



阴极保护高级工程师 (CP 3)

理论和应用考试（新）

理论和案例考试（旧）

考试备考指南

目录

目标学员3

我如何知道自己已经为该等级的认证做好了准备?3

简介3

A. 自我评估指南5

如何获得该等级认证?.....6

认证要求6

A. 认证等级说明6

考试是什么形式的?7

认证考试信息7

A. 旧形式考试内容8

B. 新形式考试内容 - 理论和应用9

C. 考试内容 - 例题9

D. 考试 - 计算器的使用10

E. 考试 - 提供的考试资源10

附录:

- 附录 A – 考试大纲知识和技能范围
- 附录 B – 培训课程和学习资料
- 附录 C – 计算公式和学习资料
- 附录 D – 表格/单位转换和学习资料
- 附录 E – 认证要求
- 附录 F – 考试例题
- 附录 G – 考试计算器

目标学员

阴极保护高级工程师（CP 3）认证面向具有丰富现场经验的候选人。参加此考试的候选人应具备阴极保护理论概念和实际应用方面的扎实知识和理解。候选人应具备良好的数学程序理解能力和对腐蚀过程的实际应用知识。

我如何知道自己已经为该等级的认证做好了准备？

简介

考生应对阴极保护的理论和实践知识概念有彻底地理解：

- a. 执行大多数类型的现场测量和勘验
- b. 现场级别的数据获取与验收的程序及执行方式
- c. 解读阴极保护数据
- d. 解决所有类型阴极保护系统遇到的问题
- e. 针对已存在的问题可用的缓解措施选项
- f. 与设计电化学和强制电流阴极保护系统相关的基础和中级的计算设计

为明确预期的职责与角色，下表提供了阴极保护高级工程师的技术监管（监管¹）要求：

工作任务	阴极保护高级工程师职责 (CP 3)
测试	- 能够执行、主导并记录基础级阴极保护测试、测量、勘察和 / 或检验工作。 - 能够识别并按要求开展额外现场测试，包括故障排查。 - 能够识别出可能需要阴极保护专家（CP 4）的直接监督或支持的高度复杂或特殊的测试 / 检验场景。
数据分析	- 能够理解数据的获取方式（程序与操作流程）。 - 能够解读和分析数据，包括理解场景背后的电化学原理。 - 能够识别出可能需要阴极保护专家（CP 4）的直接监督或支持的高度复杂或特殊的情况。
安装支持	- 能够为大多数场景提供安装支持与技术建议。 - 能够识别出可能需要阴极保护专家（CP 4）的直接监督或支持的高度复杂或特殊的情况。
调试 / 投运	- 能够执行并主导大多数调试工作。 - 能够确定并监督可由阴极保护技术员（CP 2）执行的调试工作。 - 能够识别出可能需要阴极保护专家（CP 4）的直接监督或支持的高度复杂或特殊的情况。
设计	- 能够主导单结构系统中，基础至中级水平的牺牲阳极阴极保护设计。 - 能够识别出可能需要阴极保护专家（CP 4）的直接监督的复杂、关键或高风险结构的设计工作。
监督权限	按业主 / 机构要求，以及 AMPP 指南要求，对持有 CP 1 和 CP 2 认证的人员进行直接 / 间接监督。
本表仅作参考与参考用途。更多信息请查阅 AMPP 官方网站。	

¹ “监管” 指的是技术监管，并非普通的雇员管理。

A. 自我评估指南

考生可以查阅此备考指南（EPG）的附件进行自我评估，或者作为阴极保护高级工程师（CP 3）认证的学习指导。

因此认证目前是阴极保护第二高级别的认证，所以对于该等级的认证会有一些特定的专业内容要求。可能部分专业内容需要在更低级别的阴极保护认证学习中获得。

以下是考试备考指南（EPG）的核心内容可以帮助您为该考试做好准备：

 考试备考指南（EPG）的附录A是考试大纲包括 了知识和技能范围。	 考试备考指南（EPG）的附录B是培训课程和学 习材料。	 考试备考指南（EPG）的附录C是计算公式和学 习材料。	 考试备考指南（EPG）的附录D是表格/单位 转化和学习资料。
---	--	---	---

如何获得该等级认证？

认证要求

获取AMPP阴极保护高级工程师（CP 3）认证必须满足具体要求。具体要求如下：

1. 满足工作经验和教育学历要求
2. 满足先决要求
3. 成功通过所有必须的考试
4. 完成认证申请
5. 接受相关条款和要求
6. 如需要，支付认证申请费用



考试备考指南（EPG）的附录E是认证的具体要求。

A. 认证等级说明

阴极保护高级工程师（CP 3）不是对阴极保护技术员（CP 2）简单的升级。考生需要更多的工作经验和知识：

- 考生成功通过考试的关键是获得比CP2更多的实际工作经验。与阴极保护相关的工作经验包括：
 - 不同类型设施和电解质环境的现场测试和设计经验
 - 与数学，几何，化学和工程等相关的阴极保护正规教育经历和知识学习
- 阴极保护高级工程师（CP 3）考试前，强烈推荐考生完成以下或其他相应等级培训课程的学习：
 - 阴极保护技术员课程（CP 2）

- 阴极保护高级工程师（CP 3）考试前，强烈推荐考生完成以下或其他相应等级培训课程的学习：
 - 阴极保护高级工程师课程（CP 3）

考试是什么形式的？

认证考试信息

阴极保护高级工程师（CP 3）必须通过相关的认证考试。阴极保护高级工程师考试包括：

- 理论和应用考试 -新形式
- 理论和案例考试 -旧形式

2025年初，AMPP认证教育委员会批准了对阴极保护高级工程师（CP 3）认证考试的变更，包括：

- 考试名称变更的澄清：
 - 考试名称从“理论和案例考试”更改为 “理论² 和应用³考试”。
- CP 3考试变更还包括：
 - 将2次考试变更为1次考试
 - 从2028年1月开始，考生在4年的考试认证窗口期将有6次认证考试机会。（详细信息请参考附录 E：认证具体要求）

² 理论关注于理解和回顾基本原则、概念和规律。

³ 应用指的是将理论知识用于解决工作中实际问题。

对于目前4年认证窗口期仍然有效的且参加旧形式考试的学员，仍然可以允许参加原来的2次考试 – 理论和案例考试。

- 参加旧形式考试的学员需要在2028年1月前完成认证考试和满足认证申请的要求。在此日期之后，只提供新形式的1次考试。
- 参加旧形式考试的学员可以在任何时候选择变更为参加新形式的单次考试。但一旦完成变更，学员不再享有参加原来2次考试-理论和案例考试-的权利。

更多内容请查阅以下信息：

A. 旧形式 考试内容

1. **阴极保护高级工程师（CP 3） – 理论考试** – 由75道选择题组成，需要考生展示其应用阴极保护基础知识的能力。

考试名称	AMPP-阴极保护高级工程师理论考试
考试代码	NACE-CP3-001 ⁴
考试时长	4 小时 ⁵
题目数量	70 道计分考试题目 5 道不计分考试题目 ⁴
形式	计算机上机考试 - CBT

⁴ 考试系统会对理论和案例考试分别计分。每项考试后系统会显示通过/未通过。学员必须2门考试都通过。

⁵ 考试时长包括了4分钟的保密协议阅读签署和6分钟的系统导览。

2. 阴极保护高级工程师（CP 3）- 案例考试 - 由37道选择题组成，考生需要应用其阴极保护的相关知识解决案例情景分析，或相关问题。

3.

考试名称	AMPP - 阴极保护高级工程师案例考试
考试代码	NACE-CP3-Case ⁴
考试时长	4 小时 ⁵
题目数量	32 道计分考试题目 5 道不计分考试题目 ⁶
形式	计算机上机考试 - CBT

B. 新形式 考试内容 - 理论和应用

阴极保护高级工程师（CP 3）考试 - 由75道选择题组成，学员需具备基于阴极保护的
知识体系“应用知识”的能力。

考试名称	阴极保护高级工程师（CP 3）考试 (CP 3) Exam
考试代码	CP 3
考试时长	5 小时
题目数量	60 道计分考试题目 15 道不计分考试 ⁶
形式	计算机上机考试 - CBT

C. 考试内容 - 例题

考试为闭卷考试由选择题组成。题目基于考试大纲，反应了阴极保护高级工程师应体现的知识和技能。



考试备考指南（EPG）的附录F是考试例题。

⁶ 不计分考试题目评估后会用于将来的考试。

D. 考试 - 计算器的使用

会提供给考生数字式 T1-108 型标准计算机或 T1-30XS 型科学计算机用于考试使用。考试期间，您可以选择一种进行使用。考生不能使用自己携带的计算机。



考试备考指南（EPG）的附录G是考试计算机的使用。

E. 考试 - 提供的考试资源

考试期间会提供给考生所需的参考资料。参考资料包括：

- 行业标准（参考附录 B）
- 计算公式（参考附录 C）
- 转换图表（参考附录 D）
- 其他所需的资料



注意：AMP课程教材 不作为考试提供的资源。

附录 A

考试大纲包括知识和技能范围

考试大纲 (CP 3)

1. 仪器 (1% - 4% 理论, 6% - 13% 案例分析)¹

- A. 了解数字万用表的操作以及如何使用它来测量电流、电压和电阻。
- B. 使用万用表确定整流器的电压和电流输出。
- C. 了解土壤电阻率仪的操作。
- D. 使用万用表确定系统上安装的牺牲阳极的电流输出。
- E. 使用土壤电阻率仪或同类仪器进行土壤电阻率测试。
- F. 使用土壤盒进行土壤电阻率测量。
- G. 了解并能够进行分层电阻率计算。
- H. 用“柯林斯棒”进行单点土壤电阻率读数。
- I. 在整流器或跨接中安装中断器,以便读取结构物的通电电位和瞬间断电电位。
- J. 了解各种类型的管道定位仪器,并能够使用它们来定位各种埋地环境下的管道或电缆。

2. 分流 (1% - 3% 理论, 1% - 6% 案例分析)

- A. 了解如何通过用万用表读取流经各种型号分流器两端的毫伏 (mV) 压降并应用正确的转换系数来确定流经各种分流器的电流大小。
- B. 了解如何通过分流器两端压降的极性来确定电流的方向。
- C. 读取整流器上的分流器两端的压降,确定输出电流。
- D. 读取与外部结构物之间的跨接电阻两端的压降。
- E. 读取深井阳极中每只阳极所串联的分流器两端的压降。
- F. 在整流器上的电流表出现故障的情况下,使用分流器来确定整流器的输出电流。
- G. 阅读已安装的阳极的分流数据从而判别输出电流。

¹ 该数值反映了该部分占据的考试题目比例 (权重)。

3. 现场检测（19% - 21% 理论， 22% - 28% 案例分析）

- A. 进行电流需求测试。
- B. 进行土壤pH测试。
- C. 进行IR降测试。
- D. 对怀疑短路的套管进行“短路套管测试”，并解释测试结果。
- E. 对已开挖的管道段进行防腐层检查。
- F. 进行土壤电阻率测试，用于阳极地床位置的选择。
- G. 进行皮尔逊测试，测试直流和交流电压梯度以评估某段管道的防腐层状况。
- H. 在需要的地方进行密间隔电位测试，生成数据图表并进行评估。
- I. 用“音频型”管道/电缆定位器定位主电缆中的断点位置。
- J. 调查管道或其他结构上的搭接点。
- K. 验证短路套管测试的结果。
- L. 了解由于阳极布置和干扰而在阳极、结构物、电解质、金属路径和电源处影响阴极保护系统性能的因素。
- M. 使用正确的测量技术进行阴极保护测试，以监测阴极保护系统的性能，并准确解释所采集的数据，以确保最佳的阴极保护系统性能。
- N. 根据收集的数据，确定是否需要对系统组件进行调整修复。
- O. 识别数据收集和阴极保护测量中的误差，包括接触电阻误差、电压降误差和参比电极误差。
- P. 利用所需的仪器完成阴极保护测试和数据收集。
- Q. 根据需要进行阴极保护调查，包括密间隔电位测试和DCVG并评估根据调查期间收集的数据生成的图表。
- R. 对整流器进行故障排除，并根据需要进行纠正/修理。
- S. 对整流器进行效率测试。
- T. 安装新的整流器。
- U. 了解内检测和直接检查（了解并能够实施ECDA）。

4. 直流杂散电流干扰 (9% - 11% 理论, 6% - 13% 案例分析)

- A. 在怀疑有杂散电流的地方进行干扰测试并记录干扰测试。
- B. 进行了干扰测试后提出可以缓解杂散电流影响的控制方法。
- C. 了解如何使用IR降测试来评估杂散电流。
- D. 了解如何使用试片来确定杂散电流的存在和缓解杂散电流。
- E. 计算跨接电阻的数值, 以使跨接电阻可以排泄所需的杂散电流。
- F. 了解干扰的原因(来源)和影响。
- G. 了解可用于缓解干扰的方法。

5. 交流干扰缓解 (6% - 9% 理论, 19% - 25% 案例分析)

- A. 了解在高压电力线下安装测试桩时的安全要求。
- B. 采取适当措施, 缓解过高交流电压对埋地结构物的影响。

6. 腐蚀理论 (16% - 19% 理论, 1% - 6% 案例分析)

- A. 了解基本原电池的组成和在阳极、阴极分别发生的电化学反应。
- B. 描述阳极和阴极反应的特点。
- C. 理解并应用电学原理和电路(串联、并联和串并联电路)(包括欧姆定律和基尔霍夫定律在电路中的应用)
- D. 使用欧姆定律对串联和并联电路进行计算。
- E. 了解在埋地或浸没的金属物体上是如何形成腐蚀电池的。
- F. 了解法拉第定律, 并使用法拉第定律进行计算阴极保护所需的阳极重量。

7. 极化 (9% - 11%理论, 1% - 6% 案例分析)

- A. 了解原电池中极化的原因和影响。
- B. 了解活化、浓度和电阻极化以及这些概念的数学表达式。
- C. 了解影响极化的因素（面积、温度、相对运动、离子浓度、氧浓度）。

8. 阴极保护 (17% - 20% 理论, 13% - 19% 案例分析)

- A. 了解阴极保护的概念，了解牺牲阳极系统和外加电流系统所需的部件。
- B. 能够设计和安装简单形式的牺牲阳极和外加电流阴极保护设施。
- C. 了解阴极保护与其他缓蚀方法之间的关系。
- D. 了解影响阴极保护系统所需电流量的因素。
- E. 了解NACE阴极保护标准，能够应用该标准并对阴极保护系统进行必要的调整，以符合技术专家所在公司规定的标准。
- F. 了解IR降，能够确定IR降，绘制极化曲线图。
- G. 理解并应用E- Log I准则，构建极化曲线。
- H. 了解电流分布的概念，并能够考虑影响电流分布的因素（阳极到阴极的距离、电解质和结构电阻率变化、电流衰减）确定CP系统的理想电流分布。
- I. 了解电流路径几何形状、防腐层和极化对电流分布的影响。

9. 设计 (11% - 14% 理论, 6% - 13% 案例分析)

- A. 利用现场数据完成阴极保护电流源设计所需的计算。
- B. 为输配或长输管道系统选择现场位置并实施阴极保护电流源的设计。
- C. 设计水箱内部的阴极保护系统。
- D. 地上储罐的罐底阴极保护设计。
- E. 地下储罐的阴极保护设计
- F. 正确为新构筑物设计绝缘装置。
- G. 为防腐层设计人员提供埋地构筑物防腐层性能的信息。

附录 B

培训课程和学习材料

推荐培训课程 (CP 3)

1. AMPP 阴极保护高级工程师课程 CP 3
2. AMPP 阴极保护技术员课程 CP 2
3. AMPP 阴极保护测试员课程 CP 1

推荐参考资料 (CP 3)

1. AMPP 阴极保护高级工程师考试备考指南 (EPG)
2. AMPP 阴极保护技术员考试备考指南 (EPG)
3. AMPP 阴极保护测试员考试备考指南 (EPG)

阴极保护高级工程师推荐学习资料 (CP 3) 书籍

1. Peabody, A. W. (2001). *Peabody's control of pipeline corrosion* (No. Ed. 2). Including:
 - Derived from equations in "Calculation of Resistance to Ground," by H.B. Dwight. Electrical Engineering, (1936).
 - Derived from equations in "Earth Conduction Effects in Transmission Systems," by Erling D., Sunde. D. Van Nostrand Co., Inc. (1949).
2. *Corrosion Tests and Standards: Application and Interpretation—Second Edition*. (2005). Baboian, R. ASTM
3. *Handbook of Cathodic Corrosion Protection—Third Edition*. Von Baeckmann, W., Schwenk, W., Prinz, W. (1997) Gulf Professional Publishing.
4. *Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions*. Pourbaix, M. (1974). NACE.
5. *NACE Corrosion Engineers Reference Handbook*, Baboian, 3rd Edition (2002)
6. *Pipeline Corrosion and Cathodic Protection*, Parker, M.E. 3rd Edition (1999)
7. *Deep Anode Systems: Design, Installation, and Operation*, Lewis, T.H. (2000). NACE.

标准¹

1. NACE SP 0169 (2013), "Control of External Corrosion on Underground of Submerged Metallic Piping Systems." NACE International.
2. NACE SP 0177 (2014), "Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems."
3. NACE SP 0285 (2011), "Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection"
4. NACE SP 0193 (2016), "External Cathodic Protection of On-Grade Carbon Steel Storage Tank Bottoms"
5. NACE SP 0176 (2022), "Corrosion Control of Submerged Areas of Permanently Installed Steel Offshore Structures Associated with Petroleum Production"
6. NACE SP 0204 (2015), "Stress Corrosion Cracking (SCC) Direct Assessment Methodology"
7. NACE SP 21424 (2018), "Alternating Current Corrosion on Cathodically Protected Pipelines: Risk Assessment, Mitigation, and Monitoring."
8. NACE SP 0200 (2014), "Steel-Cased Pipeline Practices."
9. NACE SP 0575 (2007), "Internal Cathodic Protection (CP) Systems in Oil-Treating Vessels."
10. NACE TM 0102 (2002). "Measurement of Protective Coating Conductance on Underground Pipelines."

其他资源

1. NACE SP 0207 (2007), "Performing Close Interval Potential Surveys and DC Surface Potential Gradient Surveys on Buried or Submerged Metallic Pipelines."
2. NACE SP 0497 (2012), "Measurement Techniques related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping Systems"
3. NACE SP 0102 (2002), "Measurement of Protective Coating Electrical Conductance on Underground Pipelines."
4. NACE SP 0290 (2007), "Impressed Current Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Atmospherically Exposed Concrete Structures."
5. NACE SP 0196 (2015), "Galvanic Anode Cathodic Protection of Internal Submerged Surfaces of Steel Water Storage Tanks."

¹ 在适当情况下，考生可以在考试过程中查阅全部或部分参考资料。

6. NACE SP 0575 (2007), "Internal Cathodic Protection (CP) Systems in Oil-treating Vessels."
7. NACE SP 0286 (2007), "Electrical Isolation of Cathodically Protected Pipelines."
8. NACE TM 0115 (2015), "Cathodic Disbondment Test for Coated Steel Structures Under Cathodic Protection."
9. NACE SP 0104 (2014), "The Use of Coupons for Cathodic Protection Monitoring Applications."
10. NACE SP 0408 (2014), "Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Buried or Submerged Concrete Structures."
11. NACE SP 0100 (2014), "Cathodic Protection to Control External Corrosion of Concrete Pressure Pipelines and Mortar-coated Steel Pipelines for Water or Wastewater Service."
12. NACE SP 0294 (2016), "Testing of Embeddable Impressed Current Anodes for Use in Cathodic Protection of Atmospherically Exposed Steel-reinforced Concrete."
13. NACE SP 0572 (2007), "Design, Installation, Operation, and Maintenance of Impressed Current Deep Anode Beds."
14. NACE TM 0105 (2016), "Evaluation of Coatings Containing Conductive Carbon Pigmentation for use as an Anode on Atmospherically Exposed Reinforced Concrete."
15. NACE RP 0375 (2006), "Field-Applied Underground Wax Coating Systems for Underground Pipelines, Application, Performance, and Quality Control."
16. NACE TM 21423 (2017), "Test Method for Determination of Substrate and Surface Temperature Limits for Insulative Coatings used for Personnel Protection."
17. NACE MR 0174 (2007), "Selecting Inhibitors for Use as Sucker-rod Thread Lubricants."
18. NACE TM 0404 (2004), "Offshore Platform Atmospheric and Splash Zone New Construction Coating System Evaluation."
19. NACE TM 0304 (2004), "Offshore Platform Atmospheric and Splash Zone Maintenance Coating System Evaluation."
20. NACE SP 0107 (2017), "Electrochemical Realkalization and Chloride Extraction for Reinforced Concrete."
21. NACE SP 0187 (2017), "Design Considerations for Corrosion Control of Reinforcing Steel in Concrete."
22. NACE SP 0487 (2007), "Consideration in the Selection and Evaluation of Rust Preventives and Vapor Corrosion Inhibitors for Interim (temporary) Corrosion Protection."
23. NACE No. 12/AWS C2.23M/SSPC CS 23, "Specification for the Application of Thermal Spray Coatings (Metallizing) of Aluminum, Zinc, and their Alloys and Composites for the Corrosion Protection of Steel."
24. NACE TM 0183 (2018), "Evaluation of Internal Plastic Coatings for Corrosion Control of Tubular Goods in an Aqueous Flowing Environment."
25. NACE TM 0113 (2013), "Evaluating the accuracy of Field-grade Reference Electrodes."

26. American National Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System ASTM SI 10. (2002). ASTM
27. ASTM G97-97 (2013), "Standard Test Method for Laboratory Evaluation of Magnesium Sacrificial Anode Test Specimens for Underground Applications."
28. ASTM B418 16-a, "Standard Specification for Cast and Wrought Galvanic Zinc Anodes."
29. DIN 30676 (1985-10), "Design and Application of Cathodic Protection of External Surfaces."
30. CSN EN 12954, "Cathodic Protection of Buried or Immersed Metallic Structures – General Principles and Application for Pipelines."
31. ISO 15589-1 (2015), "Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries – Cathodic Protection of Pipeline Systems – Part 1: On-land Pipelines."
32. ISO 18086 (2015), "Corrosion of Metals and Alloys – Determination of AC Corrosion-Protection Criteria."
33. "A Comparison of Anodes for Impressed Current Systems," Jakobs, J.A., NACE Canadian Region, Western Conference.(1980)
34. "Soil Investigation Employing a New Method of Layer-Value Determination for Earth Resistivity Interpretation," Barnes, H.E. (1952). Michigan State Highway Department.
35. "Improved Pipe-to-Soil Potential Survey Methods, PRCI Final Report," PR-186-807. Thompson, N.G., Lawson, K.M. (1991)

附录 C

计算公式和学习资料

计算资源

注意：所有 CP 3 参考资料，包括公式，均取自原始资料，可能与课程手册和演示文稿中使用的材料有所不同。

单垂直阳极接地电阻

$$R_v = \left[\frac{0.00521\rho}{L} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 \right]$$

在哪里:

R_v = resistance (Ω)
 ρ = resistivity (Ω -cm)
 L = anode length (ft)
 d = anode diameter (ft)

OR

$$R_v = \left[\frac{\rho}{2\pi L} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 \right]$$

在哪里:

R_v = resistance (Ω)
 ρ = resistivity (Ω -m)
 L = anode length (m)
 d = anode diameter (m)

多根垂直阳极的接地电阻

$$R_v = \left[\frac{0.00521\rho}{NL} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 + \left[\frac{2L}{S} \right] \ln(0.66N) \right]$$

在哪里:

R_v = resistance (Ω)
 ρ = resistivity (Ω -cm)
 L = anode length (ft)
 N = number of anodes
 S = anode spacing center-to-center (ft)
 d = anode diameter (ft)

OR

$$R_v = \left[\frac{\rho}{2\pi NL} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 + \left[\frac{2L}{S} \right] \ln(0.66N) \right]$$

在哪里:

R_v = resistance (Ω)
 ρ = resistivity (Ω -m)
 L = anode length (m)
 N = number of anodes
 S = anode spacing center-to-center (m)
 d = anode diameter (m)

注意：请使用指定的单位。

单水平阳极对地电阻

$$R_H = \left[\frac{0.00521\rho}{L} \right] \left[\ln \left[\frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{dS} \right] + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right]$$

在哪里:

R_H = resistance (Ω)

ρ = resistivity (Ω -cm)

L = anode length (ft)

S = twice the anode depth (ft)

d = anode diameter (ft)

OR

$$R_H = \left[\frac{\rho}{2\pi L} \right] \left[\ln \left[\frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{dS} \right] + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right]$$

在哪里:

R_H = resistance (Ω)

ρ = resistivity (Ω -m)

L = anode length (m)

S = twice the anode depth (m)

d = anode diameter (m)

多水平阳极对地电阻

$$R_T = \frac{R_H}{N} F$$

在哪里:

R_T = resistance of multiple horizontal anodes (Ω)

F = Anode Interference or Crowding Factor

R_H = resistance of single horizontal anode (Ω)

N = number of anodes

阳极间的干扰 (Crowding Factor)

$$F = 1 + \frac{\rho}{\pi S R_H} \ln[0.66N]$$

在哪里:

F = Anode Interference or Crowding Factor

ρ = resistivity in (Ω -m)

R_H = resistance of single horizontal anode (Ω)

N = number of anodes

S = distance between anodes (m)

KIRCHHOFF'S LAW

$$V_m = \frac{R_m}{R_t} E_t$$

在哪里:

V_m = voltage drop across the voltmeter

R_m = voltmeter input resistance

R_t = total resistance

E_t = true potential

管道或电缆的电阻源于电阻率 (Pouillet's Law)

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

在哪里:

R = resistance (Ω)

ρ = resistivity in ohm-cm

A = cross-sectional area in cm^2

L = length in cm

接受保护的裸露结构长度

$$L = 2d \tan 60^\circ$$

在哪里:

d = perpendicular distance between anode and structure

L = length of structure receiving protection

温度转换

$$^\circ\text{C} = \frac{5}{9} (^\circ\text{F} - 32^\circ)$$

$$^\circ\text{F} = \frac{9}{5} (^\circ\text{C} + 32^\circ)$$

WENNER 土壤电阻率

$$\rho = 2\pi AR$$

在哪里: ρ = soil resistivity in (Ω)

A = distance between probes in cm

R = soil resistance (Ω) {instrument reading}

OR

$$\rho = 191.5 AR$$

在哪里:

ρ = soil resistivity in ohm-cm

A = distance between probes in feet

R = soil resistance (Ω) {instrument reading}

涂层导电性测试

适用配方:

- Applied Test Current = I_T
- Voltage Shift resulting from Applied Test Current ΔV_1 and ΔV_2
- Resistance-to-earth of Pipe, $R_p = \frac{\Delta V_{AVG}}{\Delta I_T}$
- Pipe Coating Resistance, $R_c = R_p * A$, where $A = \pi dl$
- Pipe Coating Conductance, $S = \frac{1}{R_c}$

真电位-输入阻抗测量校正

$$E_{true} = \frac{V_h(1 - K)}{1 - \left| K \left(\frac{V_h}{V_l} \right) \right|}$$

在哪里:

- E_{true} = true potential (V)
- K = input resistance ratio R_l/R_h
- R_l = lowest input resistance (Ω)
- R_h = highest input resistance (Ω)
- V_l = voltage measured with lowest input resistance (V)
- V_h = voltage measured with highest input resistance (V)

$$\frac{V_m}{E_{true}} = \frac{R_m}{R_t}$$

在哪里:

- V_m = Voltage of the meter
- E_{true} = True potential difference
- R_m = Meter resistance
- R_t = Reference electrode resistance to earth

计算电路电阻

$$R_c = R_t - R_m$$

在哪里:

- R_{circ} = Resistance in the measuring circuit, excluding the meter resistance

计算管道对地电阻

$$R_{p,re} = \frac{(V_{on} - V_{off})}{I_t}$$

在哪里:

- $R_{p,re}$ = resistance at remote earth in ohms
- V_{on} = V_{DC} with test current “on”
- V_{off} = V_{DC} with test current “off”
- I_t = test current

$$R_{p,re} = \frac{r'_c}{I_t}$$

在哪里:

- $R_{p,re}$ = resistance at remote earth in ohms
- r'_c = specific coating resistance
- I_t = test current

参比电极温度换算

$$E = E^{\circ}_{25^{\circ}C_{SHE}} + k_t(T - 25^{\circ}C)$$

在哪里:

- k_t = temperature coefficient in $\frac{mV}{^{\circ}C}$
- E_t = reference potential at temperature T in $^{\circ}C_{SHE}$
- $E^{\circ}_{25^{\circ}C_{SHE}}$ = reference potential at 25 $^{\circ}C$

衰减

$$\alpha = \sqrt{rg}$$

在哪里:

α = attenuation constant

r = longitudinal resistance of structure (Ω)

g = conductance to earth in S

$$r' = R_L A_S$$

在哪里:

r' = specific leakage resistance ($\Omega\text{-m}^2$ ($\Omega\text{-ft}^2$))

R_L = average total leakage resistance (Ω)

A_S = total surface area (m^2 (ft^2))

$$R_G = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

在哪里:

R_G = characteristic resistance

r = longitudinal resistance (Ω) of structure

g = conductance to earth in S

R_{SS} = resistance (Ω) looking into open line

总电路电阻的计算

$$R_t = \frac{R_m * E_{true}}{V_m}$$

在哪里:

R_t = Total Circuit resistance

R_m = Input resistance of meter

E_{true} = True Potential (V)

V_m = Potential Measured (V_h)

测定涂层比电阻

$$R_{sect@1000\Omega\text{-cm}} = R_{sect} * \frac{1000}{\rho_{test}}$$

在哪里: $R_{sect@1000\Omega\text{-cm}}$ = specific coating resistance

R_{sect} = measured resistance

ρ_{test} = soil resistivity

$$g'_c = \frac{1}{r'_c}$$

g'_c = Specific coating conductance

r'_c = Specific coating resistance

AC 电流密度

$$i_{AC} = \frac{8V_{AC}}{\rho\pi d}$$

在哪里:

I_{AC} = AC current density (A / m²)

V_{AC} = AC volts (V)

ρ = soil resistivity (Ω -m)

d = holiday diameter (m)

功率弧距离

在哪里:

$$p \leq 1000 \Omega\text{-m}$$

$$r = (0.08 * \sqrt{If * p})$$

OR:

在哪里:

$$p > 1000 \Omega\text{-m}$$

$$r = (0.047 * \sqrt{If * p})$$

何在

r = power arc distance (m)

If = fault magnitude (kA)

p = soil resistivity (Ω -m)

NERNST 方程式

$$E_M = E_M^o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{\alpha^{M^{n+}}}{\alpha^{M^o}}$$

在哪里:

E_M = metal potential

E_M^o = metal potential at standard conditions

R = universal gas constant (8.31J * mol⁻¹ * °K⁻¹)

T = absolute temperature (°K)

n = number of electrons transferred

F = Faraday's Constant (96,500 coulombs)

$\alpha^{M^{n+}}$ = metal ion activity ($\alpha = \gamma m$, where γ is the activity coefficient (always <1) and m is the molar concentration of the metal ion)

α^{M^o} = metal activity (assumed to be 1)

BARNES 层 (LAYER)

$$p_{L1} = 2 * \pi * L_1 * R_{L1} \quad (\text{Resistivity of Layer 1})$$

$$R_{L2} = \frac{R_1 R_2}{(R_1 - R_2)} \quad (\text{Resistance of Layer 2})$$

$$p_{L2} = 2 * \pi * L_2 * R_{L2} \quad (\text{Resistivity of Layer 2})$$

$$R_{L3} = \frac{R_2 R_3}{(R_2 - R_3)} \quad (\text{Resistance of Layer 3})$$

$$p_{L3} = 2 * \pi * L_3 * R_{L3} \quad (\text{Resistivity of Layer 3})$$

R_{L4}, etc.

p_{L4}, etc.

在哪里:

p_{L1} = Resistivity of layer 1 (Ω -m)

R_{L2} = Resistance of layer 2 (Ω)

R_1 = Resistance measured to depth L_1 (Ω)

R_2 = Resistance measured to depth L_2 (Ω)

p_{L2} = Resistivity of the layer 2 (Ω -m)

R_{L3} = Resistance of layer 3 (Ω)

R_2 = Resistance measured to depth L_1 (Ω)

R_3 = Resistance measured to depth L_2 (Ω)

p_{L3} = resistivity of layer 3 (Ω)

附录 D

表格/单位转换和学习资料

表格/单位转换¹

备注: 所有参考文献，包括方程式，均来自原始资料，可能与课程手册和演示文稿中使用的不同。

公制单位前缀

Prefix	Symbol	Factor	Power
tera	T	1 000 000 000 000	10 ¹²
giga	G	1 000 000 000	10 ⁹
mega	M	1 000 000	10 ⁶
kilo	k	1 000	10 ³
hecto	h	100	10 ²
deca	da	10	10 ¹
(none)	(none)	1	10 ⁰
deci	d	0.1	10 ⁻¹
centi	c	0.01	10 ⁻²
milli	m	0.001	10 ⁻³
micro	μ	0.000 001	10 ⁻⁶
nano	n	0.000 000 001	10 ⁻⁹
pico	p	0.000 000 000 001	10 ⁻¹²

单位转换

EMF	electromotive force – any voltage unit
E or e	any voltage unit
V	volts
mV	millivolts
μV	microvolts
I	any amperage unit
mA	milliamperes or milliamps
μA	microampere or microamps
R or Ω	Resistance
1,000,000 volts	= 1 megavolt
1,000 volts	= 1 kilovolt
1.0 volt	= 1000 millivolts
0.100 volt	= 100 millivolts
0.010 volt	= 10 millivolts
0.001 volt	= 1 millivolt
0.000001 volt	= 1 microvolt
1,000,000 amperes	= 1 mega-ampere
1,000 amperes	= 1 kiloampere
0.100 ampere	= 100 milliamperes
0.010 ampere	= 10 milliamperes
0.001 ampere	= 1 milliampere
0.000001 ampere	= 1 microampere
1,000,000 ohms	= 1 mega-ohm
1,000 ohms	= 1 kilo-ohm
1.0 ohms	= 1000 milliohms
0.100 ohm	= 100 milliohms
0.010 ohm	= 10 milliohms
0.001 ohm	= 1 milliohm
0.000001 ohm	= 1 micro-ohm
1 meter	= 100 cm
1 meter	= 1000 mm
1 inch	= 2.54 cm
1 foot	= 30.48 c

¹ 作为考试的一部分，考生可以获得这些必要的参考资料。

在腐蚀相关出版物中常见的美制与公制单位的转换

1 A/ft ²	= 10.76 A/m ²
1 acre	= 4,047 m ² = 0.4047 ha
1 Ah/lb	= 2.205 Ah/kg
1 bbl (oil, U.S.)	= 159 L = 0.159 m ³
1 bpd (oil)	= 159 L/d = 0.159 m ³ /d
1 Btu	= 1,055 J
1 Btu/ft ²	= 11,360 J/m ²
1 Btu/h	= 0.2931 W
1 Btu/h-ft ²	= 3.155 W/m ² (K-factor)
1 Btu/h-ft ² ·°F	= 5.678 W/m ² ·K
1 Btu-in/h-ft ² ·°F	= 0.1442 W/m·K
1 cfm	= 28.32 L/min = 0.02832 m ³ /min = 40.78 m ³ /d
1 cup	= 236.6 mL = 0.2366 L
1 cycle/s	= 1 Hz
1 ft	= 0.3048 m
1 ft ²	= 0.0929 m ² = 929 cm ²
1 ft ³	= 0.02832 m ³ = 28.32 L
1 ft·lbf (energy)	= 1.356 J
1 ft·lbf (torque)	= 1.356 N·m
1 ft/s	= 0.3048 m/s
1 gal (Imp.)	= 4.546 L = 0.004546 m ³
1 gal (U.S.)	= 3.785 L = 0.003785 m ³
1 gal (U.S.)/min (gpm)	= 3.785 L/min = 0.2271 m ³ /h
1 gal/bag (U.S.)	= 89 mL/kg (water/cement ratio)
1 grain	= 0.06480 g = 64.80 mg
1 grain/ft ³	= 2.288 g/m ³
1 grain/100 ft ³	= 22.88 mg/m ³
1 hp	= 0.7457 kW
1 microinch (μin)	= 0.0254 μm = 25.4 nm
1 in	= 0.0254 m = 2.54 cm = 25.4 mm
1 in ²	= 6.452 cm ² = 645.2 mm ²
1 in ³	= 16.387 cm ³ = 0.01639 L
1 in·lbf (torque)	= 0.113 N·m
1 inHg	= 3.386 kPa

1 inH ₂ O	= 249.1 Pa
1 knot	= 0.5144 m/s
1 ksi	= 6.895 MPa
1 lb	= 453.6 g = 0.4536 kg
1 lbf/ft ²	= 47.88 Pa
1 lb/ft ³	= 16.02 kg/m ³
1 lb/100 gal (U.S.)	= 1.198 g/L
1 lb/1,000 bbl	= 2.853 mg/L
1 mA/in ²	= 0.155 mA/cm ²
1 mA/ft ²	= 10.76 mA/m ²
1 Mbpd (oil)	= 159 kL/d = 159 m ³ /d
1 mile	= 1.609 km
1 square mile	= 2.590 km ²
1 mile (nautical)	= 1.852 km
1 mil	= 0.0254 mm = 25.4 μm
1 MMcfd	= 2.832 x 10 ⁴ m ³ /d
1 mph	= 1.609 km/h
1 mpy	= 0.0254 mm/y = 25.4 μm/y
1 oz	= 28.35 g
1 oz fluid (Imp.)	= 28.41 mL
1 oz fluid (U.S.)	= 29.57 mL
1 oz/ft ²	= 2.993 Pa
1 oz/gal (U.S.)	= 7.49 g/L
1 psi	= 0.006895 MPa = 6.895 kPa
1 qt (Imp.)	= 1.1365 L
1 qt (U.S.)	= 0.9464 L
1 tablespoon (tbs)	= 14.79 mL
1 teaspoon (tsp)	= 4.929 mL
1 ton (short)	= 907.2 kg
1 U.S. bag cement	= 42.63 kg (94 lb)
1 yd	= 0.9144 m
1 yd ²	= 0.8361 m ²
1 yd ³	= 0.7646 m ³

常用参比电极的电位以及温度系数

参比电极	电解液	电位 @ 25°C (V/ _{SHE})	温度系数 (mV/°C)
Cu / CuSO ₄ (CSE)	Sat. CuSO ₄	+0.316	0.9
Ag / AgCl (SJ) (SSC)	0.6M NaCl (3½%)	+0.256	-0.33
Ag / AgCl (LJ) (SSC)	Sat. KCl	+0.222	-0.70
Ag / AgCl (LJ) (SSC)	0.1N KCl	+0.288	-0.43
Sat. Calomel (SCE)	Sat KCl	+0.244	-0.70
Zn (ZRE)	Saline Solution	-0.79	---
Zn (ZRE)	Soil	-0.80	---

SJ – solid junction

LJ – liquid junction

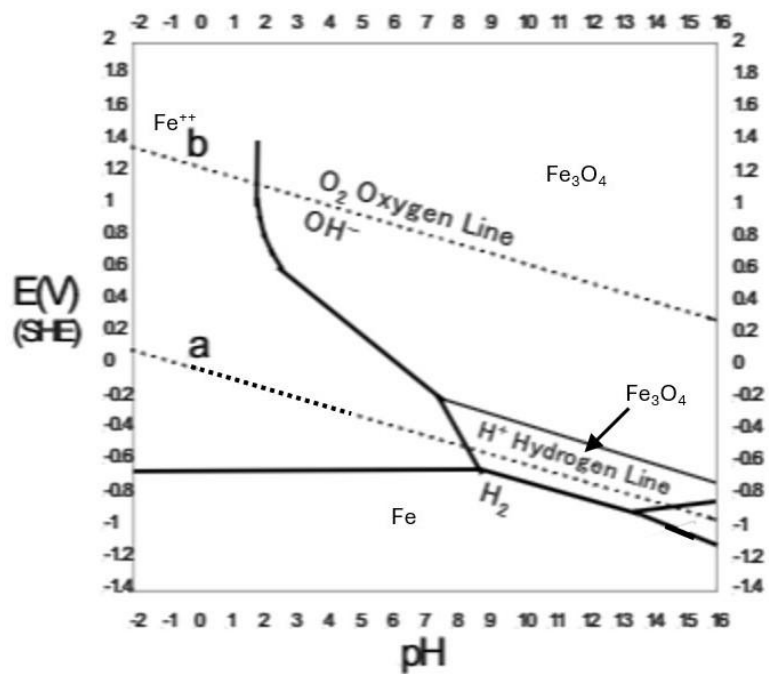
多种阳极材料在土壤和淡水中的典型的消耗量和电容量

		Theoretical Consumption Rate		Theoretical Capacity		Typical Efficiency (1)
		kg / A-y	lb. / A-y	A-y / kg	A-y / lb.	%
Galvanic Anode Material	Magnesium	3.98	8.76	0.250	0.114	50
	Zinc	10.76	23.50	0.093	0.042	90
	Aluminum	2.94	6.49	0.340	0.155	85 - 95
Impressed Current Anode	Graphite / Carbon	0.1 to 1.0	0.22 to 2.2	10.1 to 1.0	4.5 to 0.45	
	High Silicon Iron	0.25 to 1.0	0.55 to 2.2	4.0 to 1.0	1.8 to 0.45	
	Steel	9.1	20	0.11	0.05	90

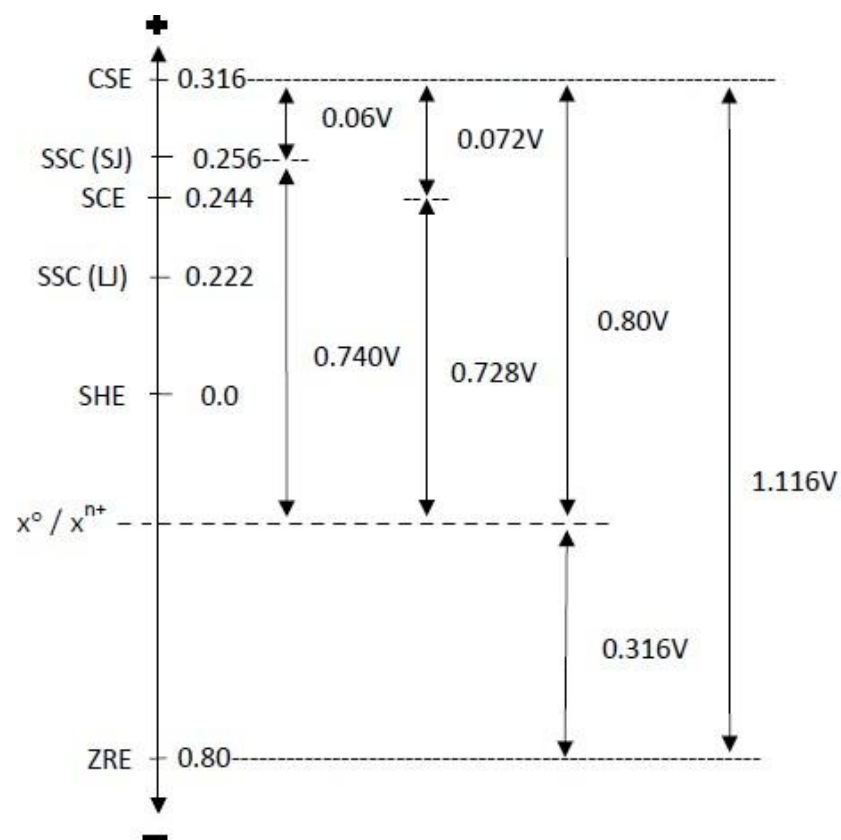
注意：镀铂和混合金属氧化物涂层阳极按表面膜厚度而不是重量进行量化。

⁽¹⁾牺牲阳极的效率取决于阳极电流密度。

25° C水中铁的典型电位-pH图表



参比电极转换



(SJ) = only solid silver chloride (AgCl) over the silver wire.

(LJ) = a silver wire surrounded by a concentrated solution of KCl.

附录 E

认证要求

认证要求

阴极保护高级工程师（CP3）认证要求如下：

1. 需满足的工作经验和教育要求：

阴极保护高级工程师（CP3）认证	
✓	选项 1
	- 物理科学或工程学的本科学位 3年可验证的阴极保护相关工作经验
或	
✓	选项 2
	- 在认可的数学/科学或技术学校获得2年的培训经历 6年可验证的阴极保护相关工作经验
或	
✓	选项 3
	8年可验证的阴极保护相关工作经验

2. 需满足的先决要求：

✓	先决要求	成功完成职业道德课程或其他认可的类似课程
---	------	----------------------

3. 参加并通过所要求的考试：

a. 原有学员

✓	认证考试	阴极保护高级工程师理论考试。
✓	认证考试	阴极保护高级工程师案例考试。

或

b. 新学员

✓	认证考试	阴极保护高级工程师（CP3）考试。
---	------	-------------------

4. 完成认证申请：

✓	提交认证申请	学员必须通过系统线上提交认证申请。
---	--------	-------------------

- 认证申请需要审核和批准。
 - 成功满足所有要求后，AMPP认证部将授予学员行业认可的证书，认证其成为AMPP认证的阴极保护高级工程师。
 - 只完成认证考试，学员是无法获得认证证书的。
 - 只完成阴极保护高级工程师课程，学员是无法获得认证证书的。

5. 接受相关条款和条件：

✓	接受相关条款和条件	学员必须接受相关条款和条件。
---	-----------	----------------

6. 如有需要，需支付申请费用：

✓	支付申请费用	如有需要，学员必须支付认证申请费用。
---	--------	--------------------

学员有4年认证窗口期，在此时间内需完成相应等级认证要求¹。

当触发任何单个初始要求时，窗口期即开始计算：

- ✓ 成功完成所需的认证
- ✓ 认证申请获得批准

学员考试限制：

原有学员：阴极保护高级工程师（CP3） - 理论和案例考试，每6个月开放预约考试。

- ✓ 学员首次考试即通过。
- ✓ 每次考试需等待6个月。
- ✓ 在4年窗口期内：
 - 理论考试总计有6次考试机会。
 - 案例考试总计有6次考试机会。

¹ 如果4年窗口期已超过，任何已经通过的考试需要重新考试，并计算新的4年窗口期。

新学员： 每6个月提供一次理论/应用考试。

- ✓ 学员首次考试即通过。
- ✓ 每次考试需等待6个月。
- ✓ 在4年窗口期内：
 - 总计有6次考试机会ⁱ。

ⁱ 在2028年1月之前，考生在4年窗口期内可以进行共计8次考试。

附录 F

考试例题

考题示例

考题概述

考试为闭卷考试，由选择题组成。这些问题基于考纲要求和阴极保护高级工程师在阴极保护行业所需的知识和技能。

理论考题示例

以下提供的示例题是为了展示考试中的问题格式和类型。您在示例题解答中的表现不能视为在实际考试中的表现。例题仅用于示例。

理论考题例题

1. 在 25°C 时测量电位是 $-700\text{ mV}_{\text{CSE}}$ ，则在 40°C 时的测量电位将是？

- A. $-686\text{ mVDC}_{\text{CSE}}$
- B. $-700\text{ mVDC}_{\text{CSE}}$
- C. $-714\text{ mVDC}_{\text{CSE}}$
- D. $-868\text{ mVDC}_{\text{CSE}}$

2. 以下哪些因素将导致牺牲阳极阳极极化增大？

- A. 增大搅动
- B. 增大金属离子浓度
- C. 降低温度
- D. 增加表面积

3. 基于以下数据判断在30天的周期内整流器的关机时长？

位置	运行数据
直流输出	15 V _{DC} 和 10 A _{DC}
电表转速	每分钟4圈，K=1
交流电消耗	30天周期，120 KWH

- A. 0 天
- B. 9 天
- C. 12 天
- D. 21 天

4. 根据法拉第定律，以下哪个对应的腐蚀速率最大？

- A. 钢板释放电流密度为10mA/ft²
- B. 铅块释放电流密度为 6μA/cm²
- C. 锌阳极释放电流密度为 100 mA/m²
- D. 铝阳极释放电流密度为10μA/cm²

案例题考试例题

以下提供的示例题是为了展示考试中的问题格式和类型。您在示例题解答中的表现不能视为在实际考试中的表现。例题仅用于示例。

案例题描述

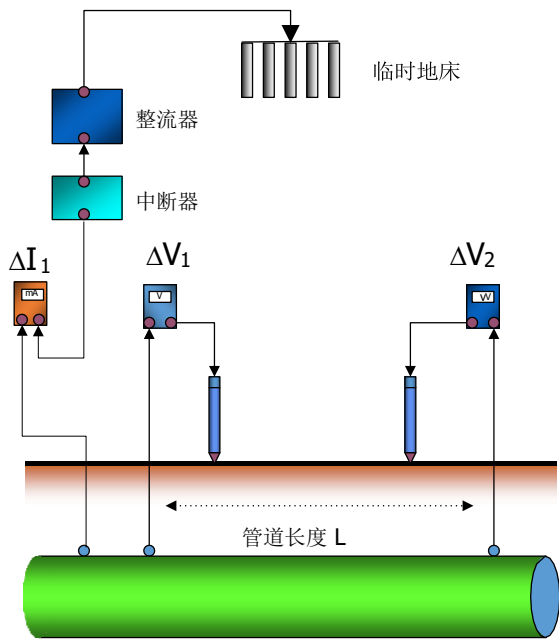
某河流下方的定向钻管道。在将管道焊接（连接）到已经就位的上游和下游管段之前，需要评估涂层质量和阴极保护（CP）电流要求。定向钻管道的设计信息如下：

- 外径24-inch (609.6-mm)
- 长度为4500线性英尺 (0.85-miles or 1.237-km)
- 管道防腐层为工厂涂敷的熔结环氧粉末防腐层，厚度为16mil；防腐层外部有一层耐磨外护涂层
- 管道环焊缝处是现场涂敷的厚度为70mil的液态环氧涂层
- 该定向钻管道有一套专用的阴极保护系统

该HDD段管道的设计依据包括一份公认的涂层质量验收表，其中包括以下信息：

有效防腐层面电阻率 (ohm-ft2)	防腐层质量情况评估	裸露面积比例 (%)	防腐层覆盖率 (%)
裸露	-	100	0
10,000	差	3	97
25,000	一般	1.2	98.8
50,000	一般	0.6	99.4
100,000	好	0.3	99.7
500,000	优秀	0.06	99.94

防腐层面电导率测试设置图：



下表是现场应用数据：

应用测试电流为: 0.050 A_{DC}		
管道电位	V ₁	V ₂
自然 (静态)	-0.700 VDC _{CSE}	-0.630 VDC _{CSE}
通电电位	-1.400 VDC _{CSE}	-1.300 VDC _{CSE}
断电电位	-0.850 VDC _{CSE}	-0.780 VDC _{CSE}

1. 什么技术最适合用于评估管道的防腐层质量？
 - A. 密间隔电位测试
 - B. 管道电位测试
 - C. 防腐层面电导率测试
 - D. 防腐层衰减测试
2. 在本案例中，管道对地的电阻值是多少？
 - A. 3.0 Ω
 - B. 10.7 Ω
 - C. 13.7 Ω
 - D. 16.3 Ω
3. 在本案例中，管道防腐层面电阻率是多少？
 - A. 52,298 Ω-ft² (56,931 Ω-m²)
 - B. 250,364 Ω-ft² (1,269,4896 Ω-m²)
 - C. 302,535 Ω-ft² (3,257,536 Ω-m²)
 - D. 650,000 Ω-ft² (6,996,542 Ω-m²)

4. 在本案例中，管道防腐层电导是多少？
 - A. 1.305 μS
 - B. 2.000 μS
 - C. 2.300 μS
 - D. 3.304 μS

5. 根据案例中的数据，管道达到-0.900V_{cse}极化电位时所需的总电流是多少？
 - A. 50.00 mA_{DC}
 - B. 90.00 mA_{DC}
 - C. 100.00 mA_{DC}
 - D. 1500.00 mA_{DC}

6. 基于案例中的数据，对防腐层的质量进行评估。
 - A. Poor
 - B. Fair
 - C. Good
 - D. Excellent

答案 - 理论例题

1. A
2. C
3. B
4. B

答案 - 案例例题

1. C
2. B
3. C
4. D
5. B
6. C

附录 G

考试计算器

考试计算器

考试期间会提供给考生TI-108 标准型或TI-30XS 科学计算器。考试期间，考生可以选择其一进行使用。考生不能使用自行携带的计算器。

在考试开始前：

- ✓ 强烈建议您查看此计算器的操作方式以及如何使用。其他建议：
 - 对于安卓系统，在Google商店中可以找到该型号计算器进行练习。
 - https://play.google.com/store/apps/details?id=calc991.calculator.scientific.xs30.t34.free&pcampaignid=web_share
 - 苹果IOS系统用户，也可以找到类似的应用供练习。
 - 您也可以购买 TI-30XS型号计算器进行练习。（大约\$ 20.00 美元）
- ✓ 考生可以使用考试计算器计算三角双曲函数，如：

$$\bullet \sinh xx = \frac{ee^{xx} - ee^{-xx}}{2}$$

Key stroke example for $\sinh xx$ is 2nd, hyperbolic (hyp), sin, enter number,), enter.

$$\bullet \cosh xx = \frac{ee^{xx} + ee^{-xx}}{2}$$

$$\bullet \tanh xx = \frac{\sinh xx}{\cosh xx} = \frac{ee^{xx} - ee^{-xx}}{ee^{xx} + ee^{-xx}}$$

$$\bullet \coth xx = \frac{\cosh xx}{\sinh x} = \frac{ee^{xx} + ee^{-xx}}{ee^{xx} - ee^{-xx}}$$

$$\bullet \operatorname{sech} xx = \frac{1}{\cosh x} = \frac{2}{ee^{xx} + ee^{-xx}}$$

$$\bullet \operatorname{csch} xx = \frac{1}{\sinh x} = \frac{2}{ee^{xx} - ee^{-xx}}$$

Standard Calculator



Standard Mode Functions

Add	$+$	
Subtract	$-$	
Multiply	$\times$	
Divide	$\div$	
Negative	$(-)$	
Percentage	$\%$	
Square Root	$\sqrt{}$	Example: $4\sqrt{}$
Reciprocal (Inverse)	x^{-1}	Example: $1\div 2=$
Store value to variable	$\boxed{M+}$	Example: $3\boxed{*}5\boxed{=}\boxed{M+}$
Access variable	$\boxed{MRC}$	Example: $7\boxed{+}\boxed{MRC}\boxed{=}$
Clear variable	$\boxed{M-}\boxed{MRC}$	

Scientific Calculator



Scientific Mode Functions

Add	$+$	
Subtract	$-$	
Multiply	$\times$	
Divide	$\div$	
Negative	$(-)$	
Percentage	$\boxed{2nd}\boxed{[\%]}$	
Square Root	$\sqrt{}$	Example: $\boxed{2nd}\boxed{\sqrt{}}\boxed{4}\boxed{enter}$
Reciprocal (Inverse)	x^{-1}	Example: $2\boxed{x^{-1}}\boxed{enter}$
Store value to variable	$\boxed{sto}\boxed{\rightarrow}\boxed{X^{y^z}}$	Example: $3\boxed{*}5\boxed{enter}\boxed{sto}\boxed{\rightarrow}\boxed{X^{y^z}}\boxed{enter}$
Access variable	$\boxed{X^{y^z}}$ or $\boxed{2nd}\boxed{[recall]}$	Example: $7\boxed{+}\boxed{2nd}\boxed{[recall]}\boxed{enter}\boxed{enter}$

Numeric Notation

Standard (Floating Decimal)

Notation (digits to the left and right of decimal)

mode menu options

NORM SCI ENG e.g. 123456.78
 FLOAT 0 1 2 3 **4** 5 ... e.g. 123456.7800

Scientific Notation

(1 digit to the left of decimal and appropriate power of 10)

mode menu options

NORM **SCI** ENG e.g. 1.2345678*10⁵

Engineering Notation

(numerator from 1 to 999 times 10 to an integer power that is a multiple of 3)

mode menu options

NORM **SCI** ENG e.g. 123.45678*10³

Fractions

Simple fractions	$\boxed{n/d}$
Mixed numbers	$\boxed{2nd} \boxed{[Un/d]}$
Conversion b/w simple fraction and mixed number	$\boxed{2nd} \boxed{[n/d \leftrightarrow Un/d]}$
Conversion b/w fraction and decimal	$\boxed{2nd} \boxed{[f \leftrightarrow d]}$

Powers, roots, and inverses

Square a value	$\boxed{x^2}$	
Cube a value	$\boxed{\wedge}$	
Raise value to specified power	$\boxed{\wedge}$	Example (2^4) $2 \boxed{\wedge} 4$
Square root	$\boxed{2nd} \boxed{[\sqrt{\quad}]}$	Example ($\sqrt{16}$): $\boxed{2nd} \boxed{[\sqrt{\quad}]} 16$
Reciprocal	$\boxed{x^{-1}}$	Example (n^{th} root): 5 th root of 8: $5 \boxed{2nd} \boxed{[x^{\wedge} \sqrt{\quad}]} 8$

Pi

PI (π)	$\boxed{\pi}$
--------------	---------------

切换

科学计算器可能会将某些计算的结果显示为分数，包括圆周率或平方根。要将这种结果转换为带小数点的单个数字，您需要使用下图中圈出的“切换”按钮。按下此按钮将把显示从小数格式更改为十进制格式。



Answer Toggle

Press the $\boxed{2nd}$ key to toggle the display result between fraction and decimal answers, exact square root and decimal, and exact pi and decimal.

Example

Answer toggle	$\boxed{2nd} \boxed{[\sqrt{\quad}]} 8 \text{ enter}$	$\sqrt{8}$ $2\sqrt{2}$
	$\boxed{2nd}$	$\sqrt{8}$ $2\sqrt{2}$ 2.828427125

注意：以下选项是否可行，取决于考试中心的实际情况。

- 如果您发现此屏幕计算器难以使用，请举手并要求考试中心管理员为您提供手持计算器。管理员可能会为您提供上述科学或非科学计算器。

再次提醒，考生不能使用自行携带的计算器。