

锌合金牺牲阳极 技术资料

执行标准

成分与性能

型号规格

检验与文件

选型与设计

本系列产品

执行标准与型号表示

本产品执行 GB/T 4950-2021《锌合金牺牲阳极》（2021-08-20 发布，2022-03-01 实施，代替 GB/T 4950-2002、GB/T 4951-2007）。适用于电阻率小于 $15 \Omega \cdot m$ 的介质（包括海水、海泥、土壤等）中钢结构阴极保护用锌阳极的设计、制造、检验、贮存等，包括船舶、港工设施、海洋工程、埋地金属管道、储罐、海水冷却水系统等。

化学成分代号：1 为 I 型 锌-铝-镉阳极、2 为 II 型 锌-铝-镉阳极、3 为 III 型 高纯锌阳极。I 型、II 型含镉元素，使用前应征求需方许可；I 型、II 型锌阳极适用环境温度不超过 50°C 。

用途代号：H 船体用、T 液舱用、I 港工和海洋工程设施用、E 海水冷却水系统用、C 储罐用、P 埋地管线用；结构型式代号：S 单铁脚焊接式、D 双铁脚焊接式、L 螺栓连接式、Y 圆盘状、R 带状。

型号表示：Z + 化学成分代号 + 用途代号 + 结构型式代号 - 规格代号。示例：Z1HS-1：I 型 锌-铝-镉阳极，船体用（H），单铁脚焊接式（S），规格代号 1。

相关标准

- GB/T 4950-2021 锌合金牺牲阳极
- ASTM B418 锌合金牺牲阳极（Type I / Type II，出口）
- GB/T 17848 牺牲阳极电化学性能试验方法
- GB/T 21448-2017 埋地钢质管道阴极保护技术规范
- SY/T 0032 / GB/T 50698 埋地钢质管道交流干扰防护

化学成分与电化学性能

GB/T 4950-2021 表16 化学成分（质量分数，%）

种类	Al	Cd	Pb	Cu	Fe	其他	Zn
I 型	0.3~0.6	0.05~0.12	≤0.006	≤0.005	≤0.005	Si ≤0.125	余量
II 型	0.1~0.5	0.025~0.07	≤0.006	≤0.005	≤0.005	≤0.1	余量
III型	≤0.005	≤0.003	≤0.003	≤0.002	≤0.0014	≤0.005	余量

Pb、Cu、Fe、其他为杂质元素上限。

GB/T 4950-2021 表17 电化学性能

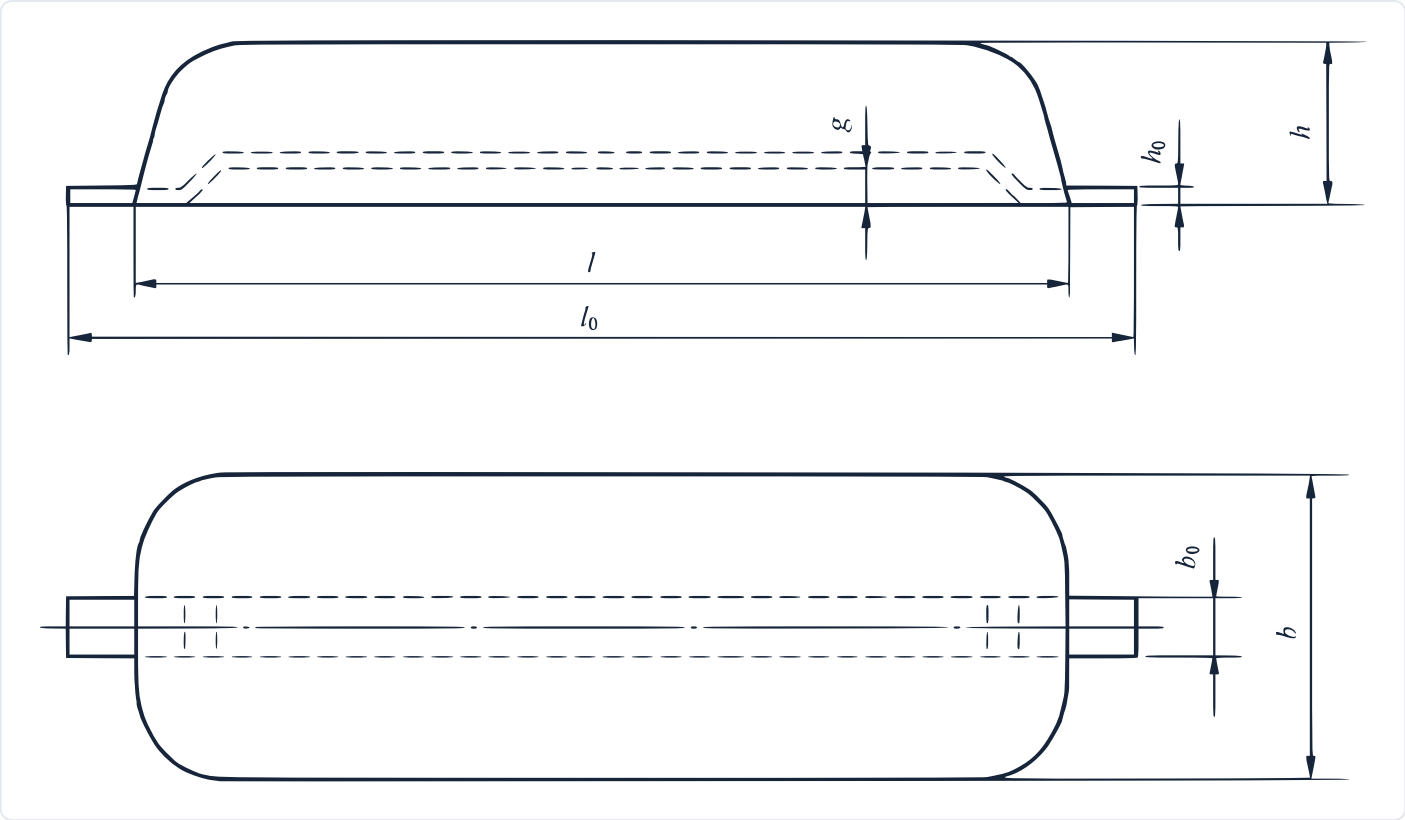
种类	介 质	开路电位 V	工作电位 V	实际电容量 A · h/ kg	电流效率 %	消耗率 kg/ (A · a)	溶解性能
I 型、II 型	海水	≤-1.05	≤-1.00	≥780	≥95	≤11.23	表面溶解均匀，腐蚀产物容易脱落
I 型、II 型	土壤	≤-1.05	≤-1.03	≥530	≥65	≤16.53	表面溶解均匀，腐蚀产物容易脱落
I 型、II 型	海泥	≤-1.05	≤-0.99	≥750	≥90	≤11.68	表面溶解均匀，腐蚀产物容易脱落
III型	海水	≤-1.05	≤-1.00	≥760	≥92	≤11.53	表面溶解均匀，腐蚀产物容易脱落

参比电极为饱和甘汞电极。

海水介质采用人造海水或天然海水；土壤介质采用潮湿土壤，且阳极周围添加填充料；海泥采用天然海泥或模拟电解液；介质温度为常温。

工作电流密度：海水和海泥介质中取 1 mA/cm²，土壤介质中为 0.03 mA/cm²。

国标型号规格与结构示意图

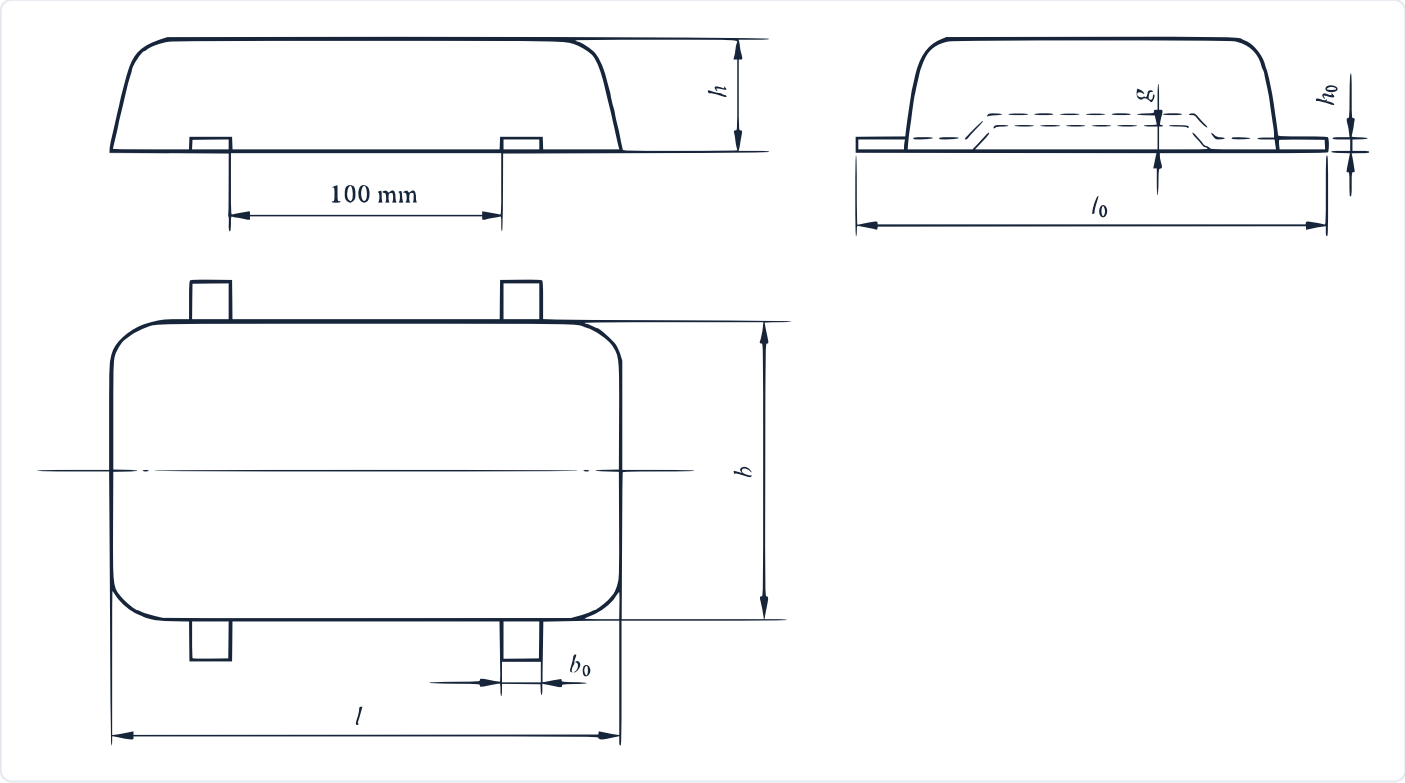


船体用单铁脚焊接式锌阳极结构示意图GB/T 4950-2021
1 阳极体；2 扁钢铁脚

GB/T 4950-2021 表2 船体用单铁脚焊接式锌阳极

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxHS-1	800×140×60	45.4	47.0
ZxHS-2	800×140×50	37.4	39.0
ZxHS-3	800×140×40	29.5	31.0
ZxHS-4	600×120×50	24.0	25.0
ZxHS-5	400×120×50	15.3	16.0
ZxHS-6	500×100×40	12.7	13.6
ZxHS-7	400×100×40	10.6	11.0
ZxHS-8	300×100×40	7.2	7.5
ZxHS-9	250×100×40	6.2	6.5
ZxHS-10	180×70×40	3.3	3.5

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表2。



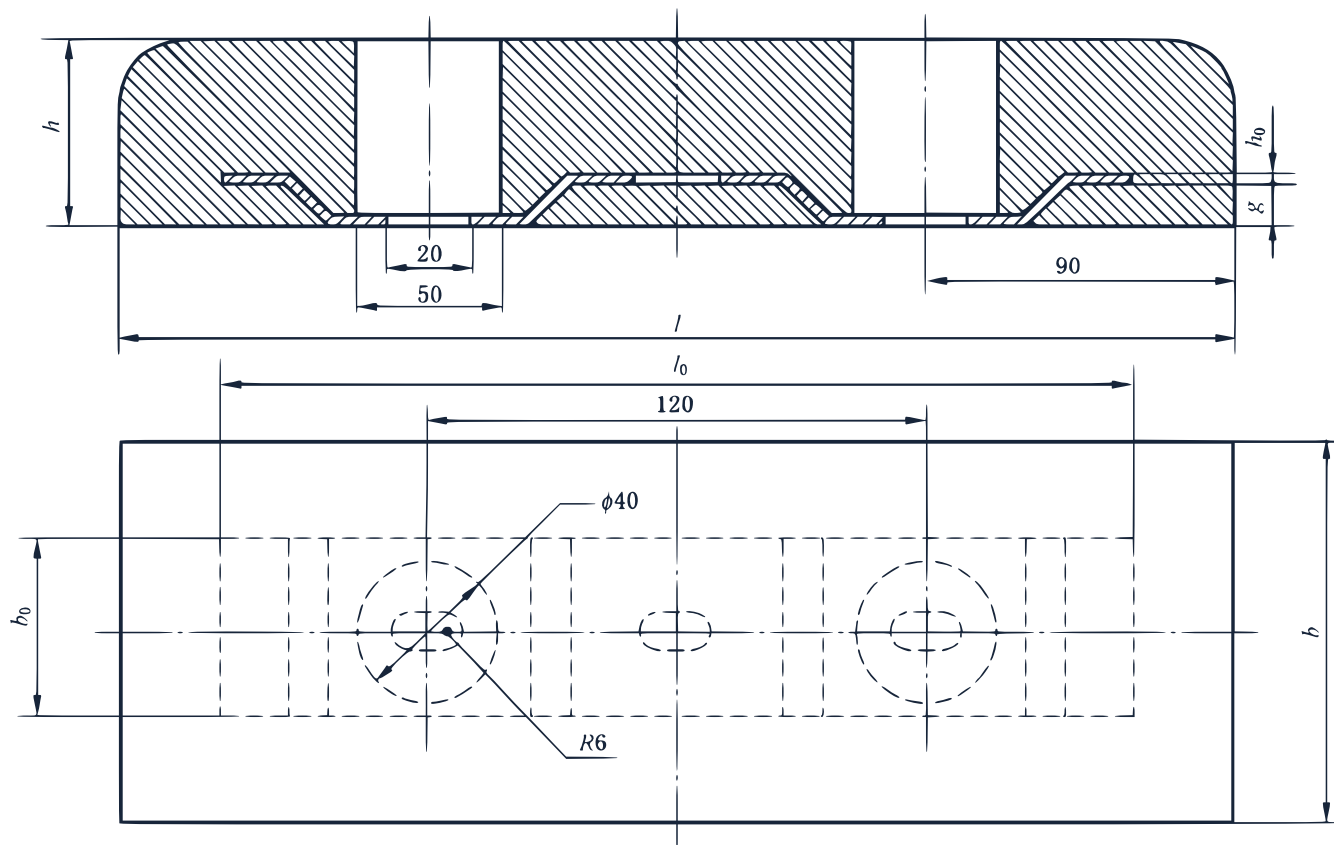
船体用双铁脚焊接式锌阳极结构示意图GB/T 4950-2021

1 阳极体；2 扁钢铁脚

GB/T 4950-2021 表3 船体用双铁脚焊接式锌阳极

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxHD-1	300×150×50	13.7	14.5
ZxHD-2	300×150×40	10.7	11.5

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表3。



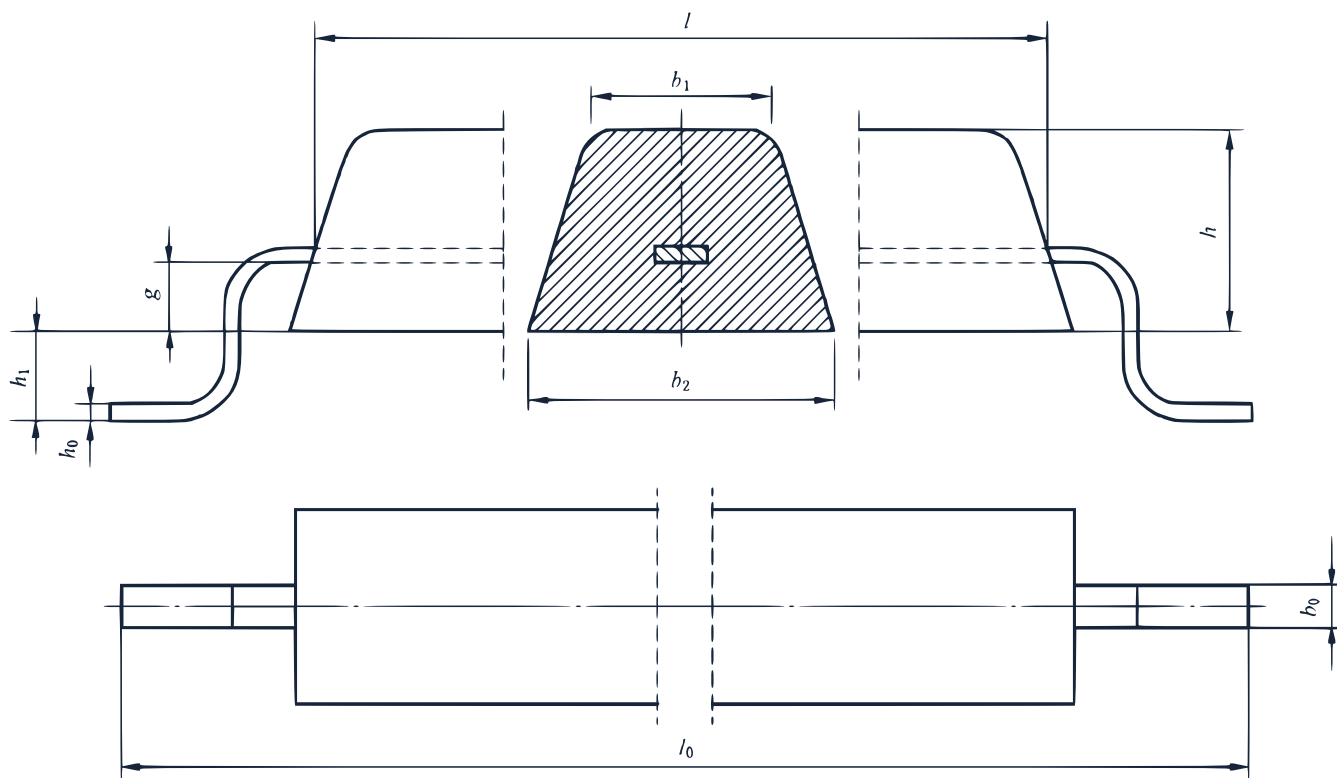
船体用螺栓连接式锌阳极结构示意图GB/T 4950-2021

1 阳极体；2 扁钢铁脚

GB/T 4950-2021 表4 船体用螺栓连接式锌阳极

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxHL-1	300×150×50	11.6	12.0
ZxHL-2	300×150×40	8.6	9.0

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表4。



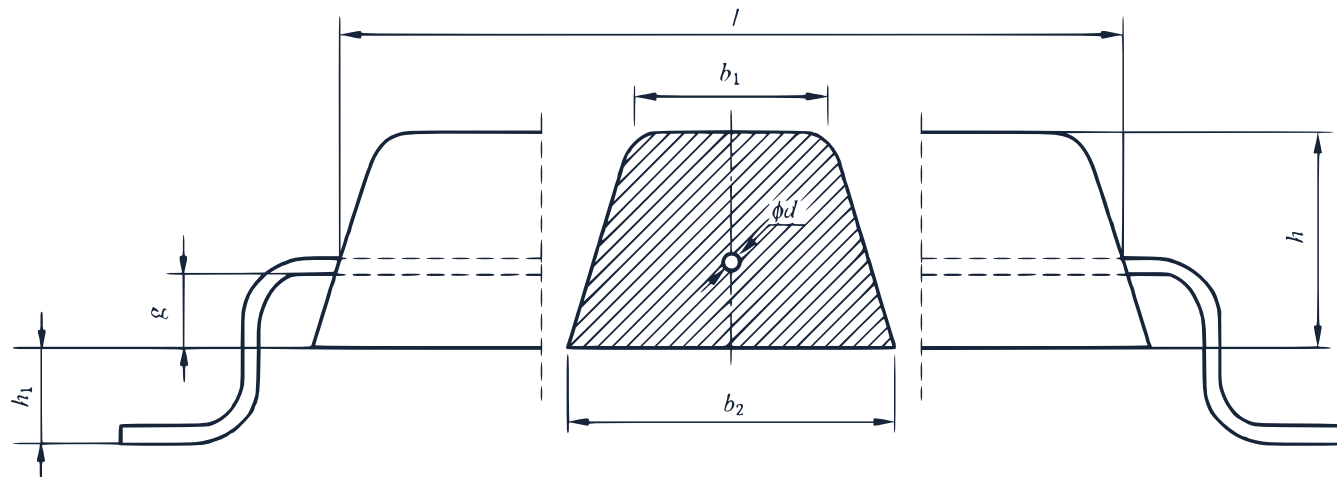
液舱用单铁脚焊接式锌阳极结构示意图（扁钢铁脚） GB/T 4950-2021

1 阳极体；2 扁钢铁脚

GB/T 4950-2021 表5 液舱用单铁脚焊接式锌阳极（扁钢铁脚）

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxTS-1	500×(115+135)×130	53.5	56.0
ZxTS-2	500×(110+130)×120	48.0	50.0
ZxTS-3	250×(85+100)×85	12.8	13.0
ZxTS-4	200×(70+90)×70	7.3	7.5

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表5。



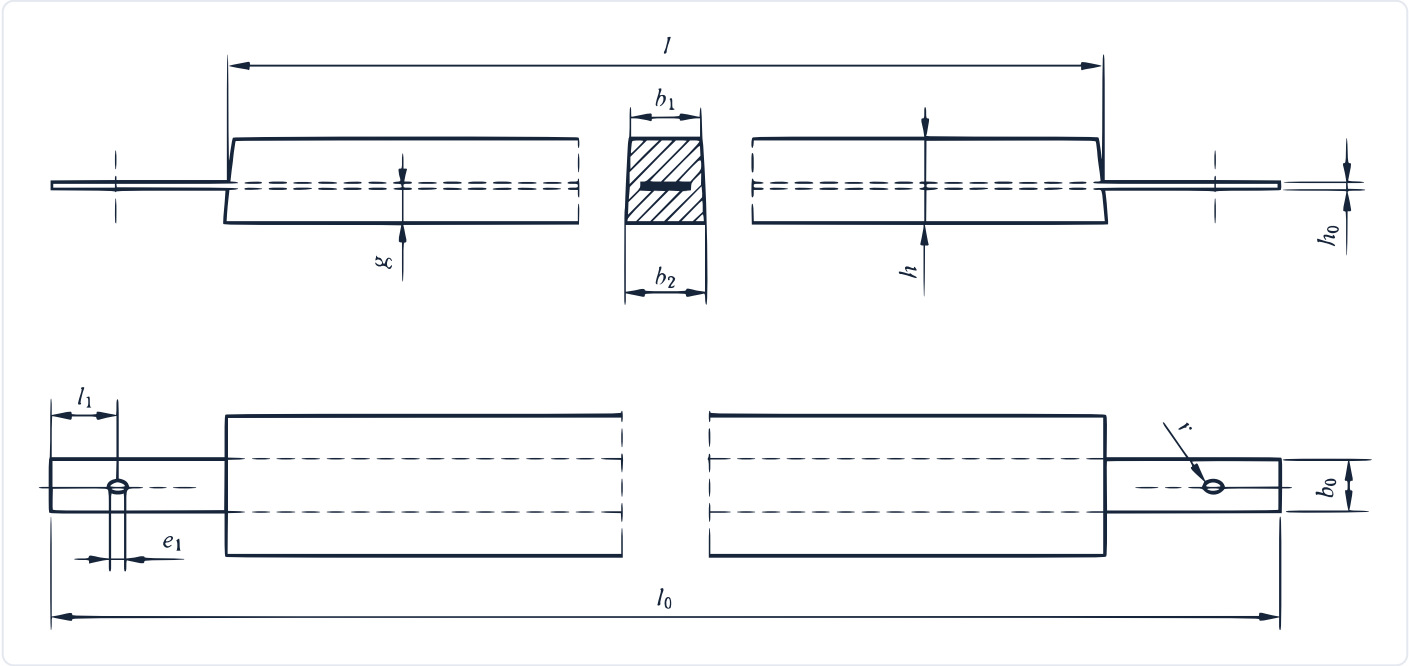
液舱用单铁脚焊接式锌阳极结构示意图（螺纹钢铁脚） GB/T 4950-2021

1 阳极体；2 螺纹钢铁脚

GB/T 4950-2021 表6 液舱用单铁脚焊接式锌阳极（螺纹钢铁脚）

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxTS-5	1500×(65+75)×70	48.3	50.0
ZxTS-6	1000×(58.5+78.5)×68	31.8	33.0
ZxTS-7	800×(56+74)×65	24.0	25.0
ZxTS-8	1150×(48+54)×51	18.6	20.0

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表6。



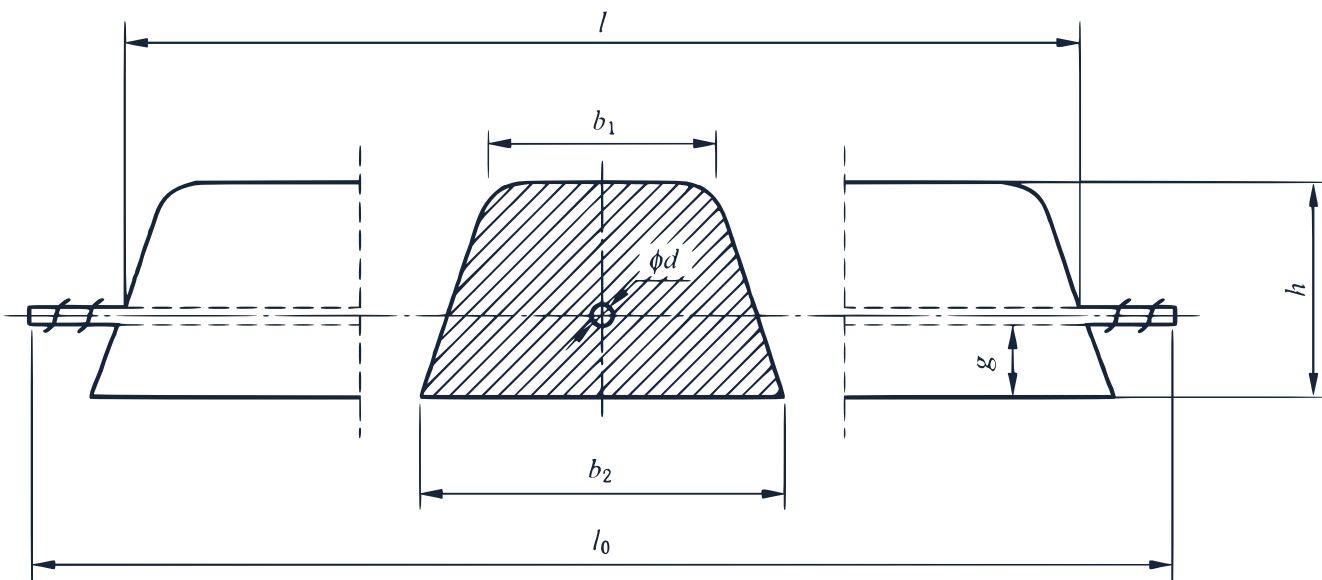
液舱用螺栓连接式锌阳极结构示意图GB/T 4950-2021

1 阳极体；2 扁钢铁脚

GB/T 4950-2021 表7 液舱用螺栓连接式锌阳极

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxTL-1	500×(115+135)×130	54.5	56.0
ZxTL-2	500×(105+135)×100	39.0	40.5
ZxTL-3	500×(80+100)×80	23.8	25.0
ZxTL-4	250×(85+100)×85	12.3	13.0

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表7。



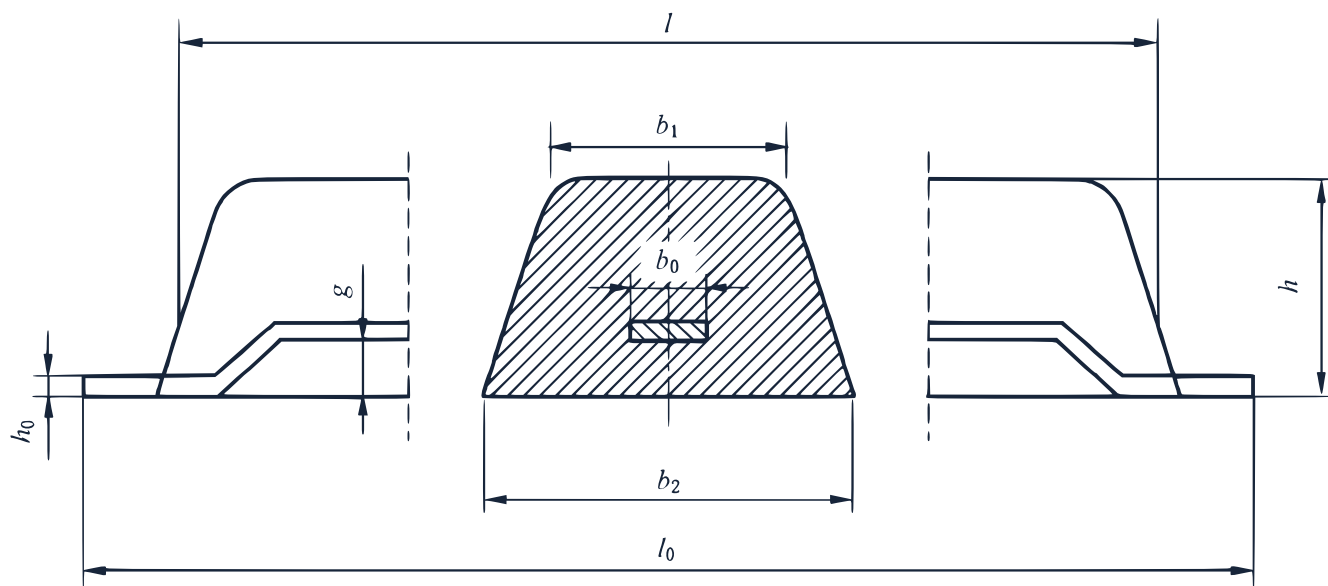
港工和海洋工程设施用单铁脚焊接式锌阳极结构示意图（螺纹钢铁脚） GB/T 4950-2021

1 阳极体；2 螺纹钢铁脚

GB/T 4950-2021 表8 港工和海洋工程设施用单铁脚焊接式锌阳极（螺纹钢铁脚）

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxIS-1	1000×(115+135)×130	111.6	115.0
ZxIS-2	750×(115+135)×130	83.0	85.0
ZxIS-3	500×(115+135)×130	55.0	56.0
ZxIS-4	500×(105+135)×100	38.6	40.0

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表8。



港工和海洋工程设施、海水冷却水系统用单铁脚焊接式锌阳极结构示意图（扁钢铁脚） GB/T 4950-2021

1 阳极体；2 扁钢铁脚

GB/T 4950-2021 表9 港工和海洋工程设施用单铁脚焊接式锌阳极（扁钢铁脚）

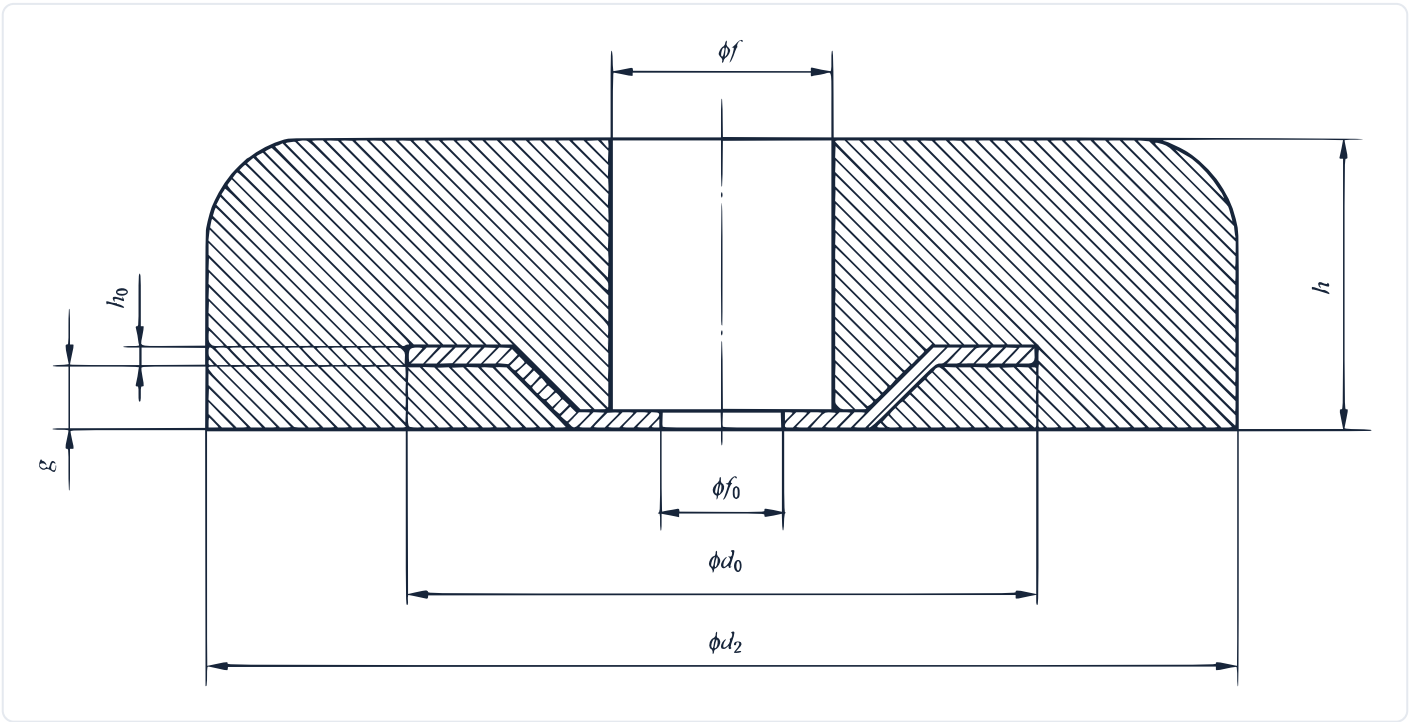
型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxIS-5	1000×(115+135)×130	111.6	115.0
ZxIS-6	750×(115+135)×130	83.0	85.0
ZxIS-7	500×(115+135)×130	55.0	56.0
ZxIS-8	500×(105+135)×100	38.6	40.0

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表9。

GB/T 4950-2021 表10 海水冷却水系统用单铁脚焊接式锌阳极（扁钢铁脚）

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxES-1	500×(115+135)×130	54.5	56.0
ZxES-2	1000×(80+100)×80	49.0	50.0
ZxES-3	500×(105+135)×100	39.0	40.0
ZxES-4	500×(80+100)×80	24.4	25.0
ZxES-5	400×(110+120)×50	15.4	16.0
ZxES-6	300×(140+160)×40	12.0	12.5
ZxES-7	200×(90+110)×40	5.3	5.5

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表10。



海水冷却水系统用圆盘状锌阳极结构示意图GB/T 4950-2021

1 阳极体；2 扁钢铁脚

GB/T 4950-2021 表11 海水冷却水系统用圆盘状锌阳极

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxEY-1	d2 300×h 60	29.8	30.0
ZxEY-2	d2 360×h 40	28.3	28.5
ZxEY-3	d2 300×h 40	19.8	20.0
ZxEY-4	d2 200×h 50	10.3	10.5
ZxEY-5	d2 180×h 50	8.3	8.5
ZxEY-6	d2 120×h 100	7.3	7.5

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表11。

GB/T 4950-2021 表12 储罐用单铁脚焊接式锌阳极

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxCS-1	750×(115+135)×130	82.0	85.0
ZxCS-2	500×(115+135)×130	55.0	56.0
ZxCS-3	500×(105+135)×100	39.2	40.0
ZxCS-4	300×(105+135)×100	24.6	25.0

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表12。

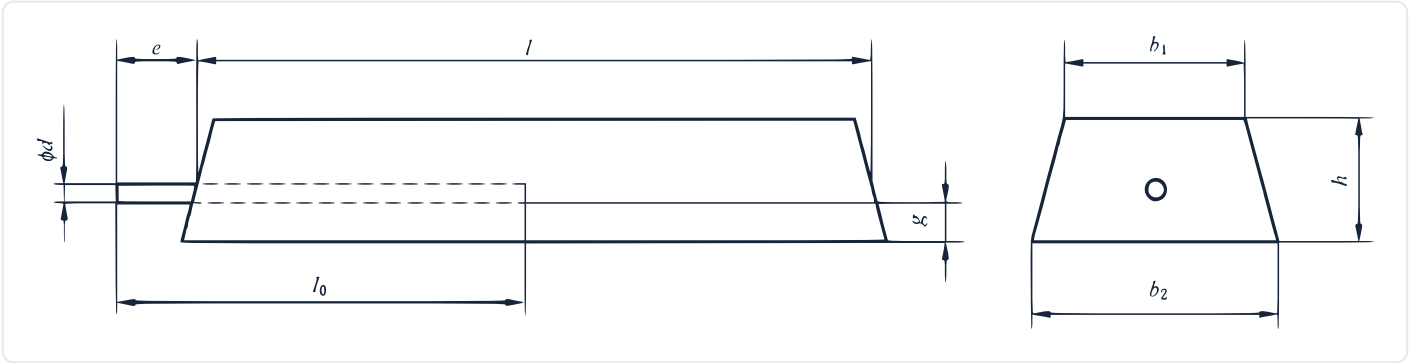
扫描件缺该表所在页，型号数据来自华宇报价系统核对库。

GB/T 4950-2021 表13 储罐用带状锌阳极

型号	$b_1 \times b_2$ mm	卷长 m	单重 kg/m
ZxCR-1	25.40×31.75	30.5	3.572
ZxCR-2	15.88×22.23	61	1.782
ZxCR-3	12.70×14.28	152	0.893
ZxCR-4	8.73×10.32	305	0.372

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。

扫描件缺该表所在页，型号数据来自华宇报价系统核对库。



埋地管线用单铁脚焊接式锌阳极结构示意图GB/T 4950-2021

GB/T 4950-2021 表14 埋地管线用单铁脚焊接式锌阳极

型号	规格 mm	净重 kg	毛重 kg
ZxPS-1	1000×(78+88)×85	49.0	50.0
ZxPS-2	1000×(65+75)×65	32.0	33.0
ZxPS-3	800×(60+80)×65	24.5	25.0
ZxPS-4	800×(55+64)×60	21.5	22.0
ZxPS-5	650×(58+64)×60	17.6	18.0
ZxPS-6	550×(58+64)×60	14.6	15.0
ZxPS-7	600×(52+56)×54	12.0	12.5
ZxPS-8	600×(40+48)×45	8.7	9.0

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。铁脚尺寸见 GB/T 4950-2021 表14。

扫描件缺该表所在页，型号数据来自华宇报价系统核对库。

GB/T 4950-2021 表15 埋地管线用带状锌阳极

型号	b ₁ ×b ₂ mm	卷长 m	钢芯直径 mm	卷内径 mm	单重 kg/m	卷重量 kg
ZxPR-1	25.40×31.75	30.5	4.70	850~950	3.572	108.9
ZxPR-2	15.88×22.23	61	3.43	550~600	1.782	108.9
ZxPR-3	12.70×14.28	152	3.30	300~350	0.893	135.7
ZxPR-4	8.73×10.32	305	2.92	300~350	0.372	113.5

型号中的 x 为化学成分代号 1、2、3。

华宇锌带规格 华宇锌带企业规格

型号	截面 mm	钢芯直径 mm	标准米重 kg/m
ZR-01	25.40×31.75	4.70	3.570
ZR-02	15.88×22.23	3.43	1.785
ZR-03	12.70×14.28	3.30	0.893
ZR-04	8.73×10.32	2.92	0.372

对应 GB/T 4950-2021 表 13 / 表 15 的 1~4 号规格；卷长按订单。

本次提供的扫描件缺标准第 14~15 页（表 12 后半、表 13、表 14 及图 10、图 11），对应型号数据取自华宇报价系统核对库。

要求、检验与出厂文件

原材料

- 锌锭纯度不低于 GB/T 470-2008 中 Zn99.99；铝锭宜采用 GB/T 1196-2017 中 Al99.70；镉锭宜采用 YS/T 72-2014 中 Cd99.99。

铁脚

- 钢筋铁脚采用带肋钢筋（GB/T 1499.2）；板状铁脚采用碳素结构钢（GB/T 700）。
- 铁脚表面清洁无锈，经镀锌（CB/T 3764）或喷砂处理（GB/T 8923.1-2011 中 Sa2）。

表面质量

- 工作面可为铸造面，应保持干净，不沾油漆和油污；无氧化渣、毛刺、飞边、裂纹等缺陷。
- 工作面允许铸造缩孔不超过 2 个，孔径不大于 10 mm，最大深度不超过 10 mm 且不超过阳极厚度的 10%。
- 非工作面应平整，宜均匀涂刷有机涂料或加装其他绝缘层。

重量与尺寸偏差

- 每块锌阳极允许毛重偏差 $\pm 3\%$ ，每批次总重量不出现负偏差；带状锌阳极每米允许毛重偏差 $\pm 5\%$ ，每卷总重量不出现负偏差。
- 锌阳极（带状除外）每块允许长度偏差 $\pm 2\%$ 、宽度偏差 $\pm 3\%$ 、厚度偏差 $\pm 5\%$ ，直线度不大于 2%。
- 带状锌阳极截面尺寸允许偏差 ± 1 mm，钢芯直径允许偏差 ± 0.4 mm，钢芯同心度偏差不大于 2 mm，每卷总长度不出现负偏差。

试验方法

- 化学成分分析按本文件附录 A；电化学性能按 GB/T 17848；接触电阻按附录 B；重量用磅秤，尺寸用钢板尺、卷尺或卡尺检验。

接触电阻

阳极体与铁脚之间的接触电阻不大于 0.001 Ω 。

检验项目

GB/T 4950-2021 表18 检验项目

序号	检验项目	要求	试验方法	型式检验	出厂检验
1	原材料	6.1	7.1	●	—
2	化学成分	6.2	附录 A	●	●
3	电化学性能	6.3	7.3	●	○
4	表面质量	6.4	7.4	●	●
5	接触电阻	6.6	附录 B	●	○
6	重量和尺寸	6.7	7.6	●	●

● 为必检项目，○ 为可选项目，— 为不检项目。

采用同一批号原材料、同一工艺生产线所生产的锌阳极为一批；每批产品出厂前均应进行出厂检验，并提供产品质量证书。

■ 化学成分：每批于炉前或产品上分别取 3 个试样（每个 ≥ 20 g），取样部位避开铁芯和浇铸口。

■ 重量和尺寸：同批同规格型号中随机任取 10 个测定。

■ 表面质量：逐个检验。

■ 电化学性能：每次试验至少 3 个试样，可炉前单独浇铸或从产品切割。

■ 接触电阻：每 5 批随机任取 3 个测量。

标志、包装与质量证明书

■ 阳极背面打印标志，至少包含阳极型号和生产批号；宜在工作面浇铸或打印生产者标志。

■ 托盘打捆或木箱包装并用打包带加固；箱内附质量证明书和装箱清单，注明供方名称、产品名称和规格型号、批号、重量和件数、分析检验结果、出厂日期、本文件编号。

■ 运输不应沾污，宜贮存在干燥的室内库房。

华宇镁业相关批次锌合金牺牲阳极取得 CCS 船用产品证书；出厂检验按国标进行，可按需方要求安排第三方见证检验。

选型、设计计算与安装

锌合金牺牲阳极执行 GB/T 4950-2021，按成分分为 I 型、II 型（锌-铝-镉）和 III 型（纯锌），按用途覆盖船体、液舱、港工、海水冷却水系统、储罐和埋地管线，共 67 个型号；带状锌阳极另有华宇企业规格 ZR-01~ZR-04。电位稳定、电流效率高、无火花风险。

选型指南

- 介质：海水、海泥及电阻率 $\leq 15 \Omega \cdot m$ 的低电阻率土壤；电阻率更高的土壤驱动电压不足，应改用镁阳极。
- 型别：I 型（Al 0.3~0.6%、Cd 0.05~0.12%）为通用型；II 型 Al、Cd 含量较低；III 型为纯锌，适用于对镉有限制的场合。含镉型号使用前应征求需方许可。
- 块状：船体、压载舱选单/双铁脚焊接式或螺栓式；码头钢桩、导管架选港工型；凝汽器选圆盘状；储罐内壁、埋地管线选对应型号。
- 带状：储罐底板与防渗膜之间、套管穿越段、平行高压线的交流干扰缓解，选 ZR-01~ZR-04 带状锌阳极（ 25.4×31.75 至 8.73×10.32 mm 四种截面）。
- 接地：锌接地电池（2 或 4 支锌棒）用于绝缘接头、绝缘法兰两侧的过电压泄放。
- 数量：海水中由质量控制，按寿命计算总质量；土壤中驱动电压仅约 0.2 V，需按输出电流逐支校核。

保护准则

- 保护电位准则：钢质结构相对饱和硫酸铜电极（CSE）的极化电位（消除 IR 降后）不正于 -0.85 V；存在硫酸盐还原菌等厌氧环境时不正于 -0.95 V。
- 极化偏移准则：阴极极化电位偏移不小于 100 mV（适用于难以满足 -0.85 V 的情况）。
- 极限电位：为避免高强度钢氢脆和涂层阴极剥离，极化电位不宜比 -1.20 V（CSE）更负。
- 依据：GB/T 21448《埋地钢质管道阴极保护技术规范》；海水环境参见 GB/T 4948、JTS 153-3 及 DNV-RP-B401。

设计保护电流密度（参考）

设计保护电流密度参考值

对象与介质	设计电流密度（参考）	说明
3PE / FBE 等优质涂层埋地管道	0.01 ~ 0.1 mA/m ²	按涂层破损率与设计年限取值
沥青、聚乙烯胶带等普通涂层	0.1 ~ 1 mA/m ²	老旧管线取高值
裸钢 · 土壤	10 ~ 30 mA/m ²	视含水率、电阻率而定
裸钢 · 淡水	20 ~ 50 mA/m ²	流动水取高值
裸钢 · 海水	50 ~ 150 mA/m ²	视流速、温度、结垢情况，按 JTS 153-3 / DNV-RP-B401 取值
裸钢 · 海泥	20 ~ 30 mA/m ²	

计算公式

保护电流

$$I = J \times A$$

J 为设计保护电流密度 (A/m²)，A 为被保护表面积 (m²)；管道 $A = \pi \cdot D \cdot L$ 。

单支阳极接地电阻（Dwight 公式，垂直埋设）

$$R = \rho / (2\pi L) \times [\ln(8L/d) - 1]$$

ρ 为土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)，L 为阳极（含填料包）长度 (m)，d 为等效直径 (m)。水平埋设及多支并联需按相应公式修正。

单支阳极输出电流

$$I_1 = \Delta E / (R + R_c)$$

ΔE 为阳极闭路电位与保护电位之差（驱动电压）， R_c 为电缆及接触电阻。

所需阳极数量

$$N = \max(I / I_1, W / w)$$

同时满足电流输出与总质量要求，取大者并向上取整。

阳极总质量

$$W = I \times T \times 8760 / (C \times u)$$

T 为设计年限 (a)，C 为实际电容量 (A · h/kg)，u 为利用系数（一般取 0.85）。

使用寿命校核

$$T = W \times C \times u / (8760 \times I)$$

按实际布置的阳极总质量反算寿命，应不小于设计年限。

算例：储罐底板外侧带状锌阳极布置，罐径 40 m，底板面积 1 257 m²，设计寿命 30 年

1. **保护电流** 底板下沙垫层，涂层裸露率按 10% 计，裸钢电流密度 10 mA/m²： $I \approx 1\,257 \times 0.1 \times 0.010 \approx 1.3\text{ A}$
2. **阳极总质量** I 型锌，土壤中 $C = 530\text{ A} \cdot \text{h/kg}$ （保守，海泥/海水为 750~780）， $u = 0.85$ ： $W = 1.3 \times 30 \times 8760 / (530 \times 0.85) \approx 758\text{ kg}$
3. **选型** 选 ZR-01 带状锌阳极（3.57 kg/m）：所需长度 $\approx 758 / 3.57 \approx 212\text{ m}$ ，按 3 m 间距平行铺设约 14 条 $\times 40\text{ m} = 560\text{ m} > 212\text{ m}$ ，同时满足电流分布要求
4. **输出校核** 带状阳极与底板间距小、接地电阻低，单位长度输出通常 1~5 mA/m，560 m 合计 $> 1.3\text{ A}$ ，满足

算例仅示意。储罐底板阴极保护应按 GB/T 21448 及 SY/T 0088 等规范执行，考虑二次底板、防渗膜和参比电极布置。

参比电极电位换算

参比电极电位换算

参比电极	相对 CSE 的电位差	说明
饱和硫酸铜电极 CSE	0	土壤、淡水中的基准电极
饱和甘汞电极 SCE	+0.075 V	$E(\text{CSE}) \approx E(\text{SCE}) - 0.075\text{ V}$
银/氯化银电极 Ag/AgCl（海水）	+0.066 V	海水环境常用
高纯锌参比电极 Zn（海水）	+1.10 V	$-0.85\text{ V}(\text{CSE}) \approx +0.25\text{ V}(\text{Zn})$

安装施工

- **焊接式铁脚**：铁脚喷砂 Sa2 以上，与结构满焊，焊缝补涂防腐；阳极工作面不得涂漆或粘附油污。
- **带状锌阳极**：储罐底板下铺设时置于沙垫层中距底板 150~300 mm，接头采用铝热焊或压接并做绝缘防水；每条阳极两端引出至测试箱。
- **埋地管线用块状锌阳极**：与镁阳极相同，装入填包料袋埋设于低洼潮湿处，先浸水后回填。
- **交流干扰缓解**：带状锌阳极沿管道平行敷设，通过固态去耦器或直接与管道连接，接地电阻按干扰电压计算。
- **锌接地电池**：安装在绝缘接头两侧 1~2 m 处，引出电缆铝热焊接于管道，接地电池本体埋于填包料中。
- **验收**：投运后测量结构电位，海水中应达到 -0.80 V（Ag/AgCl）以下，土壤中满足 -0.85 V（CSE）。

镁、铝、锌三种阳极对比

三种牺牲阳极对比

项目	镁合金阳极	铝合金阳极	锌合金阳极
执行标准	GB/T 17731-2015	GB/T 4948-2025	GB/T 4950-2021
开路电位（典型）	-1.57~-1.67 V（CSE）；M1C -1.77~-1.82	-1.18~-1.10 V（SCE）	≤-1.05 V（SCE）
驱动电压（对钢 -0.85 V CSE）	约 0.7 V（高电位约 0.8 V）	约 0.25 V	约 0.2 V
实际电容量（国标）	≥1210 A·h/kg（M1C ≥1100）	≥2400~2600 A·h/kg	≥780 A·h/kg（土壤 ≥530）
电流效率（国标）	≥55%（M1C ≥50%）	≥80%~90%	≥95%（土壤 ≥65%）
适用介质	土壤、淡水（电阻率 20~100 Ω·m，高电位可更高）	海水、淡海水、海泥、海底砂石	海水、海泥、低电阻率土壤（≤15 Ω·m）
典型对象	埋地管道、储罐外壁、城市管网、热水器	船舶、码头、海洋平台、海底管线、凝汽器	船体、压载舱、储罐底板锌带、接地电池
不适用	海水（效率低、消耗快）	土壤、淡水（易钝化）	高电阻率土壤（驱动电压不足）
密度	约 1.8 g/cm ³	约 2.7 g/cm ³	约 7.1 g/cm ³

常见问题

Q 锌阳极能用在土壤里吗？

可以，但仅限电阻率 ≤15 Ω·m 的低电阻率土壤，且须装填包料；驱动电压只有约 0.2 V，输出电流小。多数埋地管道仍以镁阳极为主，锌阳极多用于接地电池和低电阻率湿地。

Q I 型、II 型、III 型锌阳极有什么区别？

I 型和 II 型是锌-铝-镉合金，I 型铝、镉含量较高，II 型较低；III 型是纯锌（Al ≤0.005%、Cd ≤0.003%），用于禁镉或环保要求高的项目。三型海水中电容量分别 ≥780、≥780、≥760 A·h/kg。

Q 锌带用在什么地方？

储罐底板与防渗膜之间的阴极保护、套管穿越段管道保护、与高压输电线平行管道的交流干扰缓解，以及临时阴极保护。华宇 1~4 号锌带截面 25.4×31.75 mm 至 8.73×10.32 mm，标准米重 3.57~0.372 kg/m。

Q 锌阳极和铝阳极在船上怎么选？

压载舱、油舱等有爆炸风险的部位优先选锌阳极（无火花）；船体外板、海水管系可选铝阳极以减轻重量。两者均需按 GB/T 4948 / 4950 及船级社规范供货。

Q 锌阳极寿命多久？

海水中 I 型锌阳极电容量 ≥780 A·h/kg，以 45 kg 阳极输出 0.5 A 计，寿命约 $45 \times 780 \times 0.85 / (8760 \times 0.5) \approx 6.8$ 年；实际按输出电流和消耗率（≤11.23 kg/(A·a)）核算。

Q 锌阳极执行什么标准？

国内执行 GB/T 4950-2021《锌合金牺牲阳极》，出口可按 ASTM B418 Type I（海水）或 Type II（土壤）供货；相关批次锌合金牺牲阳极取得 CCS（中国船级社）船用产品证书，均可提供第三方检测报告。

Q 锌接地电池怎么用？

接地电池由 2 支或 4 支锌棒组成，装在填包料袋中，跨接在绝缘接头或绝缘法兰两侧，用于泄放雷电与故障电流，同时不影响管道的阴极保护电位。

以上为通用工程参考，具体项目按 GB/T 21448、SY/T 0019、JTS 153-3、DNV-RP-B401 等规范和现场实测确定；华宇可提供选型计算书。

本系列产品

- [锌阳极](#)：用于海水、海泥及适宜低电阻率土壤的锌牺牲阳极，按保护对象选择材料类别和安装结构。
- [锌棒阳极](#)：棒状锌合金阳极，用于换热器、海水泵阀和水箱等设备，尺寸及螺纹、钢芯结构按图确认。
- [埋地管道锌阳极](#)：用于适宜低电阻率土壤中埋地管道的锌阳极，可按设计选择块状或带状及相应配套。
- [镯式锌阳极](#)：两个半环拼合的管道用锌阳极，按海底管道管径、防腐层和配重层尺寸确认结构。
- [圆盘锌阳极](#)：中心开孔、螺栓固定的圆盘锌阳极，用于海水冷却器、凝汽器水室、滤器等设备。
- [双铁脚锌阳极](#)：双扁钢铁脚焊接固定的锌阳极，用于舵叶、船体外板曲面和小型船舶等部位。
- [平贴式锌阳极](#)：底面贴合结构表面的锌阳极，扁钢铁脚两端外露焊接，用于船体外板等安装位置。
- [螺栓锌阳极](#)：通过铁脚螺栓孔固定的锌阳极，用于船体、压载舱、液舱及海水管系的检修部位。
- [船用锌阳极](#)：用于船体外板、舵及压载舱等部位的锌阳极，按安装位置选择焊接式或螺栓连接式。
- [锌带](#)：内嵌钢芯、成卷供货的锌带，用于管道交流干扰缓解、局部阴极保护及相应罐底应用。