科学通报
第41卷 第24期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1996年12月

渭南黄土中温室气体组分的初步研究*

刘嘉麒 钟 华 刘东生
(中国科学院地质研究所,北京 100029)

关键词 CO_2 CH_4 N_2O 黄土沉积物 渭南

温室气体的研究,是全球变化研究计划的主要内容之一. 目前人们对土壤温室气体排放的监测积累了一些资料[1,2],但对土壤内部,尤其是土壤深部温室气体的了解还很少. 我国西北地区广泛分布有巨厚的黄土沉积物,这些沉积物实际上是干旱半干旱气候条件下,一种成土作用较弱的古土壤. 研究黄土沉积物深部气体组分的含量与分布,有助于全面了解土壤温室气体的排放机理. 本文就此问题作初步探讨.

1 采样与实验方法

样品的采集借助于胜利石油管理局麻花钻机进行. 该钻机的主要特点是使钻头前部与钻孔隔离,以使被收集的气体不与大气混合,钻入的最大深度为2.7 m,它利用钻杆中间的毛细管(下部通过钻头附近的毛细孔与土壤相通,上部出口用特制橡皮密封)负压原理,用注射器直接收集土壤气体. 盛装土壤气体的气样瓶是标准的密封铝合金瓶,采样前已将气样瓶抽真空至2×1.33 322 Pa. 土样的采集是借助钻杆螺旋形状,将某一深度上的土样返至地表获得.

我们对陕西渭南黄土地层L2～S0中的气体及土样进行了采集. 采样时间为1995年2月21日～22日. 3个采样地点位于桥头镇附近彼此相距10～20 km的3块麦田旁. 在每一个采样地点,布置4～10个钻孔(钻孔之间的距离最大不超过70 m,最小为0.5 m). 每一钻孔中,按不同深度取1～3个土壤气体及同一深度上的土样,一般是在1 m和2.7 m深处各采1个气样和土样. 3个地点共采集36个气体样和35个土样,还分别在3个地点采集了距地面高1.7 m处的大气样.

对19个黄土沉积物气样和3个大气样中的CO_2, CH_4, N_2O, O_2, N_2含量以及CO_2的碳氧同位素组成进行了测定(有的因样品量不够,只作了含量或同位素分析),与气样相对应的18个土样的碳酸盐含量及碳氧同位素组成也进行了分析. 气体样中CO_2含量和土样碳酸盐含量测定(酸解法)是在Carl-100气相色谱仪上进行的,气样中CH_4, N_2O, O_2和N_2含量测定在岛津14 A型气相色谱仪上进行的. 碳氧同位素测定在MAT-251质谱仪上进行. CO_2(CH_4), N_2O和O_2(N_2)的分析误差分别为±2%, ±0.5%和±5%. 碳氧同位素的分析精度优于±0.15‰.

1996-02-05收稿,1996-04-28收修改稿
* 国家自然科学基金和中国科学院基金资助项目

2 分析结果与讨论

样品的分析结果列于表1,并表示在图1中. 由此可以看出:

表1 渭南黄土沉积物和大气中 CO_2, CH_4, N_2O, O_2 和 N_2 的含量及碳氧同位素组成

采样点	钻孔号	采样号	深度及层位	CO_2 /$\times10^{-6}$	CH_4 /$\times10^{-6}$	N_2O /$\times10^{-9}$	O_2 /%	N_2 /%	$\delta^{13}C$[a] /‰ (PDB)	$\delta^{18}O$[a] /‰ (PDB)	酸解[b] CO_2 /%	土样 $\delta^{13}C$[c] /‰ (PDB)	土样 $\delta^{18}O$[c] /‰ (PDB)
		Wa01	大气	578	1.9	478	21.5	78.4	−11.09	−4.21			
第1点	3	Wg05	1 m, S0	3 730	4.6	610	20.9	78.7	−1.94	−14.50	2.3	−5.56	−8.68
		Wg06	2.7 m, L1	5 440	4.7	686	20.6	78.7	−8.45	−18.12	5.6	−5.55	−9.18
	4	Wg07	1 m, S0	4 580	8.9	770	20.8	78.6			1.9	−5.64	−9.01
		Wg08	2.7 m, L1	4 810	7.0	727	20.7	78.7			2.6	−5.84	−8.83
		Wa02	大气						−12.01	0.21			
第2点	5	Wg09	1 m, S0	5 200	7.4	2 870	20.7	78.6	−8.65	−1.15	1.6	−6.62	−8.32
		Wg10	2.7 m, S0	7 480	3.7	1 160	20.5	78.6	8.65	−10.60	2.1	−6.05	−9.25
	7	Wg13	1 m, S0	4 000	4.2	824	20.8	78.7	−2.01	−13.01	1.8	−5.75	−9.02
	8	Wg14	2.7 m, S0	5 700	4.1	1 980	20.7	78.7	−11.01	−1.75	2.1	−5.82	−7.36
		Wa03	大气	540	1.9	633	21.1	78.8					
第3点	11	Wg17	1 m, L1	3 800	10.2	2 820	20.3	79.2	−11.15	−1.06	1.9	−5.65	−8.01
		Wg18	2.2 m, L1	5 450	11.5	2 170	19.8	79.6			2.4	−5.92	−7.86
	13	Wg21	1 m, L1	19 600	33.2	11 050	18.0	79.9	−7.00	−14.90	2.7	−5.80	−7.31
		Wg22	2 m, S1	13 000	49.3	72 800	16.5	82.1	−6.67	−15.34			
	15	Wg25	0.9 m, S1	1 110	18.8	12 390	18.5	81.2	−7.75	2.60	0.7	−6.91	−7.57
		Wg26	1.8 m, S1	1 290	23.4	9 440	17.8	82.0			1.8		
		Wg27	2.7 m, S1	5 450	34.5	6 300	14.2	85.2	−9.95	−1.06	1.2	−5.91	−8.12
	17	Wg31	1.5 m, L2	1 160	13.4	3 250	18.0	81.8			0.3	−6.01	−7.64
		Wg32	2.7 m, L2	10 800	49.3	16 690	18.7	80.1	−7.26	−2.65	2.9		
	19	Wg35	2.7 m, L2	1 070	15.8	11 120	20.2	79.6			7.7	−5.19	−7.53
	20	Wg36	2.7 m, L2	740	18.8	3 160	20.0	79.9			9.3	−5.17	−6.83

a)黄土或大气中 CO_2 碳氧同位素组成

b)黄土样品酸解 CO_2 含量

c)黄土样品中碳酸盐的碳氧同位素组成

(1)将大气成分(Wa01, Wa03)和黄土沉积物气体进行比较,发现黄土沉积物中 CO_2, CH_4, N_2O 及 N_2 的含量均比当地大气中同类组分的含量要高,而 O_2 的含量却比当地大气中 O_2 的含量低. 渭南黄土沉积物中 CO_2, CH_4 和 N_2O 的含量分别是大气 CO_2, CH_4 和 N_2O 含量的2～34倍、2～25倍和1～120倍;

(2)就同一钻孔而言,不论是气样还是土样,除个别样品外,大部分样品的化学组成随采样深度有明显的规律性变化. 较深部的 CO_2, CH_4, N_2O, N_2 含量及土样酸解 CO_2 含量比浅部的同类组分的含量要高,而较深部的 O_2 含量却比浅部的 O_2 含量要低. 如表1中17号钻孔较深部(2.7 m处) CO_2, CH_4, N_2O, N_2, O_2 以及土样酸解 CO_2 含量分别为 $10\,800\times10^{-6}$, 49.3×10^{-6}, $16\,700\times10^{-9}$, 80.1%, 18.7%以及2.9%,而该钻孔较浅部(1.5 m处)相应的气体含量

分别为 $1\,160\times10^{-6}$, 13.4×10^{-6}, $3\,250\times10^{-9}$, 81.8%, 18.0%以及 0.3%;

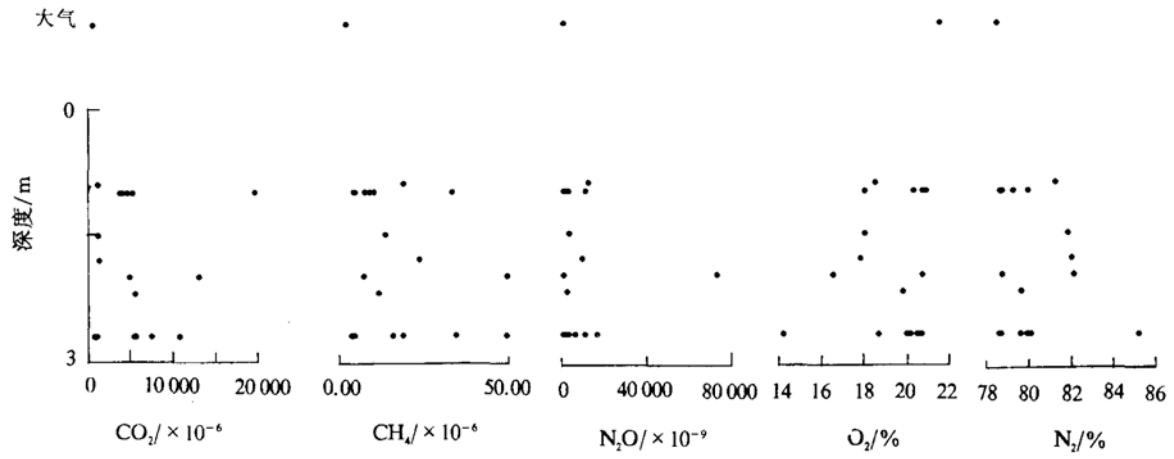


图 1　渭南黄土和大气中气体含量及随深度变化

(3)相对第 1 和第 2 采样点,第 3 采样点黄土沉积物中 CO_2, CH_4, N_2O 及 N_2 含量明显要高,而 O_2 含量明显要低(表 1);

(4)黄土沉积物中 O_2 含量与 N_2, N_2O 含量呈负相关, O_2 与 N_2 含量的相关系数为 −0.93(如图 2), O_2 与 N_2O 含量的相关系数为 −0.50. N_2O 含量与 N_2 呈正相关,相关系数为0.40;

(5)黄土沉积物中 CO_2 气体 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 值很分散,但土样中碳酸盐 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 值却相对集中(表 1).

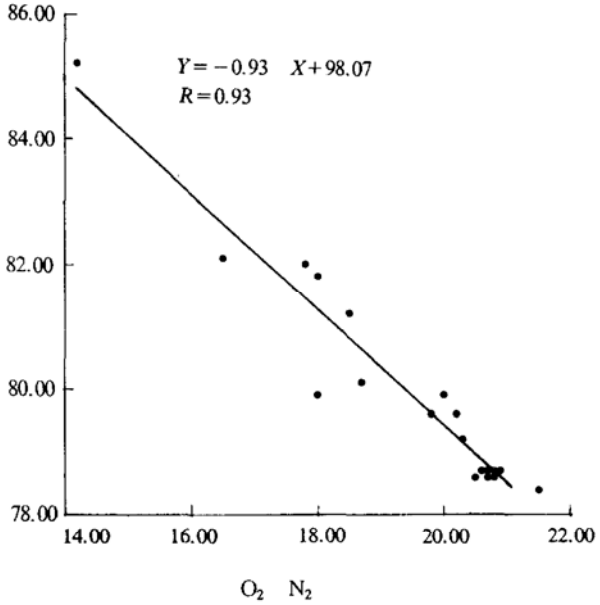


图 2　渭南黄土中 O_2-N_2 的相关关系

$Y=-0.93$, $X=98.07$, $R=0.93$

对现代土壤中的 CO_2 已有不少研究,但有关土壤中 CH_4, N_2O 含量及其变化的研究尚未见报道. 从 CO_2 的含量来看,渭南黄土与现代土壤相似,其 CO_2 含量均较高,一般为大气 CO_2 含量的数倍至数十倍,而且随着深度的增大, CO_2 气体含量也相应增加[3,4]. 不过,渭南黄土中 CO_2 的碳同位素组成与现代土壤相差较大,前者 $\delta^{13}C$ 值要比后者[4,5]重 16‰以上,甚至黄土中 CO_2 $\delta^{13}C$ 值比当地大气 CO_2 的 $\delta^{13}C$ 值都要重许多(见表 1). 此外,我们这次考虑到黄土中有高达 10%的次生碳酸盐,这些碳酸盐在形成过程中至少有一部分 CO_2 的加入,因此可以认为,黄土吸收大气 CO_2 是大气 CO_2 的汇,它能对大气 CO_2 起到一个调节作用,并最终以碳酸盐矿物的形成储存下来.

致谢　工作中得到了霍卫国、张任祜、裘冀和张福松同志以及胡来东、张长山、蒋建民、王跃思同志的帮助,在此表示感谢.

参 考 文 献

1 Keller M, Kaplan W A, Wofsy S C. Emissions of N_2O, CH_4 and CO_2 from tropical forest soils. J Geophys Res, 1986, 91:11 791～11 802

2 Glenn S, Heyes A, Moore T. Carbon dioxide and methane fluxes from drained peat soils, Southern Quebec. Global Biogeochenical Cycles, 1993, 7:247～257

3 Amundson R G. Relationship between climate and vegetation and stable carbon isotope chemistry of soil in the eastern Mojave, Nevada. Quaternary Res, 1988, 29:245～254

4 Hesterberg R, Siegenthaler U. Production and stable isotopic composition of CO_2 in a soil near Bern, Switzerland. Tellus, 1991, 43B:197～205

5 Galimov E M. Carbon isotopes of soil CO_2. Geochemical International, 1966, 3:889～897