

中国城市气候丛书

天津市气候服务中心 编著

天津城市气候

气象出版社

前 言

本书的编写是根据国家气象局下达的“全国各省市自治区气象部门实施三十年气候总结”的精神,在完成“三十年资料整编”及“气候图集”出版的基础上进而完成的“天津城市气候”的出书计划,此举一方面完成上级下达之任务,同时填补天津市没有气候专集的历史,也为改革开放宣传天津作贡献。

“天津城市气候”专集共分八章,主要包括绪论、城市气候诊断、城市降水和湿度、城市风场、城市辐射和热量平衡、城市大气环境、城市气候与人体健康和旅游、城市主要灾害及防灾对策等。

该书内容丰富,涉及面广,我们集中科研骨干力量,充分利用先进设备能力,广泛参阅已有成果,在市气象局的大力关怀支持下完成此书的编写工作。具体分工如下:第一章陈凤贤执笔;第二章冀文萍执笔;第三章潘银西执笔;第四章苗峻峰执笔;第五章朱玉强执笔;第六章陈凤贤执笔;第七章赵嘉俊、段丽瑶执笔;第八章翟继荣、潘银西、吴安军、郭军、段丽瑶、张文云、陈凤贤等执笔。文中所列部分资料由刘月琨提供;陈凤贤拟定编写大纲及担任全书总编;朱玉强负责对全书的文字打印、编排、定样。

城市气候学是一门新兴学科,“天津城市气候”的出版更是根基浅薄,在此方面还有大量工作要做,随着科学技术的进步和城市化的进展,对城市气候研究的深度和广度将提出更新更高的要求,这本“城市气候丛书”的问世,只能是填补天津市无气候书的空白。由于过去工作的深度、广度以及编著者的水平所限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

1998年8月

目 录

前 言

第一章 绪论	(1)
--------------	-----

第二章 城市气候诊断	(3)
------------------	-----

第一节 天津城市气温的诊断	(3)
---------------------	-----

第二节 天津城市热岛	(11)
------------------	------

第三节 天津城市低空逆温	(21)
--------------------	------

第四节 天津市特殊地理位置形成的气候属性	(25)
----------------------------	------

第三章 城市降水和湿度	(31)
-------------------	------

第一节 城市降水	(31)
----------------	------

第二节 城市雾	(38)
---------------	------

第三节 城市空气湿度	(41)
------------------	------

第四章 城市风场	(46)
----------------	------

第一节 城市发展对盛行风速的影响	(47)
------------------------	------

第二节 地面风速的分布及季节变化	(47)
------------------------	------

第三节 地面风速的日变化	(48)
--------------------	------

第四节 城区地面风向的季节变化及城郊风频	(49)
----------------------------	------

第五节 风场的垂直结构	(50)
-------------------	------

第五章 城市辐射平衡和热量平衡	(53)
-----------------------	------

第一节 天津地区的辐射平衡	(53)
---------------------	------

第二节 天津市区的辐射平衡	(61)
---------------------	------

第三节 城市对辐射平衡和热量平衡的影响	(66)
---------------------------	------

第六章 城市大气环境	(69)
------------------	------

第一节 大气污染与日照时数减少	(69)
-----------------------	------

第二节 大气污染与能见度降低	(73)
----------------------	------

第三节	城市的酸雨和噪声污染	(77)
第四节	城市建设与城市气候	(81)
第五节	控制城市污染,改善城市气候.....	(84)
第七章	城市气候与人体健康和旅游	(90)
第一节	城市发展和局地气候对人体健康的影响	(90)
第二节	气候与疾病	(93)
第三节	气候与养生	(95)
第四节	城市气候与旅游	(98)
第八章	城市主要灾害及防灾对策.....	(104)
第一节	冰雹、大风灾害	(104)
第二节	暴雨、洪涝、雷击对仓库、交通、城市居民 生活的影响.....	(109)
第三节	龙卷风对国民经济的影响.....	(111)
第四节	雾对交通、环境的影响	(113)
第五节	大雪对交通、公共设施、供电线路的影响.....	(118)
第六节	低温对工程、交通、人民健康的影响.....	(120)
第七节	高温、干旱对中暑及城市环境的影响	(122)
第八节	浮尘、扬沙、沙尘暴灾害对城市环境的 影响.....	(130)
第九节	风暴潮对港口建设的影响	(134)

第一章 绪 论

天津市位于中纬度欧亚大陆东岸,华北平原东北部,海河流域下游,北部有燕山横亘,西部、南部与河北平原接壤,东部面临渤海,是我国四大直辖市之一。总土地面积 11917.72km^2 ,人口 978.97 万。境内 95% 的面积为海河冲积平原,地势低洼平坦,拔海高度一般不超过 6m,仅北部蓟县为丘陵山区,拔海高度大都在 100~500m 之间,最高峰为 1076m,全市地形自北和西北向东南沿海缓坡而下,形成北、西北部高,东、东南部低的特点。

海河纵贯市区,南运河、子牙河、大清河、永定河、北运河五大支流汇入海河,经塘沽入海,同时也是子牙新河、独流碱河、永定新河、潮白新河、蓟运河等水系的入海地,故称九河下梢。

天津市是历史文化名城,其区内有四处自然保护区,包括蓟县上古元界国家自然保护区、八仙山森林生态保护区、盘山风景名胜区、天津古海岸与湿地国家自然保护区。市区有历史名人的故居与故地,还有全国闻名的科学技术馆及体育馆等。

天津市是我国南北交通的重要枢纽,铁路、公路、海运、内河、航空运输已形成体系,又是华北地区重要的物资集散地,并与国内各地及世界 160 多个国家、地区相连接,全市拥有 33km^2 的经济技术开发区, 7km^2 的天津港保税区和 22km^2 的天津新技术产业园区。

为改善城市环境,市区周边营造了环城绿化带,河道两侧逐步提高绿化水平,海河两侧公园继续延伸,道路两侧及不同功能区之间建成各种形式的绿化带,还加强了大中公园的建设、居住区绿化建设等。

为提高市区大气环境质量状况,大力改善居民用煤方式,推行

集中供热,热化率在逐年提高,气化率已达 97%以上,并不断改善市民的生活环境和居住环境。

如上所述,天津市地处渤海之滨,由于海洋的调节作用,其气候也独具特色,海洋调节地方气候的明显特征是日较差减小。我国气候学者张家诚先生指出:采用单一的大陆度方法划分气候区域不尽合理,尤其对我国季风气候显著地区,除考虑年较差外,还要考虑月平均日较差,月平均日较差小于 10°C 的月份,就属于海洋性气候,我国沿海地区尚有海洋性气候存在。而天津市一年中有 7 个月的月平均日较差小于 10°C ,且年平均日较差也小于 10°C ,表明海洋性气候的存在。在 3~6 月及 10 月,月平均日较差大于 10°C ,大陆性气候特征显著,表明天津市气候的双重性,即处在海洋性气候向大陆性气候过渡的区域内,称做海洋性过渡气候。天津市是北方气候条件较为优越的城市之一。

总之天津市地理位置优越,交通发达,城市建设成绩显著,绿化水平较高,气候冷暖适中,全市经济态势已步入一个快速发展时期,社会稳定,人民生活质量进一步提高,天津市正朝着繁荣、富强方向前进,并将步入世界先进港口城市之列。

参 考 文 献

- [1] 天津市农业区划办公室,天津市农业资源与综合区划,1994。
- [2] 天津市建委,天津奔向现代化的重要一步,天津人民美术出版社,1986。
- [3] 陈凤贤,天津的气候属性,天津气象,(4),1988。
- [4] 陈凤贤,环渤海区域的气候优势,天津气象,(3),1995。

第二章 城市气候诊断

第一节 天津城市气温的诊断

一、气温与四季

天津处于北温带季风气候区,融融之春、炎炎之夏、瑟瑟金秋、皑皑严冬组成了天津冷暖分明的四季。

3~5月春季来临。津城虽然还受到来自西北大陆冷气团的控制,但冷气团强度渐弱。南方的暖气流不断北上,气温回升,阳光融融。这时气温多变,但大地回暖已是必然。3月份天津各地平均气温为4~6℃,4月份猛增到12~14℃,5月份即达19~20℃,是全年中月温差最大的季节(见表2-1)。偶有冷空气侵袭,会引起剧烈降温,往往产生春霜冻和倒春寒,威胁农业生产,影响市场供应及畜禽饲养等,也给城市生活、工作带来不便。一般在4月初气温仍可降到-3℃以下,1969年4月4日宝坻县日最低气温曾达-11℃。所以要特别注意身体健康,防止春季温度突变引起疾病。一般春霜到4月上、中旬结束。全市以塘沽区春霜结束得最早,武清县最晚。

表 2-1 天津各月平均气温变化表

月份	1	2	3	4	5	6
温度	-3.6~-5.8	-1.3~-3.2	5.5~3.8	13.7~12.5	20.2~18.9	24.4~23.1
月份	7	8	9	10	11	12
温度	26.4~25.6	26.0~24.6	21.4~19.5	14.6~12.6	5.8~3.6	-1.3~-3.3

6~8月是炎炎夏季。进入6月,副热带高压逐渐控制我市,高温天气随之而来。7月副热带高压进入鼎盛时期,高温天气持久不

退。夏季三个月的平均气温一般都达 23°C 以上,7 月份最高,为 26°C 左右。日极端最高气温约 70% 的年份出现在 6 月,蓟县 1961 年 6 月曾出现 41.2°C 的记录。7 月日极端最高气温往往不及 6 月份高,但平均气温高。尤其 7 月多降雨,空气湿度大,因此倍感天气闷热。太平洋暖湿气团影响我市时上述情况出现较多。炎夏虽令人难耐,但夏热却仍是一种宝贵的气候资源,人称“夏无酷暑,五谷不熟”就是对夏热资源的认同。当然夏热也给城市生活带来不良影响,给某些工业生产带来一定困难。城市的炎热往往因城市热岛效应而加重,所以更应注意夏季的防暑降温。

9~11 月金秋来临。暖湿气流已是强弩之末,随着其势力的减弱,冷气团开始活跃。瑟瑟秋风赶走了恼人的闷热,慷慨地把凉爽和丰收一起送给了人们。9 月份平均气温为 $20\sim 21^{\circ}\text{C}$,比 8 月份下降 $4\sim 5^{\circ}\text{C}$,尤其是 11 月,气温为 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$,是秋季气温降低最快的月份。秋季平均气温为 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$,日较差较大,仅次于春季。秋季日较差大,利于粮食作物、瓜果、蔬菜高产,但需注意秋霜的危害。天津的早霜冻最早出现在 9 月 28 日(蓟县,1968 年)。秋季常有急剧降温天气出现。严重的冰冻、降温常冻坏果树、蔬菜和经济林木。直接影响市民的菜篮子。1979 年 11 月中旬的一场冻害,天津郊区大白菜被冻在地里。

12~2 月是天津的严冬。12 月始,西伯利亚冷气团以其强大的势力控制了整个北方,白雪皑皑、朔风劲吹。随着气温降低,大地封冻,一年中最寒冷的季节到来。冬季的平均气温为 $-4\sim -5^{\circ}\text{C}$,三个月的平均温度都在 0°C 以下。1 月份最冷,平均气温 $-4\sim -6^{\circ}\text{C}$ 。极端最低气温出现在宝坻(1966 年 2 月),为 -27.4°C 。冷在“三九”,“三九”前后,正值小寒、大寒节气,西伯利亚和蒙古入侵的冷空气不仅势力强而且频频入境,一般每次间隔 $5\sim 7$ 天,西北大风劲吹,风后都会降温。所以温室、菜窖、家禽家畜的舍圈以及瓜果的储藏、保鲜特别要注意预防冻害。人们野外作业等也要注意防寒。寒冷虽然有不利的一面,但也有有利的一面,严寒可冻死有害的菌

类和害虫,并为人们提供了天然的冰箱。

二、气温的地理分布

天津市累年平均气温在 $11.1\sim 12.5^{\circ}\text{C}$ 之间,依地区不同而异。图 2-1 为天津各地的年平均气温分布图。可以看到天津市区气温最高,宝坻县气温最低。气温分布的主要倾向是东、南部偏高,向北气温逐渐降低。蓟县的测站设立在北部山区的山前,气温因此稍有偏高。天津市区比城郊气温高,甚至比处于南部的静海等地气温也高,其原因与天津市区的城市热岛效应有关。大港地区、塘、汉沽地区都紧临渤海,气温也比较高。纵观天津各地,平均气温的差别不过 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

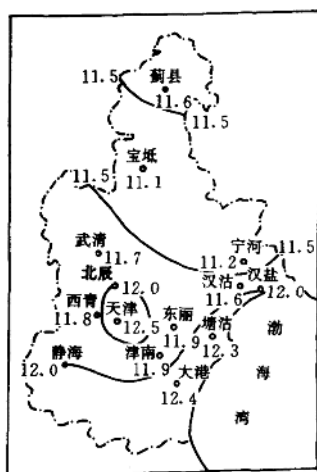


图 2-1 天津年平均气温分布($^{\circ}\text{C}$)

天津最高气温和最低气温的地区差异比平均气温大得多。图 2-2 和图 2-3 为极端温度分布图。极端最高气温为 $37.4\sim 41.2^{\circ}\text{C}$, 地区差异 3.8°C ; 极端最低气温为 $-27.4\sim -17.1^{\circ}\text{C}$, 地区差异

9.3℃,较平均气温的起伏大。极端最低气温的分布规律与平均气温相似,但沿海温度偏高的特点更加突出。宝坻县是一个明显的低温中心。在极端最高气温分布图上,塘、汉沽和津南、大港的值不高。与最低温度图综合起来,可以看出沿海地区温差较小的特征。温差最大的是宝坻县,特别是低温天数较多。

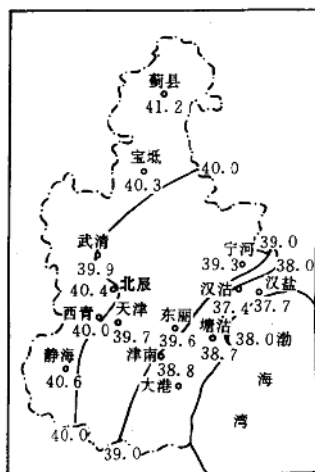


图 2-2 天津极端最高气温分布(℃)

三、气温演变的气候诊断

天津市气象观测记录始于 1891 年,至今已有 105 年历史,资料长度附合气候诊断所需,故以市台记录为例,探讨天津气温演变规律。

首先对天津气温进行订正后,绘出以下气温演变趋势图。年平均气温最高值为 14.6℃,出现在 1899 年,其次为 14.5℃,出现在 1927 年。年平均气温最低值为 10.7℃,出现在 1947 年,其次为 10.9℃,出现在 1895、1911 年。1994 年平均气温达 13.9℃,虽然不

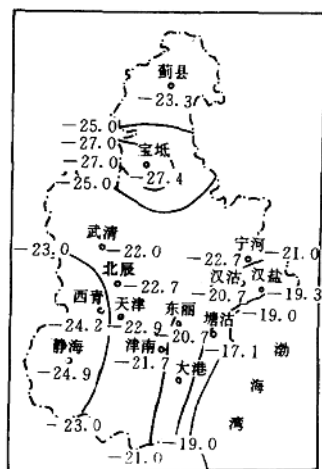


图 2-3 天津极端最低气温分布(℃)

是最高,但已是 1927 年以来 68 年的极值。

由图 2-4 可见天津气温出现明显的三峰二谷:第一峰是 1897~1907 年,暖期持续了 11 年,平均气温达 13.5°C 。另一峰值为 13.4°C ,出现在 1926~1931 年,持续了 6 年。这两个暖期比较强。80 年代又进入一个偏暖的时期,至 1995 年平均气温为 13.0°C ,尚未超过历史上高温阶段的记录,但持续时间不长。两个冷期分别在 1908~1918 年和 1952~1957 年,平均气温各为 11.5°C 和 11.7°C 。前者持续时间达 11 年,温度也最低。该时段正值暖期之后,温差最大,达 2°C 。年平均气温变化 1°C 度相当于气候带纬向移动 $100\sim 400\text{km}$,偏差 2°C 的变化不言而喻。20 世纪初的 15 年是我市气温变化最剧烈的时候。这样剧烈的气温变化必然会给生产和生活带来巨大影响。

进入 20 世纪以来气温的变化幅度逐渐变小(表 2-2)。夏季最热月的气温在 1940 年以前偏高,以后降低,冬季最冷月的变化趋

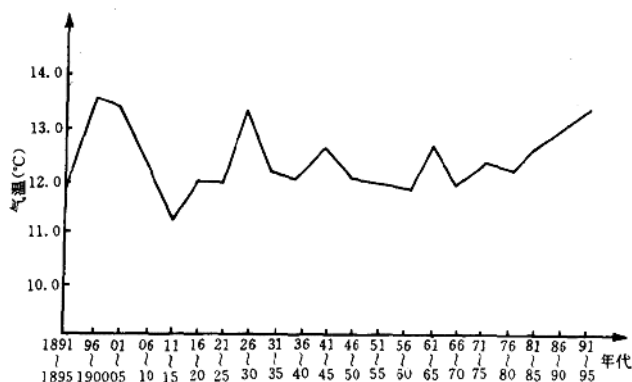


图 2-1 天津气温 5 年变化趋势图

势正好相反,为前冷后暖,致使年较差由 1891~1900 年的 33.09℃逐渐减小,到 80 年代降为 29.96℃,更于 90 年代降到 28.46℃,达到最小。比 19 世纪末减小了 3℃以上。年较差减小说明冷热变化和缓。

表 2-2 天津最冷月与最热月气温较差变化表(℃)

年代	1891~1900	1901~1910	1911~1920	1921~1930
平均年较差	33.09	32.68	32.95	32.56
距平	+1.4	+1.0	+1.3	+0.9
与上年代比	-0.4	+0.3	-0.4	0

年代	1931~1940	1941~1950	1951~1960	1961~1970
平均年较差	32.59	31.30	31.25	30.72
距平	+0.9	-0.4	-0.4	-1.0
与上年代比	-1.3	0		-0.5

年代	1971~1980	1981~1990	1991~1995	前 50 年	后 55 年
平均年较差	29.75	29.96	28.46	32.77	30.4
距平	-1.9	-1.7	-3.2	+1.1	-1.3
与上年代比	-0.9	+0.2	-1.5		-2.4

就不同季节而言,夏季温度下降,冬季温度上升(见图2-5)。

故凉夏和暖冬频频出现。夏季气温的下降趋势始于20世纪30年代。冬季气温上升现象则在本世纪初出现。历年同期降温的现象一般从5月开始持续到10月;升温从11月开始持续到第二年4月。隆冬和盛夏升、降温的幅度都达平均 1°C 以上。所以夏半年(5~10月)降温、冬半年(11~4月)升温的变化比较有规律。

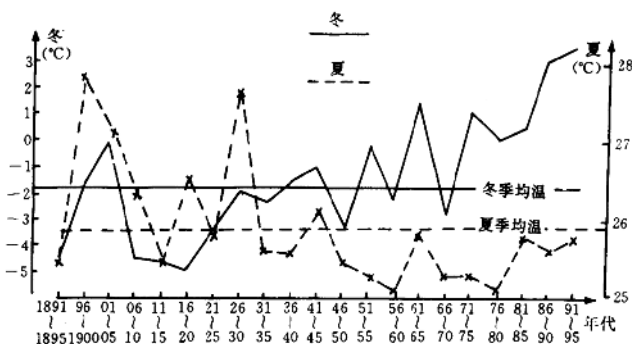


图2-5 冬、夏季气温5年平均变化趋势

综上所述,天津地区近百年气温出现过“三峰两谷”,30年代以来气温相对稳定少变,夏季气温下降,冷夏年增多;冬季气温持续上升,暖冬频频出现。进入80年代冬季气温上升加剧(见图2-5),夏季气温稳中有升,致使全年气温迅速升高。尤其是1988~1995年平均气温已达 13.3°C ,明显成为新的峰点。有迹象表明,从70年代中期始,天津气温向升高趋势演变。

天津的气温与全球变化基本一致。像全球气温变化倾向一样,天津在50年代也是温度低谷,60年代又有一段高温期,70年代中期以后气温急剧上升。既然天津气温的演变是在全球气温变化的背景下产生的,那么它的变化就不是孤立的。气象工作者通过天津与周围地区气温的相关检验,说明气温的这种变化与北京、石家

庄、保定、秦皇岛等地的气温相关显著($\alpha=0.01$),确有相当范围的区域性(见表 2-3)。

表 2-3 各地与天津气温项目相关系数表($\alpha=0.01$)

项 目	年平均气温相关	6~8 月平均气温相关	最冷月气温相关
塘 沽	0.9245	0.9301	0.9585
北 京	0.8806	0.8594	0.8366
石家庄	0.8837	0.8395	0.7705
保 定	0.9399	0.8945	0.8242
秦皇岛	0.8219	0.8964	0.6884

造成气温变化的因素很多。在气候尺度上着重分析的是产生长期效应的因素。

四、引起气温变化的因素

1. 下垫面的加热作用

大气运动受到下垫面的广泛影响。特别是下垫面的加热作用对大尺度大气运动的影响更为重要。海洋热容量为大气的 1200 倍之多,具有更大的热惯性。天津近海,海洋对天津气温的影响不可忽视。根据资料,50 年代、60 年代的海温距平场为负型;70 年代、80 年代为正型。在海温场为负型时,对应天津、塘沽及周围的北京、石家庄、保定、秦皇岛等六地区气温为负距平。海温场为正型时对应天津等六地区气温多数正距平。所以海表温度与天津气温的升降变化有正相关关系。

2. 太阳辐射

运转大气这部热机的根本能源是太阳辐射。因此日-地总辐射与该地区温度的变化密切相关。通过对总辐射与平均气温相关分析得到:总辐射与夏季平均气温相关系数 $\gamma=0.49$,通过 $\alpha=0.01$ 的信度检验。由此我们认为,天津夏季气温对总辐射变化的反应较敏感。年平均气温与总辐射相关不显著,这与近年来秋、冬季大气污染渐重有关。大气污染使大气透明度减弱,总辐射产生更大的不

稳定性。

3. 人类活动

人类活动影响气候,城市热岛效应就是人类活动集中而产生的一种特殊气候效应。天津是我国人口最集中的城市之一,人口逐年增加。天津市区与周围五县年平均气温之差 70 年代为 0.8°C , 80 年代达 1.0°C , 90 年代增加更剧。虽然实际值与理论增值有一定差距,但城乡温差随人口增加的趋势是明显的。关于城市热岛效应下节将论述,此不赘言。

4. 全球变暖

许多专家认为地球温室效应使全球气候变暖。据研究,地球大气 CO_2 的浓度正迅速增加。一些有影响的组织指出:到 2025 年前后,大气中 CO_2 浓度将达 $400\sim 480\text{ppmv}^{\text{①}}$,会使地面平均温度升高 $1.5\sim 4.5^{\circ}\text{C}$ 。另外,除 CO_2 外, CH_4 , N_2O 以及氯、氟、碳类化合物等对地气系统辐射有重要作用的气体浓度也在逐年增加,而且它们增加的速度比 CO_2 更快。上述气体带来的温室效应无疑会使气温逐渐升高。温室效应是工业发展带来的副作用,从这个意义上讲,温室效应也是人类活动的结果之一。也有人认为,气候变暖是正常气候阶段的演变,与温室效应无关。对于温室效应的研究尚待进一步深化。

第二节 天津城市热岛

大自然中热能的输送方向是白天流向地球和底层空气,夜晚相反。在城市中钢筋水泥建筑和沥青路面白天很快吸热升温,夜晚放出比乡村更多的热。城市人口密集、工业集中,生产和生活散热也比乡村多,特别是汽车等能源消耗带来大量的烟尘,在城市上空

① ppmv:体积比的习惯写法。 $1\text{ppmv}=10^{-6}$ 。

形成“保温层”，产生温室效应。故而城市气温高于周围农村，城乡等温面状如海中岛屿，这种现象被称为“城市热岛”。

一、城市热岛的地理分布

天津的热岛地理分布在天津全市气温累年平均图上看得非常清楚：市区气温最高，在市区周围形成递减的气温等值线闭合区，郊区气温低于市区，一般低 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，有时达 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 。在市区，市中心气温高于市边缘。虽然不同时间城市热岛的分布和强度有差异，但是都有相似特征，即气温高值区的走向为北西北至南东南，与市中心的位置和城市沿海河的基本布局相一致。图 2-6 是天津市 1984 年 12 月实测的温度场，它显示出城市热岛的基本分布。使用卫星或飞机拍摄的红外遥感图像近年来已广泛应用于对城市温度的研究。通过遥感探测得到天津城市下垫面的辐射温度一般比郊区高 $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。气象专家在红外图像上还发现整个城区呈现一个大热岛，之中包括许多小热岛。这些小热岛的分布与城市功能有关。如发电厂、钢铁厂、水泥厂、耐火材料厂等工业区气温就高，热岛强度最大。市区主要道路和交通干线在遥感图上比附近温度高两个色阶。街道一般高一个色阶。商业区和居民区气温较低。绿地和水面较多的地区气温最低。从图 2-6 中可明显看出城市西南部气温低，这与该地主要分布着学校、居民区和公园等有关。

二、城市热岛的垂直特征

为了获得城市气温垂直变化的资料，科学家进行了多项实验，包括把温度表安放在铁塔的不同高度上观测城市和农村的气温。有人指出城、郊气温的垂直梯度白天差别不大，夜晚有所增加，晚上郊区较常出现接地逆温，在近地层城区气温比周围农村高，到一定高度出现交叉效应，城区的气温反而比郊区低了。天津城市热岛的垂直高度平均在 500m 左右，观测所得城市热岛高度在 12 月平均为 700m，最高可达 900m；6 月平均高度为 270m，上限为 600m。

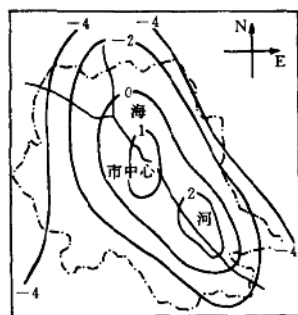


图 2-6 天津城市热岛示意图(℃)

热岛的强度随着高度的增加而减弱。在空中,热岛的垂直结构呈热羽状,并且有明显的时间变化。

三、城市热岛的月、季变化与日变化

天津城市热岛强度年平均值在 $0.5 \sim 0.9^{\circ}\text{C}$ 。月、季和日变化都相当显著,这是由于它不仅与城市地理特征、下垫面的性质等有关,而且与工业和民用热源、气象条件等因素有关。这些因素都随着一年中不同季节和昼夜的交替而改变。比如冬季取暖的热能耗散显然比其它季节多,昼夜的热量传递方向不同,城市工业的污染物和热量排放在不同时间也不一样,凡此种种都影响到不同时刻城市热岛强度的差异。表 2-4 为天津各季节热岛强度值。如表所示:天津的热岛强度冬季最强,秋季次强,春、秋季相近,夏季是强度最弱的季节。一年中各月平均热岛强度如图 2-7 所示,其变化是单波型。强度最大值在 1 月份,最小值在 6、7 两个月。在垂直剖面图上,热岛最上层的高度夏季多为 300m,很少超过 600m;冬季通常为 600m。每层热岛的平均强度夏季 0.56°C ,冬季 0.52°C 。热岛的强度随着高度的增加而减弱。其峰值,春、秋季时多出现在日出