

油罐接地电阻检测的现存问题及应对措施

摘要: 以地面油罐为例, 结合油罐防雷防静电接地系统的结构及其等效模型, 对油库目前常用的三类油罐接地电阻检测方法进行了分析, 指出了这些检测方法所存在的问题和不足, 提出了在检测工作中需要采取的原则和措施。

关键词: 油库、防雷防静电、接地系统、电阻检测

为保证储油罐防雷防静电接地系统的可靠性, 需要定期对油罐接地系统的相关电阻值进行检测。若测得的电阻值在有关标准规定的合格范围内, 则认为接地系统可靠; 否则, 就对接地系统进行维护和检修。但是, 针对油罐这个特殊对象来说, 现有油罐防雷防静电接地电阻检测方法还存在诸多问题, 导致检测结果的合格并不完全代表油罐接地系统的可靠。本文就对现有油罐接地电阻检测方法存在的问题进行分析, 以此指导人们科学认识现有方法的检测结果, 认清检测结果数值上的合格与接地系统真正意义上的可靠这二者之间的关系, 从而对油罐接地系统可靠与否做出准确的判断, 并在油罐接地系统检测工作中采取合适的原则和措施。

一、油罐防雷防静电接地系统概述

油罐防雷防静电接地系统通过接地下引线将雷电或静电引至远离油罐并深埋地下的接地体, 再由接地体泄放至大地。当电流经接地体流入大地时, 电流呈半球状从接地体向四周扩散, 如图 1 所示。通常在距接地体约 20m

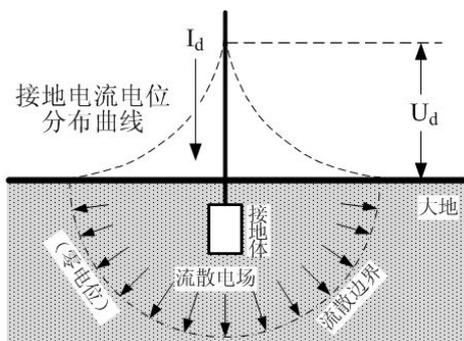


图 1 接地电流的泄放

处的半球形界面上, 扩散电流密度就基本上降为零, 该半球界面为流散边界。接地体至流散边界间的土壤电阻为大地流散电阻。

若以地面油罐为例, 典型的油罐防雷防静电接地系统及其等效电路模型如图 2 所示(图中上方列出了等效模型中 $R_1 \sim R_{10}$ 的定义)。由于接地体和接地线本身都是良导体, 其体电阻极小, 因此图 2 中对这些体电阻忽略不计。

根据图 2 所示接地系统及其等效模型可知, 油罐的接地电阻为:

$$R_{\omega E} = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_8) + (R_9 + R_{10}) \quad (1)$$

根据相关规范和标准的规定, 对防雷及防静电来说, 该油罐接地电阻分别不能大于 10Ω 和 100Ω , 并且由 $R_1 \sim R_8$ 构成的接地线电阻应小于 0.03Ω 。因此, 在接地下引线焊接可靠及各部件间跨接良好的情况下, 只要检测结果能表明接地体对地电阻($R_9 + R_{10}$)小于 10Ω 或 100Ω , 即认为该接地系统对防雷或防静电来说是合格可靠的。

二、现有油罐接地电阻检测方法分析

目前, 油罐接地电阻的检测方法较多, 但最被大家接受、最广泛使用的检测方法有三种, 分别是三电极/四电极法、钳表检测法和选择电极法。

(一) 三电极/四电极法

三电极法或四电极法是一种电压降方法, 其检测原理如图 3 所示。在检测时于测试井处打开断接卡, 按图 3 装设测试探针 P 极和 C 极并连接检测仪器, 仪器在 C 极和 E 极之间产生一已知电流 I , 穿

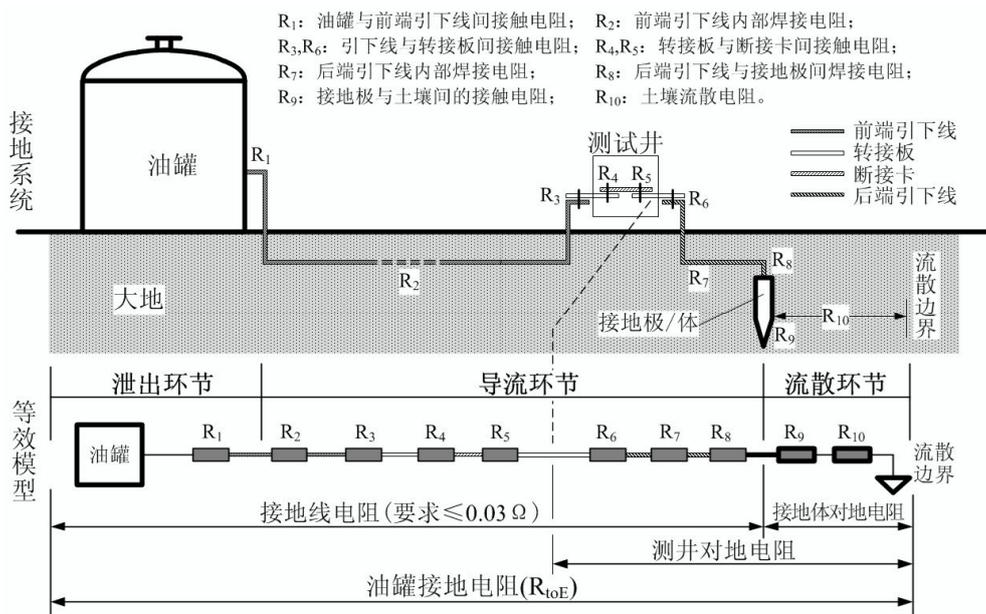


图 2 油罐接地系统及其等效模型

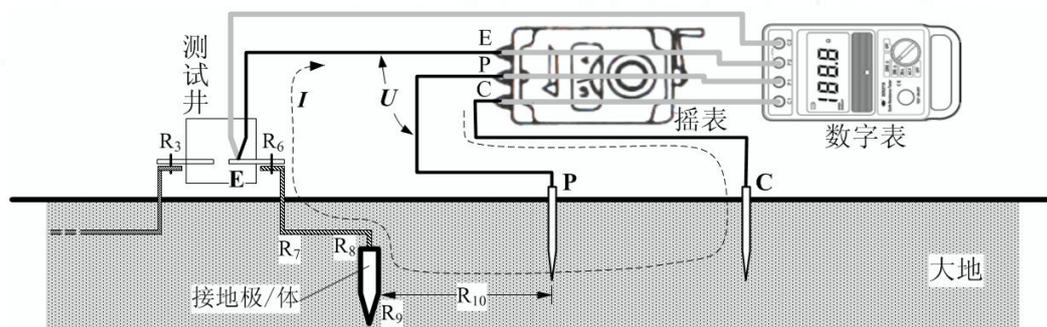


图 3 三电极/四电极检测法(电压降法)

过大地内 P 极位置处的流散边界流向 E 极的电流也为 I , 这时 P 极和 E 极间的电压 U 即为流散边界与 E 极间的电压, 由此测得测试井对地电阻为:

$$R_{W-E} = R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10} = U/I \quad (2)$$

在接地线焊接和跨接合格的情况下, 接触电阻和焊接电阻 $R_6 + R_7 + R_8 \approx 0$, 这时, 按上述方法测得的结果即代表了接地体对地电阻。

这种检测方法要求检测时断开测试井内的断接卡, 一方面是为了避免检测仪器产生的高电压作用于油罐, 另一方面也是为了保证已知电流 I 全部经接地极和后端引下线流回检测仪器, 从而可以测出测井对地电阻。否则, 电流 I 只有一部分流过接地极和后端引下线后回到仪器, 另一部分将经过大地与前端引下线和油罐构成的回路流回仪器, 而这两部分电流各自是多少是无法知道的, 因此也就无法测出相关电阻值了。

三电极/四电极法的优点是检测结果精确度

高, 在检测结果满足规范要求的电阻值范围的情况下, 能保证从测试井到大地之间的接地系统是合格可靠的; 缺点是检测时必须打开断接卡才能获得准确结果, 从而使操作不便。

(二) 钳表检测法

钳表式接地电阻检测仪分单钳式和双钳式两种, 单钳式检测仪是将双钳式检测仪中的激励钳和检流钳合并组装而已, 因此实质是一样的。钳表式检测法的检测方案和原理见图 4, 激励钳在接地回路中感生出已知电动势 E , 检流钳测出回路电流 I , 接地回路电阻为:

$$R_C = (R_3 + R_4 + \dots + R_{10}) + (R_{11} + R_{12}) \parallel (R_{13} + R_{14} + R_1 + R_2) = E/I \quad (3)$$

上式中后半部分“(·)∥(·)”表示两部分电阻的并联值。

由(3)式可知, 钳表检测法测得的电阻不但包括部分接地线电阻($R_3 \sim R_8$)和接地体对地电阻($R_9 +$

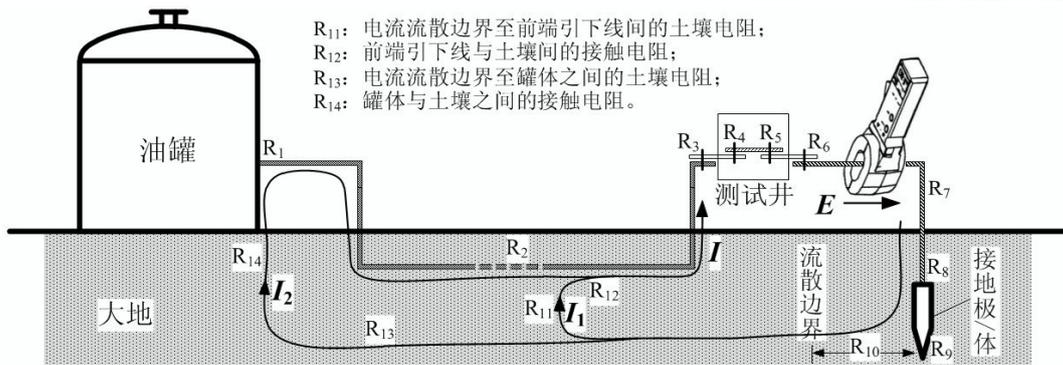


图4 钳表检测方法(单钳或双钳)

R_{10}),还包括流散边界与油罐及前段引下线之间的土壤电阻和相关接触电阻的并联,因此该结果不能准确代表接地体对地电阻,也不能准确代表油罐接地电阻。对于油库内很多油罐在后端引下线之间存在接地干线互联的情况,这时电流经过后端引下线之后将流向互联的接地干线,而不会流向接地体,这时的检测结果也反映不了接地体对地电阻或油罐的接地电阻。但是,若库内各油罐在前端引下线之间存在接地干线互联、以及油罐之间存在管线互联时,像图4中 I_1 和 I_2 这样的并联支路就会很多,从而使(3)式中并联部分的阻值很小,若对这部分并联电阻忽略不计,则由(3)式可知,这时钳表法的检测结果基本上反映了部分接地线电阻($R_3 \sim R_8$)和接地体对地电阻($R_9 + R_{10}$)之和,在正常情况下这个结果也就基本上反映了油罐的接地电阻,因此,钳表法只适用于这种情况下的油罐接地电阻检测。

由上述分析可知,钳表法的优点是操作方便,检测时不需打开断接卡;缺点是检测结果与真实的油罐接地电阻间差别较大,准确度不高,适用条件及范围有限。

(三)选择电极法

选择电极法是当前国内外最新的、最精确方便

的接地电阻检测方法,是在前两种方法的基础上发展起来的,其特点是吸收了前两种方法的优点,同时避免了其缺点,因此能在不打开断接卡的情况下,精确测出测井对地电阻。选择电极法的检测方案和原理如图5所示。

从原理上来说,选择电极法是在三电极/四电极法的基础上增加了一个电流检测钳,在不打开断接卡的情况下,可检测出流经接地极-后端引下线-转接板的电流(I_3),因此,在不打开断接卡的情况下,可精确检测出断接卡对地电阻:

$$R_{J-E} = (R_5 + R_6 + R_7 + R_8) + (R_9 + R_{10}) = U / I_3 \quad (4)$$

由该式可知,只有在前端引下线充分可靠(即 $R_1 + R_2 + R_3 + R_4 < 0.03 \Omega$)的情况下,选择电极法所测得的结果才能准确代表油罐接地电阻。

前面以典型的地面罐接地系统为例介绍了目前常用的油罐接地电阻检测方法,对于半地下油罐和洞式油罐,情况与此类似,此处不再赘述。

三、油罐接地电阻检测中存在的问题

(一)检测结果都不能真实完整地反映油罐接地电阻,因此检测结果并不代表油罐接地电阻值合格

从图2所示的油罐接地系统及其等效模型可

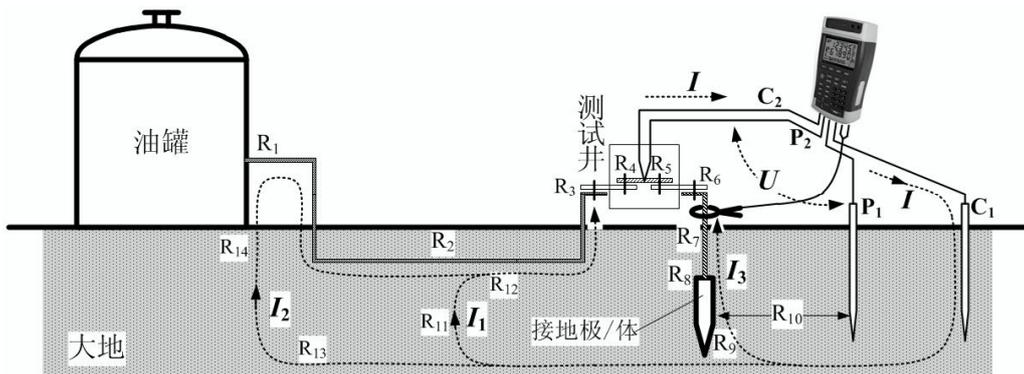


图5 选择电极法

知,油罐真实的接地电阻包括接地线总电阻和接地体对地电阻,即(1)式所示的 $R_1 \sim R_{10}$ 之和。但是,从前述分析可知,三电极/四电极法所测的是测井对地电阻,即(2)式所示的 $R_6 \sim R_{10}$ 之和。钳表法测的是回路电阻,只有在很多油罐在前端引下线之间存在接地干线互联、以及油罐之间存在管线互联的情况下,其检测结果才能近似反映油罐的部分接地电阻,即(3)式中 $R_3 \sim R_{10}$ 之和,油罐接地电阻中的 R_1 和 R_2 并未包含在其中;而选择电极法测的也是油罐接地系统中 $R_5 \sim R_{10}$ 的电阻和,接地系统中的 $R_1 \sim R_4$ 也未包含在检测结果中;因此,现有检测方法获得的检测结果都不能代表油罐接地电阻的真实值。

但是,现实中都是将这几种方法获得的检测结果作为油罐接地电阻来看待;若检测结果达到相关标准所规定的阻值范围,即认为油罐接地电阻合格。这么处理的理由(也是前提)是认为接地引下线各处都不存在质量问题,即焊接质量过关,接触良好,没有锈蚀,因此各检测方法中没能包含的焊接电阻、接触电阻都接近于0,满足小于 0.03Ω 的要求。若这一点得不到满足,即使用现有接地电阻检测方法获得的检测结果是合格的,实际的接地系统也是不合格的。

(二) 现有检测方法对油罐防雷防静电的特殊性考虑不够,检测结果的适用性和检测过程的安全性还存在问题

现有的接地电阻检测方法及仪器在技术实现上大多是针对电力系统接地电阻的检测来设计的,而针对油罐这个特殊对象所作的专门性考虑还不够,这主要表现在两个方面:

一是考虑到诸如电力设备等很多设施的接地系统是针对交流电进行接地保护的,因此现有很多检测仪器使用交流激励信号进行检测,测得的接地电阻是工频接地电阻;但对油罐接地系统防雷及防静电的实际工况来说,这个工频接地电阻既反映不了静电泄放时的直流接地电阻,也反映不了雷电泄放时的冲击接地电阻,这将导致检测结果不能真实反映接地系统静电泄放、特别是雷电泄放时的实际接地电阻;因此,这种检测结果的适用性还存在一定问题。

二是现有检测仪在检测过程中大多会产生高

电压或大电流,比如检测过程中的激励电压通常可高达四五十伏至一两百伏,电流则可能高达几十安。而对于油罐接地电阻的检测对象和现场来说,不管是对于罐内油料,还是罐外库区可能出现的高油气浓度,高电压或大电流的出现都是一种安全隐患;因此,现有检测方法的安全性还存在一定的问题。

对于目前我军各油库油罐接地电阻检测工作中广泛使用的摇表式接地电阻检测仪(如ZC-8型检测仪),就是采用交流检测,同时还会出现高电压;因此同时存在上述两个方面的不足。

四、油罐接地电阻检测需采取的原则和改进措施

(一) 检测方法的选用

从检测的方便性和准确性考虑,应当首先选用选择电极法,其次选用三电极或四电极法。由于钳表检测法的检测结果是回路电阻,与油罐接地电阻的差别最大,因此应尽量避免选用钳表检测法;只有当油库内有很多油罐在前端引下线之间存在接地干线互联、或者油罐之间存在金属管线互联时,才能使用钳表检测法。

(二) 检测结果判定

由于现有方法的检测结果都没有真实完整地反映油罐接地电阻,都只是油罐接地电阻的一部分;因此不能单纯以检测结果来判断油罐接地系统是否合格。在检测结果满足防雷及防静电接地电阻要求的不大于 10Ω 和 100Ω 的条件下,还必须仔细检查油罐接地系统前端引下线、转接板及断接卡等检测方法没能包含的那一部分,只有在这些部位也不存在任何虚焊、断裂、松脱、锈蚀、氧化等情况下,才能认为接地系统是合格的。

(三) 换算对应的冲击接地电阻

现有方法的检测结果大多是工频接地电阻,在获得工频接地电阻值后,还应通过公式“ $R_i = R \cdot A$ ”换算出对应的冲击接地电阻,从而判断其是否满足防雷规范要求。换算公式中 R_i 为冲击电阻, R 为工频电阻, A 为冲击系数。冲击系数的具体取值可依据接地体最长支线的实际长度、接地体的有效长度、土壤电阻率等从《建筑物防雷设施安装》等技术

(下转第36页)

它不仅控制发电机电压使之保持恒定,还控制充电指示灯的亮、灭变化,从而指示电源系统是否正常工作。该叉车的特点是调节器置于蓄电池旁的配电盒内,如图2所示。



图2 配电箱(内置电子式调节器)

三、电源系统常见故障的判断与排除

(一)常见故障及判断

电源系统的常见故障主要是不充电、充电电压过低、充电电压过高等。可以使用万用表的直流电压档,通过测量蓄电池或发电机两端的电压值来判断。12 V电气系统的内燃机械上,发电机启动前,测得的电压为蓄电池的电压,通常为12~13 V。发电机启动后,发电机的工作电压约为14.4 V(通常为13.5~14.8 V),24 V电气系统内燃机械上发电机的工作电压约为28.8 V(通常为27.5~29.5 V)。

1. 不充电。发动机正常工作时充电指示灯亮或电流表指示负值方向,表明发电机不发电,蓄电池不充电。其主要原因有发电机故障、调节器故障或电气线路故障等。

2. 充电电压过低(充电不足)。发动机工作过程中,充电指示灯闪烁或电流表在零位左右摆动,使用万用表的直流电压档,通过测量蓄电池或发电机两端的电压值,如低于标准值,表明充电电压过低。可能原因有调节器工作电压失调或有故障、皮带过松、发电机内部定子、整流器、转子等部件有故障。

3. 充电电压过高。发动机工作过程中灯泡易

(上接第34页)

资料中查得。

(四)检测前需进行环境油气浓度检测

由于检测过程中会产生高电压或大电流,为保

烧毁,蓄电池电解液中水的消耗过快,使用万用表的直流电压档,通过测量蓄电池或发电机两端的电压值,可以判定电源系统的电压是否过高。如高于标准值,表明充电电压过高。可能原因有调节器工作电压失调或有故障。

(二)电源系统故障一例

1. 故障现象。某仓库配备的2012年生产的合力3 t内燃叉车,接通电源启动开关的通电档(I档),充电指示灯亮;接通启动档(II档),发动机顺利启动,但是充电指示灯不熄灭,表明电源系统有故障。

2. 故障判断、排除方法。通常发动机启动后,充电指示灯不熄灭或突然亮起,为发电机不发电故障。本例中,发动机启动后充电指示灯不熄灭,是否为发电机不发电故障呢?

准备一块万用表,打到直流电压25 V档,测量蓄电池两端电压,发动机启动前电压为12.5 V,发动机正常工作时电压为13.6~13.8 V,说明发电机正常发电,调节器的电压调节功能正常。用万用表测量发电机中性点“N”接线端子的电压为6.9 V,说明该点有正常电压输出;进一步测量多功能调节器“N”端子(位于线束与配电器的9针插接件处)也是约为6.9 V,说明从发电机到调节器“N”端子的连接导线正常。充电指示灯不熄灭的原因,应该为充电指示灯的控制电路故障。

从其他同型号,同年份生产的叉车拆下配电器盒总成进行替换,电源系统工作正常,故障得以排除。

拆开有故障的配电器盒,检查充电指示灯控制电路的电子器件,发现稳压管VS2(参见图1)损坏。由于该稳压管不能击穿导通,三极管VT3不导通,VT4不关断,所以造成充电指示灯不熄灭。

基于同样原因,如果多功能电子调节器的三极管VT3损坏也会造成此类故障。

责任编辑:张鹏膺

证检测工作的安全,检测前必须进行油气浓度检测,确保检测环境不存在油气泄露,并保证良好的通风。

责任编辑:张鹏膺