

青藏高原 UT/LS 的大气成分分布对比分析

李 潼, 范广洲, 赖 欣, 刘一哲

(成都信息工程大学大气科学学院 高原大气与环境四川省重点实验室 气候与环境变化联合实验室, 四川成都 610225)

摘要:为更好地了解高原上空大气成分的分布,利用 NCEP/NCAR 再分析资料、美国 NOAA 提供的外逸长波辐射资料和美国 Aura 卫星携带的 MLS 微波临边探测仪测得的最新资料对青藏高原上空及其周边区域上对流层至下平流层的水汽及一氧化碳和臭氧的分布特征进行对比分析。结果表明,高原上空水汽的含量在上对流层-下平流层明显大于其东西两侧,水汽的极大值出现在 7、8 月。水汽分布总体呈现南多北少,但不同季节有一些差别。一氧化碳分布的大值中心随高度的升高而西移,南亚高压动力作用随之增强,深对流作用减弱。在高原西南侧低层低浓度的臭氧向上输送,东北侧高层高浓度的臭氧向下输送,使臭氧呈现东北侧高,西南侧低的分布特征。三者在不同高度上存在不同的相关性,且均通过显著性检验。

关键词:气象学;气候变化;青藏高原;上对流层-下平流层;大气成分

中图分类号:P462.6

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2020.06.010

0 引言

作为“世界屋脊”的青藏高原,地形复杂,平均海拔远超同纬度其他地区,使该地区的气候形态也极为特殊。其能量与水分循环等过程对东亚地区乃至全球气候变化都有重要的影响。同时,对流层顶的高度在上对流层至下平流层的物质交换过程中有十分重要的作用,如臭氧的交换,急流的发生,飞机产生颠簸等。在亚洲夏季风期间,对流层顶的高度也会显示不同的变化,对于研究的上对流层至下平流层的水汽、臭氧等大气痕量的交换具有重要意义。IPCC 第四次报告中提出,可将对流层顶的变化作为气候变化的反应之一^[1]。

从 20 世纪末开始,全球变暖幅度加大,中高纬度地区尤为明显,Rosenlof 等^[2]研究表明,近年来平流层的水汽在不断增加,而水汽作为一种温室气体,引起的温室效应是等量二氧化碳的两倍^[3]。当平流层中水汽增加时,对流层会变暖^[4]。此外,平流层与对流层温度的垂直结构也会因水汽带来的辐射效应发生改变。同时,水汽在平流层中能够与臭氧发生光化学反应,影响臭氧的含量,从而进一步影响温室效应。平流层水汽的增加会造成平流层臭氧的显著增加。然而,Randel^[5]发现,从 2000–2006 年平流层水汽却存在减少的趋势。因此对平流层水汽变化的认识还存在很大的不确定性以及差异性。而青藏高原由于其特有的地形和高海拔成为对流层向平流层输送物质的重要通

道,并且其动力和热力作用,使该地区上的对流层形成以南亚高压为主的特殊环流形势^[6–7],能够强烈影响整个地区上对流层至下平流层的水汽分布情况。目前已经有很多学者进行了一些相关研究,并且取得了一些很有意义的成果。周秀骥等^[8]于 1994 年就提出夏季高原上空是污染物质从对流层穿越到平流层的重要通道,随后指出输送到热带平流层的水汽有约 75% 来自青藏高原及南亚季风区。黄莹等^[9]研究得出,南亚高压偏强时,高压东部 Upper Troposphere/Lower Stratosphere (简称 UT/LS)区域的水汽会显著增加。田红瑛等^[10]讨论了高原上空对流层顶的水汽分布和物质交换。其结果表明,受高原上空反气旋环流和印度夏季风的影响,有明显的水汽从对流层向平流层地区输送。Tian 等^[11]的模式模拟结果显示对流层顶附近的对流活动输送对下平流层水汽增加趋势的贡献可达到 30%。

对于 CO 的研究,Duncan 等^[12]的研究表明源于热带外地区的 CO 可通过亚洲夏季风反气旋环流输送至热带 UTLS 区域。Parker 等^[13]利用化学传输模式表明亚洲夏季风反气旋环流内部的 CO 高值主要来源于印度和东南亚地区。Lee 等^[14]提出 CO 较大的浓度梯度,可使其作为高层大气的示踪物,用于研究高纬地区中层大气的垂直运动特征。

关于臭氧的分布及影响因子也有一些学者进行了分析。薛志航等^[15]利用 ECWMF 臭氧的再分析资料得出在 UT/LS 区域,高原上空臭氧分布呈现明显的南低北高的分布。王晴等^[16]发现大气温度从 2008 年以来产生的逆转可能是受臭氧总量的增加而引起。杨双艳等^[17]指出当高原上空臭氧总量上升时,对流层顶高度随之下降。

但由于高原上地形复杂,区域辽阔但观测站点稀少,并且在上对流层水汽含量极低,普通的水汽再分析资料在高原地区的可信度还有待进一步考证,选用美国 Aura 卫星搭载的 MLS 微波临边探测器测得的最新资料对高原及周边地区上对流层至下平流层的水汽分布特征从不同角度进行了分析,同时对同一时段夏季臭氧及一氧化碳的分布进行了分析,最终将两者在不同高度上分别与水汽体积混合比进行了相关性检验。

1 资料与方法

2004 年美国宇航局(NASA)发射了携带 MLS 微波临边探测仪的 Aura 卫星,探测仪运行至今,用来测量全球的大气成分。它是极轨卫星,轨道面与赤道面的夹角约为 82° 。MLS 的探测仪大约每 24.7 s 进行一次扫描,每天大约可以完成 3495 次采样,覆盖范围为 $82^{\circ}\text{S} \sim 82^{\circ}\text{N}$ 。该临边探测仪的水平分辨率为 1.5° (约 160 km),垂直分辨率约为 3 km。该探测仪可以测得多种大气成分,如水汽、一氧化碳、臭氧等。同时也可以测温度、位势高度、相对湿度、云冰含水量等相关的一些大气要素。其中水汽的有效探测范围是 316 ~ 0.002 hPa。数据选用的是 MLS 微波临边探测仪 V4.2 版本的二级产品,其反演参照 Livesey 和 pumphrey 的方法,在进行质量控制后用三角形线性内插法数据插值到 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的规则网格上。文中,水汽采用 2018 年 1 月 1 日-12 月 31 日的观测数据,臭氧及一氧化碳选取 2018 年 6 月 1 日-8 月 31 日的数据。

另外,还用了 NCEP/NCAR 的逐日再分析资料,包括纬向风速 u 和经向风速 v 及 NOAA 提供的 OLR 逐日资料,两者的水平分辨率均为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,时间 2018 年 1 月 1 日-12 月 31 日。

对流层顶在气象学上的定义:在 500 hPa 等压面以上,温度的递减率小于 $2^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 的最低高度,并且在这个高度以上 2 km 内的温度的平均递减率不超过该

值^[18]。通过对流层顶高度的计算公式,选取 215 hPa 作为上对流层,147 hPa 作为对流层顶,100 hPa 作为下平流层。

2 结果分析

2.1 高原 UT/LS 水汽分布特征

2.1.1 高原水汽年内分布特征

高原选取的范围是 ($27.5^{\circ}\text{N} \sim 37.5^{\circ}\text{N}$, $75^{\circ}\text{E} \sim 105^{\circ}\text{E}$),高原西侧为 ($27.5^{\circ}\text{N} \sim 37.5^{\circ}\text{N}$, $45^{\circ}\text{E} \sim 75^{\circ}\text{E}$),高原东侧为 ($27.5^{\circ}\text{N} \sim 37.5^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\text{E} \sim 135^{\circ}\text{E}$)。

从图 1(a)、(b) 可以看到,在 215 hPa 和 147 hPa 高度,即上对流层到对流层顶区域,从 3 月开始,高原逐渐从冷源转化为一个弱热源,由于高原的热力作用逐步增强,无论是高原上还是其东西两侧,水汽都开始逐渐增多。夏季,高原上空的水汽分布明显高于高原的东、西两侧,这是由于高原热力作用的进一步增强,深对流事件增加,潜热释放大加强,高原上空水汽开始迅速增加,且南亚高压发展旺盛,高原的动力作用对水汽的增加也起到一定的作用,水汽极大值出现在 7 月。其东西两侧的水汽也开始增加,但是没有高原上空显著。并且高原西侧水汽的变化幅度随着高度的升高而迅速增大。秋季,雨季结束,高原上空热力作用减弱,降水减少,水汽含量也开始迅速减少。冬季,水汽含量维持在一个较低且稳定的状态。从图 1(c) 可以看出,在 100 hPa 上三者的变化与在上对流层和对流层顶附近大不相同,且变化趋势及含量较一致,这是由于高原的动力和热力作用影响在此高度大大减弱。水汽含量的最大值出现在 8 月,最小值出现在 3、4 月。比上对流层出现的时间稍晚,从另一角度印证了平流层的部分水汽来自对流层的传输。

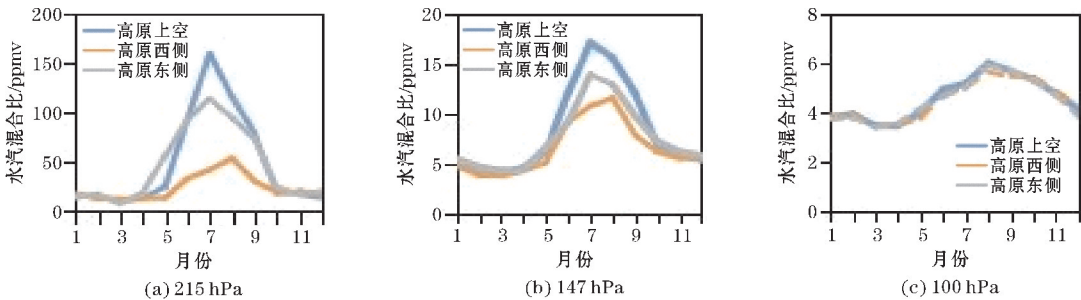


图 1 青藏高原及其东西两侧 215 hPa,147 hPa,100 hPa 水汽的年内分布情况

2.1.2 青藏高原 UT/LS 水汽空间分布特征

春季,青藏高原对流层顶高度(图 2d)南高北低,在上对流层至对流层顶区域(图 2a、2b)的水汽体积混合比分布也呈现南高北低的分布。高原上空 100 hPa 高度完全处于平流层中。从图 2(a)可以看出,在

215 hPa 高度,高原东南侧为水汽输送高值区,结合风场可以看出,高原西侧的风由于高原的绕流作用,在高原北部开始形成反气旋式环流,但尚未闭合;从图 2(c)可以看出,在下平流层中,高原及西南部地区上有一明显的水汽低值带,Panwar 等曾研究发现,热

带下平流层的水汽在北半球的冬季与春季达到最低,其原因是受较低的对流层顶温度的影响。从垂直速度的经度-高度剖面图(图 2e)可以看出,高原东西两侧为下沉运动,且西侧的下沉运动较强,故高层的干冷空

气下沉,使其西部水汽含量较同纬度东部地区更低。由于大地形的抬升作用,高原上空虽有上升运动,但上升气流只能达到300 hPa左右。

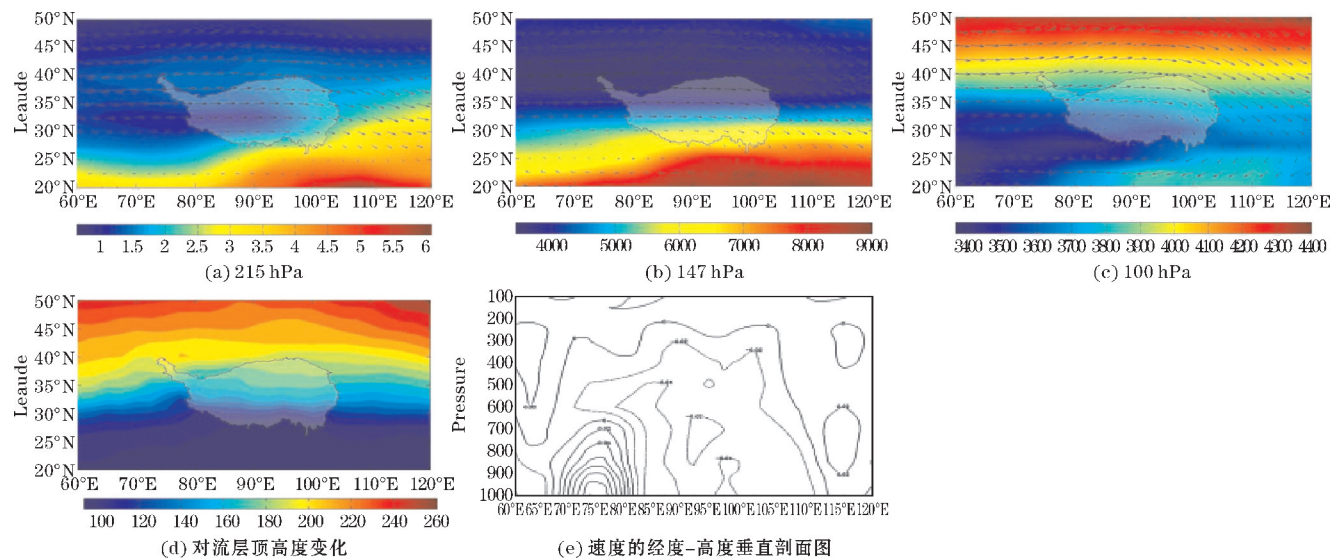


图 2 春季青藏高原水汽体积混合比在 215 hPa、147 hPa、100 hPa 高度上的浓度分布和相应层上的风矢量(单位:8 m/s) 对流层顶高度变化及速度的经度-高度垂直剖面图

与春季相比,夏季高原上空对流层顶高度(图 3d)升高,高原南侧对流层顶高度可达100 hPa甚至更高。在夏季,3 个高度上(图 3a、3b、3c)的水汽大值区范围增大,且水汽含量迅速增加,高原及南边的水汽大值区域与深对流区域基本完全吻合,再结合经度-高度的剖面图(图 3e)可以看到,6、7、8 月在高原上空有强烈的上升运动,上升气流强度大大增加,可以一直向上延伸至100 hPa附近,有利于对流层中的水汽向上传输到平流层。南亚高压反气旋中心与大值中心也基本符合,也就是说,夏季高原上空 UT/LS 区域水汽的分布受深对流和南亚高压的共同作用,且这种影响可以一

直持续到对流层顶。由于高原南部有山脉阻挡,暖湿空气大量抬升,水汽大量凝结,再加之南亚夏季风带来的南海和孟加拉湾的水汽的共同作用,使高原南部的水汽含量大大高于北部。

秋季(图略),对流层顶高度较夏季相比有所降低,高原上空被平直的西风气流替代,水汽分布与春季相似,呈现南高北低,由南向北逐渐递减的趋势。高原上空的垂直运动较夏季无论是强度还是范围都开始减弱,并且在高原的东西两侧开始出现下沉运动。所以,高原及其南侧水汽含量开始减少。

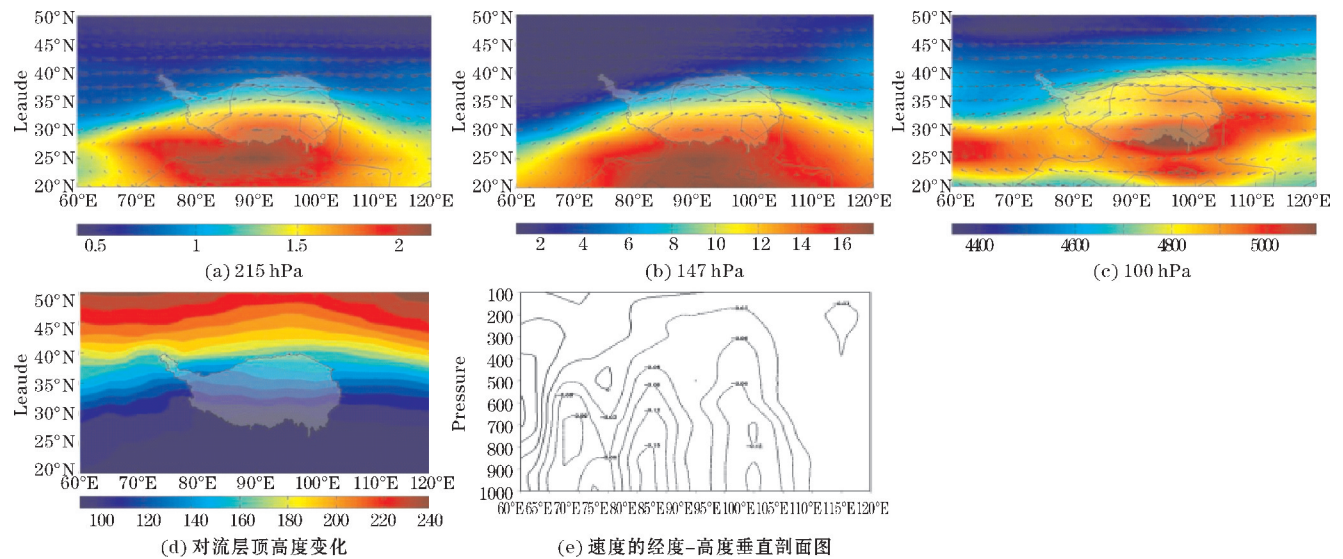


图 3 夏季青藏高原水汽体积混合比在 215 hPa、147 hPa、100 hPa 高度上的浓度分布和相应层上的风矢量(单位:8 m/s) 对流层顶高度变化及速度的经度-高度垂直剖面图

2.1.3 UT/LS 区域水汽的季节内变化特征

图 4 表示水汽在 1、4、7、10 月在 215 hPa, 147 hPa, 100 hPa 的标准化距平序列。这里选取 1、4、7、10 月分别表示冬、春、夏、秋季。根据联合国气象组织 WMO 的规定, 标准化距平大于两个标准差时为异常事件。

春季(图 4b)上对流层从 4 月 8–10 日水汽波动呈现明显增加的趋势, 并且 10 日时, 水汽的标准化距平超过 3 个标准差, 异常增多, 此时间段内可能发生了一次较强的深对流活动, 强烈的上升运动导致上对流层的水汽迅速增多。但整体波动较小, 基本都在一个标准差以内。

夏季(图 4c)整体波动开始变大, 基本在两个标准差以内波动, 将 215 hPa 和 147 hPa 的标准化距平值求相关, 相关系数可达 0.74, 且通过了 99% 的显著性检验, 说明夏季上对流层的水汽能够一直向上传输到对流层顶附近, 这从另一角度印证了来自对流层的水汽

在上升气流很强的时候, 能够将水汽带到更高的高度。但 100 hPa 水汽与 147 hPa 呈现明显的负相关, 相关系数为 -0.52。产生这一现象的原因是强烈的上升气流抬升了对流层顶高度, 使对流层顶温度降低, 进而水汽可能产生冻干、脱水, 造成下平流层水汽含量减少。且在平流层中, 水汽为臭氧提供氢氧自由基参加光化学反应, 含量也会大大减少。

10 月(图 4d), 在对流层顶至下平流层分别出现了两次水汽异常增加事件, 且下平流层存在一个滞后效应。在这两次水汽异常出现之前, 上对流层水汽波动较稳定, 结合垂直速度的剖面图来看, 并不是由于深对流垂直向上传输造成的。

1 月(图 4a), 较其他 3 个季节相比, 水汽波动处在一个相对稳定的状态, 都处在两个标准差的范围内。这是由于冬季水汽含量处在一个相对较低的状态, 且对流活动较少。

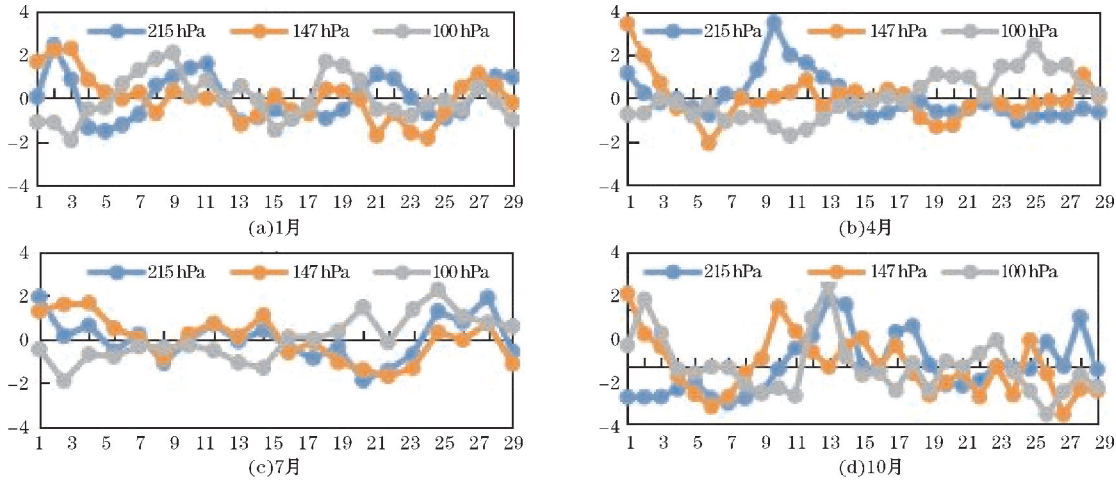


图 4 高原水汽的标准化距平序列

2.2 夏季青藏高原及周边地区 UT/LS 一氧化碳空间分布特征

夏季, 青藏高原上对流层(图 5a)一氧化碳分布总体呈现南高北低的趋势, 与水汽分布情况较相似, 在 215 hPa 高度上高原南侧一氧化碳含量的大值区落在深对流区域中, 大值区以 22 °N、95 °E 为中心, 从更大范围来看, 15 °N ~ 30 °N、80 °E ~ 110 °E 区域甚至更大一些范围的区域中, 存在纬向的一氧化碳大值区, 这个区域与该高度上风矢量的闭合环流较吻合。即在上对流层区域, 一氧化碳的分布受深对流与南亚高压反气旋的共同作用。随着高度的不断升高, 该大值区开始向西向北偏移(图 5b、5c), 深对流的大值区与一氧化碳大值区不再吻合, 深对流对一氧化碳浓度分布的作用开始减弱, 大范围区域来看, 南亚高压反气旋闭合

环流与一氧化碳的大值区对应较好, 但是中心并不完全重合。探究大值区偏移较大的另外一个原因发现, 大值区在地理分布上对应中东地区, 该地区燃料燃烧会产生大量一氧化碳。高原上空, 在 147 hPa(图 5b)和 100 hPa(图 5c)高度上, 一氧化碳的分布呈现从西南向东北逐渐递减的趋势, 高浓度的一氧化碳在风场的作用下从高原西南侧向东北方向输送。综合 3 个高度的分析, 结合一氧化碳浓度分布的大值区, 可以初步认为, 造成这种异常分布的机制在各个高度上不同。在上对流层, 主要受深对流的影响, 而在更高的高度上(147 hPa、100 hPa), 则是南亚高压反气旋的闭合环流决定了这种异常分布。即在 UT/LS 区域, 随着高度的不断增加, 深对流的热力作用逐渐减弱, 南亚高压的动力作用逐渐增强。

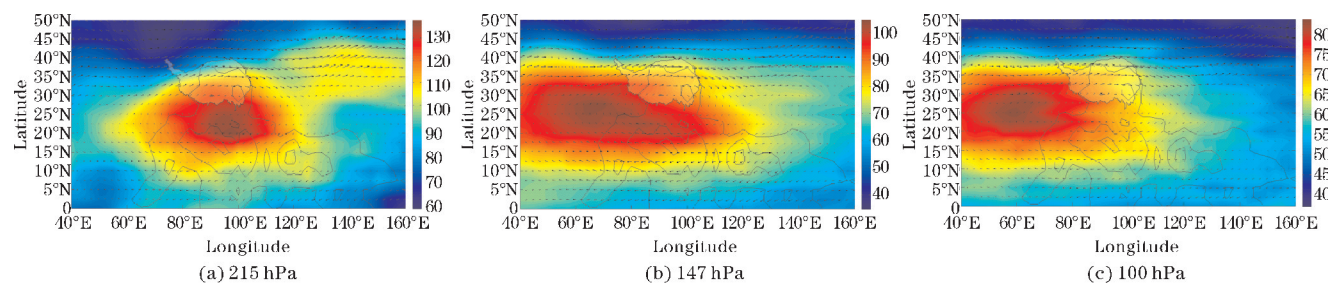


图 5 夏季青藏高原一氧化碳空间体积混合比在 215 hPa、147 hPa、100 hPa 高度上的浓度分布和相应高度层上的风矢量(单位:8 m/s)
(黑色实线代表小于 220 W/m² 的 OLR 等值线)

2.3 夏季青藏高原及周边地区 UT/LS 臭氧空间分布特征

夏季,高原上空 215 hPa(图 6a)和 147 hPa(图 6b)高度,即上对流层至对流层顶区域,高原上空臭氧的分布呈现出从西南向东北递增的趋势。与水汽和一氧化碳分布不同的是高原上空臭氧的含量相比于同纬度的东部地区含量更低。造成这种现象的原因是

东部地区高纬度地区高浓度臭氧在西北风的作用下不断向低纬度传输。也就是说,在对应的深对流区域,高原上的臭氧并没有显著增加,从而印证了从高纬度地区到低纬度地区的水平输送比深对流产生的垂直输送作用更强。而在 100 hPa(图 6c)高度上,高原周边的西南侧有一个明显的臭氧含量低值区,在此区域内可能发生了光化学反应,使该区域的含量低于周边地区。

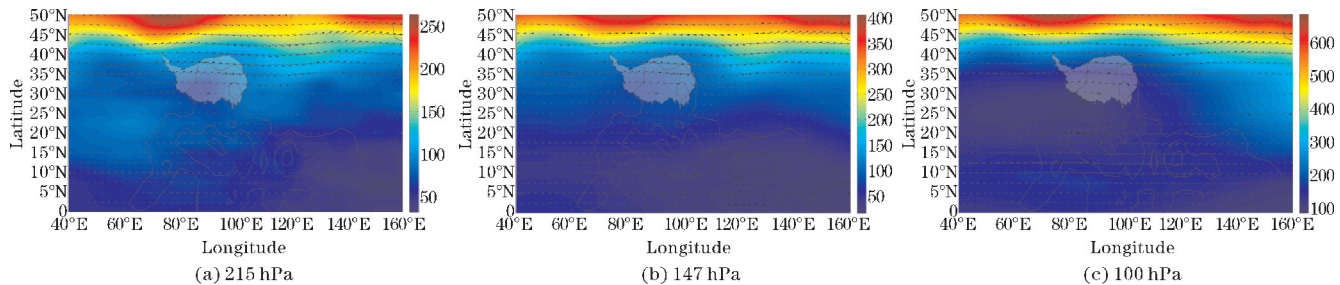


图 6 夏季青藏高原臭氧空间体积混合比在 215 hPa、147 hPa、100 hPa 高度上的浓度分布和相应高度层上的风矢量(单位:8 m/s)
(黑色实线代表小于 220 W/m² 的 OLR 等值线)

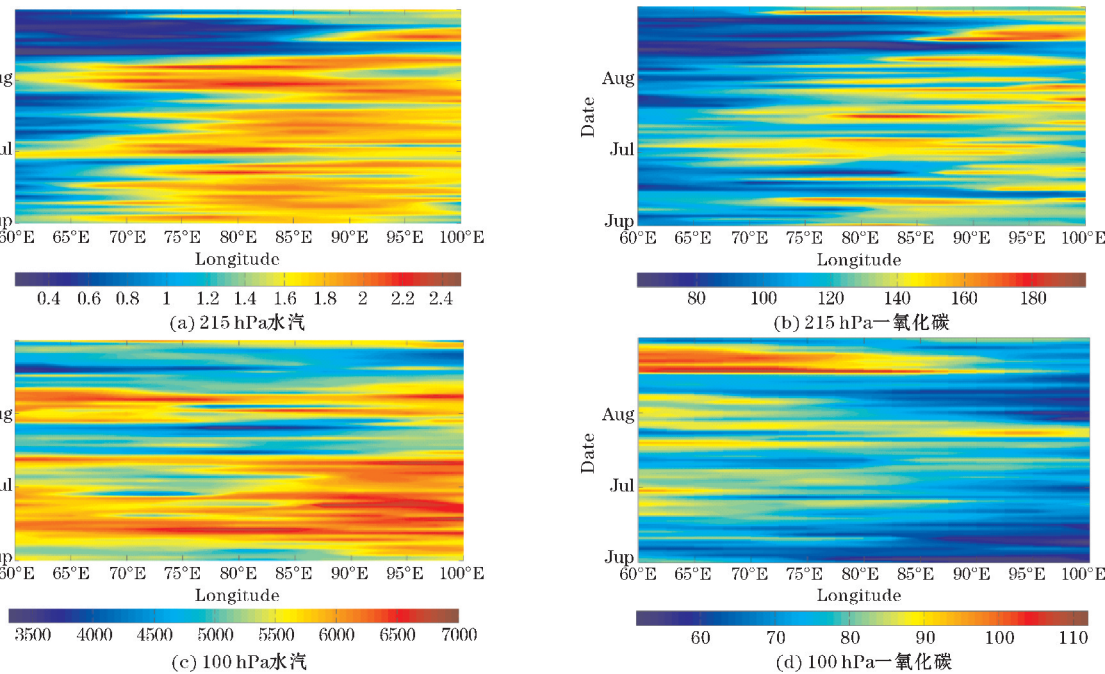


图 7 高原上空 纬向平均的 215 hPa 水汽、一氧化碳及 100 hPa 水汽、一氧化碳的经度-时间演变

2.4 相关性检验

在 215 hPa(图 7a、7b)高度,水汽和一氧化碳存在明显的季节内振荡,呈现同位相变化,而水汽和臭氧呈现明显的反位相变化,两者都通过了 95% 的显著性检验。而在 100 hPa 高度即下平流层区域(图 7c、7d),水汽和一氧化碳呈现明显的反位相变化,相关系数为 -0.51,通过了 95% 的显著性检验。在自由大气中,一氧化碳主要来自于一些化石燃料燃烧,对流层中人类的的活动,它可以作为一种示踪物,传输到平流层中。而水汽在通过对流层顶可能产生冻干脱水等现象,进而造成两者在下平流层负相关。水汽和臭氧也由原来的反位向变化转变为同位相变化。水汽与臭氧出现同位相变化原因可能是进入到平流层的水汽为光化学反应提供氢氧自由基,从而加速了臭氧的消耗,进而水汽含量和臭氧含量同时减少。

3 结论与讨论

采用美国 AURA 卫星携带的 MLS 微波临边探测仪探测得到的水汽、一氧化碳及臭氧资料以及 NCEP/NCAR 的再分析资料对 2018 年高原 UT/LS 区域的水汽、一氧化碳及臭氧分布特征及其影响因子进行了分析,并得到了以下结论:

(1)通过对高原及其东西两侧的水汽分布状况的分析得知,在高原动力及热力作用的影响下,高原上空 UT/LS 区域的水汽含量明显多于其东西两侧,高原西侧水汽随着高度升高而迅速增大,但在 100 hPa 高度高原上空及其东西两侧三者的水汽变化趋势趋于一致。

(2)通过对水汽变化的季节内特征分析,春秋冬季的水汽分布基本都呈现南高北低,从南向北依次递减的状态。夏季,高原及周边地区 UT/LS 区域水汽受南亚高压和深对流共同作用,垂直运动大大加强,上升气流可以达到 100 hPa 甚至更高的高度,使水汽从对流层可以一直向上传输。同时高原南侧有山脉阻挡,暖湿空气大量抬升,水汽大量凝结,加之南亚夏季风的作用,高原南部水汽远多于北部。

(3)夏季,高原及周边地区上空一氧化碳的大值区分布随着高度的升高而逐渐向西、向北移动。随着高度的升高,深对流对一氧化碳浓度分布的控制作用逐渐减弱,南亚高压的动力作用逐渐增强。臭氧的分布在 3 个高度整体呈现从西南向东北递增的趋势,高原上空臭氧的含量相比于同纬度的东部地区含量更低,这由于东部地区高纬度地区高浓度臭氧在西北风的作用下不断向低纬度传输。也就是说,在对应的深

对流区域,高原上的臭氧并没有显著增加,印证了从高纬度地区到低纬度地区的水平输送比深对流产生的垂直输送作用更强。

(4)将水汽和一氧化碳在 3 个高度做相关性检验得出,在上对流层至对流层顶水汽与一氧化碳呈现明显的正相关,而在下平流层区域则呈现明显的负相关。水汽和臭氧的相关性检验也可以得到类似结论,水汽和臭氧在对流层中为负相关关系,而在平流层中呈现正相关,且均通过了 95% 的显著性检验。水汽在通过对流层顶可能产生冻干脱水等现象,进而造成水汽和一氧化碳在下平流层呈现负相关。进入到平流层的水汽为光化学反应提供氢氧自由基,从而加速了臭氧的消耗,进而水汽含量和臭氧含量同时减少,在平流层呈现正相关。

参考文献:

- [1] IPCC. Climatic Change 2007, the Fourth Assessment Report (AR4) of the United Nations intergovernmental panel on climate change (IPCC): chapter 3 [R]. 2010:270-271.
- [2] Rosenlof KH, SJ Oltmans, D Kley, et al. Stratospheric Water Vapor Increases over the Past Half-Century [J]. Geophysical research letters. 2001, 28 (7):1195-1198.
- [3] Sinha A, Harries J E. Water-vapour and greenhouse trapping-the role of far-infrared absorption [J]. Geophysical Research Letters, 1995, 22 (16):2147-2150.
- [4] Oltmans S J, Hofmann D J. Increase in lower-stratospheric water vapor at a mid-latitude Northern Hemisphere site from 1981 to 1994 [J]. Nature, 1995, 374:146-149.
- [5] Randel W J, Wu F, Voemel H, et al, Decreases in stratospheric water vapor after 2001: Links to changes in the tropical tropopause and the Brewer-Dobson circulation [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2006, 111 (D12).
- [6] Krishnamurti T N. Tibetan high and upper tropospheric tropical circulation during northern summer [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 1973, 54:1234-1248.
- [7] 苏东玉, 李跃清, 蒋兴文. 南亚高压的研究进展及展望 [J]. 干旱气象, 2006, 24(3):68-74.
- [8] 周秀骥, 罗超, 李维亮. 中国地区臭氧总量变化

- 与青藏高原异常低值中心[J]. 科学通报,1995 (15):1396-1398.
- [9] 黄莹,郭栋,周顺武,等. 夏季南亚高压与邻近上对流层下平流层区水汽变化的联系[J]. 气象学报,2017,75(6):934-942.
- [10] 田红瑛,田文寿,雒佳丽,等. 青藏高原地区上对流层-下平流层区域水汽分布和变化特征[J]. 高原气象,2014,33(1):1-13.
- [11] Tian W, Chipperfield M P. Stratospheric Water Vapor Trends in a Coupled Chemistry-Climate Model [J]. Geophysical research letters, 2006, 33(6).
- [12] Duncan B N, S E Strahan, Y Yoshida, et al. Model study of the cross-tropopause transport of biomass burning pollution [J]. Atmos. Chem. Phys., 2007, 7:3713-3736.
- [13] Park M, W J Randel, L K Emmons, et al. Transport pathways of carbon monoxide in the Asian summer monsoon diagnosed from Model of Ozone and Related Tracers (MOZART) [J]. J. Geophys. Res., 2009, 114.
- [14] Lee J N D L Wu, G L Manney, et al. Aura Microwave Limb Sounder observations of the polar middle atmosphere: Dynamics and transport of CO and H₂O [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2011, 116(D5).
- [15] 薛志航,邓创,孙一. 青藏高原上空臭氧时空分布特征[J]. 成都信息工程大学学报, 2018, 33(4):464-469.
- [16] 王晴,黄富祥,夏学齐. 2008年以来青藏高原春季大气温度逆转趋势及其与臭氧总量变化之间的可能联系[J]. 气候变化研究进展, 2019(4):1-12.
- [17] 杨双艳,周顺武,张人禾,等. 青藏高原对流层顶高度与臭氧总量及上升运动的耦合关系[J]. 大气科学学报, 2012, 35(4):438-447.
- [18] WMO. Meteorology-A three-dimensional science: Second session of the commission for aerology [J]. WMO Bull, 1957(4):134-138.

Comparative Analysis of Atmospheric Composition Distribution of UT/LS on the Tibetan Plateau

LI Tong, FAN Guangzhou, LAI Xin, LIU Yizhe

(College of Atmospheric Sciences, Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Joint Laboratory of Climate and Environment Change, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: In order to better understand the distribution of atmospheric components over the plateau, the latest data measured by the NCEP/NCAR reanalysis data, the exogenous longwave radiation data provided by the US NOAA, and the MLS microwave edge detector carried by the Aura satellite in the United States were used to compare and analyze the. The distribution characteristics of water vapor, carbon monoxide and ozone from the troposphere to the lower stratosphere. were compared and analyzed. The results show that the water vapor content over the plateau is significantly larger in the upper troposphere-lower stratosphere than that in the east and west sides, and the maximum value of water vapor appears in July and August. The overall distribution of water vapor has shown greater in the south than in the north. is more south than north, but there are some differences in different seasons. The large value center of the carbon monoxide distribution moves westward with the increase of the height, and the dynamic effect of the high pressure in South Asia increases, and the deep convection weakens. On the southwest side of the plateau, low-concentration ozone is transported upwards, and on the northeast side, high-concentration ozone is transported downwards, which makes the distribution characteristics of ozone demonstrate high in the northeast and low in the southwest. which makes the ozone distribution characteristics of high northeast and low southwest. The three have had different correlations at different heights, and all passed the significance test.

Keywords: meteorology; climate change; Qinghai-Tibet Plateau; upper troposphere-lower stratosphere; atmospheric composition