



中华人民共和国国家标准

GB/T 10066.11—2016/IEC 60683:2011
代替 GB/T 10066.11—2005

电热装置的试验方法 第 11 部分:埋弧炉

Test methods for electroheat installations—Part 11:Submerged-arc furnaces

(IEC 60683:2011, Industrial electroheating equipment—
Test methods for submerged-arc furnaces, IDT)

2016-02-24 发布

2016-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会



目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 埋弧炉系统的特点	4
4.1 埋弧炉电气总装	4
4.2 Y/ Δ 开关	4
4.3 埋弧炉类型	4
4.4 埋弧炉工作原理	4
4.5 电极的类型	5
4.6 电极系统	5
4.7 水冷却	5
4.8 电气连接	5
5 试验和通用试验条件	5
5.1 通用试验条件	5
5.2 冷态试验项目	6
5.3 热试车和热态试验项目	6
6 技术测试	6
6.1 电气绝缘	6
6.2 冷却水系统	7
6.3 电极调节的特性	7
6.4 运行过程中电气特性的测定	7
6.5 二次电压的测量	8
6.6 运行参数	8
参考文献	9

前 言

GB/T 10066《电热装置的试验方法》现有 12 个部分：

- 第 1 部分：通用部分；
- 第 3 部分：有心感应炉和无心感应炉；
- 第 31 部分：高频感应加热装置发生器输出功率的测定；
- 第 4 部分：间接电阻炉；
- 第 5 部分：电热和电化学用等离子体设备；
- 第 6 部分：工业微波加热装置 输出功率的测定方法；
- 第 7 部分：具有电子枪的电热装置；
- 第 8 部分：电渣重熔炉；
- 第 9 部分：高频介质加热装置输出功率的测定；
- 第 10 部分：直接电弧炉；
- 第 11 部分：埋弧炉；
- 第 12 部分：红外加热装置。

本部分为 GB/T 10066 的第 11 部分，与第 1 部分配合使用。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 10066.11—2005《电热装置的试验方法 第 11 部分：埋弧炉》，与 GB/T 10066.11—2005 相比的主要技术变化如下：

a) 在“3 术语和定义”中，根据 IEC 60683:2011，增加了下列术语：

- 视在功率(见 3.2)；
- 底电极(见 3.3)；
- 冷态试验(见 3.5)；
- 死区(见 3.6)；
- 炉子电耗(见 3.9)；
- 热试车(见 3.12)；
- 无功功率(见 3.16)；
- 无功功率补偿(见 3.17)；
- 整流器(见 3.18)；
- 半导体变频器(见 3.19)；
- 平波电抗器(见 3.20)。

删除了下列术语：

- 炉体(见 GB/T 10066.11—2005 中 3.3)；
- 炉子高压开关(见 GB/T 10066.11—2005 中 3.4)；
- 电炉变压器的额定容量(见 GB/T 10066.11—2005 中 3.6)；
- 电极夹头(见 GB/T 10066.11—2005 中 3.8)；
- 一次侧不对称系数(见 GB/T 10066.11—2005 中 3.11)；
- 冷却水流量(见 GB/T 10066.11—2005 中 3.15)。

b) 增加了第 4 章：埋弧炉系统的特点。

本部分等同采用 IEC 60683:2011《工业电热设备 埋弧炉试验方法》(英文版)。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 10066.1 电热设备的试验方法 第1部分：通用部分（GB/T 10066.1—2004，IEC 60398:1999,MOD）
- GB 5959.2—2008 电热装置的安全 第2部分：对电弧炉装置的特殊要求（GB 5959.2—2008,IEC 60519-4:2006,IDT）

为便于使用，对于 IEC 60683:2011，本部分还做了下列编辑性修改：

- 修改了标准名称，将《工业电热设备 埋弧炉试验方法》改为《电热装置的试验方法 第11部分：埋弧炉》，英文名称对应修改。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国工业电热设备标准化技术委员会(SAC/TC 121)归口。

本部分起草单位：西安电炉研究所有限公司、中冶赛迪工程技术股份有限公司、中冶电炉工程技术中心、国家电炉质量监督检验中心、陕西省电炉工程技术研究中心。

本部分主要起草人：袁芳兰、葛华山、黄奎刚、朱琳。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 10066.11—2005；
- GB/T 7405—1987。



电热装置的试验方法 第 11 部分:埋弧炉

1 范围

GB/T 10066 的本部分根据额定功率级别在 500 kVA 以上的埋弧炉的主要参数和主要运行特性,规定了埋弧炉的试验步骤、试验条件和试验方法。

本部分适用于单电极或多电极埋弧炉。

为了进一步确定埋弧炉的技术或经济评估,额外的测试可能是必要的。

一些由半导体变频器控制的特殊设备炉,如可控整流器或控制交流转换器的测试是由 GB/T 3859.1 规定的。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60398 工业电热装置 通用试验方法(Industrial electroheating installations—General test methods)

IEC 60519-1:2010 电热装置的安全 第 1 部分:通用要求(Safety in electroheating installations—Part 1: General requirements)

IEC 60519-4 电热设备的安全 第 2 部分:对电弧加热装置的特殊要求(Safety in electroheat installations—Part 4: Particular requirements for arc furnace installations)

3 术语和定义

IEC 60519-1:2010 界定的及下列术语和定义适用于本文件。

注:通用定义请参考国际电工词汇 GB/T 2900。有关工业电热的条目在 GB/T 2900.23 中定义。

3.1

有功功率 active power

P

炉子一段时间内在周期条件下的瞬时功率的平均值(kW),计算见式(1):

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T P dt \quad \dots\dots\dots(1)$$

注:有功功率的瞬时值可在任何时刻、任何阶段进行测量。

[GB/T 2900.74—2008,131-11-42,有修改]

3.2

视在功率 apparent power

S

为埋弧炉供电的变压器的额定功率(MVA),计算见式(2)和式(3):

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (适用于单相埋弧炉)} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$S = \sqrt{3}UI \text{ (适用于三相埋弧炉)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

U ——为电压正弦均方根值, kV;

I ——为电流正弦均方根值, kA。

[GB/T 2900.74—2008, 131-11-41, 有修改]

3.3

底电极 bottom electrode

整体安装在直流埋弧炉底部的导电部件(主要连接为阳极)。

3.4

冷态 cold state

埋弧炉及其有关装置的所有部件的温度都等于环境温度时的状态。

3.5

冷态试验 cold test

在炉子装置安装完毕后,热试车前对炉子装置整体进行的包括功能、连接件、运转及仪表的测试。

3.6

死区 dead band

输入量的变化不致引起输出量有任何可测出变化的电量的有限区间。

[GB/T 2900.56—2008, 351-24-14, 有修改]

3.7

电极 electrode

导电材料制成的将电流转化为炉子工艺过程的部件。

注:电极类型,见4.5。

[GB/T 2900.23—2008, 841-26-38, 有修改]

3.8

电炉变压器 furnace transformer

从高压电网向埋弧炉提供适合炉子运行的电压和电流范围的电能的变压器。

注1:二次电压由有载开关控制,或在断电时进行调整。

注2:已有每台炉子使用三台或更多台单相变压器的设计。

[GB/T 2900.23—2008, 841-26-55, 有修改]

3.9

炉子电耗 furnace electrical losses

P_{loss}

炉子炉膛外部主电路部分引起的电损失。

注:炉子电耗不包括高压电源、功率因素补偿(当有时)或烘焙电极引起的电损失。

3.10

炉子 furnace

由炉底、炉壳和炉盖组成的,被处理材料在其内通电的炉身。

注:埋弧炉是由耐火材料包覆的钢铁材料制成的圆形或方形、敞开式,半封闭式或全封闭结构。

[GB/T 2900.23—2008, 841-26-16, 有修改]

3.11

大电流线路 high-current line

二次侧电路各串联(和/或并联)部分的总成,包括挠性连接件、母线系统或大电流导管、电缆、电极臂(当使用时)及电极夹头,用来把大电流从变压器二次母线输送给电极。

3.12

热试车 hot commissioning

将炉子加热到预定生产状态的过程。

3.13

热态 hot state

埋弧炉热试车完毕时的热状态。

3.14

主电路 main electrical circuit

埋弧炉的电气设备,包括高压电源、功率因数补偿装置(当使用时)、开关设备、变压器、半导体转换器(直流或交流,当使用时)、直流电抗器(当使用时)、大电流线路、具有电极和负载的电极系统。

3.15

功率因数 power factor
 $\cos\varphi$

有功功率与视在功率之比,在变压器一次侧测得。功率因数值由式(4)确定:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

P —— 有功功率, MW;

S —— 视在功率, MVA。

注: 在可能存在谐波分量的情况下,功率因数根据 IEC 60146-1-1 确定。

[GB/T 2900.74—2008, 131-11-46, 有修改]

3.16

无功功率 reactive power
 Q

埋弧炉主电路产生的总的无功功率,可在所有阶段变压器的一次侧测得,单位为 Mvar。

注 1: 无功功率的瞬时值可在任何时间、任何阶段测量。

注 2: 一个时间间隔内的平均值,即在通电期间产生的无功电量。

[GB/T 2900.74—2008, 131-11-44, 有修改]

3.17

无功功率补偿 reactive power compensation

在电炉运行过程中,优化无功功率传输的作用。

[GB/T 2900.58—2008, 603-04-28, 有修改]

3.18

整流器 rectifier

直流埋弧炉设备中将交流电转换为直流电的装置。

[IEC 60050-881:1983, 881-08-11, 有修改]

3.19

半导体变频器 semiconductor converter

用以控制电源的具有半导体阀装置的电子变频器。

注: 在直流埋弧炉中变频器用以控制直流电(相当于整流器);在交流埋弧炉中,变频器用以控制交流电使电压输入平稳(相当于分度器)。

[GB/T 2900.33—2004, 551-12-42, 有修改]

3.20

平波电抗器 **smoothing reactor**

在埋弧炉运行过程中,用以减少脉冲电流交流分量,将电弧的影响降到最低并确保电弧稳定的电抗器。

[GB/T 2900.36—2003,811-26-21,有修改]

3.21

单位电耗 **specific electric energy consumption**

埋弧炉装置从预定的原材料生产 1 t 最终产品或熔化 1 t 带电物质所消耗的电能量(kWh)。

3.22

埋弧炉 **submerged arc-resistance furnace,SAF**

内部有电弧或电阻加热导电炉料的炉体。

[GB/T 2900.23—2008,841-26-12,有修改]

4 埋弧炉系统的特点

4.1 埋弧炉电气总装

埋弧炉的电气总装包括下列设备:

- 高压供电线路;
- 高压开关,通过高压开关埋弧炉可在有载状态下与供电系统接通或断开;
- 炉子变压器;
- 二次母线系统;
- 半导体变频器(交流或直流);
- 无功功率补偿设备和/或电压稳定设备(如提供);
- 自动功率调节系统;
- 电气板、盘和控制台;
- 控制、测量和信号显示装置。

4.2 Y/Δ 开关

Y/Δ 开关安装在变压器高压侧,将变压器的高压绕组连接成 Y 或 Δ,以将变压器的二次电压范围修改为原来的 $\sqrt{3}$ 倍。任何 Y/Δ 开关只可在电路断开条件下操作。

注:当同时使用 3 个单相变压器时,Y/Δ 开关通常是安装在变压器箱体内;当使用单相变压器时,Y/Δ 开关安装在变压器高压开关侧。

4.3 埋弧炉类型

一般埋弧炉采用交流或直流技术操作。

在交流电弧炉中,电能通过 3~6 根电极传输到加热过程。一些交流埋弧炉的应用中(如镍铁炉),采用半导体变频器控制交流电。

在直流埋弧炉中,电能通过炉子底部的阳极穿过带电炉料传输到阴极(电极)。

电能通常在电极与带电炉料间形成电弧或通过电阻加热(焦耳效应)带电炉料。

4.4 埋弧炉工作原理

埋弧炉可以进行有色金属、铁合金、废料回收、渣和渣的清洁处理。使用埋弧炉生产时可分为以下模式:

- a) 满负载电阻模式(电极埋在负载中),如生产铬铁、硅铁;
- b) 负载和渣混合电阻模式(电极埋在负载和渣中),如渣清洁和铜、铅、锌沉降炉;
- c) 屏蔽电弧模式(电极头下面的电弧被负载屏蔽,与渣接触),如生产镍铁;
- d) 开放电弧模式(电极头下面的电弧与渣直接接触),如生产氧化钛渣和废料回收。

4.5 电极的类型

电极有不同的类型,如:

- a) 预烘焙电极;
- b) 自烘焙电极(索德别尔格电极);
- c) 挤压/复合电极,以预烘焙电极作为芯部,结合索德别尔格电极组合而成;
- d) 空心电极系统,允许通过中心孔为粉末炉料(预烘焙、自烘焙)通电。

电极类型的选择主要应考虑:

- 电极尺寸;
- 加工材料/熔炼要求;
- 经济因素如运行成本。

4.6 电极系统

电极系统由以下不同选项组成:

- a) 上电极部分(用作电极滑移和夹持)和与二次母线系统连接的下电极部分,后者将电流传导至电极。
- b) 具有电极夹的单电极臂,电极夹用以夹持电极和传导电能。

注 1: 下电极偶尔也可夹持电极;

注 2: 顶部电极端口可以通过压盖密封。

4.7 水冷却

埋弧炉电气设备可通过水冷却,水路可关闭或打开。水路分为如下回路:

- a) 冷却炉子变压器的油路,进行间接水冷却;
- b) 二次母线系统,包括夹具;
- c) 电极密封;
- d) 冷却交流或直流半导体变频器的特殊处理水路,进行间接水冷却;
- e) 辅助设备;
- f) 直流电抗器。

4.8 电气连接

具有 3 个电极的埋弧炉大电流线路大都被整合成背囊式连接。炉子变压器二次绕组在电极夹具处连接成 Δ ,电极与负载或渣被连接成 Y 形。

注: 在小功率交流埋弧炉应用中, Δ 可直接在变压器闭合。

5 试验和通用试验条件

5.1 通用试验条件

埋弧炉试验应符合 IEC 60398 的规定,同时应符合 IEC 60519-1:2010 和 IEC 60519-4 的要求。

电源波动应最小,三相对称性应最大,测试过程中不宜关闭无功补偿及/或电压稳定功能,相关要求

在本标准中有所规定。

测试程序和所有的测量点都应取得供需双方的同意。

测量设备的型号和配置图,以及测量点的布置应显示在试验报告,作为试验的相关资料。

5.2 冷态试验项目

以下测试应在热试车前、维修或改造后,每隔一定时间进行:

- a) 电气绝缘检查(见 6.1);
- b) 冷却水系统检查(见 6.2);
- c) 电极运行调节系统及电极特性检查(见 6.3);
- d) 变压器连接到电网后,进行二次电压测量。建议增加:液压系统、设备本体机械部件单动及联动、自动控制系统试验。

5.3 热试车和热态试验项目

以下测试应在冷态试验结束后,热试车过程中进行:

- a) 电极运行调节系统及电极特性的协调性检查(见 6.3.1);
- b) 炉子电气特性测量(见 6.1);
- c) 冷却水系统检查(见 6.2);
- d) 其他主要运行参数测量(见 6.6):
 - 电耗;
 - 生产率;
 - 电源接通时间;
 - 电极损耗率。

6 技术测试

6.1 电气绝缘

6.1.1 通用要求

埋弧炉二次低电压线路的电气绝缘应在以下 3 种情况下测试:

- a) 在安装期间(根据 IEC 60398);
- b) 在冷态测试期间:电极未被带电炉料填充;
- c) 在热试车期间:具有带电炉料。

注 1:冷态及热态试验进行时须有水冷却。

注 2:绝缘试验应根据调试或操作指南进行。

6.1.2 安装过程的电气绝缘

每个独立的绝缘部件安装后应进行绝缘验证。

6.1.3 冷态试验期间的电气绝缘

安装完毕后,应测量每一相与接地系统的电气绝缘。

在直流埋弧炉情况下,应测试电极(阴极)与接地系统、底电极(阳极)与接地系统,以及电极与底电极之间的电气绝缘。

埋弧炉在水冷情况下,试验期间冷却水应在炉子所有冷却部件中循环。

6.1.4 热态试验期间的电气绝缘

热试车完毕后,应测试所有相与接地系统的电气绝缘。在直流埋弧炉情况下,应测试电极(阴极)与接地系统、底电极(阳极)与接地系统,以及电极与底电极之间的电气绝缘。

埋弧炉在水冷情况下,试验期间冷却水应在炉子所有冷却部件中循环。这些试验过程中变压器不得通电。

大电流线路维修完毕后,应测试所有阶段及接地系统的电气绝缘。在直流电弧炉情况下,应测试电极(阴极)与接地系统、底电极(阳极)与接地系统,以及电极与底电极之间的电气绝缘。

6.2 冷却水系统

冷却水系统试验应在设备正常生产运行和埋弧炉热态时进行。

设备电气部分的冷却水的特殊信息(根据供应商的建议)应包括:

- 流量, m^3/h ;
 - 入口和出口压力, MPa;
 - 最大入口和出口温度, $^{\circ}\text{C}$;
 - 质量(如硬度、电导率等)。
- 冷却水流量(m^3/h)计算按式(5)。

$$q = \frac{Q_m}{t} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

Q_m ——测得的水体积,单位为立方米(m^3);

t ——试验所用时间,单位为小时(h)。

6.3 电极调节的特性

6.3.1 电极运行速度

应对每一个单独的电极进行上行和下行来两个方向上的电极运行测试,用秒表记录行进预定距离的时间。

在使用比例阀的情况下,应采用不同的设定值测量电极运行速度。

冷态试验中的测量应在炉子中没有填充任何炉料的条件下测量。

6.3.2 电极调节器的死区

应根据供应商的建议,在炉子正常运行时将电极调节器的死区调整到适应炉子稳定运行的状态。

6.3.3 电极运行响应时间

应根据供应商的建议,在炉子正常运行时将电极运行响应时间调整到适应炉子稳定运行的状态。

注:测量也可采用电气控制信号。

6.3.4 半导体变频器的电流控制(如适用)

应根据供应商的规定验证电流控制的调节状况。

6.4 运行过程中电气特性的测定

炉子运行过程中应测量电炉变压器一次侧的初始电压、初始电流、有功功率、无功功率,以及功率因数。此外,还应测量活化能及电极电流。

可以根据炉子变压器一次侧测得的电气测量值计算炉子运行期间的阻抗 Z 、电阻 R 及电抗 X 。

6.5 二次电压的测量

变压器安装完毕进行炉子热试车前,应对变压器及抽头转换开关的功能正确性进行检查。只要适用,就对变压器通电,将变压器一次绕组连接成 Y 形或 Δ ,对全部绕组的抽头进行二次电压测量,测量值应符合变压器试验报告的额定值。

6.6 运行参数

应对下列运行参数进行测量和/或计算:

- a) 电耗, kWh/t(根据供应商规定);
- b) 生产率, h(根据供应商规定);
- c) 电源接通时间, h;
- d) 电极消耗, kg/t。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900(所有部分) 电工术语(见<<http://www.electropedia.org>>)
 - [2] GB/T 3859.1 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分:基本要求规范
 - [3] IEC 60050-881:1983 International electrotechnical vocabulary—Chapter 881: Radiology and radiological physics
-

中华人民共和国
国家标准
电热装置的试验方法 第11部分:埋弧炉
GB/T 10066.11—2016/IEC 60683:2011

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

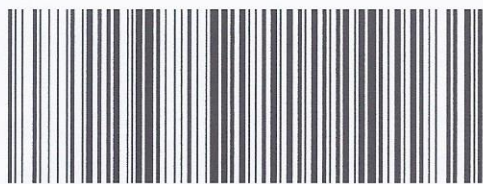
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 20 千字
2016年4月第一版 2016年4月第一次印刷

*

书号: 155066·1-52471 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 10066.11-2016