

电 解 水 制 氢

若 夫

目前,我国多数探空台站仍然采用苛性钠和矽铁粉进行高压化学反应来制取氢气。这种较古老的制氢方法,不仅操作笨重、原料消耗量大、价格较贵,而且原料本身又都是大量消耗能源的产品。此外,废渣还会污染环境;制氢过程也不十分安全。

从本世纪四十年代末期开始,不少国家都在探索采用安全可靠而又经济合理的制氢方法。经过多次的变革和实践,利用水的电解以获得氢气的制氢方法,已在世界各国较普遍地采用。它只需要用水,加上电能就可获得高纯度的氢气。

近几年来,我国探空台站也正在积极、稳步地采用电解水法制氢。实践经验表明,电解水制氢的最大优点是安全可靠,同时也可以减轻操作人员的体力劳动,节约大量的制氢原料,避免污染环境,节约较多的经费。

本文对已定型生产并陆续在台站安装使用的DJQ—2型电解水制氢机的结构特点、工作原理、技术性能、储氢方式以及安全措施等作一简要介绍,以期达到安全操作和正确使用目的。

一、结构概述

DJQ—2型电解水制氢机由硅整流器,电解槽,氢、氧洗涤器,限压罐和自动控制部份组成。并配有各种储氢装置,提供充灌探空或测风气球的氢气。

1. 硅整流器

硅整流器的作用是将交流电变为直流电,作为电解电源(图1)。其电性能指标如下:



图1 硅整流器

- (1) 额定输入电压: 三相 380 伏;
- (2) 额定输入交流电流: 每相50—55安培;
- (3) 输出直流电压: 3—24伏范围内可调整;
- (4) 输出直流电源: 100—1000安培范围内可调整,并具有稳流作用。由于采用扼流式饱和电抗器进行调整,具有较好的电流陡降特性和限流能力。

当负载变化时,其输出电流变化很小。

2. 电解槽

电解槽是电解水制氢、氧的主体部份。采用单槽串联双极式,由八个电解单槽分两组前后排列组成(图2)。其规格尺寸与要求如下:

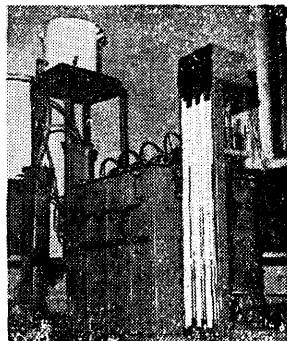


图2 电解槽

- (1) 单槽外形尺寸: 长×宽×高=300×170×780毫米,壁厚1.5毫米;
- (2) 极板为镀铂镍薄钢板,面积0.6平方米,极间距7.5毫米;
- (3) 槽内电解液深度680毫米,上部留100毫米作气液分离空间;
- (4) 隔膜采用663号尼龙布,约两年更换一次;
- (5) 槽盖与管道为聚氯乙烯塑料制品;
- (6) 电解槽体外壳与阴极接通,增大极面积,同时实现阴极保护,使壳体不受腐蚀。

3. 氢、氧洗涤器与限压罐

洗涤器的作用是将氢与氧气体中所携带的碱雾通过水层洗去,同时又起水封作用;限压罐的作用是限制操作压力的最高值,以确保电解槽体的安全。

(1) 规格尺寸:

洗涤器 $\phi 160 \times 600$ 毫米;

限压罐 $\phi 160 \times 950$ 毫米。

(2) 材料: 外壳管壁为1.5毫米冷轧薄钢板。

4. 自动控制部份

自控部份是为保证制氢过程的正常进行,实行安全操作。当某一系统失控或发生故障时,设备会自动停机报警。

自控系统包括氢氧压差自控、压差失控自动停

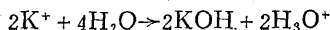
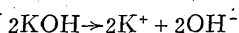
机报警、电解槽温度自控、过温自动停机报警等四组自动控制系统。

此外,还有直接显示部份。它自动显示电解过程中氢气压力、氧气压力和氢氧压差的水柱毫米示值。

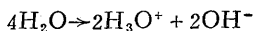
二、电解水制氢工作原理

1. 化学反应方程式

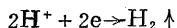
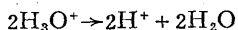
电解槽内设有阴、阳两组极板,内注入苛性钾水溶液为电解质。电解时,苛性钾水溶液在电极上的反应:



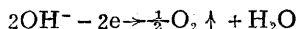
苛性钾还原,于是



在阴极上的反应:



在阳极上的反应:



(e——自由电子)

从上列反应方程式可以看出:一分子水电解生成一分子氢气和半分子氧气。

2. 电解水的水质与耗用量

电解用水宜采取蒸馏水或去离子水。水质要求如下:电阻值不小于6万欧姆;干残渣量不大于7毫克/升。

理论上每产生一立方米氢气、半立方米氧气,耗水805克。但由于水汽雾粒被气体带走一部份,故实际耗水量比理论值大些,约1000克。

3. 电解功率与产氢量

根据法拉第定理,每通过2383.8安培·小时的电能,可产生一立方米氢气和半立方米氧气。

理论上的电解功率应为2.95千瓦。但实际上由于设备和电路损耗的结果,在标准状态下,当极间电压为2.1—2.3伏时,功率消耗约为5—5.5千瓦。

单位时间的产氢量可近似地按下式计算:

$$\text{H}_2(\text{产量}) = \frac{\text{整流器电流表示值}(\text{A})}{2400(\text{A})} \times \text{单槽数} \\ (\text{米}^3/\text{小时})$$

由上式可知,当单槽数量为定值时(设计电解槽组由八个单槽串联组成),则产氢量直接与整流器输出电流成正比。因此,在一定范围由可以用调节电流的办法来控制氢气的产量。

三、自控系统工作原理

1. 氢氧压差自控系统(图3)

此系统工作的必要条件是氢压大于氧压。这时,使得接点压差器(2)内管液面上升,当液面与氧探针接通,晶体管放大系统(5)工作,将继电器

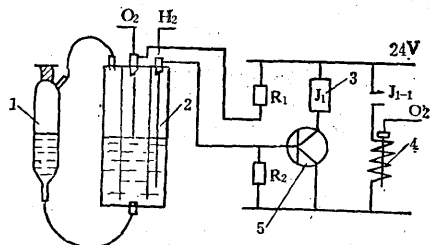


图3 氢氧压差自控系统

(3)吸合,继电器一组常开接点也同时吸合,电磁伐(4)关闭,使氧气停止排出。电解槽中氧气压力增加,迫使内管液面下降,直到液面与氧探针断开,电磁伐也打开,氧气输出(放空)。由于氢压大于氧压,又使内管液面上升与氧探针接触,重复上述动作。电磁伐的开闭,使氧气断续排出,氢氧压差则保持不变。并可利用调整瓶(1)调整给定的压差值,一般调整该压差值为零,波动值不超过2毫米水柱,以保证氢氧气体不致互渗,提高气体纯度。

2. 压差失控自动停机报警系统(图4)

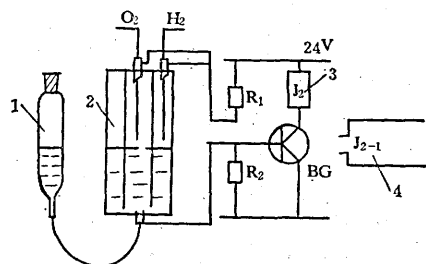


图4 压差失控自动停机报警系统

当氢氧压差自动控制失灵时,如电磁伐发生故障、管道断裂或阻塞等情况,此时接点压差器(2)的压差波动到与氢或氧探针相接触,继电器(3)吸合,一组常开接点连通。同时,整流器上有相应机构(4)立即切断电源,并报警。

操作人员可观察氢氧压差指示管中水柱情况,确定检修部位。如故障没有排出,该系统设有自锁装置,电源无法送电,确保设备安全。

压差失控给定值由调整瓶(1)一次调好,定在±30毫米水柱。此差值距离危险压差100毫米水柱还远,即使停机报警,仍处于安全情况下。

3. 电解槽温度自控系统(图5)

电解过程中,有一部分电能消耗在电解液加热上,使电解液温度逐渐上升。极间电压也会随温度上升而降低,使电能消耗有所减少;但是槽温过高,则会促使电解槽内部结构加速损坏。此外,电解用水蒸发量亦会增大。因此,必须根据设备性能及所采用材料的性质来选择适宜的操作温度并加以控制。

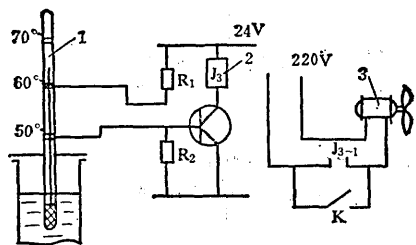


图5 槽温自控系统

根据实验：在输入电流为650安培、电流密度为1080安培/米²、电解液浓度为28%苛性钾条件下的单槽试验，操作温度在60°C时为最佳。

当电解槽温度升到60°C时，接点温度计（1）指控继电器（2）开始工作，接通设在电解槽后的风扇（3），风从槽组间隙流过，使槽温降低。当槽温低于60°C时，继电器（2）即停止工作，风扇则自停（风扇宜采用120瓦无火花电风扇）。

4. 过温自动停机报警系统（图6）

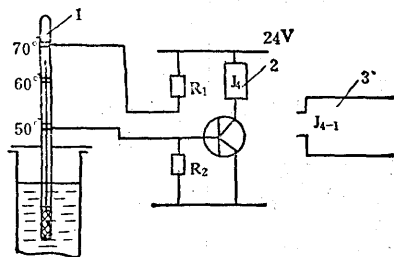


图6 过温自动停机报警系统

为了防止温控系统失灵或风扇发生故障时致电解槽过温而受损坏，故采用过温自动停机报警装置

当槽温升到70°C时，接点水银温度计（1）指控继电器（2）开始工作，一组常开接点接通，使整流器停机装置（3）动作，立即切断电源并报警。

依赖上述四组自控系统的可靠性，即可保证制氢流程安全可靠地进行工作。

四、制氢整机的主要技术性能

1. 氢气产量：2—2.5米³/时；
2. 氢气纯度：99.5%以上；
3. 电能消耗：每米³氢气耗电5—5.5千瓦；
4. 电流效率：99%以上；
5. 电流强度：通过每单槽600—750安培；
6. 极间电压：（60°C时）2.1—2.3伏；
7. 蒸馏水耗量：产生1米³氢气耗水1公斤；
8. 气体输出最大压力：800毫米水柱；
9. 操作最佳温度：60°C；

10. 适应的气候环境：

气温：2—40°C，气压：700—1050mb，相对湿度：≤85%。

五、氢气的压缩与储存

现阶段我国探空台站一般每天施放两个120号探空气球和一个80号雷达测风气球。再考虑到可能出现的球破或重放球的意外情况，要求电解水制氢的常规储存量应能够充灌4—5个大型气球，约16—20立方米氢气。

1. 水封罐湿式储氢

将分离出来的氢气，直接注入圆柱形水封储气罐（图7）。储存压力为0.02—0.08公斤/厘米²，容积为24—32立方米。属于常压露天储氢装置，适用于南方冬季不结冰地区的气象台站。

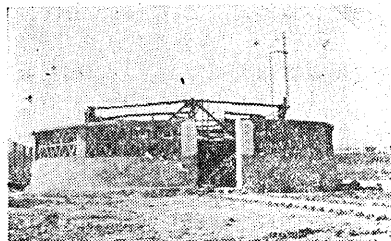


图7 水封储气罐

2. 储气罐干式储氢

将分离出来的氢气，经专用压缩机或加压泵注入储气罐。储存压力为6公斤/厘米²。储气罐四个一组（图8），可储存约20立方米氢气。属于低压储氢装置，适用于北方地区气象台站。目前尚处于试用阶段。

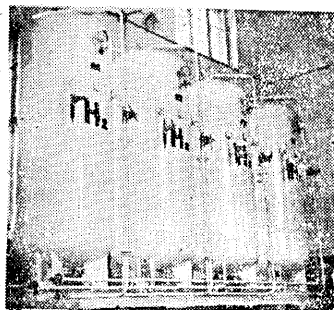


图8 干式储气罐

3. 钢瓶压缩储氢

分离出来的氢气经过渡储存，再经氢压机或膜压机压入氢气钢瓶。储存压力为120公斤/厘米²，属于高压储氢装置。这种储存方式的适用范围较广，并具有体积较小、便于流动运输的特点。

六、安全措施

氢气与氧气混合或与空气混合到一定的程度即

形成爆鸣气体，在遇有火源或静电火花的情况下，就会引起严重的爆炸事故。因此，对于制氢和使用氢气都应该对安全问题有足够的重视。

1. 氢气爆炸的条件：

- (1) 爆鸣混合气体的存在；
- (2) 有火种或静电火花。

2. 爆鸣性混合气体的极限成份：

(1) 氢气与氧气混合时，94.3%氢气与5.7%氧气混合（上限）；5%氢气与95%氧气混合（下限）。

(2) 氢气与空气混合时，73.5%氢气与26.5%空气混合（上限）；10%氢气与90%空气混合（下限）。

3. 产生静电火花的原因：

由于氢气和橡胶都是不导电的绝缘体，在有摩擦因素的情况下就会产生静电。例如：

(1) 充灌气球的过程中，氢气在橡胶皮管中快速流动以及自压缩钢瓶气咀高速射流；

(2) 充氢气球与墙壁或地面发生摩擦。

4. 预防的措施：

氢气与氧气的混合，是发生在电解槽内部或制氢操作中；氢气与空气的混合，往往是由于管道气路或储氢装置漏气，以及充氢气球破裂等原因造成的。因此，除了对于电解槽的设计和制造方面采用严格的方案和工艺外，制氢操作人员应经技术考核合格，并有科学的态度，严肃认真。着重采取如下预防措施：

(1) 制氢过程中，应定期化验氢气纯度。如发现氢气纯度降到99.5%以下时，应立即停机检修。

(2) 应经常检查储氢装置和气路管道有无漏气、漏液现象。遇有泄漏情况时，只可贴补，绝对不允许焊补。

(3) 氢气与氧气分道运行。氧气管道必须送往室外将氧气排空。

(4) 高压储氢瓶宜装减压阀；所有储氢装置均需引接地线。以避免氢气高速射流，并防止积聚静电。此外，充灌气球亦应避免与硬物摩擦破裂而引起燃烧、爆炸。

(5) 电解槽每工作2—3年，需要进行一次更换尼龙布的定期维修。

(6) 整流器、电解槽和储氢装置应分室、分离安放。制氢室内的电器设备和线路开关应采用暗线及防爆型器件；制氢室外须有“氢气危险、严禁烟火”等醒目标语。

(7) 安装制氢机的房间应有良好的通风条件。制氢房的面积不宜小于12平方米、高4米，充灌气球的房间不应小于16平方米、高4米。屋顶宜采用轻质建筑材料。顶部应有足够面积的排气孔，周围须有房间容积7—8%的泄压窗。

(8) 在有条件的情况下，制氢室内可安装氢气浓度报警器和强制通风设备。

(9) 制氢工作应建立完整的规章制度，严格操作规程。并应有专人管理和维修。以确保制氢和使用氢气的安全。