

石油化工设备设计参考资料

国内抗氢氮氨腐蚀用钢调查报告

抗氢氮氨腐蚀用钢联合调查组

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

石油化工设备设计参考资料
国内抗氢氮氢腐蚀用钢调查报告

· 74-7-VII-3 ·

(内部资料 注意保存)

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

(上海南京西路 1856 号)

一九七四年一月

赠 阅

目 录

一、 前 言.....	1
二、 氨合成塔废热锅炉发展动向.....	1
三、 国内氨合成塔付产蒸汽锅炉用材的使用情况.....	3
(一) 内置式付产蒸汽锅炉.....	3
(二) 外置式付产蒸汽锅炉.....	4
1. 前置式付产蒸汽锅炉.....	
2. 中置式付产蒸汽锅炉.....	6
3. 后置式付产蒸汽锅炉.....	7
四、 氨合成塔付产蒸汽锅炉用材的研制情况.....	8
(一) 前置式锅炉用新钢种.....	9
(二) 中置式锅炉用新钢种.....	9
五、 合成塔内件锅材使用情况.....	10
(一) 碳钢内件.....	12
(二) 不锈钢内件.....	12
(三) 影响内件使用寿命的其他原因.....	12
六、 合成塔内件用新钢种的研制情况.....	12
(一) 10MoVNbTi(革101)及10MoWVNb(革106).....	13
(二) 08SiWMoTiNb.....	13
七、 抗氢锅.....	13
八、 关于今后工作的几点意见.....	14

一、前言：

为了贯彻毛主席“深挖洞，广积粮，不称霸”的伟大指示和执行农业“以粮为纲，全面发展”的方针，将大力发展化学肥料工业。除对国内现有中小型化肥厂进行技术改造，进一步增加产量和降低成本外，还准备新建20个中型厂，引进10套和翻版10套30万吨/年大型合成氨厂。计划1980年合成氨产量为1800万吨，大型厂、中型厂、小型厂各600万吨。为适应这种形势发展的需要，更快地解决合成氨生产中的用材问题，根据冶金、燃化两部一九七二年十二月二十一日(72)冶钢字第2274号、(72)燃化设字第6号及(73)冶钢轧字第19号(73)燃石化设字第64号两文的要求精神，由一机部通用机械研究所、冶金部西南钢铁研究院、上海第一钢铁厂、燃化部兰化公司化工机械研究所四单位组成高温高压抗氢氮氨腐蚀用钢联合调查组，调查了以下几个问题：

1. 氨合成塔内件及合成塔副产蒸汽锅炉用材及使用情况(注)；
2. 抗高温高压氢氮氨腐蚀用钢的试制、试验、试用情况；
3. 氨合成塔废热利用的前景。

调查组分南北两路分别调查了兴平、泸州、南京、昆山、德州、嘉定、吴县、大连、胜利、石家庄、永红、东风等十三个化肥厂、上海锅炉厂、上海新建机器厂、燃化部化工设计院、东方红石油化工总厂设计所、胜利石油化工总厂科研所、燃化部第四化工设计院、第八化工设计院、上海化工研究院、南京化工研究院、鞍钢钢研所、江苏省燃化局等，近三十个单位。自四月初至六月底历时三个月，现将调查情况整理出来，供参考。

由于我们水平所限，加之时间仓促，调查工作不够深，错误之处在所难免，敬请批评指正。

(注：微碳纯铁也是合成塔内件用材，由于今年在上海召开了微碳纯铁专题会，故本报合不包括此项内容)。

二、氨合成塔废热锅炉发展动向：

氨的合成反应是放热反应，每生产一吨氨能放出45万大卡的热量。过去我国合成氨工业传统的生产方法中，这部分的热量没有得到

充分的利用，为了将氨分离出来，合成气尚需水冷却器冷却，耗费大量冷却水。

近些年来，国外合成氨生产技术出现了一系列新的发展，概括起来有三个特点：原料油气化，动力机械透平化，单系列大型化。合成氨厂的热能得到比较充分的利用，从而大大地降低了合成氨的成本和电耗。例如：国外大型厂每吨氨的成本约合人民币65元，而目前国内以煤为原料生产的合成氨每吨成本220~300元，有的厂生产不正常甚至高达500元。国外大型厂可以做到不需外部供电、供汽；国内合成氨厂每吨氨耗电平均在1500~1700度。由于目前国内合成氨生产成本很高，化肥价格较贵，因此广大贫下中农普遍反映施用化肥是“增产不增收”。另一方面，随着国内工农业生产全面发展，煤炭和电力的供应也较为紧张。在这种情况下，如何使合成氨生产降低成本，减少煤电消耗，已成为化肥工业战线上一件紧迫的任务。

国外以天然气为原料的大型厂，废热利用有三个方面的：二段转化炉的废热，烟道气的废热，合成气的废热，其中前两者占大部分，合成气的废热多通过锅炉给水于热器加以利用。

目前国内合成氨厂大多是以煤为原料进行生产的，废热利用与以油、气为原料的厂亦有所不同，合成气的废热利用成为合成氨厂废热利用的主要手段。合成气的废热锅炉分内置式和外置式两种。内置式是在触煤层中敷设水冷盘管，以冷却水作为热载体，通过其循环带出热量，在塔外锅炉间接产汽。石家庄化肥厂、北京化工实验厂和大庆化肥厂均曾先后采用。但内置式锅炉结构复杂，检修困难，锅炉发生故障则直接影响合成塔正常操作，国内外已很少发展。

外置式锅炉又分为三种：

	入口温度	出口温度	蒸汽压力	产汽量(吨/每吨氨)
前置式	~450℃	~300℃	25~40	0.8~1.1
中置式	~370℃	~220℃	10~15	0.8
后置式	~230℃	~140℃	3~5	0.4

1967年化工部曾决定在衢州化工厂搞前置式副产蒸汽锅炉试点，选用204钢。国内有关单位协同对此钢进行了机械、高温、工艺、耐

蚀等性能研究，但终因对此钢能否安全可靠使用没有十分把握而未能投料生产。其后兴平化肥厂、刘家峡化肥厂、胜利氨厂以及化工部第一设计院援阿越项目设计中均先后采用中置式付产蒸汽锅炉，并制造成功，有的已投入使用，取得一定经验。但上述中置式锅炉均采用18-8不锈钢制造锅炉炉管，成本高，材料不能立足国内，因此国内中小型厂没有普遍推广。1970年南京化工研究院与上海钢铁研究所单位协作，开始在昆山化肥厂试用一种低合金抗氢钢制造前置式副产蒸汽锅炉（其中内套管用少量不锈钢），在结构上采用双套管式。虽然该结构产汽压力较一般前置式锅炉为低，但它较好地解决了介质条件苛刻而材料耐蚀能力有限的矛盾。目前该锅炉已制成并运往现场吊装，待有关部门鉴定试车。昆山化肥厂废热锅炉的生产及试用将为中小型合成氨厂废热利用提供重要经验。

目前，国内一些中小型合成氨厂对废热利用有着较高的积极性。小化肥生产水平较高的江苏省正有计划地在全省小化肥厂中试点废热利用的技术改造工作。此外，嘉定化肥厂、东风化工厂、2348工程、新疆建设兵团化肥厂、盘锦化肥厂等，亦在筹备制造中置式副产蒸汽锅炉。

根据目前国内抗氢、氢、氮用钢研制和试验的初步结果，用低合金钢制造中置式锅炉是有可能的。因此，目前废热锅炉用钢研制工作的任务是在已有新钢种试验试制工作的基础上，通过小厂的中间试验摸索出一套用低合金钢制造中置式锅炉的完整经验，并在此基础上探索在中型厂推广的可能性。

中置式锅炉所产之蒸汽仅能用于工艺，前置式锅炉所产之蒸汽则能驱动透平压缩机，其背压蒸汽尚能用于工艺，经济价值更高。但前置式锅炉对钢材的要求更为苛刻。因此，如何研制出一种符合我国资源情况的前置式锅炉用钢，应成为抗氢氮用钢研究工作的长远目标。

三 国内氨合成塔付产蒸汽锅炉用材的使用情况：

1. 内置式付产蒸汽锅炉：

在我国最早是石家庄化肥厂采用的，北京化工实验厂也曾用过，目前大庆氨厂仍在使用。现将石家庄化肥厂内置式付产蒸汽合成塔的

情况简单介绍如下：

合成塔内径 $\varnothing 1000$ mm，内件的最上层为盘式电炉，其下有5层触媒：第一层触媒内无冷却盘管。其余四层内置不锈钢冷却盘管。管内通 320 kg/cm^2 高压软水。高压软水进合成塔，温度为 270°C ，出口为 $370\sim 400^\circ\text{C}$ ，合成塔上面有一锅炉，高压高温软水走管内，与管外水换热，产生 25 kg/cm^2 蒸汽。高压软水靠进出口水密度差进行自然循环。高压水系统与合成塔高压气系统在平衡罐内相通，使合成塔内冷却盘管内外压力平衡。

自投产到现在已用8~9年，不锈钢管已腐蚀脆化，有的比铸铁管还脆。因此付产蒸汽锅炉已停止使用，冷却管内通工艺气体死气。71年9月份大修时发现塔顶锅炉35CrMO管有点腐蚀，管壁厚为6.3mm，点蚀最深处达3.3mm，腐蚀多出现在弯曲的管段，直管上很少。据分析，腐蚀的主要原因是管外低压水的脱氧不合标准。

锅炉大法兰，在制造过程中，把设计中的凹凸槽密封面车掉了。运行中密封不严，虽曾改用几种垫片材料，但均进不到密封要求。所以，后来蒸汽压力降到 $15\sim 17\text{ kg/cm}^2$ 。蒸汽供尿素车间使用。

此内件投产后曾出现高压水管波纹管损坏情况，后改用S形管进行热补偿，解决了问题。

2. 外置式付产蒸汽锅炉

(1) 衢州化工厂：衢州化工厂合成氨分厂，其规模为5万吨/年。67年化工部科研局和基建总局召开“氨合成塔前置式付产蒸汽锅炉项目审核会”，会上确定衢州化工厂为前置式付产蒸汽锅炉试点厂。上海化工研究院氢氮氨腐蚀试验结果表明，204钢抗氮化性能较1Cr18Ni9Ti好（前者氮化层为 $0.002\sim 0.004$ ，后者 0.23 mm ），同时还考虑到204钢在使用温度下强度较1Cr18Ni9Ti为高，因此会上决定采用204钢制作前置式付产蒸汽锅炉。

69年在衢州化工厂又召开了“前置式付产蒸汽锅炉用钢会”。会上讨论并安排了对204钢尚需进一步进行的试验研究工作。会后上海材料研究所，上海电焊条厂等单位进行了高温性能及焊接性能试验，浙江化工学院，衢州化工厂，兰化化机所等单位进行了腐蚀性能试验。

结果如下：

(1) 浙江化工学院与衢州化工厂所做现场旁路腐蚀试验发现管内表面有一层氮化层。

(2) 兰化化工机械研究所试验情况：做了 $t = 400^{\circ}\text{C}$ $P = 320 \text{ kg/cm}^2$ $\text{H}_2:\text{N}_2=3:1$ $\text{NH}_3=13\sim17\%$ 的应力腐蚀试验。试验时间为1000小时。204钢经试验后，其强度提高，塑性有相当的降低，硬度由管的内表面至外表面均升高，金相观察，晶界有析出物。

目前制作前置式付产蒸汽锅炉用的204钢锭已备齐，由于对204钢制造前置式付产蒸汽锅炉在安全方面没有把握，因此该项制作任务一直未能继续进行。

② 昆山化肥厂是年产氨13000吨的小型化肥厂，以煤为原料。最近正在开会讨论即将投产的一台前置式付产蒸汽锅炉。锅炉为套管式结构，承压的外套管采用上海钢研所研制的新钢种14MOVNb。

14MOVNb的机械性能： 450°C 以下机械性能较好，室温 $\sigma_s = 45 \text{ kg/cm}^2$ ， 400°C ， $\sigma_s > 35 \text{ kg/cm}^2$ ， 350°C $\sigma_s > 40 \text{ kg/cm}^2$ 。可焊性：用2.5—1.3不锈钢焊条焊后不需热处理。

14MOVNb的抗腐蚀性能：上海化工研究院及吴泾化工厂进行过挂片试验，南京化工研究院做了生产装置旁路腐蚀试验。试样在拉伸后发现有氮化。化学分析有增氮现象。

兰化化工所腐蚀试验：用14MOVNb管状试样，管内充 $320 \pm 20 \text{ kg/cm}^2$ ，氢氮氨混合气，温发为 400°C ，氨含量为1.4—1.7%时间为500、100小时。试验后进行拉伸试验，结果强度升高塑性显著降低，金相观察，有网状裂纹。

锅炉结构：从氨合成塔出口至锅炉的管线采用套管式结构，高温气体走不锈钢中心管内，换热后降低了温发的回塔气走管间环隙，从而降低了14MOVNb管的操作温度。

锅炉内也采用套管式结构，类似双套管式触煤筐。进锅炉气体温度为 459°C ，从锅炉回合成塔的气体为 296°C 。据设计每生产一吨合成氨可付产 2.5 kg/cm^2 的中压蒸汽0.9吨。

现在锅炉已制造完毕，准备投产。

③ 国外前置式锅炉概况：据“西欧四国化肥及石油化工考察报告介绍”法国卡赫兰厂设有 110 kg/cm^2 的高压废热锅炉，每小时产蒸汽 4.5 吨，所用材料介绍得不甚明确，只是说告成系统 430—460 的管路采用 Cr14 (Cr-14%, C-0.1%)；英国别林翰也有前置式锅炉，所产蒸汽压力为 102 kg/cm^2 。据有关单位介绍，英国 ICI 公司前置式锅炉是采用因科洛 800 (Cr16Ni37)。

2 中置式付产蒸汽锅炉

这次调查了兴平化肥厂及胜利氨厂的中置式锅炉。

① 兴平化肥厂：该厂于 70 年建成，年产告成氨 5 万吨。71 年 8 月在告成塔后加了一台中置式锅炉。合成塔内件是在三套管的基上，将换热器分为上下两段。从合成塔触煤筐出来的 470°C 气体，经上段换热器温度降至 370°C ，从塔底引出进锅炉，产 13 kg/cm^2 的中压蒸汽。气体出锅炉时温度为 $200\sim 210^\circ\text{C}$ ，返回塔内，经下段换热器，温度降至 $120\sim 130^\circ\text{C}$ 出塔去水冷器。

锅炉外壳为钟罩式： $\varnothing = 1600 \times 18 \text{ mm}$ $L = 4050 \text{ mm}$ 。锅炉卧式，炉管为 $\varnothing 24 \times 6 \text{ mm}$ U 形管，伸出锅炉大盖与上下联箱相接。锅炉换热面积为 55.7 m^2 。

操作条件	压力	温度	介质
管程	320 kg/cm^2	$\sim 400^\circ\text{C}$	$\text{H}_2, \text{N}_2, \text{NH}_3$
壳程	16 kg/cm^2	$\sim 210^\circ\text{C}$	水

锅炉及与告成塔连接的管线采用日本 SUS321 不锈钢 (相当于 0Cr18Ni9Ti)。锅炉进口管规格 $\varnothing 168 \times 28 \times 15000 \text{ mm}$ ，进出口管之间有近路管，装有阀门。近路管的 $\varnothing 80 \times 15$ ，有一段长 600 mm 为草 106 管。

投产以来，锅炉已运行 21 个月，每小时产 13 kg/cm^2 蒸汽 5 吨。工艺条件及各项指标均已达到设计水平。开停车简便，氨合成率有所提高。

其经济效益如下：

① 每生产一吨氨可产 13 kg/cm^2 蒸汽 0.8 吨。

- ② 每生产一吨氨可节约水冷器用水量4.2吨。
- ③ 过去为控制炉温需开两台循环机，现只需开一台，节约了电力。
- ④ 水冷器温度降低，减少了水垢，提高了冷却效率延长检修周期。

⑤ 合成塔至水冷器管操作温度降低，延长了使用寿命。

以上五项总计每年节约50万元（按年产合成氨5万吨计算）。

存在问题：

① 管路钢材屈服强度较低。380℃下SUSTP321的 $\sigma_s=10 \sim 11 \text{ kg/mm}^2$ 。按第二强度理论计算管路部分安全系数 $\eta_s=1.4$ 车丝部分 $\eta_s=1.2$ ；均小于设计要设值1.6。施工时曾对车丝部分进行强化，即用电炉加热至650℃，保温6小时进行时效处理，估计 σ_s 可提高20%。目前有一段用肉眼可看出有直径稍大的地方，实测直径较其他部分大0.68mm。定期测量未见发展。

② 对触媒还原过程的影响。由于近路管太细，触媒还原时温度较低，触媒还原过程由原来的182小时延长到260小时，而且还原不彻底，活性较差。拟将近路管改粗，以便调节温度。

③ 锅炉管束焊接于锅炉大盖上，不便检查除垢。

(2) 胜利氨厂：以胜利炼油厂焦化干气为原料。设计生产能力为每年合成氨6.8万吨，尿素11万吨。采用二段转化炉废热锅炉及中置式付产蒸汽锅炉。全厂共需蒸汽量为50吨/小时，其中30吨/小时，由回收废热得到。自1972年12月一次试车投产成功以来，共运转四个半月。

材质：盘管及联箱组合件为1Cr18Ni9Ti，重8088公斤。焊后进行固溶处理。

开工以来，除安装时锅炉支座温度膨胀滑动余量留得过小及壳体大法兰漏汽外，高压管部分未发现有问题。

3. 后置式付产蒸汽锅炉：此次调查的泸州天然气化工厂及吴泾化工厂有。

① 泸州天然气化工厂。以天然气为原料，年产10万吨合成氨，

主要产品为尿素。该厂合成氨工艺及设备由英国引进，配套的尿素设备由荷兰进口。

技 术 特 性

	管 程	壳 程
介 质	H_2 、 N_2 、 NH_3	水、水蒸汽
压 力	320 kg/cm ²	1.3 kg/cm ²
温度 (进)	~380 °C	100 °C
(出)	~240 °C	197.4 °C
水压试验	600 kg/cm ²	2.0 kg/cm ²
蒸汽产量		8 吨/小时
传热面积		80 M ² (平均面积)

锅炉内有28排换热管，每排24根。管子承受500 kg/cm²内压，入锅炉气体温度为230 °C，换热后降温至140 °C去水冷器。因温度较低采用碳钢管。每小时产4 kg/cm²的蒸汽6~7吨，供工艺使用。

后置式锅炉一直操作稳定，运转正常，仅炉管发现水腐蚀，其他未做检查。

② 吴泾化工厂，其合成车间规模为5万吨/年。附有后置式付产蒸汽锅炉，炉管为13Mn。锅炉入口200~230 °C，每生产一吨氨可产蒸汽0.5吨。后来由于水冷器能力不足，将锅炉做为一级水冷器使用。

四 氨合成塔付产蒸汽锅炉用材的研制情况：

冶金部、燃化部(68)冶生建字1528号文“1968—1971年化肥用钢试验研究规划”下达以后，在高温高压抗氢氮腐蚀用钢方面，上海第一钢厂、鞍钢钢研所及上海钢铁研究所等单位在冶炼、轧制新钢种方面做了许多工作，上海化工研究院、浙江化工学院、衢州化工厂、南京化工研究院、兰化化工机械研究所等单位在新钢种抗 H_2 、 N_2 、 NH_3 腐蚀性能方面做了不少试验研究工作，上钢一厂、上海新建机器厂、上海锅炉厂、上海电焊条厂等等单位对新钢种的高温机械性能、可焊性、冷热加工及耐蚀性能也进行了一系列工作。在初步试验

的基础上, 在一些中小型合成氨厂进行了挂片腐蚀试验和在中置式锅炉及合成塔内件方面的少量试用。

(一) 前置式锅炉用新钢种:

AISI204 钢及 14MOVNb 两个钢种在第 5 页已有略述, 此处不再重复。详细情况可参阅有关报告。

(二) 中置式锅炉用新钢种:

1. 10MOVNb (草 106)

① 机械性能: $\sigma_s \geq 30 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_5 \geq 17\%$, $\phi \geq 45\%$, $\alpha_K \geq 6 \text{ kg/cm}^2$ 。中温短时拉伸比 Cr5MO 稍高。500°C、600°C、620°C 高温持久强度比 Cr5MO 高很多。

② 焊接性能: 用“抗腐 02Nb”焊条焊接, 焊前需 100—150°C 预热, 焊后 740—800°C 回火处理, 否则抗氢氮氨腐蚀性能差。用奥氏体不锈钢焊条 (18-8、25-13), 焊前不需预热, 焊后不需热处理。

③ 冷热加工性能: 热轧材在 800°C 炉冷退火后, 冷卷工艺性能较好。管子在 950—1000°C 进行热弯后需进行热处理。锻造的开锻温度 1100—1150°C, 终锻温度 850°C, 锻件需调质处理 (1020°C 水淬 + 780°C 回火)。

④ 抗氢氮氨腐蚀性能:

(1) 上海化工研究院试验情况: 在 400°C, 300 小时 320 kg/cm^2 , 450°C 300 小时 320 kg/cm^2 条件下, 氢氮氨混合气体中小试样试验结果, 强度及塑性无明显变化。

(2) 兰化化工机械研究所腐蚀试验情况: 400°C 1000 小时试验后, 塑性及韧性无显著变化, 强度略有降低, 400°C 1500 小时做了四组试样, 数据较分散, 总的来说强度和冲击值变化不大, 塑性有不同程度降低, 发现有显微裂纹 (金相检查)。

⑤ 爆破试验: 在上海重型机器厂进行了 $\phi 500 \delta = 10 \text{ mm}$, 两个容器的爆破试验, 在杭州制氧机器厂进行了 $\phi 70 \times 10$ 两个直通 $\phi 70 \times 10$ 两个三通及 $\phi 80 \times 15$ 两个三通爆破试验, 均达到设计爆破压力, 系塑性破坏。

⑥ 试用情况:

(1) 兴平化肥厂付线使用情况:如前所述(2)援阿、援越2348工程东风化工厂等单位用草106钢制作了中置式付产蒸汽锅炉与合成塔间的管线及阀门。

2 12SiMOVNb:

这是鞍钢钢研所研制的新钢种

① 上海化工研究院的试验结果:

450°C 300小时, 介质压力为 320 kg/cm^2 , NH_3 含量 1.4—1.7%, 氢氮比 3:1。两次试验结果机械性能变化不大。

500°C 300小时试验后, 机械性能变化较大。

② 兰化化工机械研究所试验结果:

试验压力 320 kg/cm^2 , NH_3 含量 1.3—1.7%, 氢氮比 3:1, 400°C 1000小时试验后塑性无显著变化, 冲击值降低较多。

400°C 1500小时试验后强度无显著变化, 塑性及冲击值降低较多, 并发现有显微裂纹。

化学成份还有待进一步摸索, 拟降低其含 Al 量。

3 14MOWVT1 (12MOWVT1):

这是鞍钢钢研所的钢种, 拟用在石油加氢反应器。在抚顺石油三厂及兰州化工机械研究所做了抗氢及抗氢+硫化氢的腐蚀试验。哈尔滨焊接研究所进行了焊接方面的研究工作, 兰州石油化工机械厂进行了加工工艺试验工作。

兰化化工机械研究所腐蚀试验表明, 具有一定的抗氢氮氨质蚀能力。新疆建设兵团化肥厂拟采用 12MOWVT1 做中置式锅炉与合成塔之间的接管。

五 合成塔内件钢材使用情况:

此次调查的各厂氨合成塔内件结构、操作条件及使用情况见表一。

合成塔内件用材方面: 中型厂除大化、南京曾用过碳钢内件外, 一般均用不锈钢。小厂一般用碳钢, 少数厂用不锈钢。

内件使用寿命的长短与各厂操作水平、设计是否合理等有关。中型厂如大化, 操作稳定, 触媒周期长 (3—4 年), 操作压力低 (155 kg/cm^2), 用 10# 碳钢寿命也可长达 3—4 年。大多数中型厂不锈钢内件寿命为 6—9 年, 而大化可用到 12—15 年。

各厂合成塔内件情况

厂别 项目	泸州天然气厂	南京化肥厂	大连化工厂	石家庄化肥厂	吴泾化工厂	胜利氮肥厂	丹阳化肥厂	昆山化肥厂	嘉定化肥厂	永红化肥厂	兴平化肥厂	衢州化肥厂	沈阳化肥厂
合成塔内径, mm	1300	1000 600 450	1300 900	812 800 1000		800	420 500	500	450 500	480	1000	1000 600	
触煤筐内结构	单管	单管并流	双套管三套管	三套管	三套管单层径向	单管并流	双套管	单管并流	与丹阳	上段径向, 下段三套管	三套管	与南京化肥厂相似	
换热器结构	桶式	列管式及螺旋圈板	列管	列管	列管螺旋圈板	螺旋圈板	列管式	列管	昆相	螺旋圈板	二投列管式		
操作温度 °C	500~520	420~500	420~520	480		480				500	470		
操作压力 kg/cm ²	530	320	155 260	320	320	320 设计	320	320	320	320	320		
材质	不锈钢	过去用碳钢现在用不锈钢	10#碳钢 不锈钢	不锈钢	18~8	不锈钢	碳钢 不锈钢	不锈钢	碳钢	不锈钢	不锈钢		
寿命, 年	1	碳钢2年 不锈钢6年	碳钢4年 不锈钢12~15年	8~9Cr5 MO只1年	4~6	投产不久	2月~2年 ICr18Ni9Ti 3年	2年	碳钢1年 不锈钢2年	碳钢2.5年 (过去)	尚在用		

小化肥厂则由于操作条件不稳定，开停车次数频繁，触煤周期短，碳钢内件只能用一年左右（也有个别长达两年的）。不锈钢内件也只能用2~3年。

(一) 碳钢内件：要车采用10#钢。这种钢含碳量较低。抗氢腐蚀性能较好。含碳量较高的寿命就短得多。大连化工厂低压系统的情况可以说明这一点。

1. 10#碳钢内件：1970年以前，大化1#、2#两系统所用内件含碳量在0.08~0.12%范围内，均正常使用了一个触煤周期。在用到1530天及1536天吊出换触煤前，未发现有内件损坏迹象。取样分析厚22mm的触煤筒，内外表层机械性能尚好， $\sigma_b=34.7\text{kg/mm}^2$ ， $\delta_5=41.8\%$ ，中心部份机械性能很差 $\sigma_b=26\text{kg/mm}^2$ ， $\delta_5=16.3\%$ 。钢板分层现象十分严重。触煤筐冷气管 $\sigma_b=32\text{kg/mm}^2$ ，压扁至 $\frac{1}{2}$ 高度即裂成四片。

2. 含碳较高的碳钢：大化1970年换上的一台内件，触煤室内部结构为单管并流。下部为螺旋板式换热器。所用板材及管材含碳量高达0.17%只用半个月即发现漏气现象，勉强用到8个月。往分吊内件时，触煤筐自环焊缝外断掉，触煤层内冷管亦脆断。

(二) 不锈钢内件：一般不锈钢内件使用6年左右，即已严重腐蚀，在压扁试验中，当压下量达到 $\frac{1}{2}$ 直径高度时，管内表面及外表面出现0.5~1mm深的裂纹，此时内件如有小量损坏修补施焊非常困难。

(三) 影响内件使用寿命的其它原因：

1. 设计结构不合理，调查中有的内件考虑温发补偿不够，以致焊接处裂开。

2. 操作不稳定，触煤中毒情况经常发生。触煤效率降低，内件损坏，电炉损坏等。凡发生需吊出内件的事故时，如内件为碳钢材料所制，一经吊出，则无法继续使用。

六、合成塔内件用新钢种的研制情况

合成塔内件的操作温度虽然较中置式锅炉高，但合成塔内部承受的压差小，因而对钢材强度要求不太高。

当前试用于内件的新钢种有10MOVNbTi(车101)、10MOVWb

(草106)、08SiWMOTiNb等。

(一) 10MOVNbTi(草101)及10MOWNb(106):

1. 嘉定化肥厂用草106制内件一套, 已用8个月, 仍在继续使用。

2. 丹阳化肥厂用草101制合成塔内换热器一台, 试用21个月, 花板的焊接处有几根管子脱开, 管子还可继续使用。

3. 衢州化工厂用草106与草101相配合制内件一套, 尚未使用。

(二) 08SiWMOTiNb:

这是鞍钢钢研所最近在上海化工研究院进行筛选性腐蚀试验中选出的。

一次试验结果如下:

	σ S kg/mm ²	$\delta 5\%$	冷 弯
450°C 正火 + 回火 300小时	空白 35 试验后 30	28 24	180° 未裂 180° 微裂
500°C 热轧状态 300°C 小时	空白 36 试验后 37	31 31	180° 未裂 180° 未裂

焊接及加工性能有待试验研究, 上海拟试用于小合成塔内件。

七 抗氢钢:

目前国丹大型合成塔厂主要有美国凯洛格及丹麦托普索两种流程。这两个流程都需用大量抗氢钢, 现根据部分资料将该流程中采用的抗氢钢制设备、介质及操作温度、压力、氢分压等列入后面两个表中。

据初步概算, 美国凯洛格公司流程, 每年产氨30万吨的厂全厂约需一万吨钢, 其中合金钢约一千吨。

合成塔内件触媒网用因科洛-600(Ni75、Cr25)。

国外抗氢钢的选定均按纳尔逊曲线选择。

合成塔内不再有电炉, 在塔前另置一开工炉, 供开工时触媒还原加热工艺气体用。其操作条件为520°C压力100kg/cm², 氢氢混合气, 氢含量为3%以下。

因合成塔后采用锅炉给水予热器, 需提高合成塔入口气体温度,

因此合成塔壁温也随之升高，达到 260°C ，因而采用0.5MO钢。

我国目前正在组织进行大型化肥厂的翻版设计工作，对抗氢钢也准备着手进行研制。

八、关于今后工作的几点意见：

抗氢氮氨腐蚀用钢的研制任务早在1967年即已提出，由于试制、试验过程中困难较多，周期较长，抓得不紧，以致到目前还没有成熟的钢种可以在生产中推广使用。通过调查，明确了抗氢氮氨腐蚀用钢的方向，今后的任务是冶金、一机、燃化三个部门的有关单位共同协作将这项工作切实抓紧，加快研究速度，为我国社会主义建设作出贡献。

对今后工作的意见：

(一) 前置式锅炉用材的研究：其使用条件较为苛刻，要求在 $450\sim 480^{\circ}\text{C}$ 温度范围内，在 $320\text{kg}/\text{cm}^2$ 氢氮氨介质中，具有足够的强度和耐蚀能力。当前在钢材的研制方面还处于初步摸索阶段。需要着手研制用于前置式锅炉的新钢种。对衡化选用的204钢亦应进一步做工作。

(二) 中置式锅炉用材的研究：其使用温度为 400°C 以下，要求在 $320\text{kg}/\text{cm}^2$ 氢氮氨介质中具有相当的强度及耐蚀能力。草106钢在冶炼、轧制、焊接、质蚀性能等方面已做了很多工作。该钢种可在中置式锅炉上试用。

此外，还有必要研制新的通用于中置式锅炉的新钢种。

(三) 合成塔内件用钢的研究：小合成氨厂内件基本上是采用碳钢，使用寿命很短，每年更换内件需大做钢材，因此解决小厂内件用材很有意义。合成塔内件操作温度较高达 520°C ，压力为 $320\text{kg}/\text{cm}^2$ 。由于内件在操作中所承受的压力差较小，温度较薄，所以对强度要求不严，但要有很高的抗腐蚀性能。在这方面草101草106均已做了不少试用工作，有待进一步扩大试验。鞍钢钢研所研制的08SiWMOTiNb也准备在小化肥内件上试用。以上三种钢要做好试用的总结工作。

此外，还有必要进行合成塔内件用材的筛选工作。

(四) 抗氢钢的研究：由于化肥厂（尤其是大厂）需使用大量抗氢