
译文:

M-503

NORSOK 标准

Rev.3 2007.05

阴极保护

Cathodic Protection

本挪威石油标准化组织 (NORSOK) 标准由挪威石油工业主要行业合作制订, 属挪威石油工业协会 (OLF) 为代表的挪威石油工业和挪威工业联合会 (NIF) 所有。请努力保证执行本标准的准确性, OLF 和 NIF 及其成员不对本标准的使用负责。挪威标准局负责管理和发行本 NORSOK 标准。

Standards Norway
Strandveien 18, P.O. Box 242
N-1326 Lysaker
NORWAY

Copyrights reserved

Telephone: + 47 67 83 86 00
Fax: + 47 67 83 86 01
Email: petroleum@standard.no
Website: www.standard.no/petroleum

目 录

前言	3
引言	3
1 范围	4
2 引用文件	4
2.1 规范性引用文件.....	4
2.2 资料性引用文件.....	4
3 术语、定义、缩写词和符号.....	5
3.1 术语和定义	5
3.2 缩写词和符号.....	5
4 阴极保护设计	5
4.1 总则	5
4.2 电连续性要求.....	6
4.3 泥区	6
4.4 混凝土构筑物的保护.....	6
5 设计参数	7
5.1 设计寿命	7
5.2 电流密度需求.....	7
5.3 涂漆表面	8
5.4 防沉板、塔裙和桩.....	8
5.5 井的电流消耗.....	8
5.6 锚链的电流消耗.....	8
5.7 电解液的电阻率.....	9
5.8 牺牲阳极	9
6 阳极的制造	9
6.1 试制试验	9
6.2 涂层	9
6.3 钢芯材料	10
6.4 铝阳极/材料	10
6.5 锌阳极/材料	10
7 阳极的检查、试验和容限.....	11
8 海底管道的阴极保护.....	11
8.1 总则	11
8.2 管路设计要求.....	11
9 阳极安装检查	13

前言

本NORSOK 标准由挪威石油工业制订, 以确保挪威石油工业的发展和运行足够安全、增值(附加价值)和资金的有效利用。此外, 该标准旨在尽可能代替石油公司的技术规范并作为官方法规的引用文件使用。

本NORSOK 标准通常基于已颁布认可的国际标准。附加上了认为能够满足挪威石油工业要求的必要条款。只要可能, NORSOK标准将尽可能让挪威工业进入国际标准化过程, 随着国际标准的制订和发布, 相关NORSOK 标准被撤回。

本NORSOK 标准是根据一般适用的标准工作原则和在NORSOK A-001 标准中确立的程序而制订的。

本NORSOK 标准是在OLF(挪威石油工业协会)、挪威工业联合会、挪威船东联合会和挪威石油安全当局的支持下制订和发布的。

NORSOK 标准由挪威标准化机构负责管理和发行。

引言

本 NORSOK 标准第三版的修改在于反映国际标准 ISO 15589-2‘石油和天然气工业—管路的阴极保护—海底管路’对海底管道的阴极保护和 DNV RP B401 的修订以及在高强度高合金钢管道材料的氢致开裂方面的最新经验。

有关海底管道系统的特殊要求在第 8 章中给出。

1 范围

本标准提出对水下装置和海水隔室的阴极保护设计要求以及牺牲阳极的制造和安装要求。

有关海底管道系统的特殊要求在第8章中给出。

2 引用文件

以下标准及其条款和指南经过本标准文本中的引用构成标准的条款和指南。除非另有规定,引用标准的最新版本适用于本标准。只要能够表明符合引用标准的要求,其他公认标准也可以使用。

2.1 规范性引用文件

ASTM D1141	海水代用品技术要求
AWS D1.1	结构性焊接代码—钢
DNV-RP-B401	阴极保护设计
EN 287-1	焊工资质评定考试—熔焊—第1部分:钢
EN ISO 15607	金属材料焊接规程的要求和资质评定—通则 (ISO 15607:2003)
EN ISO 15609-1	金属材料焊接规程的要求和资质评定—第1部分:电弧焊 (ISO 15609-1:2004)
EN ISO 15614-1	金属材料焊接规程的要求和资质评定—焊接工艺试验—第1部分:钢的弧焊和气焊及镍和镍基合金的弧焊 (ISO 15614-1:2004)
EN 10204	金属产品—检查文件的类型
ISO 1461	金属覆盖层—钢铁制件热浸锌覆盖层—要求
ISO 8501-1	涂漆和相关产品前钢铁的表面处理—表面清洁度目视评价—第1部分:无涂层和完全去除老涂层后的钢铁表面的锈蚀等级和处理等级
ISO 15589-1	石油和天然气工业—输送系统管路的阴极保护—第1部分:陆上管路
ISO 15589-2	石油和天然气工业—管路的阴极保护—第2部分:海上管路
NORSOK M-001	材料选择
NORSOK M-501	表面处理和防护涂层

2.2 资料性引用文件

DNV-RP-F112	暴露在阴极保护下的双相不锈钢水下设备的设计
EN 10002-1	金属材料—拉力试验—第1部分:室温试验方法
NORSOK M-WA-01	避免双相不锈钢氢致应力开裂设计指南

3 术语、定义、缩写词和符号

在本标准中以下术语、定义、缩写词和符号适用。

3.1 术语和定义

3.1.1 应/shall: 形态动词, 用于表示为了符合本标准要求需要严格遵守的要求, 若没有相关所有方的同意不得有偏差。

3.1.2 宜/should: 形态动词, 用于表示在几种可能性中有一种因特别适合而被推荐, 其他的没有提及但也不排除采用或在某一过程中虽然最佳但不是必然需要的。

3.1.3 可/may: 形态动词, 用于表示在本标准的限制条件下一行动过程是被允许的。

3.1.4 能/can: 形态动词, 用于陈述可能性和能力, 不管是材料还是物质或自然的。

3.1.5 牺牲阳极/galvanic anode: 通过电化学作用给阴极保护提供电流的电极。

注: 这种电极因为是阴极保护系统的电源而将被消耗掉, 因此被称为牺牲阳极。

3.2 缩写词和符号

Ag/AgCl	银/氯化银
CP	阴极保护
HISC	氢致应力开裂
ΔE_A	电解质电压降[mV]
ΔE_{Me}	金属电压降[mV]
R_{Anode}	阳极电阻[ohm (欧姆)]
i	电流密度[mA/m ²]
f_c	涂层击穿系数
f_{cm}	平均涂层击穿系数
f_{cf}	后期涂层击穿系数
D	管道外径[m]
ρ_{Me}	管道材料的电阻率[$\Omega \cdot m$]
L	阳极间隔[m]
d	管道壁厚[m]

4 阴极保护设计

4.1 总则

阴极保护系统的设计应适当考虑到环境条件、相邻构筑物和其他活动。阴极保护系统设计宜以牺牲阳极为基础, 加芯阳极、镶装阳极和箍套阳极都可使用。详细防腐蚀设计中应包含不同类型阳极的确切位置和分布。

在进入制作阶段之前应对详细设计的设计加以验证。当采用加芯型阳极时, 应采取措施

使布置和安装这些阳极时不会妨碍水下干预操作。

阴极保护系统应有能力将装置浸在水中的所有钢铁的电位极化到 $-800\text{mV}\sim-1100\text{mV}$ 之间(相对 Ag/AgCl /海水参比电极),并在装置的整个设计寿命期间保持这个电位。

可以考虑使用外加电流阴极保护系统。本标准不包含对外加电流阴极保护系统的要求,但ISO 15589-2提供了对管路的相关要求。

阴极保护系统应设计到装置的寿命,如果备有文件证明切实可行,可以采用改装方案。所有阴极保护系统应按DNV-RP-B401规定的计算程序计算,但管路的按本标准第8章要求。详细设计中可以采用计算机模型来确定阳极的分布和验证复杂几何形态零件的保护效果。例如对于桩区的导管架、导线架和J-管承口、裙部以及阳极暴露在海水中而本身被沉积物包围的其他零件,计算机模型就很有用。计算机模型还可用于评价阳极之间和或构筑物之间的任何干扰影响。

在设计中应使用第5章中给出的计算数据。面积计算应使用最新版本的图纸,应包含平均水线以下的所有面积。应注明引用的图纸和版本号。

应列出设计中包含的物项,说明对面积的处理方式,例如裸露的、涂漆的、橡胶覆盖层的。设计中没有包含的物项也应列出,例如要拆除的临时性物项。应列出允许消耗电流的物项。

高强度碳钢材料(规定最低屈服强度 $>550\text{MPa}$ 且实际最大屈服强度 $\leq 750\text{MPa}$)要求作HISC方面的专门评价。抗冲击性能可按EN 10002-1记录在案。合金材料应采用DNV-RP-B401中有关HISC的建议。HISC和材料应用的相关指南见NORSOK M-WA-01和DNV-RP-F112。水下管路也见本标准第8章。

如果使用,对阴极保护构筑物的永久监测系统应按NORSOK M-001。

4.2 电连续性要求

要保护的所有物项与阳极应采用焊接或硬钎焊连接。面积在 1m^2 以下的螺栓把合或夹持的组件,只要实际测量验证与阳极的电阻小于 0.10 欧姆就可被相邻的阳极保护,在组装前应将接触表面的涂层去除。

如果连接采用的是两端焊接/硬钎焊的铜缆,应采用绞线铜缆且截面积至少达到 16mm^2 。如果采用电缆端部套管,铜缆和套管应钎焊在一起。

4.3 泥区

埋在海床泥沙中的钢件应采用牺牲阳极阴极保护。阳极应自由暴露在海水中。

4.4 混凝土构筑物的保护

为了让与暴露件金属接触的埋入钢铁得到阴极保护,所有钢铁(埋入的和暴露的)都应得到极化。这种极化应采用牺牲阳极。

给钢筋体系提供电流的牺牲阳极应安装在永久性的钢件上或暴露在海水中的专用埋入板上,并与钢筋体系电接触。在钢筋体系中机械连接就可以获得充分的电连续性。

5 设计参数

5.1 设计寿命

设计寿命应按合同文件规定。设计寿命中应考虑到正常生产开始之前的制造、准备、安装阶段。

5.2 电流密度需求

在设计中要采用的电流密度在表 1 中给出。电流密度应用在钢、不锈钢、铝、和其他金属材料上。

如果测量显示实际位置需要的电流密度高于表 1 中规定值, 则该位置以测量值为准。

表 1: 适用于暴露在 25°C 及以下温度海水中的裸金属的设计电流密度

深度, m	北海 ($\leq 62^\circ \text{N}$)			挪威海域 (北纬 62°N 以北)		
	初期, Ma/m^2	平均, Ma/m^2	后期, Ma/m^2	初期, Ma/m^2	平均, Ma/m^2	后期, Ma/m^2
0~30	200	100	130	250	120	170
>30~100	170	80	110	200	100	130
>100~300	190	90	140	220	110	170
>300	220	110	170	220	110	170

这些设计电流密度考虑了苛刻的气候条件, 包括海浪和海流, 但是没有考虑泥沙或冰对石灰质垢层的磨蚀作用。

在工作温度超过 25°C 的表面上, 每增高 1°C 电流密度应增加 $1\text{mA}/\text{m}^2$, 这种增加应在考虑覆盖层的任何作用之前进行。

对于自由灌注海水的隔室或与通空气的封闭隔室, 设计电流密度建议采用表 1 中 30 米~100 米深度的值。封闭并密封的注水隔室通常不需要阴极保护。也见 NORSOK M-001。

对于埋在沉积物中的裸钢表面, 不管地理位置和埋入深度如何, 建议采用 $20\text{mA}/\text{m}^2$ 作为 (初期/后期/平均) 设计电流密度。

对于涂覆有铝或锌覆盖层的部件, 建议采用 $10\text{mA}/\text{m}^2$ 作为 (初期/后期/平均) 设计电流密度。如果表面温度超过 25°C , 每增加 1°C 设计电流密度应增加 $0.2\text{mA}/\text{m}^2$ 。

混凝土结构中埋入的钢筋的设计电流密度应采用表 2 中给出的值。这个值与钢筋的表面积相关而与混凝土的表面积不相关。

表 2: 保护混凝土中钢筋的初期/后期和平均电流密度

深度, m	北海 ($\leq 62^\circ \text{N}$), mA/m^2	挪威海域 (北纬 62°N 以北), mA/m^2
0~30	1.0	0.8
>30~100	0.8	0.6
>100	0.6	0.6

对于充满海水的竖井, 阴极保护应从两侧提供。对于通常是空的竖井, 外侧保护的设计电流密度应在表 2 的基础上乘以 1.5 系数。

当埋入钢筋实际表面积 (m^2) 与钢筋混凝土体积 (m^3) 之比比值 B 超过 5 时, 表 2 中的设计电流密度可乘以 $5/B$ 的修正系数。

5.3 涂漆表面

对于按照 NORSOK M-501 涂层体系 7 选择和涂覆的涂漆构筑物, § 5.2 中给出的电流密度应乘以涂层击穿系数。

涂层击穿系数 f_c 描述由于涂层的存在阴极电流密度的预期减小。涂层击穿系数是涂层特性、环境和时间的函数。 f_c 可以表达为:

$$f_c = a + b \times t \quad (1)$$

式中, t (年) 是设计寿命, a 和 b 是取决于涂层特性和环境的常数。对于 NORSOK M-501 的 3B# 和 7# 涂层系统, a 和 b 应采用表 3 中给出的值。表 3 中的常数没有考虑在制造和安装期间对油漆涂层的重大损坏, 如果这种损坏可以预计, 受影响的面积在设计中应计入裸金属面积。

表 3: 计算油漆涂层击穿系数的推荐常数 a 和 b

深度, m	a	b
0~30	0.02	0.012
>30	0.02	0.008

a 和 b 一旦确定, 通过引入阴极保护设计寿命 t_f (年) 就可以分别用以下公式计算出用于阴极保护设计的平均和后期涂层击穿系数 f_{cm} 、 f_{cf} 。

$$f_{cm} = a + b \times \frac{t_f}{2} \quad (2)$$

$$f_{cf} = a + b \times t_f \quad (3)$$

对于具有类似于管路涂层的高质量涂层的水下部件, 应采用第 8 章中规定的涂层击穿系数。

对于导线和其他经受磨损的部件, 对初期涂层击穿系数宜给予特殊考虑。

5.4 防沉板、塔裙和桩

除向暴露在海水中的表面提供电流外, 阳极还要有向以下物项提供消耗电流的容量:

- 埋在沉积物中的防沉板、塔裙和桩的表面: 外部表面 (两侧) 按 20mA/m² 计;
- 如果桩的顶端不能封闭, 要纳入设计的顶部内表面应按 5 倍内径 (的长度, 参见 DNV-RP-B401:2010 § 6.9.2, 译注) 计算。电流消耗应以海水中的电流密度准则为基础。

5.5 井的电流消耗

在阴极保护系统设计中, 平台井应按每口井 5A 电流消耗计。对于水下井, 每口井应增加 8A 电流。用于这种电流消耗的阳极应安装在构筑物 (对于平台完井) 或水下设备 (对于水下井) 上。阳极与井的永久电连接宜牢固。

5.6 锚链的电流消耗

对于只采用干舷系泊的锚固系统, 在阴极保护设计中每根锚链应计 30 米。对于系泊点在水下的锚固系统, 在阴极保护设计中每根锚链应计从海平面到系泊点暴露在海水中的链段加从系泊点起 30 米链段。

5.7 电解液的电阻率

应尽量采用实际测量的海水和海底沉积物/泥沙的电阻率。如果不能获得安装现场的这种测量值, 在所有深度海水电阻率应按 $0.30 \Omega \cdot m$ 计, 海底泥区电阻率应按 $1.50 \Omega \cdot m$ 计。

5.8 牺牲阳极

5.8.1 电化学特性

牺牲阳极应满足第 6 章和第 7 章中给出的要求。除非备有另外的证明文件, 设计应采用表 4 中给出的数据。如果备有文件证明铝阳极有更高的电流容量值, 铝阳极可以采用更少的阳极材料。

表 4: 牺牲阳极的设计值

阳极类型	海水		沉积物		温度界限, °C
	电位/Ag/AgCl/海水, mV	电流容量 Ah/kg	电位/Ag/AgCl/海水, mV	电流容量 Ah/kg	
铝	-1050	2000	-1000	1500	Amx.30
锌	-1030	780	-980	750 580	Max.30 30~50

5.8.2 阳极形状和利用系数

应尽量采用加芯阳极, 与钢表面至少距离 300mm。钢芯应穿过并凸出两端。阳极的设计方式应使阳极的利用系数至少能达到 0.9。

镶装阳极和箍套阳极的设计方式应使阳极的利用系数能达到与加芯阳极相同的水平 (即 0.9)。

钢芯的尺寸和形状和固定装置的设计应能承受可能作用在阳极上的机械载荷, 例如波浪载荷, 水流载荷或打桩作业引起的振动载荷, 或当阳极刺入海底沉积物时作用在阳极上的载荷。

当保护有涂层的构筑物时, 阳极支腿也宜涂漆。

6 阳极的制造

6.1 试制试验

在开始制造之前应进行试制试验以确定所有模具插件、铸造设备和其他组成物项符合相关操作规程、支配图纸和数据表要求。应进行铸造试验以证明符合所有规定要求。至少对 1 根试验阳极按第 7 章进行破坏性检验。

对于交货 15 吨以下的净合金和或有有限数量的阳极, 试验内容具体协商确定。

6.2 涂层

阳极的暴露 (外部) 表面应无涂层。

镶装阳极面向安装表面侧应涂涂层。箍套阳极面向水泥或衬的侧面也应涂涂层。涂层应采用至少 $100 \mu m$ 厚度的环氧树脂。

加芯阳极的阳极腿应涂符合 NORSOK M-501 的 7#涂层系统要求的涂层, 另有规定除外。

6.3 钢芯材料

阳极插件的制作应采用符合公认标准的可焊性结构钢板/型材, 不应采用沸腾钢。

插件材料的碳当量应与它所附着的结构元件相适应且不得超过 0.41 值。碳当量值应采用以下公式计算:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (4)$$

如果所有元素都不知道, 碳当量计算可以采用以下公式代替:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + 0.04 \quad (5)$$

钢芯插件应持有符合 EN 10204-3.1B 的证书。

钢芯插件的所有制造焊缝均应符合 AWS D1.1 或等同标准的相关要求, 焊接应由符合 EN287-1 或 AWS D1.1 焊工资质的焊工完成, 焊接工艺评定应按照 EN ISO 15607、EN ISO 15609-1、EN ISO 15614-1 或 AWS D1.1, 或等同标准要求。

用于铝基牺牲阳极的钢芯在浇铸前应喷砂清理达到 ISO 8501-1 标准的 Sa2½ 等级。表面清洁度应保持到浇铸开始进行时。

用于锌基牺牲阳极的钢芯在浇铸前应喷砂清理至少达到 ISO 8501-1 标准的 Sa2½ 等级或按照 ISO 1461 或等同标准热浸锌。有锌覆盖层的表面不允许有锈蚀变色和或可见的表面污染。清洁度应保持到浇铸开始为止。

6.4 铝阳极/材料

6.4.1 化学成分

铝阳极应是符合表 5 要求的 AlZnIn 合金型。

表 5: 铝阳极材料的化学成分

元素	最大, %	最小, %
Zn	5.75	2.5
In	0.040	0.015
Fe	0.09	
Si	0.10	
Cu	0.003	
其他	0.02	
Al	余量	

6.4.2 电化学特性

电化学特性应按 DNV-RP-B401 附录 C 考核。

对于规定在 § 6.4.1 中的合金, 表 4 中的要求适用。

6.5 锌阳极/材料

6.5.1 化学成分

材料的化学成分应符合 ISO 15589-2, 如果有严格的文件证明也可以使用其他合金。

6.5.2 电化学特性

海水中的电化学特性应具备有文件证明并符合表 4 要求。

7 阳极的检查、试验和容限

用于管路的阳极应符合 ISO 15589-2 要求。在 ISO 15589-2 § 9 中的术语‘宜’在这里应变成‘应’。

安装在其他对象上的阳极应符合 DNV-RP-B401 要求和以下补充要求。

电化学质量控制试验应符合 DNV-RP-B401 要求。试验程序按 DNV-RP-B401 附录 B, 试验溶液应是符合 ASTM D1141 的人造海水。

闭路电位和容量应符合表 6 中的标准或根据试验方法商定一个偏差。

表 6: 在所有电流密度下的电化学性能要求 (生产试验)

	电化学容量, 平均值, Ah/kg	最高闭路电位 (Ag/AgCl 海水), mV
AlZnIn	2600*	-1070
Zn	780	-1030
*单值最低 2500Ah/kg 可以接受。		

电化学试验数据应写入材料证书。

8 海底管道的阴极保护

8.1 总则

除非 NORSOK 标准中另有规定, 设计准则、设计参数、和安装应按 ISO 15589-2。

在以下标题和文本中的括号中引用的编号指 ISO 15589-2 标准中适用于作为本文替代或特殊要求的章节号。

规定最低屈服强度 (SMYS) > 500MPa 的高强度钢应作氢影响评价。

8.2 管路设计要求

8.2.1 总则 (见 ISO 15589-2- § 5.1)

用于以下物项之间的绝缘接头应进行评价:

- 海上管路和陆上管路,
- 海上管路和油/气终端装置,
- 有阴极保护的管路和无阴极保护的设施或设备,
- 具有不同设计电位的阴极保护系统之间

如果选用绝缘接头, ISO 15589-1 中的绝缘接头要求适用。

8.2.2 阴极保护系统的选择 (见 ISO 15589-2- § 5.2)

应采用牺牲阳极达到阴极保护目的。

8.2.3 电位准则 (见 ISO 15589-2- § 6.2.2)

对于马氏体 13Cr 钢和 22Cr 和 25Cr 双相不锈钢, 为了将 HISC 风险降至最低, 负临界电位极限应定为 -800mV(Ag/AgCl)。

当在一个阴极保护电位下限达到 -1100mV(Ag/AgCl) 的系统中使用马氏体 13Cr 钢和双相不锈钢时, 应进行特殊的 HISC 风险评价, 至少应满足下述要求。

对于用标准周向焊缝而非角焊缝焊接的管道和弯头、T 型接头、法兰、套筒等元件, 马氏体或双相不锈钢材料不应直接采用铝热剂焊接或其他焊接方法焊接。这意味着可引入局部应力或应变的加强板、电缆或支架等不能采用上述方法固定到管道上。

8.2.4 设计电流密度 (见 ISO 15589-2- § 6.4)

用于设计的电力密度应按照 ISO 15589-2-图 2 中给出的上曲线。

对于井套泥线以下消耗的电流载荷, 在总设计电流密度要求中应按每口井 5A 计。

8.2.5 涂层击穿系数 (见 ISO 15589-2- § 6.5)

如果现场接头涂层不能提供保护或与工厂涂覆涂层相当的耐久性, 应考虑适当加大现场接头涂覆区的设计涂层击穿系数。

对于柔性管道, 阳极只能在法兰处连接到柔性管。法兰管段的长度可根据本标准中给出的阴极保护要求确定。柔性管装甲钢的电耗应以 $0.5\text{mA}/\text{m}^2$ 计, 面积用外表面面积。

对于按照 NORSOK M-501 采用薄涂层涂覆过的管路组件, 涂层击穿系数应按 § 5.3。

8.2.6 系统的设计 (见 ISO 15589-2- § 7.1)

阳极间隔应符合 ISO 15589-2- § 7.1 中的要求。这包括要求阳极阳极应尽量靠拢以保证单根阳极受到机械或电气损失时系统能维持充分的保护作用。阳极间隔超过 300m 应按 § 8.2.9 采用数学模型论证。

只要计算的用于埋设管路的阳极之间的距离超过 300m, 计算应有管道路由的实际土壤电阻数据的支持。

8.2.7 牺牲阳极安装 (见 ISO 15589-2- § 10)

阳极与管道钢壁之间的结合只能是电接触的。管道与阳极之间的机械力不应通过这种连接施加给管道, 管道与阳极之间的机械连接应防止产生任何相对运动。应考虑液体静压力对涂层的压缩作用。

8.2.8 电流需求计算 (见 ISO 15589-2-A.4)

按照 ISO 15589-2-A.1 计算的总电流需求, 对于从与管路电连接的水下装置、平台和陆上装置引出的首段 1000m 管路, 应乘以系数 2。这个长度包括任何柔性管端跳线和立管。增加的电流需求用于补偿干扰和由此引起的电耗。

对于关键和具有战略意义的管路, 比如主干线, 按照 ISO 15589-2-A.1 计算的总电流需求应乘以 1.5 的安全系数。这种管路从与管路电连接的水下装置、平台和陆上装置引出的首段 1000m 管路的安全系数应为 3。

应利用这个系数确定总的净阳极重量、后期电流输出能力和阳极间隔。

8.2.9 保护的衰减 (见 ISO 15589-2-A.10)

作为 ISO 15589-2-A.10 的一种替代方法, 以下给出的程序可以用于确定阳极之间的最大距离。对于按照本标准 (公式 6 和公式 7) 进行的计算, 涂层击穿的整个区域应假定位于两阳极的中间, 相应地, 所有阴极保护电流应假定从两阳极的中间流入。

基于阳极沿管路分布, 公式 (6) 给出用于设计的两阳极之间的电压降 (或电势增大值)。

$$\Delta E_{Me} + \Delta E_A = \frac{L^2 \times \rho_{Me} \times i \times f_{Cf} \times D}{4 \times d \times (D - d)} + (R_{Anode} \times i \times \pi \times D \times f_{Cf} \times L) \quad (6)$$

对于阳极沿管路分布, 在计算阳极之间的最大距离时应考虑 1 根阳极损失的情况, 也见

§ 8.2.6.

如果阳极堆 (anode bank) 只位于管路的两端, 公式 (7) 可作为计算的基础。公式 (7) 给出阳极堆之间的电压降 (或电势增大值)。

$$\Delta E_{Me} + \Delta E_A = \frac{L^2 \times \rho_{Me} \times i \times f_{Cf} \times D}{4 \times d \times (D - d)} + \frac{R_{Anode} \times i \times \pi \times D \times f_{Cf} \times L}{2} \quad (7)$$

公式 (7) 只在管段和阳极束堆受管路两端的其他装置影响的情况下才完全正确。如果不满足这种条件且这些构筑物要消耗阳极的电流, 公式的最后部分 (描述的阳极电压降) 应进一步改进以反映这种状态。而且, 如果管路受到管端某个构筑物上的阳极的保护, 需要对阳极电压降进行专门评估。

如果端部安装的阳极被用于与沿管路的阳极或阳极桩 (anode spool) 结合使用, 应将公式 (6) 和公式 (7) 结合使用。

9 阳极安装检查

在制造后期应检验阳极和保护对象之间的电连续性。与阳极之间不是焊接或硬钎焊连接的所有保护对象应进行实际的电连续性测量。

在制造后期, 应核实所有牺牲阳极的安装符合最终版设计图纸。

还应适用 DNV-RP-B401 和 ISO 15589-2 中给出的有关检查和阳极安装要求。

©Ver

Monroe