



数理化自学丛书

# 化 学

第 二 册

数理化自学丛书

# 化 学

第 二 册

数理化自学丛书编委会  
化学编写小组编

中国人民解放军战士出版社翻印

## 重 印 说 明

《数理化自学丛书》是一九六六年前出版的。计有《代数》四册，《平面几何》二册，《三角》一册，《立体几何》一册，《平面解析几何》一册；《物理》四册；《化学》四册。这套书的特点是：比较明白易懂，从讲清基本概念出发，循序渐进，使读者易于接受和理解，并附有不少习题供练习用。这套书可以作为青年工人、知识青年和在职干部自学之用，也可供中等学校青年教师教学参考，出版以后，很受读者欢迎。但是在“四人帮”及其余党控制上海出版工作期间，这套书横被扣上所谓引导青年走白专道路的罪名，不准出版。

英明领袖华主席和党中央一举粉碎了祸国殃民的“四人帮”。我国社会主义革命和社会主义建设进入新的发展时期，党的第十一次全国代表大会号召全党、全军、全国各族人民高举毛主席的伟大旗帜，在英明领袖华主席和党中央领导下，为完成党的十一大提出的各项战斗任务，为在本世纪内把我国建设成为伟大的社会主义的现代化强国，争取对人类作出较大的贡献，努力奋斗。许多工农群众和干部，在党的十一大精神鼓舞下，决心紧跟英明领袖华主席和党中央，抓纲治国，大干快上，向科学技术现代化进军，为实现四个现代化作出贡献，他们来信要求重印《数理化自学丛书》。根据读者的要求，我们现在在原书基础上作一些必要的修改后，重新出版这套书，以应需要。

十多年来，科学技术的发展是很快的。本丛书介绍的虽仅是数理化方面的基础知识，但对于应予反映的科技新成就方面内容，是显得不够的。同时，由于本书是按读者自学的要求编写的，篇幅上就不免有些庞大，有些部分也显得有些烦琐。这些，要请读者在阅读时加以注意。

对本书的缺点，希望广大读者批评指出，以便修订时参考。

一九七八年一月

# 目 录

## 重印说明

第一章 卤族元素	1
§ 1.1 氯气的性质	3
§ 1.2 氯在自然界的存在, 氯气的用途	10
§ 1.3 氯气的制法	14
§ 1.4 氯跟氢的化合物: 氯 化氢, 盐酸	16
§ 1.5 盐酸盐	23
§ 1.6 盐酸的工业制法	26
§ 1.7 氯的含氧化合物	29
§ 1.8 氟	31
§ 1.9 溴	35
§ 1.10 碘	40
§ 1.11 卤族元素	43
本章提要	46
复习题	48
第二章 硫, 氧族元素	50
§ 2.1 硫	50
§ 2.2 硫跟氢的化合物: 硫 化氢, 氢硫酸	56
§ 2.3 硫的氧化物	62
§ 2.4 硫酸和硫酸盐	70
§ 2.5 硫酸的工业制法	79
§ 2.6 氧族元素	85
本章提要	87

复习题二	89
第三章 原子结构和元素 周期律	91
§ 3.1 原子的结构	91
§ 3.2 原子核的结构, 同位 素	96
§ 3.3 原子核外电子的排布	99
§ 3.4 化学键, 分子的形 成	104
§ 3.5 用原子结构理论解释 元素的化合价	113
§ 3.6 元素周期律	115
§ 3.7 元素周期表	119
§ 3.8 元素周期表里元素性 质的递变	122
§ 3.9 元素周期律的重要意 义	126
本章提要	128
复习题三	130
第四章 电离学说	132
§ 4.1 电解质和电解质的电 离	132
§ 4.2 电离学说	136
§ 4.3 离子的性质	139
§ 4.4 碱类、酸类和盐类的 电离	141

§ 4.5 强电解质和弱电解质	147
§ 4.6 离子反应和离子方程式	152
§ 4.7 盐类的水解	159
§ 4.8 电解	166
本章提要	173
复习题四	175
<b>第五章 氮和磷, 氮族元素</b>	<b>179</b>
§ 5.1 氮气	180
§ 5.2 氨	183
§ 5.3 铵盐	188
§ 5.4 化学平衡	191
§ 5.5 氨的工业制法	198
§ 5.6 硝酸和硝酸盐	202
§ 5.7 硝酸的工业制法	209
§ 5.8 氮肥	212
§ 5.9 磷	216
§ 5.10 磷酸和磷酸盐, 磷肥	218
§ 5.11 氮族元素	222

本章提要	225
复习题五	228
<b>第六章 硅和硅的化合物</b>	<b>230</b>
§ 6.1 硅	231
§ 6.2 二氧化硅	233
§ 6.3 硅酸和硅酸盐	235
§ 6.4 硅酸盐工业	237
§ 6.5 土壤	241
§ 6.6 胶体溶液	245
本章提要	250
复习题六	252
<b>总复习题</b>	<b>253</b>
<b>附录 几个简单易做的</b>	
<b>化学实验</b>	<b>258</b>
实验一 氯气的制法和性质	258
实验二 氯化氢和盐酸的制取和性质	260
实验三 硫和硫的化合物	262
实验四 溶液的导电性	265
实验五 氮肥和磷肥	268
<b>习题答案</b>	<b>271</b>

# 第一章 卤族元素

在第一册第五章里，我们研究了物质分类的方法，各类物质的通性和一般制法。利用这些知识，不仅能够正确命名各类物质和书写它们的分子式，而且可以根据物质的分子组成，认识它是属于哪一类的物质，它应该有些什么样的性质，有哪些可能的制备方法等。

但是，同一类的物质，虽然在性质上，从而在制备方法上有着一定的共同的地方，然而对各个具体物质来说，它们除了具有所属那类物质的一般性质和制法以外，必然还有它自己特有的性质和制法。因此，我们学习了前面这一章的内容，只能说，对今后研究各种元素会有一定的指导作用；但不能认为掌握了各类物质的通性和一般制法之后，就可以不必去深入研究各种具体的元素了。

研究元素，或者具体地说，研究元素（包括由它们组成的单质和化合物）的性质、在自然界的存在、制法和用途以及这几个方面的关系，在化学里叫做**元素化学**。我们知道，化学是一门研究物质和物质变化的科学，因此，元素化学是化学里的重要组成部分之一。

在第一册第二、第三两章里，我们已经学习了氧、氢、碳三种元素。但在那里，只是一种一种单独地来研究的，还不能说是系统的研究元素化学。

从本章开始，我们将有系统的来学习元素化学。

我们知道，现在已经发现的元素有 105 种。在这 105 种

元素中，大概只有三、四十种是比较常见的，自然界绝大部分的物质都是由这三、四十种常见元素组成的。在本丛书里，主要研究其中十七种最常见的、和工农业生产最有关系的元素<sup>①</sup>。

不同的元素(包括由它们组成的单质和化合物)，从它们的外表性状看来，好象是很不相同的。但仔细地研究了它们的结构和性质以后，现在已经知道，在这 105 种元素之间都存在着或多或少的联系。有许多元素不仅性质十分相似，而且它们性质的递变极有规律，于是可以把它们归成一“族”。因此，在化学上，系统研究元素化学，不是把各种元素单独地拿来研究，而是根据它们的性质和结构，分成若干个“元素族”(例如卤族元素、氧族元素、氮族元素等)来研究的。同一族的元素有些什么相似的地方？它们性质递变的规律怎样？各族之间存在着什么样的联系？不同族的元素的性质又是怎样演变的？有些什么规律？通过对这些问题的对比分析，我们就能掌握元素化学的系统知识。并且在丰富的事实材料的基础上，概括出物质变化的规律，以及物质变化和物质内部结构之间的相互关系。

这一章我们将研究卤族元素。

卤族元素包括氟、氯、溴、碘四种非金属元素。这四种元素的化学性质十分相似，它们都很容易跟金属直接化合生成盐，因此称做“卤族元素”。“卤”字的原意是“造盐”的意思，“卤族元素”就是“能生成盐的元素”。

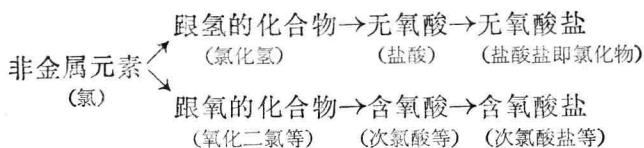
在这四种元素中，氯不仅在工农业生产上有着广泛的应用，而且它的性质也是比较有代表性的。因此，在本章里，我

---

<sup>①</sup> 这十七种元素是：氧、氢、碳、氮、氟、溴、碘、硫、磷、硅、钾、钠、钙、镁、铝、铁。

们将重点讨论氯的单质(称做氯气)和氯的化合物。

在研究氯的化合物时, 主要按照第一册第五章无机物分类的体系, 即按照: (1)跟氢的化合物, (2)跟氧的化合物两个系统来学习, 具体说来, 就是:



在系统研究卤族元素(以及以后将研究到的其他各族元素)的化学反应时, 也要经常根据第一册第五章里已经概括出来的物质变化的一般规律, 并结合具体物质的变化和变化的条件来进行研究。那就是根据物质分类的知识, 先从理论上推断出某些变化发生的可能性, 然后再结合实验事实, 进一步了解这些变化发生的条件和伴随着变化发生的现象, 以及具体的实验装置和操作手续等。

## § 1.1 氯气的性质

氯的元素符号是 Cl, 原子量是 35.5. 氯气的分子式是 Cl<sub>2</sub>, 分子量是 71.

氯气是一种有毒的气体。在第一次世界大战快要结束的时候, 德帝国主义为了作垂死的挣扎, 曾把氯气用作军事毒气, 在战场上施放, 这当然不能挽救他最后的失败。一般大家都知道氯气是一种很厉害的毒气, 但它究竟有些什么样的性质呢? 下面我们先来研究氯气的性质。

**氯气的物理性质** 氯气在普通状况下是一种黄绿色的气体。如果在一瓶贮盛氯气的玻璃瓶的后面, 放一张白纸, 这种



黄绿的颜色就特别明显。“氯”就是因它的颜色而得名的，它的希腊原文就是“绿色”的意思。

氯气具有剧烈刺激性的气味。我们平常用的漂白粉能放出微量的氯气，打开贮放漂白粉的瓶盖，可以闻到这种刺激性的气味。氯气有毒，它能刺激我们的鼻粘膜和喉头粘膜。吸入少量的氯气，就会引起咳嗽和胸部疼痛；吸入多量时，会窒息死亡<sup>①</sup>。在实验室里如果要闻氯气的气味，千万不能把鼻子凑到瓶口直接去闻，而要用手轻轻地在瓶口煽动，使仅有极微量的氯气飘近鼻孔（见第一册附录图附 31）。

氯气的分子量是 71，根据气体克分子体积的定义（第一册 § 3·11）可以算出，在标准状况下，1 升氯气的重量应该是  $\frac{71}{22.4} = 3.17$  克，这 and 实际测得的结果正相符合。我们已知 1 升空气在标准状况下的重量是 1.29 克，因此，氯气比空气重，它是同体积空气重量的  $\frac{3.17}{1.29} = 2.5$  倍。因此，如果要把氯气暂时保存在容器里，应该把容器直放，并用厚纸板或玻璃片盖住容器的口，和第一册第三章里讲过保存二氧化碳气体的方法一样。

氯气在加压或冷却的情况下容易变成液体。在常温下只要加 6 个大气压的压强，或者在常压下冷却到  $-34^{\circ}\text{C}$  时，氯气就会液化变成一种黄色油状的液体。把氯气液化可使体积大大减小，便于贮存和运输。平常我们常把液氯贮存在圆柱形钢筒（和贮存压缩氧气的钢筒相同，见第一册图 2·9）里。把

---

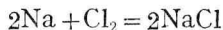
<sup>①</sup> 氯气对人体的作用主要在呼吸器官方面。少量的氯气能引起呼吸器官的发炎、咳嗽并感觉到呼吸困难。氯气和呼吸器官的粘膜相接触，就和粘膜上的水分反应： $2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HCl} + \text{O}_2$ ，产生的氧能氧化并破坏粘膜的组织；产生的盐酸也能刺激粘膜，引起垂涎、流泪等病症。在严重中毒时，将因引起肺肿以至因窒息而死亡。所以氯气是一种窒息性毒气。

液氯继续冷却至  $-101^{\circ}\text{C}$ , 就凝成黄色固体。

氯气在水里的溶解度, 不仅比难溶的氢气、氧气要大得多。而且比溶解度不算太小的二氧化碳也还要大一些。在常温下, 1 体积的水大约能够溶解 2.5 体积的氯气。氯气的水溶液叫做氯水, 有强烈的氯气的气味。

**氯气的化学性质** 氯气的化学性质很活动, 它能够跟氢气、所有的金属以及大部分的非金属直接化合, 它还能够跟水、许多有机化合物发生反应。下面是一些实际例子, 可以说明氯气的这种活动性质。

1. 氯气跟金属的化合反应 氯气能够跟所有的金属化合, 许多金属能够在氯气里燃烧。例如把燃着的小块金属钠放进盛有氯气的集气瓶里, 金属钠能继续燃烧, 生成氯化钠, 反应的化学方程式是:



金属钠是一种柔软的银白色金属, 可以用小刀切割。因为金属钠在空气里非常容易被氧化, 跟水又能起剧烈反应, 因此, 平时都保存在煤油里。做这个实验的时候, 先用镊子从煤油里夹出一小块金属钠, 用滤纸吸干它表面的煤油, 然后放在小块石棉布上, 加热至钠开始燃烧, 迅速连同石棉布一起放在燃烧匙里 (这里所以要用石棉布, 是为了防止燃烧匙本身也燃烧起来。因为燃烧匙一般是用铜制成的, 在高温时, 铜在氯气里也会燃烧), 插进盛氯气的集气瓶里。金属钠在瓶里继续燃烧, 发生明亮的黄色火焰, 并有浓厚的白烟产生, 这就是氯化钠 ( $\text{NaCl}$ ) 的微粒。钠燃烧完毕后, 可以看到集气瓶的内壁和石棉布上都附着有白色氯化钠

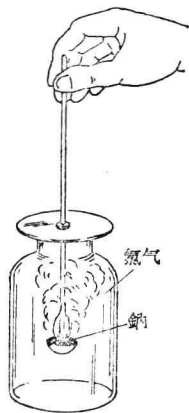
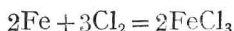
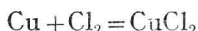


图 1.1 钠在氯气里燃烧

的薄层(图 1·1).

除金属钠以外,铜、铁等金属也都能在氯气里燃烧,生成氯化铜、氯化铁等. 它们反应的化学方程式是:



找一段废旧的电线,剥去电线的外皮,取出里面的细软铜丝,把一束这种细软铜丝,先在酒精灯上灼热到发红的程度,趁热迅速插入贮有氯气的集气瓶里,铜丝就会在瓶里燃烧起来,产生一股浓厚的棕黄色的烟,这就是氯化铜的微粒. 铜丝燃烧完毕后,在集气瓶里注入少量的水. 用玻璃片盖住瓶口,加以摇动,结果瓶中生成绿色的氯化铜溶液(图 1·2).

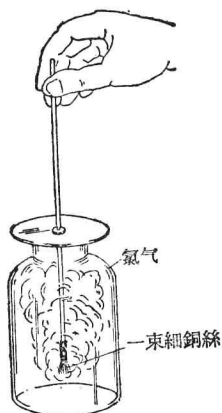


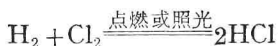
图 1·2 一束细铜丝在氯气里燃烧



图 1·3 铁丝绒在氯气里燃烧

在做铁在氯气中燃烧的实验时,应先在盛氯气的集气瓶底铺一层细砂,这样可以防止燃着的铁屑落入瓶底时把集气瓶爆裂. 先把少量的铁丝绒放在薄铁片上加热,当铁丝绒开始红热时,用手指轻弹铁片,使撒入贮有氯气的集气瓶中,铁立刻就在氯气中燃烧起来,发出明亮的火花,同时生成褐色的氯化铁(图 1·3).

2. 氯气跟氢气的化合反应 氯气跟氢气在常温时化合非常缓慢,但在太阳光直接照射下,或点燃氯气和氢气的混和气体时,立即发生猛烈的爆炸,化合生成氯化氢气体. 氯气跟氢气化合反应的化学方程式是:



先把氯气和氢气分别盛在两个集气瓶里,用玻璃片把瓶口盖好. 把这两个集气瓶瓶口相对迭合在一起(图1·4(a)),然后抽去两瓶间的玻璃片,把两集气瓶上下颠倒反复多次,使两瓶气体充分混和(图1·4(b)). 然后把两瓶分开,各用玻璃片盖好,并在瓶外用抹布裹住. 然后取去玻璃片,把集气瓶口朝着酒精灯火焰(图1·4(c)),瓶里的混和气体就会发生没有危险的爆炸. 爆炸后立刻向集气瓶里注入5~10毫升的水,用玻璃片把瓶口盖好,并加摇动. 再在瓶里滴入紫色石蕊试液四五滴,紫色石蕊立即变成红色(氯化氢的水溶液就是盐酸). 做这个实验时,在点燃混和气体以前,一切操作都只能在微弱的光线下进行,千万不要让强光直接照射. 否则在混和这两种气体时,可能发生爆炸的危险.

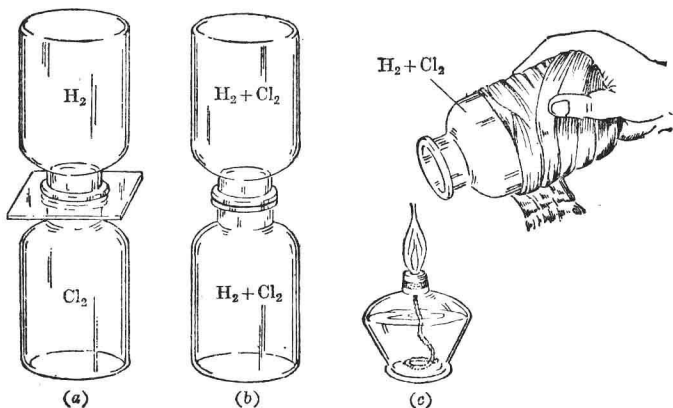


图 1·4 点燃氯气和氢气的混和气体发生爆炸

如果让氢气在氯气里燃烧，结果也同样能够相互化合生成氯化氢气体（图 1·5）。在做这个实验时，必须注意点燃氢气以前，一定要经过检纯的手续（第一册 § 2·12）。

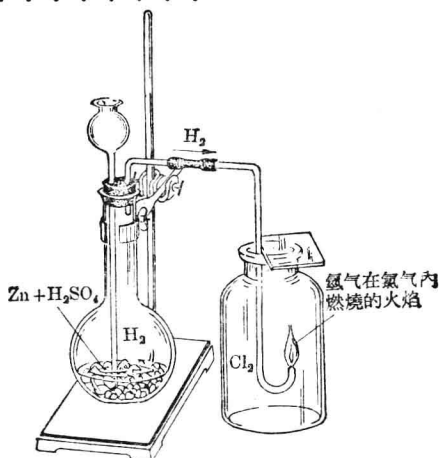


图 1·5 氢气在氯气里燃烧

氯气不仅能够跟氢气直接化合，还能夺取某些含氢化合物里的氢，与之化合生成氯化氢气体。如果用一条蘸有松节油（松节油的主要成分是  $C_{10}H_{16}$ ）的滤纸，放进贮有氯气的集气瓶里，

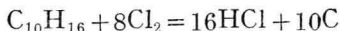


图 1·6 氯气跟松节油反应

氯气能夺取松节油分子里的氢生成氯化氢气体，同时把松节油分子里的碳游离出来。这时我们就会看到滤纸条上面很快就蒙上一层黑烟（碳），同时瓶里充满了白雾，这白雾就是反应后生成的氯化氢溶解在空气里的水蒸气所成的盐酸珠滴<sup>①</sup>（图 1·6）。氯气跟松节油

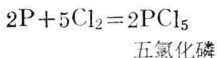
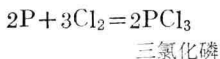
① 如果氯气是干燥的，又几乎不混有空气，所用的松节油又是纯净的，这时滤纸还会燃烧起来。

的化学反应,可用下面的化学方程式表示:

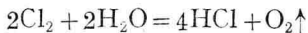


3. 氯气跟非金属的化合反应 除了碳、氧、氮等少数几种非金属以外,氯气能跟大部分的非金属直接化合.例如磷能够在氯气里燃烧.

把少量红磷放在燃烧匙里,先用酒精灯的火焰加热到开始燃烧,迅速插入贮有氯气的集气瓶里,磷在氯气里继续燃烧,发出很淡的火焰.反应结果生成三氯化磷和五氯化磷:



4. 氯气跟水的反应 氯气溶解于水,生成氯水.在氯水里,有一部分氯分子缓慢地跟水分子反应,生成盐酸并放出氧气.氯气跟水的反应可简单地用下面的化学方程式表示:



在日光照射下,这个反应进行较快.因此,氯水里除含有溶解的氯气外,还常含有盐酸.新制的氯水里含有盐酸的量很少,放置时间越长,所含盐酸也越多.

在圆底烧瓶里装满氯水,将烧瓶倒放在装有水的烧杯中,放在窗口

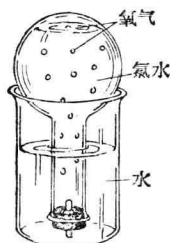


图 1·7 氯水受光的作用分解放出氧气

有阳光的地方，经过几天以后，可以在烧瓶底部收集到一定量的氧气（图 1·7）。这氧气可以拿带有余烬的火柴梗来试验。

### 习 题 1·1

1. 氯气有哪些重要的物理性质？
2. 新制的氯水和长久搁置的氯水在成分上有什么不同？
3. 液态氯和氯水有什么区别？
4. 为什么在混和氯气和氢气时不能让强光直接照射？

5. 把锑粉撒入盛有干燥氯气的瓶里，锑粉会立刻燃烧起来，结果生成白色的三氯化锑( $\text{SbCl}_3$ )和五氯化锑( $\text{SbCl}_5$ )的混和物。写出这个反应的化学方程式。

6. 写出氯气跟(1)钾，(2)锌，(3)铝，(4)硅化合时的化学方程式。

[提示：硅(Si)在化合物里的化合价是 4 价.]

7. 蜡烛的主要成分是碳和氢的化合物，当燃着的蜡烛插进氯气瓶里时，会有什么现象发生？试解释之。

[提示：参看松节油在氯气里燃烧的现象.]

8. 10 公斤液态氯如果完全蒸发变为氯气，在标准状况下，将占有体积多少升？

9. 铁跟盐酸反应产生氯化亚铁( $\text{FeCl}_2$ )，铁在氯气里燃烧产生氯化铁( $\text{FeCl}_3$ )。在这两种铁的氯化物里，氯的百分率各是多少？

10. 不用计算，直接回答：1 克分子氯气将跟多少克分子氢气完全化合？化合后产生多少克分子的氯化氢气体？1 升氯气将跟多少升氢气直接化合？化合后产生的氯化氢气体又是多少升（假定各气体处在相同的条件下）？

## § 1·2 氯在自然界的存在, 氯气的用途

**氯在自然界的存在** 前面已经讲过，氯是一种性质非常活动的元素，容易跟其他元素化合，特别容易跟金属元素化

合。因此，在自然界里没有单质的氯存在。但氯的化合物却广泛地分布在自然界里，分布最广的是氯化钠（就是食盐）。大部分食盐存在于海水中，约含 3% 左右。除海盐外，还有“井盐”和“池盐”。此外，食盐还以固体状态存在于自然界，构成庞大的岩层，叫做“岩盐”。

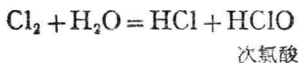
海水中除含有氯化钠外，还含有少量其他盐类如氯化镁（ $MgCl_2$ ）等。海水带有苦味，就是因为它里面含有氯化镁等盐的缘故。

除氯化钠外，氯化钾（ $KCl$ ）在自然界里的分布也很广，它主要以钾石盐（主要成分是  $KCl$ ）和光卤石（主要成分是  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ）等矿石而存在。

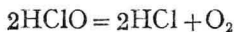
氯化钠、氯化钾等氯的化合物是工业上或实验室里制取氯气的主要原料。

**氯的用途** 氯气的应用很广，主要用在漂白、消毒、制造杀虫剂等几个方面。氯气的这些用途，和它的性质有着密切的联系。

前面讲到的氯气跟水的反应，实际上是分两步进行的。首先是氯气跟水反应生成盐酸和次氯酸：



次氯酸是一种很不稳定的酸，容易分解放出氧气：



因此，次氯酸有很强的氧化性，能够杀死水里的多种病原微生物（例如伤寒菌、赤痢菌等）。现在，在大城市里常用氯气来消毒自来水。用氯气消毒过的自来水里会含有微量的盐酸，但因含量很少，对人体并没有什么害处。

次氯酸还可以氧化许多有机色素，使有色物质变成无色



的化合物。因此潮湿的氯气(或氯气的水溶液)可以用来漂白织物、纸浆等植物纤维。在使用氯气来漂白时必须十分小心,如果所用氯气的量过多,纤维本身也能被氧化而破坏。

因为氯气的漂白作用并不是氯气本身所产生的,而是氯气跟水反应后生成的次氯酸所产生的,因此,完全干燥的氯气不能对干燥的织物发生漂白作用。

由于氯气是一种气体,贮存、运输和使用都比较不方便。平常我们常把氯气吸收在消石灰里,所生成的物质叫做漂白粉(详见§1.7 氯的含氧化合物)。漂白粉是一种白色固体,遇微量的酸时,能缓慢地放出氯气,同样具有消毒和漂白的作用,使用起来要比氯气方便得多。

氯气除用作消毒和漂白以外,还可直接用来杀菌和熏杀某些有害动物。我们知道,氯气是一种有毒的气体,人呼吸得多了,就会中毒。但在另一方面,氯气也能杀死许多对人有害的微生物。而且要杀死这些有害的微生物,只需极微量的氯气就足够了,而这样微量的氯气,对人来说却常是没有害处的。当然,时间一长,对人体也会有毒害的。

氯气可以有效地用来杀死对农作物有害的动物。例如要杀死田鼠,可以把钢筒里的氯气向田鼠的洞穴喷射一、二秒钟,然后将洞穴堵塞,只要几分钟的时间,就能使洞里的所有田鼠因中毒而死亡。

氯气也可以用来熏杀仓库里的有害动物。

在农业上,多种重要的杀虫剂,例如我们非常熟悉的“六六六”(它的分子式是 $C_6H_6Cl_6$ )和“滴滴涕”(它的分子式是 $C_{14}H_9Cl_5$ )等都是用氯气来制造的。在使用这些农药时,为了提高杀虫效率和使用方便起见,常把它们制成不同的剂型。常用的有粉剂、可湿性粉剂、乳剂、油剂、烟熏剂等。