

# 成品油库铁路卸车设施设计要点

李露平

中化石油川渝有限公司 四川 成都 610000

**摘要：**成品油通过铁路运输是内地油品入库的一种主要方式。在卸车设施设计中主要涉及卸车系统能力及鹤位数、栈台尺寸、卸车工艺选择、鹤管、卸车泵等主要设备选型等问题。本文结合实际案例，主要介绍成品油库铁路卸车设施设计要点。

**关键词：**油库；铁路；栈台；鹤管；泵；选型

引言：成品油库油品输入方式包括水路、铁路、公路及管道。水路运输成本低廉，但仅适用于沿海或内陆水路发达地区；公路运输灵活性强，但单位运输成本高昂，适合少量短距离配送；管道运输成本较低，但配套投入大，需建设专用管道及泵站；铁路运输成本适中，运量较大，需配套建设铁路专用线和卸车设施。西南地区成品油库采用铁路入库方式较多，其中，栈台、鹤管、泵是铁路卸车系统中最重要的设施。

## 1 卸车系统能力及鹤位数确定

### 1.1 计算日卸车作业辆数

日卸车作业辆数 $n_1$ 按下式计算：

$$n_1 = G \cdot K / (\tau \cdot \rho \cdot V \cdot A) \quad (1)$$

式中：G—年卸车量（t/a）；

K—铁路装卸不均衡系数，取值见表1；

$\tau$ —年操作天数（d/a），取350d；

$\rho$ —操作温度下的液体密度（t/m<sup>3</sup>）；

V—罐车容积（m<sup>3</sup>/辆），宜取60m<sup>3</sup>；

A—罐车装满系数，取值见表2。

表1 不同运输量的每种液体物料铁路装卸不均衡系数K

运输量 (t/a)	小于5×10 <sup>4</sup>	大于或等于5×10 <sup>4</sup> ，且 小于或等于50×10 <sup>4</sup>	大于50×10 <sup>4</sup>	
			装车	卸车
K	2.5~3.0	1.5~2.0	1.2~1.3	1.2~1.6

表2 液体物料罐车装满系数A

液体物料种类	A的取值
甲A类及液氨液体物料	0.80~0.85
甲B类、乙类和丙A类可燃液体	0.90
丙B类可燃液体	0.95
I级~IV级职业性接触毒物	0.90
Y1~Y9类酸碱盐溶液	0.85
当一种介质分属不同类别时	取较低值

以川南地区某成品油分销油库（汽、柴油）为例，该油库周转量即年卸车量为40×10<sup>4</sup>t/a，根据公式（1）计

算该油库日卸车作业辆数 $n_1$ 约为56辆。

### 1.2 每批卸车辆数

每批卸车辆数 $n_2$ 按下式计算：

$$n_2 = n_1 / m_1 \quad (2)$$

式中： $n_1$ —日卸车作业辆数；

$m_1$ —日作业批数（批/d），取值见表3。

表3 日作业批数 $m_1$

栈台作业类别	$m_1$ 的取值
装车栈台	不应大于4批
卸车栈台	不应大于5批
同台装卸	不应大于4批
不同液体物料不同时操作	不宜大于1批

$m_1$ 值取5，根据公式（2）计算每批卸车辆数 $n_2$ 为11.2。

### 1.3 卸车栈台座数

卸车栈台座数 $n_3$ 按下式计算：

$$n_3 = n_2 / m_2 \quad (3)$$

式中： $n_2$ —每批卸车辆数（辆/批）；

$m_2$ —牵车设备牵引的车辆数（辆/批）。

按照《石油化工液体物料铁路装卸车设施设计规范》（GB/T51246-2017）第4.0.5条规定：“牵车设备牵引的车辆数取值应符合下列规定：

（1）小鹤管单侧装车栈台宜取罐车车列的车辆数的一半，双侧装车栈台宜取罐车车列的车辆数；

（2）大鹤管单侧装车栈台应取小爬车等牵引设备牵引的车辆数，双侧装车栈台应取小爬车等牵引设备牵引的车辆数的2倍。”<sup>[4]</sup>

通常一列罐车车列的车辆数、卸车时间、罐车型号以及外型尺寸应按照铁路部门提供的数据要求执行，因此在设计开始前，应向专用线主管的铁路部门咨询获得相关数据。川南地区该油库专用线主管的铁路部门提供的一列罐车车列车辆数为28~52辆不等，每批车卸车时间一般不能超过4个半小时，罐车为G60和G70两种型号。

在进行该油库设计计算时, 一列罐车车列车辆数取值28, 根据公式(3)计算该油库卸车栈台座数 $n_3$ 为0.8。

按照GB/T51246-2017第5.0.5条规定: “卸车栈台座数的确定应符合下列规定:

(1) 当卸车栈台座数计算值 $n_3$ 的小数部分大于0.75时, 应取整数部分加1;

(2) 当卸车栈台座数计算值 $n_3$ 的小数部分大于0.50, 且小于或等于0.75时, 宜取整数部分加1;

(3) 当卸车栈台座数计算值 $n_3$ 的小数部分大于0.25, 且小于或等于0.50时, 应取整数部分加0.50;

(4) 当卸车栈台座数计算值 $n_3$ 的小数部分小于或等于0.25时, 宜取整数部分。”<sup>[4]</sup>

因此, 该油库设置卸车栈台1座。

#### 1.4 卸车鹤位数

$$L = l/2 (n_4 - 1) \quad (\text{两侧鹤管错开 } l/2 \text{ 布置, 避免鹤管交叉作业}) \quad (5)$$

式中:  $l$ —每辆罐车的计算长度 (m/辆), G60和G70罐车长度均约12m, 取值12;

$n_4$ —卸车鹤位数。

首先确定采用单侧栈台还是双侧栈台, 鹤位数较多时, 优先采用双侧栈台, 可以减少长列罐车对位困难和占地面积, 同时可以缩减栈台长度; 鹤位数较少时, 可以采用单侧栈台, 调车次数少<sup>[1]</sup>。另外, 在确定采用单侧栈台还是双侧栈台时, 还应提前与铁路部门沟通, 以铁路部门批复的专用线股道设置方案为准, 确定栈台型式。川南地区该油库专用线为单股道设计, 且鹤位数仅13个, 因此该油库采用单侧卸车栈台是合理的, 根据公式(4)计算该油库鹤管首末端间距 $L$ 为144m, 根据“栈台端头至鹤管间距不应小于3m”的要求, 考虑为端部鹤管预留足够操作空间, 栈台端头至端部鹤管间距取6m, 卸车栈台长度为156m。

#### 2.2 卸车栈台宽度

卸车栈台宽度根据卸车方式确定, 按照GB/T51246-2017第5.0.10条规定: “卸车栈台的宽度应符合下列规定:

(1) 采用上卸方式时, 双侧卸车栈台宽度宜为2m~3m, 单侧宽度不应小于1.5m;

(2) 采用下卸方式时, 卸车栈台宽度宜为1.5m~2.0m。”<sup>[4]</sup>

我国铁路部门规定汽柴油等轻质油品卸车应采用上卸方式, 轻质油罐车通常仅设上卸口, 原油、重质油等油品一般采用下卸方式。考虑到铁路栈台上鹤管、阀门、管道较多, 考虑为卸车作业人员预留足够操作空间, 该油库卸车栈台宽度确定为2.0m。

卸车鹤位数 $n_4$ 应取每批卸车辆数, 根据公式(2)得出的每批卸车辆数计算值为11.2。在进行每批卸车辆数计算时, 日作业批数 $m_1$ 的取值为5, 已达取值上限。设计人员应结合专用线方案, 按照不小于计算值, 确定实际鹤位数。川南地区该油库受限于专用线设计方案, 实际鹤位数 $n_4$ 为13个。

## 2 卸车栈台尺寸及平面布置

### 2.1 卸车栈台长度

对于单侧卸车栈台, 鹤管首末端间距 $L$ 按下式计算:

$$L = l (n_4 - 1) \quad (4)$$

式中:  $l$ —每辆罐车的计算长度 (m/辆), G60和G70罐车长度均约12m, 取值12;

$n_4$ —卸车鹤位数。

对于双侧卸车栈台, 鹤管首末端间距 $L$ 按下式计算:

### 2.3 卸车栈台高度

卸车栈台是为卸车作业人员打开、关闭油罐车顶盖以及操作鹤管、阀门等设置的, 卸车栈台高度在《石油库设计规范》(GB50074-2014)中有明确规定: “罐车装卸栈桥的桥面, 宜高于轨面3.5m。”<sup>[3]</sup>

## 3 卸车工艺选择

目前汽柴油铁路上卸车工艺主要有“高扬程潜油泵鹤管直接卸油工艺”和“低扬程潜油泵鹤管+离心泵卸油工艺”两种主流方式。以往汽柴油铁路上卸车工艺还有使用真空卸车工艺、容积泵辅助离心泵卸车工艺、容积泵卸车工艺、气相增压卸车工艺等方式。

真空卸车工艺利用真空系统进行引油灌泵、扫仓和抽吸放空罐油品作业, 该系统所需设备较多, 如水环真空泵、真空罐、真空管线等, 且真空泵工作时排气管经常有大量油气排出, 目前此工艺已禁止使用<sup>[2]</sup>。

后续对真空卸车工艺进行了改进, 采用容积泵取代真空系统, 实现为离心泵引油及扫仓。该工艺卸油过程中油气混输现象严重, 卸油完毕后剩余的仓底油较多, 扫仓作业的时间长。

容积泵卸车工艺是采用大流量容积泵作为卸车泵直接将油品抽吸入油罐中, 不需要引油, 大流量容积泵造价高昂, 在卸油过程中同样油气混输现象严重, 长期使用会缩短油泵寿命。

气相增压卸车工艺是将氮气注入油罐车上部空间, 将负压卸油变为正压卸油, 可以省去引油环节, 但由于槽车口快速密封难以彻底解决, 而且需要外部气源, 建设制氮装置, 投入成本较大, 相对复杂, 不宜推广。

潜油泵卸车工艺解决了卸油过程中的气阻问题，根据该油库实际情况，若采用高扬程潜油泵鹤管直接卸油工艺，虽然可以不用建设卸油泵房及卸油泵，但是高扬程潜油泵鹤管由于设计和材料的原因，整体重量会比低扬程潜油泵鹤管更重，对鹤管平衡度要求更高，按照油库以往操作经验来看，操作起来难度较大，因此该油库选用“低扬程潜油泵鹤管+离心泵卸油工艺”。

#### 4 主要设备选型

##### 4.1 卸车鹤管

鹤管是铁路卸车系统最为重要的设备之一，鹤管好坏直接影响卸车作业的顺利开展。铁路上卸鹤管一般均为DN100小鹤管，鹤管口应能伸入罐车底部最低处，使罐车内的油品尽可能卸净。

根据《储油库大气污染物排放标准》（GB20950-2020）第4.1.2条规定：“通过铁路罐车收油，除拆装灌装鹤管之外的时段，收油鹤管与铁路罐车灌装口（人孔）应密闭。”<sup>[5]</sup>因此，卸车鹤管应配带密闭帽。目前市场上密闭帽主流型式有锥形和平盖形两种，锥形密闭帽依靠重力和锥形橡胶面的密封，以达到密封不同罐车的作用。平盖形密闭帽通过机械压紧装置可与不同罐车人孔进行锁紧，达到密封作用。不同厂家的密闭帽密封效果不尽相同，建议在选择前对同类油库走访调研后确定选择哪种型式。

卸车鹤管尺寸主要确定内臂A、外臂B以及垂管C的长度。按照图1计算步骤如下：

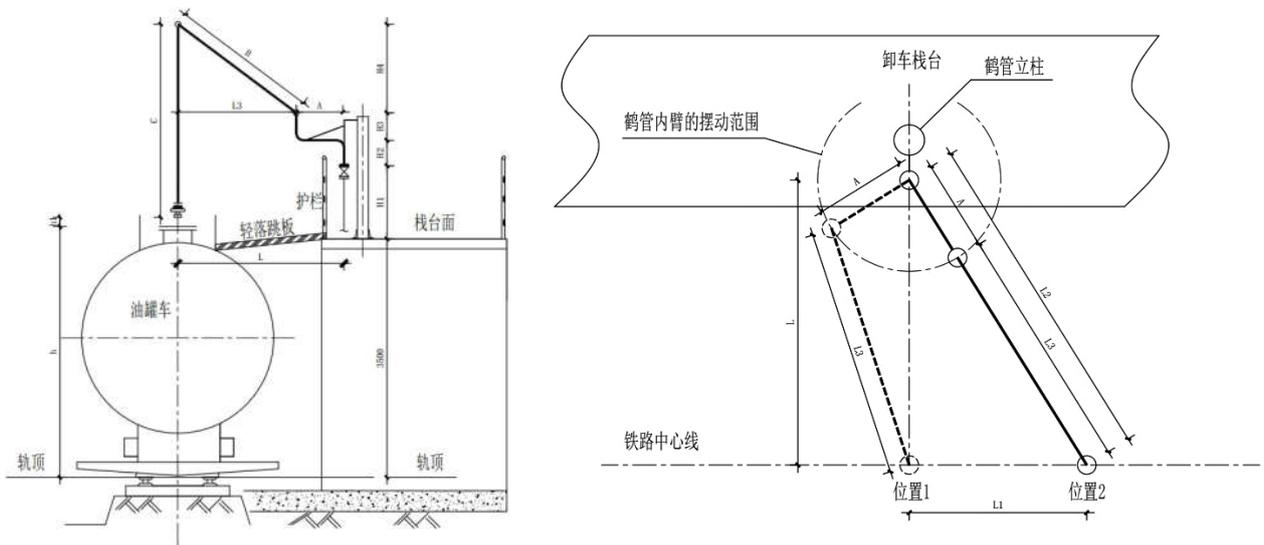


图1 铁路卸车鹤管示意图

①垂管C的长度（含潜油泵）必须大于罐车高度（从人孔顶部到罐底），罐车高度与车型有关，根据车型确定合适的垂管高度C值。

②确定鹤管在栈台上的位置，以便计算出鹤管与铁路中心线的距离L。

③根据鹤位数和车型估算第一辆罐车与第一个鹤位对位后，尾端罐车人孔与最后一个鹤管的最大偏差L1。

④根据L、L1计算得出L2。给定一个内臂A值（可取1000mm），得出B的水平投影长度L3。

⑤按照 $H4 = (h+h1+C) - (3500+H1+H2+H3)$ 计算出H4值，可得出外臂B值。其中h根据车型确定；h1可取50mm；H1值根据配管情况取值，应满足H1+H2大于栈台护栏的高度，但不宜过大，避免鹤管操作困难；H2和H3可以参考鹤管样本取值。

⑥计算出外臂B值后，若B值不在产品样本提供的范

围内，需重新确定A和H1值。

##### 4.2 潜油泵

目前低扬程潜油泵通常选用流量为50m<sup>3</sup>/h~60m<sup>3</sup>/h，扬程为5m~6m，有气动、电动和液动三种型式，其中气动潜油泵操作安全性不稳定，已禁止使用，电动和液动两种型式被广泛应用于油库。

电动潜油泵结构简单，占地空间小，但防爆要求严格，电缆长期浸泡在油品或暴露在户外环境中易老化，不耐杂质，维护成本较高；液动潜油泵结构相对复杂，需配套液压站，若密封失效，液压油可能泄漏污染油品，但液压系统无电弧或静电隐患，本质安全性好，泵头与液压站分离，维护便捷，长期维护成本较低。该油库最终选用液动潜油泵鹤管型式<sup>[3]</sup>。

##### 4.3 卸车泵

卸车泵一般采用管道泵，管道泵具有结构紧凑、安

装方便、运行平稳、噪音低、高效节能、维护简单等优点，在油库中得到普遍采用。泵流量设置与每批次净卸车时间有关，川南地区该油库专用线铁路部门要求每批次卸车时间一般不能超过4个半小时，同时GB/T51246-2017第3.0.8条规定：“每批次净装卸车时间宜为2h~3h。”<sup>[4]</sup>卸车泵流量Q按下式计算：

$$Q = n_4 \cdot V \cdot A / h_t \quad (6)$$

式中： $n_4$ —每批卸车辆数（辆/批），取值13；

$V$ —罐车容积（ $m^3$ /辆），该处计算时取值 $70m^3$ ；

$A$ —罐车装满系数，取值0.9；

$h_t$ —每批次净卸车时间（h），取值2h。

根据公式（6）计算该油库卸车泵流量Q为 $409.5m^3/h$ ，卸车泵流量可选择 $400m^3/h$ ，但由于大泵低负荷运行时效率低，流量调节范围窄，泵单点故障会造成系统停机，影响连续作业，这种情况下建议配置2台 $200m^3/h$ 泵并联使用，既可以灵活对流量进行宽范围调节，又满足冗余设计，最大程度减少泵故障对连续卸车作业的影响。

根据卸车流量计算管道阻力降，得出泵所需扬程，同时应计算泵的有效汽蚀余量，根据流量、扬程、有效汽蚀余量选择适宜的管道泵。

#### 4.4 扫仓泵

扫仓泵一般采用容积泵，其中滑片泵及转子泵使用

较为普遍。滑片泵具有结构简单、运行平稳、自吸能力强、维护相对简单等优点，但滑片与泵壳摩擦较大，滑片易磨损，需定期更换滑片。转子泵的转子与泵壳间隙较大，耐磨损，可允许短时间干转，但设备采购成本较滑片泵高，自吸能力相对较弱，维护相对复杂。两种泵各有优缺点，需根据项目实际情况选择适宜的扫仓泵。

#### 5 结语

目前铁路卸油工艺虽然已经比较成熟，但仍存在一些问题，如鹤管万向节易泄漏，密闭帽密封效果不佳，电动潜油泵寿命不长，液压管容易泄漏污染油品等，未来随着新工艺、新技术、新设备的迭代更新，铁路卸油将更加智能化，更具备安全性、环保性。

#### 参考文献

- [1]曾晖等.浅谈成品油库火车卸油设施设计[J].石油规划设计,2004,15(5):36-38.
- [2]高振乔.关于铁路槽车轻油卸车工艺的探究和改进建议[J].石油库与加油站,2012,6(21):1.
- [3]GB50074-2014,石油库设计规范[S].2014-7-13.
- [4]GB/T51246-2017,石油化工液体物料铁路装卸车设施设计规范[S].2017-7-31.
- [5]GB20950-2020,储油库大气污染物排放标准[S].2020-12-31.