

知识介绍

宇宙环境中的某些化学问题

胡定熙

周天泽

(四川教育学院化学系,成都 610041)

(首都师范大学化学系,北京 100037)

摘要 本文讨论了宇宙环境中的化学概况,特别是宇航环境化学和宇航适应问题。

关键词 宇宙,环境,化学。

宇宙环境指地球大气层外的环境,亦称空间环境或太空环境^[1],其内涵不同于天文学,也不同于我国古代的宇宙论(“宇”为上下四方,即无限空间;“宙”为古往今来,即无限时间),是人类活动进入地球大气层以外的空间提出的新概念。随着登月的成功,星际航行时代日益临近,宇宙环境学特别是宇环化学的研究将会得到迅速开展;我国已经计划开拓太空,因而该课题的探讨对我们更有现实意义,对环境科学工作者应是责无旁贷。在许多发达国家的环境及化学教育中,也强调了宇宙化学知识对提高人的科学素养的重要性^[2,3]。鉴于尚未见到对此问题的系统讨论,本文尝试对宇宙环境中的化学概况及宇宙航行中的环境和化学的有关研究作一简介。对这类问题的深入研究有助于探索宇宙环境的某些自然现象及其发生的过程和规律、人类的空间活动同宇宙环境之间的相互作用、人和生物在宇航条件下的反应等,以便为星际航行、空间利用和资源开发提供科学依据,对跨世纪人才的环境教育也有重要意义。

1 宇宙环境化学概况

1.1 宇宙环境的物理化学特征

宇宙环境由广漠的空间和存在于其中的各种天体及弥漫物质组成。人类本身和所创造的飞行器接触到的宇宙环境同人类生活的地球环境有很大差异。

(1) 物理状况 温度,太阳表面温度为

5497℃;月球白昼为 127℃,夜间-183℃;水星白昼高达 427℃,夜间降至-173℃;金星表面温度为 465—485℃;星际空间的温度可能在一 200℃ 以下,乃是天然的超低温状态。气压,月球表面没有大气;水星气压约 10^{-7} Pa,低于地球 12 个数量级,极为稀薄;金星、木星大气稠密,约 9.1×10^6 。质量,行星中以木星最大,其表面重力加速度为地球的 2.64 倍;月球的引力则为地球的 1/6; (2) 化学状况^[4] 星际空间通常为真空,或者只存在少数氢原子,宇宙尘、彗星颗粒物等;金星大气富含二氧化碳、氢、氮、甲烷和氨等还原性气体,并有与二氧化碳造成的温室效应;木星的大气中含有氢、氨,也有固态氨和大量固态水;火星大气组成大致是 92% CO₂、3% N₂ 和少量 H₂ 及 H₂O;土星大气密度很高,主成分为氢、氨、甲烷和冷凝的氨晶。从光谱研究可知,氢是宇宙中最丰富的元素,占有原子总数的 90%;已确定太阳的大气中含有 67 种元素,其中氢、氦含量丰富;从阿波罗登月飞船 15 号带回的月岩样品分析表明,它不存在地球上没有的新元素;在太阳系内,目前尚未发现地球外的其它星球存在生物。

1.2 宇宙环境对人类的影响

宇宙环境对人类生存影响的主要因素有:

(1) 太阳辐射变化 由于太阳辐射是地球的光和热的主要来源,故其变化影响甚大,如太阳

黑子(太阳表面的气体旋涡,温度较邻近区域稍低,从地球上看象是黑斑)出现的数量同地球上的降水量有明显相关性;太阳的活动使地球磁场变化,从而刺激人的神经系统,影响人的智力和创造性,生物学家甚至建议用“磁化神经”新概念取代目前通用的术语“兴奋神经”,认为前者更科学。(2)引力变化 月球和太阳对地球的引力作用,引起地球表面海洋的某种“形变”,产生潮汐,并导致风暴、海啸等灾害。(3)射线作用 紫外线、宇宙射线可损害有机体细胞;X-射线及氡等放射性元素辐射强度变化,干扰地球上无线电短波通讯。

2 宇宙环境中的化学反应

目前只能从光谱分析、陨石及阿波罗登月飞船采样的全分析获得为数不多的天体的化学信息,并据以推测有关的宇宙化学反应。

2.1 某些天体的化学特征

这里论及的是由直接试样分析得到的化学信息。

(1)月球岩石 这是人类得到的迄今最重要的地外化学分析数据。自从1969年A-11登月以来,相继采得270kg以上月岩样品^[5],其主要化学元素含量(原子%)为:O, 58 ± 5 ; Na, 0.6 ± 0.24 ; Mg, 3.7 ± 1.6 ; Al, 6.5 ± 0.4 ; Si, 18.5 ± 1.4 ; Ca, 5.5 ± 0.7 ; Ti, 2.0 ± 0.5 ; Fe, 3.9 ± 0.6 。组成相当于钙镁铁硅酸盐 $[(Ca, Mg, Fe)_2Si_2O_8]$ 和钙钠硅铝酸盐 $[(Ca, Na)(Al, Si)O_4 \cdot O_8]$ 这类火成岩矿物,总计有55种矿物,其中6种是新的。月岩痕量元素中Cr、Ti、Zr和稀土相当丰富,特别是Ti、Zr含量较地球高,而挥发性元素如碱土金属和氯以及贵金属元素如铂、金和银等则较少。(2)陨石 分铁陨石、玻璃陨石和石陨石等类,是大的流星通过地球大气层时未完全烧毁而坠落在地面上的部分^[6],其细小者称为宇宙尘。铁陨石的一般组成(W%)为:Fe 90.23, Ni 8.54, Co 0.49, P 0.34, FeS 0.33, 和地核成分相近;我国新疆大陨铁重30t,居世界第三位。玻璃陨石的一般组成(%)为:SiO₂ 73.87, Al₂O₃ 12.69, FeO 4.16, K₂O 2.28, CaO 2.23, Na₂O 1.38, 形状与熔

融玻璃体相似。石陨石亦为硅酸盐,通常呈球粒状,又可再细分为碳质球粒状、一般球粒状和辉石-斜长石无球粒状等类,其组成变化较大(%)^[4]:SiO₂ 27—49, Al₂O₃ 11—2.15, FeO(FeS) 5.73—27.34, MgO 11—23.84, CaO 1.66—10。1976年3月8日我国吉林市郊降了一次陨石雨,石体有的重达1770kg,是地球上最大的石陨石。(3)地面宇宙尘 40亿年来地球质量增加了 $1/10^5$,整个地面盖上了一层25cm厚的宇宙尘,根据太平洋底深水淤泥中的氖(²⁰Ne)同位素含量测出100kg这种泥中含1g宇宙尘,因为这种同位素在地球的自然条件下不可能自发形成,只能源于宇宙尘。通常认为宇宙尘组成与石陨石相近。

2.2 天体形成的化学

除天体形成外还涉及元素形成这一基本过程,因此是地外宇宙环境中最重要的化学反应。在放射化学和原子核裂变及聚变研究的启发下,诺贝尔奖得主丁肇中等目前正在西欧核研究中心(CERN)领导一项宇宙大爆炸模拟实验,以求弄清宇宙初开时的“层子”即最基本的成分是什么。其基本反应是质子聚变和中子俘获,条件为1亿度以上高温。

(1)太阳的形成 光谱分析和观测表明,太阳内部充满了质子和电子,温度约为500万度;当4个质子聚变时产生一个氦核和2个正电子,因而氦被称为“太阳元素”;成氦过程迄今仍在太阳内部进行,每秒钟达数百万次,释放出巨大能量,同时也使太阳逐渐缩小,温度渐高,当温度升至1亿度时,3个氦核聚变成碳核。于是在恒星爆炸条件下首先形成氢、氦、碳3种元素,然后再聚变生成氧、氮、镁,镁又生成硅,随后形成铁,再进一步生成锰、钡、钙、磷等。(2)行星的形成 地球,其它行星和卫星都由“太阳风”运动而形成。“太阳风”即太阳大气中高速运动的高温离子流,其密度约 10^3 粒子/cm³^[4,7,8]。当它们刮到远离太阳的去处时,继续聚变成各种元素并形成行星或某些碎片即卫星。因而各行星的元素大致相同。这一点已被许多行星如金星、木星、土星的光谱分析及陨石,特别是月岩样的直接分析证实。

(3) 慧星及星际尘 是一类天体及星际弥漫物质的总称。慧星的质量为 10^9 — 10^{19} g, 其主要化学反应是自慧核逸出的气体受太阳辐射或与太阳风作用后, 发生光化学反应和碰撞, 导致慧核原来的成分分解、电离和再结合。慧核尘与慧星周围存在的气体的光谱分析表明, 慧核固体为钠、钾、铬、钒等多种金属的硅酸盐, 外表裹以冰质及较复杂的有机物尘埃幔等; 1984 年确认慧星的主成分为水冰, 并且有人认为地球上的云彩及水可能主要来自慧星; 1986 年发现哈雷慧星的近红外光谱中有机分子的特征峰, 为宇宙间存在生命提供了有价值的信息。从 1963 年起用射电望远镜对星际尘进行了系统研究^[7], 表明星际间这些粒子是在直径约 0.1 μ 的小固体碳核上覆盖一层冰并含有 CN、CS、CO 及 CC 为基团的许多分子族, 还含有 NH₃、甲醛等; 并揭示了碳原子在构成这些复杂分子中的重要性可能与其有 4 个活性键有关。

3 宇航环境化学

继 1969 年宇航员登月成功, 把宇航提上日程, 美国计划在 2015 年向月球移民; 我国在 1970 年发射了第一颗卫星, 并在 1975 年实现卫星回收, 也向宇航迈进了一大步。总的说宇航时代, 即大规模地载人地外航天时代即将到来。而现在人类已实际上面临宇航环境的种种问题。

3.1 人工气候

密闭飞船内的人工气候特点是低压(3.9—5.3) $\times 10^4$ Pa、适宜的氧及二氧化碳浓度和温、湿度。

(1) 低压 旨在减少飞船爆炸的危险, 但带来了一系列生化问题。首先是肺内氧分压降低, 动脉血氧饱和度减小, 继而导致脑缺氧; 其首要影响是降低脑效率, 使判断力、记忆力下降, 并产生多种病态如嗜睡、乏力、头痛、昏迷等。训练有素的宇航员能耐的低压为 1.3×10^4 Pa (相当于 15000m 高空), 此时血氧饱和度降低 50%。这个适应上限相当的高度称为“天棚”。(2) 富氧 即把氧的分压提高以改善缺氧状况。然而氧过浓将破坏人体的固有平衡, 使体内氧化作用加剧, 加

快新陈代谢; 如果缺乏氮的稀释, 人的生长、发育、衰老过程都会缩短。因此在训练宇航员时要逐步使其适应低氧分压和富氧浓度, 从而减少对机体的危害。通过模拟训练, 人体可以通过加大肺通气、增多血中的血红蛋白和增加组织中的血管等方式求得适应。(3) 调整二氧化碳浓度 二氧化碳的积累会毒化呼吸系统, 但基分压过低亦影响体内氧化还原平衡和体液缓冲功能。解决办法是吸收飞行器舱内的二氧化碳并使其再生以制造氧, 迄今这仍是一个难题。(4) 温控 人体环境舒适有一定的温度和湿度要求, 其中温度控制较难。空间活动场所常为高温环境, 可达 50℃ 以上, 远超过人体舒适温度范围 21 ± 3 ℃ 及不利影响的温度上限 29℃。人在这种高温环境中停留较长时间后, 体温将升高; 当局部体温超过 38℃ 后, 发汗率和皮肤热传导率不再上升, 即适应能力已达极限; 如继续升温, 将出现生理危象。通过训练, 大多数人可习惯于高温环境, 称为“高温习服”其上限为 49℃。还需要用其它手段进行温控。

3.2 宇航条件

空间技术中的化学问题主要涉及其条件保障即飞行器材料及宇航员生活, 构成宇航环境化学研究的重要方面。

(1) 飞行器材料 除首先要考虑机械性能的优化, 即重量轻、抗曲绕和耐振动外, 还要考虑有关元素在航天条件下的漏泄、挥发和对人的致毒。通常选用镁锂合金(85%Mg、14%Li)作船体; 钛铝合金(90%Ti、6%Al、4%V)作压皿及燃料箱。元素 Cd、In、Hg、P、Se、Sn 应免用作舱内构件及涂层材料的组分。热镀镀膜材料对航天器的顺利升空有重要意义, 由于升空时和大气摩擦发热, 温度可达 4000℃, 因而常用易挥发、气化热高的组分如硒、氯化锌、炭黑和甲基硅油树脂基体构成的涂料, 它们作为残留物散失于太空环境中。(2) 生活用品 首先是宇航服, 要求能适应起飞时的超重, 离开地球引力场后的失重以及耐宇宙辐射和温度骤变。为执行阿波罗登月计划研制的宇航服的显著特点是带有维持生命系统, 以适离船作业和经受在月面工作时的宇宙尘埃袭

扰。通常用多层纤维和树脂材料制作脚、腿及手部,而以铝合金和不锈钢制腰、腹及头部衬架。宇航食品要求开发体积小、重量轻、营养价值高、风味佳的精品。目前用的是合成食物、各种强化剂和添加剂组成的精细风味食品。其它如长期飞行生活不可缺少的洗涤剂、牙具、饮水以及排泄物的回收,用品的再生,舱内空气的净化等,都是不容忽视的热点课题。

4 宇航适应与化学

宇航过程要求个体做到技术和生理上均充分适应,二者亦与化学有密切关系。

4.1 技术适应

(1)加速力 航天中个体受到离心加速力和直线加速力,涉及升空适应和运行适应。前者与超重有关,后者则导致失重。超重影响循环系统,因为离心加速力可改变血流方向及位置,例如会使站立的腿部血压升高而心脏贮血量减少。在超过体重 4—6 倍时,几秒钟内会引起强烈反应,“眼前发黑”,很快意识消失,所以宇航座位应适于平躺,并且使用化学药物以镇静和稳定血压。飞行器进入轨道后,人处于失重状态,不能自由习惯地支配自己的行动,要对吃、喝、排泄采取特殊化学处理,要采取稳定地控制飞船和进行正常科研及技术活动的措施。(2)辐射 在离地球 480—4800 和 9600—32000km 处各有一个强辐射带,即使防护得最好,当穿过这 2 个带时,都要受高达 10 伦琴的辐射,这是人致死量的 1/40。除了在发射和返回尽可能避开辐射以外,还要采取一些防辐射的措施,研制新的宇宙舱和宇航服材料和涂料。

4.2 生理适应^[9]

地球人在长期演化过程中为克服地球重力场对机体的持久作用形成了特定的骨骼、肌肉、脑神经控制、空间定向及供血系统,而在宇航微重力环境下的重新适应过程中,常呈现多种病态。

(1)空间适应综合症 主要是活动受阻、呼吸困难、血流减弱、呕吐等,为期 3—5d。从 60 年代起就报告了这类病症,在一半以上的航天员中

出现,成为亟待解决的难题。当前需要研究是否存在化学触发区,为发展化学药物治疗提供依据。(2)骨质劣化 航天员由于失重影响而出现一系列骨质代谢紊乱、尿钙排出量增加、骨矿物质代谢负平衡、氮负平衡、骨质疏松,并引起肾结石、异位钙化特别是软组织钙化、骨折等。办法是除训练适应外还要优化营养,药物防护。(3)肌肉功能障碍 微重力导致肌肉萎缩、下肢围径减少、肌肉张力下降,肌肉代谢物如血清尿素氮及肌酸酐增加、尿氮(总氮、氨、三甲基组氨酸)排出量增加,因而运动能力减弱,反应迟钝,影响操作能力和工作效果。(4)心血管功能衰减 飞行器刚上升时体液向头部方向重新分布,可导致持久性中心循环充血,改变心血管调节机制,引起循环血量减少。目前用补充体液的办法以改善之。

(5)脑功能及其它生理和心理障碍 长期飞行使疲劳积累,频繁的舱外活动使脑力紧张;没有空气,声音不能传播,即使近在咫尺也不能对话,产生孤独感;宇航者必须适应笨重的宇航服,忍受某种心理压力,调整在地球上长期形成的生活习性。这些将使与精神生活密切相关的化学物质如去甲肾上腺素、5-羟色胺、脑啡肽等的分泌改变^[10],需要采取相应的适应性训练和预疗措施。

参考文献

- 1 周天泽. 现代生活化学. 北京:北京师范学院出版社,1993: 236
- 2 Gillespie R J. Chemisfry for Every Educated Person. First Plenary Lecture at Tenth International Congress of Chemical Education of Canada. Vancouver, 1989
- 3 华彤文、田荷珍. 大学化学. 1992, 7(1): 63
- 4 Wainerdi R E. Analytical Chemistry in Space. New York: Pergamon Press. 1970: 89
- 5 中国科学院贵阳地球化学研究所. 月质学研究进展. 北京: 科学出版社, 1977: 41
- 6 卞德培. 地球化学. 19878, (3): 31
- 7 [英]约翰·格里宾著,董泰译. 正在变化的宇宙——新天文学. 北京: 科学技术文献出版社, 1979: 41
- 8 熊大闰. 天文学进展. 1992, 10(2): 91
- 9 王大为. 中国空间应用的回顾与展望. 北京: 中国科学文献出版社, 1990: 170
- 10 周天泽. 化学教育. 1992, 6: 3

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

recoveries were 96.1%—103.3%, and RSD ($n=6$)=2.1%—4.0%.

Key words: nitrite, catalytic decolouring spectrophotometry, determination procedure.

Study on the Spectrophotometric p-Dimethylaminobenzaldehyde in water. Sun Hong et al. (Benxi Municipal station of Environ. Monitoring, Benxi 117021); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(1), 1995, pp. 74—77

The condition for reaction of hydrazine with dimethylaminobenzaldehyde and the composition of complex formed in the presence of acid have been studied. The concentration of the complex is in proportion to the colour in a range of 1.00—0.002mg/L. The maximum absorbance is at 458nm. The relative standard deviations with in the labs are 3.7%, 0.9% and 0.6% at 0.100, 0.500 and 0.800mg/L, respectively; and those among different labs are 4.4%, 1.3% and 0.9%, respectively. The recoveries are 88% to 110%.

Key words: hydrazine, dimethylaminoben, spectrophotometric.

Analysis of the environmental pollution sources in the oil and gas fields in China. Chen Changxing et al. (Environ. Monitoring Centre, China National Petroleum Corporation, Langfang, Hebei 102801); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(1), 1995, pp. 78—82

The paper focuses on the macroscopic analysis and study of the characteristics of distribution, emission and pollution of pollution sources and also on the environmental impact, based on a general study on the overall constitution of oil and gas pollution sources. It described the differences between the environment pollution sources of oil and gas fields

and other industries.

Key words: oil and gas fields, environmental effect, review.

Evaluation and Discussion on the Test Method for the Catalytic Converter of Automobile Exhaust. Li Beilu and Li Shiyao (Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian 116023); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(1), 1995, pp. 83—86

By measuring the initial ignition temperatures at a 50% conversion of CO and HC and studying the effect of oxygen content in exhaust on the initial ignition temperature over many of practical catalysts available from home and abroad, an initial ignition temperature in the range of 210—230°C was considered generally normal. It was found that under the condition of an idling speed the exhaust temperature and oxygen content in exhaust were both at the lowest levels, leading to a conclusion that the use of an idling speed condition at present to evaluate a catalytic converter for vehicle exhaust in this country is unreasonable.

Key words: vehicle exhaust, evaluation, measure, initial ignition temperature.

Chemistry in Space Environment. Hu Dingxi (Sichuan Education College, Chengdu 610041), Zhou Tianze (Capital Normal University, Beijing 100037); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(1), 1995, pp. 87—90

In this paper, a review has been made based on a survey of chemistry in the space environment, particularly, environmental chemistry in space flights and the adaptability of astronauts to the space environment.

Key words: space environment, chemistry, review.