

城市区域大气环境与各天气状况下的辐射特征

张一平

(中国科学院昆明生态研究所 昆明 650223)

李玉麟

张庆平

(云南省环境科学研究所 昆明 650034) (云南省档案馆 昆明 650032)

摘要 以低纬高原城市昆明为研究对象,分析了各种天气状况下城市内、外不同波长辐射的分布特征、变化规律及其差异,得出(1)造成城内外差异的主要原因因午前是大气污染状况,而在污染程度较小的午后,则是天气状况;(2)各波长辐射日总量对午前总量的分配率受大气环境和天气状况的影响,城内外差异十分显著;(3)红外和紫外辐射的百分率值均大于大气上界的百分率值,而可见光则反之;各辐射百分率城内外差值午前午后显相反分布。以上结果可为探讨城市及大气环境对太阳辐射的影响以及城市建筑的规划、设计,环境污染防治提供依据。并可为其它地区的同类研究提供参考。

关键词 城市,天气状况,污染,辐射

1 目的和意义

城市的扩大,地表面状况的改变、建筑物密度的加大和高层化以及大气环境日益恶化,影响着城市区域的辐射状况。国内外中纬度地区城市区域的研究表明:城内的总辐射比郊区少10%~20%,空气污染浓度大时可减少30%以上;太阳光中的光波波长越短越易被散射和吸收^[1~6],紫外辐射仅为郊外的77%,在污染严重时,竟减弱90%以上^[4]。我国对城市区域不同波长辐射特征的研究,特别对各种天气状况下不同波长辐射性的研究十分少见。

本文利用低纬高原城市昆明市城区内外不同波长辐射的观测资料,分析了城市区域冬季各种天气状况下不同波长辐射特征和变化规律,及其与大气环境的关系。可为城市气候的深入研究,城市建筑的规划、设计、污染防治提供依据。

2 研究方法

2.1 研究地概况

昆明市地处低纬、高海拔地区,城建区面积1994年已达116 km²^[8],建筑物不断向大型化、高层化发展,改变了城市区域的局地大气环流,影响着城区内大气污染物的传布、扩散,城市环境不断恶化。昆明市大气污染颇为严重:废气年排放量为3384亿m³,粉尘排放量为3.33亿t^[7],SO₂排放量为40559 t^[7],SO₂年日平均浓度0.072 mg/m³^[8],总悬浮微粒年日平

均浓度 0.337 mg/m^3 [8]，均超我国大气质量 级标准。加之历史原因，市区上风侧分布着工厂区，所排放的废气，粉尘随着气流影响城区。1982 年的观测 [9] 表明：在冬季（图 1），城内的大气污染物 (SO_2, NO_x) 比城外清洁区高 3~ 5 倍；城内的大气污染分布受风速的影响较大（图 2），午前高午后小。这样的环境条件，势必对城市区域的辐射分布状况产生影响。

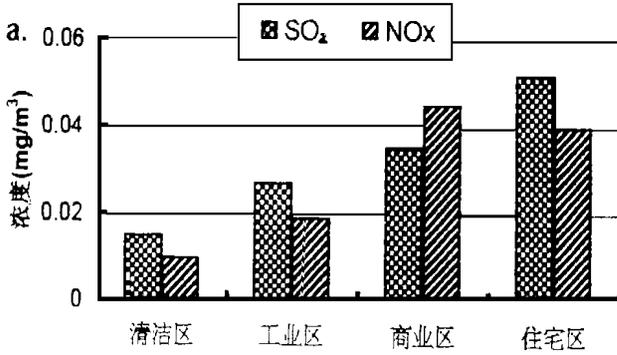


图 1 昆明城市不同地域的污染物分布 1982.02.01/06

2.2 观测地点

在位于昆明城区内的中国科学院昆明生态研究所办公楼屋顶和城外太华山气象观测站办公楼屋顶各设置一个观测点。观测点的遮蔽均较小。太华山观测点位于自然森林公园之中，且在盛行风的上风侧，可以代表郊外。

2.3 观测内容及仪器

观测使用新购置的 TBQ-4-1 分光光谱辐射表，一套 3 块辐射表，其中，石英罩波长为 0.27~ 3.2 m, JB (黄) 罩波长为 0.395~ 3.2 m, HB (红) 罩波长为 0.695~ 3.2 m。3 块辐射表同时使用即可得到总辐射 (石英罩表)、紫外辐射 (石英罩表- JB 罩表)、可见光 (JB 罩表- HB 罩表)、红外辐射 (HB 罩表)。观测间隔为 15 分钟，采用地方时 (LT)，比北京时 (BST) 迟 1 2。

2.4 观测期间及天气状况

观测期间为 1987 年 1 月 27 日 ~ 2 月 8 日。由太华山气象站的日照时数和日降水量 (图 3) 可见 1 月 27 日、30 日、31 日、2 月 4 日和 6 日为雨天；1 月 28、29、2 月 1、5 日为多云天；2 月 2、3 日为阴天；2 月 7、8 日为晴好天气。本文对各种天气 (1 月 27 日资料不全未参加统计) 的观测结果 (晴天、阴天各 2 日，多云天、雨天各 4 日) 进行了统计、分析。统计时间：午前为 LT 7:00~ 12:00，午后为 LT 12:15~ 17:30。

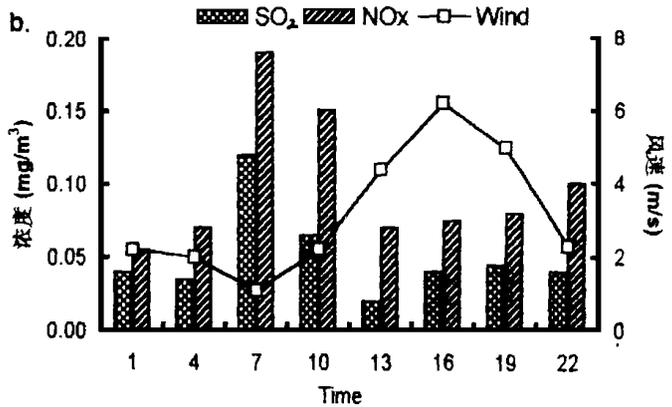


图 2 昆明城内污染物和城外风速的时间变化 1982.02.01/06

3 观测结果及分析

3.1 不同波长辐射总量的分布

城内外各种天气状况下不同波长辐射的午前 午后总量 (表略) 的分布规律基本相同：晴天最多，多云天、雨天次之，阴天最少；在相同天气状况时，波长最长的红外辐射的辐射量最多，可见光次之，波长最短的紫外辐射的辐射量最少。

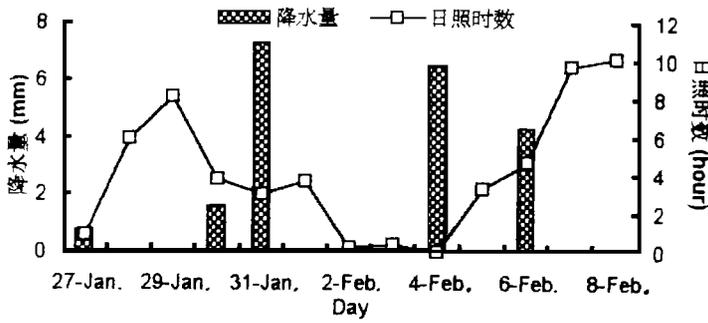


图 3 城外(太华山气象站)的日降水量和日照时数 1987

3.2 城内外不同波长辐射量的比较

各种天气状况时不同波长辐射的城内外差异如图 4 所示。

午前(图 4a, c)总辐射在晴天和雨天时城内低于城外, 比值约为 0.9, 大于国内外结果; 而多云天和阴天时, 与国内外结果相反, 城内高于城外, 其中以晴天差异最大, 为城外的 1.1 倍。对于不同

波长辐射, 红外辐射在晴天和雨天时差异最小, 差值接近于零, 比值趋于 1; 多云天和阴天城内大于城外, 比值约为 1.23。可见光在多云天和阴天的差值趋近于零, 比值趋近于 1, 晴天和雨天时城内小于城外, 且在晴天时差值达 -1.0 MJ/m^2 ; 比值最小(约 0.75)。对于波长最短的紫外辐射, 各种天气状况下, 均与国外的结果^[1~6]相同, 呈现城内低于城外, 比值约为 0.8~0.9。

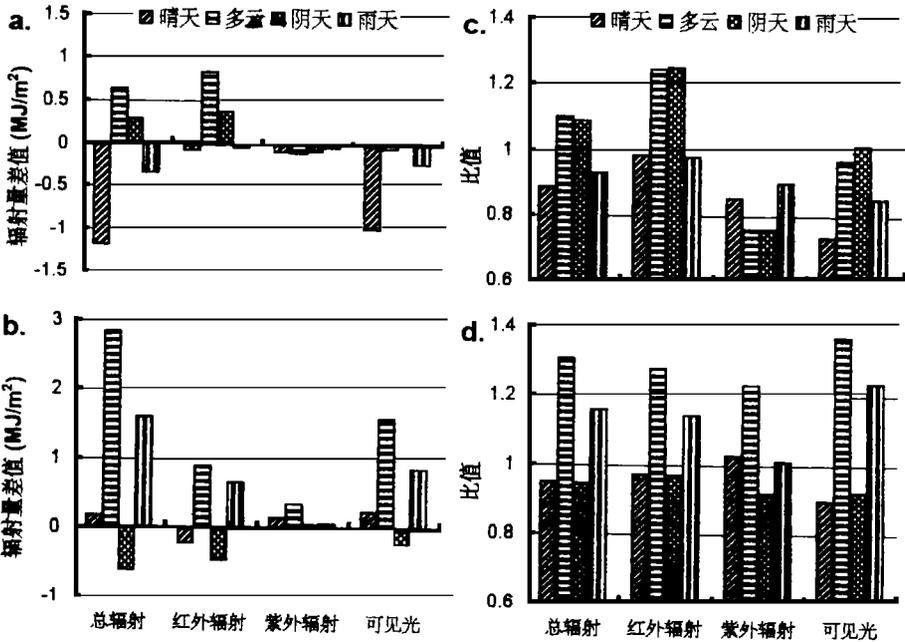


图 4 各天气状况下的不同波长辐射总量城内外差异

- a. 午前绝对差异(差值)
- b. 午前相对差异(比值)
- c. 午后绝对差异(差值)
- d. 午后相对差异(比值)

午后(图 4b, d)总辐射在雨天时城内小于城外, 而其它天气状况均是城内高于城外, 以多云天差值最大(2.8 MJ/m^2)。比值与午前不同, 且各种天气间的差异也较显著, 除阴天与国内外相似, 比值小于 1 之外, 其余的天气下均与国内外的结果不同: 晴天时比值趋近于 1, 而在多云天和雨天时比值可达 1.6 左右。对于不同波长辐射, 红外辐射晴天和阴天城内小于城外, 多

云天和雨天城内大于城外,晴天时差异最小(-0.2 MJ/m^2),多云天最大(0.9 MJ/m^2),比值与总辐射相似。可见阴天时城内略小于城外,其它天气状况均是城内大于城外,且在多云天差值最大(1.6 MJ/m^2),而比值阴天约为0.8左右;晴天时略大于1,多云天和雨天时比值为各天气中最大,可达2.0。对于波长最短的紫外辐射,在各种天气状况下均与国外的结果^[1-7]完全不同,均是城内大于城外,其中晴天和多云天差值较大;而比值最小约为1.2(雨天);最大可达1.8(多云天)。

比较图4c和图4d,可见,相同波长辐射,不同天气状况间的比值差异午前较小,午后较大,显示了天气状况对不同波长辐射城内外差异的影响午前小于午后;另外,受大气环境影响最大的紫外辐射午前午后的差异最显著,可见光次之,波长最长的红外辐射较差。特别是紫外辐射午前的结果与国外的研究^[1-6]相同,各种天气状况下均是城内小于城外;而午后则反之,大多是城内大于城外。以上结果与图1、图2比较,可知不同波长辐射与大气污染分布及日变化有着密切关系。由于昆明地处低纬高原地区,辐射较强;在午后较强风速的影响下,城市内的污染程度小于午前。研究表明¹⁾,晴天时在污染较严重的午前(LT9~12时),城内各波长辐射量均小于城外;其中紫外辐射减小最多(约50%),可见光次之(约30%),红外辐射减少量最少(约8%);在其综合影响下,总辐射减小10%~20%。午后,各波长辐射量的城内外差值减小,比值趋近于1;特别在大气污染最小时(LT13~14时),城内的紫外辐射可比城外多60%;其后随大气污染程度的增加,紫外辐射的城内外比值再次小于1。另有研究表明²⁾,城内地表面多为不透水面,空气水汽压小于城外,且在午后差异最显著。由于以上原因,午后城内污染物质对短波长辐射的散射减弱,水分粒子对辐射的影响也减小,造成城内的紫外辐射大于城外的现象。这可认为是高原地区城市区域辐射的特征之一。而红外辐射由于波长较长,受大气污染的影响小于紫外辐射,而受天气状况的影响较大。另外,午后由于污染程度减小,天气状况对不同波长辐射的城内外差值的影响增加,形成了午后不同天气间差异增大。充分显示低纬高原城市区域不同波长辐射分布的特殊性和复杂性。

3.3 午前辐射的分配率

图5给出了城内外不同波长辐射日总量对午前辐射的分配率(午前辐射总量 100/日辐

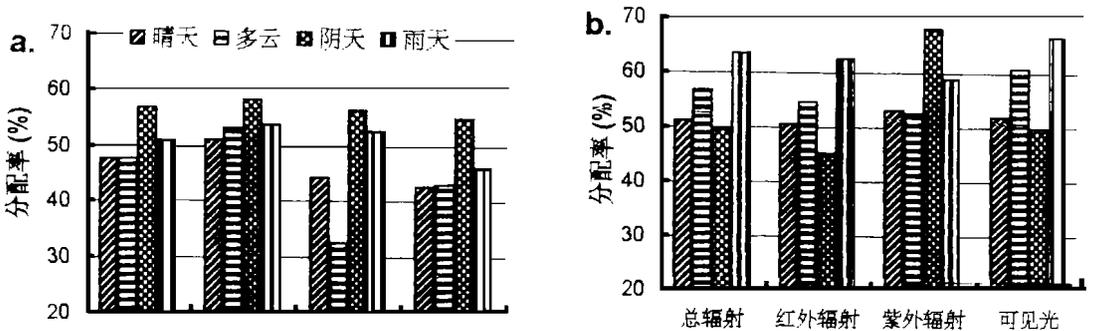


图5 各种天气状况下不同波长辐射午前分配率

a. 城内 b. 城外

1) 张一平,等. 低纬高原城市区域冬季晴天不同波长辐射特征. 投稿中.

2) 张一平,等. 低纬高原城市,昆明城市气候特征. 投稿中.

射总量)。城内(图 5a)午前由于大气环境污染程度较大, 波长最短的紫外辐射和可见光的分配率大多较小, 多云天的紫外辐射仅为 33%; 波长较长的红外辐射所受影响较小, 午前辐射分配率为 51%~59%。而城外(图 5b)则主要受天气状况的影响, 午前的分配率大多大于午后。

3.4 不同波长辐射量占总辐射的百分率

按世界气象组织(WMO)1981年推荐的标准^[10], 在大气上界, 各波长辐射占太阳辐射的百分率为: 紫外辐射 7.19%, 可见光 46.41%, 红外辐射 46.40%。表 1 给出了城内外, 各种天气状况下午前 午后不同波长辐射总量占午前 午后总辐射的百分率。可见: 各种天气状况下, 城内外均是红外辐射所占比例最大, 紫外辐射最小; 这与大气上界分布相似, 但红外辐射城内外百分率值除城外阴天午前外, 均高于大气上界, 其中以晴天午前城内的值最高, 可达 62.83%。而紫外辐射城内的百分率值, 均比巴黎的观测结果^[2](2.8%)高, 晴天和多云天的午前与大气上界相似, 其余均高于大气上界; 城外的百分率大多高于大气上界, 充分显示了低纬高原地区紫外辐射较强的特征。可见光百分率的变化较大, 城内 城外极大部分百分率值都低于巴黎(城内 43%, 城外 40%)的观测结果, 并且均低于大气上界。

表 1 冬季各种天气状况下, 午前 午后不同波长辐射总量占午前午后总辐射的百分率 1987(%)

		红外辐射		可见光		紫外辐射	
		城内	城外	城内	城外	城内	城外
午前	晴天	62.83	56.52	29.90	35.95	7.26	7.53
	多云天	60.48	53.50	34.03	38.58	5.49	7.92
	阴天	52.73	45.94	37.77	40.49	9.50	13.58
	雨天	57.47	54.42	31.54	34.26	10.98	11.31
午后	晴天	54.80	58.04	36.81	34.97	8.39	6.99
	多云天	48.50	58.01	41.14	32.65	10.36	9.34
	阴天	49.50	54.04	40.83	39.75	9.66	6.22
	雨天	51.21	56.45	38.50	29.85	10.29	13.70

由此可知, 城内外各辐射量占总辐射的百分率在变化规律、数值大小等方面均存在差异。午前 午后以及各种天气状况下, 不同波长辐射占总辐射的百分率的城内外差值如图 6 所示。午前(图 6a)城内外差值规律性较好, 在各种天气状况下, 红外辐射的百分率均是城内大于城外, 与巴黎的结果^[2]相似, 但差值大于巴黎, 而紫外辐射的百分率均是城内小于城外, 与巴黎的结果相同, 其差值略小于巴黎。可见光的百分率则与巴黎的结果相反, 在各种天气状况下均

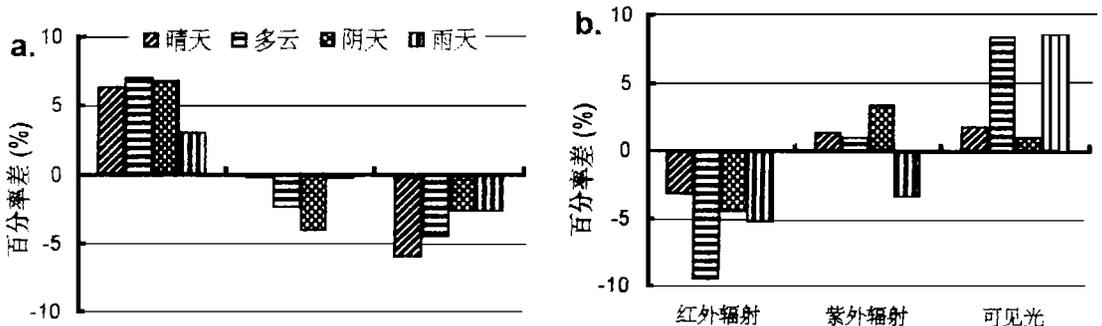


图 6 各种天气状况下不同波长辐射百分率的城内外差值

a. 午前总量/午前总辐射 b. 午后总量/午后总辐射

是城内小于城外,且晴天时差异十分显著,城内外差值达-6%。充分反映了低纬高原城市区域不同波长辐射特征及差异有别于中纬低海拔地区。

而在午后(图6b),百分率的城内外差值分布与午前趋于相反。在各种天气状况下,红外辐射的百分率均是城内小于城外,差值变化也较大。紫外辐射除雨天为城内小于城外,其余天气状况均是城内大于城外。可见光则在各种天气状况下均是城内大于城外。由此可以看出:在低纬高原城市区域,各天气状况下城市内外各波长辐射占总辐射的百分率数值、变化规律等都是大不相同的,形成了城内外的差异及分布上的不同,午前午后各波长辐射的百分率的城内外差值的分布呈现相反趋势。显示了在低纬高原城市区域,其城市环境状况和天气状况对不同波长辐射影响作用的特殊性和复杂性。这势必影响城市内外的局地气候特征。

4 结论

通过对低纬高原城市区域冬季各种天气状况时的不同波长辐射观测结果的分析,得到以下结论:

(1) 城市区域各种天气状况时不同波长辐射的城内外差异,在大气污染程度较高的午前主要受污染程度的影响,而在大气污染程度较小的午后,则由天气状况所支配。这可认为是低纬高原城市区域的特征之一。

(2) 不同波长辐射,城内紫外辐射和可见光的日总量对午前总量的分配率大多小于午后,红外辐射分配率相近;而城外则绝大部分情况是午前分配率大于午后。

(3) 在低纬高原城市区域,不同波长辐射占总辐射百分率,有其特点。城市内外的红外和紫外辐射的百分率值多大于大气上界的百分率值,而可见光则多反之,显示了低纬高原地区不同波长辐射分配的特征。另外,午前午后百分率的城内外差值呈现相反分布。显示了在低纬高原城市区域,城市环境状况和天气状况对不同波长辐射影响作用的特殊性和复杂性。

参 考 文 献

- 1 Petterson J T, et al. Urban- Rural solar radiation and atmospheric turgidity measurements in the Los Angeles Basin. *Journal of Applied Metrology*, 1978, (17), 1595~ 1609.
- 2 Maurain C H. *Le Climat Parisien*. Paris: Presses Univ. . 1947.
- 3 Nader J S. Pilot study of ultraviolet radiation in Los Angeles. October, 1965, Public Health Serv. Publ. 999- AD- 38, Dept. HEW, Nat. Cent. for Air Poll. Cincinnati, Ohio, 1967.
- 4 Stair R. The measurement of solar radiation, With principl emphasis on the ultraviolet component. *Int. Journ. Air Water Poll.* 1967, 10: 665~ 686.
- 5 Pitts J N, et al. Film actionmeter for measurement of solar ultraviolet radiation intensities in urban atmospheres. *Environ. Sci. Technol.* 1963, 2: 435~ 437.
- 6 East C. Comparison du rayonnement solarie en ville et al campagne. *Cah. Geographie de Quebec* 1968, 12: 81~ 89.
- 7 云南省统计局. *云南统计年鉴(1995)*. 北京: 中国统计出版社, 1995.
- 8 中国环境年鉴编辑委员会. *中国环境年鉴 1995*. 北京: 中国环境年鉴出版社, 1995.
- 9 黄逸生, 王霞斐, 陈明森, 等. 昆明城市热岛及大气质量探测报告, 滇池地区生态环境与经济综合考察报告. 昆明: 云南科技出版社, 1988.
- 10 潘守文编. *小气候考察的理论基础及其应用*. 北京: 气象出版社, 1989.

ON THE CHARACTERISTICS OF RADIATION IN THE POLLUTED ATMOSPHERE UNDER DIFFERENT WEATHER CONDITIONS IN THE REGION OF KUNMING CITY

Zhang Yiping

(*Kunming Institute of Ecology, The Chinese Academy of Sciences, Kunming, 650223*)

Li Yulin

(*Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming, 650034*)

Zhang Qingping

(*Yunnan Archives, Kunming, 650032*)

Abstract

The characteristics, the variations and the differences of radiation of different wavelength in the urban and the rural districts are studied with the observational data in Kunming, a city of low latitude and high altitude. The main results are that: (1) The main cause of difference between the urban and the rural is the atmospheric pollution in the morning, and is the weather condition in the afternoon. (2) The distributive ratios of the morning total to the daily total differ markedly between the urban and the rural because of the different atmospheric pollution and weather condition. (3) The percentage of the infrared and ultraviolet radiation to global radiation is larger than that above the atmospheric boundary layer, while the percentage of the visible radiation is less. In the different weather conditions, the percentages in the urban and the rural are different. The results mentioned above can supply a scientific basis to the study of the effects of city and atmospheric environment on radiation, the urban program and architectural design and the prevention of environmental pollution. The findings can also be used as a reference for studying the urban climate in other regions.

Key words city, weather condition, air pollution, radiation