

CCCIAC

中国电石工业协会团体标准

T/CCCIAC 0XX—20XX

电石炉低压无功补偿技术规范

Technical specification for low-voltage reactive power compensation of calcium
carbide furnace

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国电石工业协会 发布

目 次

前 言	IV
1 范围	5
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	5
4 电石炉用低压无功补偿设计原则	7
4.1 可靠性要求	7
4.2 安全性要求	8
4.3 功能要求	8
4.4 谐波要求	8
4.5 其他特殊要求	8
5 设计依据	9
5.1 概述	9
5.2 环境条件	9
5.3 电石炉变压器参数条件	9
5.4 电石炉冶炼电气特征参数条件	9
5.5 电石炉短网参数条件	10
5.6 供电电网参数条件	10
6 通用设计要求	10
6.1 功率因数控制要求	10
6.2 分组限制	10
6.3 补偿电气参数测量要求	10
6.4 安全运行要求	10
6.5 环保要求	11
6.6 检修要求	11
7 设计方法	11
7.1 设备类型的确定	11
7.2 低压无功补偿的输出容量确定	11
7.3 电容器组参数的确定	12
7.4 设备器件参数的确定	12
7.5 设备的保护	12
7.6 设备的控制	13
8 布置和安装	13
8.1 安装场所条件	13
8.2 布置和安装设计	13
8.3 电气间隙和爬电距离	14

8.4	接地	14
8.5	防火	14
8.6	通风	14
9	电石炉低压无功补偿电器设备安装基本规定	14
9.1	基本要求	14
9.2	验收规定	15
9.3	与低压无功补偿电器安装有关的建筑工程的施工要求	15
9.4	低压无功补偿电器安装前的检查	15
9.5	低压无功补偿电器的固定要求	15
9.6	电器的外部接线要求	16
10	电石炉专用低压并联电容器	16
10.1	低压电容器安装前检查	16
10.2	低压电容器的安装要求	16
10.3	低压电容器的接线要求	16
10.4	低压电容器安装后检查	16
11	开关、隔离开关及熔断器	16
11.1	开关、隔离开关安装要求	16
11.2	熔断器安装要求	17
12	低压接触器	17
12.1	低压接触器安装前检查	17
12.2	低压接触器安装后检查	17
12.3	真空接触器安装前检查	17
13	控制开关	17
13.1	按钮的安装要求	17
13.2	主令开关的安装要求	17
14	低压熔断器	18
14.1	基本要求	18
15	电抗器	18
15.1	电石炉低压无功补偿用电抗器条件	18
16	电石炉低压并联电容器补偿短网	18
16.1	基本要求	18
17	电石炉低压无功补偿柜的通风系统	19
17.1	基本要求	19
18	电石炉低压无功补偿控制系统	19
18.1	电石炉低压无功补偿设备显示功能	19
18.2	电石炉低压无功补偿设备继电保护功能	19
18.3	电石炉低压无功补偿设备安装要求	19
19	电石炉低压无功补偿设备控制电缆安装	20
19.1	基本要求	20
20	电石炉低压无功补偿设备验收	20

20.1	绝缘保护试验	20
20.2	低压电器动作性能的检查规定	20
20.3	验收检查项目	21
21	电石炉低压无功补偿设备试运行	21
21.1	低压无功补偿设备投入运行条件	21
21.2	低压无功补偿设备投入运行时间	21
21.3	低压无功补偿设备投入的调试	22
21.4	调试内容	22
附录 A	(规范性) 螺纹型接线端子的拧紧力矩	23

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则起草。

本文件由中国电石工业协会提出。

本文件由中国电石工业协会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：无锡北科自动化科技有限公司、北京科技大学、内蒙古鄂尔多斯电力冶金集团股份有限公司氯碱化工分公司、新疆中泰化学股份有限公司、陕西北元化工集团股份有限公司、陕西新元洁能有限公司、中国天辰工程有限公司、大连重工起重集团有限公司、江苏益辉节能环保有限公司。

本文件主要起草人：陶祥生、李忠思、李涛、杭宇、王明武、李鹏智、李琪、孙高奎、张宏程、陈青山。

电石炉低压无功补偿技术规范

1 范围

本文件适用于工频（50 Hz）、额定电压为 1kV 及以下的电石炉用低压无功并联补偿设备（以下简称设备）的术语和定义、设计原则、设计依据、通用设计要求、设计方法、布置和安装、施工和试运行等要求及设备验收结果的评价方法。

设备的设计、安装、施工与试运行验收除应符合本标准的规定外，且应符合国家现行的有关标准、安全规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

- GB/T 8349 金属封闭母线
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB 21343 电石单位产品能源消耗限额
- GB/T 22582 电力电容器 低压功率因数补偿装置
- GB 50149 电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- GB 50169 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范
- GB 50170 电气装置安装工程 旋转电机施工及验收规范
- GB 50171 电气装置安装工程 盘、柜及二次回路结线施工及验收规范
- GB 50254 电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
- GB/T 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- NB/T 42141 矿热炉供电系统用无功补偿装置的设计与应用导则

3 术语和定义

NB/T 42141 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 电石炉 calcium carbide furnace

由电石炉变压器、大电流导体（电石炉短网）和炉体组成，通过炉体内的电极端部的电弧热和炉料或炉渣的电阻热来冶炼电石产品的一种电炉。

3.2 电石炉变压器 calcium carbide furnace transformer

按电石炉运行的特殊要求制造的变压器，用于从高压电网向电石炉供电，并提供适合于电石炉运行的电压。

3.3 电石炉短网 high current supply system of calcium carbide furnace

电石炉变压器低压侧出线端子与电石炉电极之间的大电流载体。

3.4 电石炉电极 electrode of calcium carbide furnace

用于插入炉料产生电弧融化炉料的供电电极。

3.5 电石单位产品电炉电耗 electricity consumption per unit product of calcium carbide

用单位产量表示的电石炉所消耗的工艺电量和烧炉眼用电量。

注：电石单位产品电炉电耗的单位为千瓦时每吨（kW·h/t）。

[来源：GB 21343-2015, 3.3]

3.6 低压无功功率补偿设备 low-voltage reactive power compensation installation

装在矿热炉变压器低压侧的1kV以下的电容器补偿成套设备，不包括通过联接升压变压器接入矿热炉变压器低压侧的无功补偿。

3.7 公共连接点 point of common coupling; PCC

用户接入公用电网的连接处。

[来源：NB/T42141—2017, 3.10]

3.8 入炉有功功率 furnace input active power

由电石炉供电侧输入电石炉炉体内的有功功率。

[来源：NB/T42141—2017, 3.11]

3.9 年可用率 annual availability

指设备在电石炉系统正常工作时间范围内全年可正常运行的可用时间比率。计算公式如下：

$$\text{年可用率} = \left(1 - \frac{\Sigma \text{等效停运时间}}{\text{矿热炉全年运行时间}}\right) \times 100\%$$

其中等效停运时间为在电石炉系统正常工作时间范围内全年累计停运持续时间，以小时计；电石炉全年运行时间为电石炉系统全年累计运行时间，以小时计。

[来源：NB/T42141—2017, 3.19]

3.10 低压电器 low-voltage apparatus

用于交流50Hz或60Hz、额定电压为1000V及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。

[来源：GB50254—2014, 2.0.1]

3.11 断路器 circuit-breaker

能接通、承载以及分断正常电路条件下的电流，也能在所规定的非正常电路下接通、承载和分断电流的一种机械开关电器。

[来源：GB50254—2014, 2.0.2]

3.12 开关 switch

在正常电路条件下，能够接通、承载和分断电流，并在规定的非正常电路条件下，能在规定的时间承载电流的一种机械开关电器。

[来源：GB50254—2014, 2.0.3]

3.13 隔离器 disconnecto

在断开状态下能符合规定的隔离功能要求的机械开关电器。

[来源：GB50254—2014, 2.0.4]

3.14 隔离开关 switch-disconnector

在断开状态下能符合隔离器的隔离要求的开关。

[来源：GB50254—2014, 2.0.5]

3.15 熔断器组合电器 fuse-combination unit

将一个机械开关电器与一个或数个熔断器组装在同一个单元内的组合电器。

[来源：GB50254—2014, 2.0.3]

3.16 接触器 contactor

仅有一个休止位置，能接通、承载和分断正常电路条件下的电流的非手动操作的机械开关电器。

3.17 熔断器 fuse

当电流超过规定值足够长的时间后，通过熔断一个或几个特殊设计的相应部件，断开其所接入的电路并分断电源的电器。

[来源：GB50254—2014, 2.0.16]

3.18 电气间隙 clearance

两个导电部件间最短的直线距离。

[来源：GB50254—2014, 2.0.17]

3.19 爬电距离 creepage distance

爬电距离是沿绝缘表面测得的两个导电零部件之间或导电零部件与设备防护界面之间最短路径。

3.20 大电流传感器 Large current transducer

一种用电磁感应原理，将电流信号转换成电压信号的感应线圈。

4 电石炉用低压无功补偿设计原则

4.1 可靠性要求

设备设计生产时应明确下述可靠性指标：

- a) 因强迫停运造成的年可用率的最低水平（%）；
- b) 因强迫停运造成的年强迫停运次数的最大值（次）；
- c) 供应商宜对年计划停运持续时间及其累计停运次数进行明确承诺；
- d) 供应商宜明确承诺上述可靠性指标的保证期（年），并给出该设备建议的维护周期。

4.2 安全性要求

设备的设计应能保证其在正常运行、电石炉系统故障、外部电网事故及异常时本身的安全性，同时设备本身的投入、切除、正常运行及异常时不应危及系统安全。

设备的设计应有可靠的技术措施，如采用自动控制、保护单元、设备可靠接地、闭锁装置、防护围栏和警告标志等，以保证设备安全运行。

设备应具备阻燃的性能，适应化工企业安全防护标准。

4.3 功能要求

4.3.1 无功补偿功能

在电石炉负荷功率变化范围内,设备的额定无功输出应能满足电石炉供电系统 PCC 点对功率因数或电压的要求。

4.3.2 自动控制功能

设备应根据供电系统无功功率及接入点电压的变化自动控制无功功率的输出,也可以根据用户要求确定,以达到适应电石炉供电系统对功率因数和电压偏差的要求。

4.3.3 大电流负荷检测功能

设备应配备大电流检测系统,能够有效的对电石炉负荷参数进行检测,有效防止因低压补偿导致的电极事故,保证炉况运转正常。

4.3.4 控制方式

设备应根据实际情况,选择手动和自动控制。

自动控制又可分为电压无功综合控制和无功控制等。自动控制时设备除应根据供电系统运行情况自动调节无功输出外,还应能自动或手动选择单一补偿方式或组合补偿方式。在组合补偿方式中,各设备宜进行协调控制,以完成总的关于 PCC 点的综合电能指标或技术协议规定的相关指标,低压无功补偿设备宜优先投入。

手动控制时,设备除能手动选择设备的投入与切除外,还应能选择单一补偿方式或组合补偿方式。补偿设备控制系统应预留通讯接口,方便与电石炉主控制系统对接。

4.4 谐波要求

设备投入运行后,电石炉供电系统 PCC 点谐波水平应满足 GB/T 14549 的要求。

4.5 其他特殊要求

特殊的运行环境和特殊的技术性能指标(治理闪变等),由购买方提出并与制造方协商解决。

5 设计依据

5.1 概述

设备在设计及使用中的技术条件主要由环境条件、电石炉变压器参数、炉体参数、电石炉短网参数及供电系统参数条件等因素决定。

5.2 环境条件

5.2.1 海拔高度

设备安装地点的海拔高度。

为便于产品的标准化，产品海拔高度应不超过 2 000 m。

用于海拔高度高于 2 000 m 的低压产品，其要求应由购买方与制造方协商确定。

5.2.2 温度和湿度范围

安装于冶炼区域内的补偿设备 当无资料时，可取最热月平均最高温度加 15 °C 当无资料时可取最冷月平均最低温度

设备运行地点的相对湿度，应采用当地湿度最高月份的平均相对湿度。对湿度较高的场所，应采用该处实际相对湿度。当无资料时，相对湿度可比当地湿度最高月份的平均相对湿度高 5%（一般地区推荐的产品环境相对湿度：月平均相对湿度不大于 90%，日平均相对湿度不大于 95%）。

注：最热（冷）月平均最高（低）温度为最热（冷）月每日最高（低）温度的月平均值，取多年平均值。

5.2.3 抗震要求

设备设计时应满足 GB50981 的要求。

5.2.4 其他

非正常使用条件由制造方和购买方协商确定。

5.3 电石炉变压器参数条件

设计电石炉供电系统用无功补偿设备需要以下电石炉变压器参数：

- a) 电石炉变压器的一次电压；
- b) 电石炉变压器的二次工作档位；
- c) 二次电压范围；
- d) 电石炉变压器的容量；
- e) 电石炉变压器的实际长期运行容量；
- f) 电石炉变压器的阻抗电压百分比；

5.4 电石炉冶炼电气特征参数条件

5.4.1 设计电石炉供电系统用无功补偿设备需要以下参数：

- a) 入炉有功功率及有功波动范围；
- b) 自然功率因数；
- c) 特征谐波及谐波水平。

5.4.2 选择入炉最大有功功率需要以下炉型参数：

- a) 电极直径；
- b) 极心圆直径；
- c) 炉膛有效内径；
- d) 炉膛有效深度。

5.4.3 对已运行的电石炉需要提供 3 个月的运行参数。

5.5 电石炉短网参数条件

设计电石炉供电系统用无功补偿设备需要的电石炉短网参数为：电石炉短网阻抗。

5.6 供电电网参数条件

设计电石炉供电系统用无功补偿设备需要以下供电电网参数：

- a) 供电电网电压及波动水平；
- b) 供电系统最大最小短路容量；
- c) 背景谐波水平，需要实际检测报告。

6 通用设计要求

6.1 功率因数控制要求

电石炉系统安装无功补偿设备后，PCC 点功率因数应满足系统对功率因数的要求，一般情况下，要求功率因数不低于 0.9。

对 PCC 点功率因数有特殊要求的购买方，其功率因数控制要求由设计方、制造方与购买方协商确定。

6.2 分组限制

对多支路设备，分组时应考虑开断设备的开断容性电流能力，且投切任何一条支路在考核点所引起的电压变动值不宜超过 $\pm 2.5\%$ 。

6.3 补偿电气参数测量要求

设备应具有补偿容量或大电流测量功能，可判断设备实际投入补偿容量或电流的大小，同时能够及时准确的判断电极电流及其它电气参数变化情况。

6.4 安全运行要求

6.4.1 保护要求

补偿设备应具备完善的保护功能，在设备及负荷异常时，能根据设置有效监测预警或动作切除设备。

6.4.2 放电要求

设备内部的电容器放电特性应满足 GB/T 22582 的相关规定要求。

6.4.3 接地

装置电器设备的外壳、安装支架及绝缘台架的电位均应固定,并符合 GB50169、GB/T 30841 及 GB/T 22582 的有关规定。

6.4.4 电器柜应使用不锈钢或隔磁材料制作

6.5 环保要求

设备所选用的所有主设备和辅助设备,如果含有会污染环境或有其他危险的物质,应按照国家的相关法律执行,采取相应的技术措施,并在设备的标牌上或其他地方有明显标志。

6.6 检修要求

低压无功补偿设备宜加装隔离开关,当设备故障检修时,不影响电石炉正常生产。

7 设计方法

7.1 设备类型的确定

低压无功补偿设备一般安装于电石炉系统短网侧,其具有能降低电石炉的冶炼电耗、设备设计组成复杂、运行环境恶劣等特点。设备应具备阻燃性能。

低压无功补偿的容量计算应以电石炉运行需要的有功功率为前提,若计算无功不足以使 PCC 点功率因数达标,剩余部分无功功率可使用高压无功补偿设备进行补偿。

7.2 低压无功补偿的输出容量确定

7.2.1 使用低压无功补偿设备补偿后功率因数确定

额定无功输出的确定应以矿热炉变压器安全运行(矿热炉变压器的容量满足安全运行要求)为原则,首先计算低压补偿后需达到的功率因数:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_R}{S}$$

公式中:

$\cos \varphi_2$ ——低压补偿后需达到的功率因数;

P_R ——矿热炉需要或设计入炉有功功率,单位为千瓦(kW);

S ——矿热炉变压器能够达到的实际运行容量,单位为千伏安(kVA);

7.2.2 计算低压无功补偿设备的实际无功输出:

$$Q = P_R (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2)$$

公式中:

Q ——低压无功补偿装置的实际无功输出,单位为千乏(kVAR);

P_R ——矿热炉需要或设计入炉有功功率,单位为千瓦(kW);

φ_1 ——矿热炉自然功率因数角;

φ_2 ——补偿后需达到的功率因数角。

7.2.3 实际需要的运行补偿容量计算：

$$Q = Q_1 - Q_2$$

公式中：

Q_1 ——补偿前的无功功率总量，单位为千乏（kVAR）

Q_2 ——补偿后的无功功率总量，单位为千乏（kVAR）

7.3 电容器组参数的确定

7.3.1 低压无功补偿设备电容器组的额定电压应不低于电石炉变压器低压档位的最高值。

7.3.2 设备中电容器组的额定容量的选取应符合支路投切开关额定电流的余量的规定。

7.4 设备器件参数的确定

低压无功补偿设备使用的电容器组投切器件宜选用真空接触器，其余器件参数除应满足 GB/T 22582 的要求外还应满足以下条件：

- a) 电石炉变压器最高工作电压档位时设备内电容器单元应不出现过压情况；
- b) 电石炉变压器最低工作电压档位时设备的额定无功输出应不低于设计要求；
- c) 低压无功补偿设备安装的电抗器的电抗率应考虑控涌流及电石炉短网阻抗等因素综合选择；
- d) 投切器件的额定电流应不小于补偿支路的额定运行电流的 1.65 倍。

7.5 设备的保护

7.5.1 保护功能

当设备出现异常现象，但不危及系统和设备安全时，保护系统发出报警信号，允许设备维持运行；当出现严重威胁系统和设备安全的问题时，保护系统应发出跳闸信号，使设备跳闸，避免出现安全事故。

7.5.2 保护类型

7.5.2.1 概述

设备应具有相应的保护装置，具体保护类型

- a) 工频过电压保护；
- b) 失电压保护；
- c) 过电流保护；
- d) 切合和过载保护；
- e) 过温保护。

7.5.2.2 工频过电压保护

低压无功补偿设备均应具有该保护功能。低压无功补偿设备应满足 GB/T 22582 的相关要求。

7.5.2.3 失电压保护

低压无功补偿设备应满足 GB/T 22582 的相关要求。

7.5.2.4 过流保护

低压无功补偿设备应满足 GB/T 22582 的相关要求。

7.5.2.5 切合和过载保护

低压无功补偿设备应具有该保护功能，并应满足 GB/T 22582 的相关要求。

7.5.2.9 过温保护

低压无功补偿设备应具有该保护功能，并应满足 GB/T 22582 的相关要求。

7.6 设备的控制

设备的控制要兼顾无功功率补偿、电压变动的要求。

低压无功补偿设备应能兼顾电石炉工作情况进行综合控制以达到降低冶炼电耗的目的。

采用低压无功补偿方式的电石炉供电系统应加装实际入炉电流检测功能。

在满足控制原则要求的前提下，设备控制逻辑越简单，投入与切除频率越低越好。

8 布置和安装

8.1 安装场所条件

低压无功补偿设备除应满足 GB/T 22582 的要求外，还应满足以下条件：

- a) 安装于冶炼工区内一层平面及多层平面上的设备应考虑由于冶炼设备运动造成的机械振动，必要时考虑加固补偿设备；
- b) 安装于冶炼工区内的补偿设备应考虑高粉尘造成的运行及设备散热影响；
- c) 安装倾斜度不大于 5°；
- d) 安装时，应考虑支架对地震力的放大作用。辅助设备应具有与主设备相同的抗震能力。

8.2 布置和安装设计

8.2.1 一般规定

设备的布置和安装设计，应利于通风散热、运行巡视、便于维护检修和更换设备。安装于电石炉附近时，有条件的宜单独设计补偿设备室。

8.2.2 设备布置

8.2.2.1 低压无功补偿设备的内部布置应充分考虑设备的维护和检修。

8.2.2.2 低压无功补偿设备在安装水冷母线系统时应确保水冷母线焊接正常，水冷母线系统在与电石炉短网连接时应考虑电石炉短网部分移动部件对设备的影响。

8.2.3 设备用电抗器

8.2.3.1 低压无功补偿设备用电抗器不宜使用扼流线圈代替；

8.2.3.2 低压无功补偿设备用电抗器宜安装于电容器上方。

8.3 电气间隙和爬电距离

低压无功补偿设备应满足 GB/T 22582 的要求。

8.4 接地

低压无功补偿设备应满足 GB/T 22582 的要求。

8.5 防火

低压无功补偿设备应满足 GB/T 22582 的要求。

8.6 通风

设备的通风量,应按排出室内余热计算,余热包括设备散热量和通过围护结构传入的太阳辐射热。设备的排风温度,应满足 5.2.2 的要求。

设备应采用室外机械引风的强制通风设备,当室外自然风不能满足冷却要求时,可采用空气冷却设备。

设备的进排风口,应采取防止鸟类、鼠、蛇类等小动物进入和防雨雪飘进的措施。

安装于电石炉附近的设备应采取防尘及隔热措施。

9 电石炉低压无功补偿电器设备安装基本规定

9.1 基本要求

9.1.1 电石炉低压无功补偿成套电器的安装与验收应按已批准的设计文件执行。

9.1.2 电石炉低压无功补偿成套电器的保管应符合产品技术文件的要求。

9.1.3 电石炉采用的低压无功补偿电器设备和器材均应有合格证明文件;设备应有铭牌;不应采用国家明令禁止的电器设备。

9.1.4 施工中的安全技术措施应符合产品技术文件的要求。

9.1.5 低压无功补偿柜的安装环境应符合产品技术文件的要求;低压补偿柜的安装位置,应距离补偿电气接点越近越好,尽量缩短补偿短网的长度。

9.1.6 低压无功补偿电器的安装高度应符合设计规定;当设计无规定时,应符合下列规定:

a) 低压无功补偿电容器的底部距离地面不宜小于 200mm;

b) 操作手柄转轴中心与地面的距离宜为 1200mm~1500mm,侧面操作的手柄与建筑物或设备的距离不宜小于 200mm;

c) 低压无功补偿电器的安装应符合产品技术文件的要求;当无明确规定时,宜垂直安装,其倾斜度不应大于 5°。

9.1.7 成排或集中安装的低压补偿电器柜应排列整齐,标识清晰;器件间的距离应符合设计要求。

9.1.8 需要接地的电器金属外壳、框架应可靠接地。

9.1.9 低压电容器补偿电器柜的安装应便于操作及维护。

9.1.10 设备安装完毕投入运行前,应做好防护、清理工作。

9.1.11 电石炉低压无功补偿设备采用的所有元器件应具备阻燃功能，投切电容器的开关应采用真空接触器。

9.1.12 安装于电石炉附近（包含安装于电石炉附近室内）的低压补偿设备，应满足 GB/T22582 的要求。

9.2 验收规定

9.2.1 包装和密封应完好。

9.2.2 技术文件应齐全，并有装箱清单。

9.2.3 按装箱清单检查清点，型号、规格应符合设计要求；附件、备件应齐全。

9.2.4 外观应完好，无破损、变形等现象。

9.3 与低压无功补偿电器安装有关的建筑工程的施工要求

9.3.1 与低压无功补偿电器安装有关的建筑物、构筑物的建筑工程质量应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定。

9.3.2 低压无功补偿电器安装前，建筑工程应具备下列条件：

- a) 屋顶、楼板应施工完毕，不应渗漏；
- b) 对低压补偿电器安装有妨碍的模板、脚手架等应拆除，场地应清扫干净；
- c) 房间的门、窗、地面、墙壁、顶棚应施工完毕；
- d) 设备基础和构架应达到允许设备安装的强度，基础槽钢应固定可靠；
- e) 预埋件及预留孔的位置和尺寸应符合设计要求，预埋件应牢固。

9.3.3 低压无功补偿成套设备安装完毕，投入运行前，建筑工程应符合下列规定：

- a) 运行后无法进行的和影响安全运行的施工工作应完毕；
- b) 施工中造成的建筑物损坏部分应修补完整。

9.4 低压无功补偿电器安装前的检查

9.4.1 设备铭牌、型号、规格应与被控制线路或设计相符。

9.4.2 外壳、漆层、手柄应无损伤或变形。

9.4.3 内部仪表、灭弧罩、瓷件等应无裂纹或伤痕。

9.4.4 紧固件应无松动。

9.4.5 附件应齐全、完好。

9.5 低压无功补偿电器的固定要求

9.5.1 低压无功补偿电器根据其不同的结构，可采用金属底座固定在楼板或建筑构件上。

9.5.2 当采用膨胀螺栓固定时，应按产品技术要求选择螺栓规格；其钻孔直径和埋设深度应与螺栓规格相符；不应使用塑料胀塞或木楔固定。

9.5.3 紧固件应采用镀锌制品或厂家配套提供的其他防锈制品，螺栓规格应选配适当，电器的固定应牢固、平稳。

9.5.4 有防振要求的电器应增加减振设备，其紧固螺栓应有防松措施。

9.5.5 固定低压补偿电器时，不得使电器内部受额外应力。

9.6 电器的外部接线要求

- 9.6.1 接线应按接线端头标识进行。
- 9.6.2 接线应排列整齐、美观，导线绝缘应良好、无损伤。
- 9.6.3 电源侧进线应接在进线端，负荷侧出线应接在出线端。
- 9.6.4 电器的接线应采用有金属防锈层或铜质的螺栓和螺钉，并应有配套的防松设备，连接时应拧紧，拧紧力矩值应符合产品技术文件的要求，且应符合本规范附录 A 的规定。
- 9.6.5 外部接线不得使电器内部受到额外应力。
- 9.6.6 裸带电导体与电器连接时，其电气间隙不应小于与其直接相连的电器元件的接线端子的电气间隙。
- 9.6.7 具有通信功能的电器，其通信系统接线应符合产品技术文件的要求。

10 电石炉专用低压并联电容器

10.1 低压电容器安装前检查

- 10.1.1 接线端子对地的绝缘电阻应符合产品技术文件的要求。
- 10.1.2 低压电容器应采用纯干式结构电石炉专用，并应符合 GB3836-2004 阻燃的要求。
- 10.1.3 电容器外壳表面无损伤，标记、标牌清晰。

10.2 低压电容器的安装要求

- 10.2.1 低压电容器的飞弧距离应符合产品技术文件的要求。
- 10.2.2 禁止采用浸油、浸蜡的低压电容器在电石炉上使用。
- 10.2.3 低压电容器与熔断器配合使用时，熔断器应安装在电源侧，并且方便巡视观察。

10.3 低压电容器的接线要求

- 10.3.1 接线应符合产品技术文件的要求。
- 10.3.2 裸露在箱体外部且易触及的导线端子应加绝缘保护。

10.4 低压电容器安装后检查

- 10.4.1 接线端子紧固螺栓应使用扭矩扳手校紧，扭矩见附录 A0-1。
- 10.4.2 通风冷却通道无障碍物。
- 10.4.3 安装地脚螺丝紧固良好，接地线接触应良好。

11 开关、隔离开关及熔断器

11.1 开关、隔离开关安装要求

开关、隔离开关的安装应符合产品技术文件的要求；当无要求时，应符合下列规定：

- a) 开关、隔离开关应垂直安装，并使静触头位于上方；
- b) 电源进线应接在开关、隔离开关上方的静触头接线端，出线应接在触刀侧的接线端；
- c) 可动触头与固定触头的接触应良好，触头或触刀宜涂电力复合脂；

- d) 刀闸开关在分闸位置时，触刀应可靠固定，不得自行合闸；
- e) 安装杠杆操作机构时，应调节杠杆长度，使操作到位且灵活；辅助接点指示应正确；
- f) 动触头与两侧压板距离应调整均匀，合闸后接触面应压紧，触刀与静触头中心线应在同一平面，且触刀不应摆动。

11.2 熔断器安装要求

11.2.1 熔断器组合电器接线完毕后，检查熔断器应无损伤，灭弧栅应完好，且固定可靠；电弧通道应畅通。

12 低压接触器

12.1 低压接触器安装前检查

12.1.1 衔铁表面应无锈斑、油垢，接触面应平整、清洁，可动部分应灵活无卡阻。

12.1.2 触头的接触应紧密，固定主触头的触头杆应固定可靠。

12.2 低压接触器安装后检查

12.2.1 接线应符合产品技术文件的要求。

12.2.2 在主触头不带电的情况下，接触器线圈做通、断电试验，其操作频率不应大于产品技术文件的要求，主触头应动作正常，衔铁吸合后应无异常响声。

12.3 真空接触器安装前检查

12.3.1 可动衔铁及拉杆动作应灵活可靠、无卡阻。

12.3.2 辅助触头应随绝缘摇臂的动作可靠动作，且触头接触应良好。

12.3.3 按产品技术文件要求检查真空开关管的真空度。

12.3.4 真空接触器的接线应符合产品技术文件的要求。

12.3.5 真空接触器，电气联锁装置和机械连锁装置的动作均应正确、可靠。

13 控制开关

13.1 按钮的安装要求

13.1.1 按钮之间的净距不宜小于 30mm，按钮箱之间的距离宜为 50mm~100mm。

13.1.2 按钮操作应灵活、可靠、无卡阻。

13.1.3 集中在一起安装的按钮应有编号或不同的识别标志，“紧急”按钮应有明显标志，并应设保护罩。

13.2 主令开关的安装要求

13.2.1 名称标记明确，位置指示标记清楚。

13.2.2 安装位置距离地面 1000mm 以上。

14 低压熔断器

14.1 基本要求

- 14.1.1 熔断器的型号、规格应符合设计要求。
- 14.1.2 熔断器安装位置及相互间距离应符合设计要求，并应便于拆卸、更换熔体。
- 14.1.3 安装时应保证熔体接触良好。熔体不应受到机械损伤。
- 14.1.4 瓷质熔断器在金属底板上安装时，其底座应垫软绝缘衬垫。
- 14.1.5 有熔断指示器的熔断器，指示器应保持正常状态，并应装在便于观察的一侧。
- 14.1.6 安装两个以上不同规格的熔断器，应在底座旁标明规格。
- 14.1.7 有触及带电部分危险的熔断器应配备绝缘抓手。
- 14.1.8 螺旋式熔断器安装时，其底座不应松动，电源进线应接在熔芯引出的接线端子上，出线应接在螺纹壳的接线端上。

15 电抗器

15.1 电石炉低压无功补偿用电抗器条件

- 15.1.1 电石炉低压无功补偿设备用电抗器，不应采用空心扼流线圈代替；
- 15.1.2 电石炉低压无功补偿设备用电抗器，非滤波使用时不宜使用损耗大、发热量大的铁芯电抗器。
- 15.1.3 电石炉低压无功补偿设备用电抗器，宜安装于电容器上方。
- 15.1.4 电石炉低压无功补偿设备用电抗器，宜采用低损耗、低发热量的铁氧体电抗器。
- 15.1.5 电抗器应使用绝缘铜绞线，按导线截面选择的载流量应大于电容器的额定电流。
- 15.1.6 电抗器的电抗率应 $\geq 1\%$ 电容器的电抗率。

16 电石炉低压并联电容器补偿短网

16.1 基本要求

- 16.1.1 补偿短网铜管连接应采用焊接连接，尽量做到有效长度最短，减少不必要的折弯。
- 16.1.2 补偿铜管与支路铜排连接，应使用短铜排焊接在铜管上，不宜使用抱箍或卡子与铜管连接，并且符合 GB50149《电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范》的要求。
- 16.1.3 补偿短网与电石炉短网连接处，应先汇流后连接，汇流制作时，应保证电石炉变压器二次出线铜管全部汇流在一起。连接点应使用短铜排焊接，然后使用螺栓将两片铜排连接。汇流铜排截面积不宜小于设计截面积，电流密度不宜超过 $3A/mm^2$ 。
- 16.1.4 补偿短网铜管的水冷系统，异相铜管之间的通水连接的高压胶管长度不宜少于 1m。每相设置独立水路，也可以多相共用一条水路，应保证水路连接橡皮绝缘软管的有效长度。
- 16.1.5 补偿短网铜管宜装设：温度检测、水路压力检测及相应的报警装置。
- 16.1.6 补偿短网铜管安装完毕后，应做表面绝缘处理。
- 16.1.7 补偿短网铜管的吊架，宜使用隔磁材料制作，并且做好绝缘处理。
- 16.1.8 补偿短网的接入点应设置在二次短网铜管的末端，不宜接在电极横管上与加水冷电缆的做法。

17 电石炉低压无功补偿柜的通风系统

17.1 基本要求

- 17.1.1 低压补偿柜的通风冷却风机应采用 ≤ 85 dB的低噪音风机，安装底座宜做好防震处理。
- 17.1.2 冷却风机的吸风口应是室外的空气，根据生产实际情况增加制冷设备，吸风口应安装防护网。
- 17.1.3 冷却风机出风口与补偿柜的连接、吸风口与通风管道的连接，应使用软管连接，防止机械谐振产生噪音。
- 17.1.4 通风管道尽量减少折弯，应折弯时，需要采用虾米腰弯管连接，不宜有直角弯头。
- 17.1.5 电容柜冷却风机的引风管的垂直和水平管道之间的转弯部分需固定可靠，风机工作时弯管不会变形，或使用金属弯头连接。
- 17.1.6 风管与风机之间连接使用不锈钢金属抱箍固定。
- 17.1.7 冷却风机应安装温度控制系统，做到自动控制。补偿电容柜内温度超过 40°C 时，能够做到自动启动风机。粉尘较大的场所需要不停机运行，柜内需要微正压。

18 电石炉低压无功补偿控制系统

18.1 电石炉低压无功补偿设备显示功能

- 18.1.1 显示每条支路的电流、电压；铜管温度。
- 18.1.2 显示一次侧的三相分相电流、电压，三相及分相有功功率、无功功率、功率因数。
- 18.1.3 显示电石炉电极参数：
每相电极电流、电极间电压、极地电压，每相及总有功功率、无功功率、功率因数。
- 18.1.4 电容器支路投切。

18.2 电石炉低压无功补偿设备继电保护功能

- 18.2.1 补偿短网铜管断水应自动切断电容器运行，并且报警。
- 18.2.2 无功补偿支路应有可靠的过电流、过电压保护。
- 18.2.3 无功补偿柜超过设定温度应警示保护。
- 18.2.4 电脑应具备后台记录功能。

18.3 电石炉低压无功补偿设备安装要求

- 18.3.1 电石炉低压无功补偿设备控制柜，宜安装在可巡视、可操作的位置。
- 18.3.2 电石炉低压无功补偿设备宜有远程控制、显示功能，保证通讯系统安全可靠。
- 18.3.3 大电流检测用大电流传感器宜安装在环境较好的部位，应远离高温区域。电极电压取样，宜在组合式电极把持器的液压夹钳上取，并且同时取相邻的两个液压夹钳信号。
- 18.3.4 补偿柜内应安装烟雾报警装置，警报器应安装在有人值守的地方。
- 18.3.5 大电流传感器的安装在变压器出口及低压补偿短网铜管的头端，方向应一致，传感器之间的线圈相互串联连接，也可以单独引出。
- 18.3.6 当变压器短网大电流传感器的安装位置不便维护时，应加装信号转接箱，该相所有变压器短网大电流传感器信号应全部接入该转接箱，在转接箱内端子排串联后，出线至控制柜。

- 18.3.7 大电流传感器应做好防护，防止火灾事故。
- 18.3.8 系统应可靠接地，接地电阻应符合国家标准。

19 电石炉低压无功补偿设备控制电缆安装

19.1 基本要求

- 19.1.1 按着项目的电缆配置表敷设电缆线时，当出现现场实际接线元件、位置、类型与设计不符时，应及时向项目负责人反应，核对准确后再施工。
- 19.1.2 电缆的两端应设置电缆标牌，标牌标明该电缆的编号、位置（起、至方向）、电缆型号。
- 19.1.3 电气柜、箱内，电气元件安装的导线，应横平竖直，布线清晰，引线余量适当。
- 19.1.4 连接电缆剥线外层护套皮时，不允许破坏内部电线绝缘层，电缆外层护套端头使用电工胶布缠绕包裹，应外形工艺美观。
- 19.1.5 电容柜，控制柜，电缆转接箱，出线端子应套线号管。线号管应与电缆线适配，排列整齐、线号清晰可辨。
- 19.1.6 控制柜内，所有带屏蔽层的电缆的屏蔽层应接地连接，多根电缆屏蔽层编织后连接接地排。
- 19.1.7 控制柜使用 $\geq 6\text{mm}^2$ 黄绿接地线连接厂房接地，电容柜用接地扁铁（热镀锌 $40\times 4\text{mm}$ ）连接厂房接地。
- 19.1.8 接地排和接零排上连接的零、地线需使用0型冷压端子连接，冷压端子可使用铆压式或焊锡式。电源线零线冷压端子应可靠连接。
- 19.1.9 电缆桥架布置采用镀锌金属桥架，桥架全长不能少于2个接地连接。桥架全部封盖盖板并固定。

20 电石炉低压无功补偿设备验收

20.1 绝缘保护试验

20.1.1 低压电器绝缘电阻的测量规定

20.1.1.1 对额定工作电压不同的电路应分别进行测量，测量应在下列部位进行：

- a) 主触头在断开位置时，同极的进线端及出线端之间；
- b) 主触头在闭合位置时，不同极的带电部件之间，极与极之间接有电子线路的除外；主电路与线圈之间以及主电路与同它不直接连接的控制和辅助电路之间；
- c) 主电路、控制电路、辅助电路等带电部件与金属支架之间。

20.1.1.2 测量主电路绝缘电阻所用兆欧表的电压等级应符合现行国家标准《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB50150的有关规定；绝缘电阻值应符合产品技术文件的要求。

20.1.1.3 测量低压电器连同所连接电缆及二次回路的绝缘电阻值不应小于 $1\text{M}\Omega$ ；潮湿场所，绝缘电阻值不应小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

20.2 低压电器动作性能的检查规定

20.2.1 对采用电动机、电磁、电控气动操作或气动传动方式操作的电器，除产品另有规定外，当控制电压或气压在额定值85%~110%的范围内时，电器应可靠动作。

20.2.2 分励脱扣器应在额定控制电源电压70%~110%的范围内均能可靠动作。

- 20.2.3 欠电压继电器或脱扣器应在额定电源电压 70%~35%的范围内均能可靠动作。
- 20.2.4 剩余电流保护器应对其动作特性进行试验，试验项目为：在设定剩余动作电流值时，测试分断时间，应符合设计及产品技术文件的要求。
- 20.2.5 具有试验按钮的低压电器，应操作试验按钮进行动作试验。
- 20.2.6 整体安装完毕后，要对通讯系统与控制系统进行联调联试。

20.3 验收检查项目

- 20.3.1 电器的型号、规格符合设计要求。
- 20.3.2 电器的外观完好，绝缘器件无裂纹，安装方式符合产品技术文件的要求。
- 20.3.3 电器安装牢固、平正，符合设计及产品技术文件的要求。
- 20.3.4 电器金属外壳、金属安装支架可靠接地。
- 20.3.5 电器的接线端子连接正确、牢固，拧紧力矩值应符合产品技术文件的要求，且符合本规范附录 A 的规定；连接线排列整齐、美观。
- 20.3.6 绝缘电阻值符合产品技术文件的要求。
- 20.3.7 活动部件动作灵活、可靠，联锁传动装置动作正确。
- 20.3.8 标志齐全完好、字迹清晰，现场施工接线应与电气图纸一致。
- 20.3.9 对安装的电器应全数进行检查。
- 20.3.10 通电试运行应符合下列规定：
 - a) 操作时动作应灵活、可靠；
 - b) 电磁器件应无异常响声；
 - c) 接线端子和易接近部件的温升值不应超过 GB50254 附录 B 和附录 C 的规定；
 - d) 低压断路器接线端子和易接近部件的温升极限值不应超过 GB50254 附录 D 的规定。
- 20.3.11 验收时应提交下列资料 and 文件：
 - a) 设计文件；
 - b) 设计变更和洽商记录文件；
 - c) 制造厂提供的产品说明书、合格证明文件等技术文件；
 - d) 安装技术记录；
 - e) 各种试验记录；
 - f) 根据供货合同提供的备品、备件清单。

21 电石炉低压无功补偿设备试运行

21.1 低压无功补偿设备投入运行条件

- 21.1.1 在电石炉电烘炉前，低压无功补偿设备设备应具备送电条件，且保证各种信号、通讯连接正常。

21.2 低压无功补偿设备投入运行时间

- 21.2.1 电石炉已经正常投料运行，负荷已经达到至使功率因数降低到 0.8（或 0.75）以下。
- 21.2.2 电极电流、电压趋向平稳，且三相相对平衡，不平衡度 $\pm 5\%$ 。

21.3 低压无功补偿设备投入的调试

- 21.3.1 电石炉已经正常出炉，且炉况正常，负荷已经达到至使功率因数降低到 0.8（或 0.75）以下。
- 21.3.2 电极电流，电压平稳，且三相相对平衡。
- 21.3.3 在出炉后，电极电流稳定时进行调试。
- 21.3.4 调试过程中尽量保持负荷稳定。
- 21.3.5 调试方法按照设计技术文件执行。

21.4 调试内容

- 21.4.1 控制系统联调联试，确保动作信号传输准确无误。
- 21.4.2 数据信号显示调试，各终端设备联调。
- 21.4.3 电气信号传输调试，各项参数显示正常。
- 21.4.4 大电流检测信号准确无误，各项参数显示正常。
- 21.4.5 试运行周期为 72 小时，运行期间应有人巡视。

附录 A

(规范性)

螺纹型接线端子的拧紧力矩

A.0.1 低压电器螺纹型接线端子的拧紧力矩应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 螺纹型接线端子的拧紧力矩

标准值	螺纹直径	拧紧力矩 (N·m)		
	直径范围	^a I	^b II	^c III
2.5	$\Phi \leq 2.8$	0.2	0.4	0.4
3.0	$2.8 < \Phi \leq 3.0$	0.25	0.5	0.5
—	$3.0 < \Phi \leq 3.2$	0.3	0.6	0.6
3.5	$3.2 < \Phi \leq 3.6$	0.4	0.8	0.8
4	$3.6 < \Phi \leq 4.1$	0.7	1.2	1.2
4.5	$4.1 < \Phi \leq 4.7$	0.8	1.8	1.8
5	$4.7 < \Phi \leq 5.3$	0.8	2.0	2.0
6	$5.3 < \Phi \leq 6.0$	1.2	2.5	3.0
8	$6.0 < \Phi \leq 8.0$	2.5	3.5	6.0
10	$8.0 < \Phi \leq 10.0$	—	4.0	10.0
12	$10 < \Phi \leq 12$	—	—	14.0
14	$12 < \Phi \leq 15$	—	—	19.0
16	$15 < \Phi \leq 20$	—	—	25.0
20	$20 < \Phi \leq 24$	—	—	36.0
24	$24 < \Phi$	—	—	50.0

注：

第 I 列 适用于拧紧时不突出孔外的无头螺钉和不能用刀口宽度大于螺钉顶部直径的螺丝刀拧紧的其它螺钉；

第 II 列 适用于可用螺丝刀拧紧的螺钉和螺母；

第 III 列 适用于不可用螺丝刀拧紧的螺钉和螺母。

