ICS 75.200;29.240.30
PT 1
备案号：8179—2001

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

P

SY/T 0096—2000

强制电流深阳极地床技术规范

Technical specification of impressed current deep groundbeds

2000－12－25 发布　　2001－06－01 实施

国家石油和化学工业局　发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

强制电流深阳极地床技术规范

Technical specification of impressed current deep groundbeds

SY/T 0096—2000

主编单位：大港油田集团勘察设计研究院
批准部门：国家石油和化学工业局

国家石油和化学工业局文件

国石化政发（2000）457号

关于批准《石油天然气工程总图设计规范》等39项石油天然气行业标准的通知

中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司、中国海洋石油总公司，石油工业标准化技术委员会：

石油工业标准化技术委员会报批的《石油天然气工程总图设计规范》等39项石油天然气行业标准草案，业经我局批准，现予发布。标准的名称、编号为：

推荐性标准：

序号	标准编号	标准名称
1	SY/T 0048—2000	石油天然气工程总图设计规范（代替SYJ 48—91）
2	SY/T 0062—2000	管道防腐层针入度试验方法（钝杆法）（代替SY/T 0062—92）
3	SY/T 0064—2000	管道防腐层水渗透性试验方法（代替SY/T 0064—92）
4	SY/T 0065—2000	管道防腐层耐磨性能试验方法（滚筒法）（代替SY/T 0065—92）
5	SY/T 0095—2000	埋地镁牺牲阳极试样试验室评价的试验方法
6	SY/T 0096—2000	强制电流深阳极地床技术规范

7.SY/T 0097—2000	稠油油田采出水用于蒸汽发生器给水处理设计规范
8.SY/T 5037—2000	低压流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管（代替 SY/T 5037—92）
9.SY/T 5040—2000	桩用螺旋焊缝钢管（代替 SY/T 5040—92）
10.SY/T 5212—2000	游梁式抽油机质量分等（代替 SY/T 5212—1997）
11.SY/T 5217—2000	金刚石钻头及金刚石取心钻头（代替 SY/T 5217—92）
12.SY/T 5262—2000	火筒式加热炉规范（代替 SY/T 5262—91、SY/T 5263—91）
13.SY/T 5270—2000	高压注水管路配件设计技术规定（代替 SY/T 5270—91）
14.SY/T 5386—2000	石油探明储量计算细则　裂缝性油气藏部分（代替 SY/T 5386—91）
15.SY/T 5387—2000	常规原油油藏试采地质技术要求（代替 SY/T 5387—91）
16.SY/T 5440—2000	天然气井试井技术规范（代替 SY 5440—92、SY/T 5598—93）
17.SY/T 5503—2000	岩石氯盐含量测定方法（代替 SY/T 5503—92）
18.SY/T 5516—2000	碳酸盐岩化学分析方法（代替 SY 5516—92）
19.SY/T 5523—2000	油气田水分析方法（代替 SY 5523—92）
20.SY/T 5542—2000	地层原油物性分析方法（代替 SY/T 5542--92）

21.SY/T 5562—2000	油气井用射孔枪（代替 SY/T 5562—92）
22.SY/T 5928—2000	石油地震勘探资料归档保管规定（代替 SY/T 5928—94）
23.SY/T 5930—2000	大地电磁测深仪使用与维护（代替 SY/T 5930—94）
24.SY/T 5931—2000	测量仪器的使用与维护（代替 SY/T 5931—94、SY/T 5932—94、SY/T 6248—1996）
25.SY/T 5935—2000	I/O SYSTEM 系列地震数据采集系统检验项目和技术指标（代替 SY/T 5935—94）
26.SY/T 5936—2000	陆用数字地震检波器使用与维护（代替 SY/T 5936—94）
27.SY/T 5939—2000	重力仪使用与维护（代替 SY/T 5939—94）
28.SY/T 5965—2000	油气探井地质设计规范（代替 SY/T 5965—94）
29.SY/T 5981—2000	常规试油试采技术规程（代替 SY/T 5981—94、SY/T 6016—94）
30.SY/T 6053—2000	YKZ480 遥测数字地震仪检验项目及技术指标（代替 SY/T 6053—1994）
31.SY/T 6095—2000	透镜状砂岩气田开发方案编制技术要求（代替 SY/T 6095—94）
32.SY/T 6098—2000	天然气可采储量计算方法（代替 SY/T 6098—94、SY/T 6220—1996）

33.SY/T 6424—2000	复合驱油体系性能测试方法
34.SY/T 6425—2000	热采稠油油藏开发调整方案编制技术要求　蒸汽吞吐部分
35.SY/T 6508—2000	油井管无损检测方法　非铁磁体螺纹渗透探伤
36.SY/T 6509—2000	方钻杆
37.SY/T 6510—2000	稠油油田注蒸汽开发方案设计技术要求
38.SY/T 6511—2000	油田开发方案经济评价方法
39.SY/T 6512—2000	三次采油可行性方案编制技术要求　化学驱部分

以上标准自 2001 年 6 月 1 日起实施。

国家石油和化学工业局

2000 年 12 月 25 日

前　言

本规范是根据中国石油天然气集团公司质安字［1999］第34号文件的安排，按等效采用美国腐蚀工程师协会标准NACE RP 0572—95《强制电流深阳极地床的设计、安装、操作和维护》的原则，由大港油田集团勘察设计研究院负责编写。

本规范编制过程中，编制组成员进行了比较广泛的调查研究，在采用NACE RP 0572—95的基础上，结合国情对强制电流深阳极地床的设计、安装、操作和维护作了具体规定，对材料的种类、成分、规格及性能提出了具体要求。与NACE RP 0572—95不同之处是，对导线材料规格按我国应用实际进行了修改，并取消了附录A“氟聚物绝缘阳极导线实验方法”。

本规范主要内容包括：总则、术语、选用原则、设计技术要求、安装、操作与维护等六个部分。

本规范由中国石油天然气集团公司提出。

本规范由油气田及管道建设设计专业标准化委员会归口。

本规范主编单位：大港油田集团勘察设计研究院。

本规范主要起草人　邢凤荣　狄　峥　袁振昆　孟凡彬

本规范由大港油田集团勘察设计研究院负责解释。

目　　次

1　总则 …… 1
2　术语 …… 2
3　选用原则 …… 4
4　设计技术要求 …… 5
4.1　设计时对环境的考虑 …… 5
4.2　深阳极地床设计资料收集 …… 6
4.3　阳极井 …… 6
4.4　材料的选择 …… 6
5　安装 …… 9
5.1　安装的方式 …… 9
5.2　井下测试 …… 9
5.3　阳极的组装 …… 9
5.4　阳极的安装 …… 9
5.5　闭孔阳极地床排气装置的安装 …… 10
5.6　闭孔阳极地床填料的装填 …… 11
5.7　接线箱的安装 …… 11
5.8　封井 …… 11
6　操作与维护 …… 12
6.1　运行 …… 12
6.2　故障的排除 …… 12
标准用词和用语说明 …… 13
附件　强制电流深阳极地床技术规范　条文说明 …… 14

1 总　　则

1.0.1 为了有效地实施强制电流阴极保护深阳极地床技术，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 本规范是地下或水下金属结构强制电流阴极保护深阳极地床的设计、安装、操作及维护的一般技术规定。

1.0.3 本规范只提出了对强制电流深阳极地床的基本技术要求，也可使用比本规范所规定的更好的方法及材料。

1.0.4 强制电流阴极保护深阳极地床的设计及施工，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 术　　语

2.0.1 活性区　active zone

深阳极系统中排放电流的部分。

2.0.2 阳极帽　anode cap

一种盖住阳极端部导线连接处的电绝缘材料。

2.0.3 阳极连接密封　anode connection encapsulation

一种装于阳极与导线连接端及部分侧面，保持阳极与导线电连接完好的绝缘材料。

2.0.4 填料　backfill

井孔中，填充阳极、排气管等阴极保护系统地下部件周围的材料。

2.0.5 下吹　blow down

通过管子以高压向阳极区注入空气或水，以便清扫环状空间并尽可能消除由于气阻造成的高电阻。

2.0.6 开孔法　open hole

阳极周围只有含水电解质包围的一种安装方式。

2.0.7 闭孔法　closed hole

阳极周围填满填料的一种安装方式。

2.0.8 连续阳极　continuous anode

导电性连续的单支阳极。

2.0.9 深阳极地床　deep groundbed

一支或多支阳极垂直安装于地下 15m 或更深的井孔中，以提供阴极保护的地床。

2.0.10 浅阳极地床　shallow groundbed

一支或多支阳极垂直或水平安装于地下 15m 以内，对地下或水中金属结构提供阴极保护的地床。

2.0.11 端部效应 end effect

由于端部电流密度过高而导致阳极材料端部消耗过快的一种现象。

2.0.12 外部结构 foreign structure

阴极保护系统以外的金属结构。

2.0.13 气阻 gas blockage

造成阳极被大量氧气、氯气或其他气体包围，减少了阳极与电解质或填料的接触，增加了阳极接地电阻，降低了阳极排出电流的现象。

2.0.14 包装式阳极 packaged anode

装于容器中央，周围填满导电填料的阳极。

2.0.15 电阻分布测试 resistance profile test

在深阳极地床的井孔中，电阻对数值对井孔深度的曲线测试。

2.0.16 探测孔 test hole

为确定地床埋设处的地质、水文及水质特性而开凿的井孔。

2.0.17 排气 venting

深阳极地床气体的排放。

2.0.18 湿绝缘测试 wet test

将阳极导线浸在水溶液电解质中，用额定电压测试阳极导线的电绝缘性能。

3 选用原则

3.0.1 在确定采用深阳极地床前，宜对所采用的阳极埋设方法进行经济对比。

3.0.2 深阳极地床宜埋设在金属构筑物密集、地形无法设置浅埋阳极、对临近金属构筑物可能产生干扰和地表土壤电阻率高的地区。

3.0.3 选用深阳极地床应考虑的问题：

1 难以准确模拟深阳极地床所需的电流。

2 在相同电流输出下，深阳极地床的安装费用比浅阳极地床高。

3 闭孔深阳极地床部件的检查、更换、维修困难。

4 由于闭孔深阳极地床对气阻敏感，它需要特殊的设计。

5 可能需要追加浅阳极地床。

6 深阳极地床宜选用高密度填料。

7 开孔深阳极地床需要含水电解质。

8 开孔深阳极地床当需要套管时，可选用非金属套管。

9 当存在地下含水层的串层问题时，需要特殊的设计以阻止水的混杂。

3.0.4 深阳极地床的设计寿命应与被保护体的寿命相匹配。

3.0.5 采用深阳极地床阴极保护时，应注意可能造成对外部结构的干扰影响，并应采取相应的防护措施。

4 设计技术要求

4.1 设计时对环境的考虑

4.1.1 深阳极地床应安装于不受地面或地下污染的地方，若安装在受污染区域，必须采用防止污染扩散的技术。需进行特殊考虑的区域包括：

1 低洼处。

2 存在有害物质（碳氢化合物、重金属盐和盐水等）处。

3 死水区。

4 排水区域。

4.1.2 宜采取预防措施防止地面流体进入深阳极系统。

1 如使用地面套管，应进行外部密封，并且进行内部密封或者水位以上范围的密封。密封材料包括混凝土、泥浆和膨润土—水泥混合物。

2 当套管用于深阳极地床时，其密封面允许有 2.5～5cm 的密封空间。

3 如需要阻止地面流体进入时，未施加套管的深阳极地床系统的地面部分应进行密封。

4 如需要防止流体及流砂进入时，排气管宜延伸到高于水位以上井的通气区并且需外部密封。

4.1.3 深阳极地床内部宜进行密封，以防地层间水的混杂。如使用套管，应进行套管外部的密封。若此时需要排气管，则宜采用双（或多）排气管。

4.1.4 安装过程中应使用净水和不污染地下环境的深阳极地床材料。

4.1.5 已废弃的深阳极系统应有以下处理措施：

1　所有无套管井、套管和排气管应进行适当的密封。

2　所有地上的附属物应移走或防护，以防损坏。

4.2　深阳极地床设计资料收集

4.2.1　宜取得有关地面、地层、水文及岩石的资料。

4.2.2　宜收集目前和未来该地区的建设规划资料。

4.2.3　应收集有关可利用的电源方面的资料。

4.2.4　应收集拟定的埋设深阳极地床附近的管道、套管、电缆、电力接地、矿井及通道的资料。

4.2.5　应收集或测定该地区的土壤电阻率。

4.2.6　如果对目前认为适宜安装阳极的地层存有疑问，可钻探小直径探测孔。

4.3　阳　极　井

4.3.1　阳极井的直径与地床设计有关，常用直径为15～30cm。

4.3.2　井的深度决定于地层情况和阳极的数量与长度。

4.3.3　钻井完毕应进行电阻分布测试，在取得钻样电阻率数据后可完成最终设计。

4.3.4　应采取适当措施改善在低渗透性土壤中产生的高电阻。

4.4　材料的选择

4.4.1　阳极的材料和数量应满足下列要求：

1　阳极材料可选用钢铁、石墨、含铬高硅铸铁、铂和混合金属氧化物等。

2　阳极数量及使用的材料由下列因素决定：整个系统电流输出、阳极大小、形状、质量、单支阳极表面积与质量比值、填料、计算的地床电阻、设计寿命和其他设计因素。地床接地电阻应按标准《埋地钢质管道强制电流阴极保护设计规范》SY/T 0036—2000中的有关规定进行计算。

3　为了降低气阻，深阳极地床应在比浅阳极地床低的电流

密度下工作。

4.4.2 阳极导线应满足下列要求：

1 阳极导线应选用 $VV_{22}-1000V$ 或 $VV-1000V$ 电缆，截面积不应小于 $10mm^2$。

2 每支阳极或阳极组应有一根导线引向地面，中间应避免接头。

3 导线的绝缘层必须连续完整，且具有良好的绝缘性和高的耐磨、耐应力开裂、耐刻痕扩展、耐切口敏感和耐化学介质特性。在受到磨蚀或刻痕扩展的薄绝缘层上，应加护套进行机械保护。护套应是耐化学介质和耐磨的材料。

4.4.3 导线与阳极的连接应满足下列要求：

1 导线和阳极的接触电阻应小于 0.01Ω。

2 导线和阳极的连接必须牢固，并进行防水密封。

3 内部防水密封必须能承受水压和阳极释放气体造成的氧化降解。

4 中心接线阳极能防止阳极端部效应造成的导线与阳极连接的失效。

4.4.4 填料应满足下列要求：

1 在闭孔阳极地床中应使用导电填料。常用填料有冶金焦炭、焙烧石油焦炭。

2 填料的性能要求为：

1）相对密度大于或等于 1.90；

2）体积质量大于或等于 $1041kg/m^3$；

3）填料的粒径范围：约 98% 通过 20 目筛，而 80% 通不过 100 目筛；

4）含炭量大于 90%。

4.4.5 套管应满足下列要求：

1 套管用以控制塌陷、密封和防止含水地层间不必要的转移，并应满足业主的要求。

2 如果套管在地面附近不会引起有害的电流输出，可使用

金属套管；在开孔深阳极地床的活性区不宜采用金属套管。

3 为了防止在地面或靠近地面处输出电流，可使用非金属套管（如水泥、增强热固性材料）；在开孔或闭孔深阳极地床中，非金属套管在活性区必须打孔。

4.4.6 排气装置应满足下列要求：

1 根据地层情况和排气的需要，可选用一根或多根排气管。

2 排气管宜有足够的高度，以防损坏周围的设备和地面水的进入。安装前，所有深阳极地床的设施（整流器、井、排气部分）都宜有明显的标记；在工作之前先排气，并应防火及防止火花的产生。

3 开孔地床和连续钢阳极地床不需排气管，但可能需要地上排气装置。

4 可采用非金属如热塑性塑料或增强热固性材料的多孔排气管。排气管在活性区域必须打孔。材料应根据预期的环境条件以及机械、防火、安全和其他规范的要求选用。

4.4.7 接线箱应满足下列要求：

1 接线箱应能防风雨，内安装绝缘面板，其上安装接线端子、独立分流器、导线终端接头、分流电阻接头和公用母线接头。

2 接线箱应能散除电阻产生的热并满足防火和安全规范要求。

5 安　　装

5.1 安装的方式

5.1.1 深阳极地床安装可分为井口分段组装、地面整体组装两种方式。

5.1.2 安装套管时，通常应在阳极安装之前进行。地床施工完毕如果需拔出套管，必须小心，以防阳极导线损坏。

5.2 井下测试

5.2.1 为确定阳极的最佳位置，宜进行电阻分布测试。可进行连续测量或以阳极的长度间隔测量，但该测试不适用于连续钢阳极地床。

5.3 阳极的组装

5.3.1 井下部件不应与可能造成气阻或使填料产生空洞的材料捆扎在一起。

5.3.2 每一支阳极导线的自由端都宜有永久性的深度标识。安装前应检查导线和阳极的连接电阻。

5.3.3 导线绝缘层必须进行保护，以防磨损及尖锐物体破坏，最小弯曲半径应和厂家要求一致。安装前，应外观检查导线绝缘层是否存在缺陷或损坏。为进一步确保导线的绝缘完整性，可采用适当安全措施进行湿绝缘测试。

5.4 阳极的安装

5.4.1 闭孔阳极地床安装应符合下列要求：

1 阳极应使用合适的装置定位于井孔的中央。此装置应满

足可使填料通过、不聚集气体、不损坏导线的绝缘、不妨碍阳极的合适安装等要求。

2 阳极井中的阳极应有附加支撑，以便把阳极放入或悬吊在阳极井中。

3 当用泵装填填料时，应先将所有阳极安装在预先确定的深度。如需排气装置，排气管从阳极底部到顶部设置，并在填料填充前预先安好，且填料的装填应符合本规范第 5.6 节的规定。

4 当用注入法或铲入法装填填料时，应用清水替换钻井泥浆，并在预先确定的深度安装排气管和最深的两支阳极。向井中注入的填料没过第一支阳极再安装第三支阳极，依次重复上述操作，安装其余阳极。填料宜与水混合成浆料，以防填井时形成空洞。

5 如使用包装式阳极，在可能情况下，宜另加填料。

6 如果地层电阻率允许，阳极在垂直方向上可作必要的移动。

7 连续阳极可不用本规范第 4.4.4 条中推荐的填料。

5.4.2 开孔阳极地床安装应符合下列要求：

1 应采取措施防止井孔塌陷。

2 阳极应放在含水电解质井孔的中心。

3 悬挂式阳极可用单独的导线提起、放下或移出检查。

4 当阳极连接导线或连接接头承受不住阳极的重量时，必须采用其他支撑手段。

5 连续阳极通常不需独立悬挂。

5.5 闭孔阳极地床排气装置的安装

5.5.1 排气管应有一系列小孔或细缝，孔和缝宜足够小，以防填料的进入。排气孔或细缝应紧靠阳极。

5.5.2 装填填料时，排气管两端宜密封，使进入排气管的填料或泥浆减到最少。

5.5.3 在排气管地面端头宜采用螺纹连接。螺纹连接处可采用

网状套管，以防止昆虫或异物进入。

5.5.4 排气管应固定在腐蚀性气体不能进入接线箱、整流器的位置，宜对所有导线护管进行密封。

5.5.5 排气管末端应距地面有足够的高度，以防任何污染物进入阳极地床。

5.6 闭孔阳极地床填料的装填

5.6.1 井中宜装填均一的低电阻率填料，直到阳极顶部完全被覆盖。井的其他部分可以敞口或用其他导电或非导电、不磨蚀的渗透性填料填到地面。

5.6.2 装填方法应根据地层、填料的性质确定，可采用泵注或人工装填的方法加入，并满足下列要求：

1 填料宜在净水中预浸，也可使用润湿剂，以防止空洞的产生。

2 包装式阳极宜用净水预浸，以减少其对泥浆的吸收。

3 对含有钻井泥浆或水的井，应采用泵注法以稀浆形式连续装填。注入管直径应满足填料泵注的要求。

5.6.3 应测量阳极接地电阻的变化，以判断填装的质量。

5.7 接线箱的安装

5.7.1 按照设计要求安装分流器和分流电阻。

5.7.2 接线箱的导线入口处及阳极导线束间应进行绝缘密封。

5.8 封　　井

5.8.1 深阳极地床施工完毕，在井口应设置保护罩（盖）。

5.8.2 保护罩（盖）应留有通气孔以防止气体聚集。

6 操作与维护

6.1 运　　行

6.1.1 通电并进行地床调试，以满足输出要求。

6.1.2 宜测量并记录单支阳极的输出，将其调整到相对稳定的状态。当加入电阻调整阳极输出时，有必要调节整流器使其恢复到要求的电流输出。

6.1.3 宜定期进行接地电阻的计算，如变化巨大，宜调整单支阳极输出至阳极性能最佳状态并记录。

6.1.4 应定期检查电源运行状态。

6.2 故障的排除

6.2.1 闭孔阳极地床中，气阻是由于排气不畅造成的。气阻可能发生在最深第一支阳极，且在井中向上进一步发展。气阻可通过下述方法排除：

1 安装了排气管时，可通过排气管注入水或空气或者用小管（棒）清洁排气管的办法来清除。

2 没安装排气管时，气阻可通过向井孔插入一个小管直到气阻区的方法消除，但应注意避免损坏阳极导线和阳极。

3 对所有或受影响阳极短时间停电或重新分配阳极电流密度，可降低气阻的影响。

6.2.2 由水分不足造成的地床电阻升高，通常发生在最浅的阳极并且在地床中会向深部发展，可通过注入净水的方法降低。

6.2.3 应对遭到损坏的套管盖、阳极接线箱、排气管或电缆进行维修。

6.2.4 如果上述措施不能达到预期的效果，应考虑更换阳极地床。

标准用词和用语说明

为便于在执行本规范时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下。

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“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

附件

强制电流深阳极地床技术规范

条文说明

制 定 说 明

本规范是根据中国石油天然气集团质安字［1999］第 34 号文件的安排，按等效采用美国腐蚀工程师协会标准 NACE RP 0572—95《强制电流深阳极地床的设计、安装、操作和维护》的原则，由大港油田集团勘察设计研究院负责编写。

在编制过程中，编制组成员进行了认真广泛地调查研究，搜集了国内外有关强制电流深井阳极地床的资料，并广泛征求了有关单位和专家的意见，既考虑到目前的施工水平，又考虑到今后的发展方向，力求做到技术先进、经济合理、安全实用、确保质量。从目前国内深阳极地床实际应用情况看，NACE RP 0572 大部分可以直接被我们采用，只有极少部分，如材料规格等与我国不同，需进行修改。因此可进行等效采用，在完全尊重 NACE RP 0572—95 标准技术的基础上，结合国内深阳极地床的实际应用情况，并按照《工程建设标准编写规定》的编写方法，制定本规范。

为便于广大设计、施工等有关人员在使用本规范时正确理解和执行本规范条文的规定，本规范编写人员根据编制条文说明的统一要求，按章、节、条的顺序（不需说明者予以省略）编制了本条文说明，供本规范使用者参考。

鉴于本规范初次制定，经验不足，难免存在不妥之处。在执行本规范过程中，如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料函寄至天津市大港油田集团勘察设计研究院技术质量部（邮编：300280）。

大港油田集团勘察设计研究院

2000 年 11 月

目　　次

1　总则 …… 17
2　术语 …… 19
3　选用原则 …… 22
4　设计技术要求 …… 23
4.1　设计时对环境的考虑 …… 23
4.2　深阳极地床设计资料收集 …… 23
4.3　阳极井 …… 24
4.4　材料的选择 …… 24
5　安装 …… 27
5.1　安装的方式 …… 27
5.2　井下测试 …… 27
5.5　闭孔阳极地床排气装置的安装 …… 27
5.6　闭孔阳极地床填料的装填 …… 27
5.7　接线箱的安装 …… 28
6　操作与维护 …… 29
6.1　运行 …… 29
6.2　故障的排除 …… 29

1 总　　则

1.0.1 本条说明了编制本规范的目的。众所周知，深阳极地床是强制电流阴极保护系统中阳极地床的一种形式，与常用的浅阳极地床相比具有应用时不受地形限制、干扰小、接地电阻小、保护效果好的特点。该种形式的阳极地床在国外广泛用于城市、管网密集区、表层土壤电阻率高等地区埋地金属构筑物的阴极保护中，技术成熟，积累了丰富的经验。近几年，我国开始逐渐将深阳极地床技术应用于阴极保护中，如华北石油管理局和廊坊石油管道局将深阳极地床技术应用于油田站场内区域阴极保护。陕京输气管线工程中将深阳极地床技术用于土壤电阻率较高的地区(如靖边)，以保护陕京输气长输管线。

由于深阳极地床埋于地下较深，投资较高，技术性强，设计、施工应用中必须考虑气阻、排气和地层条件等问题，因此1972年就制定了标准《强制电流深阳极地床的设计、NACE RP 0572》，用以指导　规范深阳极地床的应用。随着深阳极地床技术的不断完善，该标准分别于1985年和1995年进行了修订。NACE RP 0572—95对深阳极地床设计、安装、操作和维护的有关技术问题和应用中应注意的事项做了详细的规定，具有很强的实用性。国内目前进行深阳极地床的设计、制造、安装一般都参照该规范进行。随着阴极保护应用的不断加深，今后深阳极地床技术的应用也会越来越多，因此有必要结合国内深阳极地床的实际应用情况，借鉴国外先进的技术和标准，编制出我国的“深阳极地床”标准，对深阳极地床技术的应用进行指导和规范。

1.0.2 本条指明了本规范的适用范围。由于某些环境条件的复杂性，使得所有设计和安装方法难以做到统一标准，因此本规范没有涉及每一特殊条件下的方法。

1.0.3 由于强制电流深阳极地床是属于强制电流阴极保护的一种地床形式，因此在实际应用中，也可使用比本规范更好的方法及材料。

1.0.4 本条明确规定了本规范与国家现行有关强制性标准（规范）的关系。

2 术　　语

已在SYJ 30—87《埋地钢制管道及储罐防腐蚀工程基本术语》中定义且在本规范中不是太重要的技术术语，本章不再解释。本规范中重要的术语又在其他标准中未作明确解释的，列入本章；而诸如深阳极地床、端部效应等术语虽在SYJ 30中定义了，但在本规范中属于重要术语，因此也被列入本章。由于阳极导线规格作了改动，因此删掉了NACE RP 0572—95文中的“脉冲电压绝缘测试”术语。虽然在NACE RP 0572—95中出现但其他学科中已有明确解释的术语，如“电解”、“电解质”、“电渗透”、“泥浆”、“水文学”、“岩石学”、“地下水”、“刻痕扩展”、“密封剂”、“静态水位”、“地层学”、“电压”等未列入本章。

2.0.5 本条中的环状空间是指套管和井孔中可能引起气阻的所有空间。

2.0.10～2.0.11 阳极顶部距地面等于或大于15m的阳极地床为深阳极地床。阳极顶部距地面小于15m的阳极地床为浅阳极地床。有套管的深阳极地床示意图如图1和图2所示。

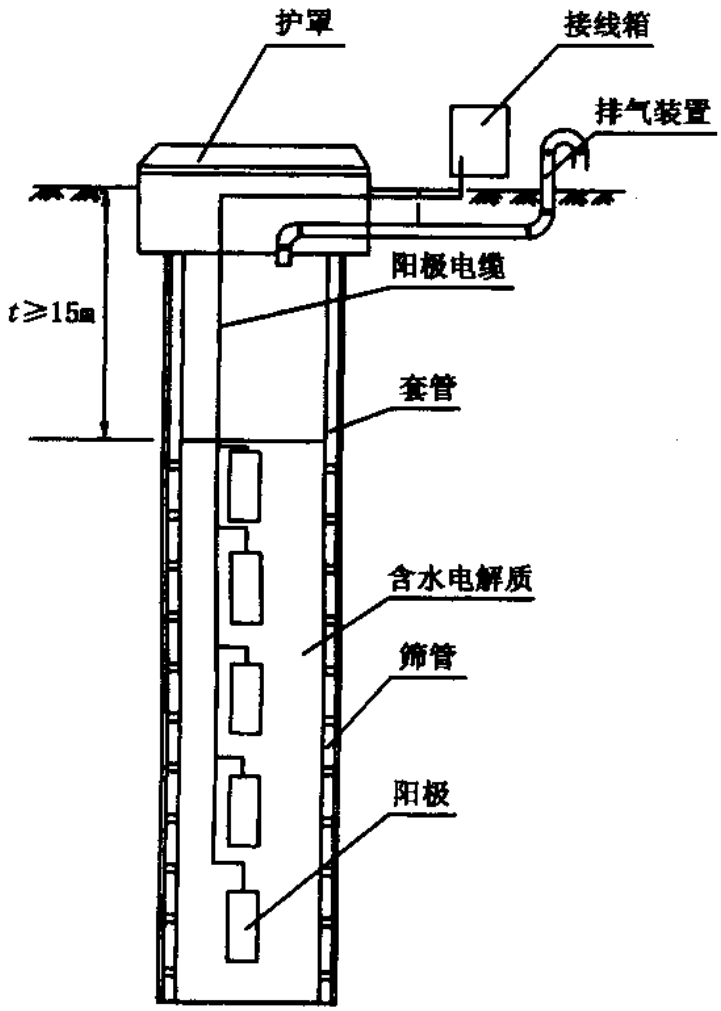


图 1　开孔深阳极地床（有套管）示意图

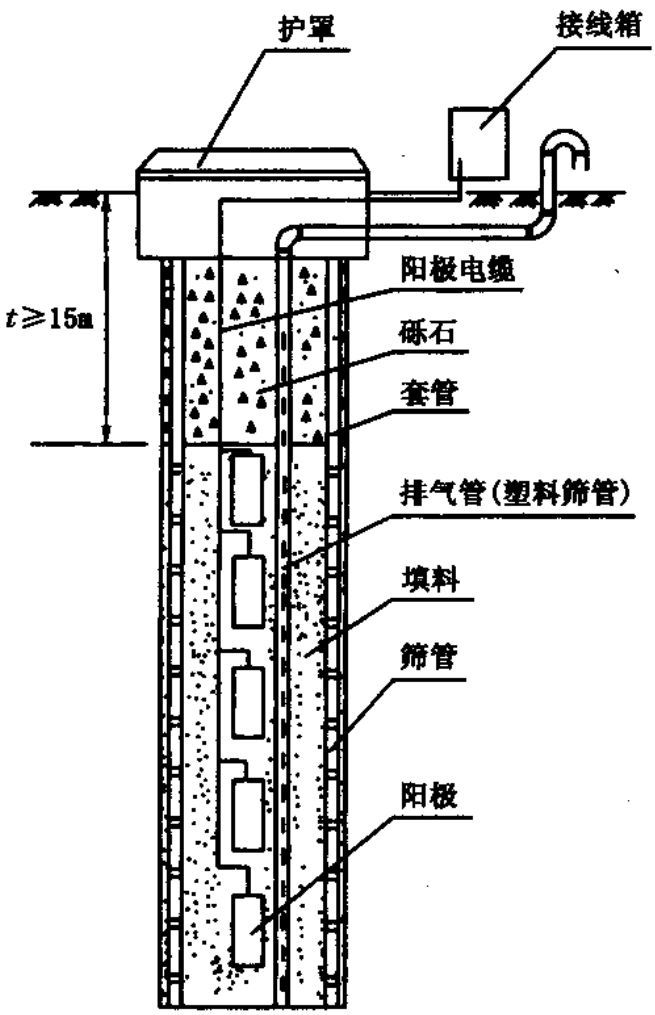


图 2　闭孔深阳极地床（有套管）示意图

3 选用原则

3.0.1 阳极埋设方法分为浅阳极地床与深阳极地床。深阳极地床的占地少，能在一定范围内，特别是通电点附近减少干扰，增加保护长度，接地电阻稳定。但深阳极地床的成本高，维护管理比较困难。浅阳极地床动用机具少，施工简便，投资较少。在确定采用深阳极地床前，宜对这两种方法进行比选。

3.0.2 本条规定了深阳极地床适合使用的场所。深阳极地床用于地理、地形无法埋设浅阳极地床，对临近金属构筑物可能产生干扰和地表土壤电阻率高的地区。深阳极地床有以下优点：

1 对其他结构形成的阳极电位梯度比浅阳极地床低。

2 提供的电流分布比浅阳极地床均匀。

3 消除了浅阳极地床存在挖掘和耕作中造成的一些偶然性破坏。

4 比浅阳极地床受季节含水变化的影响小，并且常不受结冻的影响。

5 减小了在环境敏感区的表面分布。

3.0.3 闭孔深阳极地床对气阻敏感，需要特殊的设计，但连续钢管或铁轨地床不存在这一缺点，可不必进行特殊的设计。

当要求对所保护结构提供足够的保护电流分布，且对距深阳极地床很近的结构提供足够的电位改变时，可能需要追加浅阳极地床。

深阳极地床中，阳极周围的填料不易压实。在这种条件下，如果填料不致密或缺少填料会加速阳极的失效，而高密度填料的使用可改善致密性。

预测深阳极地床性能较困难，而且比浅阳极地床更缺乏准确性。

开孔深阳极地床采用套管，目的是防止坍塌的发生。一般情况下，推荐采用非金属套管。

4 设计技术要求

4.1 设计时对环境的考虑

4.1.2 密封材料中，应用效果较好的三种泥浆有：

1 纯水泥泥浆——由 43kg 普通硅酸盐水泥和 19～23L 净水组成的混合物。

2 混凝土泥浆——由 43kg 普通硅酸盐水泥加等量体积的砂子（直径小于 2mm）与 19～23L 净水组成。

3 膨润土粘性泥浆——由水和工业泥浆或含有高固体成分的钠型膨润粘土组成。

当套管用于深阳极地床时，其密封面允许有 2.5～5cm 的密封空间。其意是指“每侧应留有 2.5～5cm 的标准空间用来密封”。国外资料报道套管的内外侧均采用了填料密封。

如需要防止流体及流砂进入，排气管应延伸到高于水位以上井的通气区，这里的水位应包括地面水位和洪水水位。

4.1.3 此时采用双（或多）排气管的目的是为了防止内部密封的损坏。

4.2 深阳极地床设计资料收集

4.2.1 可利用路基断面、矿井、河床或露出地面岩层处暴露地层检查时所获得的资料。

4.2.4 应考虑防止深阳极地床对其附近的管道、套管、电缆、电力接地、矿井及通道产生的机械或杂散电流的损坏。

4.2.5 收集土壤电阻率时应同时收集表层土壤电阻率和地层土壤电阻率。

4.3 阳 极 井

4.3.2 开孔深阳极地床通常需要在阳极底部设计一附加深度，以收集沉淀物。

4.3.4 应注意的问题：低渗透土壤（如粘土）由于水在高电流密度下的电渗透作用，会在阳极附近干透，使阳极接地电阻升高。

4.4 材料的选择

4.4.1 除钢铁外该条中的材料在卤素环境中都耐蚀。应考虑阳极表面积与阳极质量和输出电流的比值。保存所用材料的准确记录以及有关的化学分析数据。可采用的阳极如下：

1 可采用圆柱状或方形棒状石墨阳极。在大多数操作条件下，用合适材料（亚麻油、石蜡、树脂等）浸渍处理的石墨阳极能提高阳极性能。

2 可采用圆柱状或管状含铬高硅铸铁阳极，也可采用具有一个或两个端面加大的圆柱状阳极。

3 以钛、铌或钽为基材的包铂或镀铂阳极，其基材可制成小直径线状、线性网状和多孔金属网状，以棒状和管状方式使用。

4 以钛为基材的混合金属氧化物阳极可制成多孔金属网，以棒状和管状方式使用。以铜为核心的钛基材混合金属氧化物阳极可制成小直径线状和棒状。

5 可采用不同形状的钢铁（铁轨、轴、梯、管）阳极。其常用作连续阳极，该阳极上部可涂上涂层以降低该部分输出的电流。可从钢铁阳极的顶部到底部留一条带状区域，涂上涂层及在不同位置引出导线以保持电的连续性。

4.4.2 阳极导线绝缘层的选择应与环境状况相匹配。绝缘层必须连续完整，具有足够的绝缘性和良好的耐磨、耐应力开裂、耐刻痕扩展、耐切口敏感和耐化学介质特性。

NACE RP 0572 对存在任何一种卤素或其他腐蚀性气体或离子的环境，规定了采用下述耐化学介质绝缘材料：聚偏氟乙烯（PVDF）、放射交联聚偏氟乙烯（XLPVDF）、氯三氟乙烯（ECTFE）、交联氯三氟乙烯（XLECTFE）或其他惰性碳氟化物或卤素材料。但由于国内没有氟聚物导线生产厂家，因此阳极导线规格按照国内实际情况作出了具体的规定，并删掉了 NACE RP 0572 中关于对阳极导线绝缘材料要求的规定，取消了氟聚物导线的绝缘测试等内容。

4.4.4 填料可以降低整个地床的电阻、改善电流分布、延长阳极寿命、防止井的塌陷及为气体的排出提供一个可渗透的介质。

1 冶金焦炭、焙烧石油剩余焦炭及焙烧液体石油焦炭都可用做强制电流阳极导电炭质填料。

2 对于填料要考虑的因素有：电阻率、颗粒的大小、重度、密度和化学分析特性。

3 特别配制的填料易于抽吸、沉降、压实，可用来改善地床性能和寿命。

4.4.5 这里的有害电流有两种情况：（1）深阳极地床附近有金属设施，但不在深阳极地床阴极保护系统内，深阳极地床系统对地面输出的电流有可能使这些金属设施产生杂散电流腐蚀。（2）深阳极地床附近有金属设施，也在深阳极地床阴极保护系统内，但深阳极地床系统对地面输出的电流有可能使这些金属设施产生过保护，引起不必要的电流输出。这两种情况下的电流输出均属于不希望的电流输出。

套管在活性区必须打孔（开槽），目的是使电流能够排出。除此之外，为了让含水电解质进入，也需要打一些附加的孔眼。国外有资料报道活性区使用有狭缝的套管，具体做法是：每 6.096m（20ft）长的套管上有 224 个 139.7mm（5.5in）长的狭缝。狭缝平行于套管，直径为 101.6mm（4in）的套管上的狭缝宽度为 12.7mm（0.5in），直径为 152.4mm（6in）的套管上的狭缝宽度为 19.05mm（0.75in）。

4.4.6 深阳极地床中可能自然产生气体，或者通过电解产生气体，大多数深阳极地床应提供足够的排气管以防气阻。国外有资料报道，活性区有人使用有狭缝的排气管。排气管狭缝尺寸为38.1mm×0.152mm（1.5in×0.006in），纵向间距为152.4mm（6in），圆周间距为25.4mm（1in）。

5 安　　装

5.1 安装的方式

5.1.1 所谓地面整体组装，即在地面将外套管、阳极、排气管等在地面水平组装，然后再整体吊起，下入井眼内，填充填料，最后再固井完成。

所谓井口分段组装，即在地面将一定长度的套管下入井口临时予以固定，安装阳极，连接排气管，填充填料，使填料没过该阳极。按顺序连接第二段套管，然后将第一段套管下入井孔内。依次重复上述操作，安装其余部分，最后再固井。

5.2 井下测试

5.2.1 阳极最佳位置要求与阳极寿命相一致并保证最佳电流输出。电阻分布测试是通过测量充满水的阳极井中的单支阳极和被保护结构间的电阻完成的。

5.5 闭孔阳极地床排气装置的安装

5.5.3 在排气管地面端头采用螺纹连接，便于注水、注气、消除气阻。螺纹连接处使用筛状套管，能防止昆虫或异物的进入。排气管末端连接一软管，插入开口水箱，就可以进行可见的排气测试。

5.6 闭孔阳极地床填料的装填

5.6.1 适宜的填料将会降低阳极与电解质间的电阻，提高阳极寿命，防止井的塌陷，易于排气。砂子、豆粒大小的砾石也可作为不导电的回填填料。

5.6.2 为避免填料管阻塞，填料宜采用连续泵注的方法。

5.7 接线箱的安装

5.7.2 为防止绝缘层间毛细作用而对阳极导线实行绝缘密封，且防止腐蚀介质进入接线箱中。

6 操作与维护

6.1 运　　行

6.1.2 之所以记录单支阳极的电流输出，是因为这些数据可用于评估地床的性能。

6.1.3 当地层电阻不同时，有些阳极输出电流过大，消耗过快；调整单支阳极输出电流，使单支阳极输出电流分布均匀，并使阳极性能达到最佳状态。

6.2 故障的排除

6.2.1 闭孔阳极地床中，气阻是由于排气不完全造成的，一般有以下情况：

1 当电能在深阳极地床消耗后，就产生了气体。

2 气阻可以发生在最深处第一支阳极，且在井中向上进一步发展。这可能是由于填料颗粒、淤泥、其他异物沉淀堵塞排气管造成的。

3 气阻产生的结果同水分不足造成的结果相似。

6.2.3 阳极、导线、绝缘或阳极连接的失效，将会造成阳极输出电流的下降或阳极输出电流完全丧失。阳极及导线失效的原因有以下几点。

1 阳极失效原因：

1）恶劣的环境条件（包括闪电）；

2）在处理或安装期间绝缘层的机械破坏；

3）阳极不恰当地悬挂对导线造成的机械破坏；

4）制造中存在的缺陷；

5）选择了不恰当的材料；

6）外部造成的损坏。

2　导线失效原因：

1）恶劣的环境条件；

2）处理和安装过程中的机械破坏；

3）制造中存在的缺陷；

4）选择了不恰当的材料；

5）电连接处不完全的防水密封；

6）阳极端部效应。