中华人民共和国石油天然气行业标准

埋地钢质管道牺牲阳极阴极保护设计规范

Design specification of sacrifical anode for buried steel pipeline

SY/T 0019—97

主编单位：中国石油天然气管道勘察设计院

批准部门：中国石油天然气总公司

石油工业出版社

1997 北京

目　　次

1　总则 …… (1)
2　术语 …… (2)
3　一般规定 …… (3)
4　技术条件 …… (4)
4.1　镁合金阳极 …… (4)
4.2　锌合金阳极 …… (6)
4.3　镁、锌复合式阳极 …… (8)
4.4　阳极质量保证 …… (9)
5　工艺计算 …… (10)
6　工程设计 …… (13)
6.1　阳极种类的选择 …… (13)
6.2　阳极地床 …… (14)
6.3　阳极分布 …… (14)
6.4　测试系统 …… (15)
7　施工要求 …… (16)
8　运行与管理 …… (17)
用词和用语说明 …… (18)
附件　埋地钢质管道牺牲阳极阴极保护设计规范
条文说明 …… (19)

中国石油天然气总公司文件

（97）中油技监字第367号

关于批准发布《含硫油气田硫化氢监测与人身安全防护规定》等十四项石油天然气行业标准的通知

各有关单位:

《含硫油气田硫化氢监测与人身安全防护规定》等十四项石油天然气行业标准（草案），业经审查通过，现批准为石油天然气行业标准，予以发布。

强制性行业标准编号、名称如下:

序号	编　　号	名　　称
1	SY 6277—1997	含硫油气田硫化氢监测与人身安全防护规定
2	SY 6278—1997	天然气净化厂安全规范
3	SY 6279—1997	大型塔类设备吊装安全规程

推荐性行业标准编号、名称如下:

序号	编　　号	名　　称
4	SY／T 0019—97	埋地钢质管道牺牲阳极阴极保护设计规范（代替 SYJ 19—86，SYJ 20—86）
5	SY／T 0516—1997	绝缘法兰设计技术规定（代替 SYJ 16—85）
6	SY／T 5144—1997	钻铤（代替 SY 5144—86，SY 5145—86）
7	SY／T 5149—1997	石油钻采设备用气动元件　快速排气阀试验方法（代替 SY 5149—86）
8	SY／T 5187—1997	游梁式抽油机大修理技术条件（代替 SY 5187—87）
9	SY／T 6270—1997	石油钻采高压管汇件的使用与维护
10	SY／T 6272—1997	超高强度抽油杆
11	SY／T 6273—1997	油气井用电雷管检测方法
12	SY／T 6274—1997	油气井用导爆索检测方法
13	SY／T 6275—1997	石油企业节能监测综合评价方法
14	SY／T 6280—1997	石油地震队健康、安全与环境管理规范

《石油地震队健康、安全与环境管理规范》自 1997 年 10 月 1 日起施行，其它标准自 1998 年 1 月 1 日起施行。

中国石油天然气总公司

1997 年 7 月 17 日

前　言

本规范是根据中国石油天然气总公司（96）中油技监字第52号文中下达的任务修订的。根据任务要求，本次修订时将SYJ 19—86和SYJ 20—86进行了合并，并将原来的应用技术标准改为设计规范。

本规范对埋地钢质管道牺牲阳极阴极保护的设计、应用技术、施工及管理作了描述，对阳极的种类、成分、规格及性能也提出了基本要求。

本规范与SYJ 19—86和SYJ 20—86相比，增加了下列有关内容：

——镁、锌阳极各两种成分；

——复合式阳极；

——带状阳极规格；

——锌接地极；

——工艺计算。

本规范由中国石油天然气总公司石油规划设计总院提出并归口。

本规范委托中国石油天然气管道勘察设计院负责解释。

本规范主编单位：中国石油天然气管道勘察设计院。

本标准主要起草人　胡士信　徐　快

1 总　　则

1.0.1 为了有效地实施牺牲阳极阴极保护技术，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于埋地及水中钢质管道牺牲阳极阴极保护系统的设计。

本规范不适用于海洋环境中牺牲阳极阴极保护。

1.0.3 在牺牲阳极阴极保护系统的设计中，除执行本规范外，未涉及部分应按有关标准（规范）的要求执行。

1.0.4 引用标准：

GB／T 4948—1985　铝—锌—铟系合金牺牲阳极

SYJ 23—86　埋地钢质管道阴极保护参数测试方法

2 术　　语

2.0.1 阴极保护　cathodic protection

通过降低腐蚀电位而达到的电化学保护。

2.0.2 牺牲阳极　sacrificial anode

靠着自身腐蚀速度的增加而提供阴极保护电流的金属或合金。

牺牲阳极通常有镁、锌、铝三类。

2.0.3 临时性阴极保护　temporary cathodic protection

在管道埋入地下后、正式阴极保护尚未投运之前对强腐蚀地区的管段采取的腐蚀控制手段。

2.0.4 接地电池　electrolytic grounding cell

采用一对或几对牺牲阳极，互相用绝缘垫隔开，再用填料填充并包扎，通过填料的电阻耦合起来，以消除强电电涌冲击。

2.0.5 接地垫　ground mat

安装在地面或地下的裸露的导体，彼此排列相连，以提供一个跨步距离范围内的等电位。

为了不影响管道的阴极保护，通常可采用镁带或锌带。

2.0.6 填包料　backfill

为改善埋地阳极工作条件而填塞在阳极四周的导电性材料。

2.0.7 冷隔

金属浇铸冷却过程中形成的阶梯面。

2.0.8 长效参比电极　permanent reference cell

寿命大于1年的土壤或水中的参比电极。

3 一般规定

3.0.1 牺牲阳极系统的设计应确保阳极在设计寿命内阴极保护的有效性和可靠性。

3.0.2 牺牲阳极的设计寿命应与管道使用年限相匹配，一般为10～15年。

3.0.3 临时性阴极保护牺牲阳极的设计寿命应满足用户要求，一般为2年。

3.0.4 被保护的管道应具有质量良好的覆盖层。新建管道的覆盖层电阻不得小于10000Ω·m^2，否则不宜采用牺牲阳极。对于旧管道，应根据具体需要决定。

3.0.5 当土壤电阻率大于100Ω·m时，不宜采用牺牲阳极。

3.0.6 所有被保护的埋地钢质管道应根据需要设置绝缘接头或绝缘法兰。

3.0.7 保护准则：

1 相对于饱和铜／硫酸铜参比电极的管道阴极极化电位至少为850mV。

2 管道表面与接触电解质的稳定饱和铜／硫酸铜参比电极之间的阴极极化电位差值最小为100mV。这一参数可以是极化的建立或衰减过程中的数据。

4 技术条件

4.1 镁合金阳极

4.1.1 镁合金阳极（以下简称镁阳极）的化学成分应符合表4.1.1的规定。

镁阳极的化学成分 **表 4.1.1**

阳极型号	化学成分（%）							
	Al	Zn	Mn	Mg	Fe	Ni	Cu	Si
高纯 Mg	＜0.010	＜0.010	＜0.030	＞99.95	＜0.002	＜0.001	＜0.001	＜0.010
Mg—Mn	＜0.010	—	0.50～1.30	余量	＜0.03	＜0.001	＜0.020	—
Mg—Al—Zn—Mn	5.3～6.7	2.5～3.5	0.15～0.60	余量	＜0.005	＜0.003	＜0.020	＜0.1

4.1.2 镁阳极的电化学性能必须符合表4.1.2中的指标。

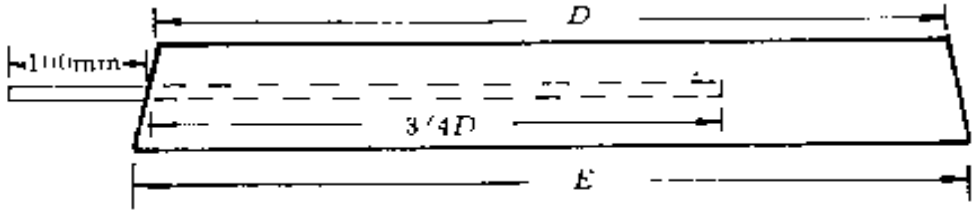
镁阳极的电化学性能 **表 4.1.2**

性能		单位	Mg、Mg—Mn	Mg—Al—Zn—Mn
密度		g/cm^3	1.74	1.77
开路电位		−V(SCE)	1.56	1.48
理论发生电量		A·h/g	2.20	2.21
海水中	电流效率	%	50	55
	发生电量	A·h/g	1.10	1.22
($3mA/cm^2$)	消耗率	kg/(A·a)	8.0	7.2
土壤中	电流效率	%	40	≥ 50
	发生电量	A·h/g	0.88	1.11
($0.03mA/cm^2$)	消耗率	kg/(A·a)	10.0	≤ 7.92

注：以土壤介质试验时应采用填包料，厚度为5～10mm。

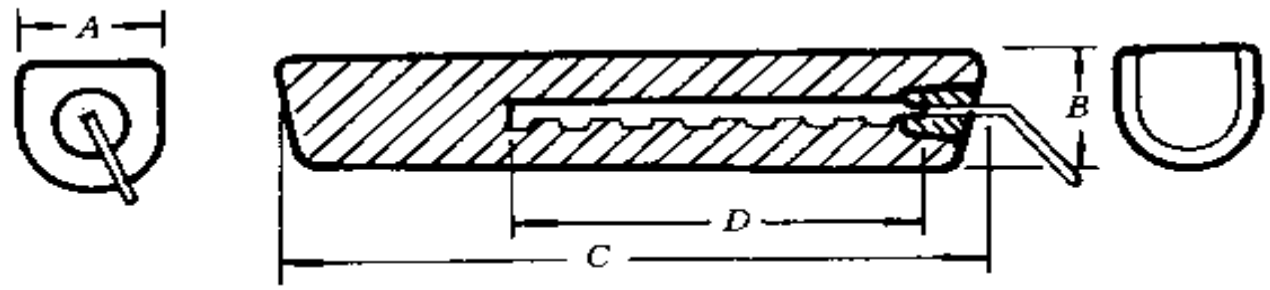
4.1.3 镁阳极按截面划分有梯形和 D 形两种，其规格见表 4.1.3-1 和表 4.1.3-2。当在水中应用时，阳极可做成半球形或镯式，其重量应能满足阳极工作寿命的要求。

梯形截面镁阳极形状及尺寸　　表 4.1.3-1



规格号	镁重 (kg)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)
-1	2.2	75	95	75	200	206
-2	4.0	75	95	75	350	360
-3	7.7	75	95	75	680	700
-4	11.34	90	110	88	680	700
-5	14.5	100	120	101	680	700
-6	22.68	130	150	125	680	700

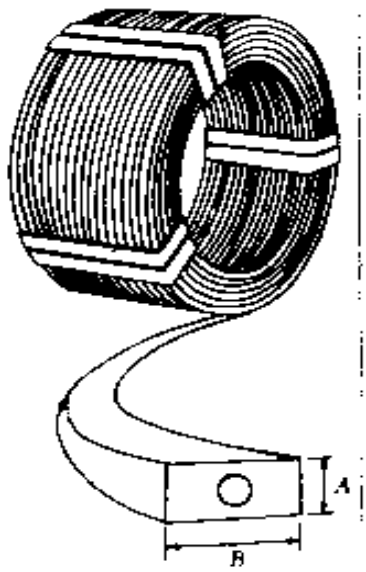
D 形截面镁阳极形状及尺寸　　表 4.1.3-2



规格号	镁重 (kg)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
-1	2.3	89	92	205	126
-2	4.1	89	92	440	301
-3	7.7	114	114	527	330
-4	10.0	122	122	559	362
-5	14.5	152	139	603	362
-6	23.4	159	165	620	362

4.1.4 带状镁阳极可用高纯镁或 Mg—Mn 合金制造，其形状及性能列在表 4.1.4 中。

带状镁阳极形状及性能　　表 4.1.4



截面($A\times B$)		9.5mm× 19mm
钢芯直径		3.2mm
单重		0.37kg / m
电流输出	海水	2.4A / m
	土壤 (5000Ω· cm)	10mA / m
	淡水 (15000Ω· cm)	3mA / m

4.1.5 铸造镁阳极不应翘曲，其表面无飞刺、裂纹、气孔、夹杂物和附着物，缩孔、冷隔深度应小于镁阳极厚度的 10%。

4.1.6 挤压制造的带状镁阳极，其表面应光滑，无裂纹、夹杂物和附着物。

4.1.7 镁阳极钢芯表面应镀锌，阳极体与钢芯的接触电阻应小于 0.001Ω。

4.2 锌合金阳极

4.2.1 锌合金阳极（以下简称锌阳极）的化学成分应符合表 4.2.1 的规定。

锌阳极的化学成分　　表 4.2.1

阳极型号	化学成分（%）						
	Al	Cd	Zn	Fe	Cu	Pb	Si
高纯 Zn	<0.005	<0.003	>99.995	<0.0014	<0.002	<0.003	—
Zn—Al	0.3—0.6	—	余量	<0.005	<0.005	<0.006	<0.125
Zn—Al—Cd	0.3—0.6	0.05—0.12	余量	<0.005	<0.005	<0.006	<0.125

4.2.2 锌阳极的电化学性能应符合表 4.2.2 中的规定。

锌阳极的电化学性能　　表 4.2.2

性　　能		单位	Zn、Zn 合金
密度		g / cm³	7.14
开路电位		−V(SCE)	1.03
理论发生电量		A · h / g	0.82
海水中	电流效率	%	95
	发生电量	A · h / g	0.78
(3mA / cm²)	消耗率	kg / (A · a)	11.88
土壤中	电流效率	%	≥ 65
	发生电量	A · h / g	0.53
(0.03mA / cm²)	消耗率	kg / (A · a)	≤ 17.25

注：在以土壤介质作阳极性能试验时，阳极周围应有填包料。

4.2.3 锌阳极为梯形截面，其规格按净重分为 6.3，9，12.5，18，25，35.5 和 50kg 七种，长度有 600，800 和 1000mm 三种。

4.2.4 作参比电极用的锌阳极的规格为直径 50mm、长度 300mm。

4.2.5 作接地极用的锌阳极的结构见图 4.2.5。

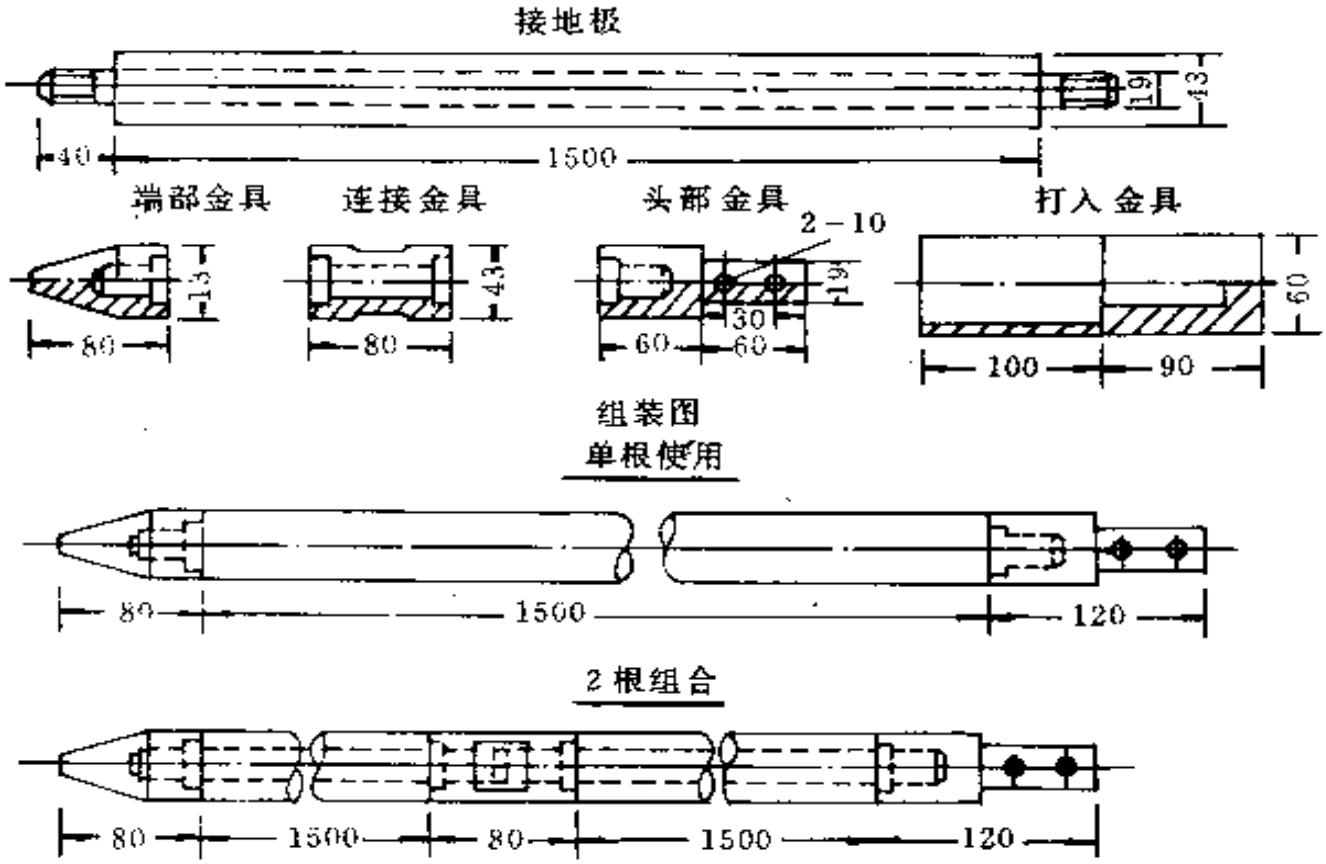


图 4.2.5 锌接地极结构图

4.2.6 用于锌阳极的钢芯表面应镀锌，阳极体和钢芯之间的接触电阻应小于 0.001Ω。

4.2.7 铸造锌阳极不应翘曲，其表面无氧化渣、毛刺、飞边、裂纹，缩孔深度应小于阳极厚度的 10%。

4.3 镁、锌复合式阳极

4.3.1 复合式牺牲阳极由镁和锌两部分组成，锌在芯部，镁在外部。镁部和锌部的成分应分别符合表 4.1.1 和表 4.2.1 中的规定。

4.3.2 复合阳极锌芯的规格应符合 4.2.3 的规定，镁包覆层的厚

度应以可制造工艺的最低厚度为准。

4.3.3 复合阳极表面为铸造表面，其表面应清洁、平滑，无明显夹杂物等铸造缺陷，表面允许机械加工。镁包覆层允许稍有裂纹及包覆不全缺陷。

4.4 阳极质量保证

4.4.1 所有埋入地下的牺牲阳极必须具有厂方提供的质量保证书，每批产品均应附有质量保证书，该保证书应归入技术档案。质量保证书上应注明

1 供方名称；
2 产品名称；
3 牌号、规格、批号；
4 重量或支数；
5 化学分析报告；
6 技术监督部门的印记；
7 执行的标准号；
8 制造日期及出厂时间。

4.4.2 在牺牲阳极验收时，应对外观、质量进行检验。钢芯与阳极的接触电阻、化学成分及电化学性能，应按批量进行抽样检查，抽查率为3%，但至少不少于3支。若不合格，加倍抽查；其中一支仍不合格，则判定该批不合格。当化学成分不合格，而接触电阻和电化学性能合格时，可以使用。

接触电阻测试方法见《铝—锌—铟系合金牺牲阳极》中的附录B，化学成分分析方法按供方采用的标准进行，电化学性能参照《铝—锌—铟系合金牺牲阳极》中的附录C（试验介质改用当地土壤，并用当地地下水饱和，在被检阳极四周应有5～10mm厚的填包料）。

复合阳极可按镁、锌部分分别检测其成分和电化学性能。

4.4.3 牺牲阳极应储存在室内仓库里，严禁沾染油污、油漆和接触酸、碱、盐。

5 工 艺 计 算

5.0.1 单支阳级接地电阻按下列公式计算:

$$R_{H}=\frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{2L}{D}+\ln\frac{L}{2t}+\frac{\rho_{a}}{\rho}\ln\frac{D}{d}\right) \qquad (5.0.1-1)$$

$$R_{V}=\frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{2L_{a}}{D}+\frac{1}{2}\ln\frac{4t+L_{a}}{4t-L}+\frac{\rho_{a}}{\rho}\ln\frac{D}{d}\right) \qquad (5.0.1-2)$$

式中 R_{H}——水平式阳极接地电阻（Ω）;

R_{V}——立式阳极接地电阻（Ω）;

ρ——土壤电阻率（Ω·m）;

ρ_{a}——填包料电阻率（Ω·m）;

L——阳极长度（m）;

L_{a}——阳极填料层长度（m）;

d——阳极等效直径〔$d=\frac{C}{\pi}$，C为边长（m）〕;

D——填料层直径（m）;

t——阳极中心至地面的距离（m）。

5.0.2 组合阳极接地电阻按下式计算:

$$R_{总}=k\frac{R_{V}}{N} \qquad (5.0.2)$$

式中 $R_{总}$——阳极组总接地电阻（Ω）;

N——阳极数量（支）;

k——修正系数，查图5.0.2。

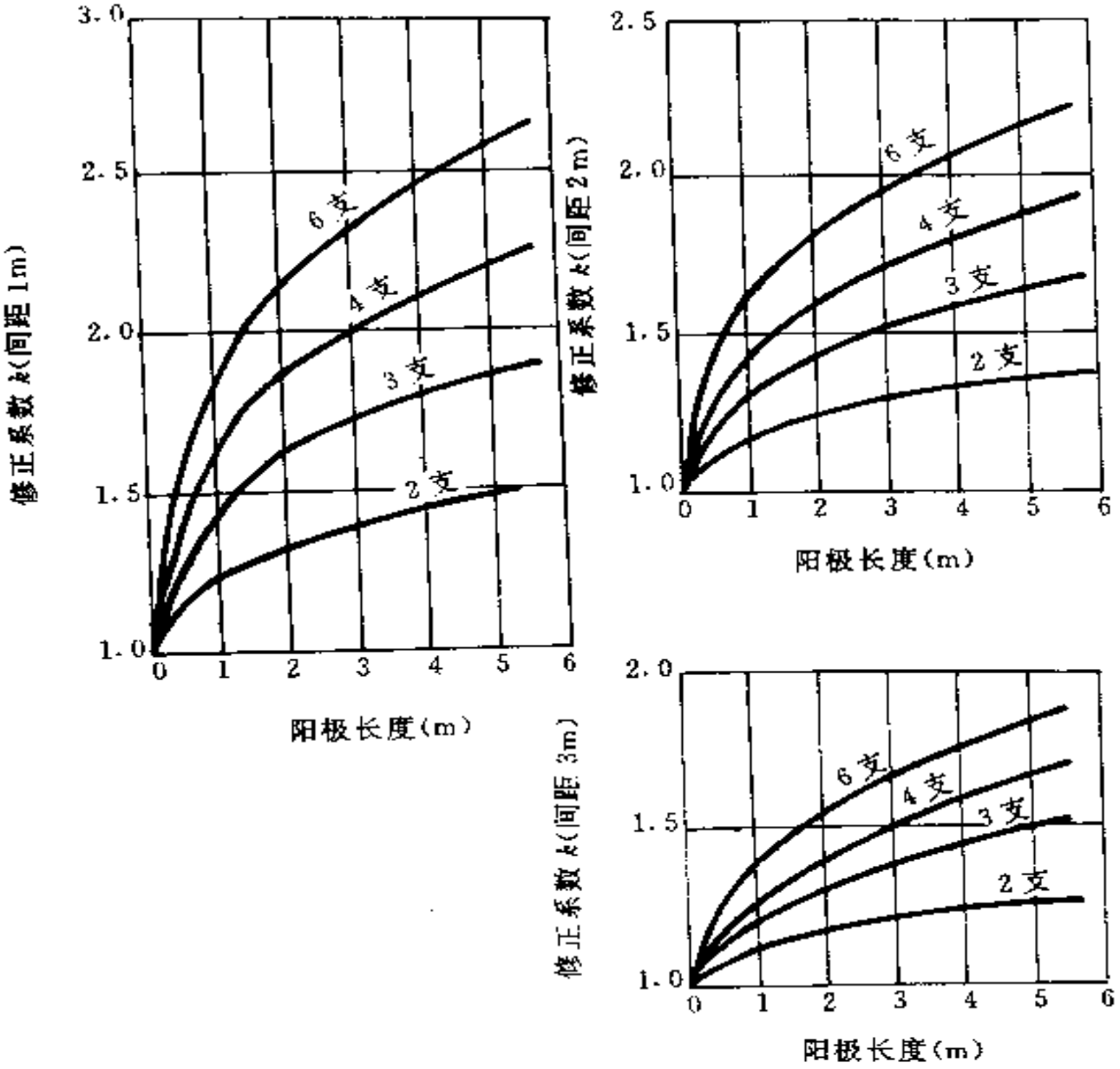


图 5.0.2　阳极接地电阻修正系数 k

5.0.3　阳极输出电流按下式计算：

$$I_a = \frac{(E_c - e_c) - (E_a + e_a)}{R_a + R_c + R_w} = \frac{\Delta E}{R} \qquad (5.0.3)$$

式中　I_a——阳极输出电流（A）；

E_c——阴极开路电位（V）；

E_a——阳极开路电位（V）；

e_c——阴极极化电位（V）；

e_a——阳极极化电位（V）；

R_a——阳极接地电阻（Ω）；

R_c——阴极过渡电阻（Ω）；

R_w——回路导线电阻（Ω）；

ΔE——阳极有效电位差（V）；

R——回路总电阻（Ω）。

5.0.4 所需阳极数量按下式计算：

$$N=\frac{f\cdot I_A}{I_a} \tag{5.0.4}$$

式中 N——阳极数量（支）；

I_A——所需保护电流（A）；

I_a——单支阳极输出电流（A）；

f——备用系数，取2～3倍。

5.0.5 阳极工作寿命按下式计算：

$$T=0.85\frac{W}{\omega I} \tag{5.0.5}$$

式中 T——阳极工作寿命（a）；

W——阳极净质量（kg）；

ω——阳极消耗率〔kg／(A·a)〕；

I——阳极平均输出电流（A）。

6 工 程 设 计

6.1 阳极种类的选择

6.1.1 通常根据土壤电阻率选取牺牲阳极的种类，根据保护电流的大小选取阳极的规格。

在水中和土壤中推荐的牺牲阳极种类见表 6.1.1。

土壤中牺牲阳极种类的应用选择　　表 6.1.1

可选阳极种类	土壤电阻率（Ω·m）
带状镁阳极	>100
镁（-1.7V）	60～100
镁	40～60
镁（-1.5V）	<40
镁（-1.5V）、锌	<15
锌	<5

注：1 在土壤潮湿情况下，锌阳极使用范围可扩大到30Ω·m；

2 表中电位均相对$Cu/CuSO_4$电极。

6.1.2 若在土壤环境中作参比电极用，宜选用高纯锌，其尺寸见 4.2.4。

6.1.3 防雷、防静电的接地极宜选用锌合金，其尺寸应符合 4.2.5 的要求。

6.1.4 在锌阳极的使用条件下，可使用复合阳极。

6.1.5 为防止绝缘件的电冲击，通常可采用成双的锌阳极构成接地电池。

6.1.6 带状阳极应用于高电阻率环境、临时性阴极保护、套管

内输送管的保护及防交流干扰的接地垫。

6.2 阳 极 地 床

6.2.1 埋地牺牲阳极必须使用化学填包料，其配方见表 6.2.1。

牺牲阳极填包料的配方 表 6.2.2

阳极类型	填包料配方〔%(m／m)〕				适用条件
	石膏粉 ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	工业硫酸钠	工业硫酸镁	膨润土	
镁阳极	50	—	—	50	≤ 20Ω·m
	25	—	25	50	≤ 20Ω·m
	75	5	—	20	>20Ω·m
	15	15	20	50	>20Ω·m
	15	—	35	50	>20Ω·m
锌阳极	50	5	—	45	—
	75	5	—	20	—

6.3 阳 极 分 布

6.3.1 牺牲阳极在管道上的分布宜采用单支或集中成组两种方式，同组阳极宜选用同一批号或开路电位相近的阳极。

6.3.2 牺牲阳极埋设有立式和卧式两种，埋设位置分轴向和径向。阳极埋设位置在一般情况下距管道外壁 3～5m，最小不宜小于 0.3m，埋设深度以阳极顶部距地面不小于 1m 为宜。成组布置时，阳极间距以 2～3m 为宜。

6.3.3 牺牲阳极必须埋设在冰冻线以下。在地下水位低于 3m 的干燥地带，阳极应适当加深埋设；在河流中阳极应埋设在河床的安全部位，以防洪水冲刷和挖泥清淤时损坏。

6.3.4 在布置牺牲阳极时，注意阳极与管道之间不应有金属构筑物。

6.3.5 作接地用的锌阳极，其分布应符合有关电力接地技术标准。接地极可单支，也可二支、三支串接成一体使用，所用接地极的数量应满足接地电阻的要求。

6.4 测 试 系 统

6.4.1 牺牲阳极阴极保护的测试系统应能提供被保护体的自然电位、阳极性能、保护电位的功能。

6.4.2 通常应在相邻两组牺牲阳极管段的中间部位设置测试桩，桩的间距以不大于 500m 为宜。

6.4.3 牺牲阳极测试桩处应设有辅助试片及长效参比电极，辅助试片应与被保护材质相同。

6.4.4 牺牲阳极的连接电缆通常使用铜芯电缆。推荐型号为：

$$VV-1kV/1\times 10mm^2$$

7 施工要求

7.0.1 根据施工条件选择经济合理的阳极施工方式，立式阳极宜采用钻孔法施工，卧式阳极宜采用开槽法施工。

7.0.2 牺牲阳极使用之前，应对表面进行处理，清除表面的氧化膜及油污，使其呈金属光泽。

7.0.3 阳极连接电缆的埋设深度不应小于 0.7m，四周垫有 5～10cm 厚的细砂，砂的上部应覆盖水泥护板或红砖。敷设时，电缆长度要留有一定裕量。

7.0.4 阳极电缆可以直接焊接到被保护管道上，也可通过测试桩中的连接片相连。

与钢质管道相连接的电缆应采用铝热焊接技术连接。焊点应重新进行防腐绝缘处理，防腐材料与等级应和原有覆盖层相一致。

7.0.5 电缆和阳极钢芯宜采用焊接连接，双边焊缝长度不得小于 50mm。电缆与阳极钢芯焊接后，应采取必要的保护措施，以防施工中连接部位断裂。

7.0.6 阳极端面、电缆连接部位及钢芯均要防腐绝缘。

7.0.7 填包料可在室内包装，也可在现场包装，其厚度不应小于 50mm。无论用什么方式，都应保证阳极四周的填包料厚度一致、密实。室内预包装的袋子必须采用天然纤维（棉布或麻袋）织品，严禁使用人造纤维织品。

7.0.8 填包料应调拌均匀，不得混入石块、泥土、杂草等。阳极埋地后应充分灌水，并达到饱和。

8 运行与管理

8.0.1 牺牲阳极投入运行后的测量项目一般有

1 电位:

1) 阳极开路电位;

2) 阳极闭路电位;

3) 管道开路电位（投运前为自然电位);

4) 管道保护电位;

5) 试片自然电位。

2 电流:

1) 单支阳极输出电流;

2) 组合阳极联合输出电流。

3 电阻:

1) 单支阳极接地电阻;

2) 组合阳极联合接地电阻。

4 埋设点的土壤电阻率。

所有参数的测量应符合《埋地钢质管道阴极保护参数测试方法》的规定。

8.0.2 牺牲阳极保护参数投产测试，必须是在阳极埋入地下及填包料浇水 10d 后进行，测试项目按 8.0.1 中的规定进行。

8.0.3 牺牲阳极投入运行后，应定期进行监测和维护，至少每半年一次。

用词和用语说明

执行本标准条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

1) 表示很严格，非这样做不可的用词:

正面词采用"必须";

反面词采用"严禁"。

2) 表示严格，在正常情况下应这样做的用词:

正面词采用"应";

反面词采用"不应"或"不得"。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用"可"或"宜";

反面词采用"不宜"。

附件

埋地钢质管道牺牲阳极阴极保护设计规范

条 文 说 明

修 订 说 明

根据中国石油天然气总公司下达的标准制（修）订任务，将SYJ 19—86 和 SYJ 20—86 合并在一起，按标准体系的要求，将原来的应用技术标准改为设计规范，并增补了设计工艺计算。

修订过程中，依据十年来国内牺牲阳极技术的实践和发展，参照了国外 90 年代的最新技术标准，并广泛征求了各单位对原标准的使用和修改意见。

在执行本规范过程中，如发现有需要修改和补充之处，请将意见和资料寄至我院，以便今后再次修订时参考。

中国石油天然气管道勘察设计院

1996 年 7 月 10 日

目　　次

1　总则 …… (22)
3　一般规定 …… (23)
4　技术条件 …… (24)
4.1　镁合金阳极 …… (24)
4.2　锌合金阳极 …… (24)
4.3　镁、锌复合式阳极 …… (25)
4.4　阳极质量保证 …… (25)
5　工艺计算 …… (26)
6　工程设计 …… (27)
6.1　阳极种类的选择 …… (27)
6.2　阳极地床 …… (27)
6.3　阳极分布 …… (27)
6.4　测试系统 …… (27)
7　施工要求 …… (29)
8　运行与管理 …… (30)

1 总　　则

1.0.1 本条交待了制订本规范的目的。

1.0.2 本条规定了适用范围为土壤及水环境中钢质管道的牺牲阳极阴极保护，这里的水是指淡水、河流、湖泊，而不是海水。

对于海洋、化工介质中所用阳极，从成分到规格及应用技术都有很大的区别，因而不适用。

3 一 般 规 定

3.0.1 本条指出了牺牲阳极的设计目的，即在设计寿命内满足保护电位的要求。这也是阴极保护的最基本要求。

3.0.2 牺牲阳极的 10～15 年设计寿命，是依据国家规定长输管道折旧寿命为 16 年，并参照了国内外的经验，按技术经济规律确定的。

3.0.3 临时性阴极保护是近些年来的设计要求，从施工工期上讲 2 年是合适的，但有的工程可能会超过此数。

3.0.4 针对牺牲阳极发生电流较小，在应用中对防腐层的要求是很严格的。当然对于绝缘不好的，有时业主也愿使用牺牲阳极，虽在技术上不存在问题，只是经济性差了，故此处用了"不宜"。

3.0.5 本条对土壤电阻率的限制，也是从牺牲阳极的经济因素上考虑的。

3.0.6 与管道的外加电流阴极保护一样，电绝缘也是不可少的，这对牺牲阳极至为重要。一是阳极电流有限，当产生的电流达不到极化电流所需要的值时，极化电位将永远上不去，这在实践中已有不少实例，不再列举；二是电绝缘可以将保护电流限定在一定范围里，避免了相互间的干扰影响。

3.0.7 保护准则源于 NACE RP 0169（1992），和 SYJ 36—89《埋地钢制管道强制电流阴极保护设计规范》的要求是一致的。

4 技术条件

4.1 镁合金阳极

4.1.1 镁阳极成分在近十几年来都有实践，而且成分的来源也参考了国外镁阳极系列。本条列出的三种阳极，其性能有所区别，前二种属-1.7V 的高电位阳极，后一种为-1.5V 的标准镁阳极，前二种又是轧制阳极成分，可做成带状或细长条状。

Mg—Mn 阳极中 Mn 的含量是关键，试制工艺证明，Mn 是很难加入的，所以本条选用的是美国 DOW 化学公司的标准，而没有选德国《阴极保护手册》中的成分。对于德国的成分，Mn 的含量在 1.2%～2.0%，生产起来实属困难。

4.1.2 此处电化学性能表引自日本《电食·土壤腐蚀手册》，和国内其他资料文献基本一致，国内的阳极产品也都可以满足这些指标。

4.1.3 较 SYJ 19—86《镁合金牺牲阳极应用技术标准》，这次增加 D 型截面，以适应国内外市场的需要。D 型截面阳极的尺寸参照美国 HARCO 公司的产品，国内已有厂家向加拿大出口这样规格的镁阳极。这一系列和 SYJ 19—86 原系列基本相对应。本次修订对 SYJ 19—86 原系列保留。

对于水下镁阳极，半球形或镯式阳极在国内实践较少，没有具体规定。

4.1.4 带状镁阳极是近几年的新产品，规格尺寸目前还只有这一种。

4.2 锌合金阳极

4.2.1 锌阳极的三种成分：Zn—Al 为 SYJ 20—86《锌合金牺牲阳极应用技术标准》中的成分，高纯 Zn 为 ASTM B418 中的

成分，Zn—Al—Cd 为 GB / T 4948 和美国军队标准中的成分。这三种成分都适用于土壤环境。

4.2.2 引自日本《电食· 土壤腐蚀手册》。

4.2.3～4.2.5 为目前常用锌阳极的规格尺寸，都已商品化。

4.3 镁、锌复合式阳极

4.3.1 复合式阳极是近几年出现的新品种，在成分上并无新花样，只是在结构上作了改造。即将镁阳极包覆在锌阳极上面，以便发挥镁阳极的高激励电压，减少锌阳极的数量，来满足高极化电流的需要。当镁阳极消耗完之后，锌阳极再继续维持极化，发挥锌阳极的高效率、长寿命的功能。这种阳极在国内已有生产，在工程上已得到验证，是锌阳极的替代品。

4.3.2 复合阳极的镁层一般只起极化作用，维持极化依靠锌阳极，所以镁层的厚度是越薄越好。然而，从制造上讲，太薄了制造有困难，所以镁层的厚度只服从于制造。

4.3.3 复合阳极表面由于制造上的原因，镁层易形成包覆不全或裂纹。但从使用上讲，不影响使用，所以本条放宽了对表面的要求。

4.4 阳极质量保证

4.4.1 本节所述均应属于产品标准中的内容，考虑到本规范为设计规范，尚没有配套的产品标准，执行起来会感不便，故列在这里，以方便应用。本条内容包括了供货合同中的质量保证。

4.4.2 此条为应用时验收阳极而设，沿用原标准中的条款。

5 工 艺 计 算

本章所列牺牲阳极计算均属常规工艺计算，原标准没有，根据标准使用者的意见，为方便使用，这次作了补充，以使标准更完整。

6 工 程 设 计

6.1 阳极种类的选择

6.1.1 本条所定的原则多参考了国内外的文献，在审查会上，根据四川石油管理局勘察设计院的实践及 SYJ 20—86 中的原条文，增加了表注，扩大了锌阳极的使用范围。不过各单位可根据自己的经验来选择阳极，如大庆石油管理局油田建设设计研究院在返回书面意见中就主张把锌阳极限制在 15Ω·m 以下。

6.1.2、6.1.3 这是目前的实际作法。

6.1.4 此条只是强调了复合阳极是锌阳极的替代产品。因在工程中，曾有人把复合阳极作为镁阳极的替代品，这是错误的，此条仅限提示。

6.1.5、6.1.6 这两条为牺牲阳极的特殊应用，均为工程实际应用，效果良好。

6.2 阳 极 地 床

6.2.1 本条给出的牺牲阳极的填包料配方大多源自原标准，在 SYJ 19、SYJ 20 的使用中并没有提过配方方面的意见，故在此照旧保留了。

6.3 阳 极 分 布

6.3.1～6.3.4 为原标准内容。

6.3.5 罐体接地是电力专业的内容，本条只是提供了材料和作法。

6.4 测 试 系 统

本节所列均为最低、常规测试的要求，与外加电流不同之处

是增加辅助试片，以测试自然电位，否则管道自然电位将很难再测到。

6.4.4 电缆型号按机电部的要求，直埋均要铠装，而在长期实践中，牺牲阳极连接电缆都比较短，而且都不承压，所以这次去掉了内铠的要求，反馈来的意见也有此项要求。

7 施 工 要 求

本章内容基本上来自原 SYJ 19—86 中的相关条文，只是在电缆与钢构筑物的连接上改用了铝热焊接，这是技术进步，不用解释。

8 运行与管理

8.0.1 牺牲阳极测试项目较多，和外加电流一样，关键参数就是保护电位。当保护参数有问题时，为分析问题可能就要多测一些参数。如工程中常发现阳极埋地十多天，输出电流不正常，而开路电位正常，有的就提出阳极质量问题，当进行综合参数检测后，发现阳极接地电阻很大是因为阳极回填料干调，使得阳极不工作的原因。

这里提及的 SYJ 23—86 也在修订标准之列，希望修订后更加适用于本规范的测试项目。

8.0.2、8.0.3 这是牺牲阳极管理的基本要求。