

春季南极昭和站上空增温与臭氧 含量和分布的关系

高 登 义

(中国科学院大气物理研究所)

川 口 贞 男

(日本国立极地研究所)

提 要

本文利用南极昭和站1966—1979年的臭氧和高空气象资料,讨论了春季南极大气爆发性增温及其与臭氧总量、臭氧分压垂直分布的关系,发现如下事实:1.平流层爆发性增温与臭氧总量突变有三种类型,即一次突变型,两次突变型和一次突变与一次缓变混合型;2.平流层爆发性增温3—5天后,对流层上部也有一次剧烈升温;3.增温过程自平流层上部向对流层下传时,伴随着臭氧分压增压中心逐渐向下传递;在平流层各等压面上,臭氧分压变化与气温变化值之间有较好的正相关,相关系数为0.85。

一、平流层爆发性增温与臭氧总量突变

在南极地区,有两个臭氧观测站,即昭和站($69^{\circ}00'S$, $39^{\circ}35'E$)和阿蒙森-斯科特站($90^{\circ}S$)。阿蒙森-斯科特站只在夏半年观测臭氧总量,昭和站则有全年的臭氧总量观测及臭氧分压垂直分布资料。

在日本, Tshida^[1] 和 Sakai^[2] 曾先后讨论过昭和站臭氧总量观测资料及臭氧总量变化与南极平流层爆发性增温关系; Shimizu^[3] 和 Chubachi^[4] 又先后研究过昭和站臭氧分压垂直分布年变化特征,并比较了昭和站和阿蒙森-斯科特站臭氧总量突变的关系。

从昭和站1966—1979年各年资料分析中,发现有三种变化类型。本文划分三种类型的标准是:在9—11月,即南极的春季,当臭氧总量持续上升累计超过 $100(10^2\text{Pa}\cdot\text{cm})$,且满足条件:(1)出现一次连续升温累计达到或超过 30°C (或平均增温率达到或超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{日}$),为一次突变型;(2)出现两次连续升温累计达到或超过 30°C (或平均增温率达到或超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{日}$),为二次突变型;(3)除满足一次突变型条件外,再出现持续升温超过 20°C ,且增温率小于 $5^{\circ}\text{C}/\text{日}$,称一次突变和一次缓变的混合型。第一、二和三种类型出现的比例分别为46%,38%和14%。

(一) 一次突变型:以1968年为例(见图1)

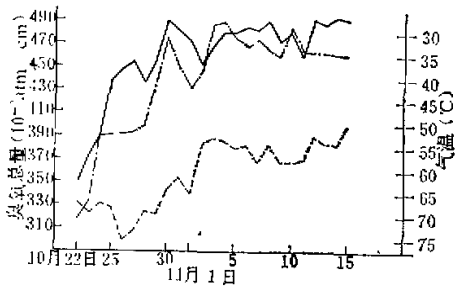


图1 南极昭和站1968年10月22日—11月15日臭氧总量及50hPa, 200hPa气温逐日变化
——臭氧总量 ——50hPa气温 ——200hPa气温

如图1所示, 10月22—30日, 昭和站臭氧总量由 $318(10^3 \text{Pa-cm})$ 突变到 $475(10^3 \text{Pa-cm})$, 与其相应, 50hPa(平流层中部) 上气温由 -62.5°C 增温到 -27.5°C , 增温率达 $7^\circ\text{C}/\text{日}$ 。之后, 臭氧总量缓慢变化在 $470(10^3 \text{Pa-cm})$ 上下, 同样, 50hPa 上的气温也基本稳定在 -30°C 附近。

与上相伴随的现象是, 当平流层爆发性增温后约3—4天, 即从10月26日至11月2日, 对流层上部200hPa的气温也从 -75°C 上升到 -55°C 左右, 增温率约为 $3^\circ\text{C}/\text{日}$ (图1中的虚线)。

(二) 两次突变型: 以1979年为例(见图2)

1979年春季情况则不同, 自9月下旬起, 臭氧总量和50hPa上的气温均有两次突变。第一次发生在9月22—31日, 臭氧总量由 $285(10^3 \text{Pa-cm})$ 上升到 $424(10^3 \text{Pa-cm})$, 50hPa上的气温由 -77.5°C 升温到 -45.0°C , 升温率达 $3.6^\circ\text{C}/\text{日}$ 左右; 第二次突变出现于10月8—12日, 时间短, 变化更剧烈, 臭氧总量变化在 $296—434(10^3 \text{Pa-cm})$ 之间, 与其相应, 50hPa上的气温从 -66.0°C 猛升到 -31.5°C , 升温率高达 $8.6^\circ\text{C}/\text{日}$, 之后, 臭氧总量和50hPa气温无显著变化。

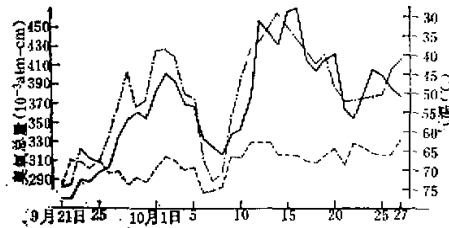


图2 南极昭和站1979年9月21日—11月27日
臭氧总量及50hPa, 200hPa气温逐日变化
——臭氧总量 ——50hPa气温 ——200hPa气温

同样, 当平流层爆发性增温后或同时, 200hPa上的气温也有两次升温过程, 即在9月30日—10月2日, 10月8日—12日, 气温变化在 $-73.0^\circ\text{C}—-66.5^\circ\text{C}$ 和 $-74.5^\circ\text{C}—-62.5^\circ\text{C}$, 升温率均约为 $3^\circ\text{C}/\text{日}$ 。

(三) 一次突变和一次缓变混合型: 以1966年为例(见图3)

1966年春的情况(见图3)又与上两种类型有差别。10月14—20日, 臭氧总量和50hPa的气温都有一次突变, 分别为 $334—450(10^3 \text{Pa-cm})$ 和 $-62.0^\circ\text{C}—-34.0^\circ\text{C}$, 升温率达 $7^\circ\text{C}/\text{日}$; 但在200hPa上的气温都一直无明显变化。11月1日到16日, 臭氧总量和50hPa上的气温缓慢稳定上升, 分别变动在 $310—420(10^3 \text{Pa-cm})$ 与 $-57.0^\circ\text{C}—-35.0^\circ\text{C}$;

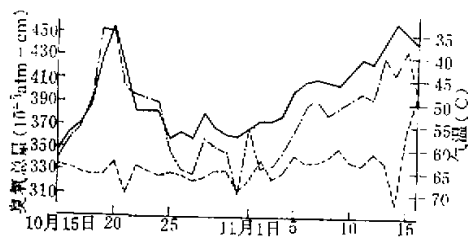


图3 南极昭和站1966年10月14日—11月16日臭氧总量及50hPa, 200hPa气温逐日变化

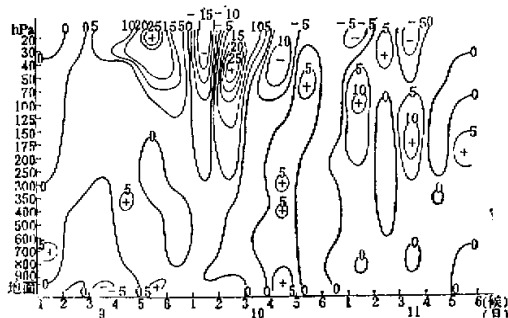
---臭氧总量 —50hPa 气温 ----200 hPa 气温

第一次突变时在200hPa上无明显的气温变化,但在平流层缓慢稳定升温后,于11月14—16日发生一次爆发性增温,气温由 -72.2°C 升到 -47.8°C ,升温率达 $12.2^{\circ}\text{C}/\text{日}$ 。

二、增温过程及其与臭氧分压变化的关系

(一) 增温过程

首先,以春季(9—11月)逐候平均情况来讨论(见图4)。图4为1979年9—11月候际变温垂直时间剖面图。



一步讨论昭和站上空春季增温的过程。

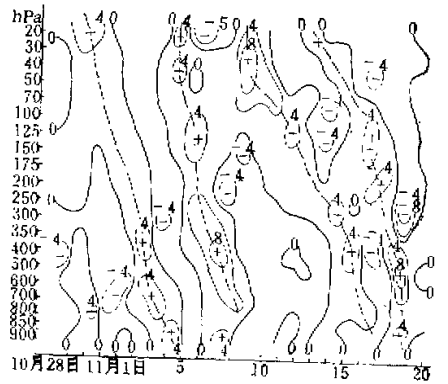


图5 南极昭和站1970年10月28日—11月20日24小时变温垂直时间剖面图

由图可见,南极昭和站1970年由冬到夏过渡期间,在不到一月内出现4次由平流层向地面传递的增温过程。1970年10月29—31日,在20—30hPa间有一正变温中心(增温率为5—7°C/日);之后,这个正变温区逐渐向下传递(图5中虚线所示),于11月2—3日下传到350—400hPa(增温率为5—6°C/日),3—4日于600—700hPa(5.3°C/日),4—5日于850—900hPa(5.9°C/日)。11月4—5日开始于20hPa的升温中心(7.4°C/日)也逐渐往下传递,5—6日在125hPa上(4.5°C/日),6—7日在400hPa上(8.3°C/日),7—8日在900hPa(6.0°C/日)。11月8—9日以30hPa为中心的强烈升温(10.8°C/日)缓慢下传(图中虚线所示),于11月15—16日传到350—400hPa。第四次升温过程稍有不同,4°C以上的升温中心于11月16—17日始于100—150hPa(6.2°C/日),于18—19日在400hPa以下出现两个升温中心,一个在500hPa(10.3°C/日),另一个在850hPa(6.4°C/日)。

上述可见,春季南极昭和站上空的增温过程似乎是由平流层向对流层逐渐传递的。

(二) 增温过程与臭氧分压变化的关系

1974年春,臭氧分压垂直分布的观测资料较多,而1979年春只有两次臭氧分压垂直分布观测资料,故以1974年春情况来讨论(图6)。

由图6可见,1974年9月第6候到10月第1候及10月第1—2候,在30—200hPa间各层的臭氧分压均有明显增加,各层臭氧分压候际增加值约在2—7(mPa)之间,最大增值中心在35hPa上;与此相应,于10月第1—2候在30—300hPa间出现候际增温区,最大增温值位于40hPa,达14°C/候。10月第4—5候,在25—250hPa间同时为臭氧分压增值区及候际增温区,增值中心都在60hPa附近,中心值分别为7.1mPa/候和11.0°C/候。最强的臭氧分压候际增值中心和候际增温中心于11月第3—4候出现在90hPa,中心值各为12.9mPa/候和12.5°C/候。

由上可知,1974年春于南极昭和站上空有三次明显的候际增温过程均和臭氧分压候际增值过程相伴随,且二者的增值中心都有从平流层上部逐渐向下传递的趋势。

为进一步验证臭氧分压变化值与温度变化值一一对应的相关性,本文从昭和站1974

型,即一次突变型,两次突变型及混合型。

2. 春季南极昭和站平流层爆发性增温 3—5 天后,对流层上部也有一次较强的增温过程。

3. 无论从候际变温或日际变温垂直时间剖面图来看,春季南极昭和站上空的增温过程似乎均有自平流层上部开始逐渐向对流层下传的现象。1979 和 1970 年春季最为典型。

4. 春季南极昭和站平流层增温与相应高度上臭氧分压增加密切相关。一方面,在增温中心逐渐自平流层上部向对流层下传时,也伴随着臭氧分压增压中心逐渐向下传递的现象;另一方面,在平流层各等压面上,臭氧分压变化与气温变化值之间有较好的正相关,相关系数在 0.85 以上。

参 考 文 献

- [1] Tshida K., Suzuki T. and Sakai S., 1971, Total ozone observation at Syowa Station, Antarctica in 1969, *Antarct. Rec.*, **39**, 32—38.
- [2] Sakai S., 1979, Total ozone observation at Syowa Station, *Antarct. Rec.*, **67**, 115—123.
- [3] Shimizu M., 1969, Vertical ozone distribution at Syowa Station, Antarctica in 1966, *JARE Sci. Rep., Ser. B(Meteorol.)* **1**, 1—38.
- [4] Chubachi S., 1984, Preliminary result of ozone observations at Syowa Station from February 1982 to January 1983, *Memoirs of National Institute of Polar Research Special Issue*, No. 34, 13—20.

RELATIONSHIP BETWEEN THE TEMPERATURE INCREASE AND THE OZONE AMOUNT AND ITS DISTRIBUTION IN SPRING AT SYOWA STATION, ANTARCTICA

Gao Dengyi

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Sadao Kawagochi

(National Institute of Polar research, Japan)

Abstract

It was discussed with the aerological sounding and ozone data during 1966—1979 at Syowa Station, Antarctica that the relationship between the sudden increase of the air temperature and the total ozone as well as the vertical distribution of ozone partial pressure during spring at Syowa Station, Antarctica. It was found as follows; 1. There are three types of relationship between the sudden increase of the air temperature in the stratosphere and the total ozone, namely, the once sudden variation type, the twice sudden variation type and the mixed type with a once sudden variation and a once slow variation; 2. There is also one sudden increase of the air temperature in the upper troposphere after three or five days of a once sudden increase of the air temperature in the stratosphere; 3. While the temperature increase is from the stratosphere through the troposphere, the center of ozone partial pressure increase is also going down in the same way. There is a good positive correlation with a correlation coefficient, 0.85, between the variation of the ozone partial pressure and the air temperature at every level in the stratosphere.