

化学肥料译文集

大型合成氨厂的 事故及处理

石油化学工业出版社

大型合成氨厂的 事故及处理

化学工业出版社

化学肥料译文集

大型合成氨厂的事故及处理

四川省化工第一设计院等译

石油化学工业出版社

为大力支援农业，加速我国化肥工业技术的发展，本着洋为中用的精神。我们拟组织翻译国外有关化肥工业生产方面的技术资料，为我国从事化肥生产的工人和工程技术人员提供参考。大型合成氨厂的事故及处理作为该译文集的一部分，共包括19篇文章。主要介绍国外大型合成氨厂（指单系列规模日产600~1000吨氨）在开工和生产过程中曾遇到的问题和事故，并对这些问题和事故作了较详细的分析，提出了预防的措施。

译文在编译过程中，作了必要的删改。

本书可供从事合成氨工业生产的工人、工程技术人员和有关领导干部阅读和参考。

本书由四川省化工第一设计院、上海化工研究院及辽宁省石油化工设计院翻译。最后经四川省化工第一设计院校订。

化学肥料译文集
大型合成氨厂的事故及处理
四川省化工第一设计院等译

*

石油化学工业出版社 出版

（北京和平里七区十六号楼）

石油化学工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 850 × 1168 ¹/₃₂ 印张 6 ³/₈

字数 166 千字 印数 1—8,350

1976年7月第1版 1976年7月第1次印刷

书号 15063·化64 定价0.62元

限国内发行

前 言

这里所指的大型合成氨厂，是指单系列规模日产600~1000吨的氨厂而言。

这种单系列大型合成氨厂的出现，是六十年代合成氨工业的一项重要技术革新。它与原中型厂相比，经济上有一定的优越性，投资省；生产成本低；劳动生产率高，所以，近年国外发展很快。但由于大型氨厂是单机生产，且能力大，生产上各个环节相互牵连密切，因此要充分发挥上述优越性，就必须精心操作，预防事故，尽量减少停车，保持高的开工率，很重要。否则，工厂不能连续或满负荷运转，不仅不能充分发挥大型化的优点，有时造成的经济损失还更大。

我们收集到一些国外大型氨厂在开工和生产过程，曾遇到的一些问题或事故的文章，这些文章反映的问题，都曾程度不同的影响了工厂的顺利投产。吸取国外的经验教训，引为借鉴，现选择部分文章，编译成册，供国内有关单位参考。

本书由四川省化工第一设计院、上海化工研究院、辽宁省石油化工设计院共同翻译。由于时间匆忙，水平有限，可能存在缺点和错误，请读者批评指正。

在编译过程中，曾得到沈阳鼓风机研究所、石油化学工业部科技情报研究所、石油化学工业部石油化工规划设计院等单位的支持和帮助，特此致谢。

译者

一九七四年十月

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一下，学那些和我国情况相适合的东西，即吸取对我们有益的经验，我们需要的是这样一种态度。

目 录

1. 论大型氨厂的开工	1
2. 大型装置运转的可靠性和安全性	12
3. 石脑油蒸汽转化装置的操作问题	21
4. 一段转化炉的触媒管	35
5. 一段转化炉炉管需要特殊考虑的问题	48
6. 转化管内壁局部块状结垢的研究	56
7. 甲烷蒸汽转化炉的事故	67
8. 转化气输气总管的破裂事故	74
9. 蒸汽转化炉的安全控制	83
10. 合成气压缩机的事故	91
11. 合成气压缩机应力腐蚀事故	98
12. 转化气第一废热锅炉的破裂事故	105
13. 废热锅炉的损坏事故	115
14. 合成氨水冷器的脆裂	123
15. 再评外水夹套	132
16. 对合成氨工业腐蚀事例的分析和防腐措施	148
17. 大型氨厂	161
18. 大型装置的技术可靠性	174
19. 有关改良法热钾碱脱碳装置所用填料的问题	188

论大型氨厂的开工

J.A.芬纳兰 N.J.斯威尼 T.G.哈铁森

近年来把投资集中到大型化工厂去的趋势有所增长。例如，五年前具有代表性的氨厂的规模为360吨/日^①，硝酸装置规模为300吨/日，乙烯装置规模为1~2亿磅/年。而目前典型新建氨厂的规模已增大到600~1500吨/日，其中最通用的规模为1000吨/日。硝酸装置的规模为500吨/日，而乙烯装置的规模则为7.5~10亿磅/年。

对大型装置进行技术经济论证时，不可避免地要考虑开工所需时间这样一个难以准确估计的因素。因为过去缺乏有关大型装置开车情况的报导，这方面的资料即使有也不多，而且不足以对新建的大型装置开车所需时间作出正确的估计。不过如本文后面所述，大型合成氨厂的实际开车延误，对投资回收年限的影响并不显著。这个结论是在研究了21个大型氨厂的数据之后得出的。

过去四年中凯洛格公司承签过34个大型合成氨装置合同。本文执笔时(1968年)已掌握了这批工厂中21个厂的开工经历。这可以算得上是一套珍贵的工业数据。将这些资料加工整理，供那些从事工厂设计和对新设计进行分析者使用，肯定是有价值的。

本文所谈到的这21套合成氨装置，因规模为600~1000吨/日不等，而原料又有天然气、炼厂气及轻油之差，故设计是略有出入的。但由于各厂机器设备的选型基本相似，故这些设计上的差异对装置开车过程的影响不大。这些厂的基本工艺过程是脱硫，两段转化，中、低温变换，脱碳，甲烷化，压缩及氨的合成。转

①本文“吨”均指短吨。——译者注

化压力400~500磅/时²(表压),副产蒸汽1500磅/时²(表压),合成压力2200磅/时²(表压),使用透平压缩机。其基本流程如图1-1所示:

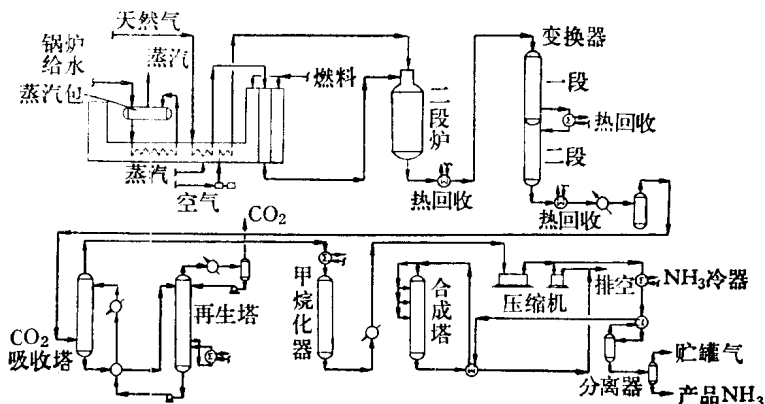


图 1-1 大型单系列氨厂流程图

一个典型的大型氨厂,从签订合同到满负荷生产约需20个月,其时间分配大致如下:

项	目	所需时间
设计		3个月
设备交付		5个月
施工		10个月
联动试车及化工试车		2个月
共	计	20个月

这里,设计、设备交付及施工等阶段可以交叉作业,因此,从签订合同到开始“联动试车”这个阶段,可以在18个月内完成。

上述进度表中头18个月的工作,对有经验的承包单位来讲,是可以准确地加以安排,并通过一套完善的设计管理程序对进度加以控制的。但是,试车阶段的进度却很难预计和控制。即使在技术文件中对迅速和顺利开车的程序规定得十分详尽,也是无济

于事的。

下面将扼要地介绍“单体试车”、“联动试车”及“化工试车”的内容和区别。当施工接近尾声时,在施工单位的指导下进行“单体试车”,其内容包括:泵类及其驱动设备的“对中”,将润滑及密封油装入系统并打循环,电机转动方向的查对,安全阀的试压与安装,透平机的热调,装填触媒,离心压缩机的单体试运转,工艺管线的吹扫或冲洗以及烘炉等等。当以上一系列工作完成后就可以考虑“联动试车”了。这些工作一般可以在整个施工结束之前完成。

“联动试车”是在操作部门指导下进行的,其内容包括:向冷却水系统充水并打循环,锅炉水处理系统(树脂)的活化,锅炉点火并开始产生蒸汽以及用蒸汽或空气吹扫管线等。

“化工试车”从投料开始。氨厂的“化工试车”包括以下步骤:

- 1. 一段炉投料并提高炉温 1天
- 2. 开动空压机并向二段炉送气 1天
- 3. 中变触媒还原 4天
- 4. 往吸收塔送气并稳定脱碳系统 2天
- 5. 甲烷化触媒还原 3天
- 6. 启动冰机并调整制冷系统 4天
- 7. 低变触媒还原 6天
- 8. 低变炉加量 2天
- 9. 启动氢氮气透平压缩机并投入动转 3天
- 10. 合成系统气密试验 3天
- 11. 合成触媒还原及活化 8天
- 12. 产品氨入库 0天
- 13. 调整操作并增加负荷 3天
- 共 计 40天

这里把“化工试车”阶段分成13个基本步骤是一种简化的作法,实际上其中包含着许多独立的操作过程。对上述每项操作步骤所规定的时间只是一种估计,其中已考虑了工厂第一次开车时

操作条件较差, 检验设备要多预留一些时间的问题。以上13个基本步骤所需时间的日数总和为40天, 但由于某些步骤可以交叉进行, 故排成进度表来看, 总的“化工试车”过程仅为30天。

上述典型开车程序也有一些例外, 这些例外多半是由于有外部的氢气来源可兹利用。这时, 低变及合成的触媒还原可不遵循上述程序。

上面介绍的典型开工程序已考虑了各种试验和调整所需的时间, 但不包括可能导致延误几天甚至数周的那种试车中断情况。有经验的设计总负责人把这张进度表只看作是一个理想的进度。在实际安排进度时, 还要根据目前已经掌握的一些资料对上述理想进度表作适当的调整。

“单体试车”及“联动试车”所需的时间也可以事先作出计划, 而且由于这类试车中的大部分操作都是一般性的, 时间可以估计得相当准确。致于“化工试车”虽然通常都进行十分细致的计划和安排, 但试车所需的实际时间仍然是难以预计的或几乎是无法预计的。因为不管计划做得多么周密, 仍会有大量故障发生。

设备交付及施工阶段发生的脱节现象, 一般可以不打乱总进度, 而采取突击措施解决。但试车阶段的事故却经常使投产日期延误。

21个大型氨厂的实际开车数据如表1-1所示, 每个厂的开车

表 1-1 大型合成氨装置实际开车日数

装 置 序 号	工厂能力 吨/日	原料类别	开 工 日 数		
			从投料到出首批产品		从投料到满负荷 日 数
			日 数	累 积 %	
1	600	天然气	17	4.8	33
2	600	天然气	19	9.5	58
3	600	天然气	24	14.3	43
4	1000	天然气	25	19.0	43
5	1000	天然气	26	23.8	42
6	1000	天然气	26	28.6	100
7	825	石脑油	26	33.3	35

续表

装 置 序 号	工厂能力 吨/日	原料类别	开 工 日 数		
			从投料到出首批产品		从投料到满负荷 日 数
			日 数	累 积 %	
8	1000	石脑油	27	38.1	47
9	600	天然气	27	42.8	43
10	600	天然气	39	47.6	44
11	1000	天然气	43	52.4	160
12	1000	天然气	44	57.2	89
13	1000	石脑油	53	61.9	—
14	1000	石脑油	54	66.7	—
15	1000	天然气	55	71.4	63
16	1000	石脑油	61	76.2	—
17	600	炼厂气	63	81.0	68
18	1000	天然气	66	85.7	253
19	1000	天然气	67	90.5	217
20	1000	天然气	99	95.2	115
21	1000	天然气	113	100.0	133

日数都用两组数字来表示，即：

1. 从投料到得出首批产品期间的日数。
2. 从投料到满负荷生产期间的日数。

在本文中后一个数字才称作“开车日数”。

表中所列21个工厂都得到了产品氨，其中18个厂通过试车达到了满负荷。三个厂未达满负荷，其中两个厂是由于各种设备所限，通常产量还不到90%，另一个厂则在正常开车阶段接近过满负荷。

图 1-2 是这些工厂得到首批产品氨的经验数据。从图中可以看出，43%的工厂，投料后27天内得到首批产品，75%的工厂是在60天内得到首批产品的。这和上述

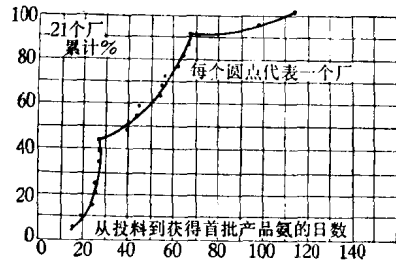


图 1-2 21个厂从投料到获得首批产品的数据

“理想进度”——23天首次出氨出入不大。看来后者还是切合实际的，因为最常见的出氨时间是26天。

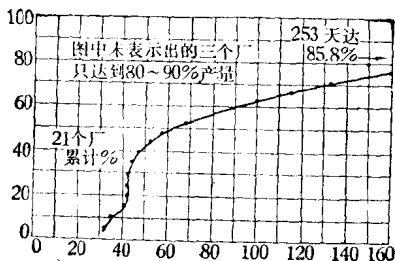


图 1-3 21个厂从投料到满负荷生产的数据

图 1-3 是达到满负荷生产的数据（该图已将三个未达满负荷运转的工厂考虑在内）。其中有 40% 的工厂在投料后 50 天内达到满负荷，70% 的工厂是在 130 天内达到满负荷的。按原计划进度规定从出氨到满负荷生产是 9 天时间，而图 1-2 与图 1-3

相比较，从出氨到满负荷生产的时间是 17 天，这表明原计划进度规定的时间太短。从图中还可以看出，如果投料后 50 天内还达不到满负荷的话，时间往往就要拖的很长了。

为了比较，让我们回顾一下旧的小型装置。这些装置从投料到出氨需要 4 周时间，根据往复压缩机操作好坏之不同，从出氨到满负荷还需约 2 周时间。这样，新的大型装置在开车运行方面的中等成绩实已非常接近小厂的水平。

最接近实际情况的一些开车经验表明，在出氨日期上只比“理想进度表”晚三天，比达到满负荷的日期只晚 14 天。因此，我们准备对开工中产生延误的原因进行一些分析。

前些时候霍尔罗伊德(Holroyd)^[1]曾报导过：造成开工困难的有 10% 是设计问题，16% 是施工问题，61% 是设备不良，另外的 13% 是操作失误。兰多(Landau)^[2]指出：工厂故障有 75% 是由于设备损坏，20% 由于设备不恰当，5% 是工艺方面的原因。

为便于分析起见，本文将开工延误原因分为四点：

一、开车操作条件不正常

开车时往往遇到一些超出设备原定操作条件的困难。一个典型的例子是相继出现两次意外事故：例如，一台大型透平“跳

车”^①后,接着又发生透平副线自动阀误操作或不动作,其结果是蒸汽系统失去平衡被迫停车,造成时间上的延误;另一个例子是有一次开车操作条件异常,引起管线震动并导致严重的“共震”。这类震动问题通常是难以预见的,只好停车增设减震措施。

二、施工质量影响

属于这方面的问题有:施工完以后残留在设备中的异物造成开工操作困难等,这些异物包括电焊条,各种金属碎片以及油污等。此外,由于管道焊口漏泄而造成的开车故障亦属于这一类问题。高压管道漏泄若不及时停车修理,通常肯定会愈来愈严重。

三、设备问题

这方面故障包括大量各种各样的问题,但这些问题有一个共同特征,即设备没有按照技术要求或图纸加工制造。这些问题关系到用材不当,组装不正确或不完善以及没有按照规定的公差加工等等。大多数这种情况都曾引起停车返修并造成时间上的延误。

四、操作人员失误

凡因操作人员失误而导致时间延误的全部事故都属于此类(当然有些事故是由于开车指导错误造成的)。

我们对15个工厂的开车(操作时间合计1300天)进行了调查和统计后,对引起开工延误的事故分析如下:

1	开车操作中难以预料的情况	15%
2	施工质量影响	14%
3	设备问题	56%
4	操作人员失误	15%

这份调查材料与霍尔罗伊德所作统计基本一致。并可以看出设备问题是关系到开车运行中的最重要因素。这类设备事故缺乏

① 即自动停车。——译者注

规律性，这和这批工厂开车运行情况缺乏规律性有关。一个氨厂有将近200台设备，那怕是占总数很小一部分的几个设备有问题，都足以形成开工延误的主要原因。

在拖延进度的其它诸原因中，操作人员失误问题最易于通过事先妥善安排计划而加以改善。工厂负责人对此应负起责任来。这类新的大型装置比起小型装置来，虽然并不需要更熟练的人员，但当然也不能只靠最低限度的几个操作人员或不熟练者去进行开车。由于停车会引起经济上的损失，操作人员在可能情况下总希望能尽量维持运转。而且突然性的停车次数加多会增加设备损坏的机会，操作人员也应当认识这个操作原则。

下面再利用收集到的大型氨厂开车数据，从经济意义方面进行一些分析。凡参加过大型装置开车指导工作的人员都很清楚，为了经济上的利益人们总是想把工厂维持不停车。因为，如果一座1000吨/日氨厂正常生产，每天就有4万美元左右的收入，若不生产就没有收入。大型装置的收入是可观的，因而开车顺利与否在经济方面受到外界的压力也是很大的。这就是操作人员的开车经济观点。

然而也还有另外一种看问题的方法，也就是长远的财政观点。作为一个操作人员，关心当前及今后几个星期乃至几个月的生产情况本来是正确的，但工厂的财政负责人最关心的是，工厂在报废之前所能得到利润的多寡或返本期长短这个问题。我们利用调查所得的实际开工时间作为主要参数，计算出工厂返本期的一些数值，以便于考核开车问题对整个技术经济论证所起的影响。

上面已经提到过，运行良好的新的大型装置比起几套小型装置来，在经济上占压倒优势。我们在作比较时在单价选定方面，故意采用那些对小厂显然是不利的数字。譬如，我们一方面把燃料定价为每百万Btu20美分，另一方面又把每吨氨的出厂价格定为30美元就是一例。其实这个价格比小厂成本还低，这样做的目的是为了证明：我们在论证开车时间对大型装置在经济上的影响时，所用的价格结构如用于小厂，即使这些小厂开车和操作都非

常顺利，在经济上仍很不利。

计算过程中开车阶段的工人工资、维修费、税金及经常费按100%计，触媒、化学药品及水电费用每吨氨按1.26美元计。开车时天然气耗量按设计的75%考虑，而氨产量按设计的50%计。

氨厂的投资和成本费用列于表1-2，大型氨厂开车延误和投产

表 1-2 日产1000吨规模合成氨厂的投资与成本

工厂投资		17,500,000美元
流动资金		3,200,000美元
首次填充的触媒及化学品费用		600,000美元
每吨产品氨的生产成本:		
天然气	(每百万 Btu 20美分)	6.4 美元
电	(每瓩小时 0.9 美分)	0.22美元
水	(每千加仑 10 美元)	0.34美元
触媒及化学品	—	0.70美元
工人工资	(每小时按 4 美元计)	0.90美元
维修费	(每年按投资 4 % 计)	2.02美元
税金及保险费	(每年按投资 1.5 % 计)	0.75美元
经常费	(每年按投资 3 % 计)	1.46美元
合 计		12.80美元

后，头几年因开工率不高对返本期（用投资返本率表示）影响的计算结果列于表1-3。

表 1-3 日产1000吨合成氨厂的投资返本率

	开工时间 月 数	操 作 负 荷(%设计能力)				投 资 返 本 率
		第一年	第二年	第三年	第四年	
天然气 单价按每 百万 Btu 50 美分	2	100	100	100	100	17.38
	6					16.26
	12					14.82
	2	80	90	100	100	15.76
	6					15.06
	12					13.76
	2	20	50	80	100	11.56
	6					10.90
	12					9.98

续表

	开工时间 月 数	操 作 负 荷(%设计能力)				投 资 返 本 率
		第一年	第二年	第三年	第四年	
天然气 单价按每 百万 Btu 20 美分	2	100	100	100	100	16.14
	6					15.26
	12					14.10
	2	80	90	100	100	14.68
	6					14.12
	12					13.80
	2	20	50	80	100	10.68
	6					10.16
	12					9.42

对于“中等”的开车时间，即从投料到满负荷为2个月，投资返本率为16.14%，若开车拖延达6个月之久，则返本率降为15.26%。请读者注意：我们调查的这21个厂中，有50%的工厂开车时间是在2个月以内，而75%的工厂开车时间不超过4个月。假若开车时间长达一年，则返本率下降到14.10%。

由此可见，开车时间每拖延一个月其返本率只不过大约下降0.2%。从这些工厂的开车实际经验可以看出，即便是价格结构很不利的情况下，仍可以作出“开车时间长短对返本率的影响很小”这样的结论。我们还采用了另外一种价格结构（天然气50美分，每吨氨41美元）进行计算，其结果也是这样。

开车时要特别注意校正并保持全部自控仪表及安全阀的良好工作情况。维修工作不但要做得快和仔细，而且要做彻底和注意整洁。试想，氨厂只有一台锅炉给水泵，如果在检修后，泵及压缩机吸入口处残存有废棉纱，其后果将会多么严重。所以加强在开车期间的检修力量，使工作尽快达到满负荷运转是很有必要的。

为了证实上述说法的正确性，我们又按天然气价格50美分，开车后达到100%负荷，开工期因加强检修力量而由12个月缩短为6个月等条件，对返本率作了计算，结果返本率由14.82%