

船用 RMG180 燃料油调合储输设计要点

梁培贤（茂名瑞派石化工程有限公司，广东 茂名 525000）

摘 要：船用燃料油特点是多种组分调合、粘度高等，在储罐选型、储罐开口、储罐加热器计算 / 选择、罐内调合器选择、调合 / 输送流程是设计的关键部分。本文通过具体阐述以上 5 点的设计要点，总结生产企业常用的设备技术、生产流程，为其他企业新建 / 扩建船用燃料油调合储存、输送等相关设计提供参考。

关键词：船用燃料油；调合 / 输送流程；工程设计

船用燃料油是成品油的一种，也叫重油、渣油，为黑褐色粘稠状可燃液体，是石油加工过程中在汽油、煤油、柴油从原油中分离出来之后较重的剩余产物，供船用内燃机使用的燃料油即船用燃料油。

生产低硫重质船用燃料油，是满足环保要求的需要，是适应市场需求提高企业竞争力的需要，也是针对目前国内炼油产能过剩，进行炼油结构调整的方向之一。燃料油粘度、倾点温度都比较高，储存、输送等方面都要采取加热，降低粘度、使其具有流动性。为了降低成本和充分利用石化企业装置副产品，往往燃料油都是用低价值重油与重柴油配对调合以满足产品使用指标和性能要求，各组分间是否能调合均匀，是一个设计难点。本文通过对船用 RMG180 燃料油调合、储存及运输设计为其他品种船用燃料油提供设计参考。

本文结合某石化公司的生产配方参数相关规范的要求，对 RMG180 燃料油的调合、储输设计要求阐述，为设计 RMG180 燃料油或其他同性质油品调合与储输设计提供参考。

1 明确产品性能要求

船用燃料油品种多，首先明确目标产品的使用性能和产品指标。某石化企业采用渣油、重油浆、柴油等组分调合生产船用 RMG180 燃料油，产品粘度在 100–180mm²/s，产品性能要求符合《船用燃料油》GB/T 17411–2015 中船用残渣燃料油中的 RMG180 型号性能要求，见表 1。

2 储罐选型设计

RMG180 燃料油闪点 128℃，该闪点 ≥ 120℃，火灾危险性分类为丙 B，可选用钢制固定顶储罐储存。

按 100 万 t/a 计算储罐容量，出厂方式按公路运输，储存天数按 7 天，需要 20000m³ 罐容，受企业规划用地限制，并考虑生产调度要求，调、输流程单独，保证连续生产的考虑，储罐容量计算为 2 座 10000m³ 固

定顶储罐较为合适。

储罐选型设计中综合考虑燃料油存储温度和调合组分，不同储存温度、组分比例都会影响储罐选型。本次设计的 RMG180 燃料油配方含有柴油低闪点组分（86℃），燃料油通常储存温度在 90–110℃，在液位不高的情况下搅拌调合，柴油中的轻烃组分将挥发出来，漂浮在罐内气相空间，经过呼吸阀门定压泄放轻烃气相组分至大气中，不仅污染环境，造成经济损失，留下安全隐患，在储罐选型设计时应考虑设置氮气密封保护系统。考虑燃料油的凝固点高，常温下不能输送，一般输送储存温度大于凝固点 10–15℃，对于燃料油品还要满足油品粘度达到 100mm²/s 时温度，或略低于此温度，所以储输温度在 90–110℃。为维持燃料油的储存温度，储罐内应设置蒸汽加热盘管和罐壁保温绝热层。综合储存温度、氮封压力、低压蒸汽吹扫等方面因素，按不少于可能遇到最苛刻的压力和温度组合工况来考虑，储罐的设计温度为 150℃，设计压力（正压 / 负压）为 2–0.5kPa。

3 调合和外输 P&ID 设计

典型船用 RMG180 燃料油储输包含调合和外输两部分流程。

调合流程为油浆、渣油、柴油等组分按比例进罐，罐内混合液经调合泵从罐抽出增压输送至罐内喷射器旋转调合，经旋喷无规则搅动罐内液体，直至调合均匀，即储罐内任意位置采样粘度差 ≤ 0.1% 的样品视为调合合格，正常情况下采用喷嘴搅拌器的调合时间不大于 4h，当喷嘴结构和配方比例不同时，调合时间稍有差异。注意的是调合泵是根据喷嘴搅拌器所需喷射压力和管路阻力降来计算确定流量和扬程。

外输流程为油品取样化验合格后的燃料油经外输泵从罐出口抽出、经调外输泵增压输送至至外单位。这里应考虑当操作不当、外部扰动震动、设备故障等原因引起的管道水击的情况，因此，泵出口总管设置

定压泄压阀,当超过定压值,泄压阀打开,介质泄压至泄压罐,防止因水击造成的管道超压破裂等安全事故。具体调合、外输流程见图1。

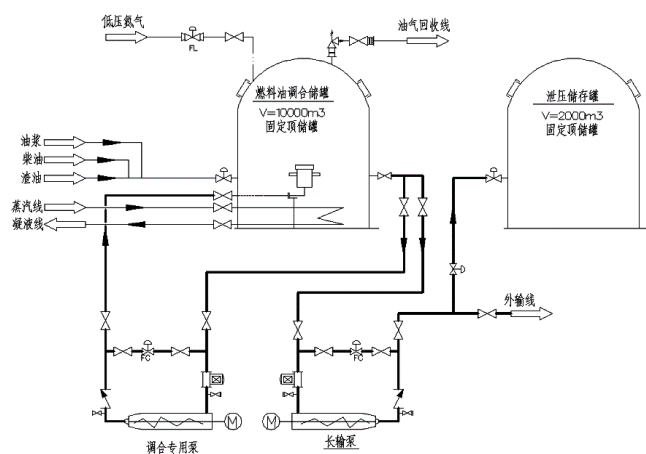


图1 船用RMG180燃料油调合、外输流程图

燃料油储罐上除了安装一些常规的温度、压力、液位自动检测仪表,还需考虑高液位锁液位关阀、关泵等自动控制。如大型罐应设高高液位报警联锁紧急切断装置措施,应在防火堤外及控制室操作站设置紧急切断阀联锁按钮,在切断阀关闭后,应自动联锁停止进料泵。

RMG180燃料油运动黏度约在 $100\sim 180\text{mm}^2/\text{s}$ (50°C)之间,属中高粘度液体,并且总沉淀物、灰分控制值都较低,采用双螺杆泵作为外输泵,可避免因粘度高用离心泵电机转速变慢导致电机发烫烧坏,或因温度高使得单螺杆泵定子磨损快导致液体泄漏等问题。

燃料油外输泵进出口管道除了安装一些常规的压力表、温度表,大型机泵还需将机组轴承温度、电动机的定子温度以及泵和电动机轴承振动量的超高限等信号应引到中心控制室,并联锁停泵。如大型外输燃料油泵,譬如流量为 $300\text{m}^3/\text{h}$ 、扬程达 500m ,为了保护机泵,机泵进口总管设置3取2的低压联锁停泵控制,机泵出口管道设置了4级保护措施,第一级:泵进、出口跨线设置有定压值的压力调节阀,第二级:机泵内部设置安全阀。第三级:泵出口总管设置有定压值水击泄压阀,物料泄压回罐,第四级:泵出口总管设置3取2的高压联锁停泵控制。采取多个自动联锁措施,降低操作工劳动强度,消除安全隐患,保证了连续生产,提高生产效率。

4 储罐开口设计

固定顶储罐开口常规设置都有进口、出口、量油

孔、透光孔、人孔、排污孔、排污孔、排水孔、通气孔等,针对船用RMG180燃料油特性,储罐开口还需要考虑罐侧的专用调合管口、蒸汽盘管进汽口、蒸汽盘管排凝液口,罐顶的氮封进气口、氮封取压口,油气密闭收集处理用的泄压系统。油气密闭收集泄压系统,是根据不同泄放定压逐级设置,包含呼、吸两系统。本文 10000m^3 固定顶储罐安全泄压阀设置在罐顶中央,罐顶的氮封进气口、氮封取压口设置在罐顶靠近平台附近,调合管口设置在进口管同侧,蒸汽盘管进汽口和蒸汽盘管排凝液口设置在工艺管口的外侧,开口位置主要从流程需要、方便操作维护、经济美观合理上考虑。

5 储罐加热器设计

根据船用RMG180燃料油的物性数值,储输温度在 $90\sim 110^\circ\text{C}$,当低于 90°C 时粘度变大,不利于输送,而调合过程、储输都有热量损失,为了维持燃料油的储输温度,储罐底部设置加热器。从便于安装、拆卸和维修方面考虑,一般采用蒸汽排管式加热器,需要特别注意罐内加热器各排管组应设计有一定的坡度,以便于排出蒸汽冷凝水,否则换热效果大幅下降。罐底容易结渣的重油,一般蒸汽进口距罐底 650mm ,冷凝水出口距罐底 170mm ,本文RMG180燃料油总沉积物少,蒸汽进口、冷凝水出口高度可将列管加热器支架占位降低。降低蒸汽进口、冷凝水出口高度目的是为调合搅拌机提供更宽裕安装空间。

6 罐内调合器设计

本文RMG180燃料油配方为多种组分比例调合,为防止出现产品质量不均质、罐底油泥沉淀、油品分层、温度不均匀等现象所引起产品质量和安全生产事故,需要对罐内油品进行定期搅拌。常用的罐内调合器有罐顶压缩空气搅拌器、罐壁搅拌器、罐底喷嘴搅拌器等,三种搅拌器性能分析见表2。

从表2可知,无论从设备的安全性、操作易行性、日常维护方便性等技术性能,还是在经济性进行分析,罐底喷嘴式搅拌器都明显优于其他两种方式。本项目燃料油调合采用喷嘴搅拌器,利用罐内自身介质经调合泵加压提供动力,动力流体经过旋转喷头的喷嘴喷射而形成射流。射流的反作用使油品调合旋转喷头 360° 旋转,使各组分物料得到充分的混合均匀。

本项目采用喷嘴搅拌器型已投用3年,用户反馈该旋转喷头搅拌器使用效果良好,相比叶轮搅拌器也有效减少沉积和沉结,减少清罐次数,降点工人劳动

频率。调合搅拌 2-3h, 即可达到合格产品。

7 结论

①燃料油闪点大于 60℃, 调合时伴有大量油气, 储罐采用固定顶储罐时要有氮封保护措施; ②燃料油调合储输, 除了有常规的温度、压力、流量监测外, 还需要注意大型储罐设置液位联锁措施和大型机泵出口设置四级压力联锁控制, 防止储罐溢流和保护机泵; ③无论从安全实用性, 还是经济合理性, 调合船燃燃料油罐内调合器采用罐底喷嘴式搅拌器要优于罐顶压缩空气搅拌器、罐壁搅拌器。

本文从 RMG180 船用燃料油介质性能要求、储罐选型、储罐开口、储罐加热器计算 / 选择、罐内调合器选择、调合 / 输送流程方面介绍船燃调合工艺的工程设计, 为其他品种船燃工程设计提供参考设计思路, 实际应根据生产要求, 产品指标、平面布置等多方面综合考虑。

参考文献:

- [1] GB/T 17411-2015. 船用燃料油 [S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2015.
- [2] GB 50160-2008(2018 年版). 石油化工企业设计防火标准 [S]. 中华人民共和国住房和城乡建设部, 国家市场监督管理总局, 2008.
- [3] SH/T 3007-2014. 石油化工储运系统罐区设计规范 [S]. 中华人民共和国工业和信息化部, 2015.
- [4] 李征西, 徐思文. 油品储运设计手册 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997:374-385.
- [5] AQ 3053-2015. 立式圆筒形钢制焊接储罐安全技术规程 [S]. 北京: 国家安全生产监督管理总局, 2015.
- [6] SH/T 3014-2012. 石油化工储运系统泵区设计规范 [S]. 中华人民共和国工业和信息化部, 2012.

表 1 船用 RMG180 燃料油常用要求和试验方法^[1]

性能		GB/T17411-2015 中 RMG180 性能要求	某企业 RMG180 型号性能检测数据	试验方法
运动黏度 (50℃) / (mm ² /s)	不大于	180	实测 157	GB/T11137
密度 (满足下列要求之一) 20℃ / (kg/m ³)	不大于	987.6	实测 967	GB/T1884 和 GB/T1885 ^a
闪点 (闭口) / (℃)	不低于	60.0	实测 128	GB/T261 (步骤 B)
酸值 (以 KOH 计) / (mg/g)	不大于	2.0	1.0	GB/T7304
总沉积物 (老化法) (质量分数) / (%)	不大于	0.10	0.10	SH/T0702
残炭 (质量分数) / (%)	不大于	18.00	12.0	GB/T17144
倾点 / (℃)	不高于	30	28	GB/T3535
灰分 (质量分数) / (%)	不大于	0.10	0.070	GB/T508

表 2 调合器性能分析表

序号	名称	工作原理	使用性能	经济性	日常维护
1	压缩空气搅拌器	利用压缩空气的压力, 使罐内油品上下翻动	易使油品氧化, 影响成品油质量; 易形成爆炸混合物; 不能防止罐底油泥沉积; 大型储罐也不适用	/	日常维护压缩机
2	叶轮搅拌器	电机带动螺旋桨形叶轮旋转来实现对油品的搅拌	受限于角度限制, 局部油泥积聚和搅拌死角; 需要经常检查搅拌器轴承的发热、振动及泄漏情况	成套设备价格高, 使用寿命 10-15 年, 在 1 万 m ³ 罐调合时间 11h	定期补加润滑剂及更换轴承密封
3	旋喷搅拌器	设在罐中心, 利用罐外泵加压, 带动喷嘴旋转	设在罐中心, 可以 360° 旋转, 使罐内油品充分搅拌, 用于各种罐内搅拌。在操作时只需启动调合泵, 简单易维护, 无安全隐患。但不适用于高粘度液体	成套设备价格低, 使用寿命 15 年以上, 在 1 万 m ³ 罐调合时间 4h	喷嘴不需要维护, 只需要日常维护调合泵