

35吨20英尺硫酸罐式集装箱的设计

郭 军

中车齐齐哈尔车辆有限责任公司 黑龙江 齐齐哈尔 161000

摘 要：为推动硫酸罐式集装箱的铁路运输结合硫酸罐箱的结构、试验及检验，阐述了硫酸罐式集装箱的设计。
关键词：硫酸；罐式集装箱；铁路运输

引言：硫酸是一种重要的化工原料，在国民经济各行业中有着广泛的应用，被称作“化学工业之母”。^[1]广泛应用于化工、军事、矿山、冶金、炼化等行业，包括药品、化肥、染织、电池、炸药等产品的制造都涉及硫酸的应用，也可利用其氧化性和脱水性，在化学反应过程中起到硫化剂和脱水剂的作用。硫酸生产地分布广泛，现有运输方式难以满足市场需求，并且硫酸具有强腐蚀性，对运输容器有较高要求。为推动硫酸罐式集装箱的铁路运输而研发的35吨20英尺硫酸罐式集装箱（以下简称“硫酸罐箱”），对降低运输成本、保障铁路运输安全作出重要贡献。本文主要介绍硫酸罐箱的技术参数、结构组成、分析计算及试验工况等。

1 硫酸的主要特点

硫酸是一种无机强酸，氧化性极强，能和绝大多数金属发生，具有强烈的腐蚀性和氧化性，反应化学式是 H_2SO_4 ，是工业中常见的含氧酸。利用高浓度硫酸的强吸水性，在有有机物及纸张制造、木材加工、棉麻品制造过

程中用作脱水剂，为防止与水混合时大量热能溢出，储存时要求禁水。

纯净的硫酸表现为无色油状液体，10.36℃时结晶。根据使用需求调制不同浓度的水溶液，工业物性计算取值沸点338℃，相对密度1.84^[2]。为避免运输过程中结晶通常制成98%硫酸，在北方地区，为防止冬季硫酸运输时发生结晶现象，有时也采用92%的硫酸运输，故一般所说“高浓度硫酸”是指质量浓度92%或98%的硫酸。

2 硫酸罐箱的技术参数

硫酸罐箱主要技术参数如下：充装介质为硫酸（其特性见表1）；联合国危险货物编号为1830；罐柜导则为T8；运输方式为公铁海及以上方式的联运；罐体材料为16MnDR；总质量为36000kg；空箱质量为3800kg；最大允许充装量为31200kg；最大允许堆码质量为213360kg；装卸方式为上装下卸；外部尺寸为6058mm×2438mm×2591mm；最小容积为18.0m³；罐体内表面采用酸洗钝化处理方式；箱顶设置耐酸碱非金属步道。

表1 介质特性表^[1]

介质	UN编号	危险性类别	最大充装率	密度kg/m ³	凝固点℃
硫酸 92%	1830	8.1酸性腐蚀品	93.5%	1840	-34.86
硫酸 98%					-10.4

（1）罐体：罐体进行如下设计输入：设计温度-40/50℃；设计压力0.267MPa；主要受压元件材质16MnDR；焊接接头系数1.0；几何容积18.4m³；最大充装率95%。

（2）安全阀：安全阀参数根据工况设定：型式为微启式；公称压力0.6MPa；阀座喉径79mm；设定排放压力0.33MPa；压力在0.3MPa以上安全阀封闭。

（3）气相阀：气相阀技术参数如下：公称压力为1.0MPa；公称直径为；压力表最大量程为1.0MPa。

（4）装卸附件：装卸附件技术参数设定：装卸口法兰公称直径DN80，公称压力1.0MPa。

3 硫酸罐箱结构组成

硫酸罐箱由框架、罐体、步道、人孔、溢流盒等部

件组成（见图1）。

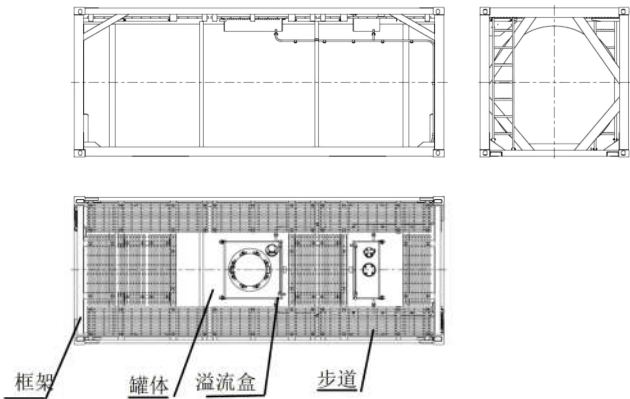


图1 硫酸罐箱结构图

3.1 框架结构

硫酸罐箱框架为全金属焊接结构，主要由角柱、端梁、侧梁及作为支撑点的角件等组成。

主要承载零件角柱材质选用强度高的耐候钢，端梁、侧梁材质为集装箱专用钢SPA-H，可拆卸式爬梯分别放置框架两端，角件采用集装箱标准角件。采用裙圈结构实现端框架与罐体封头之间的载荷传递。框架为罐箱主要结构之一，是罐箱支撑载荷的主要载体。根据TB/T 30004《铁路货物装载加固技术要求》的规定，货物装车后的重车重心高度不超过2000mm，超过时按规定限速运行^[3]。硫酸罐箱框架外部尺寸依据GB/T 1413《系列1集装箱分类、尺寸和额定质量》的1CC型标准集装箱规格，从而保证铁路运输时总高不超过4m，符合铁路运输限界要求。

3.2 罐体结构

硫酸罐箱的罐体采用低合金钢焊接成型，主要由筒体、椭圆封头、外置加强圈及裙圈等组成。

罐体的筒体采用圆形截面，与两端椭圆封头焊接，筒体与封头均采用压力容器专用钢16MnDR材料，罐体端部通过裙圈与端框架斜支撑焊接。按照GB/T 150.3《压力容器设计》的有关规定进行壁厚计算、开孔补强和稳定性能校核保证罐体承载能力。制造、检验按照NB/T 47064《液体危险货物罐式集装箱》的有关规定实施：罐体A、B类焊接接头全部采用X射线数字成像检测，C、D、E类角接接头采用磁粉检测。产品出厂前进行内表面进行钝化处理，在罐体内表面生成致密氧化层，提高罐体抗腐蚀能力。

3.3 溢流盒结构

硫酸罐箱为防止阀门和人孔被人为破损造成货物或环境污染，在罐体顶部设置了溢流盒组装。

溢流盒组装主要由溢流盒盖、溢流盒底、锁组成和溢流管等构成。溢流盒盖和溢流盒底为钢板压形件。溢流盒底的侧面设有通气孔。在溢流盒盖上设有锁组成，锁组成主要是在运输途中将溢流盒盖与溢流盒底锁在一起，防止货物被盗和人孔、安全阀和气相阀被破坏。溢流管连接溢流盒底，可以把外溢的货品导向罐体两侧下部。

3.4 步道结构

硫酸罐箱箱顶防滑步道，步道采用乙烯基不饱和树

脂和聚酯树脂为基体，由热固性模塑材料通过模具一次性模压成型，具有耐老化、耐紫外线、耐腐蚀的优点。步道组成沿箱顶设置。步道板被与框架焊接的支架支撑，支架采用焊接在上侧梁的耐候钢压制型钢。步道规格、承载能力按GB/T16563要求在型式试验中进行鉴定。

3.5 罐体附件

罐体顶部设有装卸口阀、气相阀、安全和人孔等功能附件。选用的安全阀须获得主管部门检验合格证书。

3.6 油漆及标记

罐体内部不涂漆。罐体外表面、除接地板外的金属表面采用机械除锈，经除锈操作后钢材表面清洁度达到不低于Sa2.5级，之后喷涂可燃性金属防锈漆。

框架面漆颜色根据客户要求确定，罐体外表面罐体颜色黄色，逐层喷涂富锌底漆、环氧涂料、聚氨酯面漆。罐体两侧纵向中部涂装一条宽300mm黑色水平环形色带。罐体两侧环形色带中部以分子、分母形式涂装有货物名称硫酸及其危险性腐蚀、禁水的提示字样^[4]。罐体两静电接地端子不涂刷油漆。

4 硫酸罐箱分析计算

依据《集装箱检验规范》及硫酸罐箱设计图纸和技术资料，分析计算罐箱在各种工况下的静强度，计算结果满足设计输入工况要求。分析工况分别为运行方向2倍满载质量乘以重力加速度、与运行方向垂直的水平方向满载质量乘以重力加速度、垂直向上满载质量乘以重力加速度、垂直向下2倍的满载质量乘以重力加速度和稳定性工况；分析计算依据JB/T 4732《钢制压力容器-分析设计》；计算对象为箱体。通过计算得出结论：设计工况下，箱体上各点应力值均不大于材料的许用应力，箱体强度满足设计工况要求。

5 硫酸罐箱样箱试验及检查

硫酸罐箱样箱试制完成后，对样箱实施型式试验及冲击试验，试验满足中国船级社《集装箱检验规范》的要求。批量生产时，按照中国船级社《集装箱检验规范》的规定和客户的要求，实施指定项目（包括堆码、吊顶和吊底等）试验。此外，罐箱还要经模拟操作、气密试验、尺寸测量等项目检查合格，并贴上相应的船检标签。硫酸罐箱型式试验项目、试验方法及评定标准见表2。

表2 硫酸罐箱试验项目方法及评定标准^[5]

序号	试验项目	箱内载荷	试验载荷	试验方法	评定标准
1	堆码	Wg	942kN/角柱	受验的集装箱应放在平台上。箱内充满水，垂向力942KN/角柱应同时作用于集装箱的四个角件或箱端的一对角件上。每个角件都应在同一侧偏置，横向为25.4mm，纵向为38mm。	现场检测确认罐箱轮廓及连接尺寸能满足互换、装卸和拴固作业的要求，未发现影响正常使用的超屈服形变。

续表:

序号	试验项目	箱内载荷	试验载荷	试验方法	评定标准
2	吊顶	(2R-T) g		从顶角件垂直匀速平稳起吊,起吊过程中不得出现明显变速。 吊装试验最小载荷2R。	现场检测确认罐箱轮廓及连接尺寸满足互换、装卸和拴固作业的要求,未发现影响正常使用的超屈服形变。
3	吊底	(2R-T) g		从四个底角件的侧孔平稳起吊,起吊过程中不得出现明显变速。 吊装试验最小载荷2R。吊锁与水平面理论夹角45°。 起吊时吊具应仅与四个底角件承接,吊锁和角件外侧面的间距不应大于38mm。	现场检测确认罐箱轮廓及连接尺寸满足互换、装卸和拴固作业的要求,未发现影响正常使用的超屈服形变。
4	外部纵向拴固	(R-T) g	2Rg	使集装箱的总载荷等于R。将集装箱一端两个底角件底孔水平方向固定。 将2Rg的水平力施加在另一端两个底角件的底孔处,先施加推力,再施加拉力。	现场检测确认罐箱轮廓及连接尺寸满足互换、装卸和拴固作业的要求,未发现影响正常使用的超屈服形变。
5	内部横向拴固	(R-T) g		使集装箱横轴呈竖直方向放置5分钟,此时集装箱总质量等于R。	现场检测确认罐箱轮廓及连接尺寸满足互换、装卸和拴固作业的要求,相对于每侧四个角件外表面形成的相对位移不得超过40mm;未发现影响正常使用的超屈服形变。
6	横向刚性试验		150KN	集装箱在空载状态下四个底角件放在同一水平面上,竖向固定底角件,横向拴固仅设于施力顶角件一端对角线的底角件上。 在集装箱的一侧分别或同时对两个顶角件施加150KN的力,施力的作用线平行于底面和端面,先推后拉。	现场检测确认罐箱轮廓及连接尺寸能满足互换、装卸和拴固作业的要求,顶部相对于底部的对角线长度变化之和不得超过60mm;未发现影响正常使用的超屈服形变。
7	纵向刚性试验		75KN	集装箱在空载状态下四个底角件放在同一水平面上,通过底角件予以竖向固定,试验期间纵向拴固力仅作用在施力顶角件同端另一侧的底角件上。 对集装箱相同的丁角件单独或分别施加75KN的力,加载的平行垂直于侧面,先施加推力后施加拉力。	现场检测确认罐箱轮廓及连接尺寸能满足互换、装卸和拴固作业的要求,顶部相对于底部的纵位移不得超过25mm;未发现影响正常使用的超屈服形变。
8	冲击试验	0.97W			现场检测确认罐箱轮廓及连接尺寸能满足互换、装卸和拴固作业的要求,未发现影响正常使用的超屈服形变。
9	载荷传递区试验	2R-T		在端梁的载荷传递区支撑	现场检测确认罐箱轮廓及连接尺寸能满足互换、装卸和拴固作业的要求,未发现影响正常使用的超屈服形变。

结束语

35吨20英尺硫酸罐式集装箱实现腐蚀品储运技术提升和应用创新,满足硫酸产品上下流用户基本要求的同时最大程度地提升了中间商的经济利益:不仅有效降低硫酸运输的包装成本且提高硫酸运输的可靠性、安全性和便捷性,尤其是公路运输受限时,将成为硫酸运输的主要途径。

参考文献

[1]刘少武,齐焉等《硫酸工作手册》,[M].东南大

学出版社6-8,1197

[2]常用危险化学品MSDS[M].中国矿业大学化工学院

99

[3]TB/T 30004-2021铁路货物装载加固技术要求[S]国家铁路局.2

[4]TG/HY 105-2014铁路危险货物运输管理暂行规定[S]中国铁道出版社30

[5]NB/T 47064-2017液体危险货物罐式集装箱[S]国家能源局31