

黄磷生产常识

二〇二四年七月

目 录

一、黄磷生产基础知识

- 1-1、什么是黄磷？有些什么性质？ (5)
- 1-2、什么是赤磷？与黄磷有何不同？..... (6)
- 1-3、什么是黑磷？有些什么性质？
(6)
- 1-4、生产黄磷的基本原料是什么？
(6)
- 1-5、磷矿石中有哪些杂质？磷矿石品位对黄磷生产有何影响？..... (7)
- 1-6、磷矿石中二氧化硅对黄磷生产有何影响？..... (8)
- 1-7、磷矿石中的三氧化二铁对黄磷生产有何影响？ (8)
- 1-8、磷矿石中的碳酸盐对黄磷生产有何害处？ (9)
- 1-9、磷矿石中的三氧化二铝对黄磷生产有何影响？ (9)
- 1-10、磷矿石中氧化镁对黄磷生产有何影响？ (9)
- 1-11、生产黄磷对炉料粒度有何要求？ (9)
- 1-12、焦炭粒度对黄磷生产有何影响？ (10)
- 1-13、焦炭用量对黄磷生产有何影响？ (10)
- 1-14、焦炭加入量怎样计算？ (11)
- 1-15、硅石加入量怎样计算？ (11)
- 1-16、配料的意义是什么？必须注意哪些问题？
(12)
- 1-17、黄磷炉渣由哪些成份组成？ (12)
- 1-18、什么叫酸性渣？什么叫碱性渣？黄磷炉渣属于什么性质渣？ (12)
- 1-19、什么叫炉渣酸度？为什么炉渣酸度要控制在 0.8 左右？ (12)
- 1-20、黄磷炉渣和高炉炉渣有什么不同？黄磷炉渣有何使用价值？ (13)
- 1-21、为什么炉渣的含磷量不能控制得太低？ (13)
- 1-22、磷铁的特性是什么？有何使用价值？ (14)
- 1-23 什么是压强？什么是表压？什么是真空度和绝压.....
(14)
- 1-24、电极水封有何作用？它的结构特点是什么？ (15)
- 1-25、电极水封最容易腐蚀是哪个部位？怎样改进？
(15)

1-26、铜瓦的作用是什么?几何尺寸如何确定?
(15)

二、电气设备和仪表

2-1、什么叫电流? (16)

2-2、什么叫电压? (16)

2-3、什么叫电功率?什么叫功率因数?
(16)

2-4、什么叫变压器的额定温升?
(16)

2-5、黄磷电炉变压器的运行维护应注意哪些事项? (16)

2-6、黄磷电炉变压器常用强油循环装置的特点是什么?操作程序是什么? ...
(17)

2-7、为什么应尽量减少变压器跳闸次数? (18)

2-8、为什么要尽量避免两相通电? (18)

2-9、两台电炉变压器并联运行的条件是什么?
(18)

2-10、什么叫短网?在配置上有什么特点? (18)

2-11、短网一般多大电流密度合适? (19)

2-12、什么叫二次配电设备和二次回路?如何分类? (19)

2-13、什么叫高压隔离开关?有何作用?有什么要求? (20)

2-14、什么是油开关?运行时有哪些要求? (20)

2-15、怎样操作隔离开关和油开关? (20)

2-16、什么叫电压互感器?有什么特点? (20)

2-17、什么叫电流互感器?有什么特点? (20)

2-18、仪表表面上各种符号代表什么?
(21)

2-19、什么叫交流电压表?怎样由表读数推算一次电压值? (21)

2-20、什么叫交流电流表?代表符号是什么? (21)

2-21、什么叫功率表?代表符号是什么? (22)

2-22、什么叫三相三线交流电度表? (22)

2-23、什么叫功率因数表?	(22)
2-24、电度表怎样读数?	(22)

三、黄磷电炉的砌筑和操作管理

3-1、上电极和放电极的操作注意事项是什么?	(24)
3-2、电炉操作时怎样避免触电事故?	(24)
3-3、为什么要烘炉?怎样烘炉?	(24)
3-4、烘炉分几个阶段?如何进行?	(25)
3-5、出渣前应做好哪些准备工作?	(26)
3-6、为什么炉渣流到潮湿地面上要发生爆炸?	(27)
3-7、出渣和堵渣口时应怎样操作?	(27)
3-8、电极水封接地怎样处理?如何防止?	(27)
3-9、出渣困难主要是什么原因?如何防止?	(27)
3-10、如何停炉?停炉前后应作好哪些工作?	(27)
3-11、黄磷电炉为什么要在正压下操作?	(28)
3-12、什么叫短路?电炉在运行中如何避免短路?	(28)
3-13、电极位置偏移不对称对电炉生产有何影响?怎样消除?	(28)
3-14、为什么出渣时炉内要保持一定量的磷铁?	(29)
3-15、电极上抬是何原因?知何排除?	(29)
3-16、电极位置升降不正常一般是什么原因?怎样处理?	(29)
3-17、为什么渣口会自动流渣?怎样处理?	(30)
3-18、为什么电炉在运行中有时出视一相无电流?怎样处理?	(30)
3-20、为什么铜瓦与电极接触处会发生冒火现象?如何处理?	(31)
3-21、为什么堵渣口有时会“打炮”?如何防止?	(31)
3-22、为什么有时出渣困难, 如何防止?	

(31)

3-23、炉底烧穿有什么征兆?如何处理? (31)

3-24、炉墙烧穿时怎样处理?如何防止? (32)

3-25、烘炉时炉底开裂是什么原因?如何防止?

(32)

3-26、炉盖水封座冷却水漏入炉内有什么征兆?如何处理?怎样防止? (32)

3-27、电极出现歪斜怎样处理?如何防止? (33)

3-28、电极水封罩漏气怎样处理?如何防止? (33)

3-29、电炉在运行中电极折断是什么原因?如何处理?怎样预防? (33)

3-30、铜瓦接线头发红是何原因?怎样处理? (34)

3-31、总水封压力剧烈升高是什么原因?怎样处理?如何预防? (34)

3-32、炉底为什么发红?

3-33、电炉在运行中磷铁突然减少是什么原因?

3-34、炉渣为什么会经常发生变化?正常炉渣应该是什么颜色?

(35)

3-35 炉渣含磷童高怎么处理?如何控制?

四、分析检验

4-1、怎样分析磷矿石?

4-2、怎样分析焦炭?

4-3、怎样分析硅石?

4-4、怎样分析磷泥?

4-5、怎样分析含磷废水?

4-6、怎样分析电炉尾气?

4-7、怎样分析黄磷炉渣?

4-8、怎样分析磷铁?

4-9、工业黄磷国家标准的具体内容是什么?

五、安全生产和环境保护

5-1、黄磷生产有些什么特点?为什么必须了解掌握这些特点?

5-2、为什么置抉用蒸汽要控制在 100—250℃之间?

5-3、电炉岗位安全制的要点是什么?	(56)
5-4、出渣岗位安全制的要点是什么?	(57)
5-5、精制岗位安全制的要点是什么?	(57)
5-6、为什么不能用手直接拿黄磷?为什么要整齐穿戴好劳动保护用品?	(57)
5-7、为什么黄磷车间要坚持禁烟和饭前洗手、刷牙和漱口?	(57)
5-8、被黄磷烧伤时怎样救护?	(58)
5-9、误食黄磷后怎样救护?	(58)
5-10、黄磷生产中主要有哪些“三废”?怎样处理和利用?	(58)
5-11、为什么含磷废水经过处理后可以实现封闭循环?	(60)
5-12、如何实现含磷废水的封闭循环?	(61)
5-13、处理含磷废水的中和剂采用石灰石有何优点?加少量石灰起什么作用?	(61)
5-14、为什么要采取絮凝沉降?	(62)
5-15、如何减少泥磷和含磷废水量?	(62)
5-16、实现含磷废水封闭循环要多少投资?废水处理成本多高?	(62)

一 黄磷生产基础知识

1-1、什么是黄磷? 有些什么性质?

磷矿石在高温下, 被碳还原生成元素磷。

磷有三种同素异形体: 黄磷(又称白磷), 赤磷(又称红磷), 黑磷(又称紫磷)。

纯黄磷为白色蜡状, 具有光泽的固体, 在光和热的作用下很快转变为黄色, 故常称为黄磷。

纯黄磷无嗅, 但由于与空气中的氧反应生成臭氧和磷的氧化物, 故常有蒜臭味。

黄磷有两种晶体结构，在室温下为立方体，在常压低于-77℃时转变为六方体。

液态或气态磷在 800℃以下的分子为 P₄，分子量为 123.90，高于 800℃分解为 P₂，在 1100℃开始分解为 P。

黄磷的熔点为 44.1℃，沸点为 280℃，燃点 35℃。固态黄磷的比重为 1.82，黄磷熔化时，在 1 个大气压下体积膨胀率为 3.25%，黄磷蒸气压见表 1—1。

表 1—1 黄磷蒸汽压

摄氏度℃	20	50	80	100	200	281
帕【斯卡】pd	7.6	37	185	482	3.5×10 ⁴	1.0×10 ⁵

黄磷性质活泼，除碳、硼、硅以外，大部份元素均能与它直接化合；与卤素、氧能直接反应而生成相应的卤化物和氧化物，并放出大量热。与某几种金属相作用会形成磷化物，用硝酸处理时生成正磷酸。黄磷在高温高压下，与水反应生成含氧酸、磷化氢和氢；黄磷与氢氧化钠等碱类作用生成磷化氢(膦)及次磷酸钠。黄磷在低温下，当氧过量时，其氧化产物为四氧化物和五氧化物，而在氧量不足时，则为三氧化物和五氧化物的混合物。

黄磷难溶于水，微溶于醇，易溶于磷的卤族化合物，最易溶于二硫化碳、苯、醚、氯仿和甲苯中。黄磷在二硫化碳、四氯化碳、有机溶剂中的溶解度分别见表 1—2、1—3、1—4。

表 1-2 黄磷在二硫化碳中的溶解度

摄氏度℃	-10	-7.5	-5	-3.5	-3.2	-2.5	0	5	10
溶解度 (重量)	31.40	35.85	41.95	66.14	71.72	75.00	81.27	86.30	89.80

表 1-3 黄磷在四硫化碳中的溶解度

摄氏度℃	0	25	33	40	42	45	48	51	52	59	72	91	94	100
溶解度% (重量)	0.64	1.25	1.56	1.79	1.85	1.92	2.04	2.14	2.23	2.50	3.08	3.94	4.04	4.35

表 1-4 黄磷在有机溶剂中的溶解度

溶剂	摄氏度℃	溶解度% (重量)	溶剂	摄氏度℃	溶解度% (重量)
苯	20	3.10	二乙醚	20	1.02
乙醇	20	0.312	甘油	15	0.25

黄磷有剧毒，人致死量为 0.1 克，黄磷蒸气在空气中最大允许浓度为 0.00003 毫克/升。常温见光时会在真空中升华，在暗处露于空气中能发磷光，并冒出白烟。在空气中 35℃ 自燃，在湿空气中约 30℃ 即着火。因此，黄磷在贮存与运输中必须放在水中，与空气隔绝。

黄磷在常压隔绝空气的情况下，加热到 200℃ 便开始转变为赤磷。

1-2、什么是赤磷？与黄磷有何不同？

赤磷是黄磷的同素异形体，由黄磷转化而来，外观呈暗红色粉末，故称赤磷(又叫红磷)。分子量为 123.90，与黄磷相同。

赤磷与黄磷不同之处是：

赤磷的性质介于黄、黑磷之间。

赤磷不溶于水、二硫化碳、乙醚，略溶于无水乙醇，能溶于三溴化磷和氢氧化钠。

赤磷比黄磷稳定。在空气中不自燃，加热至 200℃ 着火燃烧生成五氧化二磷。但在氯的气氛中加热会燃烧，遇 $KClO_3$ 、 $KMnO_4$ 、过氧化物及其它氧化剂时会引起爆炸。

SI 导出单位 V 压力下，赤磷无毒，在暗处无磷光。

赤磷的固体比重为 2.34，熔点为 590℃，4.3MPa，沸点为 280℃，着火点为 200℃。

1-3、什么是黑磷？有些什么性质？

黑磷是黄磷在 1200MPa 气压下，加热到 200℃ 生成，也是黄磷的同素异形体，外观黑色，故称黑磷(又叫紫磷)。

黑磷呈斜方体，结构与石墨类似。密度(SI 导出单位)为 2.69—2.70g/cm³，在常压下电导为 1.4 欧姆。

黑磷同黄、赤磷比较，化学活泼性最差，不会自燃，不溶于二硫化碳。

1-4、生产黄磷的基本原料是什么？

它们是磷矿石、硅石和焦炭，其中也有用无烟煤或石油焦进行生产。黄磷用磷矿石已有国家标准。对硅石和焦炭的要求是：硅石中 SiO_2 大于 95%，焦炭中固定碳大于 80%。但实际使用的硅石中 SiO_2 一般大于 92%、焦炭中固定碳一般在 70%左右。

1-5、磷矿石中有哪些杂质？磷矿石品位对黄磷生产有何影响？

磷矿石是生产黄磷的主要原料，它的质量好坏直接影响到电炉的操作和工艺指标，即影响到黄磷产量、质量、能耗、成本和经济效益。

磷矿石的成份除含 P_2O_5 外，还含有 CaO 、 CO_2 、 SiO_3 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaF_2 等。磷矿石品位愈高愈好，但也不是绝对的。

举例：有两种磷矿石和一种硅石，其成分如下

	$\text{P}_2\text{O}_5\%$	$\text{SiO}_2\%$	$\text{CaO}\%$
甲矿	37.0	3.0	30.0
乙矿	29.7	22.5	38.1
硅石	—	92.0	—

酸度采用 0.8，配料计算时不考虑焦炭灰份。若以 100 公斤实物磷矿石为基准进行配料计算，则甲矿须加入硅石：

$$100 \times 0.3 \times 0.8 - 0.03 / 0.92 = 26.1 \text{ kg}$$

混合料含 P_2O_5 ：

$$37 / 100 + 26.1 = 29.3 \%$$

乙矿须加入硅石：

$$100 \times 0.381 \times 0.8 - 22.5 / 0.92 = 8.7 \text{ kg}$$

混合料含 P_2O_5 ：

$$29.7 / 100 + 8.7 = 27.3\%$$

根据以上计算，甲矿的品位虽然比乙矿高 7.3%，但乙矿含 SiO_2 大大高于甲矿 SiO_2 的含量，须加入硅石量又低于甲矿，所以经过配料后的入炉混合料中的 $\text{P}_2\text{O}_5\%$ 不同。

一般说来，磷矿石品位低，相应地杂质含量就增高，生成的炉渣、磷铁及磷泥也增多了，于是带走的磷也随之加大，从而造成磷收率下降。据粗略估算，磷矿石品位每降低 1%，磷收率下降约 0.5% 左右。

入炉混合料的品位是一项重要指标。根据生产实践，混合料含 P_2O_5 每降低 1%，每吨黄磷电耗要相应增加 300—350 度。其主要原因是因为磷矿石品位低，炉渣量高，随炉渣带走的热量也必然增多。根据热量衡算，每吨炉渣带走热量为 1.88×10^9 焦〔耳〕（SI 导出单位）。

为了合理用矿，使黄磷生产效益好，化工部于 1986 年发布了黄磷用磷矿的《中华人民共和国专业标准》，具体内容见表 1—5。

中华人民共和国专业标准 ZBD51002—86

黄磷用磷矿

本标准适用于电炉法冶炼黄磷用磷矿石

1、技术指标

表 1—5 磷矿应符合下列要求：

指标名称	指 标		
P_2O_5 含量 (%) \geq	32.0	30.0	28.0
SiO_2 含量 (%) \geq	7.0	10.0	15.0
Fe_2O_3 含量 (%) \leq	1.2	1.6	2.0
CO_2 含量 (%) \leq	4.0	5.0	6.0
粒度 (毫米)	5-50		<5

注：①各项指标含量均以干基计算。

②用户如对矿石粒度有特殊要求，可由供需双方商定。

粒度小于 5mm 的矿石，应团块后入炉。

2 检验方法

本标准各项指标的检验方法按照“磷精矿和磷矿石统一分析方法”国家标准 (GB1870-80 至 GB1881-80) 的有关规定执行。

3 验收规则

3.1 磷矿应由生产矿的质量检验部门进行检验，生产矿应保证所供应之磷矿各项质量指标都符合本标准要求。如不符合本标准要求，为不合格品。

3.2 使用单位可按照本标准规定，对矿山供应的磷矿质量进行检验，如达不到本标准的质量要求，可在到货后十五天内提出异议。

4 仲裁

当供需双方对本产品的质量发生异议而需仲裁时，由化学矿标准化技术归口单位化学工业部化工矿山设计研究院进行仲裁分析。

内容包括：生产矿名称、产品名称、产品种类，质量指标、产品净重、车号、船号和批号、发货日期以及标准编号。

5 包装、标志、贮存和运输

5.1 本产品用火车、汽车和船只散装运输

5.2 每批磷矿石都应附有产品质量说明书，说明书的内容包括：生产矿名称、产品名称、产品种类，质量指标、产品净重、车号、船号和批号、发货日期以及标准编号。

1-6、磷矿石中二氧化硅对黄磷生产有何影响？

二氧化硅是黄磷生产过程中不可缺少的助熔剂。黄磷电炉属有渣法的冶炼设备，无论是外加的二氧化硅还是磷矿本身带入的二氧化硅，对电炉内的反应过程和炉渣流动性都影响极大，因此，控制二氧化硅在炉料中的量在工艺上十分重要。

有的磷矿石含的二氧化硅多，甚至在配料中不需另加入硅石即可进行生产，这对开发利用二氧化硅含量高的低品位磷矿石十分重要，此种类型磷矿石对生产黄磷效益好。但是磷矿石中二氧化硅含量过高，内在酸度达到 1-1.06，这种情况炉渣流动性差，还原反应温度升高，炉渣和磷铁形成共熔体夹带大量磷铁，当炉渣水淬时易产生爆炸。为了控制酸度需要添加碳酸钙，结果降低了炉料的 $P_2O_5\%$ 含量，使炉渣增多，从而增加了电能的消耗和磷的损失，并影响电炉的稳定运行。因此， $SiO_2\%$ 过高的磷矿石同样不易生产黄磷。

1-7、磷矿石中的三氧化二铁对黄磷生产有何影响？

磷矿石中的三氧化二铁带入电炉，对黄磷生产十分有害。这是因为在制磷过程中，三氧化二铁比五氧化二磷的还原温度低得多，促使并形成炉料在相当低的温度下熔融，三氧化二铁首先被碳还原成为元素铁，熔融的元素铁在流向炉底的过程中，与上升的气态元素磷接触生成磷化铁，因而改变了熔料的电阻，使电极位置上移。同时炉气带出的粉尘量也增加，影响磷的质量和磷的收率。另外，由于三氧化二铁的存在，对电炉的热能利用有很大的影响。这是因为三氧化二铁还原所需要的能量大于磷与铁化合形成磷铁时释放的能量，导致电能的无益损失。当三氧化二铁为 3.3% 的磷矿投入电炉进行生产时，大约生成磷铁的消耗的电能要占输入电能的百分之一，被磷铁以显热形式带走，大约炉料中总含磷量的 6.5

%进入磷铁损失掉，所以采用含有过多铁的氧化物的磷矿作原料，会影响黄磷的正常生产。

1-8、磷矿石中的碳酸盐对黄磷生产有何害处？

磷矿石中的碳酸盐首先在电炉高温区上部被分解：



上式反应为吸热反应，大量碳酸盐的存在会导致炉内温度下降。同时，碳酸盐分解后放出的 CO_2 与反应区升华出的磷蒸汽作用生成磷的低价氧化物，如 P_3O_4 ， P_2O_3 等带来磷的损失，降低了磷的回收率。碳酸盐的分解和 CO_2 的还原，还要消耗能量。磷矿石中 CO_2 含量增加 1%，如果全部还原成 CO ，原每吨黄磷将增加电耗 200 度，多耗焦炭 29Kg (SI 基本单位)。

根据实践表明，含碳酸盐的磷矿遇高温后，粒径也会在炉内发生变化，当炉料依次流入熔池区时，温度会逐渐升高，磷矿炸裂使粉末增多，粉末增加率可高达 12—21%，对电炉运行及精制后处理带来困难。因为粉末的增多，电流极易发生波动，炉气压力增加，塌料频繁，操作电流不易控制，三相功率无法保持平衡，严重时折断电极。在 700—900℃ 温度条件下 CO_2 与电极产生化学反应会增加电极消耗。所以，磷矿石中碳酸盐含量高对黄磷生产是非常有害的。

1-9、磷矿石中的三氧化二铝对黄磷生产有何影响？

炉料中的三氧化二铝进入炉渣后与氧化钙、二氧化硅作用生成新的化合物，成为 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ，三元系统的熔融物排出。从 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系统平衡图可知， Al_2O_3 含量增加到 11%，就会使 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系统的熔融温度降低，因而磷矿石的熔点随矿石中的三氧化二铝和三氧化二铁含量的增高而降低。三氧化二铝含量太高，电极位置易于上抬，炉气温度高，炉渣发粘，炉气含尘量增加，泥磷多，磷的收率会下降。

1-10、磷矿石中氧化镁对黄磷生产有何影响？

氧化镁含量高的磷矿石对黄磷电炉正常运行有一定的影响。由于氧化镁在熔融区迅速还原，而生成镁蒸汽，还原过程即放出热量，镁蒸汽从熔融区大量随炉气逸出，其中一部份又与一氧化碳迅即反应，生成氧化镁：



上述反应都放出大量的热。由于这些热量产生在生料上部，使炉气温度升高，严重的使导气管发红。至使电炉不能正常运行，同时氧化镁的还原作用会降低电能效率，并增加焦炭消耗。氧化镁还原产物的燃烧，妨碍了电炉的正常操作，甚至毁坏炉衬，危及炉子寿命，因此，磷矿石中的氧化镁含量越低越好。

1-11、生产黄磷对炉料粒度有何要求？

生产黄磷对炉料除化学成份外，还应有一定粒度要求，炉料粒度的大小会直接影响电炉内反应的正常进行。炉料粒度符合工艺要求是保证炉气能均匀排出电炉的重要条件，而且还能获得正常炉气温度和含尘量，使黄磷质量好，泥磷少。炉料粒度过大，易堵塞料管，在炉内生料区几种原料易产生离析，其结果会出现局部的焦炭不足或过剩，从而影响炉内还原反应的正常进行。炉料粒度过大，反应接触面积减小，反应不完全，更重要的是改变了炉料电气特性，降低了炉料比电阻，增加了炉料导电能力，电极容易上抬，炉况会迅速恶化，严重时会被迫停炉、炉料粒度过小，甚至呈粉末状，炉气则难以通过料层，会形成桥形洞穴，炉料不能均匀有序地流入融池区，影响电炉内化学反应的正常进行。由于生料区炉料结桥后，炉气压力大，出渣时容易产生喷料事故。

生产实践表明，功率大小不同的黄磷电炉，对炉料粒度也有不同的要求。例如，黄磷电炉功率在 2000—5000KVA 时，磷矿石的粒度应控制在 4—25mm，硅石的粒度应该与磷矿石的粒度一致，焦炭的粒度应控制在 3—15mm，所有入炉原料都不应含有 3mm 以下的细粉。

1-12、焦炭粒度对黄磷生产有何影响？

大家知道，磷炉炉料的导电度是由炭素还原剂来决定的，而焦炭的比电阻与焦炭粒度有关，因而改变焦炭粒度，炉料电阻也随之发生改变。在生产中总希望制得具有最大电阻炉料，这是因为在这种情况下，电极位置平稳，炉况运行正常，焦炭与反应物(磷矿石，硅石)接触面积大，有利于还原反应的进行。经测定，焦炭粒度为 15mm 时，炉料电阻为最大，如果焦炭粒度在 25mm 以上，对于 2000 千瓦以下的黄磷电炉，就难以正常操作，如出炉困难，炉气温度高，炉气含尘量大，炉渣磷含量高等。但是焦炭粒度过于小，虽有利于电炉中还原反应的进行，

但由于炉料电阻值增加过大，这种情况电极位置很低，炉底温度高，炉底易于损坏。同时，炉料出现结桥，影响炉气的透气性，焦炭局部过量或不足，泥磷增多，并且影响电炉的还原反应。所以，过细的焦炭粒度也是不合适的。总之，焦炭粒度应控制为磷矿石粒度的二分之一左右，即 3—15m 示为宜。

1-13、焦炭用量对黄磷生产有何影响？

焦炭用量的多少对黄磷电炉的正常运行和效率有很大影响。焦炭的用量与炉料导电性质有关，直接影响电极位置，炉渣含磷量，磷铁含磷量和磷矿石的还原率。表 1-6 为焦炭用量对磷酸盐还原率的影响。

表 1-6 焦炭用量对磷酸盐还原率的影响

焦炭加入量为理论需要的百分数	90	95	100	105	110
磷酸盐的还原率，100%	91	93	94	95	91

从上表可以看出，磷矿石的还原率随焦炭的用量增加而增加。但当焦炭加入量超过 5% 时，其还原率就不会继续增加了，因此，焦炭用量太多也是不合适的。同时，过多的焦炭参与炉内还原反应也是十分有害的，这是因为当配比的焦炭超过理论值过大，炉料导电能力增加，电极提高，炉内压力大，气体中含尘量多，炉底温度低，出渣发生困难。如用量不足时不仅不能满足电炉还原反应的需要，而且必然消耗电极和炉膛炭，危及炉子寿命。因此，过多或过少的焦炭，在生产中都是应该尽量避免的，在配料计算中应根据电炉反应的情况采用适宜的过量系数。

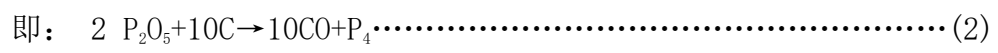
1-14、焦炭加入量怎样计算？

在进行配料计算之前应作好如下工作：

- (1) 对磷矿石、硅石、焦炭三种原料进行化学分析。
- (2) 建立电炉的主要化学反应式。
- (3) 确定焦炭理论过量系数和炉渣的酸度指标，然后按矿石中每个组份进行计算。

计算步骤为：

- 1、磷矿石中五氧化二磷的还原，需要的焦炭可按下列反应式计算：



从方程式(2), 可以视为 $2P_2O_5$ 相当于 $10C$ 。所以还原 100Kg 磷矿石中 P_2O_5 所需要的焦炭量:

$$QC_1 = \frac{100 \times P_2O_5\% (\text{磷矿中的}) \times 10 \times C (\text{分子量})}{C\% (\text{焦炭中}) \times 2 \times P_2O_5 (\text{分子量})}$$

同样, 还原磷矿中 Fe_2O_3 所需要的焦炭可按下式计算:



在反应式(3)中, Fe_2O_3 分子相当于 $3C$ 分子, 所以还原 100Kg 磷矿石中的 Fe_2O_3 , 所需的焦炭为:

$$QC_2 = \frac{100 \times Fe_2O_3\% (\text{磷矿中的}) \times 33C (\text{分子量})}{C\% (\text{焦炭中}) \times Fe_2O_3 (\text{分子量})}$$

还原磷矿石中的碳酸盐分解出的 CO_2 所需要的焦炭可按下式进行计算:



在反应式(4)中, CO_2 分子相当于一个 C 分子, 故还原 100 公斤磷矿石中碳酸盐分解出 CO_2 所需要的焦炭量应为:

$$QC_3 = \frac{100 \times CO_2\% (\text{磷矿中的}) \times C (\text{分子量})}{C\% (\text{焦炭中}) \times CO_2 (\text{分子量})}$$

还原 P_2O_5 、 Fe_2O_3 和 CO_2 所需要的总焦炭量为: $QC_1 + QC_2 + QC_3$ 的和, 假设过量 3% 的炭用量, 故 $1.03 (QC_1 + QC_2 + QC_3) = kg$

如焦炭含水份高, 还应计算水份在电炉中被还原所消耗的炭:



故: $QC_4 = \frac{\text{焦数量} \times H_2O\% (\text{焦炭中的}) \times C (\text{分子量})}{C\% (\text{焦炭中的}) \times H_2O (\text{分子量})}$

$$C\% (\text{焦炭中的}) \times H_2O (\text{分子量})$$

所以焦炭总需要量为:

$$\Sigma QC = QC_1 + QC_2 + QC_3 + QC_4$$

1-15、硅石加入量怎样计算?

根据假设, 炉料的 SiO_2/CaO 为 0.8, 则 SiO_2 需应为:

$$Q_{SiO_2} = \frac{B \times CaO\% - P_{SiO_2}\% \times C \times C_{SiO_2}\% (\text{分子量})}{\%SiO_2 (\text{硅石中的})}$$

式中: B—酸度指标

$P_{SiO_2}\%$ —磷矿中二氧化硅的百分含量。

CaO%—磷矿中氧化钙的百分含量。

C—焦炭加入量

1-16、配料的意义是什么?必须注意哪些问题?

配料是黄磷生产的一项重要原料准备工作。配料准确与否直接影响炉子的化学反应,电炉的操作稳定性和炉衬的寿命,因此正确的配料是黄磷电炉正常运行的重要保证。

配料必须注意以下几点:

(1)配料先校准计量容器具。

(2)各种原料的重量要按配料计算数据准确称量。每次配料应按原料顺序进行。

(3)配料时应严格控制原料的质量:即配料的原料,块度大或过细都易造成塌料,增大电能消耗,给操作带来困难。因此,块度过大或过细的原料不能配料入炉。

(4)水份过多的原料不能配料入炉。因此,要求配料既要控制块度又要控制湿度,对于电炉的正常运行,提高电炉生产效率,降低电耗都十分重要。

1-17、黄磷炉渣由哪些成份组成?

黄磷炉渣是电炉生产黄磷的过程中副产的一种碱性渣,炉渣冷却后随着组成不同呈现出灰白色、深灰色、棕色和黑色。炉渣组成主要随原料的组成变化,严格说来凡炉料通过高温化学还原后剩余部分的液、固相的化学物质都为黄磷炉渣的组成物,当然只有少量磷铁残存在渣中,多数磷铁出炉时已被分离开。组成黄磷炉渣的碱金属氧化物有:氧化钙、氧化镁、氧化钾等;酸性氧化物有:二氧化硅、三氧化二铝、五氧化二磷,另外还有少量的硫化钙、碳化钙、磷化钙和三氧化二铁等。

1-18、什么叫酸性渣?什么叫碱性渣?黄磷炉渣属于什么性质渣?

凡炉渣成份中二氧化硅占优势的渣叫酸性渣。炉渣成分中氧化钙占优势的渣叫碱性渣。在制磷的化学还原反应中不希望在酸性炉渣中进行，这是因为酸性炉渣中副反应多，电耗高，对炉衬的腐蚀性大。制磷应在微碱性条件下进行反应，熔融的微碱性渣副反应少，熔点低，还原效率高，渣中五氧化二磷含量低。所以，黄磷炉渣属于碱性渣。但是我们常常将磷渣称之为炉渣酸度，这是一种习惯的叫法，并不是说炉渣是酸性渣，而是指这种渣的碱度比较低。在生产中已把炉渣酸度看成是磷炉渣的一个十分重要的性质，以此控制电炉的正常生产。

1-19、什么叫炉渣酸度?为什么炉渣酸度要控制在 0.8 左右?

在生产实践中，通常都用“酸度”来衡量炉内化学还原反应正常与否的尺度，把“酸度”作为电炉黄磷生产工艺控制的重要指标。

所谓“酸度”，是以炉渣中的二氧化硅和氧化钙重量比值即 SiO_2/CaO (重量比) 的值来表示的。

长期生产实践表明，在电炉黄磷生产中，酸度值应控制在 0.8 左右。这是因为炉料在高温下进行还原反应时，其炉料的熔点决定了炉渣的酸度值。或者说，只有当酸度为 0.8 左右时，才能形成低共熔混合物，即炉料的熔点最低。这可以从 $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系统平衡图清楚地看出，当酸度值稍小或稍大时，熔点变化都十分明显。在 $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 系统平衡图上有两个低共熔点，其中当 $\text{SiO}_2/\text{CaO} = 0.8$ 时，熔点约为 1470°C ，而实际熔点因其它杂质的存在还要降低一些。酸度过大，炉渣量，副反应多，电能消耗多，对炉衬腐蚀性大。酸度过小，熔点高，电炉效率低，副反应也多，对电炉运行极为不利。所以，在实际生产中酸度应作为电炉制磷工艺的重要控制指标，控制在 0.8 左右，这样作，既科学合理又利于生产的正常进行。

1-20、黄磷炉渣和高炉炉渣有什么不同?黄磷炉渣有何使用价值?

黄磷炉渣的形成过程与一般高炉渣相似，只是黄磷炉渣是在电炉的高温过程形成的，它的组成主要是硅酸钙以及其它金属氧化物的熔体，在物理性质方面与高炉炉渣也无大的区别。而作为腐蚀介质的稳定性，黄磷炉渣优于高炉渣，表 1—7 为黄磷炉渣与高炉渣的化学组成。

表 1—7 磷渣和高炉渣化学成份

名称 \ 化学成分	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
黄磷炉渣%	43.15	47.00	1.27	1.13	4.67
高炉渣 1%	40.38	43.36	2.82	1.42	9.02
高炉渣 2%	36.00	43.10	7.52	0.67	13.78

从表 1-7 可看出，黄磷炉渣的 CaO 成份偏高。所以黄磷炉渣基本上属于碱性渣。另一方面由于 SiO₂ 高，Al₂O₃ 低，故活性系数小，属于低活性渣。

根据试验和生产经验表明，黄磷炉渣是水泥生产的良好掺合材料。现已成功用在水泥工业上。根据水泥厂的成本分析，采用磷渣生产水泥(炉渣水泥)，水泥的工厂成本将降低 28%至 35%。

1-21、为什么炉渣的含磷量不能控制得太低？

从生产效益的观点出发，炉渣含磷越少越好，因为生产吨黄磷副产的炉渣量为黄磷产量的 7-10 倍(炉渣量与磷矿石的品位与组成直接相关)。因此，炉渣中含磷量少，磷的损失少，收率也就高。但是，生产实践表明，炉渣含磷量不但与收率有关，而且与产量、电耗以及化料量同样密切相关。随着炉渣含磷量的增加，化料量相应急剧增加，但当炉渣含磷量超过 1%时，化料量不再明显增加。当炉渣含磷量小于 1%时，随着炉渣含磷量增加，化料量增加的速度大于回收率下降速度(见表 1-8)，产量随着炉渣含磷量增加而增加(见表 1-9)，电耗也相应降低。当炉渣含磷量超过 2%或更高时，化料量增加不明显，但回收率出现阶梯下降，产量随炉渣含磷量增加而降低，电消耗量也相应增多。

表 1-8 炉渣含磷量与磷回收率的关系

炉渣含磷量 P ₂ O ₅ %	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0
磷的回收率%	94.5	93.5	92.5	91.4	90.0	88.0

表 1-9 炉渣含磷量对电耗的影响

炉渣含磷量 P ₂ O ₅ %	0.46	0.56	0.89	1.01	1.03
产量吨/日	2.75	2.72	3.085	3.05	2.965

应当指出的是，为什么炉渣含磷量降低而化料量也相应降低，这是因为炉渣含磷量低，焦炭加入量就增多，结果增加了炉料的导电能力，造成电极上抬，炉气温度升高，反应熔池温度降低，出渣困难，电炉易于出现故障而无法正常工作，致使生产能力下降，即化料量下降。同时由于炉内过量焦的出现，便产生多种副反应，生成氧化硅、元素硅、磷化物和碳化物等，副反应产生的这些物质均要消耗电能，从而降低了电炉热效率，使化料能力大大降低。

在电炉内当还原反应越接近平衡时，反应就越难于进行，炉渣含磷越低，反应所需热量就越多，所以电炉的热效率也就越低。一台黄磷电炉焦炭的过量系数应以炉渣的磷含量和炉子化料量两种因素作为考虑的根据。

1-22、磷铁的特性是什么?有何使用价值?

磷铁是铁和磷在高温条件下化合而成的磷铁合金。随着反应条件不同而有多种形态的化合物，如 FeP_2 ， FeP 和 Fe_3Po 。制磷电炉中获得的磷铁是含磷 20-26%、含硅 0.1%—6% 的共生化合物。磷铁在炼钢工业中作为合金剂，但对硅的含量有严格要求。其次还可生产磷酸盐等。

1-23、什么是压强?什么是表压?什么是真空度和绝压?

物体单位表面上所受的力称为压力强度，简称压强。工厂里习惯把压强叫压力，从科学的定义来说，这种叫法是不严密的，我们在使用这个术语时，要特别注意，它不是物体所有表面受力的总和，而是每一单位表面所受的力。例如， 5m^2 的平面上，受到 5kg 的作用力，则此平面所受的压强（压力）为 $5\text{kg}/5\text{cm}^2=1\text{kg}/\text{cm}^2$ 。严格地说，对物体表面所受的力在方向上有规定，是以与表面垂直方向的力为准，如果不是，则要进行换算。

工厂里，法定计量单位中，压力、压强、应力的名称用帕（斯卡），符号用 Pa，面积的名称用平方米，符号用 m^2 ，力的名称用牛（顿），符号用 N，一个标准大气压等于 101325Pa ，一个工程大气压等于 $9.80665 \times 10^4\text{Pa}$ 。

工厂里，开口接通大气的设备，为常压设备，承受的压力为大气压力，压力表的读数 0。受压超过大气压力的设备和物料，压力表的读数只是超过大气压力的那部份数值，这个数值称为表压。而受压低于大气压力的设备和物料，如减压蒸馏塔，压力表指示的是低于大气压力的差值，此值称为真空度。

把设备和物料实际所受到的压力叫做绝对压力，简称绝压。对于受压超过

大气压力的系统，其绝对压力为：

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{大气}} + P_{\text{表}} \dots\dots\dots (1-10)$$

对于受压低于大气压力的系统，则：

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{大气}} - P_{\text{真空}} \dots\dots\dots (1-11)$$

上式中 P 表、P 真空均指压力表的读数，P 大气为受压设备和物料所在地大气压的数值。

1-24、电极水封有何作用?它的结构特点是什么?

黄磷电炉是在微正压(5-20mmH₂O)下进行操作的。操作中，为保持电炉的功率值，需经常升降电极来调节电负荷。为了防止炉气从电极孔中泄出污染操作环境，就必须采用水封密封装置。

目前中、小功率制磷电炉的炉盖密封装置都普遍采用水封结构型式。这种密封装置，是在炉盖上装设水封座，在电极上装设水封筒，借助螺栓吊挂在电极夹持器上，水封筒与电极之间空隙用石棉绳密封压紧。为了便于水封冷却水的排出，在水封上部有溢流槽。槽上安有出水口，下部安有冷却水进口。

电极水封的高度为电极的操作行程加上水封高度。一般取为 1100mm。其内径(D)由电极直径(d)和安装偏差来决定，一般为 $D=d+60-70\text{mm}$ ，即可达到工艺要求。

1-25、电极水封最容易腐蚀是哪个部位?怎样改进?

电极水封最容易腐蚀的部位是距离水封座 200mm 左右的焊缝处，因为此处承受温度高，有磷酸腐蚀介质作用和强大磁场力的作用，可能出现晶间腐蚀、缝隙腐蚀和电偶腐蚀等几种腐蚀同时产生的腐蚀效应。所以水封腐蚀一般都先从这个部位开始。

改进办法: 采用 1 Cr18Ni9Ti 不锈钢做一个内套，焊接在电极水封内壁上。其施工方法为:

- (1) 在电极水封内套加补焊接一节 300mm 左右长的内套，内套的外径要比电极水封内径小一些(2mm 为佳)以便内套放进并便于焊接施工。
- (2) 内套材质选用 1 Cr18Ni9Ti 的不锈钢板，厚度以 6mm 为宜。
- (3) 内套下方焊接不要低于水封法兰，这样才能保证座子的水平度。
- (4) 焊接前应事先对电极水封焊缝进行 X 探伤照片，质量符合要求即可焊接内套。

1-26、铜瓦的作用是什么?几何尺寸如何确定?

铜瓦是二次短网的一部份，通过电极夹持器的作用力，紧触在电极上以传输电流至电极，再导入炉内，所以铜瓦与电极接触要紧固密实。铜瓦的内园与电

极直径应相等，才能保证其接触良好。由

于电极在不断地消耗，铜瓦与电极间的接触经常变动，为防止接触不良而造成增加接触电阻，以至发红，影响使用寿命，故要求铜瓦的内表面加工精度应达到 ∇_{40} 铜瓦下端带有接线板，与导电电缆相联接。

铜瓦的几何尺寸根据铜瓦与电极接触的电流密度值和电极电流值决定的。在材质上，铜瓦应有良好的导电性、导热性和足够的机械强度。一般制造铜瓦都应选用黄铜，因为黄铜的导电导热性能好，机械强度与青铜近似。制造上采用H₈₀，H₆₈两种牌号的黄铜，其性能见表1-10。

表 1-10 H80， H68 黄铜性能

牌号	熔点 (°C)	导热系数 (cal/cm. s. \ °C)	电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
H ₈₀	1000	0.34	0.054
H ₆₈	938	0.28	0.068

二、电气设备和仪表

2-1、什么叫电流?

自由电子(或离子)受到外力(电场力等)的作用,在导体中作规则的定向运动,这种规则移动就形成了电流。

电流用符号“ I ”表示,电流的单位为安培(A)。电炉变压器通称的一次电流,即是通过变压器高压侧的线电流,二次电流也叫工作电流,即是电极上通过的电流。电路的闭合是形成电流的必要条件。

2-2、什么叫电压?

将单位正电荷由高电位移向低电位时,电场力所作的功,称为电位差。这个电位差即为常称的电压,用“ V ”表示。电压是衡量电场作功能力的物理量。在电路中,电压是产生电流的必要条件。即电路两端必须维持一定的电位差,电路中才不断地有电流流过。当把单位正电荷由低电位移向高电位时,电场力所做的功,称为电动势,其单位为伏特。

2-3、什么叫电功率?什么叫功率因数?

电功率是指电流通过导体在单位时间内所做的功叫电功率,又简称为功率,用符号“ P ”表示,单位是瓦特,简称瓦,用符号“ A ”代表电场力或电源力移动电荷所做的功, t 代表时间,则电功率表示式为:

$$P=A/t \dots\dots\dots (2-11)$$

式中: A —电功(焦耳, 公斤一米)

P —电功率(瓦, 千瓦)

T —时间(秒)

$1\text{kW}=1.341\text{HP}=1.36\text{PS}=102\text{kgf}\cdot\text{S}=1000.31\text{J/S}$ 功率因数就是有功功率与视在功率的比值,以 $\text{Cos}\Phi$ 表示。

变压器是黄磷电炉的主要设备,它的功率因数常常是与负荷的性质和运行情况有关。因此,变压器的额定容量一般是用额定视在功率(千伏安)来表示的。例如某一台黄磷电炉变压器为 2000kVA ,就是指定的视在功率。

2-4、什么叫变压器的额定温升?

变压器内上层油面的温度与变压器周围空气的温度之差，称为变压器的温升。每台变压器的铭牌上，都规定了该台变压器温升的限值。根据国家标准对电力变压器规定，当变压器安装地点的海拔高度不超过一千米时，绕组温升的限值为 65°C ，上层油面温升的限值为 55°C ，同时，变压器周围的空气最低温度不低于 -30°C ，最高温度不超过 $+40^{\circ}\text{C}$ 。因此，变压器在运行时，上层油面的最高温度不应超过：

$55^{\circ}\text{C} + 40^{\circ}\text{C} = 95^{\circ}\text{C}$ ，应当指出这是指夏季而言，但是在生产实际中，为了使变压器油温不致于迅速老化起见，在正常情况下，上层油温不应超过 $+85^{\circ}\text{C}$ ，因此，实际上一般都运行于 $+85^{\circ}\text{C}$ 以下，以避免加快变压器的绝缘的老化，延长变压器的使用寿命。

2-5、黄磷电炉变压器的运行维护应注意哪些事项？

为了保证黄磷电炉变压器能安全可靠运行，当变压器在运行中出现异常情况时，应及时发现，及时处理，将事故消除在萌芽状态。配电人员应调整好三相电极工作电流，注意监视仪表指示，做好运行记录，并且定期对变压器及高、低压配电设备进行巡视检查，并在记录上注明运行状况。大家知道，当变压器投入运行，标志着整个黄磷电炉设备的投入运行，因此，应按以下各条件进行运行维护。

(1) 调整好三相电极的功率平衡，按规定负荷条件控制三个电流表指示值，使之接近工艺规定值。电流波动不得超过 3-5%，三相平衡度应小于 5%。三相电压表指示值应达到平衡或接近平衡。

(2) 应经常将有效相电压表指示值与正常情况作比较，及时分析发现问题，相电压值反应低压绝缘状况。

(3) 合油开关时，电极应适当提高一些位置，不得过负荷合闸。跳闸前应将三相电极注明位置记号。

(4) 按原始记录要求，按时填明仪表指示数值：高、低压电流、电压，对地电压，变压器油温，室温，功率因数和功率等。

(5) 应作好巡回检查，在交接班时双方应会同检查一次，检查内容包括：高压进线是否正常，出线头有无漏油现象，高压隔离开关，油开关等是否正常，断路器油位是否正常，有无渗漏情况。

(6) 变压器的电磁“嗡嗡”声与以往比较，有无异常现象，例如声音是否增大，有无其他新的响声等，如放电声，气泡声等，并注意有无焦臭气味。

(7) 箱盖上的绝缘部件，例如出线套管，低压引线，胶木板表面是否清洁，有无破损裂纹及放电痕迹不正常现象。

(8) 油冷却系统的运转情况是否正常，强油水冷系统泵运转是否正常，油压与水压数值是否正常，出水中有无油迹等。

(9) 变压器油每三个月取样作耐压试验一次，一年作一次化学分析。

(10) 仪表部份运行是否正常。

变压器正常运行维护，除了上述各项外，一般还有黄磷电炉变电设备的小、中、大修。根据电炉的容量大小等因素来决定。

2-6、黄磷电炉变压器常用强油循环装置的特点是什么?操作程序是什么?

黄磷电炉变压器的冷却，有油循环自然冷却和强迫油循环水冷却两种方式。小容量黄磷电炉多采用前种方式，一般容量 3000kVA 以上的变压器均采用后种方式，这样可以提高变压器功率，可长时期满负荷运行。

油泵从变压器上部抽出热油，送去水冷却，冷却后的油，仍在泵的压力下，打至变压器底部，再次对变压器铁芯及绕组进行冷却。冷油吸热后又上升到顶部，重复上述循环。

在冷却器内部，热油则应由一般不高于 25℃ 冷却水来降温。由于油的流动是靠油泵的强迫循环，冷却介质是水，故称这种冷却方式为强油循环水冷却。’

冷却器的型式有多种，但一般采用的结构是一钢筒体的密封容器，器壳外附有池及水的进出口法兰，，都装有阀门，可供启闭及调节流量，压力之用。冷却管系黄铜排管均匀垂直密布在容器中。在装配冷却器时，器内必须严格保证水路与油路不渗漏。这是因为，即使少量水分进入油内，也会使油的绝缘强度急剧降低而危及变压器的安全运行。

为保证安全，强油水冷装置的操作过程和维护注意事项：

(1) 启动时先启动油泵，后开冷却水。停炉时则先停油泵，后停冷却水。

(2) 磷炉在送电前，先开启冷却水，停电后，才停冷却水。

(3) 应保持油的压力大于水的压力，如系统有渗漏时，只能油进入水内，通

过排放出水面的油痕，即可查出检修。

(4)水及水的压力表，温度计和流量计要配齐，及时作原始记录，严格进行交接班。

2-7、为什么应尽量减少变压器跳闸次数？

变压器跳闸时，瞬间电流有时会达到额定电流的6—7倍，它在变压器线圈内产生极大的电动力，次数多了会造成绕圈变形和绝缘被损坏。跳闸时，磁通很快消失，匝数较多的高压线圈会感生极高的电压，使绝缘虚弱处有被击穿的危险，因此要尽量减少变压器跳闸次数。

2-8、为什么要尽量避免两相通电？

两相通电除因炉子出事故不得已而采取的措施外，正常情况下应尽量避免和禁止的。一因为两相通电时，特别是两相通电又维持原电流大小时。在变压器付边线圈中，各项电流不平衡，这种情况会使某一项线圈中通过的电流进一步增大，则此线圈过载也更大了。如果经常这样两相运行，会使线圈过分发热，绝缘过早老化，变压器寿命缩短。同时由于电流加大，电动力也加大，对线圈的机械强度也有不利影响。此外，大负荷电炉变压器的两相通电使用，对电网也是非常不利的。因此，不应该较长时间采用两相通电。

2-9、两台电炉变压器并联运行的条件是什么？

当两台三相电炉变压器并联运行向一台电炉供电时应具备以下条件：

1. 两台电炉变压器的接线组别应相同，即两台变压器付边电压对原边电压的电位差彼此要相等。

2. 在允许偏差内两台变压器各自的电压比要相等，组别相同。并联运行后，在无载负荷情况下，各自的二次线圈不产生循环电流，只有原边的空载电流。

3. 在允许的偏差范围内，两台变压器的阻抗电压百分值要求相等。而且两台并联的变压器之间，负载分配均匀合理。

两台变压器必须具备以上条件才能允许并联运行。

2-10、什么叫短网？在配置上有什么特点？

从变压器低压出线端至炉子电极的二次母线段总称短网。它是由馈电母线、软母线和电极等部份组成。短网是将低电压、强电流的电能输送至电炉进行作功的桥梁。为使短网能将来自电网的电能量最有效地输入电炉，短网的配置应满足下列要求：

(1)为减少电压降及有功损耗，要求阻抗愈小愈好。

(2)电抗要求愈小愈好，以减少无功损耗，提高功率因数。

(3)为提高电炉效率，要求尽量使每相的阻抗值和负荷分配达到平衡，减少或克服强电流带来的不利作用。

(4)应尽量减少温度和铁磁性材料，以免对短网阻抗值带来影响。

(5)可挠母线配置应有足够的长度，以适应电极升降要求。

(6)保证良好的绝缘性能和电动稳定性，以保证其安全运行。

另外短网的配套方式应综合考虑下列因素：

(1)首先应考虑电炉的形状和功率负荷。在配置时不但应注意炉形(国内均为园形)而且要注意电极的排列位置。一般地讲。电炉功率越大，短网配置越严格，配置技术问题越复杂。

(2)需根据二次电压的大小，匝数多少以及相应的电流强度来决定短网绝缘，载流体截面和电气联接的依据，对于炉顶的物理化学状态和生产操作的要求以及短网穿过电炉所受热力学作用的程度，‘炉气对短网的腐蚀特性，电极上下行程的控制，母线的联接等都应予以综合考虑。

(3)电极使用尺寸和根数，一般 3150kVA 以下的电炉都是采用 $\Phi 400$ 的石墨电极，大功率电炉采用自焙电极。电极数量一般为三根，大功率电炉取 3—6 根，但过多的电极亦会导致短网配置的复杂化。

(4)选择短网配置时，应首先考虑电炉的功率和变压器台数(单相或三相)，功率调节和厂房布置以及变压器安装位置等因素。为缩短短网长度，应使变压器尽量靠近炉体，应使变压器的出线中心与短母线在同一标高上，以保证结构紧凑。

2-11、短网一般多大电流密度合适？

短网的一般电流密度常用值确定如下：

(1)馈电母线的电流密度

铜排 1. 2—1. 5 A/ mm²

铝排 0. 6—0. 8A/ mm²

铜管 3—5A/mm²

铝管 2—3 A/ mm²

软母线 1—1. 5A/ mm²

铜与铜的接触面 12 —15 A/ mm²

铜瓦与电极接触面 $5.5A/mm^2$

铜瓦与自焙电极 $2A/mm^2$

电极电流密度 $4-6A/mm^2$

2-12、什么叫二次配电设备和二次回路?如何分类?

大家知道,当变压器与配电装置在运行过程中,由于受机械力作用,电磁力、热效应、化学腐蚀、绝缘老化以及过电压过负荷等原因,往往会产生各种各样的故障。在生产中如不及时排除这些故障,轻则影响正常生产,重则使设备受到损坏,人员伤亡和生产停顿等重大事故。为了保证一次设备的正常工作,便于监视和管理该设备的安全经济运行,就要采用一系列的辅助电器设备,这些设备统称二次配电设备,这些设备包括短网及测量仪表如:继电器,保护电器,开关控制和信号设备以及操作电源装置。二次配电设备之间的电器联接,称为二次回路,按二次回路的用途可分为仪表回路,继电保护回路,信号回路,开关控制回路和电源回路等五大二次回路。

在二次线路的安装工作中,为便于查对回路和寻找故障的方便,按二次回路电源性质分交流电流回路,交流电压回路和直流回路三大回路。

所谓交流电流回路就是由交流互感器二次侧供电的全部回路。电压回路就是电压互感器二次侧供电的全部回路。以上两种分类法,在实际生产中都结合在一起使用。

2-13、什么叫高压隔离开关?有何作用?有什么要求?

高压隔离开关又叫“高压闸刀”,它的主要用途是在检修电炉设备时,用来隔开高压电源与设备之间的电路。隔离开关断开后,具有明显可见的空气间隔,以保证检修工作的安全。由于隔离开关没有灭弧装置,所以它不能切断负荷电流,否则,接触刀片和固定触头之间会产生电弧使闸刀熔化,并极易造成相间及对地短路而发生事故。因此隔离开关接通和切断只能在油开关或空气断路器断开后,即只有在无负荷时进行。隔离开关按安装地点分户外和户内形式,按结构有三极联动和单极之分。在运行时,要求耐压合格,接触压力适当,操作机构使闸刀张开角度合适,动作灵活。

在选用时,应参阅有关手册,使其技术数据,如额定电压及额定电流等值,达到使用要求。

2-14、什么是油开关?运行时有哪些要求?

油开关又称高压断路器,其作用是切断负荷电流,过负荷电流及短路电流,因它断开后,间隔不能见到,必须与隔离开关配合使用。现在一般多采用“少油式断路器”,内部装有绝缘油和灭弧设备,两者配合以保证断开负荷电流时所形成的电弧能够熄灭,由于切断负荷电流,会产生较大的瞬间电流形成强大的电动力,所以壳体制造要坚固牢实。

每当动作灭弧之后,均可造成部份油分解,产生炭黑及油泥,次数多后,会影响甚至完全消失灭弧能力,故应作好动作记录和定期检修,清洗换油,损坏严重的要更换触头,如长期不检修,不能灭弧时,内部压力一旦过大,有可能造成爆炸的危险。

检修后要求耐压合格,油量合适,行程适当,动作灵活及继电保护可靠。

2-15、怎样操作隔离开关和油开关?

操作程序是:送电时先合隔离开关,后合油开关,停电时先拉油开关,后拉隔离开关。送停电程序切勿颠倒,否则会造成设备入身事故。应该指出的是无论用手动传动机构或绝缘棒操作时,都必须迅速果断。合闸后应检查刀片是否完全进入固定接触片之内,接触是否严密。合闸时,如果发生电弧,不得将刀闸再行拉开。在拉开隔离开关时,应首先检查断路器确已断开,才进行操作。如果当刀片离开触头的一瞬间有电弧产生,应迅速果断重新合闸,可消灭电弧,避免事故。但刀片如已全部拉开,则不许再行合上,这时应当判明电弧产生的原因,进行处理。

隔离开关在断开位置时,接触刀片应与固定触头保持适当距离。

2-16、什么叫电压互感器?有什么特点?

电压互感器是按变压器原理制成的,其容量特别小、变比等级高的配电装置,专门供测量和保护用的重要设备。

常用的电压互感器是按电磁感应原理制成的,根据电磁感应定律,如已知互感器变比 K_n ,则由仪表指示电压 U_2 ,就可测量电网进线电压 U_1 值。

$$U_1 = K_n U_2 \dots \dots \dots (2-24)$$

它的符号是 P、T。

电压互感器初级绕组接高压电源，它的次级绕组接仪表及继电器。这样的好处，一是安全可靠，二是仪表可做到小巧，并且电压等级都是 100 伏的。一般电压互感器都用三相三线制，即高压进三线，低压出三线。但也可用两只单相的，按一种特殊接法(V 字接法)供三相电源及负荷之用。

为保证安全运用起见，在高压侧每相都附装有保险器，有的低压侧也装有，以保证操作人员接触仪表的安全。

2-17、什么叫电流互感器?有什么特点?

电流互感器亦称“变流器”，其代表符号是 C, T, 同样是按电磁感应原理制成的，它相当于一个升压器，但其原理却是串联于电路中，靠线路中的少量电压降，加在原边的两端，经过它而升压降流。电流互感器原边匝数少，付边匝数较多，一次电流小于 50 安的电流互感器的原边绕组，通常只有几匝线圈，而一次电流超过 500 安的电流互感器，原边绕组通常只是一根穿过铁心窗孔的条形导体。所以电流互感器只能串联使用，决不可与线路相并联，这一点与电压互感器的运行不同。

电流互感器的原边电流仅取决于线路负载电流，与付边电流无关。一般来说，原边电流大于付边电流很多倍。如当付边开路时，原边电流的激磁磁势将失去付边的电流产生磁势的平衡，而导致铁芯损耗和温度剧增；且在付边绕组上感应出很高电压，危及仪表和操作人员安全，故电流互感器的付边绕组电路，无论在任何情况下都不允许开路。在把仪表从电流互感器拆除前，必须把付绕组短接良好。

电流互感器一般做成单相的，在工程上每相配一支电流互感器，以供三相仪表使用。

2-18、仪表表面上各种符号代表什么?

交流电度表一般都是电磁式的。直流电、表一般是磁电式，交直流电表一般是电动式。表面其他符号：2.5 表示精密度 2.5 级；→或Π表示仪表在工作时要水平放置；⊥或↑表示垂直放置；—表示只用于直流；—表示只用于交流；—表示交直流两用；2kv 表示经 2 千伏耐压试验，k—A，如 $I_k A = 1000$ 安；M 一兆，如 $1 M \Omega = 1, 000, 000$ 欧姆；m—毫，如 $1 mA = 0. 001$ 安。

2-19、什么叫交流电压表?怎样由表读数推算一次电压值?

交流电压表是专供测量交流电压的仪表，表内有电压线圈

一个，由其两端引出于表后为两个接线压头，并联于两相线上，以测其线电压。由于线圈内电流的作用引起指针偏，移，指示出电压读数。

三相线路测量线电压(A-B, A-C, B-C)，需用三只表，为节省起见有的也只接入一只“电压换相开关”，轮流观察电压，这样只需用一只表即可，但是，不能同时测量三相电压值的变动情况。

2000kVA 以下电炉的工作电压在 180 伏以下，故常用表面为 0—250 伏的表。3150kVA 电炉的工作电压在 215 伏以下，故常用表面为 0—350 伏的表。

高压电压需在电压互感器次级之间安装电压表常用表面为 0—150 伏的表。应该注意的是，应按表面读数乘上电压互感器的变比，才是真正的高压值。例如：电压互感器为 6000/100 伏的表面，读数是 100 伏，则实际高压值= $100 \times 6000/100=6000$ 伏。

2-20、什么叫交流电流表?代表符号是什么?

专供测量交流电流用的仪表，叫交流电流表，也称安培表。表内有电流线圈一个，其两端引出表后为两个接线头，串联于电流互感器的次级回路内，以测量那一相流过的线电流，它的测量原理是由于线圈内电流的作用，引起了指针偏移，指示出电流读数。

国产 ITI-A 型交流电流表(图略)，“A”表示电流表，一表示交流电，1.5 表示精确度为 1.5 级，GB776-65 表示根据国家标准 GB776—65 规定的技术条件制造的。其余符号从略。

应该注意的是，有的仪表盘面还注有所用互感器的变比，按规定配用互感器后，可用表面指针直接读数。ITI-A 交流电表，电流额定值为 1、2、3、5、10、20、30、50、75、100、150、200A，仪表准确度 1—50 安的为 1.5 级，其余为 2.5 级。

选用电流表时，其量程要选得合适，一般为负荷电流的 1.5—2 倍。在设计中为了减少电流互感器和仪表备件，一般都选用 0—5 安表面的仪表，而不受表面规定变比配用的电流互感器限制。使用时，按指针读数乘以电流互感器变比，就是负荷电流值。

2-21、什么叫功率表?代表符号是什么?

功率表是用以测量瞬时功率的仪表，故也叫瓦特表，或千瓦表。功率表不象电度表具有计度积算机构，它是指针显示瞬时功率值。表面刻度按千瓦数(或瓦)刻度的。电炉上所用千瓦表为三相表来测量电炉瞬时功率用的。表内也设有电流线圈及电压线圈，其结构与电度表相回，通过表的指针指过读出有功功率千瓦值。

普通功率表的表面是按额定电流、额定电压及 $\cos \Phi=1$ 的情况下进行刻度的。因此，不但可以测量三相电路的有功功率，且只须改变有功功率表的接线方式，即可以测量无功功率。

2-22、什么叫三相三线交流电度表？

三相三线交流电度表又叫两元件电度表，实际上是由两只单相电度表组合在一起而成的。其原理与用“二瓦特表法”来测量三相电功率相似。在三相四线制电路中，则应采用三元件电度表来测量三相电能。

电度表有直接接入线路和通过互感器接入两种接线方式，按测量电能的不同，分为有功电度表和无功电度表。

黄磷电炉设备上，都是使用通过互感器接入的三相三线有功电度表来记录电能消耗。它的内部有两个按“V”形接法的电压线圈，引出三个电压端头，分别接电压互感器次级 A, B, C 三相，另有两个电流线圈引出四个电流端头，接入 A, C 相电流互感器次级。接线时三相相序及电流极性不能接错。

2-23、什么叫功率因数表？

功率因数表是供测量瞬时功率因数用的。又叫力率或相位表，功率因数表在结构原理上与功率表相似，只不过它是按照 $\cos \Phi = P/IV$ 的特点制成的。开关板式功率因数表也多做成铁磁电动系的结构。表内设有用来产生反作用力矩的弹簧，表计没有接入电路时，指示器在随意位置上。当接入电路后 $\cos \Phi=1$ 时，指示器在表面正中位置上，当电流的相位越前时电压指向左侧，电流滞后时指向右侧。电炉多是感性负载，功率因数多是滞后的。

2-24、电度表怎样读数？

电度表盘上一般有 5—6 个小格子，格子里有数字表示读数，在第四格后面是红格，表示其读数是小数，最后一格是短横。

表盘的格子里的读数是否就是用电的度数呢?不是的,这是因为黄磷电炉和其它矿热炉一样,电度表往往和电流、电压互感器配合使用。功率按一定比例,通过电流、电压互感器反应到电度表的。当表盘上注明了所配合的互感器的变比值时(实际用时也按比值配用了互感器),则表盘上读数即是电度数。如果表盘上没有说明所配互感器,则读数应乘以实际使用的电流、电压互感器变比才是实际电度数。例如:使用的电流互感器变比为 600/5 安,电压互感器变比为 6000/100 伏,电度表上读数为 1013.5,则实际电度数应为: $1013.5 \times 600/5 \times 6000/100 = 1013.5 \times 7200 = 729.72$ (万度)

有时,电度表表盘上还标明了倍率(如倍率 4),则读数时,在乘过电压和电流互感器的变比之后,还应再乘上倍率才是真正的电度数。

三、黄磷电炉的砌筑和操作管理

3-1、上电极和放电极的操作注意事项是什么？

电极是二次母线的薄弱部份，传导着低电压、大电流的电能。电炉电流大小的调节是借助电极的升降来进行的。由此可见，三相电极在炉内的活动状况直接影响电炉的正常运行。在操作中，随着炉内化学反应的进行，电极每时每刻都处于不断的消耗之中。如果当电极夹头靠近电极上端不足 200mm 时，要加接一根新电极，这一操作称为上电极。当电极夹头在出渣前距水封不足 700-750mm 时，应将电极夹头向上移动，这种操作叫做放电极。

1、上电极的注意事项：

(1) 准备好手动或电动葫芦，将电极吊起并移至电极孔处慢慢下降。

(2) 接头铁螺丝必须拧牢，确保电极不会脱落时才能起吊。

(3) 切断电源，清扫电极和电极夹头的灰尘。

(4) 操作人员在平台上要站稳，拧接电极时要上下相互联系，开葫芦和拧电极人员要协同动作，用力不可过猛，到最后半圈时要采用专用工具用力将电极拧紧。

(5) 要防止碰伤和工作服、手套被设备挂住。

2、放电极注意事项：

(1) 切断电源，用最快动作清扫夹头、铜瓦灰尘。

(2) 用固定扳手先将电极夹头稍许松开，然后将夹头上提 200mm 左右，再迅速将夹头拧紧。

(3) 合闸送电正常运行。

3-2、电炉操作时怎样避免触电事故？

黄磷电炉在运行中，短网上的电压都成倍的超过了安全电压值，对入体十分有害，炉子功率越大，超过安全电压值越大，危及入体的危害性也更大。因此，操作时人体要避免直接接触短网。更要避免两相直接接触短网线路上的各个设备，做到严格遵守安全操作规程。

3-3、为什么要烘炉？怎样烘炉？

新建造或大修完毕的电炉在投产之前都应根据电炉砌筑材质或大修更换炉衬的情况进行烘炉。烘炉是开炉前期的一项重要工作，烘炉好坏是直接影响一台电炉寿命长短和投产后的效益。需要烘炉的原因是：

(1) 通过烘炉可除掉炉衬、炉盖衬料带入炉内的水份，使炉衬开炉前保持干燥良好状态。

(2) 经过烘炉可烧结碳砖缝中的电极糊，使其固化结实成为一个整体炉衬。

(3) 提高炉衬温度，使炉衬温度能达到适应投料后炉料熔融所产生的高温熔池温度。

烘炉时应作好以下工作：

(1) 柴烘和电烘之前都应制订出烘炉升温曲线图和编制升温进度表。

(2) 柴烘炉前对电炉本体和衬里进行一次质量检查。在出渣口周围应盖好耐火砖，保护好出渣口周围的电极糊不致外流形成空洞。

(3) 全部料管应安好盲板，导气管也同样用盲板盲死，以防炉气通过导气管进入冷凝系统发生爆鸣，同时可避免飞尘堵死导气管和加料管。

(4) 在烘炉进行之前除绘出烘炉升温曲线外，还应按不同情况(新建或大修)编写好烘炉规程。

(5) 烘炉之前应对温度计量仪表进行全面检查，如设置是否得当，计量是否准确等。

3-4、烘炉分几个阶段?如何进行?

一台新炉或大修完毕的电炉，都应经过柴烘和电烘两个阶段。

1、柴烘炉的操作条件是：

(1) 炉盖除留二个开孔外，其余各孔均应封闭，以保持环境操作的清洁，并可减少热量的损失。

(2) 严格按照升温曲线进行升温，要稳定而勤加木柴，测温点应装在中心料管出口处，测温点应深入炉内保持 500mm 位置为宜。

(3) 炉内火焰保持不要熄灭，大小适中，以防产生爆炸。

(4) 木柴由三个电极孔轮流加入，视炉内温度高低轮换关闭电极孔来调节炉内燃烧速度。

(5) 勤观察排出的烟气状态。如烟发黑，则说明氧气不足，则应打开各炉孔调节进气(空气)量，加快燃烧速度，提高炉温。如排出烟气呈黄色，应控制缓慢

升温，柴烘炉最高温度可控制在 500℃左右，其升温速度见表 3-5。

表 3-5

温度控制	升温速度	时间
在 150℃ 以前	上升 10±5℃/小时	13 小时
维持 150℃		58 小时
150—350℃	上升 10℃/小时	20 小时
维持 350℃		80 小时
350—500℃	5℃/小时	30 小时
维持 500℃		116 小时
500—350	下降 15℃/小时	10 小时
350—150	下降 10℃/小时	20 小时
150—室温	自然冷却	

2、电烘炉的操作条件是：

(1) 木柴烘炉后将炉内柴灰打扫干净，仔细检查电极糊烧结和流失情况，如有流失的地方必须及时修补。

(2) 按计算量加入冶金用焦炭(2000—3000kVA 电炉焦炭加入量控制在 650—750kg)，并均匀地在炉底上堆成一定厚度(约 40cm)的焦炭层。

(3) 为防止电弧冲散焦炭垫层，可在三根电极下端砌上两层耐火砖(硅质耐火砖)，同时将三根电极下降使电极直接接触到焦炭，然后将水封罩注上记号。

(4) 检查短网各接触处是否接触紧密。要注意把短网上的因柴烘炉飞物和粘附的灰尘清扫干净。

(5) 盲死每根加料管，堵好出渣口，使电炉与精制系统形成通路。若有条件可向电炉内通入氮气和二氧化碳气。冷凝系统通入水蒸汽以置换空气。然后在总水封出口管取样分析，气体中含氧气量小于 4%时，可开始送电烘炉。通电时炉内必须保持正压。

(6) 对电气设备(包括高低压设备)进行全面检查，要求低压设备绝缘电阻不得小于 0.4 兆欧。

(7) 用焦炭末、木屑拌合一定数量黄泥将出渣口封闭。

(8) 检查电极水封、电极夹头是否漏水。测量水封座绝缘符合标准后(或用电焊机试水封绝缘层不打火花为止)即可送电。

(9) 电炉经水洗塔到总水封保持为一通路，将总水封用水封闭，关闭放磷阀门。

(10) 往受磷槽放水至规定深度，并用蒸汽加热至 60—70℃。

(11) 电烘炉时最好采用最低一级电压，功率也要慢慢增加。当电压表有电压指示后再降三相电极。在送电过程中可用两相或三相同时送电，但二相送电时间不宜过长、电流不宜过大，以保持炉内温度均匀上升，促使电极糊挥发缓慢逸出，达到进一步固化。

(12) 通电烘炉，应尽量避免停电，以免冷空气进入系统发生爆炸。应尽量避免温度上升过快，以免因温度太高引起炭砖氧化。同时炉温上升过快还会使炉壁胀裂，导致投产后熔融磷铁进入裂缝而影响电炉寿命。此时，可采取减电或间断停电。

(13) 电烘炉时间，一般为 3—4 天，新建电炉可适当延长时间。大、中修电炉则视炉衬检修情况决定，但一般也不应少于 3 天。具体烘炉速度见表 3-6。

表 3-6 电炉烘炉速度

电流(有电流指示)	时间
10 安培	24 小时(炉气温度以 350℃为准)
	24 小时
15—20 安培	24 小时
20—40 安培	24 小时

(14) 电烘炉注意事项：

① 为防止炉衬炭砖在烘炉过程中氧化，应在通电前将炉膛炭砖用石灰浆粉刷一次。

② 所有盲板处均用黄泥密封，以防漏气而发生爆炸。

③ 控制好总水封水位，始终保持系统正压。

④ 电烘炉过程中，继续往受磷槽中通蒸汽加温，使水温保持在 60—70℃，以免产生负压。

⑤ 电烘炉完毕即可使系统转入开车投料。

3-5、出渣前应做好哪些准备工作？

出渣口是电炉炉壁最薄弱部分，其使用寿命除与安装质量有关外，正确的出炉维护仍是不可忽视的。因此在出炉前应做好以下准备工作：

①清理渣坑杂物，整理平顺，不应在大量炉渣从炉内流出时才清理渣坑，以防万一跑渣烫伤。

②磷铁坑的磷铁，冷却完全凝固后应及时清理干净，及早做好下一炉的准备工作。

③出炉用的各种工、器具如铁锤、钢钎等应事先作好准备。

④堵炉眼用的“泥膏”要预先调配完好，泥包架应摆在顺手位置。

⑤出渣地面必须保持干燥。

⑥工作人员要戴好安全帽等防护用品。

3-6、为什么炉渣流到潮湿地面上要发生爆炸？

当熔融的高温炉渣流在潮湿地坪上时要发生爆炸，这是因为水份立即蒸发成气体，而且体积膨胀约 1500 倍，由于被炉渣覆盖，水蒸汽无法排出而产生爆炸。

3-7、出渣和堵渣口时应怎样操作？

(1) 出渣时应与配电和维护操作人员取得联系、检查电极下降长度是否够。

(2) 疏通渣口时，不要正对渣口，以防烧伤。

(3) 炉渣流量不要过大，以防止磷铁爆炸伤人。炉前人员应尽量站在安全地方。

(4) 渣流完不要用钢钎过猛疏通炉膛，防止碰到电极发生意外。

(5) 堵渣口时要两人合作，操作人员不能面对着渣口，以防万一炉内“打炮”冲击伤人。

(6) 炉前操作人员要戴好安全帽等防护用品。

3-8、电极水封接地怎样处理？如何防止？

(1) 及时停电取出和更换新的细丝、云母管和云母垫子。

(2) 没有备件时，可根据具体情况进行局部通风，降低炉盖温度。

(3) 疏通导气管压力，检查炉内反应情况。

(4) 安装新水封时，绝缘装置要达到绝缘要求标准。

(5) 勤打扫水封法兰的清洁卫生，防止电极水封满水溢出现象。

3-9、出渣困难是什么原因?如何防止?

1、在生产中造成出渣困难的原因是很多的但主要原因有：

- (1) 出渣口没有堵好，或炉口积有凝固的磷铁或炉渣。
- (2) 功率太小，炉墙挂料层太厚导致炉壁温度太低。
- (3) 焦炭粒度大或过多，电极上抬，致使炉底温度降低。
- (4) 炉渣酸度过低；熔点上升，粘度增加，炉渣流动性变小。
- (5) 炉内结瘤，造成三相功率不平衡，弱相炉渣少，炉底温度低。
- (6) 配料不准，混料不匀，在炉内有的区域焦炭过量，有的缺炭。过剩炭没有及时排出。

2、预防措施：

- (1) 出渣时通出炉内积存的过剩焦炭，增大反应的炉渣电阻。
- (2) 配料准确，混料要均匀。
- (3) 焦炭粒度要满足工艺条件要求。
- (4) 勤分析炉渣，及时改变配料比例。
- (5) 电炉应尽量作到满负荷运行，电流电压比值选择适宜。
- (6) 适当降低炉料中焦炭的比例。

3-10、如何停炉？停炉前后应作好哪些工作？

电炉经长时期运行之后，会出现不同程度的损坏。为恢复其生产能力，必须对电炉进行大修、中修或小修，这种停电操作叫停炉。停炉分停炉前的准备工作和停炉后的操作。

1、停炉前的准备工作：

(1) 停炉前 72 小时应更改炉料配比，酌情减少焦炭 2—4kg，进行洗炉，减少炉内挂料。

(2) 停炉前 24 小时各料管装上盲板停止加料。如炉气温度升高很快，或导气管发红，应及时出渣。

(3) 若炉内还有一定数量熔渣时，还可送电，进行出渣。若炉内熔料基本排尽，即可停炉。

2、停炉后的操作：

(1) 停炉后应立即将三根电极提出炉膛悬空，24 小时内将三根电极全部取出，堆放至规定地点。

(2) 电极起吊完毕应立即拆除全部水封。

(3) 往精制系统通蒸汽排出塔系统中的 CO。

(4) 在保证炉温缓慢冷却的前提下可开始清理炉内余渣。在停炉期间，必须注意炉内温度下降不要太快，太快容易引起炉衬的破坏而造成损失。

3-11、黄磷电炉为什么要在正压下操作？

黄磷电炉是封闭式电炉，而且炉衬厚，炉膛深，容纳的炉料多。电炉的反应是在电极下部端头的熔池中进行的，化学还原反应所产生的一氧化碳、元素磷和硫的化合物等气相物质从炉底的化学反应区域通过料层向炉顶部扩散。生产一吨黄磷大约气相产物可高达 3000Nm³，使炉内的压力大于大气压力，所以电炉是在正压下操作的。但是，为了有利电炉的还原反应的进行，一般要求控制在 5—10mm 水柱的微正压条件下为最宜。电炉绝对禁止在负压下操作，否则会吸入空气引起爆炸事故。所以压力是电炉的重要控制条件。

3-12、什么叫短路？电炉在运行中如何避免短路？

正常情况下，电源是从正极经过导线负载再由另一导线回到电源。如果由于某种原因，两根导线直接相碰，并伴有电弧产生，此种现象叫短路。短路产生的电弧，最高温度可达 3500℃ 以上，故凡出现在短网部位的短路，往往都会被高温电弧熔化烧坏，严重的会危及电炉的正常运行。为克服短路的情况发生，一般应作到：

(1) 电炉变压器的铁芯在生产前应按规定程序进行烘干，加强间层绝缘厚度和绝缘质量。

(2) 定期清扫短网，严禁金属、焦炭等导电物质散落到短网上。

(3) 相间绝缘材料大修时应酌情更换。

(4) 电炉操作人员应注意工具和人体不要碰接两相。

(5) 在炉盖上工作和用电烧炉眼的操作中，必须穿戴好绝缘用品。

(6) 在炉盖上使用绝缘工具操作时，要严格监视是否按安全技术规程操作。

3-13、电极位置偏移不对称对电炉生产有何影响？怎样消除？

电极间的距离和电极与炉壁之间的距离，都是在实践经济的基础上进行计算后加以确定。电极位置正常与否，往往是电炉正常运行的重要标志之一

无论是安装还是操作上的原因，而造成电极偏离中心，都会影响极尖电压，降低熔池功率。由于电极端头靠向炉壁，炉壁与电极之间回路电流增大，炉壁温度增高会使衬里受到损坏，缩短电炉寿命。当电极偏离中心歪斜而带负荷运行时，电极因受炉料冲击力而容易断裂，甚至被迫停炉。所以在安装和维护以及调整电炉时，要注意电极位置。

电极位置偏移中心应从以下两个方面予以调整：

(1) 及时调整配料比例，适当减少焦炭粒度，也可视情况向炉内加入焦比少的炉料以消除炉内过剩焦。

(2) 严重时应闸死配料管减薄料层，慢慢地调正电极位置。

3-14、为什么出渣时炉内要保持一定量的磷铁？

出渣时在炉内保持一定量的磷铁，对保护炉底是有好处的。这可以从炉内的电路分布特点加以说明。大家知道，黄磷电炉的电路分布是比较复杂的，三根电极之间的电流回路是通过各种介质通路形成的。其中有通过料层，电弧段，富集焦炭层，熔融料层和磷铁层，形成多种电流回路。磷铁层的电流回路是在磷铁与炭砖中流过，磷铁和炭砖衬里的比电阻很小(与融炉料比)，所以当电流通过磷铁层和炭砖层时，电能的损耗很小，因而在磷铁层放出的热能也就很少，对保护炉底不受侵蚀有较好的作用。

3-15、电极上抬是何原因？知何排除？

电极位置上抬无法深入炉膛熔池是电炉不能正常运行的征兆之一。这种情况造成出渣周期混乱，电炉无法正常排渣，出现这种状况的主要原有：

(1) 焦炭粒度过大，减小了反应接触面积，使还原反应不能完全进行，未参加反应的剩余焦炭在炉内积存，在电极端头下部形成焦炭过剩富集区，使其导电能力大大增加，致使电极位置上移。

(2) 电极升降装置出现故障，电极不能向下顺行。

(3) 出渣困难或因电炉出现故障，使出渣周期延长。钳塌熔池高度增加，也会出现电极位置上移。

(4) 炉料配比中焦量过高，使炉料比电阻过分减小。

(5) 炉内炉渣和磷铁积存过多。

(6) 炉内结瘤。

(7) 炉内挂料层太厚。

排除时必须注意以下几点：

①减小焦炭粒度，增加焦炭的比表面积，以使还原反应在良好的炉料条件下进行，电极能深入熔池。应当指出的是减小焦炭粒度不仅能减少电极消耗，同时也能减轻对炉衬碳素材料的腐蚀。

②定期检修电极升降装置，做到计划修理和维护。

③炉料焦比适当降低，混料均匀，出渣时常疏通积存的过剩焦炭。

④焦炭粒度按工艺规定破碎筛分。

⑤缩短出渣周期，彻底排尽炉渣和磷铁。

3-16、电极位置升降不正常一般是什么原因?怎样处理?

电极位置不正常一般是由于炉内料面不平，电极位置不平衡，炉内反应不好或者焦炭粒度太大和炉料混合不匀等原因造成，其处理方法是：

(1)控制下料管的流量分布，以掌握炉内料面平衡。

(2)加强操作控制与配电人员密切配合，根据出渣情况加大或减小电流和调整电压级数。

(3)与化验人员和出渣人员密切合作好炉渣分析，以了解炉内反应情况，及时更改配料比例。

(4)配料人员做到准确称量，混料均匀，及时改变炉料条件。

3-17、为什么渣口会自动流渣?怎样处理?

产生自动流渣一般是由于电炉运转时间太长，渣口腐蚀严重，或者配料硅石太多。有时，操作不当渣口未堵好也会造成渣口自动流渣。

处理方法：

(1)用焦炭粉和黄泥混合补好渣口。

(2)减少硅石，及时调整炉渣酸度。

(3)配料中适当增加焦炭，增加炉内挂料层厚度。

(4)按时更换出渣口。

3-18、为什么电炉在运行中有时出视一相无电流?怎样处理?

当出渣时，生料滑入电极下端部，电流回路被隔断。或者一相电极被折断和出渣时一相电极下移位置不够等原因都会造成一相无电流。

处理方法：

(1)出渣之前先检查电极是否够长。如因电极尺寸不够，应立即堵住出渣口。

- (2) 对无电流相电极可人工向下压电极，但必须采取安全措施。
- (3) 暂时保持两相低负荷运行以提高炉温，减小炉料电阻，快速接上电。
- (4) 调高工作电压，提高电极极尖电压。
- (5) 适当补充焦炭。
- (6) 关死料管，停止加料。

3-19、为什么有时出渣后电极接不上电?怎样处理?如何防止?

1、出渣后电极接不上电的原因是:

- (1) 出渣口损坏严重，渣流量太大，大量冷料滑入“熔池”，使炉内热量损失太多。
- (2) 出渣时电极下降太慢，冷料塌入“熔池”内，电路被截断。
- (3) 出渣前电极位置太低，排尽炉渣后电极无法下降。
- (4) 电极水封水漏入电炉内或电极已被折断。

2、处理和预防措施:

- (1) 将无电流的一相电极周围料管闸死，及时停止加料，保持炉内热量，使炉温不继续下降。
- (2) 及时提高工作电压，保持两相送电运行(不能过久，也不能过负荷，否则会损伤变压器)，轮流换相不要中断。
- (3) 当发现一相无电流时应立即堵渣，以保持炉内“熔池”的熔渣数量，使熔池温度不至于下降，增大熔渣导电能力。
- (4) 立即停电，松开电极夹头，迅速下放电极(指断电的一相)然后快速合闸送电，这些操作应在严密和统一指挥下进行。
- (5) 尽量减少粉末炉料入炉，以免粉末炉料结壳，造成出渣后形成空洞，使炉料下塌形成“断电”。
- (6) 设计新炉，应尽量留够容纳磷铁的炉底空间体积(即炉底与渣口预留足够距离)

3-20、为什么铜瓦与电极接触处会发生冒火现象?如何处理?

铜瓦与电极接触处打火现象是出于电极与铜瓦内壁接触不良，局部产生高热和金属蒸汽，引起电弧放电而打火。打火会使铜瓦接触面烧损，如不立即采取措施，则烧损后促使打火更加剧烈，从而形成恶性循环，最后导致夹头水套烧穿漏水。

1、一般说来造成电极与铜瓦接触不良的原因有：

- (1) 电极与铜瓦内壁接触表面有金属屑，焦炭和灰尘等导电物质。
- (2) 电极与铜瓦内壁接触表面不平整。
- (3) 电极与铜瓦内壁接触表面曲率不同。
- (4) 夹头太松，握持电极不紧密。

2、当发现打火后处理方法是：

- (1) 整理夹头与铜瓦内壁接触面。
- (2) 停电清理铜瓦壁沾附的金属铁屑，焦炭和灰尘。
- (3) 损坏的铜瓦应及时更换，不合要求的电极须经处理后才能用于生产。加强新电极入库质量验收。

3-21、为什么堵渣口有时会“打炮”？如何防止？

由于炉料粉末多，或粒度太小，炉子的透气性差，这种情况粉末料首先开始熔化并结成壳。反应区的炉气不能及时而均匀地通过料层到达电炉顶部排出，致使炉内压力升高，炉气只能借助电极上下活动所造成的空隙逸出。当炉渣出尽时，由于炉内形成空间并伴随垮料和炉料炸裂，致使熔池压力猛增将剩余渣从渣口喷出，形成强烈喷火“打炮”现象。

防止办法：

- (1) 磷矿石，焦炭进行筛分，除去粉末。
- (2) 磷矿石块度要严格按工艺要求加工破碎筛分。块度大的磷矿石在进行二次破碎处理后才能使用。
- (3) 含水份高的磷矿石、焦炭在进行烘干，除去水份后才能配料入炉。

3-22、为什么有时出渣困难，如何防止？

1、出渣困难有几种情况：

- (1) 堵渣口时渣口被炉渣或磷铁堵死，造成出渣困难。
- (2) 电炉功率或电流太小。

(3)工作电压过高或焦炭过多。

2、可采取如下措施：

(1)堵渣口时要尽量堵进去，使渣口尽量少存留炉渣和磷铁。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/588005115033006052>