

聚能型外测液位计在氯乙烯储罐的应用

杨冬

鄂尔多斯市君正能源化工有限公司

摘要: 本文介绍了氯乙烯储罐液位检测存在的主要问题及原因, 分析了某化工公司氯乙烯储罐液位测量检测中自聚问题对储罐液位检测的影响, 聚能型外测液位计的应用范围、检测原理、技术特点以及某化工公司氯乙烯储罐液位测量由普通型外测液位计改造为聚能型外测液位计后的应用效果。

关键词: 聚能型外测液位计; 氯乙烯储罐; 声呐

随着化工行业的不断发展, 氯碱企业在国民经济中的地位日益重要。氯乙烯 (VCM) 作为氯碱工业中的关键产品之一, 其储存的安全性和工艺参数测量的准确性直接关系到企业的安全运营和生产效率。然而, 氯乙烯具有易燃易爆、有毒有害等特性, 其储罐液位测量因此面临极高的要求。常见的液位测量方法, 如双法兰差压液位变送器、雷达液位计等, 在氯乙烯储罐的应用中往往存在诸多局限性和安全隐患^[1]。

近年来, 聚能型外测液位计作为一种创新的液位测量技术, 逐渐受到业界的关注。该技术通过安装在容器外壁的测量探头发射及采集声呐信号, 利用聚能型声呐信号转向器将发射能量聚焦回探头, 从而实现非接触式液位测量。聚能型外测液位计不仅具有安装简便、维护方便、测量准确等优点, 还能有效避免与被测介质的直接接触, 降低腐蚀和污染的风险, 特别适用于氯乙烯等特殊介质的液位测量。

本文旨在探讨聚能型外测液位计在氯碱企业氯乙烯储罐液位测量中的应用, 介绍其工作原理、技术特点、

应用优势以及实际应用效果。通过对比分析常见液位测量方法的不足, 以及聚能型外测液位计在氯乙烯储罐中的实际应用案例, 本文将进一步验证聚能型外测液位计在氯碱行业的广阔应用前景和重要的应用价值^[2]。

1 氯乙烯储罐液位检测存在问题及原因分析

在氯碱企业的生产运营中, 氯乙烯储罐的液位检测是确保生产安全、提高生产效率的关键环节。然而实际应用中, 氯乙烯储罐液位检测常面临一系列问题, 这些问题不仅影响检测的准确性, 还可能对生产安全造成潜在威胁。以下是对氯乙烯储罐常见液位检测中存在的主要问题及其原因的分析。

- 1) 仪表选型不当。选用的液位检测仪表与氯乙烯储罐的工况不匹配, 导致测量不准确或无法正常工作。
- 2) 安装问题。液位计安装位置不合理、安装质量不达标, 影响测量效果。
- 3) 测量盲区。液位计测量盲区较大, 无法准确检测储罐底部或顶部的液位变化。

4) 维护不足。液位计长期未进行维护或维护不当, 导致性能下降, 影响测量准确性。

5) 技术缺陷。液位计本身存在设计或制造缺陷, 影响测量稳定性和可靠性。

6) 操作失误。操作人员在使用液位计时未遵循操作规程, 导致测量数据错误或仪表损坏。

7) 环境因素干扰。外部环境因素 (如温度、压力、电磁场等) 对液位计产生干扰, 影响测量准确性。

上述问题涉及仪表选型、安装、维护、技术、操作和环境等多个方面。为解决这些问题, 企业需从多方面入手, 做好液位计的管理和维护工作, 提高操作人员的技能水平和责任心, 同时积极引进新技术、新设备提高液位检测的准确性和可靠性。

2 现场工况及仪表配置

某化工公司共有 12 个 VN=99.8 m³ 立式氯乙烯储罐, 储存供聚合装置使用的液态氯乙烯, 氯乙烯是一种重要的有机化工原料, 广泛用于生产聚氯乙烯 (PVC) 等高分子材料。然而, 氯

乙烯具有多种危险特性，包括易燃易爆、有毒有害等。具体来说，氯乙烯蒸气与空气混合后，能形成爆炸性混合物，其爆炸浓度范围为 3.6% ~ 33% (体积比)。

此外，氯乙烯还具有麻醉作用，对人体健康构成威胁。氯乙烯职业接触限值 PC-TWA : 10 mg/m³，轻度中毒时病人出现眩晕、胸闷、嗜睡及步态蹒跚等情况；严重中毒可发生昏迷、抽搐，甚至造成死亡。皮肤接触氯乙烯液体可致红斑、水肿或坏死。每个储罐安装有 DCS 系统和 SIS 系统独立的远传液位计，DCS 系统使用外测式液位变送器（未配置聚能转向器），SIS 系统使用双法兰差压液位变送器，检测范围 0 ~ 4 m，介质操作温度 50℃、操作压力 0.66 MPa，氯乙烯储罐液位仪表配置见表 1。

氯乙烯储罐内氯乙烯介质存在自聚现象，容易造成磁翻板液位计阻塞翻板、双法兰差压液位变送器取源口堵塞，影响检测；也会造成外测式液位变送器传感器发出的回波信号衰减，使得液位不能检测，需定期将氯乙烯储罐切出系统清理自聚物后恢复安装才能检测，图 1 为双法兰差压液位变送器取源口自聚物。

表 1 氯乙烯储罐液位仪表配置

仪表名称	控制系统	生产厂家	仪表型号	投用日期
双法兰差压液位变送器	SIS	商家 A	EJA118E	2013
外测式液位变送器	DCS	商家 B	ELL	2018

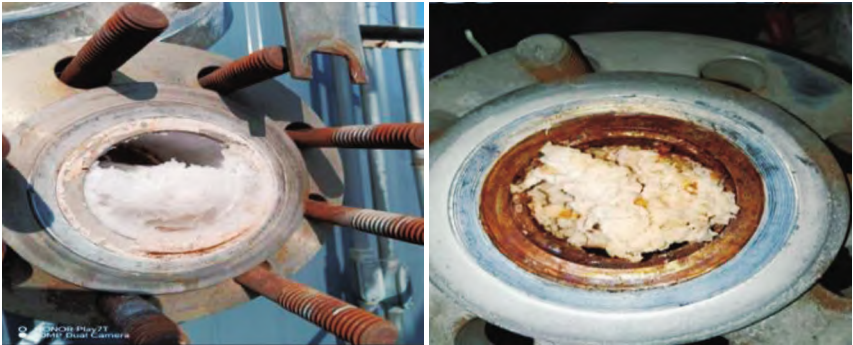


图 1 双法兰差压液位变送器取源口自聚物

表 2 常规液位仪表测量特点

测量方法	液位计代表	优缺点
直读	玻璃板液位计	简单、直观、便宜及精度低，可以作为参考，不便于远传和调节、使用不方便、危险性大
浮力	浮子钢带、浮球式、翻板式液位计等	结构简单、价格较低，不适用于高黏度的液体，液位测量范围较大时笨重，安装困难
静压	扩散硅、单晶硅等	稳定性较好、应用较广泛、理论精度较高，但附加误差可能较大
电容	电容式液位变送器	精度较高，不能测量成分变化的液体
超声波	超声波液位计	不适宜测量粉尘和蒸汽介质
微波	雷达液位计	不接触介质、无可动部件、故障率低及精度高，不适合测量结晶介质

3 液位仪表的选型

3.1 常规液位仪表的测量特点

普通型外测液位计长期使用后，自聚物的积累会造成回波信号变弱、测量盲区增大等问题，降低了仪表的抗干扰能力，导致液位计无法正常测量。常规液位仪表测量特点见表 2，经过与外测液位计生产商共同分析，某化工公司确定使用一套针对立式罐的聚能型外测液位计，这种液位计比普通外测液位计信号更强，能避免沉积、自聚的影响^[3]。

3.2 聚能型外测液位仪表的测量原理及应用特点

测量原理为聚能型外测液位计主要由外测液位计主机、测量探头和聚能转向器组成。测量探头安装在容器外壁上，不接触罐内介质，发射声呐

信号，聚能转向器对声呐信号进行反射，声呐信号沿着垂直液面的方向传播并经液面反射后沿原路返回，测量探头接收回波声呐信号实现测距^[4]。平面转向器能改变声呐信号的传播方向，但是在反射过程中会损耗掉大部分能量，对安装工况有一定的要求，聚能转向器在平板转向器的应用经验和试验数据基础上突破创新，将平面反射改为曲面反射，有效解决反射能量损耗问题，大幅提升信号强度及信噪比，降低安装要求，扩大外测液位计适用范围，提升测量的可靠性和稳定性。图 2 为聚能转向器、平板转向器原理图。

应用特点是更可靠，创新的聚能型声呐信号转向器，能将发射能量的绝大部分都聚焦回探头，能量提升数十倍至百倍，增强声呐信号聚集效果，确保了可靠测量。适用范围广，可以测量更大黏度液体，受罐底严重沉积影响，可以有效减少气泡、容器内部存在多个干扰装置对测量产生的影响。简单便捷，提供磁吸式和焊接式两种转向器固定方式，结构简单，安装简单便捷^[5]。

3.3 聚能型外测液位仪表与常规液位仪表的技术应用对比

1) 安全性高：氯乙烯是一种易燃易爆且有毒的物质，其蒸气浓度达到一定范围时极易引发爆炸和中毒事故。聚能型外测液位计的非接触测量方式避免了测量过程中与氯乙烯的直接接触，大大提高了测量的安全性。

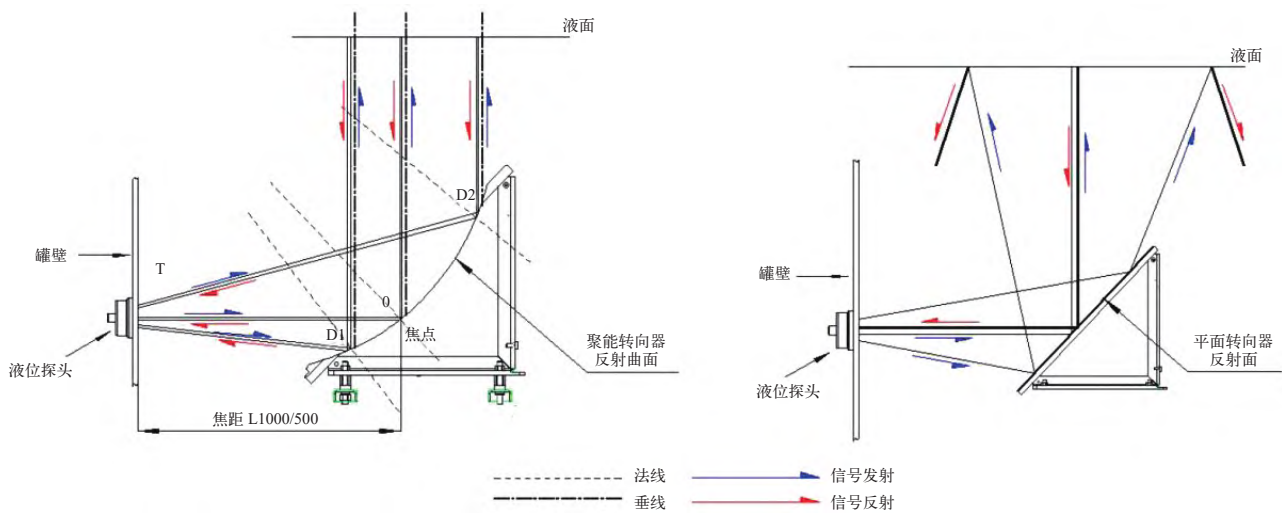


图2 聚能转向器（左）、平板转向器（右）原理图

2) 测量准确: 通过高速信号处理技术和专有算法, 聚能型外测液位计能够精确计算出容器内的液位。同时, 其自动校准功能和多种校准算法进一步提高了测量的精度和稳定性。

3) 维护方便: 由于测量探头和仪表都安装在容器外部, 聚能型外测液位计的维护工作也相对简单。具有无需在容器上开孔、无需复杂的现场标定等特点, 使得其维护工作更加便捷高效^[6]。

4) 适应性强: 氯乙烯储罐在使用过程中可能会受到温度、压力等多种因素的影响。聚能型外测液位计具有自动温度修正、自动固定距离标定等多种校准功能, 能够确保在不同工况下都能实现准确测量^[7]。

3.4 聚能型外测液位仪表的现场适用场景

某化工公司氯乙烯储罐于2023年安装了聚能型外测液位计, 通过安装在储罐外壁上的测量探头和聚能转向器, 该液位计能够实时准确地监测储罐内的液位情况, 并将测量结果通过标准信号输出至控制中心。同时, 其高可靠性和维护便捷性也得到了仪表维修人员的广泛认可。聚能型外测液位计在氯碱企业氯乙烯储罐液位测量中具有显著的应用优势, 是氯碱企业实现安全生产和高效管理的重要工具之一^[8]。

4 项目现场实施

4.1 氯乙烯储罐液位计配置情况

某化工公司共有12个立式VN=99.8 m³氯乙烯储罐, 储罐要求增加液位高低限报警。我们选择了ELL声呐式外贴式液位计, 将液位计模拟信号进入DCS系统, DCS系统设置高低限位报警及联锁, 根据逻辑组态完成氯乙烯储罐的联锁保护功能。

4.2 现场应用

由于储罐无法动火作业, 选择在氯乙烯储罐内增加ELL-ZX磁吸式聚

能换向器, 利用安装在原有位置的变送器, 组合成聚能型外测液位计使用, 利用原仪表配管进行安装调试。经过现场调试, 可将测量传感器声呐信号聚能后返回传感器, 大幅度提升了信号强度, 通过检测, 信号强度比原有液位计信号增强60倍(见图3), 可避免介质沉积、自聚的影响。

4.3 联锁功能

根据工艺控制要求, 氯乙烯储罐液位信号需通过DCS控制系统对储罐区氯乙烯输送泵进行自动控制, 可实

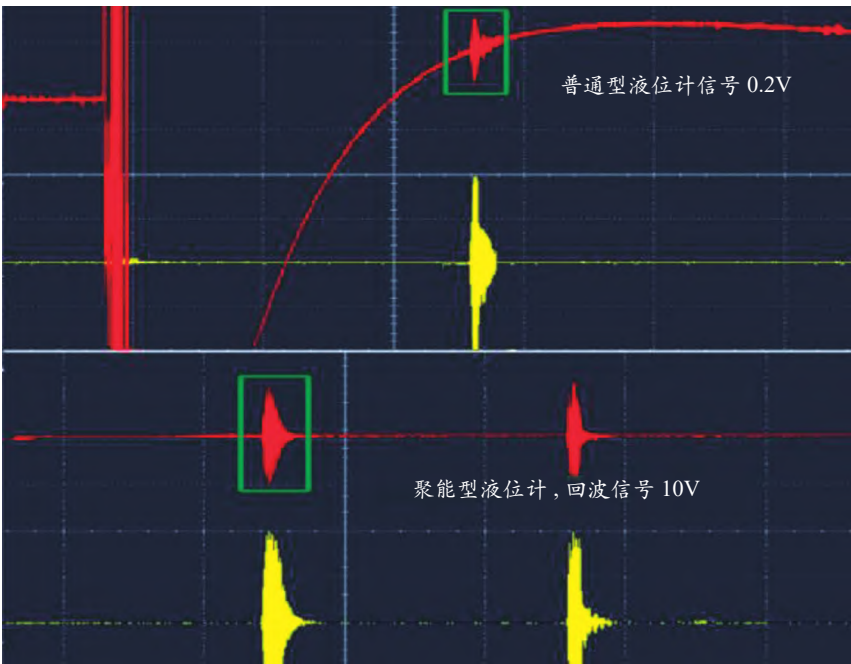


图3 信号强度对比图普通型外测液位计（上）、聚能型外测液位计（下）

现正常开车后启动程序,按照优先级储 罐 J、K、L、A、B、C、D、E、F 顺序依次判定,按照液位≤10%的条件确定当前进料槽:程序运行后,开始判定,当 J 槽液位≤10%(可调)时,开起进料阀 LIA-2501J,待当前进料槽液位≥68%(可调)时,程序继续按照优先级由 J、K、L、A、B、C、D、E、F 顺序判定,J 槽液位不满足液位≤10%,则判定 K 槽液位。K 槽液位≤10%,则开起 K 槽进料阀 LIA-2501K,开起 10 s 后关闭 J 槽进料阀。K 槽液位≥68%后,程序继续按照优先级由 J、K、L、A、B、C、D、E、

F 顺序判定,J 槽液位满足≤10%时,开启进料阀 LIA-2501J,不满足则继续按优先级顺序继续判定,直至选定进料槽并开阀(见图 4)。

5 结语

外测液位计改造施工完全实现了清洁、安全、环保的施工要求,主要体现在没有动火作业,未对压力容器造成变更。相比于其他液位测量设备的安装,避免了与介质的直接接触,未在容器上新增一处法兰或丝扣连接点,避免了改造施工给后期运行带来的危险品跑、冒、滴、漏等隐患。后

期维护方便,相比其他液位计,不用进行开罐,避免了维护中的倒罐及压力放空等操作。通过改造避免了自聚对液位检测的影响,液位检测准确稳定。从使用到现在,仪表运行稳定,大大地降低了维护成本,更重要的是提高了生产安全。氯乙烯储罐区液位改造项目已完成 1 个储罐试点,运行 1 年来成效显著:测量精度提升,操作便捷性增强,劳动强度降低,维护工作量减少,同时有效预防了事故发生,获得工艺分厂充分肯定。

参考文献:

[1] 黄凯,程虎.浅析外测液位计在石化行业的应用[J].化工自动化及仪表,2012,39(04):554-556.

[2] 祝茂忠.外测液位计在液氨球罐上的应用[J].石油化工自动化,2016,52(05):75-77.

[3] 蒲良,刘志强,马玉华.ELL 外测液位计在液化石油气储罐上的应用[J].化工自动化及仪表,2015,42(05):589-591.

[4] 姚伟,冯庆珍.外测式液位计在石油化工生产中的应用[J].自动化技术与应用,2006(07):86-88+91.

[5] 石振森.液氯储罐液位测量方法的比较[J].中国氯碱,2006(05):21-22.

[6] 王云,范咏峰.双法兰差压液位变送器的应用[J].流程工业,2022(10):52-55.

[7] 中国石油化工集团公司自控设计技术中心站.石油化工仪表安装设计规范:SH/T 3104—2013[S].北京:中国石化出版社,2014.

[8] 中国工程建设标准化协会化工分会.工业自动化仪表工程施工及验收规范:GB 50093—2013[S].北京:中国标准出版社,2014.

氯乙烯储罐液位联锁因果表				联锁动作符号	HV-2501J	HV-2501K	HV-2501L	HV-2501A	HV-2501B	HV-2501C	HV-2501D	HV-2501E	HV-2501F
序号	联锁名称	位号	联锁触发参数	联锁投切									
1	氯乙烯储罐J液位低	LIA-2501J	≤10%	投入	0								
2	氯乙烯储罐J液位高	LIA-2501J	≥68%	投入	C								
3	氯乙烯储罐K液位低	LIA-2501K	≤10%	投入		0							
4	氯乙烯储罐K液位高	LIA-2501K	≥68%	投入		C							
5	氯乙烯储罐L液位低	LIA-2501L	≤10%	投入			0						
6	氯乙烯储罐L液位高	LIA-2501L	≥68%	投入			C						
7	氯乙烯储罐A液位低	LIA-2501A	≤10%	投入				0					
8	氯乙烯储罐A液位高	LIA-2501A	≥68%	投入				C					
9	氯乙烯储罐B液位低	LIA-2501B	≤10%	投入					0				
10	氯乙烯储罐B液位高	LIA-2501B	≥68%	投入					C				
11	氯乙烯储罐C液位低	LIA-2501C	≤10%	投入						0			
12	氯乙烯储罐C液位高	LIA-2501C	≥68%	投入						C			
13	氯乙烯储罐D液位低	LIA-2501D	≤10%	投入							0		
14	氯乙烯储罐D液位高	LIA-2501D	≥68%	投入							C		
15	氯乙烯储罐E液位低	LIA-2501E	≤10%	投入								0	
16	氯乙烯储罐E液位高	LIA-2501E	≥68%	投入								C	
17	氯乙烯储罐F液位低	LIA-2501F	≤10%	投入									0
18	氯乙烯储罐F液位高	LIA-2501F	≥68%	投入									C

注:关于动作符号的含义:C=关闭;0=打开
投入条件:正常开车后启动程序,按照优先级氯乙烯储罐J、K、L、A、B、C、D、E、F顺序依次判定,按照液位≤10%的条件确定当前进料槽:程序运行后,开始判定,符合条件的开启进料进料阀HV-2501(x)开始进料;当进料槽液位≥68%时关闭进料阀HV-2501(x)停止进料。此控制循环进行。

图 4 氯乙烯储罐液位联锁因果表