



CECS 427:2016

---

中国工程建设协会标准

## 接地装置放热焊接技术规程

Technical specification for grounding exothermic welding

**中国工程建设协会标准**

**接地装置放热焊接技术规程**

**Technical specification for grounding exothermic welding**

**CECS 427:2016**

主编单位：浙江华甸防雷科技有限公司

浙江人通电力科技有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2016 年 7 月 1 日

# 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2012 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2012]127 号），制定本规程。

本规程共分 5 章。主要技术内容包括：总则、术语、技术要求、放热焊接施工、检验与验收。

本规程由中国工程建设标准化协会雷电防护专业委员会归口管理，由浙江华甸防雷科技有限公司（地址：浙江绍兴新昌南明街道江南路 30 号，邮政编码：312500）负责具体内容的解释。在执行过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和建议寄送解释单位。

**主 编 单 位：**浙江华甸防雷科技有限公司

浙江人通电力科技有限公司

**参 编 单 位：**中石化上海工程有限公司

中国石油集团东北炼化工程有限公司吉林设计院

中国天辰工程有限公司

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

铁道第三勘察设计院集团有限公司

华陆工程科技有限责任公司

中国五环工程有限公司

东华工程科技股份有限公司

南京金陵石化工程设计有限公司

中国石油工程建设公司华东设计分公司  
石油化工工程质量监督总站浙江石油分站  
浙江省天正设计工程有限公司  
浙江雷泰电气有限公司

**主要起草人：**

蔡振新、黄会忠、吴明云、石含华、周勇、张慷焕、  
梁东光、杨建军、陈兴强、高常明、王旭东、秦奋强、  
涂让见、盛正新、张树顺、孙俊铭、王铭坤、施清、  
李红斌

**主要审查人：**

傅正财、陈众励、高小平、邵民杰、夏林、肖稳安、  
冯民学、杨仲江、郭在华

# 目 次

1 总 则.....	( 1 )
2 术 语.....	( 2 )
3 技术要求.....	( 4 )
3.1 放热焊剂.....	( 4 )
3.2 放热焊接模具.....	( 4 )
3.3 放热焊接点.....	( 5 )
3.4 包装与标识.....	( 5 )
4 放热焊接施工.....	( 7 )
4.1 放热焊接操作前准备.....	( 7 )
4.2 放热焊接操作流程.....	( 7 )
5 检验与验收.....	( 8 )
5.1 检验.....	( 8 )
5.2 验收.....	( 8 )
本规程用词说明.....	( 10 )
引用标准名录.....	( 11 )
附：条文说明.....	( 12 )

# Contents

1	General provisions.....	( 1 )
2	Terms.....	( 2 )
3	Technical requirements.....	( 4 )
3.1	Exothermic welding flux.....	( 4 )
3.2	Exothermic welding mold.....	( 4 )
3.3	Exothermic welding joints.....	( 5 )
3.4	Packaging and marks.....	( 5 )
4	Exothermic welding operating procedures.....	( 7 )
4.1	Preparing for exothermic welding operation.....	( 7 )
4.2	Exothermic welding operational processes.....	( 7 )
5	Inspection and Acceptance.....	( 8 )
5.1	Inspection.....	( 8 )
5.2	Acceptance.....	( 8 )
	Explanation of wording in this specification.....	( 10 )
	List of quoted standards.....	( 11 )
	Addition: Explanation of provisions.....	( 12 )

# 1 总 则

1.0.1 为保证接地装置放热焊接技术在工程建设施工中的应用,做到技术先进、安全可靠、确保工程质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工程建设中接地装置放热焊接的施工及验收。

1.0.3 从事放热焊接工作时必须遵守安全、环保、防火、防爆等技术规范 and 法律法规,施工人员必须采取有效的防护措施,以避免焊接物飞溅造成人体伤害。

1.0.4 接地装置放热焊接的施工及验收除应执行本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 放热焊接 exothermic welding

在放热焊接模具内，利用金属氧化物与氧化还原剂的氧化还原反应生成金属单质，并通过所释放的反应热熔融连接母材，凝固成所需连接形式的一种焊接工艺。该工艺由放热焊剂、焊接模具、引燃剂、引燃装置及相关配套辅助工装组成，可熔融两种或多种母材完成特定连接形式。

### 2.0.2 放热焊剂 exothermic welding flux

根据所需焊接母材和焊接温度要求，以氧化铜和氧化还原剂为主要反应材料，按一定比例配比而成的多种粉末混合物，里面包含金属单质、金属氧化物和非金属助剂。亦称为热熔焊剂、焊剂、焊粉等。放热焊剂包含配套引燃粉、垫片。

### 2.0.3 放热焊接模具 exothermic welding mold

根据连接母材尺寸及所需连接方式要求制作的一种供放热焊剂发生氧化还原反应，并促使金属液体熔融后凝固成设定接头形式的工装。模具结构主要由模盖和模体组成，其中模体内结构主要有反应腔、导流槽和型腔组成。

### 2.0.4 出铜率 the amount of copper

单位质量放热焊剂反应后生成的金属质量与该单位质量放热焊剂的比值。

### 2.0.5 放热焊接点 exothermic welding joints

采用放热焊接工艺完成的连接点，亦称焊接头。



### 2.0.6 焊接母材 welding base metal, main and auxiliary line

待焊接材料一般包括两到三根相同或不同的导体，统称为母材。根据焊接模具内摆放位置不同，可以分为主线和辅线。焊接作业时需要贯穿焊接模具的母材，称之为主线；焊接作业时不需贯穿焊接模具的母材，称之为辅线。如果待焊接材料都需或都不需贯穿模具，则无主线辅线之分。

### 3 技术要求

#### 3.1 放热焊剂

- 3.1.1 放热焊剂应为分散均匀的粉末状固体，颗粒应干燥无结块。
- 3.1.2 放热焊剂的出铜率应达到 65%以上，并应按本规程第 5.1.2 条的规定进行测量。
- 3.1.3 同规格放热焊剂可合并使用，但不应分拆使用。
- 3.1.4 放热焊剂反应生成的放热焊接点应满足本规程第 3.3.1 条规定的外观和尺寸要求。

#### 3.2 放热焊接模具

- 3.2.1 放热焊接模具原材料宜采用三浸四焙石墨，详细指标应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 三浸四焙石墨理化指标要求

理化指标项目	指标值
抗压强度	$\geq 62\text{MPa}$
抗折强度	$\geq 35\text{MPa}$
体积密度	$\geq 1.8\text{g/cm}^3$
气孔率	$\leq 17\%$

- 3.2.2 放热焊接模具选型应符合下列规定：
  - 1 放热焊接模具焊接头型式应与所需连接型式一致；
  - 2 放热焊接模具型腔应与对应主线和辅线规格一致；
  - 3 放热焊接模具反应腔应与所需热熔焊剂量匹配。
- 3.2.3 放热焊接模具应完整无破损，无裂纹。放热焊接模具应通过配套模夹合拢，合缝应紧密无松动，熔腔母材孔尺寸公差应达到 IT12 公差等

级。

3.2.4 放热焊接模具在规范操作下应能满足 50 次焊点操作。

### 3.3 放热焊接点

3.3.1 放热焊接点外观和尺寸应符合下列规定：

- 1 放热焊接点母材焊接后应成一体，并应牢固，无松动现象；
- 2 放热焊接点范围内母材应被完全包裹；
- 3 当放热焊接点表面存在夹渣时，目测覆盖面积不应超过放热焊接点表面积的 10%；
- 4 放热焊接点冒口不应低于焊接点高度（图 3.3.1）；
- 5 放热焊接点收口处可存在少许细裂纹，但不应存在贯穿裂纹，其剖面不应存在贯穿性气孔或蜂窝状气孔；
- 6 放热焊接点的截面积不应小于母材截面积的 2 倍，放热焊接点长度不应小于 60mm。

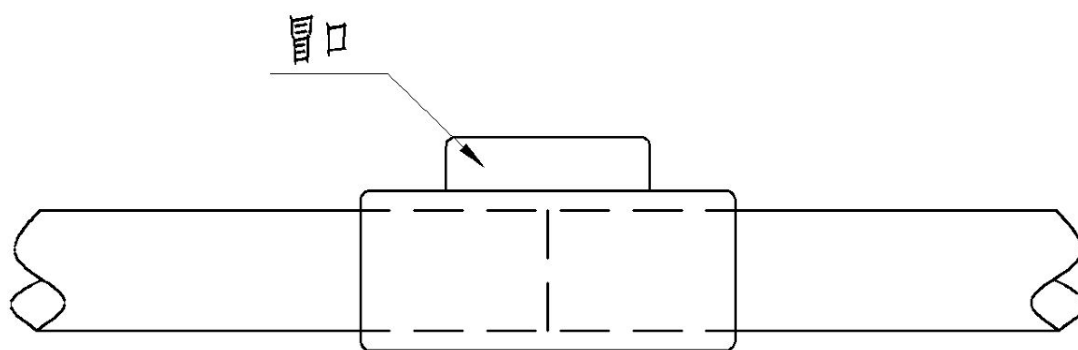


图 3.3.1 放热焊接点示意图

3.3.2 放热焊接点接头抗拉强度不应低于导体抗拉强度下限值的 90%。并应按本规程第 5.1.3 第的规定进行试验。

### 3.4 包装与标识

#### 3.4.1 产品包装应满足下列要求：

1 放热焊剂应采用密封包装，并且确保能避免相互摩擦而损坏外包装的可能性；

2 放热焊剂与引燃粉应单独分开包装；

3 放热焊接模具包装必须做好碰撞保护。

3.4.2 产品应在其显著部位设置持久明晰的标志，标志的内容应包括产品名称、规格、生产日期、制造厂名等。

3.4.3 产品应附带相应的产品使用说明书或在产品外包装上印有使用说明。

3.4.4 包装储运图示标志应符合现行国家标准《包装储运图示标志》GB/T 191 的有关规定。

## 4 放热焊接施工

### 4.1 放热焊接操作前准备

- 4.1.1 焊接前应清除模具内侧所有的污迹、结块、附着层及渣滓。
- 4.1.2 焊接前应确保模具充分干燥。
- 4.1.3 施焊前应将母材结合部位打磨清理、去除油污、锈迹及干燥。

### 4.2 放热焊接操作流程

#### 4.2.1 放热焊接宜按下列操作流程进行：

- 1 清理模具及待焊金属导体接头，将待焊导体置于模具型腔的中心位置；
- 2 闭合模具并锁紧模夹，锁紧后模具不能留有余孔和缝隙。模具平稳放置，然后在模具熔炉底放置金属垫圈；
- 3 在模具熔炉内倒入相应放热焊剂，并在焊剂表层撒引燃粉至熔模口；
- 4 在模具口用点火枪点燃引燃粉；
- 5 反应完毕后静置不小于120s左右，开启模具，清除放热焊接点熔渣。

## 5 检验与验收

### 5.1 检验

5.1.1 外观和尺寸应符合下列规定：

1 放热焊剂、放热焊接模具及放热焊接点的外观质量、结构可目测检验；

2 放热焊接模具内的熔腔母材孔与放热焊接点的尺寸采用精度不低于 0.02mm 的游标卡尺或类似量具进行测量检验。

5.1.2 出铜率应按下列步骤进行测量：

1 任选试验模具及试验母材小样；

2 焊接试验前以精度不低于 0.1g 量具先称重试验母材净重，按放热焊接施工规程实施焊接试验，待反应完全后去除放热焊接点表面渣滓，同样称取重量。前后两项重量相减即为该放热焊剂反应出铜质量；

3 以该铜质量与该参与反应放热焊剂质量比值即为出铜率。

5.1.3 放热焊接点拉伸试验应按现行国家标准《额定电压 35kV ( $U_m=40.5kV$ ) 及以下电力电缆导体用压接式和机械式连接金具 试验方法和要求》GB/T 9327 的有关规定进行。

### 5.2 验收

5.2.1 放热焊剂应成批提交检验，每批应由同一状态和规格的产品组成，每批焊剂重量不应大于 200kg。

5.2.2 每批放热焊剂出厂前均应进行规格、颗粒状态检测、放热焊接接头外观、剖面检查及抗拉强度检查。

5.2.3 每批放热焊剂应抽取 5 袋（盒）成品进行规格、颗粒状态检测。

5.2.4 每批放热焊剂中，应取样试制焊接 3 个放热焊接点进行抗拉强度、出铜率的检验。

5.2.5 抽样试验中有一项不合格应对该项试验加倍复验。加倍复验的结果仍不合格，则判定该批次产品不合格。

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对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:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

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:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……规定”或“应按……执行”。



## 引用标准名录

《包装储运图示标志》 GB/T 191

《额定电压 35kV ( $U_m=40.5$ kV) 及以下电力电缆导体用压接式和机械式连接金具 试验方法和要求》 GB/T 9327

中国工程建设协会标准

# 接地装置放热焊接技术规程

CECS 427: 2016

条文说明

# 目 次

1 总 则.....	( 14 )
2 术 语.....	( 15 )
3 技术要求.....	( 16 )
3.1 放热焊剂.....	( 16 )
3.2 放热焊接模具.....	( 16 )
3.3 放热焊接点.....	( 16 )
4 放热焊接施工.....	( 18 )
4.1 放热焊接操作前准备.....	( 18 )
4.2 放热焊接操作流程.....	( 18 )

# 1 总 则

**1.0.1、1.0.2** 随着国家经济建设的大力发展，大量高、精、尖设备和系统投入生产运营。由于这些设备和系统易受雷电流、故障电流、静电等的冲击和干扰，造成重大损失。同时，国家对生产安全也日益重视，关于雷电流、故障电流、静电等对生产安全的影响逐渐加深。所以，预防上述灾害也变得越来越重要。接地工程作为预防上述灾害的一环，其重要性不言而喻。放热焊接技术作为接地工程施工技术中最为可靠、简便有效的技术手段，而现行标准中尚无标可循。因此，本规程针对接地工程用放热焊接技术的材料技术、施工和验收具有指导意义。

## 2 术 语

**2.0.1** 放热焊接是通过放热焊剂自身的金属氧化还原反应生成铜金属单质和大量的反应热。该反应不需要额外工具设备，能够在户外便捷操作。

**2.0.2** 放热焊剂由多种粉末成分按一定比例配比而成，产品避光、密封包装。放热焊剂需要特定的引燃粉才能促使反应，正常储藏、运输不会促使放热焊剂反应。

**2.0.3** 放热焊接模具模体内结构主要有反应腔、导流槽和型腔组成（图1）。

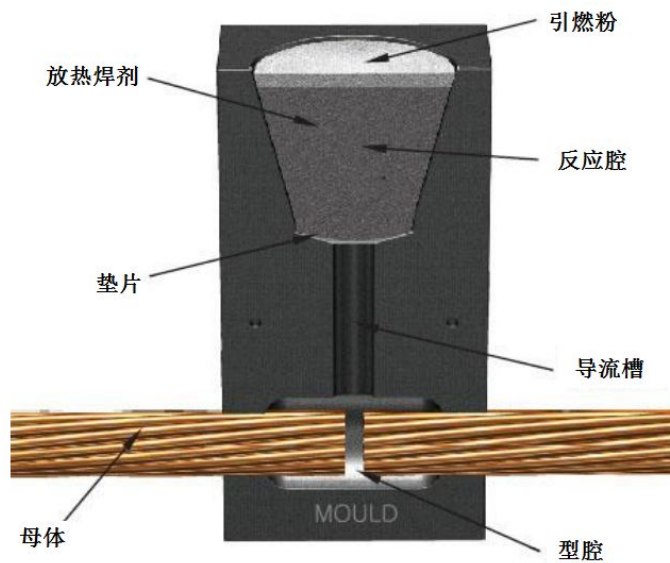


图1 模体结构示意图

1 反应腔；2 导流槽；3 型腔；4 母体；5 垫片；6 放热焊剂；7 引燃粉

## 3 技术要求

### 3.1 放热焊剂

**3.1.1** 放热焊剂为多种粉末成分的混合物，应确保其混合均匀才能促使放热焊剂连续反应直至完全。由于各成分比重差距较大，应采用搅拌等方式促使混合均匀。

**3.1.3** 由于放热焊剂中各种混合成分在反应时发挥着各自不同的作用，不同剂量的放热焊剂其混合配比存在差异，使用上不宜拆分或合并使用。但若遇到特殊情况需用标准规格放热焊剂，允许合并使用但不可拆分使用，否则容易造成反应不完全或无法反应。判断该规格放热焊剂匹配与否，可以通过本规程第 3.3 节规定的焊点尺寸是否合格来判定。

### 3.2 放热焊接模具

**3.2.1** 石墨原材料的各项理化指标对于放热焊接模具的耐磨损性能、防开裂性能、耐骤冷骤热性能有决定性影响。

**3.2.2、3.2.3** 放热焊接模具制造加工合理，能有效保障放热焊剂反应后顺利熔焊并形成所需放热焊接点。

### 3.3 放热焊接点

**3.3.1** 放热焊接点外观的要求能确保焊接母材被深度熔焊且达到全覆盖。电气性能方面，合格的放热焊接点的电阻值应小于任何单根母线等长度阻值，以确保其耐大电流冲击性能。

由于放热焊接反应后熔融态金属铜在短时间内快速冷却包裹母材，凝固成焊接头。但内部芯材升温却不高，造成焊接头外围和内部芯材极大

的温差，使得内外收缩不一致。若内部芯材为非铜材质，内外材质的热膨胀系数不一致。在两因素作用下，该焊接头冷却后容易出现裂纹，但一般仅存在焊接头表面。非贯穿性裂纹，不影响该放热焊接点性能。

## 4 放热焊接施工

### 4.1 放热焊接操作前准备

**4.1.1** 本规程要求每次放热焊接操作完毕，应清理放热焊接模具内侧各部位干净。为避免失误，每次操作前也应检查放热焊接模具内侧干净无污迹或附着物，以免影响焊接质量。

**4.1.2、4.1.3** 放热焊接操作前应确保放热焊接模具和待焊接母材干燥。正常情况下，连续操作的放热焊接模具能保证足够干燥，只需阶段操作的首次采用喷灯烘干预热即可。母材应在每次焊接操作前确保干净干燥，大多数材料仅擦干表面即可（若有内表面也需要擦干）。但绞线材料存在擦不到的表面，容易夹杂水分或油气，应采用喷灯烘干后方可实施放热焊接操作，否则容易在遇到超高温金属液体时发生剧烈喷溅甚至炸裂，同时也会造成焊接点内部气孔。

### 4.2 放热焊接操作流程

**4.2.1** 放热焊接操作流程如下：

1 待焊接母材之间稍微留 1mm 左右间隙，有利于金属液体流动，促使放热焊接点更容易成型；

2 为防止放热反应后金属液体溢流，锁紧后模具不得留有缝隙，实际操作中可以通过调整模夹锁紧螺栓来调整模具锁紧间隙和锁紧力。如果遇到特殊情况，待焊接母材尺寸略小于焊接规格母材，可以采用耐火泥封堵的方法临时焊接，但此法不宜用于常规替代性操作；

3 在模具反应腔内倒放热焊剂之前不易过度摇晃放热焊剂，否则容



易造成焊剂内不同比重成分分层，最终导致反应不连续或不完全；

**4** 当放热焊剂在模具反应腔内发生反应时，反应腔内压力会骤然增大，模盖设计能完全释放压力；

**5** 放热焊剂发生反应时，会将一些反应残渣通过模盖的释放口喷溅出来，所以，操作室，模具前方要有安全保护或至少 5m 的安全距离。每次操作完毕后，应及时清理模具内附着残渣。