[石油石化]

长输油气管道阀室接地系统的研究与设计

文/大庆油田工程有限公司　闫　石　熊春宇

长输油气管道阀室接地与阴极保护系统冲突的问题长期存在。在阀室接地设施中串入固态去耦合器可以有效地解决这一冲突。固态去耦合器“通交隔直”和直流电压超出±2 V时导通的特性，可以很好地躲过阴极保护，维持被保护体的－0.85～－1.2 V电位，实现防雷、防静电及等电位联接作用。

长输油气管道阀室一般位于地理位置偏僻且空旷的地区，且属于1区爆炸危险场所。根据GB 50057—2010《建筑物防雷设计规范》第3.0.2条，输油气管道阀室为第二类防雷建筑物。各类防雷建筑物应设防直击雷的外部防雷装置，并应采取防闪电电涌侵入的措施和防闪电感应的措施。阀室内部应做等电位联结，外部防雷装置、防闪电感应、内部防雷装置、电气和电子系统等接地应共用接地装置。

根据GB 50058—2014《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》第5.5.2条，对于长输油气管道阀室这样的爆炸危险场所，需要做好防雷接地和等电位联结，具有阴极保护设备的油气管道不应与等电位系统连接，这使得设计过程中很难操作。下面就阴极保护的原理和接地设施对阴极保护的影响进行分析研究，找出一种针对具有阴极保护长输油气管道阀室接地设计的可行操作方法。

长输油气管道的阴极保护

埋地金属管道腐蚀主要是电化学腐蚀，是由于金属与土壤中的电解质发生氧化还原反应，金属失去电子被氧化，变成金属离子的过程。金属管道防腐就是阻止这种电化学反应。工业上一般采用阴极保护加涂层来阻止电化学反应，对埋地金属管道实施防腐保护。

阴极保护的基本原理是通过向被保护的金属管道表面注入一定的直流电流，在其表面产生阴极极化效应。当金属管道表面的电位负向偏移到－0.85～－1.2V（CSE）范围时，就可以有效抑制腐蚀的阳极溶解过程，从而达到抑制管道腐蚀的目的。按照阴极电流提供的方式，阴极保护分为牺牲阳极法和外加电流法。

1．牺牲阳极法

牺牲阳极法是诸如镁、铝和锌等电位更负的金属或合金与被保护的金属管道表面电性连接，通过电负性金属或合金的不断溶解消耗，向被保护的金属管道表面提供保护电流，使金属管道得以保护。

如图1所示，在金属管道与牺牲阳极所形成的大地电池中，牺牲阳极的电位负于金属管道的电位值，在保护电池中为阳极，被保护的金属管道为阴极。在土壤中，阳极被腐蚀消耗，称之为“牺牲”阳极，从而实现了对阴极的金属管道的防护。

牺牲阳极法结构简单，不需要外部电源，施工时随管道一起安装，工作量小，后期维护简单。但是驱动电位低，产生的保护电流小，

保护范围小，一般用于被保护面积小的短距离、小口径且分散的管道。

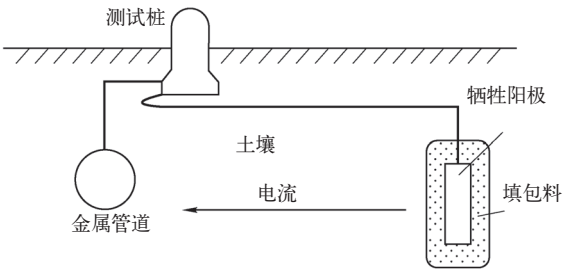

图1　牺牲阳极保护示意图

2．外加电流法

外加电流法是利用外部直流电源，通过辅助阳极将保护电流注入被保护的金属管道表面，达到抑制管道腐蚀的目的。

如图2所示，恒电位仪提供直流电流，电流由输出阳极流出，经过阳极床导入土壤中，然后通过土壤流入被保护的金属管道表面，最后流回输出阴极。被保护的金属管道在大地中为阴极，其表面只发生还原反应，不会发生失去金属离子的氧化反应，腐蚀过程得到抑制。而阳极床表面则发生失去电子的氧化反应，因此，阳极床本身存在消耗。

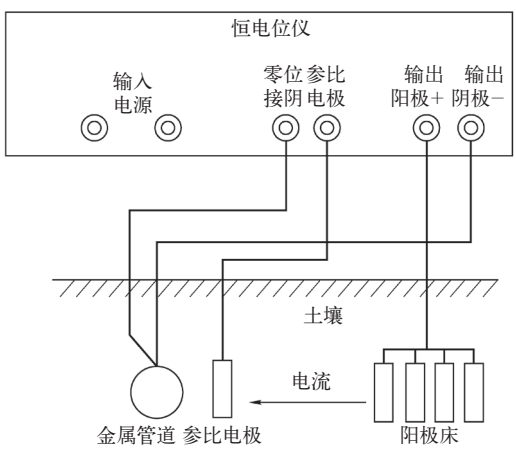

图2　外加电流阴极保护示意图

外加电流法驱动电位高，产生的保护电流大，保护范围广，一般用于被保护面积大的长距离、大口径管道。但其实现需要依靠外部电源，且配专业人员进行维护监管。

3．长输油气管道的阴极保护

由于长输油气管道被保护范围广、管道距离长，长输油气管道的阴极保护通常采用外加电流法来实现。

接地设施对阴极保护的影响

外加电流阴极保护系统等效原理如图3所示，R_t为阳极与参比电极间的土壤电阻；R_i为管道防腐层电阻和参比电极与阴极间土壤电阻之和；R_g为金属管道表面极化电阻；C_i为金属管道表面与周围介质间电容；I为阴极保护电流；U_r为金属管道表面电位。恒电位仪为恒流源，参比电极与大地相连，电位为0 V。U_r保持在−0.85～−1.2 V之间，才能起到良好的阴极保护作用。U_r＞−0.85 V时，则保护效果下降直至失效；U_r＜−1.2 V时，则容易导致管道防腐层脱落。

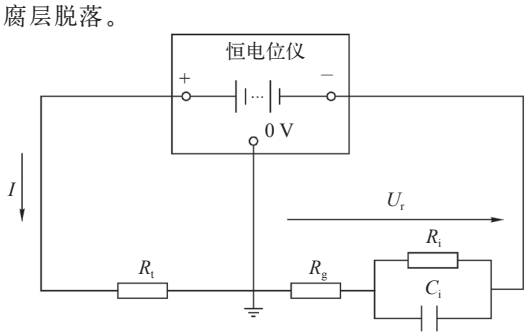

图3　外加电流阴极保护系统等效原理图

为了满足阀室内防雷及等电位联结要求，需要将阀室内与油气管道金属连接的截断阀、放空管等金属部分接地。一般情况下，长输油气管道在进出阀室处均未设置绝缘接头，如果只是简单地将金属管道接地，将会导致大部分阴极保护电流直接通过接地极，而不是土壤流入金属管道，致使整个阴极保护系统失效。如图4所示，R_e为接地极与参比电极之间土壤电阻。通常情况下，为保证接地效果，R_e阻值较小，当外加电流I恒定时，U_r将大幅度增高，远高于−0.85 V，导致阴极保护失效。如果要保证阴极保护有效，则需要加大外加电流，这样将大大增加阴极保护系统能耗，甚至超出阴极保护系统能力范围。

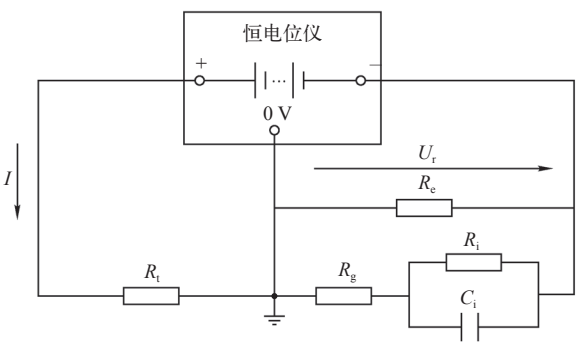

图4　直接接地后外加电流阴极保护系统等效原理图

如果为了保证阴极保护效果，将阀室内防雷、防静电接地取消，那么雷电感应和静电感应会在油气管道上产生高电压。如果高电压不能泄入大地，将会发生火灾或爆炸事故。

固态去耦合器的原理

固态去耦合器一般由电容、晶闸管（或二极管）以及浪涌保护装置并联构成，如图5所示。其中，电容元件用于导通稳态交流干扰电流；晶闸管或二极管当两端的压差高于阈值（隔离电压）时导通，低于阈值（隔离电压）时截止，主要用于故障电流的导通，并为电容提供钳压保护；浪涌保护装置一般由气体放电管构成，用于导通雷电、浪涌等大冲击电流。

固态去耦合器具有低压直流隔离和交流耦合的特性，在国内管道交流干扰排流工程中得到大量的应用。当两端电压超过阈值电压时，固态去耦合器处于导通模式，可以提供过压保护。当过电压过去之后，又自动切换回到低压直流隔离模式。固态去耦合器的标准阈值电压为±2 V。阈值电压可以是绝对值电压，或峰值电压，在此电压处切换发生，此电压为隔离器两端的直流和交流峰值电压之和，使得固态去耦合器端子两端的钳位电压很低、很安全。

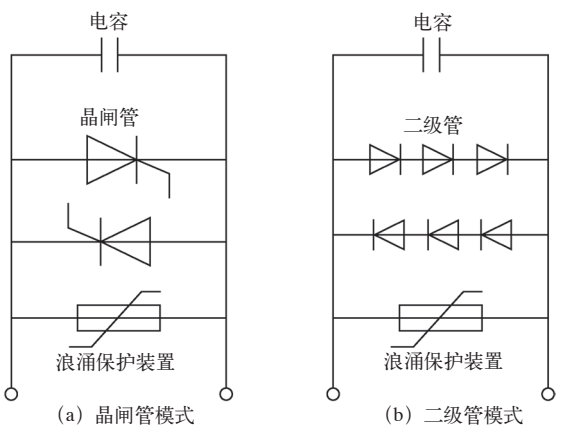

图5　固态去耦合器内部原理图

固态去耦合器在油气管道阀室接地中的应用

由于阴极保护会维持被保护体的电位在－0.85～－1.2 V，考虑到阀室内金属设备防雷防静电接地及等电位联结是为了防止金属设备上产生高电压造成火灾、爆炸或人体触电事故，可以将阀室内金属设备经一个固态去耦合器与户外接地装置相连。利用固态去耦合器“通交隔直”和直流电压大于±2 V时导通的特性，实现阀室间接接地。正常状态下，阴极保护电位大致在－0.85～－1.2 V，低于固态去耦合器的导通电压±2 V，此时阀室内接地对地断开，可以有效阻挡阴极保护电流泄漏到大地；当金属管道上感应雷电或静电电压较大，超过固态去耦合器的阈值时，此时阀室内接地对地导通，将高电压泄入大地，保护管道上设备不被高电压损坏。这样既能实现防雷、防静电及等电位联结作用，又能防止阴极保护系统电流由于接地而流失。

在中俄原油管道二线工程阀组间接地设计中，采用了阀组间等电位联结经固态去耦合器接地的措施，如图6所示。

埋地输油管道横穿阀组间，在阀组间内设置有高出地面的放空管、电液联动阀及监测仪表。阀组间内为2区爆炸危险区域，阀组间内需做等电位联结，高出地面的金属工艺管线、

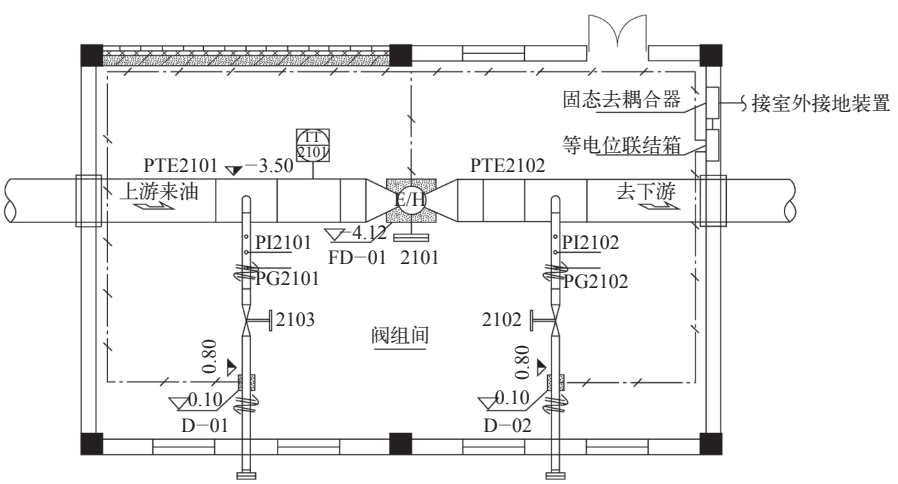

图6　阀组间接地平面图

电液联动阀执行机构等均需可靠接地。由于输油管道进出阀组间位置均为设置绝缘接头，如果简单地将阀室内接地直接与室外接地装置相连，由于室外接地装置接地电阻值很小，将会导致大部分阴极保护电流直接流入大地，致使整个阴极保护系统失效。若取消阀组间内设备设施防雷、防静电接地，则管道上感应的雷电过电压和静电过电压容易引起火灾或爆炸事故。

为了解决上述问题，在阀组间接地设施中串入固态去耦合器。这样既能够解决输油管道阴极保护电流因直接接地而大量流失，导致阴极保护系统无法正常运行的问题；又能将输油管道上的过电压及时泄入大地，保护输油管道上设备不被过电压损坏，避免火灾或爆炸事故的发生。

结束语

长输油气管道阀室接地与阴极保护系统冲突的问题长期存在，在阀室接地设施中串入固态去耦合器可以有效解决这一冲突。固态去耦合器的特性可以很好地躲过阴极保护，维持被保护体的－0.85~－1.2V电位，有效阻挡阴极保护电流泄漏到大地，又能将输油管道上的过电压及时泄入大地，保护输油管道上设备不被过电压损坏，实现防雷、防静电及等电位联结作用。这种措施在中俄原油管道二线工程阀组间接地设计中得到了实际应用，验证了该措施的有效性。在今后长输油气管道阀室接地设计中，值得借鉴。EA

（收稿日期：2019.03.11）
（编辑：朱金凤）

（上接第49页）

表　在线滤油机检修排查情况

序号	变电站	运行号	检修处理内容
1	琉璃庄	1 2	1号油泵漏油，重新密封油泵 2号压力表重装，清理大密封圈密封接触处的锈蚀部位
2	码头	1 2	2号轴密封渗油，更换轴密封
3	路南	1 2	两台均调整了电动机相序
4	薛营	2	电动机无法运行，更换
5	廊坊	1 2 3	2号轴密封渗漏，已更换
6	胜芳	1 2	两台轴密封更换，排油阀渗漏，密封圈密封处理
7	辛章	1 2	1号轴密封更换
8	新利	1	压力表连接点微渗，已打胶重新密封
9	澎耳湾	1 2	两台压力表渗漏，压力表重新打胶密封，清洁表面
10	辛店	1 2	两台轴密封更换，1号排油阀连接处渗漏，更换密封圈

则较为严重。因为胶连接物体膨胀系数不同，经历多次热胀冷缩之后会发生不紧密连接，因排油阀有较平的台阶，目前现场采取加装合适的O型密封圈。

2）轴密封的渗漏：轴密封在运行1～2年之后发生渗漏的概率增大，这跟变压器油的密度很小有关，也跟密封紧密程度有关。刚投入不到1年的轴密封现场暂时没有发现渗油，不包括轴密封变形漏油。现场处理方法为更换轴密封圈。

2）有铜垫密封的渗漏：由于纯铜铜垫硬度较小，在安装过程中如果铜垫表面存在渣滓或者拧紧力度不够，则容易造成铜垫表面凸凹不平，从而造成漏油。现场处理方法是除去铜垫表面的渣滓或者加大拧紧力度。

结束语

本文首先介绍了CJC型有载分接开关在线滤油机的实际作用，然后介绍了在线滤油机的结构以及每个部分的实际功能，接着给出了廊坊地区某年变电站在线滤油机检修情况，最后重点介绍了对检修情况的总结分析，给出了CJC型有载分接开关在线滤油机常见的渗漏故障情况以及相应的处理方法，有助于变电检修人员对在线滤油机的运行维护。EA

（收稿日期：2019.03.08）
（编辑：朱金凤）