

# 钻井船电气设备

胡长吉 编著

地质出版社



341029

# 钻井船电气设备

胡长吉 编著



国防工业出版社

1161/5/95  
内 容 简 介

本书介绍了海上石油勘探开发工程中的钻井船电气设备。包括：钻井船上的供电装置、钻井机械电气设备、升降船装置电气设备、动力定位装置、辅助机械的电力拖动控制和电气照明、通信设备、报警信号以及电子计算机的应用。

本书供从事钻井船电气工作的技术人员和工人阅读，也可供钻井船电气设计人员和大专院校的有关专业师生参考。



国防工业出版社出版、发行

(北京市车公庄西路老虎庙七号)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

\*

850×1168/32 印张5<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 147千字

1989年12月第一版 1989年12月第一次印刷 印数：0,001—1,210册

ISBN 7-118-00393-X/U·40 定价：3.60元

## 前 言

最近几年，我国海上石油勘探开发工程发展迅速。作为海上石油开发的主力军——钻井船的数量增加很快。我国已经自行设计和建造了一批钻井船，也从国外引进了数量更多的钻井船。这些钻井船上的电气设备，结构复杂、技术要求高、操作要求严格，需要一支训练有素的技术队伍来作业。通过几年来的实践，我们认识到，钻井船上的电气设备工作在极其严酷、恶劣和危险的环境中，不宜把陆地上使用的电气设备直接用在钻井船上；钻井船电气设备与船用电气设备的要求也有许多不同之处。为了适应我国海上石油开发工程中电气工作者的需要，本书着重介绍钻井船电气设备的特点和对钻井船电气设备的基本要求，对钻井船上的各种类型的电气设备作了概要的介绍，并对它们的电气特性和在钻井船上的工作情况进行了必要的说明。关于电气设备的一般原理、一般特性和通用规范标准等，在本书中就不予一一赘述了。

海洋石油工程是近代才发展起来的一个新的、综合性技术领域。目前，国内外专门论述钻井船电气设备方面的书籍和资料还不多，在编书过程中，得到有关船厂、高等院校的同行和国外朋友的热情帮助和支持，挪威船级社(DNV)K.W.Edvartsen先生、新加坡远东Levingston造船公司黄国胜先生和Kabelmetal Electro公司R.S.Sun先生等提供了有参考价值的资料，在本书出版前，全书经渤海石油公司工程设计公司电气高级工程师章季申同志校对，经中国船舶及海洋工程设计研究院高级工程师蔡颖同志审阅，在此表示衷心的感谢！

由于本人水平所限，书中错误和不妥之处在所难免，诚恳希望读者批评指正。

编 者

## 目 录

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| 第一章 绪论 .....                    | ( 1 )   |
| 第一节 引言 .....                    | ( 1 )   |
| 第二节 钻井船电气设备的环境条件 .....          | ( 3 )   |
| 第三节 规范和标准 .....                 | ( 4 )   |
| 第四节 钻井船电气设备的防爆安全 .....          | ( 6 )   |
| 第二章 供电装置 .....                  | ( 13 )  |
| 第一节 负荷和电制 .....                 | ( 13 )  |
| 第二节 发电机组 .....                  | ( 24 )  |
| 第三节 配电装置 .....                  | ( 31 )  |
| 第四节 应急电站 .....                  | ( 39 )  |
| 第五节 蓄电池及充放电系统 .....             | ( 43 )  |
| 第六节 不间断供电装置 (UPS) .....         | ( 47 )  |
| 第七节 电缆和布线 .....                 | ( 54 )  |
| 第三章 钻井机械电气设备 .....              | ( 65 )  |
| 第一节 概述 .....                    | ( 65 )  |
| 第二节 三绕组直流发电机-直流电动机系统 .....      | ( 69 )  |
| 第三节 交流同步发电机-可控硅装置-直流电动机系统 ..... | ( 73 )  |
| 第四章 升降船装置电气设备 .....             | ( 84 )  |
| 第一节 概述 .....                    | ( 84 )  |
| 第二节 机械式升降船装置电气设备 .....          | ( 87 )  |
| 第三节 液压升降船装置电气设备 .....           | ( 93 )  |
| 第五章 动力定位装置 .....                | ( 100 ) |
| 第一节 概述 .....                    | ( 100 ) |
| 第二节 位移测定系统 .....                | ( 101 ) |
| 第三节 实船动力定位系统 .....              | ( 106 ) |
| 第六章 辅助机械的电力拖动控制 .....           | ( 115 ) |

## Ⅶ

|      |                   |         |
|------|-------------------|---------|
| 第一节  | 概 述               | ( 115 ) |
| 第二节  | 电动机控制中心           | ( 117 ) |
| 第七章  | 电 气 照 明           | ( 125 ) |
| 第一节  | 概 述               | ( 125 ) |
| 第二节  | 照 度 标 准           | ( 125 ) |
| 第三节  | 电 光 源             | ( 127 ) |
| 第四节  | 灯具的选择和安装          | ( 135 ) |
| 第五节  | 电气照明网络            | ( 137 ) |
| 第八章  | 通 信 设 备 和 报 警 信 号 | ( 140 ) |
| 第一节  | 通 信 设 备           | ( 140 ) |
| 第二节  | 信号报警装置            | ( 149 ) |
| 第九章  | 电 子 计 算 机 的 应 用   | ( 161 ) |
| 第一节  | 概 述               | ( 161 ) |
| 第二节  | 全 船 控 制           | ( 162 ) |
| 第三节  | 钻 井 控 制           | ( 166 ) |
| 参考资料 |                   | ( 174 ) |

# 第一章 绪 论

## 第一节 引 言

我们生活的地球表面，海洋的面积大约占71%。现在，人们已经知道，海底蕴藏着非常丰富的石油和天然气资源。本世纪60年代，海上石油勘探开发工作进入了飞跃发展的阶段。人们预计，到2000年世界油气资源需要量的一半将来自海上油气田。我国拥有18000多km的大陆海岸线，包括岛屿岸线在内共有32000多km长的海岸线，大陆架面积广阔，水深200m以内的有100多万平方公里，这些地区生油条件好。经过20几年在海上找油的实践表明，我国海上石油和天然气的勘探开发有着非常美好的前景。

在海上进行石油勘探开发是一项非常艰巨和复杂的工程，它是涉及到多学科、综合性的技术，需要多种类型的船舶相互协调配合。这些船舶的主要类型有：钻井船、三用工作船、拖轮、起重船、打桩船、铺管船、调查船、地质取芯船、固井船、挖泥船、油轮、平驳和交通船等等。其中，起主要作用的是钻井船（亦称

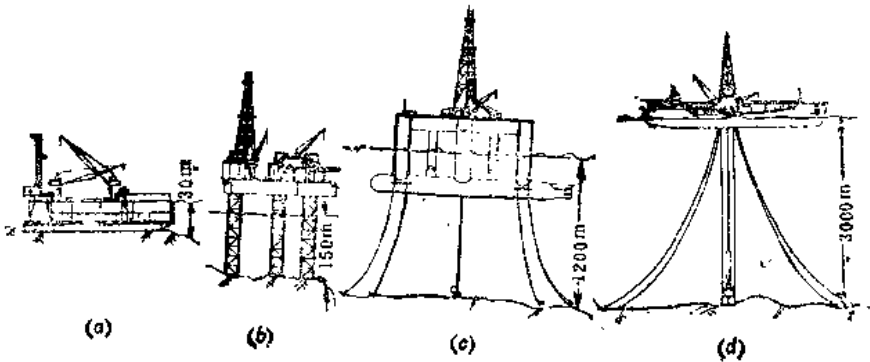


图1-1 钻井船的类型

移动式钻井装置)。目前,钻井船主要有下列四种型式,见图1-1。

1. 沉浮式钻井装置(图1-1(a)):亦称坐底式钻井装置。它一般适用于水深5~30m的浅海海域,我国自行设计和建造投产的SL901型钻井船属于这种类型。由于这种装置使用的局限性太大,所以目前渐趋减少。

2. 自升式钻井船(图1-1(b))。这种钻井船具有箱形驳船式船体,工作时,多由拖船将其拖运至设计井位,通过本身的升降机构和桩腿把船体升出水面至波浪打不到的高度,然后开始钻井作业。钻井完毕,再由升降机构把船体降到水面,把插入海底的桩腿拔起,再由拖船将其拖运到新设计的井位。这种装置的工作水深一般从20m到150米,几乎包括了目前大部分供勘探开发的大陆架海域。因此,自升式钻井船的总数量几乎占有所有钻井船数量的一半。我国钻井船渤海一、二、三、四、五、六、七、八、九、十和十一号,南海一、三和四号以及勘探二号均属于这种类型。

3. 半潜式钻井船(图1-1(c)):为了向更深的海域进发,人们研制了半潜式钻井船。这是一个在巨大船体下面加上立柱,立柱下面再装上沉箱构成的。这种半潜式钻井船到达井位后,先向下部沉箱注水,使沉箱和部分立柱沉入水中,船体部分还高出水面,相对地减少了波浪的影响;然后用锚装置加以定位方可钻井;完井后起锚、排出沉箱中的水即可移船。半潜式钻井船用锚泊定位钻井的适用水深达200m,经过对锚泊系统改进和使用动力定位装置,使得最大工作水深可达450~1200m。

4. 浮式钻井船(图1-1(d)):浮式钻井船的船体和一般的海船类似,有时也搞成双体船。由于这种钻井船具有浮式船体结构,所以,它的工作水深可达3000m。这种钻井船大多安装了新式的动力定位装置,使定位稳定性显著提高。但是,由于动力定位装置复杂,价格昂贵,在淡水中使用误差太大,所以,在钻井船总数中,这种装置的数量比自升式和半潜式钻井船要少。

据不完全统计,从1949年出现第一艘钻井船到现在,全世界



在海上作业的钻井船的总数量已经超过600艘。钻井船属于大型工程船舶，船上使用的电气设备复杂、技术要求高、投资大。随着海上石油勘探开发工程的不断发展和电气化、自动化程度的不断提高，电气设备在海上石油钻井船上的应用，已经成为一个重要的技术领域。本书着重介绍钻井船特有的电气设备。

## 第二节 钻井船电气设备的环境条件

钻井船电气设备的环境条件和工作条件与陆地有很明显的差异，与一般海船也不完全相同。了解这些，对钻井船电气设备的设计、制造、使用和维修都有重要意义。

钻井船长期远离海岸，在浩瀚的大海上作业，自然环境条件是复杂的，有些时候是相当严酷的。这些环境条件的主要因素是：气温、风、波浪、潮汐、海流、雨、雪、雾、霜、雪电、冰、水温、盐度、湿度、海水腐蚀、生物附着、霉菌、海底土壤和地震等。在不同海域，上述各种因素的差别可能是很大的，即使在相同海域，随着时间和季节的变化，这些因素也可能有较大幅度的变化。因此，在钻井船的设计中，常应用有关规范中提出的所谓“极限环境条件”。极限环境条件是指在钻井船使用期限内出现极少的最恶劣的环境条件。它的选择一般应以保证钻井船作业的安全为准则。在设计中常选50年一遇的极限环境条件，某些需要可靠性更高的场合，也有选用100年一遇的极限环境条件。

根据上述环境条件因素，可见，钻井船电气设备的环境条件及其特点如下：

1. 长期离岸工作，零部件补给困难。
2. 可能在不同海域作业，环境温差大，可能受高温、低温和冰的影响。
3. 工作环境湿度大，有霉菌和附着生物的影响。
4. 可能受强风和海浪的冲击。

5. 工作环境中有油污、腐蚀性气体,甚至存在可引爆和引燃的气体。

6. 工作环境中有振动,可能受冲击,可能遭受地震的损害。

7. 钻井船上空间有限,设备高度集中,使电气设备的布置受空间限制严重。

8. 钻井船为钢结构,电气设备众多,工作在同一电磁屏蔽环境中,易受干扰。

根据上述的工作环境及其特点,钻井船电气设备应满足如下要求:

1. 具有较高的工作可靠性。

2. 对环境的适应性强。

3. 在危险区域内工作的电气设备,应具有与使用环境相应的防爆性能。

4. 具有运行的耐久性。

5. 满足防火要求。

6. 体积小、重量轻。

7. 电气设备应能做成方便的模块结构,这样,可以最大限度地减少海上安装和维护的工作量,从而降低费用。

8. 电气设备应具有良好的防护性能。即具有防油污、盐雾、霉菌、振动、冲击以及上面已提及的防爆等性能。

9. 电气设备的外壳应方便拆装、维修,并保证维修和操作人员的人身安全。

10. 具有防止无线电干扰的措施。

应当指出,对于不同类型的电气设备因用途和工作场所不同,对上述各项要求可能不尽相同和有所侧重。

### 第三节 规范和标准

随着电气设备在钻井船上的广泛使用,一些国家和组织提出了许多有关法规、规范、规程、标准和推荐作法。其中大多被工

业生产部门所接受，并得到政府批准。最近几年，我国在这方面做了大量的工作，组织编写并推行了一些规范和标准。所有这些，都促进了钻井船电气设备的设计、制造、安装、使用和维护的发展。下面列出目前钻井船电气设备适用的主要法规、规范、规程、标准和推荐作法。

海上移动式钻井船入级与建造规范（中国船舶检验局 ZC 1982年）；

钢质海船入级与建造规范（中国船舶检验局 ZC 1983年）；

移动式海上钻井装置的建造和入级规范（美国船级社 ABS 1985年）；

移动式近海钻井船建造和设备规则（MODU）（政府间海事组织 1981年）；

近海结构物的设计、建造和检验规范（挪威船级社 D N V 1980年）；

国际海上人命安全公约（SOLAS）（政府间海事组织 1981年）；

移动式钻井设备（IEC92-505）（国际电工委员会 1981年）；

海洋采油平台电气系统的设计与安装推荐作法（API RP 14F）（美国石油学会 1978年）；

陆地和海上固定式及移动式平台的钻井装置和采油设施电气设备的区域分类推荐作法（API RP500 B）（美国石油学会 1981年）；

在危险环境中的电子仪器推荐作法（ISA RP12.1）（美国仪表学会）；

电动机和发电机的应用、安装和选择指南以及结构的安全标准（NEMA Pub NO.MG2）（美国全国电器制造商协会）；

国家电气法规（NFPA NO.70）（美国全国消防协会）；

爆炸性环境用电气设备标准（GB3836-83）（中国国家标准局国家标准）；

全国保险商标准 (UL) (美国保险商实验公司推荐标准) ;  
近海建筑物信号推荐规则 (IALA) (国际航标管理协会  
1968年) ;

移动式 and 固定式近海装置电气和电子设备的推荐作法 (英国  
电气和电子工程师学会 IEE, UK, 1983年) 。

#### 第四节 钻井船电气设备的防爆安全

钻井船是以开发海洋石油和天然气资源为目的的海上构筑物。因此, 钻井船上的很多电气设备可能工作在具有石油蒸气和天然气的环境之中, 而石油蒸气和天然气都是极易被引爆和引燃的危险性气体。所以, 在钻井船电气设备的设计、制造、安装、使用和维护过程中, 解决好电气设备的防爆安全问题, 既是保证安全生产的大事, 也是保证生产人员生命安全的重要问题。特别是因为, 钻井船经常较长时间的在海上孤立作业, 一般离海岸较远, 交通不方便, 船上的空间有限, 设备又高度集中, 因此, 一旦引爆或引燃, 极容易形成迅速扩大的连锁反应, 造成巨大的灾害和严重的损失。

研究表明, 恰当地解决好钻井船电气设备的防爆安全是一项比较复杂的技术问题。它可能涉及到防爆的基本理论问题、安全立法的问题、海上各海气井周围的石油蒸气和天然气成分的分析问题、防爆结构设计问题、设施配套设计问题、操作技术问题和经济分析问题等。

为了解决好这个重要问题, 国际有关的组织、一些国家和我国已经制订, 并正在陆续制订一些规范和标准。同时, 提出了一些电气设备的防爆设计方法和推荐作法。

根据有关规范和标准的规定, 首先, 把钻井船的内部及其周围空间划分为不同程度的危险区域和安全区。各个国家对于危险区域的划分也不尽相同, 例如, 美国、加拿大与国际上其它国家

不一样。

美国国家电气法规将危险区分成三级，其中，Ⅰ级区域是指有足够量的易燃气体或蒸气出现或可能积蓄在空气中，因而产生爆炸或混合物燃烧的部位；Ⅱ级区域是指存在着可燃粉尘的部位；而Ⅲ级区域是指出现容易燃烧的纤维和飞絮而造成的危险部位。因此，在钻井船上只涉及Ⅰ级危险区。而Ⅰ级危险区又分成两类：

Ⅰ级1类部位是：

1. 在正常工作条件下，易燃气体和蒸气的危险浓度连续地、间歇地或周期性地存在的部位；
2. 由于修理或维护运行，或由于泄漏而可能使这种易燃气体或蒸气的危险浓度经常存在的部位；
3. 由于设备或工艺过程遭到损坏或操作不善而可能释放出易燃气体或蒸气及至危险浓度的部位。

Ⅰ级2类部位是：

1. 输送、加工或使用挥发性易燃液体或易燃气体的部位，但是，在该部位中的危险性液体、蒸气或气体，在正常情况下被封闭在密封容器或封闭的系统内，只有在这种容器或系统出现意外破裂或损坏的情况下或在设备被误操作的情况下才逸出；
2. 在正常情况下，用正压机械通风来防止形成气体或蒸气的危险浓度，而当通风设备失灵或操作不当时，才会成为危险部位；
3. 处在Ⅰ级1类部位附近，只有偶然传送这种气体或蒸气时，才达到危险浓度的部位，而从清洁空气源用适当正压通风可以防止这种传送，对于有防止通风装置失灵的可靠保护设施者除外。

国际上大多数国家，包括我国，均将危险区域划分为“0”、“1”和“2”三种类型：

“0”类危险区是指连续或长期存在爆炸性混合气体的区域。

“1”类危险区是指在正常工作中可能产生或积聚爆炸性混合气体的区域。

“2”类危险区是指在正常工作中不易产生或积聚爆炸性混

合气体，即使出现这种气体也仅在短时间内存在的区域。

除了上述三类危险区以外的区域均为安全区。

可见，大致上可以认为Ⅰ级1类相当于“0”和“1”类，Ⅰ级2类相当于“2”类。

根据上述定义，在钻井船上属于“0”类危险区的处所有：

1. 从井口到泥浆循环系统之间管路、设备和容器的内部空间；
2. 油气产品的封闭舱柜及其系统的内部空间；
3. 其它爆炸性混合气体可能长期积聚的凹陷处。

属于“1”类危险区的处所有：

1. 从井口到除气排出管终端出口之间的泥浆循环系统，有开口通向的封闭处；
2. 在室外或半封闭处，从上条规定的泥浆循环系统设备的任何开口和“1”类危险处所通风出口边界起向上和周围1.5m，向下3m以内的区域，或任何去“1”类危险区的通道；
3. 在钻井台以下可能泄漏出油气的封闭或半封闭空间，以及有开口与该处所连接的封闭空间，在钻井台以上的封闭空间及有开口与该部位连接的封闭空间；
4. 在油气容易积聚而通风不良的地方，或与“2”类危险区相通的不通风的处所。

属于“2”类危险区的处所有：

1. 从除气排出管终端出口到泥浆池舱内和泥浆泵吸口接管之间的泥浆循环系统有开口通向的封闭空间；
2. 在钻井井架钻台范围内，从钻台铺板向上3m范围内的露天部位。半封闭或钻台为围壁高度超过3m，则应以围壁高度为限；
3. 在钻台下面及其附近可能积聚油气的任何围壁范围内的半封闭空间；
4. 在钻台下面以可能泄漏的油气源为中心，半径为3m的露天部位；

5. 对于“1”类区2、3条规定的向上和周围1.5m，向下3m以内的区域；

6. 来自“2”类危险区封闭空间的通风出口处边界起向上和周围1.5m，向下3m范围内的区域；

7. 装在露天部位用作处理、运送和储存石油和天然气产品的设备、容器及其管道，以可能泄漏的油气源为中心，半径为3m以内的区域。

根据我国规范规定，在危险区域内的电气设备应按表 1-1 选择防爆型式：

表 1-1

| 危险区类别      | 0 类   | 1 类              | 2 类                          |
|------------|-------|------------------|------------------------------|
| 准用<br>防爆型式 | 本质安全型 | 隔爆型<br><br>本质安全型 | 增安型<br>隔爆型<br>通风充气型<br>本质安全型 |

增安型（国际标志e）——其基本特点是在此类设备中采取高度安全的措施，使该电气设备的内部和外部零件在正常使用时不可能出现过高的温度、火花或电弧。

隔爆型（国际标志d）——其基本特点是在此类设备中，凡是可点燃爆炸性气体的部件均被装在外壳中。该外壳能承受内部气体爆炸时所产生的应力，并能防止爆炸产生的高温气体点燃设备外部的爆炸性或易燃性气体。该设备外壳的温度也不能高于点燃此种气体的温度。

本质安全型（国际标志i）——其基本特点是该设备电路中的能量很低，该电路一旦发生短路、开路或接地故障时产生的火花所释放的能量不足以点燃周围危险性气体。由于本质安全型防爆电气设备适用于极端危险的“0”类区域，所以，对它的要求就特别严格。除了对设备制造厂家在结构和性能上提出严格要求

求，并必须经法定检验部门检验合格颁发合格证书外，规范还对其安装电缆及施工工艺提出严格要求。同时，要求与其它设备相连接时，必须按申报主管防爆机关认可的连接方式和接线图连接，不得另外再接其它设备。

通风充气型（国际标志p）——其基本特点是此类设备内部在工作状态中经常处于规定的“正压”状态。这就要求送气系统保证要可靠和稳定地供给该电气设备内部需要的风压和风量。并保证送入的气体不含有爆炸性混合气体或其它有害物质。

除了上述几种常用的防爆型式外，尚有目前已极少应用的油浸型（国际标志o）、充砂型（国际标志q）以及正在发展中的无火花型（国际标志n）、模制型（国际标志m）和特种防护型（国际标志s），这里就不多介绍了。

由上述可以看出，为了安全，人们往往对防爆电气设备提出较高的技术要求，这样，就导致防爆电气设备的价格要比同类一般电气设备高得多；另一方面，也有片面地强调经济指标、没有严格要求和选型不当，使这些电气设备在危险区域内使用发生了问题，以致引爆或引燃，造成生命财产的重大损失。因此，建议防爆电气设备的选型和布置应符合下列基本原则：

1. 应该尽量将危险区域内的电气设备减少到最低限度。也就是说，不是必须在防爆区域内安装的电气设备，应一律移到危险区以外安装。

2. 危险区域内照明的开关、电动机的起动器和分配电箱等，应尽量移至安全区安装。

3. 必须在防爆区内安装的电气设备，应该尽量安装在较低一级的防爆区。例如，可以在“2”类区域内安装的电气设备，不应该在“1”类区域内安装。

4. 安装在危险区域内的电气设备，均应该有法定防爆检验机关颁发的合格证书。

5. 应该根据危险区域的类别，选用相应的防爆型式。选得



过高，浪费资财；而选得过低，则不安全。

在进行钻井船电气设计时，就是要按照上述具体要求，用不同线条绘出和标出平面图上的各类危险区域，绘成“分类区域划分图”，并选择相应防爆型式的电气设备。

为了保证电气设备壳体内保持规定“正压”，建议电气控制系统应满足图1-2规定的工作流程。

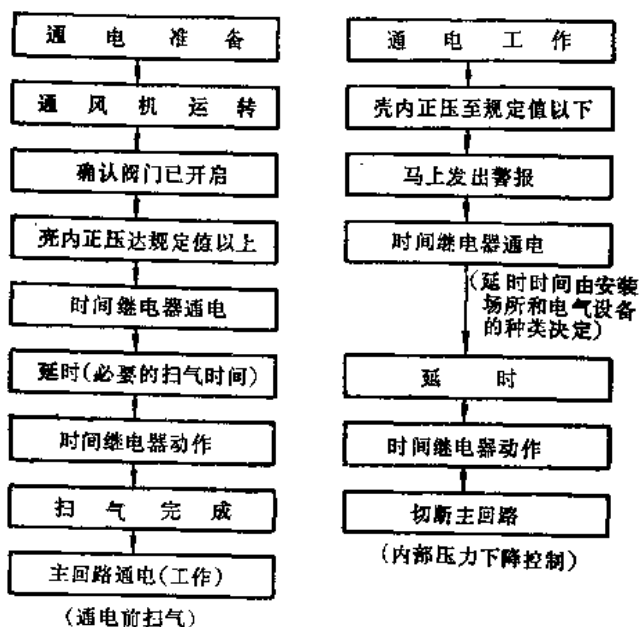


图1-2 通风充气型电气设备“正压”保护控制流程

满足了这个控制流程，即可以实现电气设备工作前按规定扫在内部正压压力小于规定值界限时，及时控制和报警。

为了确保危险区域内电气设备的安全运行，不但要在设计时，在技术上要得到充分的保证，而且在钻井船建造过程中，在施工工艺上也要得到保证。因此，设计部门应向钻井船承造厂提出“危险区域电气施工工艺原则”文件。承造厂必须根据这个文件的要求，制订危险区域电气施工工艺文件指导施工，以保证危险区域电气设备的工艺质量。