

# 海洋石油平台防爆电气技术研究

王 鹏

中海石油（中国）有限公司曹妃甸作业公司，天津 300451

**[摘要]**在最近几年中，由于中国的工业发展步伐持续提升，中国的石油和化学品制造所需的原材料也在逐年上升。除了从俄罗斯、中亚和中东地区这些拥有丰富原材料的地方获取，中国也在加大对本土原材料的勘探力度。总的来说，国家的石油储量相对较少，主要的陆地和海洋石油和天然气储量主要集中在大庆、松辽、塔里木、鄂尔多斯、川西等区域。目前，海洋石油储量开发还处于开发阶段，但是，如果能够进行更多的开发和采集，这将有助于保持长期的稳定供应。在进行石油勘探时，电气设备，特别是防爆电气设备，在复杂的环境下发挥着至关重要的角色，因此，需使用稳定且可信赖的防爆电气设备来确保石油勘探的安全性。本篇文章主要探讨并解读了防爆电气设备在海洋石油平台上的运用状况。

**[关键词]**海洋石油平台；防爆电气设备；研究

DOI: 10.33142/ec.v6i12.10336

中图分类号: TP202.1

文献标识码: A

## Research on Explosion-proof Electrical Technology for Offshore Oil Platforms

WANG Peng

Caofeidian Operation Company of CNOOC (China) Co., Ltd., Tianjin, 300451, China

**Abstract:** In recent years, due to the continuous improvement of Chinese industrial development pace, the raw materials required for Chinese petroleum and chemical manufacturing have also been increasing year by year. In addition to obtaining abundant raw materials from Russia, Central Asia, and the Middle East, China is also increasing its exploration efforts for local raw materials. In general, the country's oil reserves are relatively small, with the main onshore and offshore oil and natural gas reserves concentrated in areas such as Daqing, Songliao, Tarim, Ordos, and western Sichuan. At present, the development of offshore oil reserves is still in the development stage, but if more development and collection can be carried out, it will help maintain long-term stable supply. During petroleum exploration, electrical equipment, especially explosion-proof electrical equipment, plays a crucial role in complex environments. Therefore, stable and reliable explosion-proof electrical equipment needs to be used to ensure the safety of petroleum exploration. This article mainly explores and interprets the application status of explosion-proof electrical equipment on offshore oil platforms.

**Keywords:** offshore oil platforms; explosion proof electrical equipment; research

20 世纪初，“贫油论”的观点在中国流传，然而，到了 20 世纪 50 年代末，中国利用实地考察方法，成功地找到了海滨地区丰富的石油资源，这为中国的工业化建设提供了必需的支持。防爆电气设备作为确保海洋石油开采的关键设备，因此，设备的选择和设计问题需被高度关注，同时，也需对设备的质量和状况进行深入的研究，确保设备的使用的安全。

### 1 海洋石油平台防爆电气的安全隐患

当进行海洋石油和天然气的勘探活动，这些都需要大量的能量和气体。所以，使用防爆电气设备在这个过程中显得尤为重要。然而，经过深入研究，发现，在爆炸危险区域内的非防爆电气是海洋石油平台防爆系统中最大隐患<sup>[1]</sup>。当对平台进行了相应的审核，注意到，在有爆炸危险的地方，使用了非防爆电气设备。这种情况导致了潜在的安全风险。一旦出现电火花，在危险区域内可能会出现爆炸，带来巨大的经济损失。

### 2 海洋石油平台危险区域的划分

#### 2.1 2 区

在所有的 2 区里，石油平台的危险程度是很小的，这

些危险区包括：距离井口的原始油源 5m 之外的区域；存在着油气泄漏却缺乏通风的位置；放置并运送油气处理设备的场所；以及储油罐和分离器设施附近 3m 之内的空间。这些场所几乎没有气体泄漏的风险，唯独当出现操作失误时，才可能产生高浓度的爆炸性气体。因此，对于这些场所，需严格按照标准进行操作<sup>[2]</sup>。

#### 2.2 1 区

在 1 区内，即便是依照规范程序，没有进行违规操作，也有可能产生爆炸气体。具有这一特点的地区分为：（1）封锁钻井架区域；（2）原油储存设备及气、水、油处理设备的排放泄露口周边 3m 内的地方；（3）钻井系统井口与出口口之间的区域；（4）闪点在 60 度以上的油箱内。

#### 2.3 0 区

在 0 区中，油田生产正常进行过程中，往往会产生大量易燃、易爆的气体，这些气体甚至未经任何误操作处理的情况下，也会不断地生成可燃气体和油气。这一地区是最危险的地区。0 区范围为：（1）从井口到排气管的整个范围；（2）所有含碳氢化合物的油气水处理系统；（3）为

储存及运输系统提供足够的空间；(4) 用于运输，贮存，原油和闪点在 60 摄氏度以下的设备内。

### 3 防爆电气设计需考虑的因素

#### 3.1 增安型防爆电机时间保护设计

电机在有爆炸风险的环境中工作时，除了正常操作以及启动阶段，它们不可作为火源，即使是在发生阻塞或者故障的状态下，这一规定仍然适用。针对一般使用的隔爆型电机，其表面温度的检查主要集中在电机机座的外部以及轴承的周围。考虑到防止爆炸的因素，电机的外壳会因其导热和散热的差异，导致其转子的表面温度明显高于机座的外部<sup>[3]</sup>。结合生产方提供的“时间”-定子电流曲线，绘制反时限过流保护。转子阻塞情况下，相应的发热可以忽略不计，所有热量均用于提升电机温度。受到极限温度影响，相应的阻塞状态热量极限为定值。绕组线圈饱和和因素忽略不计，此时启动电流与电压成正比。由此绘制催化气压机电机转子阻塞发热限制曲线。由此可以计算获得安全阻塞时间，此时可以增设防爆电机。

安装防爆电机时，应当确保螺栓、电缆引入装置型号匹配，确保其完整性并进行加固，防止电机安装后发生脱落。电机安装后确保接地线可靠连接，保障衬垫的完整性，避免对防爆性能造成影响。确保风机叶轮与外壳间拥有足够的间距，满足防护防爆需求。

#### 3.2 爆炸危险场所的接地设计

在通常的环境设计中，首要目标是确保人员的安全，然而，对于爆炸性气体环境的设计，同样需要关注如何防止危险电压和过电流导致火灾或者爆炸，这也是防爆设计的关键部分。在爆炸性气体环境中，如果出现短路、电流增大、雷电感应过电压或者产生静电等情况，那么后果不堪设想，防止这些问题的最终解决方案就是进行接地。主要的种类有：在低压电力系统里添加特定的防护接地线、平衡压力以及防护罩，通常会将这些方法融为一体。根据《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB50058-92 的规定，1 区和 2 区的所有电气设备，包括照明灯具，都须使用特定的接地线。而在 2 区，照明灯具可选择使用与之相连的金属管道系统作为接地线。然而，国际电工委员会（IEC）则要求在爆炸性气体环境中，TN 制只能使用 TN—S 制，不能使用 TN—C 制。

#### 3.3 合理选择隔爆型、增安型、无火花型电气设备

按照我国现行的防爆标准及 IEC 标准，防爆型“d”型、增安型“e”型、本质安全型“ia”型“ib”型、正压型“P”型、充油型“O”型、“n”型无火花型、“q”型和特殊型“s”型。在满足规范要求的前提下，合理选用抗爆结构型式，可以有效降低成本支出。本段主要对常用的防爆型、增安型和“n”型电气设备进行简单介绍，并对其在设计时的合理选用进行分析。

(1) “d”类型的防爆设备：它们被密封在一个防爆

材料中，这个材料可抵抗内部的爆炸压力，同时也避免了触发外界的爆炸性混合物。此类设备的防护层的表面温度比起爆炸性混合物的触发温度要低。

(2) “e”型增安设备：对于不会出现火花电弧或高温危险的电气，采取以下措施提高其安全与稳定性能：采用优良的绝缘材料，降低温升，增大电间隔与爬电距离，改善导线的连接质量等，这些都是为了防止在正常和规定的超负荷情况下发生点燃。

(3) “n”型无火花型：指的是在正常操作以及符合标准要求的情况下，其电子装置不会触发周边爆炸性混合物的环境，这种装置的特征与增安型相近，然而并未对其进行进一步增添额外的安全保证措施。

根据相应的爆破风险数据，在正常工作条件下，防爆等级为：防爆型=增强型) 无火花型；在发生故障时，其安全性等级依次为：防爆型) 增强型) 无火花型。各种抗爆结构型式均有其适用的适用条件，但在电气设计时，很多设计者往往坚持采用防爆型，而大多数厂家也采用这种型号的电气设备。而事实上，隔爆型电气设备是性能最为成熟、使用范围最广泛，安全性能最好的型号，它不仅可以应用在 1 区或者 2 区，也可以应用在各种强、弱电设备和设备上。

在任何场景中，可主动地选择使用增安型和无火花型设备，这两种方式都能应对 1 区或 2 区的环境。根据《AQ 3009-2007 危险场所电气安全防爆规范》，增安型设备同时适用 1 区或 2 区与第 4 节的观点相矛盾；（第 4 节观点截图如下）

另一方面，无火花型设备能够适用于 1 区或 2 区，它也拥有增安型所具备的尺寸小、质量轻、成本低、易于保养的优势。据相关信息显示，近些年德国的化学工业中，增安型和无火花型设备的使用比例大概占据了防爆电气设备的 80%，而隔爆型则只占 15%。这个比例在我国的情况下存在显著差异。

### 4 隔爆型和增安型电气设备对比分析

中国海洋石油平台中通常将爆炸危险区划分为三个区域，如表 1 所示：

表 1 海洋石油平台爆炸性危险区的划分

| 划分区域         | 0 区                                   | 1 区                                   | 2 区                                                   |
|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 存在危险可能性的时间量度 | 正常情况下爆炸性气体混合物连续地或长期存在的场所<br>(1000h/y) | 正常情况下爆炸性气体混合物有可能出现的场所<br>(10~1000h/y) | 正常情况下爆炸性气体混合物不可能出现，仅在不正常情况下偶然短时间出现的场所<br>把 (10h/y 以下) |

0 区为持续发生或连续发生爆炸物的地区；1 区：指在正常工作条件下，有可能产生爆炸物的地方；2 区为一般情况下极少发生爆性气体。爆炸性危险区的划分可以为防爆技术的应用提供参考和依据。

在 1 区和 2 区，无论采取哪种形态的防爆电气设备，

其在技术上均能达到防爆标准。然而,在实际应用中,增安型的更符合海洋石油平台的需求,并且与之相比,它具有如下几个明显的优点:(1)与隔爆型的电气设备相比,增安型的成本明显降低<sup>[4]</sup>。尽管隔爆型的电气设备在防爆方面表现出色,但在1区和2区,增安型的设备仍然具有充分的应用需求。(2)增安型电气设备较其他种类的电力装置,重量轻,安装方便。(3)虽然增安型电气设备的安装和维护过程相对简洁,但其对于制造和安装的需求却更为严格。安装和运行过程中可能会遇到一些问题,因此,具有防爆外壳的设备可能并非安全。

简而言之,隔爆型设备的工作原理是使得易燃气体在其外壳中产生爆炸,然后通过保护爆炸的空隙防止其扩散至周围环境,从而将爆炸的影响限制在其内部。这种设备的外壳需求相当高,因为它的外壳并非仅仅由一块不锈钢板构成,还包括了如显示器、开关等塑料元件,而这些元件与钢板的连接部位往往会遇到问题。设备的隔爆性并非完全封闭,而是存在一定的间隙。这类设备对于间隙的大小和表面的平滑性等方面都有着严格的规定。海油在近年来对防爆电气的重视程度极高,几乎所有的项目都会请防爆电气领域的专家进行检测。从专家们的检测结果来看,90%的问题源自防爆电气设备,其中,防爆间隙和防爆面的不规则问题占了主导地位。特别是几年后的隔爆型接线箱,更有可能产生这种情况。

另外,隔爆式端子盒的安装,还需要对插入线缆的填料进行说明,并配置合适的防爆填料。在使用时,对填料进行了严格的安装指导,需用适当的填充物进行封闭。然而,在实际施工中,由于施工人员的个人原因,许多填充物的安装并未达到标准。

假如隔爆型电气设备有故障,那么进入其中的易燃物质会爆炸,这种爆炸会扩散至周围环境,导致周围的易燃气体爆炸,这会严重威胁到平台的安全。此外,通常情况下,隔爆设备的故障需由专业人士和专门的工具进行检查,例如,隔爆间隙,通常无法直接观察到,因此须借助专门的塞尺进行测量。所以,隔爆形接线的故障是比较隐蔽的,对于普通操作人员来说难以察觉。所以,在海洋石油平台1、2区域,防爆型电力装置与其他装置相比具有较大优势。此外,“增安式”电气设备的造价低廉,安装与使用也较为容易,最关键的是它的稳定性强,不易产生故障。

## 5 针对安全隐患需改进的具体措施

### 5.1 重视防爆电气设备的区域管理

在正确地挑选防爆电气设备的安装模式的同时,也需注意设备的设置,需严格按照安装的规则 and 标准来操作,并且设备的安装过程中需配备具备隔热功能的防护罩。此

外,当设计危险区域的电缆布局时,需确保电缆与该地段的地面、墙体等部位的距离适中,以最大限度地减少电缆与管道的碰撞<sup>[5]</sup>。需把防爆电气设备按照其特定的功能进行划分,并且把它们划分成基础安全设备和无基础安全设备。最后,必须避免将可移动电缆连接到潜在危险区域,以保证海洋石油平台的稳定性,减少发生爆炸的概率和频度。

### 5.2 对防爆电气设备的类型进行选择和匹配

在实施防爆措施时,必须根据适用的防爆电器类型进行分析。在海上石油钻塔的日常作业中,若火源与爆炸物发生了接触,而又不能进行有效处置,则需要将危险区的防爆电气装置关闭,对火源进行进一步的处置。通过对火源的分析,得出了火源是由两种原因造成的。首先,电气设备运行时,其表面会散发出大量热能,当其遇到具有一定燃点的可燃物时,很容易发生爆炸。另外,用电设备运行时难免会产生电火花,这也是海上油气平台发生爆炸的一个重要原因。所以,需要对电气设备工作时的温度变化进行严密检测,同时要尽可能地将可燃物隔离开来,以最大限度地减少海洋石油平台发生爆炸的概率。另外,防爆电气设备主要有本安型、增安型、正压型、隔爆型、充砂型及其组合型号。该装置广泛应用于海上油田,显示出各类防爆电气与危险地区的密切关系。所以,对于电力工作者来说,必须对海上采油的安全性进行深入的研究,并对其进行合理的设计和选择。

## 6 结语

综上所述,在进行海洋石油平台的日常作业时,需要对防爆电气设备的安全操作给予高度重视。防爆电气设备需要遵循科学与安全的基本原则,定期进行检修和保养。这样做不仅能确保海洋石油平台上相关作业的安全,同时也降低了火灾爆炸事件的风险,确保了海洋石油平台安全平稳地运行。

### 【参考文献】

- [1]傅晓军,兰宇飞,张健.防爆电气设备在海洋石油平台的应用[J].船舶物资与市场,2021,29(9):15-16.
- [2]王晶.防爆电气设备在海洋石油平台的应用研究[J].中国设备工程,2020(20):216-217.
- [3]许鹏.防爆电气设备在海洋石油平台上的应用[J].化工设计通讯,2020,46(8):87-88.
- [4]刘帅.海洋石油平台电气设备防爆问题研究[J].设备管理与维修,2019(3):32-33.
- [5]周正权.海洋石油平台电气设备的防爆问题研究[J].化工管理,2017(20):74.

作者简介:王鹏(1990—),男,甘肃高台人,中海石油(中国)有限公司曹妃甸作业公司工程师,研究方向:电气工程及其自动化。