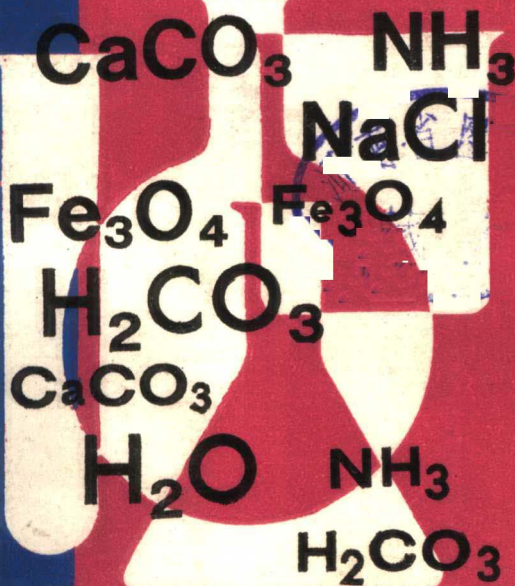


氢的世界

中学生文库

ZHONGXUESHENG WENKU



上海教育出版社

中学生文库



ZHONGXUESHENG WENKU

江苏工业学院图书馆
藏书章

氢的世界

陈道章 编著

上海教育出版社

责任编辑 张文杰
封面设计 范一辛

中学生文库 氢 的 世 界

陈道章 编著

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

总发行所上海发行所发行 江苏南漕印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2.5 插页 2 字数 51,000

1986年10月第1版 1986年10月第1次印刷

印数 1—9,300本

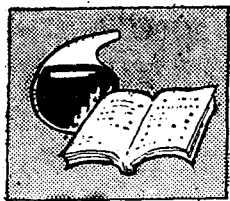
统一书号: 7150·3721 定价: 0.39元



ZHONG XUE SHENG WENKU

一、氢的发现	1
二、氢的制备	4
实验室和野外制氢	4
工业生产	6
液氢、固氢的制取	9
三、氢的性质	11
物理性质	11
氢的燃烧	12
氢的还原性	14
四、氢的结构和种类	17
解剖氢原子	17
几种不同的氢	19
金属氢	22
重水	24
五、宇宙的基石	27
地球上的氢	27
神仙探宝和氢光谱	28
氢和星星的诞生	30
太阳系中的氢	32
六、氢的化合物	34

氢化物	34
水和我们的生活	35
向大海索取能源	37
污染和反污染	39
双氧水	42
七、妙用无穷	43
空中作业	43
科学研究的助手	45
救荒和防治疾病	47
加氢反应	48
八、贮氢材料	51
贮藏和运输	51
金屋藏氢	52
贮氢材料的应用	55
当心氢帮倒忙	57
九、大展长才	60
人间天上的动力燃料	60
核聚变	62
氢弹和中子弹	65
燃料电池	68
十、打开制氢新路	70
能源的救星	70
热化法制氢	71
光化制氢	72
光合生氢	74



一、氢的发现

世界上的万物是由什么组成的？我们的祖先对于这个问题有许多不同的看法。

古代，中国的五行学说中，金、木、水、火、土是构成万物的五种元素，古希腊学者亚里士多德认为有空气、土、水、火四种元素，古印度人却说水、火、风、雷是构成万物的元素。不管东方西方，异口同声都把水当作构成世界上一切物体的基本元素。公元756年我国一本叫《平龙认》的著作，才提出水是由阴气（氧气）和阳气组成的。书中还说空气、青石（石灰岩）、火硝、黑炭石都含阴气。至于阳气，只说它和阴气紧紧结合成水，难分难解。《平龙认》原书已经失传，到底中国炼丹家怎样知道水是由两种气体组成的，还没有人说得清楚。

到了十六世纪，瑞士药物学教授巴拉塞尔斯（1493—1541年）制药时，把铁片投进稀硫酸里，看到气泡抛珠滚玉般逸出液面，容器逐渐变得烫手。这是怎么的？他稀里糊涂地说气泡是人造空气，没有再钻研下去。后来有些人依样画葫芦，变完这个戏法就算了。

又过了两百多年，瑞典出了一个年青的学徒、药剂师卡尔·舍勒（1742—1786年）。他对化学很有兴趣，一天到晚孜

孜孜不倦地实验。有一次他重复了上面那个试验，把铁屑放进瓶子里，再倒进稀硫酸，瓶里冒出了气泡。他把插有玻璃管的木塞往瓶口一塞，气泡沿着管子往外走。为要瞧个究竟，他把一枝点燃的蜡烛靠近管口，这逃出的人造空气居然着了火，舔出了细长的浅蓝色火舌！

气体可以燃烧，说怪不怪，从池塘里、煤矿里也能找到可燃的气体，那时都叫可燃空气。

1776年英国科学家亨利·卡文迪许发现当金属一到酸里，可燃空气就来了。他把可燃空气关在混有普通空气的瓶子里，看他俩怎的？不得了，一通电，突然乒的一声，甚至会炸碎瓶子。

英国科学家普利斯特列艺高胆大，不把爆鸣放在眼里，公开表演这个实验。他拿两只瓶子在观众面前一晃，瓶里空空的，然后不慌不忙把两个瓶口斜着靠近点燃的蜡烛，“啪，啪”，瓶口吐出了火舌。原来一瓶装的是空气，另一瓶装的是可燃空气，两瓶气体一混合，燃烧时发出爆鸣声。台下响起了一片掌声。

他的朋友瓦尔泰冷眼旁观，发现干爽爽的瓶子，爆鸣后变得湿淋淋的。瓦尔泰感到蹊跷，直截了当向前指出。卡文迪许是个有心人，从旁听到，回去照着做，每次爆鸣后，容器都湿了。仔细观察，正是普通的水。

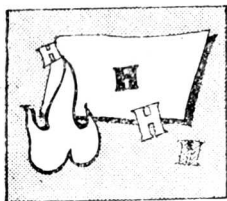
卡文迪许并没有就此罢休，他制取气体后，再测定它的密度，用的是比较的方法。把空气称一下，再把同样体积的这种气体称一称。假定空气的密度是1，可燃气体轻轻盈盈，密度只有0.09，虽然不太准确，在当时的条件下算是相当的了不起。他在论文中还写道：“当可燃空气跟普通空气混和，爆鸣

以后，差不多全部可燃空气跟大约五分之一的普通空气完全反应，生成的水凝结成水珠，出现在玻璃上。”原来，空气里只有氧气跟可燃气体反应。准确地说，氧占 20.93%（体积），二百年前卡文迪许的观察是何等的认真！

欧洲发现氧气以后，卡文迪许不用空气做实验了，直接派氧气跟可燃空气在容器里厮混，电花一闪，爆炸开了，水珠儿一滴一滴落了下来。他增减气体的用量，反复试验，总结出：由一体积氧气和二体积可燃空气混在一起，爆鸣成水，不会留下残气。这是一个重要的发现。

这前后，科学家让水蒸气通过烧红的铁丝，也生成可燃空气。浓云密雾澄清了。水不是元素，是化合物！这个结论曾经使当时墨守陈规的人惊得目瞪口呆。

1787 年拉瓦锡肯定可燃空气是一种元素，给它起个名字，叫 Hydrogen，意思是水的生成者，日本人译做水素。元素中算它最轻，我国开头叫它轻气，统一命名后叫氢。顺便交待一下，从池塘中出来的可燃空气不是氢，而是沼气，从煤矿中出来的气体比较复杂，有沼气、一氧化碳等。



二、氢的制备

实验室和野外制氢

氢已被人发现，任它怎样高卧隆中，也要三顾茅庐，请它出马。怎样劝驾，方法不少。不过它不在山中，而是在水里、酸里，方法很有讲究。

在已经发现的一百多种元素中，不论金属，还是非金属，绝大多数都跟氢有过或深或浅的交情，结合成各种各样的氢化物。要制氢，最方便的办法就是派活泼的金属下请帖。

实验室里常用金属跟酸反应制氢气，不少金属、酸都有这个本事。金属来到酸里，赶走酸里的氢，生成金属盐。锂、钠、钾、钙等浸在酸里，反应剧烈，气势吓人。镁跟酸反应也很猛烈，实验室一般不用这些金属。

锌或铁浸在稀酸中，反应不紧不缓，使得这个方法在实验室里沿用了一百多年。不过金属不用太纯的，太纯，慢吞吞的放不出多少气泡。酸，不用太浓的，一般用无机酸，如用硫酸，浓度是1:10(1份浓硫酸配10份水)，如用盐酸，浓度是1:2。反应开始时，小气泡一个一个地冒出来，稍等一会才你推我赶滚滚涌出。这时酸液渐渐变热，气泡也渐渐增加。还可以先

滴一些硫酸铜溶液在稀酸里, 锌把硫酸铜里的铜置换出来, 铜微粒松松散散地附在锌粒上, 形成铜锌微型电池, 加快了反应, 说时迟, 那时快, 气泡象串珠般出来了。

一时找不到锌粒, 没关系, 找个废干电池, 取下外面的包皮, 刮去上面的药物和锈粉, 就得到干净的锌片。

如果派活动性差的金属(金、银、铜)到酸中, 任凭千呼万唤, 也请不出氢。氧化性酸、不溶性酸、很弱的酸不跟金属起置换反应。

一般金属多少带有杂质, 制出的氢难免有些气味。为了清除臭味, 在氢气经过的通道上, 派遣高锰酸钾的碱性溶液($\text{KMnO}_4 + \text{NaOH}$)把关守隘, 挡住杂质分子。氢气穿过碱性溶液后, 免不了沾一身水汽, 可以再设一道关卡, 派吸水剂(如无水氯化钙、浓硫酸等)逮住混在氢气里的水汽, 出来的是无味无色干干净净的氢气。使用铬酸洗液(重铬酸钾和浓硫酸的混和溶液), 只要布置一道防线就能够完成双重任务。

锌和铝都会跟碱作用, 把锌或铝投入浓氢氧化钠溶液产生的氢气, 比起它们分别跟酸作用生成的氢气要纯净得多, 不必布防设哨, 省了不少麻烦。

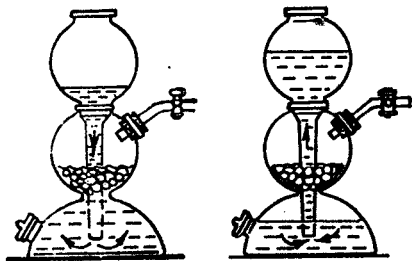


图1 启普发生器

左: 打开活塞 右: 关闭活塞

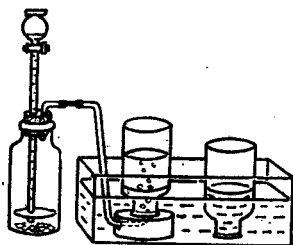
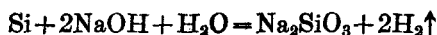


图2 简易制氢装置

制氢常用的装置有启普发生器。

没有启普发生器,用一个普通的瓶子,插上带分液漏斗的木塞,另通一根导气管也行。氢气难溶于水,比空气轻,用排水集气法或排气集气法都收集得到。不过气体看不见,排气法要多排一会儿。

有一种粉叫生氢剂,是硅粉或硅铁合金粉(SiFe)与干燥的消石灰和氢氧化钠的混和物。野外考察人员要迅速取氢,只消加些水,氢气立即源源喷出。



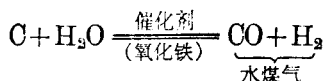
副产品硅酸钠加水分解,生成氢氧化钠和硅胶(SiO_2),大部分氢氧化钠得到再生使用,消耗不多。制1立方米氢气,仅消耗0.08公斤硅。

还有一种手提式氢源,利用碱金属、碱土金属的氢化物(如氢化锂、氢化钙)跟水反应生成氢气。第二次世界大战时曾在飞机、舰艇救生设备上,平时折叠成小包包,占地小,随身可带。一旦落水,氢化物遇水立即生氢,0.1公斤氢化锂跟水反应产生0.28立方米的氢气,足够撑胀救生圈,漂浮海面,使人免遭灭顶之灾。

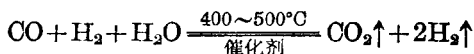
工 业 生 产

实验室里制造出来的氢气数量有限。现代工业需要大量的氢,必须发展工业生产。要根据原料、能源、成本、设备等情况,选择适当的生产方法。

目前应用广泛的是水煤气法。水蒸气通进灼热的煤层($1000\sim 1100^\circ\text{C}$),煤炭化成气体。



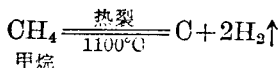
水煤气里的一氧化碳和氢气，体积不相上下，混在一起彼此很难分开，引导它们随同水蒸气通过催化剂（铁、镍、铬的氧化物），把一氧化碳变成二氧化碳。



在 $2.5 \times 10^6 \sim 3.0 \times 10^6$ 帕斯卡压强下让它们通入冷水，洗一阵冷水澡，多余的水蒸气凝结成水。压强大，二氧化碳的溶解度也大，二氧化碳溶解了，得到的是比较纯的氢气（92~94%），其中夹带少量空气。如果要清除它们，必须冷却到 -192°C 。一氧化碳、氮气和氧气都冻成了液体，剩下的是顽强不肯液化的氢气。

同样是煤炭，不用水蒸气，改用火攻也能生氢。把煤炭隔绝空气加热（干馏），分解出的气体中，氢气最多，占60%，其次是甲烷25%、一氧化碳5%，另有少量氮气、二氧化碳、烯烃等（统称焦炉气），余下焦炭是钢铁工业的主要燃料。要从焦炉气里提取氢气，也可以用冷冻法。

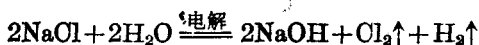
天然气重整法生产氢气是比较先进的生产方法，正越来越广泛地被采用。打断碳氢化物（烃）中的化学键，可以制出氢气。石油产品从最简单到最复杂的烃，即从甲烷到沥青都可以用裂解法生产氢气。甲烷在高温高压下热裂成黑漆漆的小粒子（炭黑）和氢气。温度更高，达到 1500°C 时，分解出乙炔（一种较简单的烃）和氢气。





七十年代起，世界氢气产量蒸蒸日上，每年大约增长10%，1981年产量已达3600多万吨，其中90%以上来自天然气。我国是世界上最早使用石油和天然气的国家，从汉代起就有记载。产油地区自古以来都在陆上，最近从渤海湾到西沙、南沙群岛的海域上传来捷报，发现许多海底油田，有的已着手开采。如果使用天然气生产氢气，供给新的能源，能加快祖国建设步伐。

制碱工业中，电解食盐水，电解槽负极区放出的副产物是氢气。大型制碱厂也为我们提供大量的氢气。



要制取纯氢，方法也有不少，常用的是钨氢加热法。把海绵状的钨用热水洗得一干二净，经过喷灯灼烧，移到灼热的真空管中，让钨棉在真空中慢慢冷下来。这时通进较纯的氢气，钨棉最会吸收氢气，吸饱了氢，涨红了脸。别的气体跟钨攀不上，被拒在门外。再加热钨棉（到200°C），氢气又被赶出。在标准状况下，1克钨大约吸放100毫升氢气，放出的氢纯度达到99.999999%。

氢气的纯度至关重要，在大规模集成电路中，一块米粒大的器件上要容纳几十万个电子元件，容不得丝毫有害杂质。有一家晶体管器件厂，使用氢气作保护气体，氢气里混有0.5%的氧，结果废品率很高。后来在电解水的设备上装上脱氧催化剂，把含氧量降到千万分之二，成品率很快上升10%。

液氢、固氢的制取

人类从制取氢气到制取液态氢和固态氢走了一段漫长的道路。十九世纪八十年代,欧洲科学家争着向低温进军,纷纷研究怎样液化气体,发明了液化机。要使空气变成液态,需要很高的压强和极低的温度。

强大马力的泵 P 把空气压进液化机里,这一压使气体浑身发热。腾腾热气经过蛇纹管冷却,源源进入油阱 C (用油来吸收杂质的容器) 和氢氧化钾棒堆,被除去杂质和水气,再度冷却。

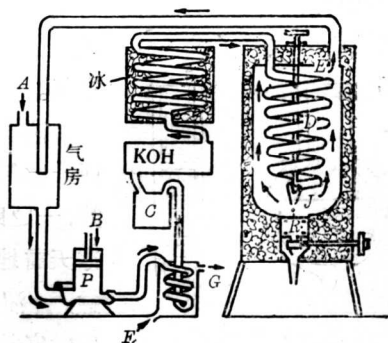


图3 液化机示意图

压缩空气曲曲折折经过高压管 D 从喷嘴 J 冲入膨胀室 E , 压强

A 空气进入 B 压缩空气 C 油阱 D 高压管 E 膨胀室 F 冷水流入 G 热水流出 J 喷嘴 P 泵 R 收集器

大大下降, 体积胀大, 空气变得冷了。冷空气从上面管子中回到气房 A , 再经第二次压缩, 变得更冷, 顽强的空气还是不肯液化。再来第三次、第四次, 这样循环不断, 机器里的空气逐渐冷到 -192°C , 变成液态空气, 象雨点般落在下面槽 R 里。部分未凝结的空气仍回到气房再经压缩。液态空气积多了, 打开龙头, 淙淙流下。

液态空气制出来了。性情很特别: 皮球放进去, 拿出来往地上一拍, 碎冰裂玉般四散开去。这现象告诉人们不能用橡

皮管传输液态空气。鲜花柔草放在里面，硬梆梆象玻璃，稍一碰撞也碎成细片。水银过冷，变得象金和铁一样坚硬，可作锤子用。氢气点着了，浸入液态空气里，说也奇怪，氢焰不怕严酷的寒冷，熊熊燃烧，烧成的水顿时结成冰。

-192°C 可算寒冷，但氢气对此满不在乎。人们并不灰心，继续改进机器，降低温度。1884 年罗布留斯基和奥尔佐斯在许多次试验中看到了液氢的霏霏雾点。他们欢天喜地，兴致勃勃改进了设备，第二年把温度降到 -253°C，终于得到

液氢。

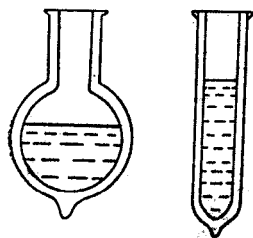


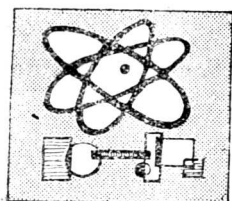
图 4 杜瓦瓶

液态空气、液氢都是极冷的东西，冰箱对它们说来，简直就是火笼，一眨眼沸腾了，就是放在南极洲冰天雪地中也无济于事，不消一分钟，一溜烟飞个没影没踪。英国物理学家杜瓦制造了一种双层的容

器，内壁外壁之间抽成真空，再镀上银。瓶里盛液氢，把瓶子放在绝热物质中，液氢就不易挥发了。后来人们把这种瓶子叫作杜瓦瓶。

每液化 1 吨氢，要消耗 1~2 万度电。液氢的性子很暴躁，沸点低，-253°C 开始气化，一下子把体积撑大 865 倍，使用时要加倍小心，谨防爆炸！

杜瓦制出盛液氢的杜瓦瓶后，继续研究。1889 年他采用急骤降压的办法，让液氢在真空中快速蒸发，向周围夺取大量的热，旁边未气化的液氢一个哆嗦，冷成了晶莹如雪的固体。看一下温度是 -259°C，就这样取得了固态的氢。



三、氢的性质

物理性质

氢气没有颜色,没有气味,看不见,摸不着,万一泄漏,谁也感觉不到。1982年中国科学院半导体研究所跟北京市劳动保护科学研究所协作,研制出一种氢敏仪。为了使它适应在高温下工作,把氢敏元件、加热元件和测温元件三者集成在一个硅芯片上。它有选择性,对氢气以外的气体如二氧化碳、氨、苯、汽油、甲烷、乙醇、丙酮等都不敏感。氢敏仪在航天、航海、化工、冶金、电子、电力、煤炭、劳保和环境保护方面应用很广。发射火箭使用液氢,万一泄漏会造成严重事故,有氢敏仪检漏报警便安全了。中型变压器在发生故障前先漏出氢气,有这种报警装置,能防止重大的停电事故。

所有元素数氢最轻,1升氢气在 0°C 、101325帕斯卡压强下只有0.089克,相当于同体积空气的0.068倍,请看实验:

在天平秤两端各倒挂一个烧杯,烧杯里空空的(应该说里面是空气)。把天平调到平衡,再拿一个充满氢气的杯子,倒拿着移近天平一端悬挂烧杯的杯口下,把下杯杯口稍稍向上

一翘，只见上面烧杯缓缓上升。

原来氢气轻，杯口一朝天，飞快向上跑，挤走上边杯里的空气，鸠占鹊巢，上杯里混有氢气，自然比另一边的轻，天平倾斜了。

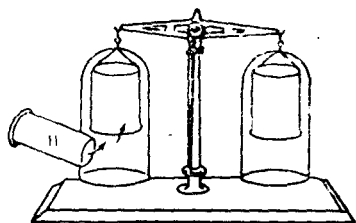


图5 称一下氢气的轻重

孩子们吹泡泡，没有好风吹送，不容易上升，因为泡泡比空气重。要它上天，得脱胎换骨，装上比空气轻的

气体。挑来挑去，氢最合适。实验室制造的氢气通过干燥管，走出管嘴，这时在出口处蘸上肥皂水，泡泡一个又一个在空中冉冉上升。

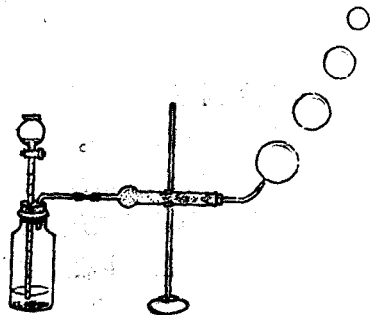


图6 氢泡泡

氢的燃烧

氢气可以燃烧，着火点在 $510\sim 590^{\circ}\text{C}$ ，比甲烷和一氧化碳的低。氢焰颜色浅，在导管口燃烧时呈浅蓝色，白天不太容