

# 国产臭氧探空仪观测数据质量分析\*

郑向东<sup>1)</sup> 李伟<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(中国气象科学研究院 中国气象局大气成分观测与服务  
中心 中国气象局大气化学开放实验室,北京 100081)

<sup>2)</sup>(中国气象局大气探测技术中心,北京 100081)

## 摘要

对国产臭氧探空仪从2001年4月到2004年9月在北京观测的臭氧垂直分布数据的质量进行分析。对国产臭氧探空仪系统基本测量数据(包括电化学反应池池温、臭氧最大分压及其所在的高度、对流层顶的温度和高度)进行初步分析,结果发现国产臭氧探空仪的稳定性仍需进一步提高。与地面多谱森臭氧总量观测相比,国产臭氧探空积分的总量普遍要高,2002年至2003年之间的差别范围基本上保持在 $\pm 20\%$ 以内。与国际普遍使用的双池型电化学(ECC型)臭氧探空观测结果相比,国产臭氧探空观测臭氧分压在15 km以下、25~30 km两个高度范围,均要高于ECC测值。分析结果建议国产臭氧探空仪应尽快参与由全球大气本底监测(GAW)技术主持的世界臭氧探空仪标定中心进行标定,并在现有的技术条件下,向双池型电化学型臭氧探空仪这一方向发展。

关键词: 臭氧 国产臭氧探空 比较分析

## 引言

对臭氧垂直分布的探测主要包括被动的遥测(如利用臭氧层的Umkehr效应)和主动的观测臭氧探空。臭氧探空观测主要是在高空低压、低温环境下进行,任何测量环境的微小变化可能对观测结果有比较大的影响,因此,对臭氧探空在不同环境下仪器的稳定性、准确性有比较高的要求。1996年世界气象组织首次在德国Jülich对全世界不同的业务臭氧探空仪进行比对观测(Jülich Ozone Sonde Intercomparison Experiment 1996: JOSIE-1996),并在低温、低压环境模拟舱中与标准臭氧UV光度计测量结果进行比较,以评估各种臭氧探空仪(包括美国ECC型、德国、印度的Brewer-Master型、日本的KC)的技术性能。JOSIE-1996发现双池型电化学反应池(ECC)臭氧探空仪的各项技术性能指标具有明显技术优势,ECC型探空仪平均测量精确度在 $\pm(3\% \sim 5\%)$ ,非ECC型平均测量精确度在 $\pm(5\% \sim 15\%)$ ,尤其是在对流层,非ECC型的测量精度普遍低;在平均响应时间上,ECC型与非ECC型分别为25 s和25~40 s<sup>[1]</sup>。

国产臭氧探空仪研制开始于1987年。它在结构上是碳棒为阳极的单池型,通过KI溶液与臭氧的电化学反应获取臭氧分压<sup>[2]</sup>。国产探空仪曾被用于一些实验观测中,包括

\* 科技部“气象资料共享系统建设”和国家自然科学基金(40375005)项目共同资助。

2004-12-20收到,2005-05-16收到修改稿。

早期在南极中山站、北京开展过臭氧垂直廓线的观测<sup>[3-4]</sup>, 这些工作填补了我国在臭氧探空仪器研制方面的空白。另外, 我国还引进 3 套 Vaisälä 臭氧探空(兼 GPS 气象探空)接收设备。有两套在中国气象局大气探测基地(其中一套是 1995 年进口的, 曾在西宁进行臭氧探空观测<sup>[5-6]</sup>), 另一套在中国科学院大气物理研究所, 曾在北极考察过程中开展观测工作<sup>[7]</sup>。通过合作, 我们利用美国 NOAA 业务臭氧探空站普遍使用的 ENSCI 型臭氧探空仪在国内不同地方开展一些观测研究工作<sup>[8-9]</sup>; 我们还利用系留汽艇携带 ENSCI 型臭氧探空仪对边界层臭氧垂直分布进行过观测<sup>[10]</sup>。

从 2001 年 4 月至今, 中国气象局监测网络司和中国科学院大气物理研究所合作, 在北京中国气象局大气探测基地进行了 3 年多的臭氧探空观测, 获取了两百余次臭氧探空观测数据。针对这些观测数据已有一些科研成果报道<sup>[11-13]</sup>。本文主要结合地基观测臭氧总量数据和有限次数的双池型电化学反应池型的同步臭氧探空数据, 对国产臭氧探空数据质量进行分析, 以期了解国产臭氧探空仪技术性能, 为国产臭氧探空仪的业务化应用的可能性提供参考。

## 1 数据筛选和分析

本文分析数据包括:

(1) 国产臭氧探空仪数据。由中国气象局监测网络司和中国科学院大气物理研究所在大气探测基地合作获取, 时间从 2001 年 4 月 3 日~2004 年 9 月 7 日, 共获取 214 条臭氧、气象探空曲线, 由中国气象局监测网络司提供。

(2) ECC 臭氧探空数据。2002 年 1 月 10, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 日在大气探测基地施放的 Vaisälä 臭氧探空仪, 2002 年 10 月 29 日, 11 月 5, 19, 25 日 Vaisälä 臭氧探空数据, 由中国科学院大气物理研究所提供。

(3) 臭氧总量数据。中国科学院大气物理研究所多谱森 # 075 观测臭氧总量日平均数据, 从 WOUDC(<http://tor.ec.gc.ca>) 下载。

在分析之前, 按以下规则对数据进行初步筛选:

(1) 若探空仪观测的数据低于对流层顶高度时, 该次的观测数据将不被分析。

(2) 分析臭氧探空仪上升过程所测量的数据。下降过程由于探空仪的下降速度很快, 观测数据垂直有效的分辨率很低, 难以代表真实大气中的臭氧垂直分布, 数据不予分析。

(3) 出现臭氧负值的数据被剔除。

按以上 3 个规则完成筛选后, 从以下 3 个方面对国产臭氧探空数据的质量状况进行分析:

(1) 臭氧探空观测过程中基本信息的分析。包括化学反应池最高、最低温度、上升过程中最大臭氧值及其所在高度的变化以及对流层顶的温度和高度的变化。

(2) 探空臭氧积分总量与多谱森光谱仪日平均总量进行比较。多谱森光谱仪定期被亚洲区域的臭氧总量观测标准仪器(多谱森光谱仪 113 号)进行标定, 因此, 其观测总量可以作为判断臭氧探空测量结果准确与否的重要参考依据。

(3) 臭氧垂直分布的比较。本文主要是对国产探空与有限观测次数的 ECC 型探空观测的臭氧垂直分布进行比较分析。

## 2 结果分析

### 2.1 国产臭氧探空观测中的基本信息特征

#### 2.1.1 反应池池温的最低温度

臭氧探空仪中电化学反应池的温度是反推臭氧浓度的一个不可缺少的参数。如果反应池中碘化钾溶液的温度在飞行过程中变化较大,或低于零度时,必然影响着溶液中的离子迁移速度,最后导致测量电流的变化,从而影响臭氧测量结果。图1给出了所有探空观测所记录的反应池在上升过程中最低和最高温度的变化。从图1可以看出,国产臭氧探空仪在上升飞行中反应池碘化钾溶液的温度基本上是高于 0 °C 的,避免了结冰的可能性。但在 2001 年之前,池温波动比较大,出现较多的低于 0 °C 情况,最高池温也接近 70 °C,这反映了探空仪在投放之前的包装、保温等准备工作可能存在问题;2002 年 4 月以后,类似问题没有出现,高、低温度变化还有季节变化特征。

#### 2.1.2 臭氧最大分压及其所在高度

很多臭氧探空观测台站长期资料已表明:北半球中纬度地区大气中臭氧分压最高值在平流层 20 ~ 25 km 的范围,分压值一般在 30 mPa 以内,其中大部分的分压值在 15 ~ 20 mPa 范围内,并有一定的季节变化。臭氧分压最大值所在的高度是夏、秋季比冬、春季要高。北京作为典型的中纬度地区也不例外。

图2给出了从 2001 年开始,国产臭氧探空仪在北京观测到的最大臭氧分压及其所在的高度变化。从图2

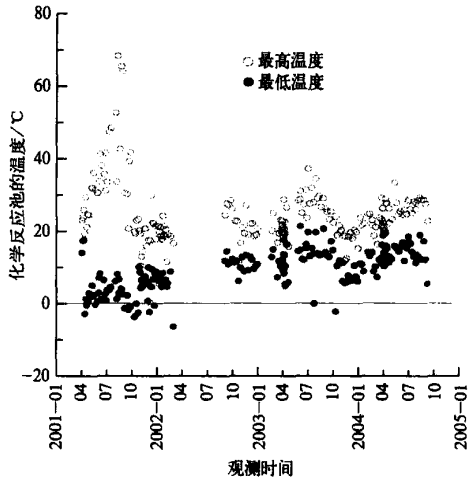


图1 国产臭氧探空仪飞行过程中的池温变化

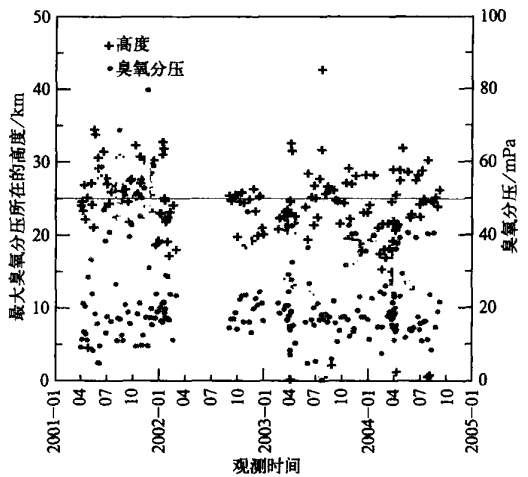


图2 国产臭氧探空仪在北京观测到的最大臭氧分压及其所在的高度变化

可看出,2002年4月之前与2003年8月以后的大部分时间最大臭氧分压值所在的高度为25 km以上,在有些情况下,还出现在20 km以下(2003年底到2004年4月前后),有几次甚至在5 km以下出现最大臭氧值,显然,这不符合常理。这反映了臭氧探空系统存在的两个问题:(1)稳定性需要提高,(2)对臭氧浓度的变化响应时间比较慢,导致观测到的臭氧最大值所在的高度高于实际高度。

另外,我们还看到很多时次的臭氧最大分压值均超过了20 mPa,明显偏高,这种偏高必然对积分的臭氧总量有一定的影响,这将从后面臭氧总量积分值的比较中进一步证实。

### 2.1.3 对流层顶温度及其高度

对流层顶及其所在的高度是气象探空观测重要内容。本文给出对流层顶的分析,主要目的是反映与臭氧探空系统密切联系的气象探空系统的性能稳定性,因为臭氧探空测量数据是通过气象探空的无线电发射机传回地面的。同时,气象参数的观测结果是分析和研究臭氧垂直分布的基础资料之一。

为简单起见,本文以大气中最低温度所在高度为对流层顶的高度(图3)。从图3可以看出,大部分时次对流层顶高度一般在15~20 km的范围内,而对流层顶的温度则在 $-70^{\circ}\text{C}$ ~ $-60^{\circ}\text{C}$ 之间。对流层顶温度及其高度的波动幅度在2001年9月以前和2003年6月以后比较大,但2004年3月份以后,系统的稳定性得到显著提高。

### 2.1.4 臭氧总量的比较

臭氧总量比较主要是把臭氧探空积分后的柱总量与多谱森光谱仪观测结果进行比较。对于臭氧探空积分的总量,如果探空仪观测高度达不到30 hPa以上时,积分结果不能反映出大气中真实的臭氧总量,因此,这样的探空观测结果不被积分。另外,地面多谱森光谱仪由于出国标定或天气等原因,也很难在每次有臭氧探空观测时都有相对应的总量测值。所以,臭氧探空与多谱森总量观测比较并不能包含全部臭氧探空观测的数据。本文采用梯形面积求和法计算从地面到气球爆炸点的臭氧总量,然后利用McPeter提出的卫星观测结果统计法<sup>[14]</sup>,处理气球爆炸点到大气上界的剩余臭氧总量。两者的比较结果见图4a。从图可看出,大部分情况下,探空积分臭氧总量与多谱森测值有比较一致的变化,但也有比较大的偏差,稳定性不是很好。

对两种观测结果的比较,本文采用普遍使用的相对差别百分数(relative difference)来进行比较,这种比较常用于分析不同仪器在同一地点对臭氧总量的观测结果<sup>[15]</sup>。相对差别的定义为:(多谱森总量-探空积分总量)/多谱森总量 $\times 100\%$ 。从图4b可以看出,臭

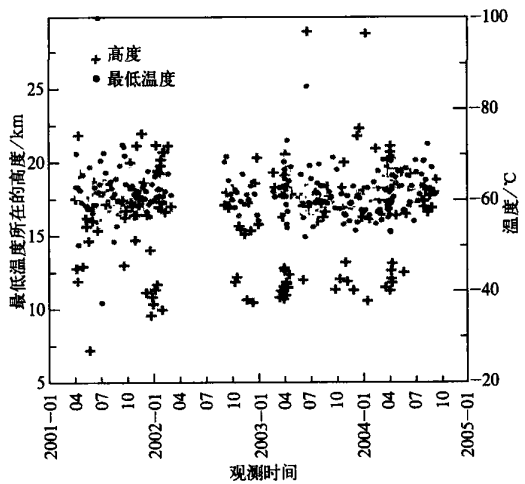


图3 国产臭氧探空仪在北京测的对流层顶的高度及其温度的变化

臭氧探空积分总量明显高于多谱森测值总量日平均测值,仅 2002~2003 年间的观测结果,两者差别在  $\pm 20\%$  左右,其他时次的观测比较,两者差别值变化幅度比较大,高的可达 80% 以上。

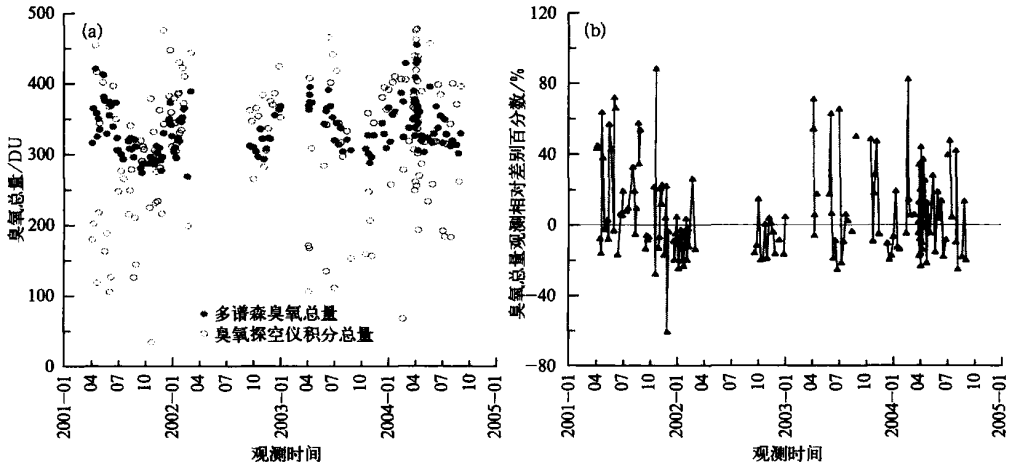


图 4 臭氧总量的比较

(a) 臭氧探空积分总量与多谱森观测结果的比较,(b) 臭氧探空积分总量与多谱森观测结果的日平均差别百分数

#### 2.1.5 与 ECC 型臭氧探空观测结果的比较

在 2002 年 1 月和 2002 年 10~11 月国产臭氧探空仪与从芬兰进口的 ECC 臭氧探空仪进行了两个阶段的比对观测。第一阶段是异球但近似同时施放,第二阶段是同球同时施放,ECC 臭氧探空仪采用的气象探空是芬兰 Vaisala 公司生产的,带气压传感器。从图 4b 可以看出,对比的时间也是国产臭氧探空仪与多谱森光谱仪测量臭氧总量差别最小的时期。

为了有效地进行相同高度的比较,我们把 ECC 型臭氧探空仪和国产臭氧探空观测数据,按拉格朗日方法线性内插,获取从地面到高空每隔 100 m 一个观测数值,然后再比较。表 1 和表 2 是所有的观测结果在以 100 m 为垂直分辨率进行的统计分析结果。表中的臭氧、气压和温度的差是 ECC 减去国产探空观测结果得到的平均差值(mean difference)和这种差值的平均偏差(average deviation)。

表 1 2002 年 1 月 6 次 ECC 臭氧探空与国产臭氧探空同时观测结果的比较

高度/km	臭氧差/mPa	气压差/hPa	温度差/℃	统计样本数
0~5	-0.72 ± 0.73	5.19 ± 11.0	-0.64 ± 0.39	300
5~10	-0.35 ± 0.42	5.29 ± 11.6	-0.37 ± 1.23	300
10~15	-0.08 ± 0.75	4.32 ± 9.64	-0.76 ± 0.63	300
15~20	0.84 ± 0.88	4.56 ± 9.08	-0.61 ± 0.61	286
20~25	0.62 ± 0.63	2.93 ± 5.5	-0.8 ± 0.97	250
25~30	-0.71 ± 1.06	1.21 ± 2.56	-0.83 ± 1.07	233
>30	-1.28 ± 0.51	-0.16 ± 0.05	-1.46 ± 0.95	52

表 2 2002 年 10 ~ 11 月 4 次 ECC 臭氧探空与国产臭氧探空同时观测结果比较

高度 / km	臭氧差 / mPa	气压差 / hPa	温度差 / °C	统计样本数
0 ~ 5	- 1.18 ± 0.81	- 1.06 ± 1.04	- 0.62 ± 0.46	200
5 ~ 10	- 0.89 ± 0.45	- 1.90 ± 1.12	- 1.23 ± 0.51	200
10 ~ 15	- 0.57 ± 0.31	- 5.11 ± 4.82	- 1.26 ± 0.93	200
15 ~ 20	- 0.31 ± 0.91	- 3.22 ± 2.86	- 1.70 ± 0.91	197
20 ~ 25	- 0.75 ± 1.09	- 0.88 ± 0.40	- 2.46 ± 1.56	150
25 ~ 30	- 0.94 ± 1.1	- 0.64 ± 0.32	- 3.69 ± 2.49	118
> 30	0.039 ± 0.46	- 0.74 ± 0.048	- 8.82 ± 0.46	24

从表 1, 2 可以看出, 15 km 以下和 25 ~ 30 km 高度范围, 国产探空仪观测的臭氧分压均高于 ECC 臭氧探空仪测值, 在整个高度范围内的温度观测结果也是高于国外仪器测量的结果。另外还注意到, 2002 年 1 月 30 km 以下气压测量结果均是国产探空的气压测值低于进口仪器测值, 但在 2002 年 10 月和 11 月则是明显地高于进口仪器的测值。

图 5 给出了 2002 年 1 月和 2002 年 10 ~ 11 月 ECC 和国产探空观测到的臭氧分压的垂直分布情况。从图 5a 可见, 在各个不同的高度上, 国产探空仪测的臭氧分压均要明显高于 ECC 的测值。但需要提及的是, 2002 年 11 月 19 日 ECC 测值明显偏低(从表 3 各探空臭氧总量与多谱森的测值比较可以看出), 因此, 在图 5b 中, 我们仅将 2002 年 10 月 29 日、11 月 5 日和 11 月 26 日 3 次的观测结果进行比较。从图 5b 可以看出, 在 10 km 以下和 13 ~ 20 km 高度范围内的臭氧分压也是 ECC 测值均低于国产仪器; 而在近地面高度, 两者测值比较接近; 10 ~ 13 km 以及 20 km 以上的国产测量结果要明显低于 ECC 的测值。

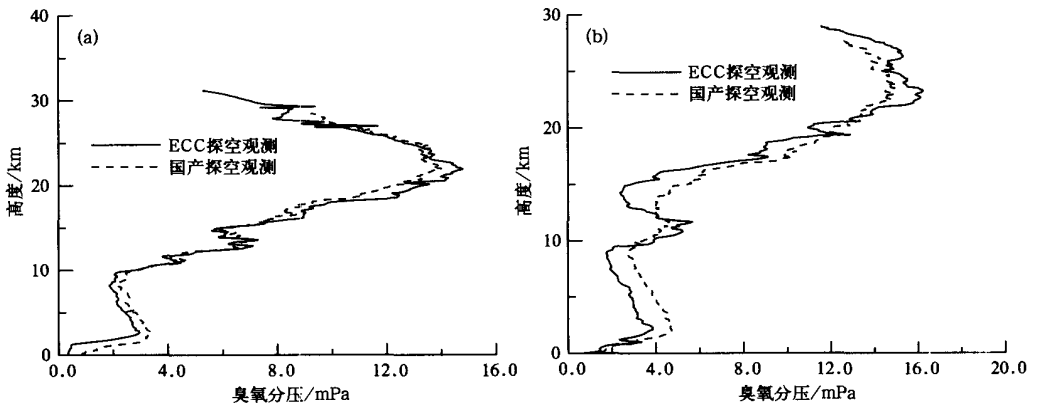


图 5 国产臭氧探空仪观测臭氧分压浓度的垂直分布与 ECC 测值比较

(a) 2002 年 1 月, (b) 2002 年 10 ~ 11 月

表 3 给出了 ECC 和国产臭氧探空总量的积分结果。从表 3 可看出, 由于 ECC 探空仪气球爆炸高度偏低, 在 2002 年 1 月 11 日和 2002 年 11 月 19 日测量臭氧总量的结果均偏低, 而在其他观测时次, ECC 与多谱森测量的总量值比较接近, 差别一般仅在 20 DU 以内。但基本上探空积分臭氧总量大多高于多谱森光谱仪测值, 其中国产探空仪积分总

表3 多谱森光谱仪、ECC和国产臭氧积分总量的比较

日期	多谱森光谱仪	ECC/SAP积分	国产积分
2002-01-10	344	354	
2002-01-11	296		304
2002-01-13	295	321	315
2002-01-15		271	
2002-01-17	320	331	385
2002-01-19	323	338	387
2002-01-21	348	364	430
2002-01-23	319	331	330
2002-10-29	322	346	384
2002-11-05	293	292	282
2002-11-19	323	234	336
2002-11-26	322	319	375

量结果要明显地偏高。

从表3可以发现,2002年1月13日、23日和11月5日ECC与国产探空仪积分总量比较接近。为此,我们分别给出这3次观测到的臭氧垂直分布情况(图6),以了解在积分总量接近的情况下,臭氧在分布上的差异。

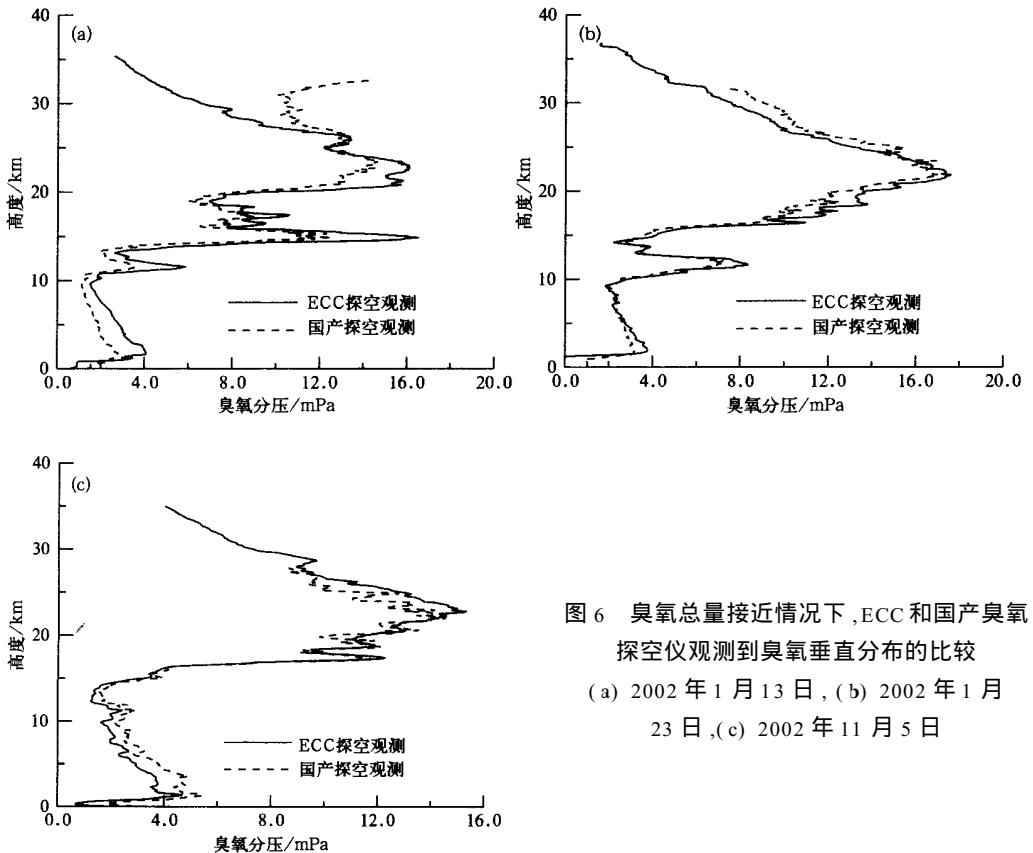


图6 臭氧总量接近情况下,ECC和国产臭氧探空仪观测到臭氧垂直分布的比较

(a) 2002年1月13日,(b) 2002年1月23日,(c) 2002年11月5日

从图 6a 可以看出, 2002 年 1 月 13 日 ECC 探空仪测值在对流层高于国产的测值。在 25 km 以下分压随高度的变化均比较一致, 但到 25 km 以上国产探空仪的分压减低, 在 30 km 以上却增加, 而 ECC 探空观测的臭氧分压开始降低。1 月 23 日各个高度的臭氧分压比较接近(图 6b), 但在上对流层到臭氧最大分压这一高度范围内, ECC 型探空仪测的分压要高于国产探空仪测值, 而在此高度以上是国产探空仪的测量结果明显高于 ECC 型臭氧探空仪的测值。11 月 5 日则是 15 km 以下国产探空仪的测值高于 ECC 的测值, 在最高臭氧值以上的高度是 ECC 的测值高于国产探空仪的测值(图 6c)。由此可见, 即使在臭氧总量积分比较接近的情况下, 两种不同类型探空仪所测臭氧垂直廓线的分布还是有一些差别。2002 年 1 月 13 日, 30 km 以上国产探空仪观测到臭氧分压又从 12 mPa 增大, 最大臭氧值与 25 km 附近的相当。这种现象不符合常理, 因为臭氧最大分压在 20 ~ 25 km 这一高度。在 2002 年 1 月 23 日和 11 月 5 日臭氧分压的垂直分布和随高度的变化趋势基本接近, 但在近地面层国产探空仪观测测量结果偏高, 这种偏高的现象在 11 月 5 日尤其明显, 导致的结果是对流层臭氧浓度值测值偏大。

### 3 讨 论

本文分析没有触及到臭氧探空仪两项关键技术:(1) 空气采样泵在高空低温、低压环境下的进气效率,(2) 化学反应池背景信号的确定。这两项技术也一直是臭氧探空仪技术发展中研究的核心内容<sup>[16~18]</sup>。在国产臭氧探空仪的研制过程中也做了一些工作<sup>[12]</sup>, 但本文的分析由于缺少实验数据而无法对这些性能进行评估。

从设计原理来看, 国产探空仪臭氧测量部分是采用单池、碳棒为阳极的设计。碳棒是碳粉通过化学物质粘连而成的。在粘连的过程中夹杂在碳粉之间的空气有可能在地面抽真空的过程中不能完全被抽净, 这在高空、低压环境下, 由于空气泡的膨胀导致碳棒炸裂情况是有可能的, 而在这种情形下可以给测量的结果带来影响。

国产探空仪与日本气象厅使用的 KC 型单池探空仪原理是一样的。KC 型单池探空仪最先是 Komhyr 在 1965 年提出<sup>[19]</sup>, 但 Komhyr 没有沿这条设计思路继续下去, 而是在 1968 年提出了 ECC 双池型臭氧探空仪<sup>[20]</sup>。日本则是坚持了单池型臭氧探空仪技术路线, 发展了 KC-68 型臭氧探空仪<sup>[21]</sup>。1979 年日本气象厅对 KC-68 型探空仪进行了技术改进, 发展为 KC-79 型臭氧探空仪。1996 年 KC-79 型探空仪在德国参加了“JOISE-96”比对后<sup>[1]</sup>, 日本气象厅又改进 KC-79 型, 发展为 KC-96 型臭氧探空仪<sup>[22]</sup>。2000 年 KC 型臭氧探空仪参加了比对, 日本气象厅根据比对的结果, 提出了数据订正的“KC-2000”方法<sup>①</sup>。由此可见, 原理与日本 KC 型探空仪相似的国产臭氧探空仪器, 首先需要参与 WMO/GAW 组织的技术比对, 以发掘仪器稳定和精确性方面的技术问题。

国产仪器设计是否采用双池型的反应池设计方式也值得考虑。从比对情况来看<sup>[1]</sup>, 双池型比单池型臭氧探空仪技术性能高。1998 年和 2000 年两种双池型(SPC-6A 和 ENSCF-ECC 型) ECC 臭氧探空仪与单池型的比对观测再次确定双池型臭氧探空仪的技术优

① 与日本气象厅 Tsutsumi Y 博士个人通信。



越性<sup>[23~24]</sup>。目前,ECC双池型臭氧探空仪广泛地应用在世界各国的业务观测中,而单池型臭氧探空仪仅在日本的业务观测中使用。

## 4 结 论

本文对国产臭氧探空观测数据进行了分析,并与多谱森臭氧总量和ECC臭氧探空的观测结果进行比对,对国产臭氧探空仪的核心技术、设计原理等方面进行了讨论,得出以下结论:

(1) 在不考虑整批仪器的稳定性情况下,国产臭氧探空仪观测能够初步反映臭氧、温度的垂直分布变化特征:臭氧最大分压值及其所在的高度分别是15~20 mPa,20~30 km;国产臭氧探空的臭氧总量积分值和地基多谱森臭氧总量观测值相对差值在-20%~60%左右。

(2) 与进口双池型电化学臭氧探空观测相比,国产探空仪在对流层测量的臭氧分压偏高,在20~25 km的范围内第一次比对偏高,第二次比对偏低,在25~30 km的范围内,两次比对的测量结果都偏低。

(3) 国产臭氧探空仪器的稳定性和准确性需要提高,现有的国产臭氧探空仪应参与由WMO/GAW组织的比对观测。

## 参 考 文 献

- 1 Smit H G J, Kley D. Jülich Ozone Sonde Inter-comparison Experiment-1996 (JOSIE-1996). Global Atmosphere Watch Report Series, No.130. WMO/TD-No.926. Geneva: WMO, 1998.38~44.
- 2 孔琴心,王庚辰,刘广仁.电化学方法测量大气中的臭氧垂直分布.大气科学,1992,16(5):636~640.
- 3 孔琴心,刘广仁,王庚辰.1993年南极中山站上空大气臭氧的观测分析.大气科学,1996,20(5):396~400.
- 4 孔琴心,刘广仁,王庚辰,等.球载电化学O<sub>3</sub>探测系统.气象水文海洋仪器,1996,(1):26~33.
- 5 Liu Qijun, Zheng Xiangdong, Luo Chao, et al. Ozone vertical profile characteristics over Qinghai Plateau measured by electrochemical concentration cell ozonesondes. *Adv Atmos Sci*, 1997, 14(6): 481~490.
- 6 郑向东,周秀骥,秦瑜,等.西宁夏季对流层臭氧垂直分布变化与气象要素的关系.气象学报,2002,60(1):47~52.
- 7 Zou Han, Zhou Libo, Jian Yongxiao, et al. An observational study on the vertical distribution and synoptic variation of ozone in the Arctic. *Adv Atmos Sci*, 2002, 19(5): 856~862.
- 8 郑向东,汤洁,周秀骥,等.拉萨地区1998年夏季臭氧总量及垂直廓线的观测研究.应用气象学报,2000,11(2):173~179.
- 9 Chan C Y, Zheng Xiangdong, Chan L Y, et al. Vertical profile and origin of wintertime tropospheric ozone over China during the PEACE-A period. *J Geophys Res*, 2004, 109(D23S06):doi 10.29/2004 JD004581.
- 10 郑向东,丁国安,孙敏锋,等.北京冬季低层大气O<sub>3</sub>垂直分布观测结果的研究.应用气象学报,2002,13(增刊):100~108.
- 11 王庚辰,孔琴心,宣越键,等.中国臭氧探空的研制和应用.地球科学进展,2003,18(8):471~475.
- 12 宣越键,马舒庆,陈洪滨,等.国产GPSO<sub>3</sub>与芬兰Vaisälä臭氧探空仪的比对实验.高原气象,2004,23(3):394~399.
- 13 王庚辰,孔琴心,宣越键,等.北京上空大气臭氧垂直分布的特征.地球科学进展,2004,19(5):743~748.

- 14 McPeters P. A satellite-derived ozone climatology for balloon sonde estimation of total column ozone. *J Geophys Res*, 1997, **102**( D7 ):8875 ~ 8885 .
- 15 Staehelin J, Kerr J, Evans R, et al. Comparison of total ozone measurements of Dobson and Brewer Spectrophotometers and Recommended Transfer Functions. Global Atmosphere Watch Report Series, No. 149. WMO/ TD-No.1147. Geneva: WMO, 2003 .
- 16 Komhyr W D, Barnes R A, Brothers, et al. ECC performance evaluation during STOIC. *J Geophys Res*, 1995, **100**( D5 ):9231 ~ 9244 .
- 17 Reid S J, Vaughan, Marsh A, et al. Accuracy of ozonesonde measurements in troposphere. *J Atmos Chem*, 1996, **25**( 2 ): 215 ~ 226 .
- 18 Byran J J, Oltmans S J, Vömel H. ECC ozonesonde pump efficiency measurements and tests on the sensitivity to ozone of buffered and unbuffered ECC cathode solutions. *J Geophys Res*, 2002, **107**( D19 ): 4393, doi: 10.1029/2001JD000557 .
- 19 Komhyr W D. A Carbon-Iodine Ozone Sensor for Atmospheric Soundings. Proc Ozone Symposium Albuquerque 1964. Geneva: WMO 26, 1965 .
- 20 Komhyr W D. Electrochemical concentration cells for gas analysis. *Ann Geoph*, 1969, **25**: 203 ~ 210 .
- 21 Kobayashi J, Toyama Y. On various methods of measuring the vertical distribution of atmospheric ozone(III)-Carbon iodine type chemical ozonesonde. *Pap Met Geophys*, 1996, **17**:113 ~ 126 .
- 22 Fujimoto T, Takahiro Sato, Katsue Nagai, et al. Evaluation of Japanese ozonesonde( RS2-KC96) . XIX Quadrennial Ozone Symposium, Sapporo, Japan: 2000. 127 ~ 130 .
- 23 Smit H G J, Wolfgang S. JOSIE-1998 Performance of the ECC Ozone Sondes of SPC-6A and ENSCI-Z Type. Global Atmosphere Watch Report Series, No. 157. WMO/ TD No. 1218. Geneva: WMO, 2004 .
- 24 Smit H G J, Wolfgang S. JOSIE-2000 The 2000 WMO International Inter-comparison of Operating Procedures for ECC-Ozone Sondes at the Environmental Simulation Facility at Jülich. Global Atmosphere Watch Report Series, No. 158. WMO/ TD No. 1225. Geneva: WMO, 2004 .

## ANALYSIS OF THE DATA QUALITY OBSERVED BY THE CHINESE-MADE OZONE SONDE SYSTEM

Zheng Xiangdong<sup>1)</sup> Li Wei<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> ( Key Laboratory of Atmospheric Chemistry, Center for Atmosphere Watch and Service, Chinese Academy of Meteorological Sciences, CMA, Beijing 100081 )

<sup>2)</sup> ( Atmospheric Observation Technology Center, CMA, Beijing 100081 )

### Abstract

Quality analysis on the vertical distribution data observed by the Chinese-made ozone sonde system over Beijing from April 2001 to September 2004 is presented. The basic parameters observed by the system including the temperature of electronic chemistry cell in the sonde, the maximum of atmospheric ozone partial pressure and its altitude, the temperature and altitude of tropopause indicate that the stability of the sonde system needs to be improved. The integrated column ozone from the sonde system is generally higher than that of observed by the ground-based Dobson spectrophotometer, and the difference of the m is with-

in  $\pm 20\%$  from 2002 to 2003. 11 times simultaneous comparison measurements show that the ozone partial pressure below 15 km and in 25 ~ 30 km observed by Chinese-made ozone sonde system are higher than that observed by the ECC ozone sonde system with double cells which is extensively used. Also, the result suggests that the Chinese-made ozone sonde system participate the international calibration campaign organized by the Global Atmospheric Watch World Meteorological Organization (GAW/WMO). With the certain technological availability, the single cell in Chinese-made ozone sonde system is recommended to be updated by double cells.

**Key words:** Ozone Chinese-made ozone sonde system data Comparison analysis