

# 重庆天原化工总厂压力容器爆炸重大事故

2004年4月16日,重庆天原化工总厂发生爆炸和氯气泄漏事故,9人死亡,3人受伤,近15万人疏散。

## 一、 事故概况

2004年4月15日21时,重庆天原化工总厂氯氢分厂1号氯冷凝器列管腐蚀穿孔,造成含氨盐水泄漏到液氯系统,生成大量易爆的三氯化氮。16日凌晨发生排污罐爆炸,1时33分全厂停车,2时15分左右,排完盐水后4h的1号盐水泵在静止状态下发生爆炸,泵体粉碎性炸坏。

16日17时57分,在抢险过程中,突然听到连续两声爆响,液氯储罐内的三氯化氮突然发生爆炸。爆炸使5号、6号液氯储罐罐体破裂解体并炸出1个长9m、宽4m、深2m的坑,以坑为中心,在200m半径内的地面上和建筑物上有大量散落的爆炸碎片。爆炸造成9人死亡,3人受伤,该事故使江北区、渝中区、沙坪坝区、渝北区的15万群众疏散,直接经济损失277万元

## 二、 事故经过

2004年4月15日白天,化工总厂处于正常生产状态。15日17时40分,该厂氯氢分厂冷冻工段液化岗位接总厂调度令开启1号氯冷凝器。18时20分,氯气干燥岗位发现氯气泵压力偏高,4号液氯贮罐液面管在化霜。当班操作工两度对液化岗位进行巡查,未发现氯冷凝器有何异常,判断4号贮罐液氯进口管可能有堵塞,于是转5号液氯贮罐(停4号贮罐)进行液化,其液面管也不结霜。21时,当班人员巡查1号液氯冷凝器和盐水箱时,发现盐水箱氯化钙( $\text{CaCl}_2$ )盐水大量减少,有氯气从氨蒸发器盐水箱泄出,从而判断氯冷凝器已穿孔,约有4 m<sup>3</sup>的 $\text{CaCl}_2$ 盐水进入了液氯系统。

发现氯冷凝器穿孔后,厂总调度室迅速采取1号氯冷凝器从系统中断开、冷冻紧急停车等措施。并将1号氯冷凝器壳程内 $\text{CaCl}_2$ 盐水通过盐水泵进口倒流排入盐水箱。将1号氯冷凝器余氯和1号氯液气分离器内液氯排入排污罐。

15日23时30分,该厂采取措施,开启液氯包装尾气泵抽取排污罐内的氯气到次氯酸钠的漂白液装置。16日0时48分,正在抽气过程中,排污罐发生爆炸。1时33分,全厂停车。2时15分左右,排完盐水后4h的1号盐水泵在静止状态下发生爆炸,泵体粉碎性

炸坏。

险情发生后，该厂及时将氯冷凝器穿孔、氯气泄漏事故报告了化医集团，并向市安监局和市政府值班室作了报告。为了消除继续爆炸和大量氯气泄漏的危险，重庆市于16日上午启动实施了包括排险抢险、疏散群众在内的应急处置预案，16日9时成立了以一名副市长为指挥长的事故现场抢险指挥部，在指挥部领导下，立即成立了由市内外有关专家组成的专家组，为指挥部排险决策提供技术支撑。

经专家论证，认为排除险情的关键是尽量消耗氯气，消除可能造成大量氯气泄漏的危险。指挥部据此决定，采取自然减压排氯方式，通过开启三氯化铁、漂白液、次氯酸钠3个耗氯生产装置，在较短时间内减少危险源中的氯气总量；然后用四氯化碳溶解罐内残存的三氯化氮（ $\text{NCl}_3$ ）；最后用氮气将溶解 $\text{NCl}_3$ 的四氯化碳废液压出，以消除爆炸危险。10时左右，该厂根据指挥部的决定开启耗氯生产装置。

16日17时30分，指挥部召开全体成员会议，研究下一步处置方案和当晚群众的疏散问题。17时57分，专家组正向指挥部汇报情况，讨论下一步具体处置方案时，突然听到连续2声爆响，液氯贮罐发生猛烈爆炸，会议被迫中断。

据勘察，爆炸使5号、6号液氯贮罐罐体破裂解体并形成一个大坑，坑长9m、宽4m、深2m。以坑为中心，约200m的地面和构、建筑物上有散落的大量爆炸碎片，爆炸事故致9名现场处置人员因公殉职，3人受伤。

### 三、 事故原因分析

事故调查组认为，天原“4·16”爆炸事故是该厂液氯生产过程中因氯冷凝器腐蚀穿孔，导致大量含有铵的 $\text{CaCl}_2$ 盐水直接进入液氯系统，生成了极具危险性的 $\text{NCl}_3$ 爆炸物。 $\text{NCl}_3$ 富集达到爆炸浓度和启动事故氯处理装置振动引爆了 $\text{NCl}_3$ 。

直接原因：

1) 设备腐蚀穿孔导致盐水泄漏，是造成 $\text{NCl}_3$ 形成和聚集的重要原因。根据重庆大学的技术鉴定和专家的分析，造成氯气泄漏和盐水流失的原因是氯冷凝器列管腐蚀穿孔。腐蚀穿孔的原因主要有5个方面：一是氯气、液氯、氯化钙冷却盐水对氯冷凝器存在普遍的腐蚀作用；二是列管内氯气中的水分对碳钢的腐蚀；三是列管外盐水中由于离子电位差对管材

发生电化学腐蚀和点腐蚀；四是列管与管板焊接处的应力腐蚀；五是使用时间已长达 8 年并未进行耐压试验，使腐蚀现象未能在明显腐蚀和腐蚀穿孔前及时发现。

调查中还了解到，液氯生产过程中会副产极少量  $\text{NCl}_3$ 。但通过排污罐定时排放，采用稀碱液吸收可以避免发生爆炸。1992 年和 2004 年 1 月，该液氯冷冻岗位的氨蒸发系统曾发生泄漏，造成大量的氨进入盐水，生成了含高浓度铵的  $\text{CaCl}_2$  盐水（经抽取事故现场  $\text{CaCl}_2$  盐水测定，盐水中含  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{NH}_3$  总量为 17.64 g/L）。由于 1 号氯冷凝器列管腐蚀穿孔，导致含高浓度铵的  $\text{CaCl}_2$  盐水进入液氯系统，生成了约 486 kg（理论计算值）的  $\text{NCl}_3$  爆炸物，为正常生产情况下的 2600 余倍。这是 16 日凌晨排污罐和盐水泵相继发生爆炸以及 16 日下午抢险过程中演变为爆炸事故的内在原因。

2)  $\text{NCl}_3$  富集达到爆炸浓度和启动事故氯处理装置造成振动，是引起  $\text{NCl}_3$  爆炸的直接原因。经调查证实，该厂现场处理人员未经指挥部同意，为加快氯气处理的速度，在对  $\text{NCl}_3$  富集爆炸危险性认识不足的情况下，急于求成，判断失误，凭借以前的操作处理经验，自行启动了事故氯处理装置，对 4 号、5 号、6 号液氯贮罐及 1 号、2 号、3 号汽化器进行抽吸处理。在抽吸过程中，事故氯处理装置水封处的  $\text{NCl}_3$  因与空气接触和振动而首先发生爆炸，爆炸形成的巨大能量通过管道传递到液氯贮罐内，搅动和振动了罐内的  $\text{NCl}_3$ ，导致 5 号、6 号液氯贮罐内的  $\text{NCl}_3$  爆炸。

间接原因：

1) 压力容器日常管理差。检测检验不规范，设备更新投入不足。①国家质量技术监督局《压力容器安全技术监察规程》（以下简称《容规》）第 117 条明确规定：“压力容器的使用单位，必须建立压力容器技术档案并由管理部门统一保管”，但该厂设备技术档案资料不齐全，近 2 年无维修、保养、检查记录，压力容器设备管理混乱。②《容规》第 132 条、133 条分别规定：“压力容器投用后首次使用内外部检验期间内，至少进行 1 次耐压实验”。但该厂和重庆化工节能计量压力容器监测所没有按照该规定对压力容器进行首检和耐压实验，检测检验工作严重失误。发生事故的氯冷凝器在 1996 年 3 月投入使用后，一直到 2001 年才进行首检，2002 年 2 月进行复检，2 次检验都未提出耐压试验要求，也没有做耐压试验。致使设备腐蚀现象未能在明显腐蚀和腐蚀穿孔前及时发现，留下了重大事故隐患。③该厂设备陈旧老化现象十分普遍，压力容器等安全设备腐蚀严重，设备更新投入不足。

2) 安全生产责任制落实不到位，安全生产管理力量薄弱。2004年2月12日，集团公司与该厂签订安全生产责任书以后，该厂未按规定将目标责任分解到厂属各单位和签订安全目标责任书，没有将安全责任落实到基层和工作岗位，安全管理责任不到位。安全管理人员配备不合理，安全生产管理力量不足，集团公司分管领导和厂厂长等安全生产管理人员不熟悉化工行业的安全管理工作。

3) 事故隐患督促检查不力。化工总厂对自身存在的事故隐患整改不力，没有认真从管理上查找事故的原因和总结教训，在责任追究上采取以经济处罚代替行政处分，因而没有让有关责任人员从中吸取事故的深刻教训，整改的措施不到位，督促检查力量也不够，以至于在安全方面存在的问题没有得到有效整改。“2·14”事故后，本应增添盐酸合成尾气和四氯化碳尾气的监控系统，但直到“4·16”事故发生时都未配备。

4) 对  $\text{NCl}_3$  爆炸的机理和条件研究不成熟，相关安全技术规定不完善。国家有关权威在《关于化工总厂“4·16”事故原因分析报告的意见》中指出“目前，国内对  $\text{NCl}_3$  爆炸的机理、爆炸的条件缺乏相关技术资料，对如何避免  $\text{NCl}_3$  爆炸的相关安全技术标准尚不够完善”，“因含高浓度的  $\text{CaCl}_2$  盐水泄漏到液氯系统，导致爆炸的事故在我国尚属首例”。这表明此次事故对  $\text{NCl}_3$  的处理方面，确实存在很大程度的复杂性、不确定性和不可预见性。故这次事故是因为氯碱行业现有技术下难以预测的、没有先例的事故，人为因素不占主导作用。同时，全国氯碱行业尚无对  $\text{CaCl}_2$  盐水中铵含量定期分析的规定，该厂也没有对  $\text{CaCl}_2$  盐水中铵含量做定期分析的规定，该厂  $\text{CaCl}_2$  盐水 10 余年未更换和检测，造成盐水中的铵不断富集，为生成大量的  $\text{NCl}_3$  创造了条件，并为爆炸的发生埋下了重大的潜在隐患。

#### 4 防控措施

“4·16”事故的发生，留下了深刻的、沉痛的教训，对氯碱行业具有普遍的警示作用。

1) 化工总厂有关人员氯冷凝器的运行状况缺乏监控，有关人员对 4 月 15 日夜里氯干燥工段氯气输送泵出口压力一直偏高和液氯贮罐液面管不结霜的原因，缺乏及时准确的判断，没能在短时间内发现氯气液化系统的异常情况，最终因氯冷凝器氯气管渗漏扩大，使大量冷冻盐水进入氯气液化系统。

2) 目前大多数氯碱企业均沿用液氨间接冷却  $\text{CaCl}_2$  盐水的传统工艺生产液氨，尚未对盐水含盐量引起足够重视。有必要对冷冻盐水中含铵量进行监控或添置自动报警装置。

3) 加强设备管理，加快设备更新步伐，尤其要加强压力容器与压力的监测和管理，杜绝泄漏的产生。对在用的关键压力容器，应增加检查、监测频率，减少设备缺陷所造成的安

全隐患。

4) 国内有关氯碱企业应加强 NCl<sub>3</sub> 的防治技术的研究, 减少原料盐和水源中铵形成 NCl<sub>3</sub> 后在液氯生产过程中富集的风险。

5) 尽量采新型致冷剂取代液氨的液生产传统工艺, 提高液氯生产的本质安全水平。