

ZOUJIN HUAXUE DAGUANYUAN

编著



 化学工业出版社



走进 化学大观园

王云生 编著

编著

· 北 京 ·

本书从化学科学的角度,选择有趣的、易于理解的、与社会热点问题密切相关的化学事物和现象,以最基础的化学核心知识、化学基本观念为线索组织成10个专题,进行深入浅出的讲述、剖析。内容包括:化学元素在自然界中的存在和循环、人们日常生活中常见的化学变化现象、趣味实验、常见的物质性质与应用、物质组成结构的基础知识、物质组成结构与性质的关系、化学反应的规律性知识、化学实验方法在化学发展中的作用等。使读者领略化学科学的魅力,提高化学科学素养。

本书面向青少年读者和希望更多了解化学科普知识的成人读者,特别适合小、中学生课外阅读,也可供中学化学教师和师范院校化学教育专业学生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

走进化学大观园/王云生编著. —北京:化学工业出版社, 2019.3
ISBN 978-7-122-33175-5

I. ①走… II. ①王… III. ①化学-普及读物 IV. ①O6-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第237474号

责任编辑:刘军 冉海滢

装帧设计:关飞

责任校对:王鹏飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:中煤(北京)印务有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张13½ 彩插3 字数210千字 2019年3月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究





前言

PREFACE

当前，我国的基础教育领域正在落实立德树人的根本任务，发展素质教育，力求通过学科教学，进一步提升学生的求知欲望，提升学习能力，发展核心素养，为帮助青少年成长为有理想信念和社会责任感的高素质人才奠定基础。化学教育，要帮助青少年通过化学课程的学习，认识、理解化学科学特点，掌握化学科学的基础知识、基本观念，了解化学研究的方法，化学科学与经济发展、社会文明的关系，了解化学在促进人类文明可持续发展中所发挥的作用。同时，还要引导青少年通过课外的科学普及活动，关注自然界、社会生产生活中与化学有关的现象、关注有关化学的社会热点问题，发展了解、认识物质世界的求知欲望和探究意识，关心化学科学技术的发展和贡献。

基于这项任务，本书面向青少年读者、面向希望更多了解化学科普知识的其他读者，选择人们身边有趣的、易于理解的与生产、生活、社会热点问题密切相关的化学事物和现象，以最基础的化学核心知识、化学基本观念为线索组织成 10 个专题，通过深入浅出地讲述、剖析，带领读者走进化学大观园，探索丰富多彩、变化纷繁的化学世界。10 个专题的内容包括：化学元素在自然界中的存在和循环、人们日常生活中常见的化学变化现象、趣味实验、常见的物质性质与

应用、物质组成结构的基础知识、物质组成结构与性质的关系、化学反应的规律性知识、化学实验方法在化学发展中的作用等。以这些内容为载体，通过与读者的对话、交流，架设从鲜活多彩的化学现象通向化学学科原理的桥梁。让读者领略化学科学的魅力，领会其中蕴含的化学观念，受到化学方法、化学思维方式的启迪和科学精神的熏陶，帮助读者体会化学科学在探究物质世界奥秘、保护自然环境、提高人们生活水平中的作用，提高化学科学素养。本书介绍的化学实验与化学魔术涉及实验药品和实验器材的安全使用，青少年读者若要动手尝试，请务必在成人的监护下进行，注意实验安全。

希望本书能引起读者的阅读兴趣，能引导和帮助读者从化学事物和化学现象的观察、分析、探究过程中，激发和增强了解物质世界、学习化学最基础的核心知识的欲望，引领读者更深入地了解、学习、研究化学科学，认识化学科学在社会可持续发展中的价值和贡献。

本书在编写过程中，学习、借鉴了许多化学家、化学科普作家们的观点和研究成果，在此对专家们表示衷心感谢！

限于编者的学识和编写水平，书中存在的疏漏和不足之处，请读者和专家批评、指正。

王云生

2018年10月

目录 CONTENTS

1 绚丽多彩的燃烧现象 / 001

1.1 和烛光面对面	001
1.2 燃烧是毁灭还是创造	008
1.3 燃烧不一定需要氧气	012
1.4 燃烧的引发和控制	013
1.5 木材怎么变成木炭	018
1.6 太阳是在燃烧吗	019

2 物质是由什么构成的 / 021

2.1 万物由元素组成	022
2.2 认识元素家族	026
2.3 不同元素有不同性质	028
2.4 元素的最小单位——原子	030
2.5 元素是怎样组成物质的	034
2.6 为什么原子的种类比元素种类多	041
2.7 怎么计量物质的微粒数	043
2.8 核反应和放射性同位素衰变	044

3 宇宙赐予地球的大气 / 048

3.1 了解大气层	048
-----------------	-----

3.2 氧气和臭氧层 051

3.3 氮气、二氧化碳和水蒸气 054

3.4 稀有元素气体 056

3.5 保护大气层，防治大气污染 058

4 神奇复杂的化学变化 / 062

4.1 自然界中的化学变化 062

4.2 呼吸与化学反应 069

4.3 日常生活中常见的化学变化 070

4.4 工业生产中的化学变化 076

4.5 化学游戏和化学魔术中的化学变化 081

5 化学诞生于实践活动 / 085

5.1 化学和化学实验萌芽于火的利用和炼丹术 085

5.2 化学实验和化学方法的进步改变了化学发展的道路 087

5.3 化学实验和化学变化理论研究的结合孕育了近代化学 089

5.4 物理学的发展、物理测试手段的涌现催生了现代化学 090

5.5 化学实验是化学科学发展的重器 091

6 化学反应是有规律的 / 105

6.1 给纷繁复杂的化学反应分类 106

6.2 化学反应中能量的转化和守恒 109

6.3 化学反应中质量是守恒的 112

6.4 化学反应快慢的影响因素 113

6.5 化学反应进行的程度 119

6.6 化学反应进行的方向 121

6.7 化学反应是可以控制的 122

7 不可或缺的水和溶液 / 126

7.1 关于水，你知道多少	126
7.2 物质在水中的分散	130
7.3 水溶液	136
7.4 酸、碱、盐的水溶液	141
7.5 水的污染与净化	145

8 探索物质的微观结构 / 149

8.1 离子化合物	149
8.2 原子怎样结合成分子	151
8.3 分子的空间构型	152
8.4 金属晶体的结构和性质特点	155
8.5 碳原子怎样和其他原子结合	157
8.6 组成相同、分子结构不同的分子	158
8.7 形形色色的高分子化合物	161

9 物质的分离、提纯与创造 / 169

9.1 物质的分离和提纯	169
9.2 从空气分离氧气和氮气	172
9.3 从海水中提取丰富的化学资源	174
9.4 怎么从石油得到各种燃油	179
9.5 怎样把石英砂变成单晶硅	181
9.6 铝土矿的提纯	183
9.7 物质的制取和创造	184

10 化学元素的存在和循环 / 191

10.1 元素的存在	191
------------------	-----

10.2 元素和人类的生产生活 195

10.3 元素在自然界中的循环 196

参考文献 / 206



1 绚丽多彩的燃烧现象

我们生活的世界、世界上的每个生物体，都是神奇的化学大观园。绿色植物在太阳光的帮助下把大气中的二氧化碳气体、土壤中的水分，转化为碳水化合物，生长壮大；地壳中的岩石逐渐风化、分解、溶化、转化，例如石灰岩溶解，形成溶洞、钟乳石；土壤中的细菌、真菌把死亡的动植物残体分解转化为各种可供植物吸收的营养物质；江河湖海中的贝类生物利用水中溶解的钙，营造贝壳，保护自身的安全生长……在我们这个世界里，每时每刻都在发生着一个物质生成、转化的故事，伴随着各种形式能量的释放、吸收和转化。物质的化学变化，是化学大观园的主旋律。

在化学大观园中，人们最熟悉、最常见的，也是远古时代的人最早发现、利用的一种化学变化是燃烧。让我们从燃烧现象开始，来一探化学大观园的奥秘。

在几百万年以前，人类还过着原始的生活，靠生肉和野果为生。在人类逐渐接触到燃烧现象之后，认识到火可以带来光明，可以取暖御寒、烧烤食物、驱走野兽，我们的祖先才逐渐学会了从野火中引火，学会了维持火种、摩擦生火和钻木取火，让燃烧为人类服务。火的发现、认识和使用是人类历史上一件划时代的大事，燃烧和火对人们生活的影响之大是尽人皆知的。但是，要真正明白燃烧是怎么一回事，并不简单。



1.1 和烛光面对面

相信大家都点过蜡烛，也都熟悉诗人杜牧的诗句“蜡烛有心还惜别，

替人垂泪到天明”，诗人借蜡烛燃烧、垂泪的现象抒发和友人惜别的诚挚感情。

当我们用打火机点燃蜡烛时，蜡烛立即产生明亮的火焰。面对点燃的蜡烛，你看到了什么，又想到了什么？

1.1.1 蜡烛燃烧发生了什么变化？

为什么蜡烛燃烧会“垂泪”？蜡烛在燃烧中消失了，构成蜡烛的物质真的消失了吗？

蜡烛是用石蜡和棉纱线（作为烛芯）制成的。石蜡是从石油中提取出来的固态物质。石蜡受热容易熔化，并进一步气化变成石蜡蒸气。不同的石蜡熔沸点有差异，熔点约为 $47\sim 64^{\circ}\text{C}$ ，沸点在 322°C 左右。在空气中，石蜡于 $158\sim 200^{\circ}\text{C}$ 时就能发火燃烧。

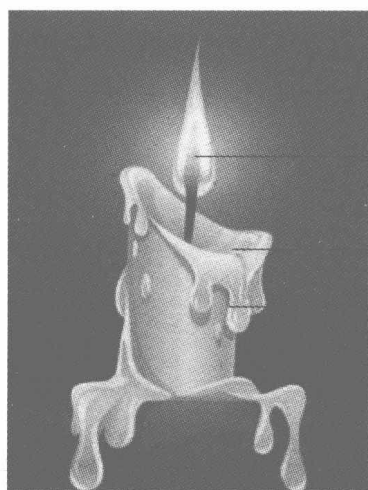


图 1-1 蜡烛燃烧发生的变化

我们可以利用图 1-1 来说明蜡烛燃烧发生的变化。蜡烛的烛芯上吸附着一些石蜡，用打火机点蜡烛时，打火机发火产生的热可以点燃烛芯上吸附的石蜡，烛芯也随之燃烧。燃烧发出的热使蜡烛烛芯附近的固态石蜡熔化，并沿着烛芯往上升，转变成石蜡蒸气，石蜡蒸气燃烧形成火焰（图 1-1 的 A 处）。在图 1-1 的 B 处，石蜡吸收火焰发出的热，慢慢熔化变成液态，液态石蜡从蜡烛边缘流淌下来，形成蜡泪，在 C 处变冷又凝固成固态。一

些液态石蜡从烛芯上升，变成蒸气，在 A 处燃烧。在 B、C 处石蜡只发生状态变化，在 A 处蒸气燃烧，发生的变化不同于状态变化，蜡烛燃烧变成了其他物质，发生了化学变化。

蜡烛燃烧贡献出光和热。明亮的火焰是石蜡蒸气燃烧形成的碳颗粒在高温下发出的光。图 1-2 显示，把蜡烛火焰中心的石蜡蒸气用短玻璃管引出，在玻璃管口有灰白色石蜡蒸气，点燃它就可以看到石蜡蒸气燃烧的火焰。用一块玻璃片轻轻压在蜡烛火焰上，取出来可以看到玻璃片上附着着

一层黑色的炭粉末——炭黑。

石蜡或石蜡蒸气完全燃烧，似乎“消失”了，其实并非如此。构成石蜡的物质转变成两种我们肉眼看不到的新物质——二氧化碳气体和水蒸气。石蜡燃烧是和氧气发生反应，生成二氧化碳气体和水蒸气。燃烧时石蜡中蕴含的化学能转化为光能和热释放出来。

在化学科学中，人们用化学符号表示某种物质，如用 C_xH_y 表示石蜡蒸气（该式称为石蜡的化学式），用符号 O_2 （氧气的化学式）表示氧气，用符号 CO_2 、 H_2O 分别表示二氧化碳、水蒸气（两式分别是两种物质的化学式）。用下式（化学方程式）表示石蜡在空气中燃烧发生的变化：

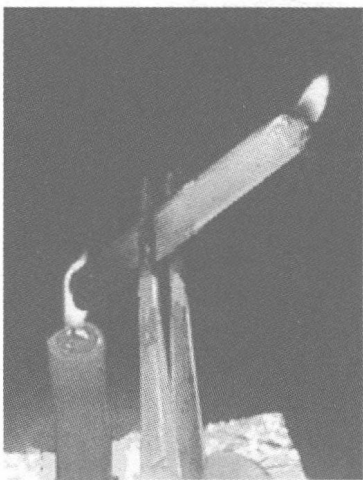
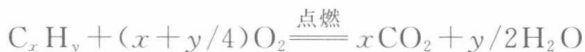


图 1-2 点燃引出的石蜡蒸气



自然界和我们日常生活中的燃烧现象，都是可燃的物质和空气中的氧气发生剧烈的化学反应生成新物质，并放出大量的光和热，燃烧生成的新物质常常都有二氧化碳和水蒸气。在变化中有新物质生成是化学变化区别于物理变化的最重要的特征。

和蜡烛一样，各种物质在一定条件下，都会发生物理变化或化学变化。地球上最常见的水，不仅会流动、会变成冰、化为水蒸气，还可以通入电流使之分解，转化为氢气、氧气。水汽化变成水蒸气、水凝结成为冰，水还是水；水分解成氢气、氧气，便是转化为新的物质。人们把有新物质生成的物质变化称为化学变化。

1.1.2 火焰是什么？

蜡烛燃烧发光发热，形成火焰。火焰带给人们无限的激情，篝火晚会是人们喜爱的欢庆活动；能高举燃烧着奥运圣火的火炬，参加火炬传递是一件非常荣耀的事。人们通常总是把火焰和燃烧联系在一起，日常观察到的许多物质的燃烧，都有火焰形成。但是，并不是所有的燃烧都会产生火焰。木炭燃烧虽然被称为“炭火”，却只见烧得赤红炽热的炭，却不见火

焰。火焰是什么？是怎么形成的？木炭燃烧的炭火为什么没有形成火焰？

燃烧是发光发热的剧烈的化学反应。燃烧总伴随着发光发热，但并不一定会形成火焰。只有气态物质燃烧才会产生火焰，煤气、石油液化气燃烧都形成火焰。汽油、酒精不是气态，燃烧为什么会形成火焰？因为它们易挥发，点燃汽油和酒精，迅速挥发形成的汽油、酒精蒸气弥漫空间，燃烧就形成熊熊烈火。石蜡是固态物质，但它能转变成石蜡蒸气，燃烧也会形成火焰。

木材燃烧的同时，在高温下，木材中的一些成分分解、挥发，形成的气态物质中含有可燃的气体，发火燃烧就形成火焰。把木材在高温下烧制成木炭，木头中可以挥发成气体的物质都已经挥发，余下的是比较纯净的固体木炭，燃烧没有可燃的气态物质形成，而且炭的沸点高，燃烧时的温度低于炭的沸点，不可能形成气态的炭，也不会产生火焰。

焰火腾空升起，形成明亮、绚丽、五彩的图案。如果燃放焰火，在空中形成的是一团团火焰，则美感尽消。制造焰火的火药燃料中的一些固体物质在空中燃烧，只会发出不同颜色的光，不会形成气体可燃物，不会形成火焰。彩色焰火的颜色取决于焰火火药中所含的物质成分。彩色焰火中添加了不同的金属化合物，这些金属化合物在焰火燃烧时会放出不同颜色的光。例如，含金属锂（Li）的化合物产生红光，含金属钡（Ba）的化合物产生绿光，含铜（Cu）的化合物产生蓝光。

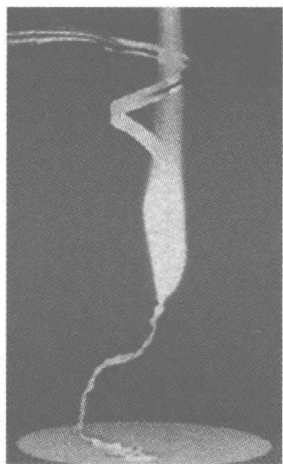


图 1-3 镁带的燃烧

成火焰。彩色焰火的颜色取决于焰火火药中所含的物质成分。彩色焰火中添加了不同的金属化合物，这些金属化合物在焰火燃烧时会放出不同颜色的光。例如，含金属锂（Li）的化合物产生红光，含金属钡（Ba）的化合物产生绿光，含铜（Cu）的化合物产生蓝光。

用一种活泼的金属——镁（Mg）压延形成的带状薄片——镁带，在酒精灯焰上点燃，可以看到刺眼明亮的白光，还可以看到白色烟雾。这是为什么？金属镁沸点高（沸点 1107°C ），镁带在 650°C 左右就可燃烧，没有成为气态，所以燃烧没有形成火焰。但是镁带在氧气中燃烧形成的高温可达 3600°C （不考虑散热因素），放出明亮的白光，燃烧生成白色的氧化镁（ MgO ），有一部分转变为气态，而后又凝结成细小颗粒形成白烟（图 1-3）。

可见，燃烧和火（火焰）的含义并不完全一样。许多可燃物的燃烧都有火焰形成，人们因此常把火和燃烧当作一回事。但火仅仅是燃烧产生的

一种现象，火焰是气体燃烧产生的现象。2008年北京奥运会的火炬使用的燃料是一种称为丙烷的气体燃料。

1.1.3 蜡烛燃烧的趣味实验

我们初步认识了蜡烛燃烧的变化，对燃烧现象有了更多了解，现在可以再来观察研究几个关于蜡烛的趣味实验。如要动手尝试，请务必在成人监护下进行，注意实验安全。

(1) 铜丝网为什么能熄灭蜡烛火焰 你知道或做过用铜丝螺旋熄灭蜡烛火焰的实验吗？用一根长约40cm的细铜丝，用砂纸擦拭铜丝表面，把它绕成长4~5cm的螺旋状。铜丝螺旋下端直径略大于蜡烛，上端直径略大于蜡烛火焰。用镊子夹住螺旋状铜丝，套在蜡烛的火焰上，如图1-4所示，可以看到蜡烛火焰变小变暗并熄灭。这是为什么？

原来，可燃物要燃烧都需要一定的温度，每种可燃物燃烧所需要的最低温度称为它的着火点。不同的可燃物，有不同的着火点。汽油、天然气着火点低，一丁点火星就足以使它点燃。铁的着火点高，一块铁在空气中加热，由于它导热性强，热量会传递到铁块内部，难以使它的表面温度上升达到它的着火点，虽然铁的表面和空气中的氧气接触，还是无法燃烧。如果将细铁丝绕成圈状，末端固定一根火柴，点燃火柴，火柴燃烧发出的热，可以使铁丝温度上升达到它的着火点，此时把铁丝伸到充满氧气的集气瓶中，铁丝就能发火燃烧（图1-5），燃烧放出的热量，可以使铁丝的温度维持在着火点以上，使全部铁丝完全烧掉（当然，集气瓶中的氧气要足够）。同理，钢丝棉也可以被点燃。

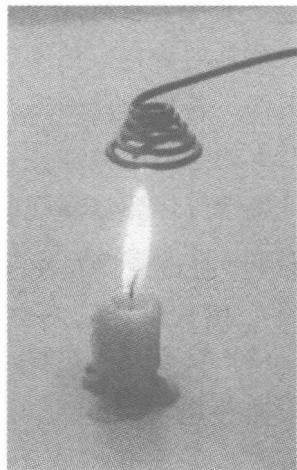


图 1-4 用铜丝螺旋
熄灭蜡烛火焰

我们还可以进行一个简单的金属粉末燃烧的实验：点燃蜡烛，如果把事先准备好的没有生锈的铁粉、铝粉，少量多次地洒落在蜡烛火焰上（注意用量要少，要均匀洒落），蜡烛火焰会发出灿烂闪烁的白光，光彩耀眼。也可以在火焰上方用新的锉刀分别在无锈的粗铁丝、粗铝丝上拉动，让锉

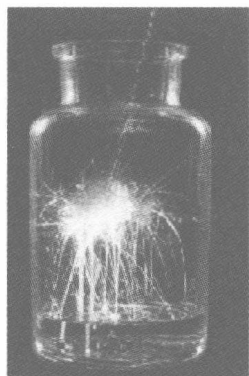


图 1-5 铁丝在
氧气中燃烧

出的细小铁粉、铝粉洒落在蜡烛火焰上。

在图 1-4 的实验中，用的是铜丝螺旋。铜是热的良导体，能够吸收并且传导热量。套在蜡烛火焰上的铜螺旋把石蜡燃烧放出的热量向周围传导，当它所处位置温度降低到了石蜡的着火点以下，石蜡蒸气就无法燃烧，熄灭了。但是，可以重新点燃穿过空隙扩散到螺旋外的石蜡蒸气。

用一片铜丝网（或铁丝网）还可以做一个有趣的切断蜡烛火焰的实验。用镊子夹住铜丝网，平放在蜡烛火焰上，可以看到铜网将火焰切断，网的上面无火焰，网的下面火焰继续燃烧。1816 年，英国

科学家戴维应英国“预防煤矿灾祸协会”的请求，研究火焰与爆炸。经过 3 个月的研究，他发现可燃气体的燃点，煤矿中可燃气体甲烷燃点不低；若用金属网罩在用燃油作燃料的照明矿灯的火焰周围，可以使火焰产生的热散失，防止从金属网孔逸出的燃油气体燃烧，就不会发生煤矿中可燃性气体燃烧爆炸的事故。他依据这一原理，设计了安全矿灯，为矿灯加上一个圆筒形铜丝网灯罩。这个发明让成千上万名矿工免于遭到不测。

(2) 吹不灭的蜡烛 图 1-6 中的孩子使用漏斗用力吹灭蜡烛，用左图所示的方法吹，却怎么也吹不灭，用右图的方法，一吹就灭。这是为什么？

因为，用漏斗的宽口对着火焰用力吹气，吹出的气体从细口流向宽口，气体通道逐渐扩大，气体扩散，气压减弱，不会使火焰的热量显著散失，而漏斗宽口周围的空气会涌向漏斗宽口，蜡烛火焰也会被气流引向漏斗宽口。相反，从漏斗的宽口端向细口端吹气，气流急速通过细口，吹向蜡烛，火焰的热量迅速被带走，使蜡烛蒸气的温度低于着火点，蜡烛被熄灭。

在喜庆宴会或生日晚宴上如果有几支点燃后吹不灭的魔术蜡烛，一定别有乐趣，这种蜡烛已经被生产和使用（图 1-7）。这种蜡烛的烛芯中添加

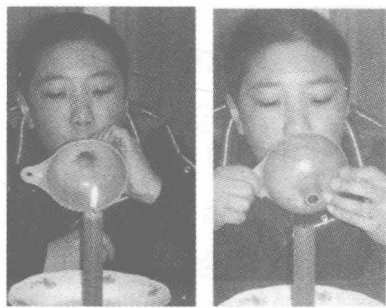


图 1-6 怎么吹灭蜡烛

了少量的镁粉，镁粉是粉末状的金属镁，镁的着火点只有 430°C 左右。吹灭蜡烛时，石蜡蒸气不燃了，但刚刚熄灭的烛芯上的温度仍然高于镁粉的着火点，镁粉燃着了，并重新引燃烛芯上的蜡蒸气。但是点燃魔术蜡烛要小心，要防范火灾，千万不能随意把吹灭的蜡烛扔掉，为防止复燃，应该在蜡烛熄灭后，把它浸没在冷水中。

(3) 用水能点燃蜡烛吗 如果有人告诉你，可以用水来点燃蜡烛，你一定不相信。因为水不可燃，无论冷水、热水都不能提高蜡烛烛芯的温度，使烛芯上的石蜡变成蒸气并引燃。如果真的能用水点燃蜡烛，那肯定是在蜡烛的烛芯上做了手脚。如果在烛芯上粘夹一小块金属钠，就可以办到。



图 1-7 吹不灭的蜡烛

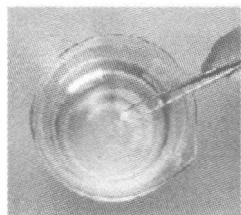


图 1-8 金属钠及钠和水的反应

金属钠化学性质非常活泼，在常温下就会和空气中的氧气、和水发生反应，反应放出大量热，钠与水反应还会放出氢气。通常金属钠要浸没在煤油中保存，避免它接触空气和水。用小刀切下一小粒金属钠，把它粘夹在烛芯上，用水接触烛芯的金属钠，钠和水剧烈反应（图 1-8），放出热，生成氢气，会发火燃烧，

并引燃蜡烛。

(4) 在水中燃烧的蜡烛有什么现象 在一只杯子里点一根蜡烛（要把蜡烛黏在杯底上，防止倾倒），向杯里倒水，水面要低于蜡烛，让蜡烛露出水面一小段 [图 1-9(a)]，蜡烛会燃烧 15 分钟左右，在之后一段时间里，火焰会飘动不稳定，最后熄灭。熄灭后取出蜡烛，可以看到蜡烛的边缘形成一个杯壁 [图 1-9(b)]，杯壁中石蜡消耗了。

你能通过前面介绍的关于蜡烛燃烧的知识，解释这两种现象吗？

(5) 在冰上点火 如果你看到有人用火柴在一小盆冰块上点火，看到有亮的火焰腾起，你会感到奇怪吗？冰不是可燃物，冰上温度低，即使有可燃物怎么会燃烧呢？

要实现冰上的燃烧，得在冰上有可燃物存在，而且应该是可燃气体，

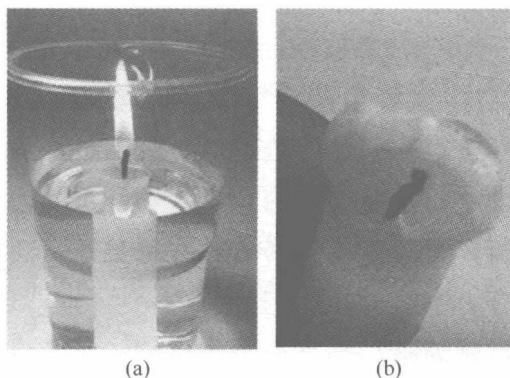


图 1-9 在水中燃烧的蜡烛

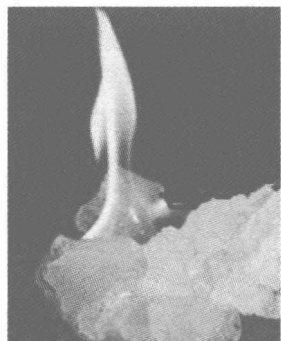


图 1-10 冰上点火

能从冰面上逸出再被点燃。要做到这一点，只要在冰块中事先放入两三小块电石，到时划根火柴一点就好。你知道电石吗？它是一种称为碳化钙的块状固体，是用焦炭和生石灰在电炉中高温反应生成的，化学式是 CaC_2 。它遇到冰面上的水，会迅速反应，放出可燃性的乙炔 (C_2H_2) 气体。



乙炔气体比空气稍轻，生成的乙炔气体从冰面上陆续逸出，一点燃就形成熊熊火焰（图 1-10）。

1.2 燃烧是毁灭还是创造

燃烧似乎是破坏性的变化，许多物质在燃烧中化为灰烬，成为乌有，火灾的毁灭性是尽人皆知的。但是，不能认为燃烧带来的只是破坏和毁灭。燃烧对人类有利也有害，关键在于我们能否全面地认识它、控制它、利用它。

1.2.1 燃烧能创造物质、提供热能和光能

燃烧是化学反应，化学反应有新物质生成。表面上看，许多可燃物燃烧生成的新物质多是我们不需要的物质，如二氧化碳、水蒸气、黑烟（炭