

DS 高硅不锈钢制作新型硫酸设备

旅顺滨城化工设备配件厂

【摘要】 旅顺滨城化工设备配件厂自主研发，耐高温硫酸腐蚀的 DS 系列高硅不锈钢干吸塔、酸冷却器、板、焊条、塔内件，在金川集团有限公司化工厂，大化集团大连博尔化工有限公司等硫酸生产装置中，经过十余年的使用实践证明，该项技术达到国内领先水平，推进传统设备的更新改造，节能降耗，降低企业建设及使用成本，巩固我国硫酸设备迈向国际领先地位的进程。

【关键词】 硫酸设备；干、吸塔；DS 高硅不锈钢板；大梁；篦子板；合金管式分酸器；喷嘴；DS 钢管线。

一、前言

高温浓硫酸的生产设备，一直都是采用耐酸瓷砖防腐衬里。耐酸瓷砖在砌筑过程中难以保证耐酸胶泥填满灰缝，灰缝易渗漏；在外界敲击、震动、甚至温度变化都易使灰缝裂纹，严重时也会造成渗漏。当硫酸渗漏到塔壳与耐酸瓷砖之间，因腐蚀产生硫酸盐，其体积膨胀 7 倍，塔壳体易胀裂；输送硫酸的泵、阀、管线等部件耐腐蚀材料，多用低铬铸铁、高硅铸铁、聚四氟乙烯、20 号合金等。但是，具有耐高温浓硫酸腐蚀，又能锻造开坯、热轧和冷轧等加工变形，可进行焊接、卷曲、冲压等工艺操作，各方面都具有优良性能的关键性材料近年在中国还是空白。

旅顺滨城化工设备配件厂，开发高硅不锈钢板注册商标“DS-1”。属国内首创。制造设备、安装简单、维修方便、寿命长。该项技术达到国内领先水平。填补了中国用高硅不锈钢制造硫酸设备的空白。金川集团有限公司化工厂首先选用 DS-1 高硅不锈钢板在新型干、吸塔衬里。取得了很好的经济效益和社会效益。并且在多个硫酸系统装置中扩大使用。

二、DS 高硅不锈钢性能

1、DS 高硅不锈钢板的力学性能

国内外典型高硅不锈钢板的力学性能

合金牌号	拉伸强度 6b.(Mpa)	屈服强度 6 _{0.2} (Mpa)	延伸率 %
DS-1(3.0mm 板)	560.00	250.00	>50.00
700Si (<20mm 板)	540.00	240.00	50.00
SandviK-SX	490-800	>220.00	>45.00
ZeCor (ASTM240 规范)	≥538.00	≥255.00	≥30

2、DS-1 高硅不锈钢板的腐蚀性能

该高硅不锈钢耐腐蚀性能是按“金属十级腐蚀标准”的第四级（耐蚀）设计，即腐蚀速度 0.01-0.05mm/a，该合金即耐高温又耐浓硫酸腐蚀，是制造硫酸生产装置中干、吸塔最佳选材，

DS-1 高硅不锈钢板在浓硫酸中腐蚀速度 mm/a

试验温度℃	93% H_2SO_4	98% H_2SO_4
80	0.002	0.006
100	0.009	0.004
120	0.016	0.0044
150	0.05	0.005

塔内不用砌筑耐酸瓷砖防腐蚀，而衬 1 毫米厚 DS-1 高硅不锈钢板就可以使用 10—30 年。已达到即经济又适用。

DS-1 高硅不锈钢板是超低碳高硅并用铬、镍、钼、铜和稀土元素复合，合金化的奥氏体不锈钢，性能可与世界发达国家同类产品 Saramet、SX、ZeCor、700St 等高硅不锈钢性能媲美，是优良的耐高温浓硫酸腐蚀的不锈钢。该不锈钢可制造干、吸塔及耐酸介质容器，不需砌筑耐酸瓷砖防腐蚀，不用阳极保护防腐蚀。

三、DS 高硅不锈钢在硫酸工业中的应用

DS 高硅不锈钢板首先在金川集团有限公司化工厂、太原化学工业集团有限公司硫酸厂、大化集团大连博尔化工有限公司等企业的硫酸装置中，分别作为干燥塔、吸收塔的内衬，还配套地使用了 DS 高硅不锈钢制造的塔填料支撑构件及分酸器。将上述典型企业用 DS 系列高硅不锈钢制造的设备衬里，配套部件的使用情况分述如下。

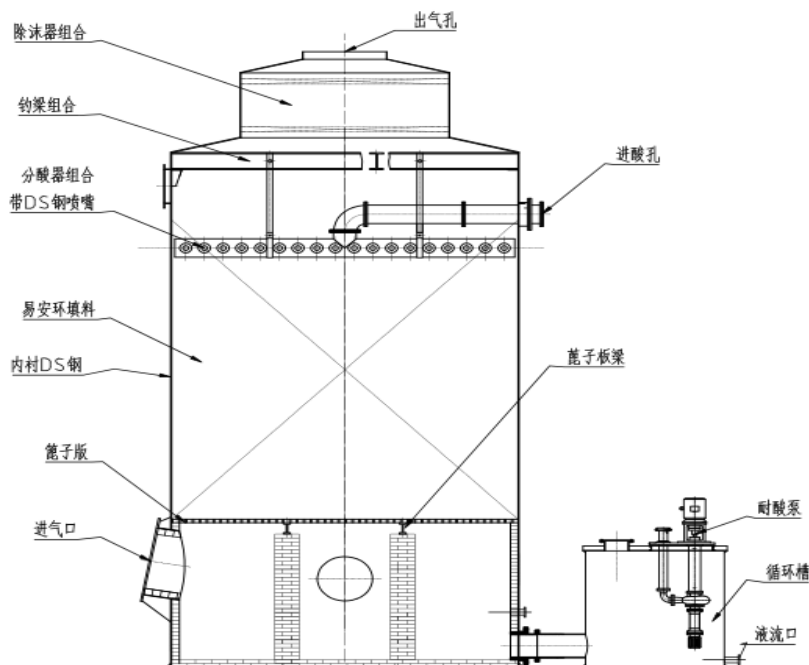
1、金川集团有限公司化工厂

2001 年，金川集团有限公司化工厂一硫酸装置因公司冶炼系统扩产需要，烟气处理量增大，酸的产量能达到 100Kt/a。受占地、工期之制约，首先引用旅顺滨城化工设备配件厂生产的 DS-1 高硅不锈钢板替代耐酸瓷砖内衬干、吸塔。干、吸塔，酸循环槽和捕沫器等组合为一体。首批制造的 4 台塔分别用于硫酸一车间、一、二系统中。直径 5.6m、高 14m 的塔体采用厚 14mm 碳钢板做外壳，内衬 2.5mm 厚 DS-1 高硅不锈钢板，于 2001 年 10 月投入运行，至今运行状况良好。2003 年 8 月借助成功的经验，在三硫酸于吸塔移地大修项目中新建 3 台直径 8.25m、高 19m 的干燥塔和吸收塔，2004 年 5 月投入运行。塔内件用 DS-2 高硅不锈钢制作中心筒，支撑横梁共 12 根全用 DS 合金制造，横梁向外放射均布排列，外端支撑在塔壁“T”形支座上，其上托 DS 高硅不锈钢铸造篦子板，开孔率达 75%。填装 76mm 的异鞍填料，高 4m。管式分酸器分酸点 53 个 / 米，悬挂在锥形塔顶。捕沫器为“V”型结构，以圆钢做骨架，铺敷 PTEE 丝网。塔体与子槽在底部连通（见图），中间加硫酸过滤器防止杂物进入泵体。

塔与槽直接放于地面基础上，省去庞大、笨重的高架平台设施和循环槽及基础设施。配套设施省去了防腐蚀工程，缩短了硫酸输送管线，降低酸泵的压头，减少泵的动力消耗，降低塔的

操作阻力，拓宽了系统运行弹性。

此后金川集团有限公司化工厂又新建了直径 8.75m×高 19m 干吸塔 3 台、直径 7.5m×高 14m 干吸塔 3 台、直径 9.9m×高 19m 干吸塔 3 台、直径 5.8m×高 14m 干吸塔 3 台、所有干吸塔均采



用高硅不锈钢板衬里，在不同规模的制酸系统中运行的情况十分良好，至今最长使用已经超过 14 年，期间没有因为衬里而大修记录，采用 DS 高硅不锈钢衬里制作的干吸塔，无需每年停车检修，所使用的其他塔内件设备也无需维修，比传统干吸塔设备的维护和改造费用节省了 25% 以上，减少人员配备及劳动资源的浪费，同时为企业节省成本，为系统的正常运行保驾护航。

2. 太原化学工业集团有限公司硫酸厂

太原化学工业集团有限公司硫酸厂硫酸生产系统的设计能力为 80hi / a，“一转一吸”，要求改造为“3 十 1”“两转两吸”。在扩产至 120Kt/a 的技改一期工程中新增 1 台干燥塔，就是用 DS-1 高硅不锈钢板内衬的硫酸干燥塔。该塔由原高 12m 降至 9.9m，塔直径由 5.1m 降至 4.9m 用 20mm 异鞍填料填充分酸器捕沫。根据长期实践经验，分酸器以 L 的气体对塔体腐蚀很轻，其上表面向下 6m 至塔底，衬 2mm 厚的 DS 高硅不锈钢板。塔下部靠塔壁用旧的耐酸瓷砖砌筑凸台，中间砌耐酸瓷砖柱，支撑 DS-2 高硅不锈钢篮子板。从而使原来条拱只有 35% 的开孔率增到 DS 高硅不锈钢篮子板的开孔率达 81%。填装 76mm 异鞍填料，装填高度由原来的 6m 降至 3.5m。采用管式分酸器，分酸点由原来的 24 个 / m² 增加到 43 个 / m²。

该塔投入运行以来，出塔的水分和酸雾指标达到规定的要求，而且比较平稳，塔的压力比扩产前降低。连续 7 个月干燥塔的操作记录数据平均值见下表。

该塔经使用证明，设备运行平稳、工艺合格、效率高、节能、耐腐蚀性能好。太化集团硫酸

厂认为，DS-1 高硅不锈钢板内衬的硫酸干燥塔及塔内件是可行的，在整个干、吸工序需衬里的设备均可采用。这样可以减少自重（同样内径的原塔重 280t，新塔为 60t），可以不用框架平台，施工时间很短。太化集团硫酸厂使用的 DS-1 高硅不锈钢内衬新型干燥塔在 2004 年 7 月 15 日通

干燥塔操作记录数据的月平均值

年——月	水分含 g/m^3	酸雾含 g/m^3	压力降/KPa
2003-12	0.068 43	0.004 3	1.20
2004-01	0.059 01	0.004 5	1.10
2004-02	0.071 58	0.004 5	1.20
2004-03	0.079 02	0.004 2	1.00
2004-04	0.083 05	0.004 4	0.70
2004-05	0.093 69	0.004 3	0.65
2004-06	0.095 96	0.004 2	0.80

注：循环硫酸浓度为 92.5%；水和酸雾含量按标准状况计

过中国石油和化学工业协会科学技术成果鉴定，该成果是由旅顺滨城化工设备配件厂提供 DS-1 高硅不锈钢板材、焊条及塔内件；并与太化集团硫酸厂联合完成了中国硫酸工业协会〔中硫协（2002）16 号〕的立项任务。该塔结构设计、制造工艺等方面具有新颖性，属国内首创。

3. 配套的设备

① 塔填料支撑装置

塔内的填料支撑对于塔的总体性能是至关重要的，它所追求的参数是开孔面积大，使气体分布均匀。采用金属长条梁，开孔率小于 55%，瓷砖球拱开孔率在 50% 左右。采用 DS 高硅不锈钢铸造篦子板及支撑，开孔率可达 80%。DS 高硅不锈钢篦子板尺寸大小是根据塔直径而定，其安装方法也是根据塔的直径而定。该篦子板可放在用 DS 高硅不锈钢做梁架，放在塔壳体壁所焊接的 DS 高硅不锈钢支架上。也可放在耐酸瓷砖砌的拱梁及靠近塔壁耐酸瓷砖砌的凸台上，如果硫酸生产中烟气的含氟高，可按需要调整材料的配方，减少因氟高造成腐蚀。DS 高硅不锈钢篦子板是所有支撑装置中开孔率最大的，价格与球拱相当。只要设计选择的气体进塔速度合适，就可确保填料床内气体分布最佳。

② 分酸器

铸铁槽式分酸器是一种传统的分酸器，但分酸点密度一般为 12 个 / m^2 左右，烟气流通截面小、易带酸沫。管式分酸器的结构紧凑、分酸均匀、分酸点密度大（16~26 个 / m^2 ），但管上的分酸孔不宜过小（一般在 $\phi 8.5$ — $\phi 12\text{mm}$ 左右）。我厂开发的合金管式分酸器采用 DLSB 合金球墨铸铁制造，在分酸口处嵌镶上用 DS 高硅不锈钢精铸的喷嘴，可长期保持设计参数不变，每平方米可布置 43~50 个点，分酸点密度增大，分酸器可向下喷酸，确保分酸均匀，使用寿命长。该分酸器分酸量覆盖面积大，意味着不用靠增加填料高度再分酸，这就可以大大降低填料装填高度，采用 76mm 异鞍填料，硫酸干、吸塔的填料高度可降到 3.5m 左右。这一结果在应用中得到证实，节能降耗的结果十分理想。

四、采用 DS 高硅不锈钢制造硫酸设备的优点

1、DS-I 不锈钢板适用于所有的硫酸吸收塔和干燥塔防腐蚀。不需要砌筑耐酸瓷砖防腐蚀，不需要阳极保护防腐蚀。克服原硫酸塔笨重、内衬瓷砖施工复杂，施工周期长，不好为维修，干、吸塔寿命短等缺点。相反 DS 不锈钢板制造的干、吸塔体积小，安装时间短，装置保养和维修极为简便，塔使用寿命长。

2、DS-I 不锈钢干、吸塔便于塔槽一体化，省去了庞大的土建基础及塔平台等设施，配套的基础防腐蚀工作量几乎为零；与阳极保护酸冷却器配套，占地面积不足原来的 1/4。

3、塔座在地面上省去塔平台高度 5-6 米，塔填料高度减少 2-3 米，大幅度缩短了硫酸管线，管线长度不足原来的四分之一，省去管线四分之三的阻力，降低了酸泵的扬程，泵的耗电量也降低了四分之一。

4、DS-I 高硅不锈钢板制成管道，硫酸流速可高达 5.8 米/秒，而传统的铸铁管道，硫酸流速不超过 1 米/秒（摘自“硫酸工业”1988 年第二期），因此可以减小管道直径降低基建投资。

管路相接不要法兰，直接焊，漏点少，重量轻，更加容易安装，同时减小多余备件库存。

5、DS-I 高硅不锈钢板可制造槽式分酸器，DS 铸材也可做管式分酸器，每平方米 43 个分酸点，甚至也可多些。采用 DS 合金材料铸篦子板支撑填料，开孔率 80%。适用于高效能的硫酸干、吸塔使用。

6、DS-I 高硅不锈钢板制作管壳式酸冷却器，适用于各种不同的冷却介质（包括海水）并可满足热量交换要求。减少维修时间及成本。

7、金川集团有限公司化工厂使用 DS-I 高硅不锈钢板制造新型干、吸塔，综合投资比传统干、吸塔降低了 20%（摘自“硫磷设计与粉体工程”2005 年第 6 期）

五、总结

1、旅顺滨城化工设备配件厂提供 DS-I 高硅不锈钢板、焊条、塔内件，首先在金川集团有限公司化工厂使用，而后又在太原化学工业集团有限公司硫酸厂、中国有色集团抚顺红透山铜矿、大化集团大连博尔化工有限公司等多个厂家使用，证明该设备技术成功。DS-I 不锈钢板适用于所有的硫酸吸收塔和干燥塔防腐蚀。不需要砌筑耐酸瓷砖防腐蚀，不需要阳极保护防腐蚀。制造的干、吸塔体积小，安装时间短，装置保养和维修极为简便，塔使用寿命长。DS-I 不锈钢干、吸塔便于塔槽一体化，省去了庞大的土建基础及塔平台等设施，配套的基础防腐蚀工作量几乎为零；与阳极保护酸冷却器配套，占地面积不足原来的 1/4。塔座在地面上省去塔平台高度 5-6 米，塔填料高度减少 2-3 米，大幅度缩短了硫酸管线，管线长度不足原来的四分之一，省去管线四分之三的阻力，降低了酸泵的扬程，泵的耗电量也降低了四分之一，管路相接不要法兰，直接焊接，漏点少，重量轻，更加容易安装，同时减小多余备件库存。DS-I 高硅不锈钢板可制造槽式分酸器，DS 铸材也可做管式分酸器，每平方米 43 个分酸点，甚至也可多些。采用 DS 合金材料铸篦子板支撑填料，开孔率 80%。适用于高效能的硫酸干、吸塔使用。

2、DS-1 高硅不锈钢在硫酸工厂使用已取得了很好的经济效益和社会效益，产品结构合理、使用寿命长、运行安全、制造成本低。可替代进口，对中国的硫酸设备改进将起到重大影响，对我国硫酸工业的发展将会起到不可估量的推动作用。随着市场份额的扩大以及大规模生产的形成，两年内产值和利税将会翻一番。在我国硫酸行业推广、应用前景十分广阔。

DS 高硅不锈钢板衬硫酸干吸塔及管道业绩

企业名称	规格	数量	应用年份
金川集团公司化工厂	塔径 $\Phi 5.6 \times 19\text{m}$	4 台	2001 年年产 10 万吨
	塔径 $\Phi 8.25 \times 19\text{m}$	3 台	2003 年年产 36 万吨
	塔径 $\Phi 8.75 \times 19\text{m}$	3 台	2004 年年产 53 万吨
	塔径 $\Phi 7.5 \times 14\text{m}$	3 台	2005 年年产 30 万吨
	塔径 $\Phi 9.9 \times 19\text{m}$	3 台	2007 年年产 70 万吨
	塔径 $\Phi 5.8 \times 14\text{m}$	1 台	2009 年年产 25 万吨
	塔径 $\Phi 7.5 \times 14\text{m}$	3 台	2010 年年产 25 万吨
金川集团公司防城港项目	塔径 $\Phi 5.5 \times 14\text{m}$	6 台	2013 年年产 18 万吨
太原化学工业集团有限责任公司硫酸厂	塔径 $\Phi 4.9 \times 9\text{m}$	3 台	2003 年年产 18 万吨
中国有色集团抚顺红透山矿业有限公司	塔径 $\Phi 3.5 \times 9\text{m}$	3 台	2006 年年产 6 万吨
大连博尔化学股份有限公司	塔径 $\Phi 3.5 \times 14\text{m}$	3 套	2009 年年产 10 万吨
云南钟灵锌业化工有限公司	塔径 $\Phi 4.7 \times 14\text{m}$	1 套	2009 年年产 30 万吨
云南寻甸化肥有限公司	塔径 $\Phi 4.2 \times 13\text{m}$	3 套	2008 年年产 10 万吨
四川亚安化工有限公司在刚果项目	塔径 $\Phi 2.8 \times 11\text{m}$	3 台	2006 年年产 6 万吨
中国有色集团抚顺红透山矿业有限公司	塔径 $\Phi 4.0 \times 9\text{m}$	3 台	2011 年年产 15 万吨
云南三环国际化工有限公司	塔径 $\Phi 7.8 \times 12\text{m}$	3 台	2011 年年产 80 万吨
浙江巨化硫酸厂	塔径 $\Phi 5.0 \times 12\text{m}$	3 台	2011 年年产 30 万吨
大石桥圣马化工有限公司	管线		2011 年年产 10 万吨
金川集团公司化工厂	全部管线		2001-2013 年
威顿达州化工有限公司	管线		2013 年