

学识走笔

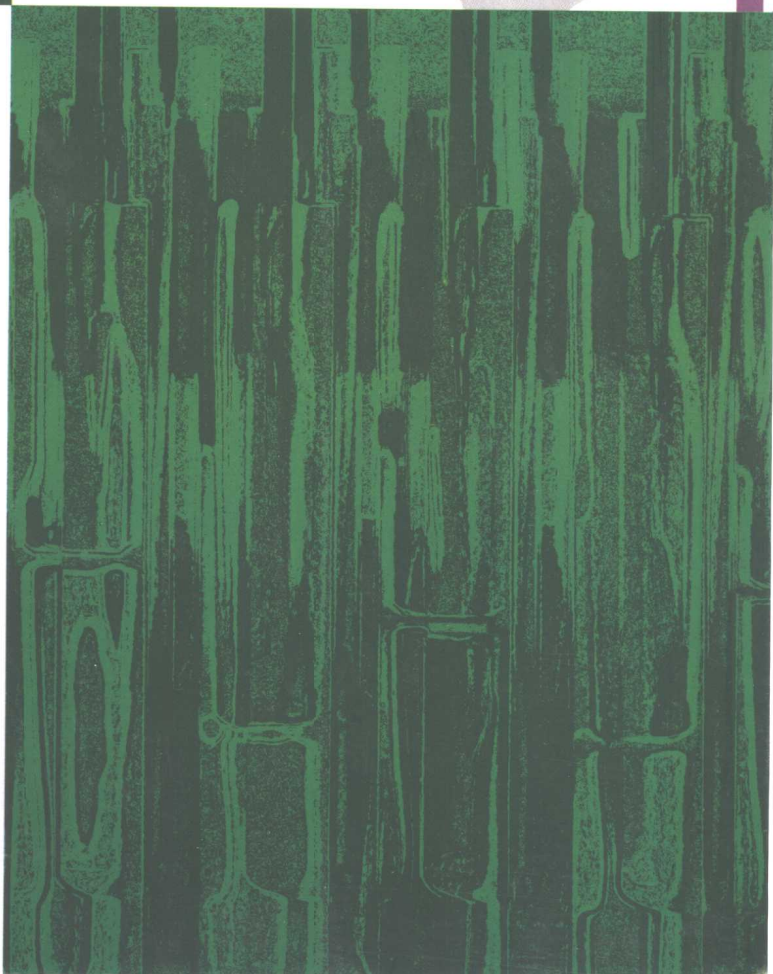


学识走笔

● 南开大学出版社

化苑颀翠

● 王积涛 著



化苑撷翠

STUDENTS' LIBRARY

学识走笔·大学生文库

王积涛
著

南开大学出版社

天津

图书在版编目(CIP)数据

化苑撷翠 / 王积涛著. —天津: 南开大学出版社,
2001. 5

(学识走笔. 大学生文库)

ISBN 7-310-01509-6

I. 化... I. 王... III. 化学—普及读物
IV. 06—49

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第09812号

出版发行 南开大学出版社

地址:天津市南开区卫津路94号

邮编:300071 电话:(022)23508542

出版人 肖占鹏

承印 南开大学印刷厂印刷

经销 全国各地新华书店

版次 2001年5月第1版

印次 2001年5月第1次印刷

开本 850mm×1168mm 1/32

印张 6.125

插页 2

字数 139千字

印数 1—1000

定价 10.00元

内 容 简 介

本书遵循趣味性、通俗性和科研成果相结合的原则,介绍了化学的相关知识。全书共 17 章,主要介绍化合物、化学的基本概念及化学在生命科学、生物学、环境科学、医药学、考古学诸学科中的应用。

本书主要面向大专院校师生,亦可供科技工作者参考。

学识并蓄 文理交融

策 划 人 语

学识走笔·大学生文库

当代大学生们需要哪些课外读物？

这个困扰编辑们的课题时时撞击着我们的胸膛。十余年来，我们苦苦追索，终于觅得一个。请学有专长的教授、学者，就其所熟悉的领域，挥笔泼洒，道其专业之长，言其治学之妙经，陈其“诗”外之功夫，让学术的博大精深与治学的纵横思维交相辉映，让课堂内外、书本内外融为一体，使当代大学生从多个侧面去理解学者的治学之道，从中悟出自己的未来的学术之路——这便是我们编此丛书的初衷。

这套丛书的作者大都不单纯是教书匠。他们在科研上独有建树，而且大都有广泛的兴趣；跨学科、跨领域，乃至文理交叉，是其一一大特征。“功夫在诗外”，这些诗外功夫为他们的创造性研究开辟了一个新天地，也为我们的大学生们作出了某种示范。

“论古不外才识学，博物能通天地人”。学与识，这是做学问的左右手。饱学而乏识，难成顶尖人材；而“识”这把利剑的铸成，有赖于创造性思维的不断磨砺。“十年磨一剑”，“识”的造就亦决

非一日之功。

北京大学著名教授季羨林最近指出：随着各学科的边缘化、各门学科之间的联系正日益密切，21世纪文理科不再分科将是发展的必然趋势。文中有理、理中有文将是未来学科的新特点。

文理交融，文理渗透，培养复合型人才，正在逐渐成为全国许多大学的共识。在一所大学里，理(工)科学生选几门文科课，文科学生选几门理(工)科课，不再单纯是未来择业的狭隘实用主义，而日益成为大学生们提高自身素质需要的一种渴求。

《学识走笔·大学生文库》丛书力图满足大学生们的这种渴求，为造就一专多能、兴趣广泛、创造力强的一代英才而尽微薄之力。

本丛书包括《光海弄波》、《数林掠影》、《力学诗趣》、《特殊群体》、《枫林唱晚》和《化苑撷翠》六种。

《光海弄波》以新的角度介绍了光的波粒二象性这一古老命题。作者以“抬杠颂”为楔子，打开了讨论光的特征的话匣。该书每章安排的“心得点滴”，论述精当，文笔活泼生动，间或亦有点睛的小诗出现。全书的思辨性和哲理性，都令人称道。

《数林掠影》介绍了33个数学命题，其中既有浅显的有关自然数、勾股数的论题，又有深奥的有关哥德巴赫猜想的论题；与此同时，还将电脑下棋问题等吸纳进来，构成了数学之林中的一道道风景线。

《力学诗趣》分为“力学诗话”和“力学趣谈”两编。作者令力学与唐宋诗词交融、力学与生活交叉渗透，娓娓道来，充分显示出两位研究自然科学的教授的深厚文学功力。

《特殊群体》涉及的是科学家这一特殊群体在社会中的作用、地位，以及科学家的科研道德行为等。这对于即将步入社会

并从事科学研究的大学生而言,定会有特殊的帮助。

《枫林唱晚》是一部抒发人生感悟、环境忧思等的哲理性极强的书。作者以一位老教授、老学者的敏锐目光,关注校园,洞察社会,审视历史,放眼海外。书中“唱”得活,“唱”得深,“唱”得鲜,“唱”得远。

《化苑撷翠》是一部漫谈化学的书。作者作为一位化学界的资深教授谈古论今,涉及化学、物理学、环境科学、医药学、考古学诸多学科,读来令人思路开阔,解惑中亦不乏趣味。

总之,这六种书风味各具,特色不同。策划者诚惶诚恐地将它们献上,但不知是否合乎诸位大学生的口味?

期待批评,期待建议,期待反馈信息。

亮 霄

二〇〇〇年十二月于南开园

目 录

大学生文库·化苑撷翠

| | |
|-----------------------------|------|
| 第一章 从甲烷开始 | (1) |
| 1. 最原始的有机化合物 | (1) |
| 2. 甲烷的存在说明了什么 | (2) |
| 3. 甲烷的结构和分子 | (4) |
| 4. 甲烷的化学性质 | (6) |
| 余话:从甲烷想到的 | (8) |
| 第二章 氧和氮 | (10) |
| 1. 地球表面的大气 | (10) |
| 2. 氧作为单质存在的形式 | (13) |
| 3. 无机界和有机界的氧化物 | (15) |
| 4. 为什么氮是惰性的 | (16) |
| 5. 有生命的有机含氮化合物 | (17) |
| 6. 自然界中氮的循环与生命 起源 | (20) |
| 余话:科学实验有赖于科学 思维 | (22) |
| 第三章 水 | (24) |
| 1. 水——简单的分子,复杂的 形态 | (24) |
| 2. 水的化学 | (26) |
| 3. 水与我们的生活 | (27) |
| 4. 无机界和有机界的水 | (29) |
| 5. 水与光合作用 | (31) |
| 余话:从水的化学引出的话题 | (32) |
| 第四章 碳和碳氢化合物 | (35) |
| 1. 单质碳的几种同素异形体 | (36) |
| 2. 碳原子与碳原子成键 | (39) |
| 3. 化学反应的能量观和速率观 | (44) |
| 4. 有机化学反应历程 | (46) |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 余话:追求真理 | (48) |
| 第五章:小分子·大分子·高分子 | (51) |
| 1. 化学演化 | (52) |
| 2. 人工合成 | (52) |
| 3. 高分子化合物的结构与性能 | (55) |
| 4. 生物高分子 | (58) |
| 余话:分子的无序性与有序性 | (64) |
| 第六章 化学开发新材料 | (66) |
| 1. 怎样想到合成耐热高分子材料 | (67) |
| 2. 怎样赋予高分子化合物以各种性能 | (68) |
| 3. 为什么物件可被粘合 | (71) |
| 4. 前景诱人的材料化学 | (72) |
| 余话:学科间的相互渗透 | (73) |
| 第七章 化学与疾病治疗 | (75) |
| 1. 药物是一种特殊的化学品 | (75) |
| 2. 怎样发现新药和寻找新药 | (76) |
| 3. 生命科学中的化学分子设计 | (78) |
| 4. 有机合成方法学 | (80) |
| 余话:化学剂治病 | (84) |
| 第八章 研究和学习化学的新工具——计算机 | (86) |
| 1. 什么是人工智能 | (86) |
| 2. 专家系统和有机合成路线设计 | (88) |
| 3. 计算机辅助设计 | (90) |
| 第九章 化学的发展离不开物理 | (94) |
| 1. 化学是基础科学还是中心科学 | (94) |
| 2. 物理对化学发展的促进作用 | (95) |
| 3. 物理给化学以理论和技术 | (97) |
| 4. 物理和化学携手 | (99) |
| 余话:物理教学和化学教学 | (102) |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 第十章 化学和生命科学(有机部分) ····· | (104) |
| 1. 生命科学的研究对象 | (104) |
| 2. 生物化学 | (105) |
| 3. 生物有机化学 | (106) |
| 4. 酶的本质与作用 | (107) |
| 5. 仿酶模型的设想 | (109) |
| 6. 酶的固定化技术 | (110) |
| 余话:生命科学的启示 | (111) |
| 第十一章 化学和生命科学(无机部分) ····· | (113) |
| 1. 生命必需的元素 | (113) |
| 2. 非金属元素的生物功能 | (113) |
| 3. 生物配体 | (114) |
| 4. 金属酶和金属蛋白质 | (115) |
| 5. 有毒金属元素 | (118) |
| 余话:绿色化学与环境化学 | (120) |
| 第十二章 金属有机化合物和元素有机化合物 ····· | (122) |
| 1. 元素有机化学 | (122) |
| 2. 金属有机化合物的特点 | (124) |
| 3. 金属有机化合物的反应 | (128) |
| 4. 金属有机化合物作为催化剂和材料 | (130) |
| 余话:农业工厂化遐想 | (133) |
| 第十三章 化学是监控物质世界的眼睛 ····· | (135) |
| 1. 为什么要监控物质世界 | (135) |
| 2. 环境质量问题 | (136) |
| 3. 环境质量评价 | (140) |
| 4. 药物的化学分析 | (141) |
| 5. 其他工业产品的化学分析 | (142) |
| 6. 健康状况的监测 | (143) |
| 第十四章 化学在发达国家引起恐慌 ····· | (145) |

| | |
|------------------------------|--------------|
| 1. 毒物和非毒物 | (146) |
| 2. 战争毒剂和毒气战 | (148) |
| 3. 用作农药的元素有机化合物 | (149) |
| 4. 农药向何处去 | (150) |
| 5. 如何减少和避免环境污染 | (151) |
| 6. 可持续发展的经济问题 | (152) |
| 第十五章 能源化学 | (155) |
| 1. 化学电源 | (155) |
| 2. 燃料电池 | (158) |
| 3. 光化能量的转换 | (159) |
| 4. 大气中的光化现象 | (161) |
| 5. 强化的燃料 | (163) |
| 余话:光和热 | (163) |
| 第十六章 考古化学与防伪化学 | (165) |
| 1. 出土文物 | (165) |
| 2. 出土文物的鉴定 | (166) |
| 3. 陶器的仿古化学 | (168) |
| 4. 防伪与伪装 | (168) |
| 5. 放射性同位素的半衰期与元素周期律的发现 | (170) |
| 6. 放射性元素的功与过 | (174) |
| 第十七章 宇宙的组成是可知的吗 | (176) |
| 1. 从化学角度上研究天体 | (176) |
| 2. 恒星的核反应 | (177) |
| 3. 天然元素中的放射性元素 | (178) |
| 4. 地球上的元素分布 | (179) |
| 5. 化学的生命观与生态论 | (180) |
| 6. 恐龙的消失与恐龙蛋化石 | (182) |
| 参考文献 | (183) |

第 1 章 从甲烷开始

大学生文库·化苑撷翠

千锤万凿出深山，
烈火焚烧若等闲。
粉身碎骨浑不怕，
要留清白在人间。

这是明朝人于谦诵石灰的一首诗，此诗既表达了他的忠诚清白，也是一首绝好的灯谜。这个灯谜除描写石灰石烧成生石灰的过程之外，也隐喻了燃烧发生的化学变化。什么东西能产生烈火，而且焚烧得如此干干净净？从化学角度来推测，当为甲烷而并非石灰石，甲烷是最理想的燃料。

1. 最原始的有机化合物

三百年前明朝可能尚无甲烷一词，可是当时已有打气井的技术，“火井沈荧于幽泉，高焰飞煽于天垂”。晋左太冲在《蜀都赋》中，已把“火井”列为四川的重要名迹之一，可见火井由来已久。利用火井的“甲烷”煮盐也是我国劳动人民的创造。然而知其然而不知其所以然，正是常人常事，当代中学生都知道甲烷，但甲烷作为化合物是怎样确定的，甲烷在现代经济生活中的重要性如何，却未必尽知。

不错,甲烷是最简单、最原始的有机化合物。最简单——因为它由五个原子、分属两种元素所组成,即一个碳原子、四个氢原子通过四个C-H键结合成一个分子;最原始——因为它是自宇宙形成以来就存在于地球上(当然,它在其他星球上也可能存在)。古人打井,遇上“火井”,甲烷从火井中冒出来,可以点燃;矿工挖煤,煤层中的瓦斯遇明火而发生爆炸。甲烷给人们生产、生活造成的福祉和祸害,实在太多了。

甲烷是无嗅、无色且在常压下无形的气体,它比空气轻一倍。人们认识甲烷是从其燃烧和爆炸开始的。当空气中含有5.53%以下的甲烷时甲烷可燃烧;当10份空气和1份甲烷混合时遇火会发生强烈爆炸。这是一种危险的混合气体,它可产生巨大的爆炸力。当房间内发生煤气泄漏到一定程度时星星之火即可引起爆炸,其威力是令人不寒而栗的。

为什么地球内部和宇宙空间的甲烷不自发爆炸和燃烧呢?因为封闭的甲烷自身是不会爆炸的,外层空间的甲烷没有空气也是不会爆炸的。甲烷在未收集提纯以前,是自然界的自在之物,它“虚无飘渺”;当它被人们认识以后,便成为可利用之物。

2. 甲烷的存在说明了什么

苏轼有诗云:“不识庐山真面目,只缘身在此山中。”为什么“在此山中”反而“不识庐山的真面目”?苏轼的解释是:山中云雾太大,它笼罩着庐山的外貌;如果庐山没有云雾,也许就能认识其真面目了,但是庐山如果没有云雾,也就不成其为庐山了。这是诗人夸赞自然界的可知与不可知之间的美妙境界。实际生活中,这种知其然而不知其所以然的情况比比皆是,而且往往是只知其一不知其二。千百年来,生活在地球上的人类不了解其周围的物质世界而照样繁衍着。然而科学的进步使人类的视觉无限

扩大，物质世界事无巨细均可探知；人类的认识范围越来越扩大，而且科学告诉人们，事物之间总是互相关联的，“见落叶而知秋之将至”，古人的“探微索隐”和“格物致知”就是要我们不要满足于对表面现象的一知半解。

人类对自然着火现象一向是非常重要的。原始社会有所谓拜火教；至今在某些落后的民族中仍然把天然气的燃烧视若神明就是明证。关于燃烧的本质我们将在介绍氧化问题时再加以详述。甲烷（即天然气）的本质也是早期科学家的研究对象之一。

怎样去认识甲烷的本质？它在空气中能着火，这是人们最早知道的。它在某些火井中冒出来，在腐烂有机垃圾密封发酵后也会产生可燃性气体，人们称之为沼气。后来人们在矿井及宇宙空间中也发现了甲烷，说明它的存在与有机物的演变有密切关系。甲烷气体在高温下分解，冷凝后得到碳粒，现代工业制造炭黑就是用甲烷作原料的。

甲烷的存在说明什么问题？

一、它的存在是与地球的生物界密切相关的。煤是古生物埋藏在地层下几千万年的产物，而与煤井同时存在的是瓦斯气（甲烷在矿井中的别名）。石油也与天然气相伴生。石油也是古生物演变成的，其伴生物天然气也是生物降解物。沼气可从有机垃圾发酵产生，更说明甲烷与有机物的关系。有机化合物的主要组成元素是碳与氢，当碳氢化合物在剧烈的条件（如高温高压）下发生变化时，其最终和最稳定的产物就是甲烷。这说明了甲烷的稳定性。它在 -161.5°C 才被冷冻为液体， -182.4°C 时可凝固为固体，加热到 800°C 以上可分解（只要不遇到空气，它是很安定的）。

甲烷的存在也给天体学和天文学者提供了宇宙组成的推

测想像空间。航天飞船已经观察到某些星球表面覆盖着甲烷，说明甲烷可能随着星体的形成而早已存在了。

二、甲烷存在于星球上的事实，是否说明有甲烷的存在即意味这些星球很早就有有机化合物呢？这是一个很有趣的宇宙演变问题。大家知道，有机化合物是与生命有关的。星球上有甲烷可以假设这些星球上有生命，但是这并不是绝对正确的推论。化学理论和实验告诉我们：在极端条件下，甲烷要分解；也可从单质的碳和氢重新化合为甲烷。分解和化合是化合物性质的可逆变化。在宇宙中，极高温度和极高压力下，有可能甲烷是从碳元素和氢元素化合变来的。于是我们可以推测，生命不一定是甲烷出现的源头，但是也不排除甲烷是外星球生命现象的标志之一。

3. 甲烷的结构和分子

由一碳原子和四个氢原子形成的甲烷分子是一个对称的立体结构，常称之为四面体结构（图 1.1）。这个结构告诉我们，

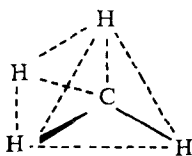


图 1.1 甲烷的结构

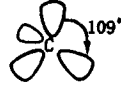
一个甲烷分子中由一个碳分别和四个氢结合，这是一个值得深思的问题。从初中化学课本中我们已经知道了甲烷分子的结构，高中和大学的有机化学进一步告诉我们，碳氢之间依靠化学键牢固地结合起来，每一个化学键是由两个电子组成的，

以及碳外层四个共价键伸展的方向是以碳为中心的，其伸向四个氢的方向正好是四面体的顶角等等（图 1.2 和图 1.3）。

这些定性的描述看似很简单，但得出这一简单结论却是经过了百余年科学实践和反复的验证的，它涉及光谱学、核磁共



图 1.2 S 轨道与 P 轨道

图 1.3 SP^3 杂化轨道

振方法、量子力学的计算和化学反应。当然，四面体仅仅是一种近似的说法，而甲烷分子的真实结构并非凝固不动的四面体，它不仅在空间流动，而且分子内部也有伸缩、转动等运动。四面体结构是一种最近似的形状，也是最能表达甲烷性质的结构。

化学中有一条重要原理，即结构与性质存在不可分割的内在关系。用通俗的话说，一个化合物有什么结构，它就有什么性质。结构甚至可以代表一种分子的固有理化性质。结构也可以代表一个分子的标记。所以知道了一个化合物的结构就等于认识了这个化合物的基本要素。

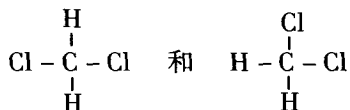
以甲烷的四面体结构为例，它是一个对称的结构，四个 C - H 键距离相等（即以四个相等的 SP^3 轨道共价键结合）。分子的极性很小，分子之间彼此的引力很小，沸点很低；对酸和碱不起化学反应，能溶解在无极性的有机溶剂之中。由于它没有极性，所以既不容易释放出 H^+ ，也不释放出 H^- ，整个分子是中性的。换句话说，甲烷对化学反应不活泼。

要使甲烷活化，就要依靠高温，当达到一定温度时，甲烷分子中的 C 和 H 振动加剧，导致共价键发生断裂。化学家们利用碳和氢共价键断裂的机会，进行气相化学反应。例如，用氯原子取代氢原子，这叫作气相氯化反应（关于自由基反应，后面将作更多的介绍）。氯取代氢的结果，生成一氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷和四氯化碳，最后氯代产物的分子也是对称的四面体结

构。

中间的一氯、二氯和三氯取代虽然也保持了四面体分子形状,然而由于氯在四面体的顶端,分子的极性不均匀,分子产生极性,也就是分子内部的电荷不平均分配,表现出极性分子性质。

二氯甲烷分子中有两个氢和两个氯,它如果用共价键表示,则在平面上可以写成两种结构:



如果用四面体表示(图 1.4),则空间结构只有一个,两个氢和两个氯(以 Cl 表示)在四面体顶角上所处的地位是等同的。这解释了二氯甲烷只有一种分子。

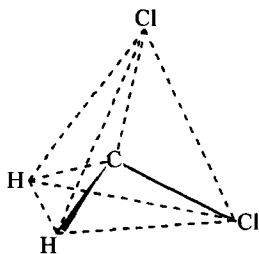


图 1.4 甲烷二氯取代物的四面体结构

立体结构的构想在化学发展史上是划时代的。四面体概念的建立衍生出许多立体化学问题来,因而四面体象征了有机化学的特点。碳原子有空间化学键,其他元素的原子也有空间分布的化学键。

分子结构对多原子化合物来说变得很复杂,而甲烷的立体结构很简单却是最基本的,凡是四价的碳都是按四面体方式与另外四个原子相连接的。

4. 甲烷的化学性质

化学性质是指一切物质相互之间变化的性质,用化学语言讲,就是分子组成和结构的变化。甲烷是比较不活泼的化合物,