

# 如何正确读取管道的断电电位

冯洪臣, 邱政权, 王 飞

(廊坊市瑞博管道技术有限公司, 河北廊坊 065000)

**关键词:** 管道 极化电位 断电电位 IR 降

随着阴极保护行业水平的不断提高,从业者正在从过去的通电电位管理模式转向断电电位管理模式。断电电位的确定,不仅因人而异,而且使用不同的仪器也会得到不同的结果,其误差之大,已经影响到标准的正确应用。因此,有必要建立一套正确的测量方法和程序,使标准规定的指标得到正确的落实。

## 1 阴极保护测量中的 IR 降

阴极保护测量中的 IR 降见图 1。图中,  $V_1$  为管道的自然电位,  $V_2$  为管道的阴极极化,  $V_1 + V_2$  为管道的极化电位,数值上等于管道的断电电位  $V_{off}$ ,  $V_1 + V_2 + IR$  为管道的通电电位  $V_{on}$ 。

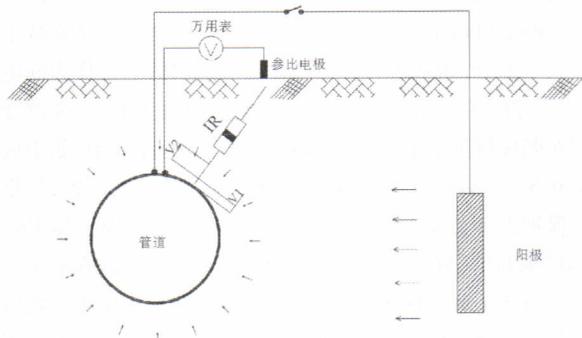


图 1 阴极保护测量中的 IR 降

## 2 GB/T 21448 - 2008《埋地钢质管道阴极保护技术规范》阴极保护准则

### 2.1 一般情况

a) 管道阴极保护电位(即管/地界面极化电位,下同)应为  $-850 \text{ mV}_{\text{CSE}}$  或更负。

b) 阴极保护状态下管道的极限保护电位不能比  $-1200 \text{ mV}_{\text{CSE}}$  更负。

c) 对高强度钢(最小屈服强度大于  $550 \text{ MPa}$ )和耐蚀合金钢,如马氏体不锈钢,双相不锈钢等,极限保护电位则要根据实际析氢电位来确定。其保护电位应比  $-850 \text{ mV}_{\text{CSE}}$  稍正,但在  $-650 \text{ mV}_{\text{CSE}}$  至  $-750 \text{ mV}_{\text{CSE}}$  的电位范围内,管道处于高 pH 值 SCC 的敏感区,应予注意。

d) 在厌氧菌或 SRB 及其它有害菌土壤环境中,管道阴极保护电位应为  $-950 \text{ mV}_{\text{CSE}}$  或更负。

e) 在土壤电阻率  $100 \Omega \cdot \text{m}$  至  $1000 \Omega \cdot \text{m}$  环境中的管道,阴极保护电位宜负于  $-750 \text{ mV}_{\text{CSE}}$ ;在土壤电阻率  $\rho$  大于  $1000 \Omega \cdot \text{m}$  的环境中的管道,阴极保护电位宜负于  $-650 \text{ mV}_{\text{CSE}}$ 。

### 2.2 特殊情况

当以上指标难以达到时,可采用阴极极化或去极化电位差大于  $100 \text{ mV}$  的判据。注:在高温条件下、SRB 的土壤中、存在杂散电流干扰及异种金属材料耦合的管道中不能采用  $100 \text{ mV}$  极化指标。

实际工作中,通常采用的是极化电位在  $-850 \text{ mV}_{\text{CSE}}$  到  $-1200 \text{ mV}_{\text{CSE}}$  之间;阴极极化大于  $100 \text{ mV}$ 。因此,如何获得准确的极化电位值,对于评价管道的阴极保护是否满足规范要求至关重要。

## 3 IR 降去除方法及存在的问题

### 3.1 断电电位直接测量

当管道没有受到杂散电流干扰时,简便的方法是对管道的阴极保护电源进行同步通断,然后在测试桩上测量管道的通、断电位  $V_{on}$  和  $V_{off}$  或对管地电位进行密间隔测量。

但这种方法受到以下因素的影响:①所有阴极保护电源必须同时通,同时断,一般是用 GPS 进行同步通断,误差

**作者简介:**冯洪臣,高级工程师,美国防腐工程师协会阴极保护专家,教师,从事阴极保护工作近 30 年, E-mail: 13903168421@126.com。

要小于 0.001 s;②当管道受到杂散电流干扰时,由于无法中断杂散电流,该方法不适用;③当管道上同时有牺牲阳极、镀锌扁钢接地系统时,该方法不适用;④受牺牲阳极保护的管道,该方法不适用。

### 3.2 试片法断电电位测量

为了克服电源同步中断进行电位测量的局限性,几年来,试片电位法得到了发展。该方法的原理是用试片模拟管道防腐层破损点,实际测量试片的断电电位,见图 2。

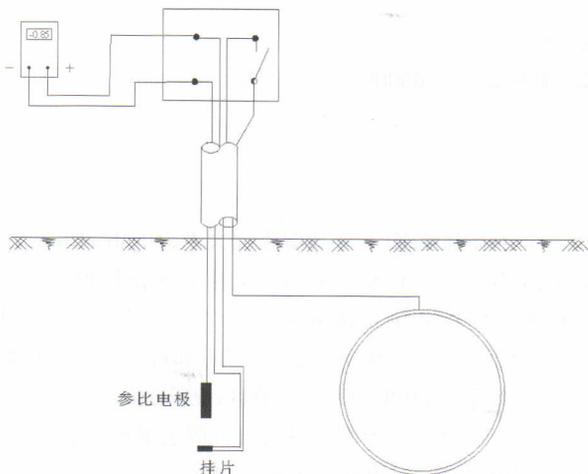


图 2 试片法断电电位测量原理

如图 2 所示,试片埋设在管道附近,平时通过导线与管道连接,同样接受阴极保护电流及杂散电流,得到保护。参比电极靠近试片安装。测量时,万用表负极接参比电极,正极与试片连接。此时读取的通电电位为试片和管道通电电位的综合值。断开试片与管道的连线,读取此刻的试片电位值,即为试片的断电电位。该断电电位代表此处管道上同样大小的防腐层缺陷点的极化电位。

通过对断电电位数据的分析发现,试片读取的断电电位值比同一位置管道的上读取的断电电位值偏负,试片面积对断电电位的影响不大,具体原因还需要进一步研究。另外还发现,尽管试片的通电电位变化幅度比较大,但试片的断电电位相对稳定,如图 3 所示。

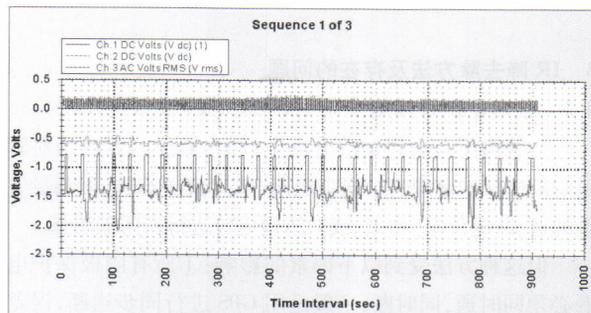


图 3 试片的断电电位与通电电位

## 4 如何正确读取断电电位

断电后,什么时刻的电位是断电电位? 是 IR 降为零

时的电位,还是断电一段时间之后的电位? 电位采集频率多大合适? 这些因素直接影响着断电电位的正确测量。通过研究发现,不论用何种方式测量断电电位,断电电位的确定不但和测试人员的经验有关,而且和测量仪表关系更大。对于阴极保护电位达标的管道,当用万用表进行断电电位测量时,得出的断电电位很可能不达标。因此,必须对断电电位的定义,测量方法、读数频率进行规范,采用统一的方法和程序,才能获得正确的断电电位。如图 4 所示。

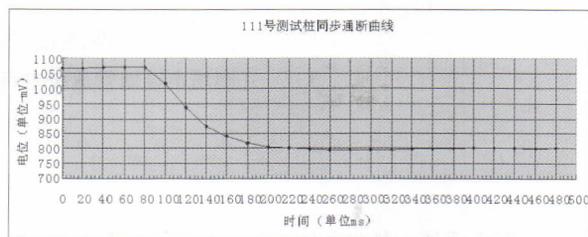


图 4 管道的去极化过程

根据 GBT21448 - 2008《埋地钢质管道阴极保护技术规范》对断电电位的定义——“断电瞬间测得的构筑物对电解质电位,通常情况下是在阴极保护电源切断后,极化电位尚未衰减前读取的电位”,当电位测量频率达到每秒 100 次时,断电的瞬间测到的电位是一条斜线。按着断电电位的定义,在该斜线由直线向弧线转换的位置,是管道的断电电位。由于通断器完全断开电路,电流降为零需要约 40 ms,该位置应在断电后 40 ~ 60 ms 内。如图 4 所示,该测试桩的断电电位应该是断电后 40 ms 位置的电位,数值为 940 mV。

但在 GBT21246 - 2007《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》中,要求电源断电后 0.5 - 1.0 s 之间的电位值作为断电电位值。至少在本文的试验中,证明该规定是不符合断电电位定义的。因为在 0.1 s 内,电位已经衰减了很大一部分,如果在 0.5 ~ 1.0 s 之间读取的电位作为断电电位,该电位与定义所说的断电电位相差甚大,完全改变了对阴极保护效果的评价结论。在给出的曲线中,如果读取 0.5 s 以后的电位值则为 -800 mV。对于该位置,将得出保护充分和欠保护两个截然不同的结论。而根据 Peabody 编写的《埋地管道腐蚀控制》,断电电位应该在断电后 0.2 ~ 0.5 s 内读取,也远大于断电电位定义所描述的断电电位。这就出现了一个问题,到底哪个电位是规范中所指的断电电位。如果搞不清断电电位是什么,很可能对于一条保护充分的管道,得出欠保护的结论。

在阴极保护日常管理中,多数情况下使用万用表进行电位测量,由于万用表采样频率低,型号各异,所测量的断电电位基本上是断电 0.5 s 后的电位,而且读数也是五花八门。对于阴极保护管理的意义是,该值非常保守,使读数总在较安全的一侧,但不好的后果是往往将保护充分的

(下转第 189 页)

隙中有害介质浓度高于临界浓度,从而在电化学方面满足了应力腐蚀条件,因此焊缝结构应设计成全焊透结构。此外,换热器管束与管板的连接应尽量采用胀焊结合结构。

表2 金属及合金热处理温度及冷却时间

金属及合金	热处理温度/℃	缓慢冷却时间/h
不锈钢	730~870	1~2
碳钢及铸铁	500~600	0.5~1.0
铝合金	230~260	1.0
镁合金	130~300	0.25~1.0
镍合金	600~650	0.5~1.0
铜合金	200~300	0.5~1.0

### 3.2.2 通过热处理消除残余应力

压力容器焊接时焊缝的热影响区存在着焊接残余应力,这种应力有时可高达材料的屈服极限,在特定的腐蚀环境中很容易出现应力腐蚀。因此压力容器若是在有应力腐蚀的环境中工作是,应在焊前进行预热,在焊后进行消除残余应力的退火热处理。热处理的温度、保温时间取决于金属的成分、组织变形程度和介质的性质等因素。下

(上接第176页)

管道判定为欠保护,增大了阴极保护站的投入。

因此,有必要对断电电位的定义、测量方法和读数时间进行规范,采用数据采集记录仪器,减小人工取值带来的误差,消除因测量仪表和取值时间不同对断电电位读数的影响。只有这样,才能对阴极保护系统进行科学、有效的管理。

在试片断电电位测量时,也检测到了断电瞬间的电位正向脉冲,该脉冲持续的时间约100 ms,此时,应读取断脉冲后最负的电位作为断电电位。如图5所示,断电电位为-980 mV。

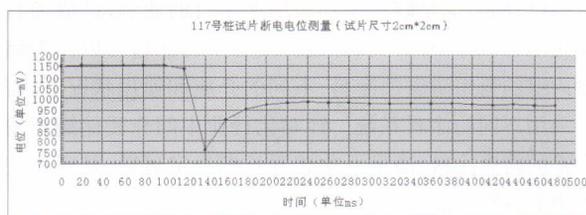


图5 试片去极化过程中的电位正向脉冲

## 5 结论

a) 对断电电位的定义要进一步明确,以正确理解管道的断电电位。对于测量断电电位所用的仪器,读数频率、读取断电电位的时间要进行规范。

b) 阴极保护管理中,要用管道的断电电位来判断管道的保护状态,在确认断电电位达标后,确定该测试桩的最小通电电位,在一个时期内,可以用该通电电位进行日

常管理。

## 4 结语

压力容器应力腐蚀,早期容器外部不易发现,而后期开裂可能造成极大的安全事故,对设备的安全运行威胁极大,不可忽视。只有弄清压力容器应力腐蚀的原因,对腐蚀形态进行分析和研究,采取有效的防范措施,可以减缓或抑制腐蚀破坏,确保设备的正常运行

## 5 参考文献

- [1] 肖纪美,曹楚南.材料腐蚀学原理[M].北京:化学工业出版社,2002:121-122
- [2] 孙秋霞.材料腐蚀与防护[M].北京:冶金工业出版社,2001:66
- [3] 肖纪美.应力作用下的金属腐蚀[M].北京:化学工业出版社,1990:136
- [4] GB150-2011 钢制压力容器[S]
- [5] API RP 571C 影响炼油工业固定设备的损伤机理[S]

常管理。

c) 直接测量管道的断电电位时,如果管道同时受到交流干扰,当读数频率很高时,该电位读数中将包含交流电压分量,因此,必须选择正确的数据采集频率并通过数据处理,才能得到正确的断电电位。最好的方式是读取试片的断电电位,以减少外界因素对测量值的影响。

d) 恒电位仪自身通断时,电流的衰减有一个过程,持续周期甚至会达到2 s,将影响断电电位的准确性。在恒电位仪回路中串联通断器时,要对电源采取相应的设置及保护措施。

e) 采用高精度通断器时,电流在20~40 ms内衰减为零,因此,断电电位一般在断电40 ms后读取。40~120 ms之内,电位迅速衰减,120 ms之后的电位衰减比较缓慢,用普通万用表可以读取。日常测量中读取的断电电位多为这个时段的断电电位。

f) 如果管道上装有直流去耦合器的交流排流设施,要考虑恒电位仪断电时,直流去耦合器放电对电位测量的影响,同时要考虑平衡电流对电位测量的影响。

g) 为了最大程度上降低周围环境对断电电位测量的干扰,应积极推进试片断电法的应用。有必要为测量员提供数据记录仪器,实际记录电位的衰减曲线,由有经验的工程师确定断电电位。

h) 对于阴极保护电位的测量,还有许多方面需要进一步研究,希望管道管理者真正认识到腐蚀控制对于管道安全运行的重要性。鼓励技术人员进行深入的研究与探讨,为真正实现能源的高效、安全的运输提供保证。