

高新技术科普丛书

清洁能源 氢能

QINGJIE NENGYUAN
QINGNENG

莫尊理◎丛书总主编
耿志远 王冬梅◎编著



 读者出版集团
DUZHE CHUBAN JITUAN
甘肃科学技术出版社

• 高新技术科普丛书 •

清洁能源：氢能

耿志远 王冬梅 编著



甘肃科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

清洁能源——氢能 / 耿志远, 王冬梅编著. -- 兰州:
甘肃科学技术出版社, 2012. 1

(高新技术科普丛书 / 莫尊理主编)

ISBN 978 - 7 - 5424 - 1582 - 0

I. ①清… II. ①耿…②王… III. ①氢能—普及读
物 IV. ①TK91 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 281118 号

责任编辑 韩 波

装帧设计 林静文化

出 版 甘肃科学技术出版社 (兰州市读者大道 568 号 0931-8773237)

发 行 甘肃科学技术出版社 (联系电话: 010-61536005 010-61536213)

印 刷 北京飞达印刷有限责任公司

开 本 710mm × 1020mm 1/16

印 张 12

字 数 150 千

版 次 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

印 数 1 ~ 10 000

书 号 ISBN 978 - 7 - 5424 - 1582 - 0

定 价 23.80 元



目 录

第一章 绪 论

第一节 饱经沧桑的化石能源	001
一、黑色的金子	001
二、工业的血液	005
三、孪生兄弟	007
第二节 呱呱落地的氢能	009
一、能源冲击波	009
二、环境大考验	010
三、生产驱动力	012
四、威力巨大的氢弹	013
第三节 花房效应	014
第四节 氢使者降临	016

第二章 弥漫整个宇宙的氢

第一节 遨游太阳系	019
第二节 地质探索	023
第三节 生命中的氢	024

第四节 不容忽视的药水 026

第三章 形形色色的氢

第一节 原子分子氢兄弟 029

- 一、淘气的原子氢 029
- 二、腼腆的分子氢 030

第二节 氢家族 031

第三节 新问世的金属氢 034

- 一、神秘莫测金属氢 034
- 二、偶遇金属氢 037

第四章 众里寻氢千百度

第一节 一见钟情氢的卡尔迪许 040

第二节 浓云密雾中寻氢 041

第五章 氢的获取——顺藤摸瓜

第一节 氢的英雄本色 045

- 一、氢的轻盈体态 045
- 二、氢的熊熊火焰 046
- 三、氢的还原本领 047

第二节 丹麦童话中的梦想成真 049

- 一、宇宙大爆炸带来了原始氢 050
- 二、新时代的智慧造就了现代氢 050
- 三、新型制氢——未来，我来！ 055

四、液氢、固氢的制取——漫漫长路远 059

第三节 氢气的纯化——干干净净，唯我独尊 061

第六章 氢气的储存和运输

第一节 不拘一格的储存方式 065

一、气体储存——靠五湖四海的朋友 066

二、液态储存——先减肥，告别臃肿 071

三、固态储存——柳暗花明又一村 077

第二节 坚不可摧的装备 081

第三节 贮氢合金的应用——从举步为艰的氢汽车开始 083

一、规模庞大的静态贮氢 085

二、发动机的动力源 085

三、氢的体积缩小，再缩小！ 086

四、捕氢高手 086

五、空间站的守护神 086

六、净化精灵 086

七、真空中也能生存 087

八、蓄热和蓄能齐步走 087

九、化腐朽为神奇的催化能力 087

十、燃料电池必备之选 088

第四节 输送也要因材施教 088

一、司空见惯的气体输送 089

二、屈指可数的液体输送 091

第五节 输氢管道——谨慎选择，疏而不漏 094

第六节 造价师的算盘 095

第七章 氢能的发展优势和广阔前景

第一节	一枝独秀新篇章	097
第二节	洋洋洒洒数百年	099
	一、战场杀敌显英勇	099
	二、“侵入”寻常百姓家	100
第三节	“氢能”才露尖尖角	103
第四节	大有作为的工业用氢	108
	一、立足于石油加工	108
	二、投身到合成氨中去	109
	三、奔波在精细化工与塑料工业之间	110
	四、穿梭于冶金与电子之列	111
	五、盛行在建材和轻工业之中	112
第五节	日益壮大的军事氢	112
	一、探空气球	112
	二、氢核聚变	113
	三、火箭和导弹的推动力	113
	四、燃料电池中的新宠儿	114
	五、太空中的激光器	115
第六节	燃料电池中显神通	116
第七节	金属氢的使用——科学技术领域划时代的革命	117

第八章 氢能的安全标准

第一节	氢的危险从何而来?	120
	一、固有的内因	121



二、不容小觑的外因	124
三、设计与材料的匹配——珠联璧合	125
第二节 谈“氢”色变？非也！	126
第三节 防患于未然	131

第九章 氢能——任重道远

第一节 氢的机遇与挑战	138
第二节 储氢材料的商业化进程	141
第三节 现代化家庭用氢蓝图	144
第四节 前程似锦的氢能源	145

第十章 有趣的氢实验

实验 1 氢气的燃烧	147
实验 2 氢气的爆炸	151
实验 3 氢气的散佚	153
实验 4 充装氢气球	155
实验 5 苍白的火焰——氯气在氢气中的燃烧	156
实验 6 还我本色——氢气还原金属氧化物	157
实验 7 天作之合——氢气和金属锂合成氢化锂	158

附录 氢世界的小百科	161
------------------	-----

1. 氢气球的故事	161
2. 奇妙的吸留作用	162



3. 相信吗？氢能预报地震！	162
4. 第一位还是第七位？	163
5. 是碱还是酸？	163
6. 用氢代替汽油	164
7. 有多少种氢？	164
8. 重水	165
9. 氢光谱的传说	166
10. 和氢有关的诺贝尔奖	167
11. 氢能帮人们检查疾病，你相信吗？	168
12. 令人烦恼的——氢蚀	169
13. 光合生氢	171
14. 检测氢蚀的好办法	172
15. 野外制氢	174
16. 潜水中的氢	175
17. 大显身手的氢	176
18. 息息相关的水资源	177
19. 氢和科学	178
20. 初露头角的氢	179
21. 抗氧化衰老的氢	179
22. 改头换面的氢	180
23. 由来已久的氢	181

参考文献	183
-------------------	-----





第一章 绪 论

第一节 饱经沧桑的化石能源

一、黑色的金子

煤炭是千百万年来植物的枝叶和根茎，在地面上堆积而成的一层极厚的黑色的腐殖质，由于地壳的变动不断地埋入地下，长期与空气隔绝，并在高温高压下，经过一系列复杂的物理化学变化等因素，形成的黑色可燃化石，这就是煤炭的形成过程。一座煤矿的煤层厚薄与这地区的地壳下降速度及植物遗骸堆积的多少有关。地壳下降的速度快，植物遗骸堆积得厚，这座煤矿的煤层就厚，反之，地壳下降的速度缓慢，植物遗骸堆积的薄，这座煤矿的煤层就薄。又由于地壳的构造运动使原来水平的煤层发生褶皱和断裂，有一些煤层埋到地下更深的地方，有的又被排挤到地表，甚至露出地面，比较容易被人们发现。还有一些煤层相对比较薄，而且面积也不大，所以没有开采价值，有关煤炭的形成至今尚未找到更新的说法。煤炭是这样形成的吗？有些论述是否应当进一步加以研究和探讨。一座大的煤矿，煤层

很厚，煤质很优，但总的来说它的面积并不算很大。如果是千百万年植物的枝叶和根茎自然堆积而成的，它的面积应当是很大的。因为在远古时期地球上到处都是森林和草原，因此，地下也应当到处有储存煤炭的痕迹；煤层也不一定很厚，因为植物的枝叶、根茎腐烂变成腐殖质，又会被植物吸收，如此反复，最终被埋入地下时也不会那么集中，土层与煤层的界限也不会划分得那么清楚。但是，无可否认的事实和依据，煤炭千真万确是植物的残骸经过一系统的演变形成的，这是颠扑不破的真理，只要仔细观察一下煤块，就可以看到有植物的叶和根茎的痕迹；如果把煤切成薄片放到显微镜下观察，就能发现非常清楚的植物组织和构造，而且有时在煤层里还保存着像树干一类的东西，有的煤层里还包裹着完整的昆虫化石。值得探讨的是它为何形成得如此集中，而且又是那么如此的优质呢？

记得上小学的时候，我家住在离城不远的乡村，每当盛夏雨季来临时，一场暴雨过后，村子中央就会出现一条湍急的“小溪流”，我们许多小朋友就会跑到那里面去嬉戏，那小溪流也会因暴雨停止时间的延长，而变得越来越小，最后干涸。但在没有断流之前你会发现，很多水流处却被冲下来的木棍儿、杂草等漂浮物堵塞，形成一个个小的水坎儿。为了能让水流通畅，我们不时地把那些小水坎扒开，有的时候也会借此筑起一道小溪上的“堤坝”。即便是现在居住在城里，一场暴雨过后，街道上很多地方也会出现各种各样的漂浮物截住了水流，堵塞了下水道口，而且很多漂浮物又被集中地滞留在一个地方的现象。小巫见大巫，由此我们便可以推断出煤炭的形成可能与洪水有直接关系。如果没有洪水那样强大的力量和搬运的功能，煤炭的形成绝对不会那么集中，也不会那么优质。

我们可以设想一下，在千百万年前的地质历史期间，由于气候条



件非常适宜，地面上生长着繁茂高大的植物，在海滨和内陆沼泽地带，也生长着大量的植物，那时的雨量又是相当的充沛，当百年一遇的洪水或海啸等自然灾害降临时，就会淹没了草原、淹没了大片森林，那里的大小植物就会被连根拔起，漂浮在水面上，植物根须上的泥土也会随之被冲刷得干干净净，这些带着须根和枝杈的大小树木及草类植物也会相互攀缠在一起，顺流漂浮而下，一旦被冲到浅滩、湾叉就会搁浅，它们就会在那里安家落户，并且像筛子一样把所有的漂浮物筛选在那里，很快这里就会形成一道屏障，并且这个地方还会是下次洪水堆积植物残骸（也会有许多动物的残骸）的地方。当洪水消退后，这里就会形成一道逶迤的堆积植物残骸的丘陵，再经过长期的地质变化，这座植物残骸的丘陵就会逐渐地埋入地下，最后演变成今天的煤矿。

那么也许有人会问，1998年中国遭受的一场罕见的水灾，为何没有出现这样的情况呢？我认为，那是因为中国目前的森林覆盖率很低，而且有森林的地方多在高海拔地区，在平原到处是粮田，几乎到了没有什么森林可淹的境地，只不过是淹没了一些农田的防护林，并且农田防护林的树木很稀少，而且树木的根须又十分的发达，抓地抓得十分牢固，短时间的浸泡、冲击不会造成多大危害。而森林中的树木就不同了，很多树木都挤在一起生活，它们为了吸食太阳的能量，拼命地往上长，根须并不发达，一旦一处树木被洪水连根拔起，就会连带成片的树木被洪水毁掉，就如同放木排一样，顺流漂浮而下，势不可挡，最后全部堆积在一个地方。

另外，由于人类对大自然认识的增强，抵御突发性自然灾害的能力不断提高，兴修水利，筑起坚固的堤坝，加固江堤、河堤，大大地减缓了凶猛洪水的冲击力，泛滥的现象少了，甚至乖乖地听从人类的



召唤，并把凶猛的洪水变成了电能、动能、热能，造福于人类，服务于人类社会。不仅洪水有搬运植物这样的能力，而且潮汐、台风、海啸也具备这样的能力。由于地震、火山喷发等因素引起的海啸，可以使海浪掀起三、四十米还高，并且在顷刻之间把一个岛屿上的动植物扫荡一空；把海岸线附近的一切生物全部洗劫。再者，地球表面上的物质不可能永久的一成不变地等待着地球进行沉降运动的，而且地球表面上的物质是在不断地循环流动着的。因此，“水灾说”是使煤炭形成得如此集中、优质，还是有一定的道理的，是有说服力的，也是能够令人信服的。地球表面上的物质不可能永久的一成不变地等待着地球进行沉降运动的，而且地球表面上的物质是在不断地循环流动着的。因此，“水灾说”是使煤炭形成得如此集中、优质，还是有一定的道理的，是有说服力的，也是能够令人信服的。

值得探讨的是它为何形成得如此集中，而且又是那么如此的优质呢？

由于古代的在植物大量沉积，被深深地埋在地层下，受到高压和高温，经过几亿年的时间，植物当被压在地下，在长时间的缺氧高压的条件下便会形成煤。煤矿和其他矿一样，是层状的，且不是到处都有，如果是地表植物积聚而成，则不会那么集中，应该到处都有，所以我认为，书上所说的不对。碳元素是地球固有的，地表的碳大部分以化合物形式存在，地心的碳以单质形式存在，地心的碳向地表喷出时，一部分为钻石，一部分为石墨，大部分为煤（不同条件下形成不同的物质），和其他大部分矿的成因一样。石炭纪地球植物大繁盛，为煤的形成形成的强大的物质基础，后来的造山运动为煤的形成提供了外部条件。经过长年累月，便有了煤。

煤炭被人们誉为黑色的金子，工业的食粮，它是十八世纪以来人



类世界使用的主要能源之一。虽然它的重要位置已被石油所代替，但在今后相当长的一段时间内，由于石油的日渐枯竭，必然走向衰败，而煤炭因为储量巨大，加之科学技术的飞速发展，煤炭汽化等新技术日趋成熟，并得到广泛应用，煤炭已经成为人类生产生活中的主要能源之一。

二、工业的血液

现代石油历史始于1846年，当时生活在加拿大大西洋省区的亚布拉罕·季斯纳发明了从煤中提取煤油的方法。1852年波兰人依格纳茨·卢卡西维茨发明了使用更易获得的石油提取煤油的方法。次年波兰南部克洛斯诺附近开辟了第一座现代的油矿。这些发明很快就在全世界普及开来了。1861年在巴库建立了世界上第一座炼油厂。当时巴库出产世界上90%的石油。后来斯大林格勒战役就是为夺取巴库油田而展开的。

19世纪石油工业的发展缓慢，提炼的石油主要是用来作为油灯的燃料。20世纪初随着内燃机的发明情况骤变，至今为止石油是最重要的内燃机燃料。尤其在美国在德克萨斯州、俄克拉何马州和加利福尼亚州的油田发现导致“淘金热”一般的形势。

1910年在加拿大（尤其是在艾伯塔）、荷属东印度、波斯、秘鲁、委内瑞拉和墨西哥发现了新的油田。这些油田全部被工业化开发。

直到1950年代中为止，煤依然是世界上最重要的燃料，但石油的消耗量增长迅速。1973年能源危机和1979年能源危机爆发后媒介开始注重对石油提供程度进行报道。这也使人们意识到石油是一种有限的原料，最后会耗尽。不过至今为止所有预言石油即将用尽的试图都没有实现，所以也有人对这个讨论表示不以为然。石油的未来至今还无定论。2004年一份《今日美国》的新闻报道说地下的石油还够

用40年。有些人认为，由于石油的总量是有限的，因此1970年代预言的耗尽今天虽然没有发生，但是这不过是被迟缓而已。也有人认为随着技术的发展人类总是能够找到足够的便宜的碳氢化合物的来源的。地球上还有大量焦油砂、沥青和油母页岩等石油储藏，它们足以提供未来的石油来源。目前已经发现的加拿大的焦油砂和美国的油母页岩就含有相当于所有目前已知的油田的石油。

今天90%的运输能量是依靠石油获得的。石油运输方便、能量剪度高，因此是最重要的运输驱动能源。此外它是许多工业化学产品的原料，因此它是目前世界上最重要的商品之一。在许多军事冲突（包括第二次世界大战和海湾战争）中，占据石油资源是一个重要因素。今天约80%可以开采的石油储藏位于中东，其中62.5%位于沙特阿拉伯（12.5%）、阿拉伯联合酋长国、伊拉克、卡塔尔和科威特。

石油是怎么形成的在理论上不成熟，还有其他观点，以下说法参考一下：

传统的石油地质理论认为：石油的生成是几百万年前沉积在海底的生物残骸，经泥沙覆盖，在微生物作用下腐烂，又经过长期的加压加热，形成油、气。现代石油理论则认为：石油是由含有机质的动植物残骸被埋入地下后和泥沙组成了有机淤泥，由于地层的原因不断地被一层一层地掩埋，愈埋愈深，最后于外面的空气隔绝，造成了一个缺氧的环境，加上深层处温度的升高，压力的增强，厌气性氧细菌便把有机质分解，形成了分散的油滴，这就是石油。由于地层不断地下降，湿度不断地升高，加之地心的引力，被分解的油滴就会活跃起来，并向地心的方向游移，越往深入温度就越高，油滴可能就越发活跃，由于地层的物质结构不同，而且越往深入物质的密度越大，但地层下的沉积物有时候颗粒较粗，颗粒间空隙较大，便形成了砂岩、砾



石；有时候颗粒较细，就形成了页岩、泥岩。在地层的压力的作用下，这些分散的油滴就会不断地顺着它们可以通行的路线行进，最后被挤进多孔的砂岩层，成为储积石油的地层；而空隙很小的页岩层，由于油滴无法挤进去，储积不了石油，就成了防止石油跑掉的“隔离层”。又由于地壳是由密度较大的页岩——玄武岩组成，而且凸凹不平，向上突起的叫被斜构造，向下弯曲的叫向斜构造；有的岩层像馒头一样的隆起，叫穹隆构造。集合的油滴就会沿着隆坡继续前行，不断向向斜构造或穹隆构造岩层的顶部汇集，这时石油位于上部，而处在中间、下部的则是水。进入凹陷的地壳区域，这里如同一个大的脸盆，把油流汇集起来，越集越多，这里就成为储藏石油的大“仓库”了，在地质学上管它叫做“储油构造”。由分散的油滴到汇集成的油流，最后进入到大的储油“仓库”，也可以说是地球对含有有机质的动植物残骸进行分解、加温、加压、提炼、汇集、储藏的一系列加工过程，是地球制造、储藏高热值能量物质的加工体系。

研究表明，石油的生成至少需要 200 万年的时间，在现今已发现的油藏中，时间最老的可达到 5 亿年之久。在地球不断演化的漫长历史过程中，有一些“特殊”时期，如古生代和中生代，大量的植物和动物死亡后，构成其身体的有机物质不断分解，与泥沙或碳酸质沉淀物等物质混合组成沉积层。由于沉积物不断地堆积加厚，导致温度和压力上升，随着这种过程的不断进行，沉积层变为沉积岩，进而形成沉积盆地，这就为石油的生成提供了基本的地质环境。

三、孪生兄弟

海底石油和天然气是一对“孪生兄弟”。天然气的形成过程与石油（为液体而非气体碳氢化合物）很类似。它是有机物经过数百年复



杂分解过程的结果。在离地面 1000 - 3000 米下，石油、甲烷和二氧化碳在紧密不渗透的沉积岩（如黏土和石灰岩）中形成。产生的轻气将向上移动，通过砂和砂石这些多孔性可渗透的贮存带时，它可能被留在适当结构的岩石层中，虽然天然气也可以单独存在，但是，通常石油与天然气是同时发现的。

天然气是埋藏在地下的古生物经过亿万年的高温和高压等作用而形成的可燃气体，是一种无色无味无毒、热值高、燃烧稳定、洁净环保的优质能源。天然气其主要成分为甲烷，热值为 8500 大卡/米³ 是一种主要由甲烷组成的气态化石燃料。它主要存在于油田和天然气田，也有少量出于煤层。

当非化石的有机物质经过厌氧腐烂时，会产生富含甲烷的气体，这种气体就被称作生物气（沼气）。生物气的来源地包括森林和草地间的沼泽、垃圾填埋场、下水道中的淤泥、粪肥，由细菌的厌氧分解而产生。生物气还包括胃肠胀气（例如：屁），胃肠气最通常来自于牛羊等家畜。

当甲烷散到大气层中时，它将是一种直接促使全球变暖愈演愈烈的温室气体。这种飘散的甲烷，就会被视作一种污染物，而不是一种有用的能源。然而，在大气中的甲烷一旦与臭氧发生氧化反应，就会变成二氧化碳和水，因此排放甲烷所导致的温室效应相对短暂。而且就燃烧而言，天然气要比煤这类石炭纪燃料产生的二氧化碳要少得多。甲烷的重要生物形式来源是白蚁、反刍动物（如牛羊）和人类对土地的耕种。据估计，这三者的散发量分别是每年 15、75 和 100 百万吨（年散发总量约为 1 亿吨）。

天然气的应用领域非常广泛，除了能用于炊事外，还可广泛作为发电、石油化工、机械制造、玻璃陶瓷、汽车、集中空调的燃料或