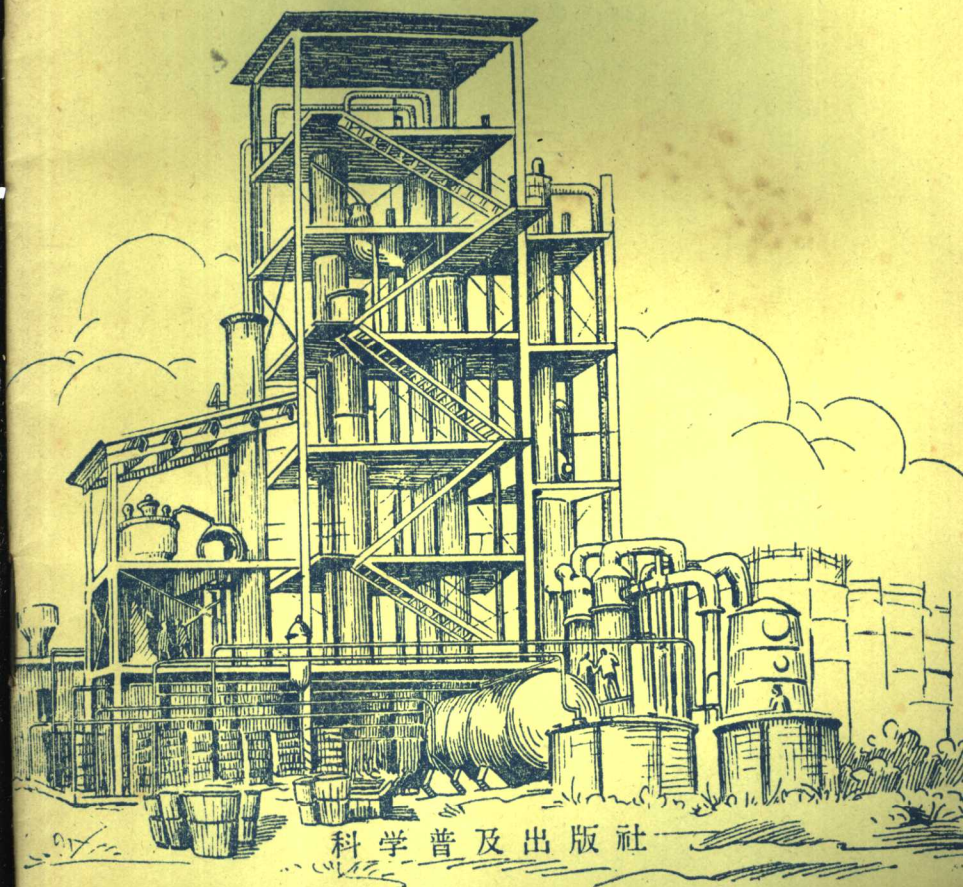


遍地开花的小型氮肥厂

— 碳酸氢铵厂 —

安徽省科学技术普及协会编



科学普及出版社

遍地开花的小型氮肥厂

—碳酸氢铵厂

安徽省科学普及委员会编

江苏工业学院图书馆
藏书章

科学普及出版社

1958年·北京

总号：970

遍地开花的小型氮肥厂——碳酸氢铵厂

著 者： 戴 铮
编 者： 安徽省科学技术普及协会
出版者： 科学普及出版社

(北京市西便门外郎家营)

北京市书刊出版业营业登记证出字第091号

发 行 者： 新 华 书 店
印 刷 者： 北 京 市 通 州 区 印 刷 厂

开 本： 787×1092 $\frac{1}{2}$ 印 张： 1 $\frac{1}{2}$
1958年12月第 1 版 字 数： 23,000
1958年12月第 1 次印刷 印 数： 30,050

统一书号：16051·188

定 价：(6)1角6分

目 次

遍地开花的小型氮肥厂	(1)
碳酸氢铵的性质	(2)
工艺车间与工艺流程	(6)
原材料与水电汽	(13)
厂区的选择与编写报告	(17)
职工人数、投资与成本计算	(21)
安全技术教育	(24)
碳酸氢铵的肥效	(28)
碳酸氢铵的包装和使用	(31)

遍地开花的小型氮肥厂

在鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线的光辉照耀下，全国每一个地方都开出了、或将开出无数的美丽红花。碳酸氢铵厂是劳动人民在党的正确领导下，辛勤培养出来的肥料之花。它开到专区，开到县，开到乡，在全国各地遍地开花。不久就会县县花开氮肥厂，处处喜报庆丰收。

小型碳酸氢铵厂有哪些条件能做到遍地开花的呢？

一、它的设备小而简单，易于大量制造；

二、原料单纯，消耗量又少，可以充分利用各地资源，易于供应；

三、产品产量较少，就地生产，就地施肥，减少原料与成品的长途运输，成本可以减轻；

四、生产流程力求简化，尽量降低自动化水平，由于输送量少，可尽量用人工操作代替机械，以减少投资；

五、只需少数技术人员即可满足工厂生产管理的需要，技术力量易于培养；

六、用电用水量较少，供电供水问题易于解决。

它的经济效益有多大呢？

(一)表1是农作物施用碳酸氢铵的增产值。

(二)表2是农民施用碳酸氢铵的净收益。

(三)小型氮肥厂的盈利也可估计。依碳酸氢铵含氮量，按硫酸铵调拨价184元折合153元。其工厂成本每吨为102元，盈利每吨为51元。县级氮肥厂年可获利40.8万元，所以工厂全部投资二百余万元，可以在5—6年内全部收回。

因为它具备了上述优越条件和经济效益，所以受到劳动人民的欢迎爱护，而在全国范围内，遍地开出了美丽的红花来。

表1

碳酸氢铵厂级别	县 级	
碳酸氢铵年产量	8,000吨	
农 作 物	粮 食	棉 花
施 肥 量(吨)	5,631	2,371
施 肥 亩 数	938,333亩	127,166亩
增 产 量	3,550万斤	34,050担
增 产 值	2,485,000元	1,021,500元
增 产 值 合 计	3,506,500元	

表2

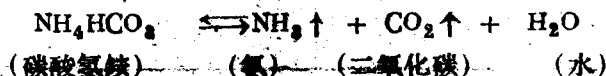
施 用 量	用于粮食的净收益			用于棉花的净收益		
增产收益	增产值	减成本	净收益	增产值	减成本	净收益
碳酸氢铵/吨	420元	181元	240元	450元	181元	270元
碳酸氢铵 8,000吨	336万元	144万元	192万元	360万元	144万元	216万元

碳酸氢铵的性质

碳酸氢铵是一种新兴的氮素化学肥料,其成分除氮外,还含有氢、氧、碳三种元素。它是一种白色粉状结晶体,含氮17.72%,工业产品含氮17.5%,比重1.57%,分子式 NH_4HCO_3 ,分子量79.10。它的溶解度随着温度升高而增大,在不同温度下的溶解度列于下表:

温 度 $^{\circ}\text{C}$	0	3	8.4	12.5	17.1	21.7	22.8	26.2	31	41
溶 解 度 克/100克水	11.9	13.1	15.2	17.1	19.4	21.6	22.6	24.7	27	35

碳酸氢铵是一种比较容易分解的物质，分解后生成二氧化碳和氨的气体，进入大气中。分解的化学反应式如下：



为了防止由于分解而造成损失，对于这种肥料的包装、贮存、运输，必须注意采取适当措施。

碳酸氢铵在35°—60°C时开始分解，在常温下分解并不大，在20°C以下，基本是稳定的。但在有水分存在的情况下分解加快，在潮湿空气中也吸水分而加速分解。所以它在贮存前必须干燥好，并须严密包装，使与潮湿空气隔绝。

中国农业科学院作了碳酸氢铵的分解挥发速度试验。称取碳酸氢铵5克，置于玻璃皿上，室内温度30°—31°C，相对湿度18.8—20.7%，停放后一定时间再称重。室内分解挥发速度结果见下表：

放置时间 (小时累计)	碳 酸 氢 铵			碳 酸 铵		
	重量(克)	逸失量 (克)	失重%	重量(克)	逸失量 (克)	失重%
0	5.000	—	—	5.000	—	—
2	4.997	0.003	0.06	3.200	1.800	36.0
16	4.927	0.073	1.46	1.896	3.604	72.1
25	4.889	0.111	2.22	1.292	3.708	74.2
48	4.775	0.225	4.51	1.052	3.948	79.0
71	4.663	0.337	6.74	0.859	4.142	82.8

由上表可以看出碳酸氢铵与碳酸铵的分解挥发性有很大的不同。最初二小时内，碳酸氢铵失重0.06%，而碳酸铵失重36%；七十一小时后碳酸氢铵挥发掉6.74%，而碳酸铵则挥发

掉82.8%，后者成为前者的12倍。

将残余的样品进行分析，放置前后重量和含氮量的变化见下表：

肥料种类	碳 酸 氢 铵			碳 酸 铵		
試驗項目	重量(克)	含氮浓度 %	失氮量%	重量(克)	含氮浓度 %	失氮量%
原 样 品	5.000	7.7	0.6	5.000	29.2	0.1
放置71小时后	4.833	17.6	6.7	0.655	18.5	80.1

上表碳酸氢铵经过71小时挥发后，成分变化很小；但碳酸铵经过挥发后，含氮量由29.2%降至18.5%。

中国农业科学院也把碳酸氢铵置于干湿空气中的分解挥发速度作了试验。称取三份碳酸氢铵，每份20克，分别装入三个三角瓶中，第一瓶通入干燥空气，空气通进前预先用浓硫酸干燥；第二第三瓶通入饱和湿空气。在第二瓶内除碳酸氢铵外并混加石膏($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$)1.33克。用抽气法使空气经过样品上方，携带少量分解挥发的氨和二氧化碳，再通过标准硫酸。每天抽气六小时，氨溶于标准硫酸内，经煮沸后用碱液滴定。每天逸失的氮量列表于下：

处 理 号	1	2	3
放入碳酸氢铵 (克)	20.0	20.0	20.0
混入石膏(克)	0	1.33	0
通过空气种类	干 燥	湿	湿
試驗時間 (小时)	氮 素 损 失 量 (毫克)		
0	当 天 果 計	当 天 果 計	当 天 果 計

6	15.4	1.4	20.4	20.4	115.9	115.9
12	16.1	81.5	206.2	226.6	253.6	269.5
18	24.1	55.7	307.0	533.6	268.4	627.9
24	16.2	71.9	371.4	905.0	510.6	1,148.5

从上表可以看出，碳酸氢铵在干燥空气中分解挥发较慢，而在湿空气中分解很快。在碳酸氢铵样品内混入吸水剂石膏时，第一天稍有作用，以后作用不大。

碳酸氢铵的蒸汽压力，也随着温度增高而加大，大约温度每升高 10°C ，蒸汽压力便增大三倍。它在各种不同温度下的蒸汽压力如下表：

温 度 $^{\circ}\text{C}$	压 公厘水銀柱	温 度 $^{\circ}\text{C}$	压 公厘水銀柱
8.13	1.00	40	40.71
10.0	1.58	45	72.20
14.0	2.42	50	121.47
20.0	4.48	55	198.81
25.0	8.4	60	320.25
30.0	14.46	65	508.73
35.0	25.56	69	761.00

含有水分的碳酸氢铵(試驗时含水分2.44%)，其蒸汽压力比在同样温度而干燥的一般大5—8倍。所以含水愈少，稳定性愈好。

碳酸氢铵除作为肥料外，还可作为食品工业中的高级发酵剂，也用于医药及化学试剂中。

另有一种碳酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ，与碳酸氢铵性質有些相似，但更不稳定，更容易分解。

工艺車間与工艺流程

小型氮肥厂的生产車間，有造气、碳化、合成三个車間，輔助車間有机电車間。生产車間将在下面分述；輔助車間是保証本厂的中小修理任务，及制造个别简单的零件、电机、仪表的修理工作。

碳酸氢铵是用焦炭或无烟煤烧到赤热，以空气、蒸汽通过，生成含有氢、氮及一氧化碳的半水煤气，經一系列工序制成氨水，再与二氧化碳作用而成功。其主要工艺流程分为造气、碳化、合成，现在結合車間分述如下：

一、造气車間

造气車間包括煤焦堆場，煤气发生系統，半水煤气气柜，一氧化碳变换系統及变换气气柜等：

1. 煤气发生系統是生产制造合成氨用的半水煤气。以空气烧焦炭，再用蒸汽通入紅热焦炭生成氢气及一氧化碳气。本系統有自动控制机，煤气发生爐，废热鍋爐，洗气箱，洗滌塔，空气鼓风机等。主要操作是借水压式自动控制机，以压力水带动水压式閥門进行。半水煤气的生产是在煤气发生爐中間歇进行。废热鍋爐是废热利用設備，它在生产中是回收吹风气与水煤气中的显热，产生高压蒸汽。洗气箱是起冷却和洗滌半水煤气的作用，还防止半水煤气返回系統。洗滌塔是洗滌与冷却半水煤气的設備。空气鼓风机是供应吹风阶段所需空气之用。

流程簡述：焦炭(或无烟煤)經破碎后，装入吊焦斗，推到車間，經地磅秤重量后，由电动葫蘆送到发生爐頂装爐。焦炭在发生爐中烧热至 $1,200^{\circ}\text{C}$ ，与通入发生爐中的蒸汽接触，反

应生成水煤气。反应式如下：



(碳) (蒸汽) (氢气) (一氧化碳)

上述反应是吸热反应，并須在高温下进行，因此在吹入蒸汽以前，用鼓风机吹入空气燃烧焦炭，以供給热量，这是吹风阶段。反应式如下：



(焦炭) (氧气) (二氧化碳)

造气与空气吹风是每隔三分鐘循环进行，次序如下：

(一) 空气吹风；

(二) 造气：蒸汽上吹，蒸汽下吹，蒸汽二次上吹；

(三) 空气吹净。

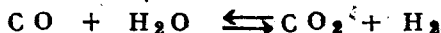
各阶段的气体流程如下：

(一) 空气吹风：空气→空气鼓风机→煤气发生爐→集尘器→废热鍋爐→除尘器→烟囱→放空；

(二) 蒸汽上下吹(蒸汽上吹用—→表示；蒸汽下吹用...→表示)：蒸汽→发生爐→集尘器→废热鍋爐→旋风除尘器→洗气箱→洗气塔→半水煤气柜
↑.....↑.....
→

(三) 空气吹净：空气→发生爐→集尘器→废热鍋爐→旋风除尘器→洗气箱→洗气塔→半水煤气柜。

2. 变换系统是用蒸汽把半水煤气中的一氧化碳在催化剂作用下，转变为氢及二氧化碳。反应式如下：



(一氧化碳) (蒸汽) (二氧化碳) (氢)

上述反应，温度升高，氢的生成率减少，但反应速度增大。

故在变换开始，应在较高温度下进行，使反应迅速；在后一阶段，应在较低温度下进行，保证催化剂有足够的活性，以得到最大的变换率。

流程简述：半水煤气在温度约 35°C 时，进入罗氏鼓风机，加压至约3,000毫米水柱进入饱和塔。气体由下往上，与由上往下的热水接触，在塔中由于一部分水的蒸发，使水冷却，而气体则被加热，并为水蒸汽所饱和。

自饱和塔出来的是蒸汽与半水煤气的混合气体，再加入外来蒸汽，使蒸汽与半水煤气之比达到2.5:1，进入热交换器（三个串联）。由热交换器出口（温度为 $410^{\circ}\text{--}450^{\circ}\text{C}$ ）进入变换炉第一段，进行一部分的变换。由第一段出口（温度为 $500^{\circ}\text{--}520^{\circ}\text{C}$ ）进入热交换器管外空间，以加热进来的半水煤气而本身冷却。出热交换器时温度为 $400^{\circ}\text{--}440^{\circ}\text{C}$ ，再进入变换炉第二段。由第二段出来的变换气温度为 $420^{\circ}\text{--}450^{\circ}\text{C}$ ，而入热交换器的管外空间。由热交换器出来的变换气温度为 180°C ，进入热水塔内用水喷洒，水由热水泵供给。在热水塔中气体与水接触而被冷却，其中未参加变换反应的水蒸汽也被冷凝，而喷洒之水则被加热。此热水进入饱和塔，再由热水泵送至热水塔形成循环。另外须加入软水，以补充水的消耗。

由热水塔出来的变换气，通过冷却塔，在塔中由冷却水进行冷却；冷却水由循环系统供给。

变换气由冷却器出来后在温度 35°C ，压力500毫米水柱下送入原料气柜。

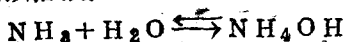
二、碳化车间

碳化车间包括氨洗，碳化系统，碳酸氢铵固体干燥，包装仓库及原料气柜。

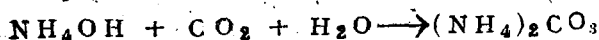
碳化車間主要是清除變換氣中的二氧化碳，和二氧化碳與氨作用生成碳酸氫銨晶体。

生產的主要化學反應有下列各式：

用水吸收氨氣製成氨水，以氨水吸收二氧化碳成含游離氨的碳酸銨溶液：



(氨) (水) (氨水)



(氨水) (二氧化碳) (水) (碳酸銨)

流程簡述：由變換氣柜來的氣體進入車間，經氣體壓縮機壓縮到3個大氣壓(表壓)、溫度40°C，進入碳化塔底部，與由二氧化碳清洗塔來的含有二氧化碳的氨水起反應，生成碳酸銨溶液。碳酸銨溶液再吸收二氧化碳生成碳酸氫銨結晶。在碳化塔下部需用水冷卻，以取出由反應所生的熱量。

碳化塔頂部溫度為40°—45°C，中部溫度50°—60°C，底部溫度維持30°—35°C，含有40%左右結晶的漿液從塔底放出，自流到稠厚器內，經密閉式离心机分離後，得到含2—3%水分的固體碳酸氫銨。由螺旋輸送機送至熱風管，用預熱至80°—85°C的熱空氣進行干燥。

干燥後的晶体進入旋風分离器，分出成品，送到成品貯缶，秤重包裝。為了使碳酸氫銨與空氣盡量分離，採用兩個并聯旋風分离器。由分离器排出來的空氣中尚含有少量的碳酸氫銨細粉，與由於溫度升高而分解成的氨氣和二氧化碳，此氣體一同進入洗滌塔用清水洗滌回收。洗液送入氨水槽，洗滌後氣體放空。

由碳化塔出來的氣體尚含有8—10%的二氧化碳，送二氧化碳清洗塔，與氨水逆流相遇清洗；經氨水洗後氣體中含二氧

化碳不超过1%。

自二氧化碳清洗塔出来的气体还含有1%左右的二氧化碳和大量氨气，經氨清洗塔，在塔頂加入軟水，洗淨气体中氨气，在塔底用泵將溶液抽出，經冷却排管器循环冷却，以取出塔內热量，吸收氨后的溶液自冷却排管出口抽出，送往氨吸收塔吸收氨气。

在氨清洗塔中洗淨了氨后的气体，自塔頂放出，經总管送往原料气柜。

液氨水系在氨吸收塔中制造。

由氨吸收塔放出的气体，主要为氨中带来的惰性气体，予以放空。

三、合成車間

合成車間包括压缩系統，銅氨液洗滌及再生系統。

合成車間的生产工艺任务是：(1)压缩原料气，达到气体淨化时与最后进行氨合成时所需的压力。(2)在100气压下，使原料气体通过銅氨液洗滌塔，清洗原料气中一氧化碳与二氧化碳；再經氨水洗滌塔，用20%的氨水清除气体中残留的微量二氧化碳等杂质。使用过的銅氨溶液可通过再生設備回復洗滌前状态。(3)將300气压的3:1的氢氮混合气体通过氨合成反应器(合成塔)，在500°C与活性铁的催化作用下轉化成氨。

流程簡述：

1. 压缩系統：压缩系統用压缩机进行气体的分級压缩。其第一段吸入由碳化車間送来的气体，在常溫5—150毫米水柱压力下进入气缸。气体經一級缸压缩至4.2斤/平方厘米左右，經過中間冷却器，把气缸出口的气体，由150°C冷却至40°C，由器的底部放出分离下来，凝縮水分与油分后进入第二級气缸。再压缩至20公斤/平方厘米，通过中間冷凝器分离油水，进入第

三級气缸。压缩到100气压左右，经过蛇管式冷却器后，送入通往铜洗系统的气体总管。此气体经过铜洗氨洗系统的净化处理后，返回气体总管，轉入压缩机第四級气缸。再压缩到100气压，經蛇管式中間冷却器冷却后，送入通往合成系統的新鲜混合气总管内，以补充合成系統的新鲜原料气。

2. 铜氨液洗涤及再生系統：在高压铜液洗涤塔中，将压缩机三段送来的、100气压的气体进行洗涤。气体自塔的底部进入，与自高压铜液泵送入喷洒下的铜氨液逆流相遇，气体中一氧化碳、二氧化碳、氧等被铜氨液吸收，出塔气体中含一氧化碳少于百万分之十五，二氧化碳尚有百万分之一百至二百。再送入氨水洗滌塔，洗滌二氧化碳至百万分之十以下。由此再进入高压清水洗滌塔，清水自塔頂洒下，气体自塔底逆流而上，将气体中所含氨气洗至极小量，通过頂上分离层，分离出水沫后，回入压缩机第四段气缸內。

铜氨液吸收一氧化碳、二氧化碳与氧气的反应式如下：

(1) $\text{Cu}(\text{NH}_4)\text{NOOC} \cdot \text{CH}_3$ (醋酸亚铜的氨溶液) + CO (一氧化碳) $\longrightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_2)\text{NCO}]\text{OOC} \cdot \text{CH}_3$ (一氧化碳醋酸氨亚铜溶液)

(2) $2\text{NH}_4\text{OH} + \text{CO}_2 \longrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

(3) $\text{Cu}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CuO}$

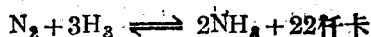
铜氨液的再生，是利用铜液自塔底放出，经过减压与加热作用，将溶液中一氧化碳从醋酸亚铜块解放出，其残余的一氧化碳被氧化为二氧化碳，亚铜离子被还原为金属铜，此金属铜又被溶液中的高价铜离子氧化为亚铜离子，回复到原来的亚铜离子与高价铜离子成一定比例的成分。氧化出来的二氧化碳与溶液中分离出来的氨、二氧化碳、一氧化碳等气体经过再生设备的

回流塔，利用由塔底出来的銅液吸收气体中氨与廢热。为了控制銅离子的比例，可加入压缩空气来調节，并在水冷却后的銅液补充适量的氨。

在热銅液进入水冷却器以前，先进入还原器下部热交换器与自回流塔下来的較低溫度的銅液进行热交换，有旁路装置以調节还原过程。

3. 合成系統：由压缩机四段来的、300 气压的精制氢氮混合气体，进入合成系統的油分离器，与自循环泵来的循环气相混，进入氨冷凝器。由于高压管外壁内部液氨蒸发，将气体冷却至 10°C 以下。气体內凝結的液氨，在合成塔前的氨分离器內分离出来，气体进入合成塔內，經過塔內换热器，进入上部催化剂筐內，通过换热至 420°C 多度，进入活性鉄催化剂內，借催化作用，使300气压的氢、氮气体在 500°C 的溫度下进行合成。反应产生一定的反应热，要借进入催化剂筐的冷气来交换，以維持催化剂在一定溫度下进行工作，反应式如下：

鉄催化剂



(氮)(氢) 500°C (氮)(放出热)

自合成塔底部出来的气体，溫度約 150°C ，含氨約14%左右；进入水冷却器，过饱和的氨气便冷縮为液氨，一并进入塔后分离器分离。气体复进入循环泵內升压至塔前压力，与由混合压缩机补充来的新鮮氮、氢混合气，一并在油分离器內混合循环，进行合成反应。

4. 冰机系統：銅洗系統与合成系統內冷却工艺流程，有氨冷器将生成的液氨蒸发成气态氨，送往碳化車間供給制造碳酸氢鉄。在工艺所需的冰冻量平衡上，液态氨尚感不足，故配有一个冰机，将氨蒸发系統內的气态氨压缩至10气压送往氨冷凝

器，使气态氨变为液氨，再加入蒸发系统，以补足工艺系统中冷冻量。

原材料与水电汽

制造碳酸氢铵的主要原料为焦炭(或无烟煤)，对其规格有一定的要求。焦炭(或无烟煤)和其他材料，每年有一定的消耗量。

车间供水排水也有一定的数量，供水对水质有一定的要求，污水含有某些成分，必要时应加以适当的处理。

电要满足车间动力的需要，汽要满足车间生产的需要。

一、原材料

1. 焦炭(或无烟煤)的规格如下表:

序 号	项 目	焦 炭	无 烟 煤	备 注
1	粒 度	25—75毫米	25—75毫米	
2	水 分	<5.0%	<5.0%	
3	挥 发 分	<2.0%	<9.0%	
4	含 硫 分	<2.0%	<2.0%	
5	灰 分	<13.0%	<12.0%	
6	灰 熔 点	>1,250°C	>1,250°C	
7	机械强度	≥ 270	≥ 70	
8	热稳定性	—	≥ 6)	

注：(1)焦炭的灰熔点如高于1,250°C，允许含灰量达17.5%。

(2)如当地有大量无烟煤或土焦不合上述规格时，须进行工业规模的试验，再决定是否适用。

(3)在实际生产过程中，操作熟练时，经过适当的试验阶段，也可掺用部分粒度13—25毫米的小块焦。