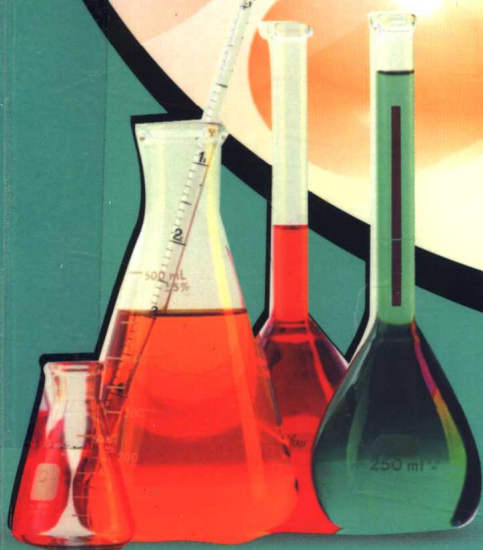


化学故事新编

HUAXUE GUSHI XINBIAN

陆鼎一 编著



苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学故事新编/陆鼎一编著. —苏州:苏州大学出版社,
2007.7

ISBN 978-7-81090-883-2

I. 化… II. 陆… III. 化学-普及读物 IV. O6-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 102943 号

化学故事新编

陆鼎一 编著

责任编辑 倪 青

苏州大学出版社出版发行

(地址:苏州市干将东路 200 号 邮编:215021)

常州市武进第三印刷有限公司印装

(地址:常州市武进区湍里镇村前街 邮编:213154)

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 19.625 字数 490 千

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81090-883-2 定价:25.00 元

苏州大学版图书若有印装错误,本社负责调换
苏州大学出版社营销部 电话:0512-67258835

前 言

化学是研究各种物质及其变化规律的一门自然科学。人的衣、食、住、行离不开各种各样的物质,阅读、通信、看电视和参加各种文化娱乐活动等也需要一定的物质基础。因此,化学与人类的生活、生产有着密切的联系。在现代的生活和社会中,化学更是不可缺少的重要角色之一。

在化学发展的历史长河中,曾经诞生了无数的化学故事。其中有的歌颂了化学家的智慧和英雄事迹,有的讲述了化学的巨大潜能,也有的赞扬了化学给人类生活带来的变化和无比幸福。作者撷取了 400 多个化学故事,并对这些故事进行重新编写,取名为“化学故事新编”。

《化学故事新编》是一本饶有趣味的科普读物,它给读者介绍了大量的化学常识及其应用的相关知识。全书分为上、下两篇,上篇是有关元素及其化合物的故事,下篇是有关有机化合物的故事。

为了便于读者阅读,上篇有关元素及其化合物的故事,按照化学元素周期表中不同的族进行编排,分氢元素及氢化合物、碱金属、碱土金属、卤素、氧族元素、氮族元素、碳族元素、铝族元素、过渡元素(一)(铜、锌族)、过渡元素(二)(铁、铂系)、过渡元素(三)(钛、钒、铬、锰族)、稀土元素、稀有气体和放射性元素共 14 个单元进行介绍。下篇有关有机化合物的故事,则按一般有机物的分类进行编排,共分有机化学与有机化合物、最简单的有机物、烃与石油、“少氢”烃类、二烯烃与环烃、含氧有机物、芳香烃和煤、卤代烃、含氮有机物、含硫和含磷有机物、杂环化合物、高分子化合物(一)——橡胶、高分子化合物(二)——塑料、高分子化合物

(三)——纤维共 14 个单元进行介绍。一般每个单元又分若干个小节,每小节讲述一两个有关化学史、化学应用或化学常识的故事。故事内容新颖,文字生动、有趣,并配有不少插图助读。

本书的大量素材是作者多年来从各种书刊上收集的,也有一部分是作者自编的。在编写过程中,作者对其中的化学事实、化学原理和化学知识等作了核对、整理和修编,使故事增加了可读性和参考价值。

本书完稿后,曾请苏州大学化学化工学院的陈克潜教授、陆忠娥教授、马经德教授审读,他们提出了许多宝贵的修改意见。本书的出版得到了苏州大学出版社领导的大力支持。苏州大学出版社的编辑为本书的出版付出了大量的劳动。在此一并表示衷心的感谢。

书中如有差错或疏漏之处,敬请化学界的前辈和读者朋友不吝指正。

陆鼎一

2006 年 6 月于苏州

目 录

上篇 元素及其化合物的故事

1. 氢元素及氢化合物的故事

1.1 最古老的化学元素	1	1.7 用途广泛的氢	10
1.2 组成水的化学元素	2	1.8 制氢的方法种种	11
1.3 最轻的气体	4	1.9 储氢的新技术	13
1.4 从液态氢到“金属氢”	6	1.10 氕、氘和氚三“姐妹”	15
1.5 清洁的氢燃料	6	1.11 昂贵的重水	17
1.6 话说燃料电池	8	1.12 氢弹的故事	18

2. 碱金属的故事

2.1 电解发现了钾和钠	21	2.9 钾、钠与人体健康	33
2.2 像豆腐一样的金属	23	2.10 最轻的金属——锂	34
2.3 金属钠与钾的制取	24	2.11 氢化锂和氘化锂	35
2.4 苛性钠与氯碱工业	25	2.12 精巧的锂电池	36
2.5 天然碱和人工制碱	27	2.13 碳酸锂与精神病	38
2.6 从“洋碱”到纯碱	29	2.14 分光镜下的奥妙	39
2.7 汽车上的安全气囊	31	2.15 “长眼睛的金属”	41
2.8 神奇的呼吸面具	32	2.16 铯原子钟	42

3. 碱土金属的故事

3.1 宝石元素铍	44	3.7 石灰与长城	50
3.2 抗“疲劳”金属	45	3.8 石膏与金字塔	51
3.3 电解“土质”获得成功	46	3.9 钙与人体健康	53
3.4 闪光的金属——镁	47	3.10 硬水及其软化	54
3.5 向大海要镁	48	3.11 发红光的铯	55
3.6 镁与人体健康	49	3.12 钡餐与重晶石	56

4. 卤素的故事

4.1 从“流石”到氟	58	4.10 现代工业的宠儿	68
4.2 惨烈的制氟历程	59	4.11 食盐与健康	69
4.3 化学制氟的成功	60	4.12 奇妙的焊药水	72
4.4 玻璃刻花与 HF	62	4.13 “溴发现了巴拉尔”	72
4.5 氟与人体健康	62	4.14 溴化物的用途	74
4.6 氯的发现	64	4.15 海藻灰中的碘	75
4.7 氯气与漂白粉	65	4.16 碘与人体健康	76
4.8 消毒剂二氧化氯	66	4.17 人工降雨与碘化银	77
4.9 最早使用的毒气	67	4.18 医疗与碘	78

5. 氧族元素的故事

5.1 氧的发现	80	5.8 高高的臭氧层	89
5.2 “养生之气”	81	5.9 过氧化氢的故事	91
5.3 氧气会用完吗	83	5.10 古老的硫	93
5.4 氧气的用途	84	5.11 伦敦“烟雾事件”	94
5.5 制氧技术	85	5.12 “愚人金”也是宝	96
5.6 氧氏三“弟兄”	87	5.13 谁最早制得了硫酸	97
5.7 臭氧	87	5.14 众酸之“母”	98

5.15	化学工业的支柱	99	5.18	碲与硒的故事	103
5.16	明矾与海波	100	5.19	光电转换的“奇才”	104
5.17	无形杀手 H_2S	101	5.20	从“克山病”说起	105

6. 氮族元素的故事

6.1	氮气与潜水病	108	6.12	“冷光”与磷	124
6.2	“阿摩神盐”的故事	110	6.13	钢铁大桥崩塌之谜	126
6.3	氨与制冷	111	6.14	火柴的故事	127
6.4	奇妙的氨水	113	6.15	从“鬼火”到毒鼠药	128
6.5	笑气的故事	115	6.16	磷酸与“可乐”饮料	129
6.6	氮氧化合物	116	6.17	赤潮与磷酸盐	130
6.7	一氧化氮与“伟哥”	118	6.18	磷与人体健康	133
6.8	硝酸水	119	6.19	谁最早发现了砷	134
6.9	硝酸盐与炸药	121	6.20	话说砒霜	135
6.10	以火试硝	122	6.21	热缩冷胀的铋	136
6.11	工业用盐与食盐	123	6.22	胃药与铋盐	137

7. 碳族元素的故事

7.1	碳与金刚石	139	7.11	水晶、石英和 SiO_2	156
7.2	从铅笔到石墨炸弹	142	7.12	金刚砂(碳化硅)	157
7.3	防毒面具与活性炭	144	7.13	硅胶	158
7.4	CO_2 与温室效应	146	7.14	关于玻璃的传说	159
7.5	自然界的雕塑大师	148	7.15	从“玻璃马路”说起	160
7.6	干冰与人工降雨	149	7.16	中国陶瓷	162
7.7	CO 与煤气中毒	150	7.17	从搪瓷面盆说起	163
7.8	考古“时钟”	152	7.18	从火山灰到水泥	164
7.9	硅的发现	154	7.19	门捷列夫与锗	166
7.10	奇妙的单晶硅	155	7.20	烟囱灰中的宝物	167

7.21 锗与人体健康	168	7.25 铅与罗马帝国	173
7.22 古老的锡	170	7.26 铅蓄电池	175
7.23 怕冷又怕热的锡	171	7.27 古画翻新的秘诀	177
7.24 “马口铁”的故事	172		

8. 铝族元素的故事

8.1 源自中国的硼	179	8.10 宝石与刚玉	189
8.2 硼砂和硼酸	180	8.11 炸油条与灭火器	191
8.3 奇妙的硼烷类化合物	181	8.12 铝与人体健康	192
8.4 黏土中的白银	182	8.13 从“类铝”到镓	193
8.5 天然铝的故事	183	8.14 熔化在手掌中的镓	194
8.6 霍尔的电解炼铝法	184	8.15 半导体——砷化镓	195
8.7 质坚的“杜拉铝”	185	8.16 铊的发现	196
8.8 话说铝热反应	187	8.17 “鬼剃头”的秘密	197
8.9 金属铝的“外衣”	188	8.18 色盲人发现的铟	198

9. 过渡元素(一)——铜、锌族元素的故事

9.1 青铜时代	199	9.11 中国人发现的锌	214
9.2 黄铜和电解铜	201	9.12 锌与电池	216
9.3 胆矾的故事	203	9.13 钢铁的保护神	218
9.4 明亮的银	205	9.14 锌与人体健康	219
9.5 神奇的银碗	206	9.15 镉的发现	220
9.6 银镜的故事	208	9.16 金属镉的应用	221
9.7 从照相到变色眼镜	208	9.17 日本的“镉米事件”	222
9.8 第一金属——金	210	9.18 秦始皇陵中的水银	223
9.9 黄金的用途	211	9.19 科学的点金术	223
9.10 重铸诺贝尔奖章	213	9.20 日本的“水俣事件”	225

10. 过渡元素(二)——铁、铂系元素的故事

10.1	从陨铁到人工炼铁	227	10.10	钴与维生素 B ₁₂	239
10.2	钢铁的时代	229	10.11	镍与白铜	240
10.3	铁锈与氧化铁	230	10.12	白金(铂)的发现	242
10.4	乌蓝色的 Fe ₃ O ₄	232	10.13	抗癌新药——顺铂	243
10.5	黄血盐和赤血盐	234	10.14	武拉斯顿一箭双雕	244
10.6	铁盐烂铜之谜	235	10.15	吸气的金属钯	245
10.7	铁与人体健康	236	10.16	最重的金属	246
10.8	钴的发现	237	10.17	铱与通信卫星	247
10.9	钴-60 放射源	238	10.18	在俄罗斯发现的钌	248

11. 过渡元素(三)——钛、钒、铬和锰族元素的故事

11.1	钛的发现	249	11.13	不锈钢的诞生	261
11.2	“空间”和“深海”金属	250	11.14	铬酸清洗液	263
11.3	神奇的钛白粉	251	11.15	三价铬与六价铬	264
11.4	风信子石与锆	252	11.16	战争金属——钼	265
11.5	摔不破的陶瓷	253	11.17	真空润滑剂	266
11.6	玻尔与钪的发现	254	11.18	钨的发现	267
11.7	女神下“钒”	255	11.19	最难熔化的金属	268
11.8	钒钢与福特汽车	256	11.20	锰的发现	269
11.9	坦塔罗斯和尼奥比	257	11.21	栋梁之材——锰钢	270
11.10	亲生物金属——钽	259	11.22	海底的“锰结核”	271
11.11	超导元素——铌	260	11.23	锰与人体健康	272
11.12	多彩的铬	261	11.24	姗姗“铼”迟	273

12. 稀土元素的故事

12.1	钇和铈的发现	275	12.2	再进稀土宝库	276
------	--------	-----	------	--------	-----

12.3 锕土中的“五朵金花”	278	12.5 稀土的应用	280
12.4 钇系九星	279		

13. 稀有气体的故事

13.1 空气的新成员	283	13.6 氖和氙的发现	291
13.2 “太阳元素”——氦	285	13.7 美丽的霓虹灯	291
13.3 最冷的液体	287	13.8 人造小太阳	293
13.4 诱人的“月球能源”	288	13.9 惰性气体化合物	294
13.5 氦的发现	289		

14. 放射性元素的故事

14.1 放射性元素铀	297	14.12 彼丽的巧遇	312
14.2 铀原子核的裂变	298	14.13 第一个人造元素	313
14.3 曼哈顿计划	301	14.14 地球上最少的元素	315
14.4 “瘦子”的诞生	302	14.15 “普罗米修斯”来了	315
14.5 话说核电站	304	14.16 第一个超铀元素	317
14.6 钋、镭和铀的发现	306	14.17 第94~98号元素	319
14.7 镭的应用	307	14.18 最昂贵的物质	321
14.8 钍的发现与应用	308	14.19 镓和铟的发现	322
14.9 射气与氡	309	14.20 锕系元素——“家”	323
14.10 “法老咒语”之谜	310	14.21 第104~112号元素	323
14.11 镤的发现	312	14.22 登陆“稳定岛”	326

下篇 有机化合物的故事

15. 有机化学与有机化合物

15.1 来自生命的物质	328	15.2 碳的化合物	330
--------------	-----	------------	-----

15.3 同分异构	331	15.4 有机化合物的特点	333
-----------	-----	---------------	-----

16. 最简单的有机物

16.1 “火井”与天然气	336	16.3 沼气	339
16.2 趣味的可燃冰	338	16.4 最简单的有机物	342

17. 烃与石油的故事

17.1 什么是石油	344	17.4 石油中的烷烃	349
17.2 狄拉克油井	346	17.5 辛烷值的奥秘	351
17.3 炼油简史	347	17.6 石油添加剂	353

18. “少氢”烃类的故事

18.1 烷烃的裂解	356	18.4 壮丽的乙烯工程	361
18.2 水果催熟话乙烯	357	18.5 气焊、气割话乙炔	363
18.3 石油工业的支柱	359	18.6 乙炔与有机合成	365

19. 二烯烃与环烃的故事

19.1 从家蚕吃桑叶说起	367	19.7 功勋卓著的胆固醇	376
19.2 香精油与萜	369	19.8 高血脂与动脉硬化	378
19.3 抗疟良药青蒿素	370	19.9 从性激素到避孕药	379
19.4 异戊二烯—“家”	371	19.10 类固醇药物	381
19.5 熊肝毒死人的秘密	373	19.11 维生素 D 的故事	384
小知识 维生素的国际单位	374	19.12 环烃的张力学说	385
19.6 虾和蟹壳变红之谜	375	19.13 神秘的三碳环	387

20. 含氧有机物的故事

20.1 玉液琼浆话乙醇	392	小知识 酒度与乙醇的含量	394
20.2 发酵酿酒	393	20.3 “大器”的甲醇	394

20.4	抗冻的乙二醇	396	20.17	耐饥的糯米食品	414
20.5	丙二醇与二甘醇	398	20.18	淀粉与碘	416
20.6	甘油的故事	398	20.19	羧酸种种	417
20.7	多能的甲醛	400	20.20	“廿一日”酒变醋	419
20.8	醛试剂	401	20.21	人体必需脂肪酸	420
20.9	视觉的化学	402	20.22	“脑黄金”是什么	422
20.10	麻醉药——乙醚	404	20.23	话说乳酸	423
20.11	碳水化合物	405	20.24	羟基多元羧酸	424
20.12	异构糖浆的故事	406	20.25	糖酸与内酯	426
小知识	糖的相对甜度	408	20.26	维生素 C 的故事	428
20.13	血型与糖	408	20.27	花果飘香与酯	430
20.14	蔗糖的故事	410	20.28	具有活性的酯类	431
20.15	古老的麦芽糖	411	20.29	肥皂和酥油饼	433
20.16	母狗当“奶妈”	412	20.30	雪花膏的故事	435

21. 芳香烃和煤的故事

21.1	法拉第发现了苯	437	21.10	日本“米糠油事件”	453
21.2	凯库勒的梦	439	21.11	萘与维生素 K	454
21.3	苯的同系物	441	21.12	棉籽油与不孕症	455
21.4	烷基苯与洗涤剂	443	21.13	从茜素到阴丹士林	456
21.5	李斯特与酚	444	21.14	稠环芳烃与癌症	458
21.6	从防腐剂到日光筛	446	21.15	神奇的“乌金”	460
21.7	水杨酸与阿司匹林	447	21.16	芳香烃的博物馆	462
21.8	鞣酸与蓝黑墨水	450	21.17	煤的液化	464
21.9	可卡因与普鲁卡因	451			

22. 卤代烃的故事

22.1	多“才”多“艺”的卤代烃	465	22.2	从足球救场说起	467
------	--------------	-----	------	---------	-----

22.3	DDT 与“六六六”	469	22.7	保护地球的臭氧层	476
22.4	有机氯农药“退场”	471	22.8	FC 人造血液	478
22.5	除草剂 2,4-D	472	22.9	可怕的二恶英	480
22.6	冷冻剂氟里昂	473	22.10	甲状腺素的故事	482

23. 含氮有机物的故事

23.1	又臭又腥的胺	485	23.13	味精的发现	506
23.2	神奇神经递质	487	23.14	“美味综合征”之谜	508
23.3	苯丙胺与“摇头丸”	489	23.15	二肽甜味素	509
23.4	感冒药与 PPA	491	23.16	酰胺与青霉素	510
23.5	组胺过敏	492	23.17	尿素的故事	512
23.6	致癌的胺	494	23.18	印度“博帕尔事件”	514
23.7	珀金与苯胺紫	495	23.19	黑火药与黄色炸药	515
23.8	苯胺与偶氮染料	497	23.20	标准炸药——TNT	516
23.9	“吃”金属的胺	499	23.21	棉火药与硝化甘油	517
23.10	矮壮素与新洁尔灭	501	23.22	诺贝尔的故事	518
23.11	蛋白质与氨基酸	503			
23.12	人体必需氨基酸	505			

24. 含硫和含磷有机物的故事

24.1	以臭闻名的硫醇	520	24.5	百浪多息与磺胺药	527
24.2	半胱氨酸的故事	522	24.6	毒气种种	530
24.3	烫发的化学	523	24.7	有机磷杀虫剂	532
24.4	糖精的甜味之谜	524	24.8	能量货币——ATP	534

25. 杂环化合物的故事

25.1	从糠醛到呋喃	537	25.3	迈尔与噻吩的故事	539
25.2	“送瘟神”的新药	538	25.4	闲话噻吩香料	540

25.5	吡咯的趣闻	541	25.12	神奇的叫噪	552
25.6	血红和绿叶	543	25.13	拜耳与靛蓝的故事	554
25.7	补铁佳品——卟啉铁	545	25.14	从提篮买菜说起	556
25.8	噻唑与香料	546	25.15	痛风与肾结石	558
25.9	萤火虫发光之谜	547	25.16	疟疾与抗疟药物	559
25.10	吡啶与尼克酰胺	549	25.17	“反应停”的悲剧	562
25.11	GPT 和维生素 B ₆	551	25.18	花儿变色之谜	564

26. 高分子化合物(一)——橡胶的故事

26.1	树的眼泪	567	26.5	氯丁橡胶	574
26.2	天然橡胶	569	26.6	丁苯橡胶	575
26.3	橡胶的硫化技术	570	26.7	特种橡胶的风采	576
26.4	合成橡胶的开端	572			

27. 高分子化合物(二)——塑料的故事

27.1	赛璐珞的故事	581	27.6	无毒的聚乙烯	590
27.2	电木和电玉	582	27.7	透光最佳的“玻璃”	592
27.3	聚苯乙烯	584	27.8	话说工程塑料	593
27.4	多“才”的聚氯乙烯	586	27.9	密胺塑料	595
27.5	塑料之王与不粘锅	588			

28. 高分子化合物(三)——纤维的故事

28.1	从蚕丝和羊毛说起	597	28.7	尼龙的诞生	604
28.2	植物纤维棉与麻	599	28.8	涤纶与聚酯纤维	607
28.3	人造纤维	600	28.9	腈纶纤维	608
28.4	硝化纤维	602	28.10	维尼纶诞生的故事	610
28.5	醋酸纤维与过滤嘴	602	28.11	丙纶和氯纶纤维	612
28.6	化学浆糊 CMC	603	28.12	用燃烧法鉴别纤维	613

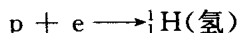
上篇 元素及其化合物的故事

1. 氢元素及氢化合物的故事

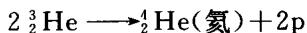
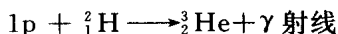
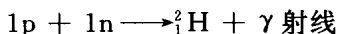
1.1 最古老的化学元素

氢是化学元素周期表中的第 1 号元素,也是最古老的一种化学元素。

天文学家和宇宙化学家的研究认为:宇宙最初是一个温度极高、密度又大的大火球。大约在距今 150 亿年前宇宙发生了一次大爆炸(big bang),爆炸以后,所有物质只能以中子(n)的形式存在。后来温度降至 10 亿摄氏度左右时,开始有质子(p)、电子(e)、光子(γ)和中微子(ν)等微粒的出现。其中,有的质子俘获到 1 个电子,于是便诞生了氢元素:



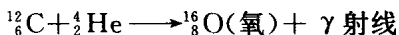
同时,质子与中子又可以发生聚变反应合成 α 粒子(氦核),如它再俘获 2 个电子便产生了氦元素:



因此,氢和氦是最古老的化学元素,它们的年龄可以粗略地估计为 150 亿年。在原始的宇宙中,氢约占 76%,氦约占 24%(按质量计)。

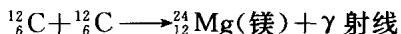
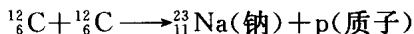
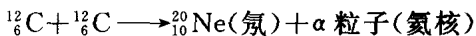
宇宙大爆炸以后,大约经过了 40 亿年,以氢和氦为主要成分

的宇宙星云物质,开始局部收缩形成恒星。当恒星内部温度达到 1000 万摄氏度时,氢可聚变形成氦;接着氦又发生聚变,产生碳元素;而碳与氦发生聚变则产生了氧元素:



以后,碳元素又可以发生一系列聚变,诞生更多的新元素。

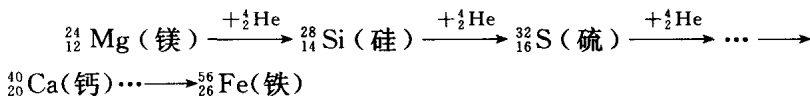
例如:



估计上述化学元素的年龄约为 110 亿年。

最后由上述元素与氦发生聚变或衍生出其他化学元素。

例如:



因此,氢和氦是各种化学元素之祖。

氢原子的结构非常简单,仅由 1 个质子和 1 个电子组成。氢原子既可以失去 1 个电子成为 H^+ (质子),也可能再获得 1 个电子而成为 H^- (氢负离子)。前者的性质像碱金属,后者的性质又似卤素,但是氢与碱金属和卤素的不同之处更多。因此,在化学元素周期表中,氢元素被单独列出。

1.2 组成水的化学元素

氢元素的单质就是氢气。氢气的发现大约可以追溯到 16 世纪初。有一位瑞士的医生、化学家,名叫巴拉塞尔苏斯(1493—1541),他是“欧洲医疗化学”的倡导者。在一次实验中,他将铁片

放入矾油水(稀硫酸)中,结果发现有气泡产生,这无疑就是氢气。

100多年以后(1671年),英国化学家波义耳(1627—1691)完成了收集氢气的实验。他将一个充满稀硫酸的玻璃瓶倒置在盛有同样稀硫酸的盘中,然后利用排水法原理,将稀硫酸与铁钉反应所产生的气体收集到瓶中。因此,波义耳是世界上最早拥有氢气的人。

大约又过了100年(1766年),英国化学家卡文迪许(1731—1810)(图1-1)发表了一篇题为“关于人造空气的试验”的论文,记述了他用铁、锌、锡等金属与稀硫酸(或盐酸)反应制取氢气的多种方法,以及将这种气体收集起来进行研究的一些成果。卡文迪许测得这种气体“比空气轻7倍”,并发现它具有“不支持物质的燃烧和动物的呼吸”,“如果预先把它和空气混合后点燃,会发生爆炸”等性质。所以,卡文迪许称它为“可燃性空气”。



图 1-1 卡文迪许
(1731—1810)

1776年,法国化学家马凯(1718—1784)做了一个实验。他将制得的“可燃性空气”用一根细玻璃管导出后点燃,并在火焰的上方放置一个瓷盘,原想收集烟灰之用,结果烟灰没有收集到,却发现瓷盘上有水珠。马凯由此推测:“可燃性空气”可以合成水。

1783年,另一位法国化学家拉瓦锡(1743—1794)重复了马凯的实验,并证实由“可燃性空气”生成的水“是纯净的”。第二年,拉瓦锡又设计了一个“分解水的实验”,以此反证水中含有可燃性空气。他把铁屑装入一根旧的枪筒里,然后将它放在煤炉上加热,并从一端通入水蒸气。由于水蒸气中的氧与赤热的铁屑发生反应,因此可以在枪筒的另一端收集到可燃性空气(图1-2)。拉瓦锡由