为主要指标,以年降水量、年日平均气温 $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数为辅助指标,将全国划分为7个一级区,即I、II、III、IV、V、VI、VII区。

表2 各海陆对比组城市气象特征参数及气候分区归属

Tab.2 Meteorological characteristic parameters and climate partition belonging of all sea-land comparison group areas

海陆地区	气象特征参数						建筑气候区划		建筑热工设计分区	
	$\bar{t}_1/^{\circ}\text{C}$	$\bar{t}_7/^{\circ}\text{C}$	$d_{\leq 5}$	$d_{\geq 25}$	HDD18/ ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)	CDD26/ ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)	归属	主要指标	归属	主要指标
济南	-0.4	26.6	56	65	2 211	160	II(寒冷)	$-10 < \bar{t}_1 \leq 0; 18 < \bar{t}_7 \leq 28$	寒冷	$-10 < \bar{t}_1 \leq 0$
长岛县	1.0	24.5	77	34	2 570	20	V(温和)	$0 < \bar{t}_1 \leq 13; 18 < \bar{t}_7 \leq 25$	温和	$0 < \bar{t}_1 \leq 13; 18 < \bar{t}_7 \leq 25$
温州	9.1	29.0	6	92	1 117	115	III(夏热冬冷)	$0 < \bar{t}_1 \leq 10; 25 < \bar{t}_7 \leq 30$	夏热冬冷	$0 < \bar{t}_1 \leq 10; 25 < \bar{t}_7 \leq 30$
玉环县	6.2	28.0	24	70	1 326	93	III(夏热冬冷)	$0 < \bar{t}_1 \leq 10; 25 < \bar{t}_7 \leq 30$	夏热冬冷	$0 < \bar{t}_1 \leq 10; 25 < \bar{t}_7 \leq 30$
广州	14.9	28.9	0	178	373	313	IV(夏热冬暖)	$\bar{t}_1 > 10; 25 < \bar{t}_7 \leq 29$	夏热冬暖	$\bar{t}_1 > 10; 25 < \bar{t}_7 \leq 29$
东沙岛	21.6	29.2	0	224	2	487	—	—	—	—
永暑礁	22.5	29.2	0	297	0	782	—	—	—	—

注: \bar{t}_1 为1月平均气温; \bar{t}_7 为7月平均气温; $d_{\leq 5}$ 为年日平均气温 $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数; $d_{\geq 25}$ 为年日平均气温 $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数;HDD18为采暖度日数;CDD26为空调度日数。

由表2可知,严格按照建筑气候区划及建筑热工设计分区指标划分,北海区的山东长岛县属于温和地区,而济南却属于寒冷地区;东海区的浙江玉环县属于夏热冬冷地区,与温州气候分区归属一致;南海区的东沙岛、永暑礁不属于两种分区方法中的任何一个气候区,而广州却属于夏热冬暖地区。

另外,《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75—2012)^[19]规定夏热冬暖地区指中国北纬 27° 以南、东经 97° 以东区域,以该标准来看,南海区的东沙岛、永暑礁属于夏热冬暖地区。

综上,中国海洋地区的海岛县(或海域岛礁)按照国家目前施行的气候分区标准,存在如下情况:

- 1) 与同纬度或相近纬度内陆城市气候分区归属相同;
- 2) 与同纬度或相近纬度内陆城市气候分区归属不同;
- 3) 不属于建筑气候区划及建筑热工设计分区中任何一个气候区。

3 海域建筑气候区划的必要性

通过上述同纬度或相近纬度海陆气候对比情况可知,海洋与陆地气候差异性大,这种差异性势必会导致海域建筑与内陆建筑在节能设计策略上的不同,而科学准确的建筑气候分区方法正是当地气候

《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—2016)^[18],从建筑热工角度出发,采用空气温度作为气候区划的主要依据,以累年最冷月(即1月)和最热月(即7月)平均温度作为分区主要指标,累年日平均温度 $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数作为辅助指标,将全国划分为严寒、寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖及温和地区5个一级区。

在统计获得了各对比组中内陆城市及海岛县的气象特征参数基础上,严格按照建筑气候区划及建筑热工设计分区的一级区划主要指标对各海陆对比组城市进行划分,表2给出了各海陆地区的气象特征参数及建筑气候分区归属情况。

与建筑节能设计策略相匹配适应的桥梁。

由海域建筑气候区划现状及海陆气候差异性分析来看,中国海洋地区的建筑气候分区不明确,现行建筑气候分区标准并不适用于海洋地区,因此,有必要寻求新的气候分区方法,将中国海陆全部区域进行建筑气候区划,使海域建筑与气候真正地协调适应。

另外,通过不同海区海陆气候对比可发现,南海区的岛礁地区与其对应内陆地区的空调度日数CDD26差值及年较差差值远大于北海区、东海区;此外,南海区的太阳辐射能会根据纬度位置的不同对建筑热工性能及能耗造成不同的影响。因此,南海区海域岛礁与其对应内陆城市的差异性远大于北海区、东海区的海岛县与其对应内陆城市的差异性,因此,在后续海洋地区气候区划研究中,南海区很可能会有别于北海区、东海区,从而较北海区、东海区显得更为复杂。

4 结 论

本文通过同纬度海陆气候对比及不同海区海陆气候对比两个不同角度分析了海洋的气候特征,并根据国家现行建筑气候分区标准确定了各海陆对比组中内陆城市及海岛县(或海域岛礁)的建筑气候分区归属情况,获得如下结论:

- 1) 海洋与陆地的气候差异性大,其差异性主要

体现在二者空调度日数 CDD26 差值大,海岛县(海域岛礁)的日较差小及风速大。

2) 海陆空调度日数 CDD26、年较差及太阳辐射的差异性随不同海区而异。由海陆空调度日数 CDD26 差异性知,海洋对不同海区建筑能耗的影响是不同的;相较于北海区、东海区,经显著性检验发现,南海岛礁地区与内陆地区的年较差差异显著;另外,辐射能的差异性主要取决于南海岛礁地区所处的纬度位置。

3) 由海域建筑气候区划现状及海陆气候差异性分析来看,中国海洋地区的建筑气候分区不明确,现行建筑气候分区标准不适用于海洋地区。

4) 有必要针对海洋地区进行建筑气候区划,使当地建筑与气候真正地协调适应,且海域建筑气候区划研究中,南海区较北海区、东海区更为复杂。

该研究对中国海洋地区能够具备科学准确的建筑气候分区归属具有推动作用,进而可为海洋地区超低能耗建筑的设计研究奠定理论基础。

参考文献

- [1] UN, New York (USA) Eng. 联合国海洋法公约[M]. 北京:海洋出版社, 1992.
UN, New York (USA) Eng. United nations convention on the law of the sea[M]. Beijing: China Ocean Press, 1992.
- [2] 生楠, 高健, 刘依阳. 中国海洋产业发展与海洋资源利用的关联度研究[J]. 海洋经济, 2016, 6(5):19-25. DOI: 10.19426/j.cnki.cn12-1424/p.2016.05.003.
SHENG Nan, GAO Jian, LIU Yiyang. Incidence research between marine industry and resource factors in China[J]. Marine Economy, 2016, 6(5):19-25. DOI: 10.19426/j.cnki.cn12-1424/p.2016.05.003.
- [3] 张一飞, 赵天宇, 李光皓. 哈尔滨居住建筑南向窗尺寸优化遮阳效果分析[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2015, 47(2):37-41. DOI: 10.11918/j.issn.0367-6234.2015.02.007.
ZHANG Yifei, ZHAO Tianyu, LI Guanghao. Energy conservation optimization for shape of southern window of residential buildings in Harbin[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2015, 47(2):37-41. DOI: 10.11918/j.issn.0367-6234.2015.02.007.
- [4] LONG E. Are the energy efficient rates (RVRs) approximate in different climatic locations for the same building with the same reform[J]. Building & Environment, 2005, 40(4):557-562. DOI: 10.1016/j.buildenv.2004.06.015.
- [5] 赵立华, 李宁, 王钊. 广州地区办公建筑外围护结构的热工性能与节能分析[J]. 建筑科学, 2008, 24(4):49-53. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8528.2008.04.011.
ZHAO Lihua, LI Ning, WANG Zhao. Analysis on thermal characteristics and energy efficiency of building exterior envelope in office buildings in Guangzhou[J]. Building Science, 2008, 24(4):49-53. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8528.2008.04.011.
- [6] 张旭, 李魁山. 几个节能措施对夏热冬冷地区居住建筑能耗的敏感性分析[J]. 暖通空调, 2008, 38(7):10-14. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8501.2008.07.003.
ZHANG Xu, LI Kuishan. Sensitivity analysis of energy consumption for residential buildings in hot summer and cold winter zone[J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2008, 38(7):10-14. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8501.2008.07.003.
- [7] 王昭俊, 孙晓利, 赵加宁, 等. 利用夜间通风改善办公建筑热环境的实验研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(12):2084-2088. DOI: 10.3321/j.issn:0367-6234.2006.12.016.
WANG Zhaojun, SUN Xiaoli, ZHAO Jianing, et al. Experimental study on night ventilation to improve thermal environment in office rooms[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38(12):2084-2088. DOI: 10.3321/j.issn:0367-6234.2006.12.016.
- [8] DENG S, DALIBARD A, MARTIN M, et al. Energy supply concepts for zero energy residential buildings in humid and dry climate[J]. Energy Conversion & Management, 2011, 52(6):2455-2460. DOI: 10.1016/j.enconman.2010.12.054.
- [9] EVOLA G, MARGANI G, MARLETTA L. Cost-effective design solutions for low-rise residential Net ZEBs in Mediterranean climate[J]. Energy & Buildings, 2014, 68(1):7-18. DOI: 10.1016/j.enbuild.2013.09.026.
- [10] 季翔, 张宝军, 陈志东, 等. 苏北地区既有住宅建筑节能改造技术研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35(11):1320-1322. DOI: 10.3321/j.issn:0367-6234.2003.11.012.
JI Xiang, ZHANG Baojun, CHEN Zhidong, et al. Reconstruction of existing dwellings in Northern Jiangsu for energy-saving[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2003, 35(11):1320-1322. DOI: 10.3321/j.issn:0367-6234.2003.11.012.
- [11] 张慧玲. 建筑节能气候适应性的时域划分研究[D]. 重庆:重庆大学, 2009.
ZHANG Huiling. Research on time-division of building energy efficiency climate adaptation[D]. Chongqing: Chongqing University, 2009.
- [12] 付祥钊, 张慧玲, 黄光德. 关于中国建筑节能气候分区的探讨[J]. 暖通空调, 2008, 38(2):44-47. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8501.2008.02.009.
FU Xiangzhao, ZHANG Huiling, HUANG Guangde. Discussion of climatic regions of building energy efficiency in China[J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2008, 38(2):44-47. DOI: 10.3969/j.issn.1002-8501.2008.02.009.
- [13] 张耀光, 刘桓, 张岩, 等. 中国海岛县的经济增长与综合实力研究[J]. 资源科学, 2008, 30(1):18-24. DOI: 10.3321/j.issn:1007-7588.2008.01.003.
ZHANG Yaoguang, LIU Huan, ZHANG Yan, et al. Assessing economic growth and comprehensive strength of China's island counties[J]. Resources Science, 2008, 30(1):18-24. DOI: 10.3321/j.issn:1007-7588.2008.01.003.
- [14] 张晴原, HUANG Joe. 中国建筑用标准气象数据库[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
ZHANG Qingyuan, HUANG Joe. Standard meteorological database for building in China[M]. Beijing: China Machine Press, 2004.
- [15] 中国气象局气象信息中心气象资料室. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2005.
Meteorological Office of the Meteorological Information Center in the China Meteorological Bureau. Special meteorological data for building thermal environment analysis in China[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2005.
- [16] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑节能气象参数标准: JGJ/T 346—2014[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2014.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for weather data of building energy efficiency: JGJ/T 346—2014[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [17] 中国建筑科学研究院. 建筑气候区划标准: GB 50178—93[S]. 北京:中国计划出版社, 1993.
China Academy of Building Research. Standard of climatic regionalization for architecture: GB 50178—93[S]. Beijing: China Planning Press, 1993.
- [18] 中国建筑科学研究院. 民用建筑热工设计规范: GB 50176—2016[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2016.
China Academy of Building Research. Thermal design code for civil building: GB 50176—2016[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.
- [19] 中国建筑科学研究院. 夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准: JGJ 75—2012[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2012.
China Academy of Building Research. Design standard for energy efficiency of residential buildings in hot summer and warm winter zone: JGJ 75—2012[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.