

石油化工装置中常用真空泵的工作原理及选型要求

郭红岩

陕西延长石油(集团)有限责任公司油田气化工科技公司 陕西 延安 717114

[摘要]真空泵使用工况各不相同。对于存在较大气量、抽吸介质纯度较低、真空度较低的工况中适合选择液环式真空泵装置,而对于介质具有较高清洁度要求、真空度较高以及气量较小的运行工况适合选择干式真空泵对整个机组运行状况实施合理保护监测。对于各种易燃易爆场所中应用干式真空泵时,需要开展防爆检测。本文先是阐述了石油化工装置中常用真空泵主要结构原理,然后石油化工装置中常用真空泵特征进行了分析,最后说明了石油化工装置中常用真空泵选型要求。

[关键词]石油化工装置;常用真空泵;工作原理

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2021.12.1935

引言

液环式真空泵是带有多叶片的转子偏心装在泵壳内。当它旋转时,把液体抛向泵壳并构成与泵壳同心的液环,液环同转子叶片构成了容积周期变化的旋转变容真空泵。

一. 石油化工装置中常用真空泵主要结构原理

1. 液环式真空泵

液环真空泵中的叶轮偏心普遍是在泵体内部进行安装,在启动装置中,需要将相应工作液添加到泵内。在装置启动后,叶轮开始旋转,产生离心力,该种条件下泵内工作液便会在泵内壁形成某种旋转封闭液环,而液环下方内表层和轮毂之间呈现出相切状态,上层内表层和叶片顶层相接。液环和轮毂间构成某种月牙空间,叶轮和叶片把整个空间分解成数个不同体积腔体。在吸气中,腔体内部体积呈现出从小到大的变化趋势,端盖上层吸气口和装置内腔体互相连通,腔体内部气压下降,则吸入气体,结束吸气后,将吸入口和腔体互相隔离。压缩中,腔体内部体积呈现出从大到小的变化趋势,腔体中的气体压力提升,当泵旋转到腔体和排气口互相连通条件下,则能够顺利将腔内气体排出。液环真空泵整个系统结构包括开式和闭式两种形式的循环系统。闭式循环系统还可以进一步分解成排液泵、环液冷却。装置、分离罐、真空泵等元件构成。两种系统可以联系具体工艺所需数量和实际操作要求实施合理选择。

2. 螺杆真空泵

该种真空泵包括一组同步齿轮以及双电机驱动下反向旋转螺杆构成,实施各项操作。而螺杆和泵壳以及螺杆间存在相应缝隙,确保各个金属之间不接触,促进转子实现非接触下的啮合。螺杆真空泵在实际操作中具备压比高、抽速大、结构密集、真空度大以及方便安装等优势。装置内部各个工作部件具有较长的应用寿命,在实际运行中不会产生摩擦现象。

3. 爪式真空泵

当前在我国石化工程中具有较多应用形式,包括BOSCH企业制造的单级结构和卧式结构MINK系列,以及EDWARDS企业制造的立式三级结构,国内郎禾科技企业制造的立式四级结构。而卧式爪式等模式的真空泵普遍呈现出一种单级结构,泵组系统整体真空度较低,普遍应用于构造粗真空。立式爪式等形式的真空泵装置普遍设计为四级和三级压缩模式,能够得到相对较高真空度。该种形式真空泵内部泵腔按照顺序依次串联,同时在各级泵腔当中分别设置一对共轭啮合以及爪型转子,爪型转子主要是以同步反向运动为主。当爪型

转子吸入介质后,被进一步压缩和排放。各对转子分别设置在两个平行轴中,整个轴主要通过上下两端轴承作为基础支撑。爪式真空泵中因为涉及多种间隙控制,像是隔板间隙、端盖和转子间隙、转子间分析、泵体和转子间隙等,不同间隙之间拥有一定联系,增加了泵安装维护难度,而爪式真空泵在实际运行中的抽速相对较低。

4. 罗茨真空泵

罗茨泵在泵腔内,有二个“8”字形的转子相互垂直地安装在一对平行轴上,由传动比为1的一对齿轮带动作彼此反向的同步旋转运动。在转子之间,转子与泵壳内壁之间,保持有一定的间隙,可以实现高转速运行。由于罗茨泵是一种无内压缩的真空泵,通常压缩比很低,故高、中真空泵需要前级泵。罗茨泵的极限真空除取决于泵本身结构和制造精度外,还取决于前级泵的极限真空。

为了提高泵的极限真空度,可将罗茨泵串联使用。罗茨泵的工作原理与罗茨鼓风机相似。由于转子的不断旋转,被抽气体从进气口吸入到转子与泵壳之间的空间 v_0 内,再经排气口排出。由于吸气后 v_0 空间是全封闭状态,所以,在泵腔内气体没有压缩和膨胀。但当转子顶部转过排气口边缘, v_0 空间与排气侧相通时,由于排气侧气体压强较高,则有一部分气体反冲到空间 v_0 中去,使气体压强突然增高。当转子继续转动时,气体排出泵外。

5. 旋片真空泵

旋片式真空泵(简称旋片泵)是一种油封式机械真空泵。其工作压力范围为 $101325 \sim 1.33 \times 10^{-2}$ (Pa)属于低真空泵。它可以单独使用,也可以作为其他高真空泵或超高真空泵的前级泵。旋片泵可以抽除密封容器中的干燥气体,若附有气镇装置,还可以抽除一定量的可凝性气体。但它不适于抽除含氧过高的,对金属有腐蚀性的、对泵油会起化学反应以及含有颗粒尘埃的气体。旋片泵是真空技术中最基本的真空获得设备之一。旋片泵多为中小型泵。

旋片泵有单级和双级两种。所谓双级,就是在结构上将两个单级泵串联起来。一般多做成双级的,以获得较高的真空度。旋片泵的抽速与入口压强的关系规定如下:在入口压强为 1333Pa 、 1.33Pa 和 1.33×10^{-1} (Pa)下,其抽速值分别不得低于泵的名义抽速的95%、50%和20%。旋片泵主要由泵体、转子、旋片、端盖、弹簧等组成。在旋片泵的腔内偏心地安装一个转子,转子外圆与泵腔内表面相切(二者有很小的间隙),转子槽内装有带弹簧的二个旋片。旋转时,靠离心力和弹簧的张力使旋片顶端与泵腔的内壁保持接触,转子

旋转带动旋片沿泵腔内壁滑动。

两个旋片把转子、泵腔和两个端盖所围成的月牙形空间分隔成A、B、C三部分，当转子按箭头方向旋转时，与吸气口相通的空间A的容积是逐渐增大的，正处于吸气过程。而与排气口相通的空间C的容积是逐渐缩小的，正处于排气过程。居中的空间B的容积也是逐渐减小的，正处于压缩过程。由于空间A的容积是逐渐增大（即膨胀），气体压强降低，泵的入口处外部气体压强大于空间A内的压强，因此将气体吸入。当空间A与吸气口隔绝时，即转至空间B的位置，气体开始被压缩，容积逐渐缩小，最后与排气口相通。当被压缩气体超过排气压强时，排气阀被压缩气体推开，气体穿过油箱内的油层排至大气中。由泵连续运转，达到连续抽气的目的。如果排出的气体通过气道而转入另一级（低真空级），由低真空级抽走，再经低真空级压缩后排至大气中，即组成了双级泵。这时总的压缩比由两级来负担，因而提高了极限真空度。

二. 石油化工装置中常用真空泵特征分析

真空泵作为石油化工装置中的重要组成部分，对于整个装置的稳定运行具有重要作用，下面介绍几种不同类型真空泵。在具体实践运行中，泵内传输气体的升温幅度相对较低。泵腔体中并不存在金属摩擦面，也不需要额外实施润滑处理，能够对各种易燃易爆气体、汽水混合物、可疑气体以及含尘气体实施有效处理，成本低廉，具有较高抽速速率。而主要操作缺点包括机组运行效率较低，大概低30%左右，整体运行能耗较高。结构配置十分复杂，占据空间较广，在日常运行操作中需要采取相应的维护措施。容易产生某种废液，也不适合具有较高介质纯度要求场所。大气直排形式的罗茨泵在实际应用中主要优势如下，即可单独应用，存在较大压差，可以进行大气直排。降低整体运行能耗、拥有较高体积效率。在实际运行中不会产生任何废液，适合抽吸介质具有较高纯净度要求的运行工况。该种设备的主要运行缺陷包括用于粗真空，可以分为水冷式结构以及气冷式结构，其中的辅助系统内部组成十分复杂，存在较多维护点。机械增压形式的罗茨泵在实际应用中主要包括以下优势，相关设备在具体运行中方便维护，整个占据空间面积相对较小，结构配置较为简洁。因为该罗茨泵拥有较高的体积效率，和液环真空泵相比可以发挥出更高的节能效果。具有较高的极限真空数值，在实际运行操作中不会产生任何废液，适合应用到那些抽吸介质具备较高纯净度要求的操作工况当中。

三. 石油化工装置中常用真空泵选型要求

1. 液环式真空泵相关选型

在泵入口区域介质温度较大、抽吸介质纯度低以及真空度低、抽气量大的运行工况下，参考相应的技术指标和权衡经济，尽量选择液环式真空泵进行生产运行。上述工况下，假如真空泵对应机组存在较大吸气量，如果选择干式真空泵，在真空泵串联数量相继增加，在具体运行能耗和基础配置上整体优势较低。假如安装液环真空泵，则可以把设备装置内的乙二醇反应原材料当成基础环液，预防后续工作中出现多余废液。把装置设备中的冷冻水当成环液，实施降温处理，能够有效维持恒定温度，有利于环液运行，满足工艺技术的真空度要求。综合考虑后，选择设置液环真空泵，合理

配置液环真空泵，包括分离罐和环液冷却装置，整个系统设备投运中能够始终维持平稳运行。

2. 干式真空泵具体选型

在具有较高抽吸介质纯度、高真空度以及低抽气量的工况条件下，可以考虑选择安装干式真空泵。该种运行工况下，设备内介质存在极毒介质苯，如果安装液环真空泵，会定期排放其中的含苯废水，影响生产中的环保效果，同时还会扩大污水处理成本。除此之外，设置液环真空泵，整个系统机组整体配置工作十分复杂，会产生大量能耗。考虑到出口压力相对较低以及泵的抽吸速度较小等问题，可以选择设置干式真空泵，不但不会产生任何多余废液，整个系统配置也十分简洁，和液环真空泵相比，整个机组运行能耗得到了明显降低，所以可以选择干式真空泵。当前，芳烃抽取装置内的液环真空泵逐渐被干式真空泵装置所取代。

3. 干式真空泵具体配置注意事项

在应用干式真空泵条件下需要重点注意以下内容，第一是为了满足系统运行中的极限真空数值，提升整体压比参数，干式真空泵内不同转子和泵体间隙相对较低。比如螺杆模式的真空泵内部转子元件间隙甚至低于0.4mm，整体转速相对较高，所以需要实时监控干式真空泵的振动状态，科学判断墙体和转子间隙，了解同步齿轮、滚都轴承在具体操作中的现实磨损状况，实现机组运行状态监控目标。应用干式真空泵时，泵内介质呈现出一种快速升温状态，普遍需要对泵的排气压力、外部泵壳温度以及泵内排气温度实施全面在线监测，避免设备过载导致转子过高升温问题出现。第二是针对相关机组设备实施防爆认证，在干式真空泵正常运行中容易产生机械活化现象，所以处于易燃易爆场所内设置应用干式真空泵，需要率先做好真空泵的整机防爆检测认证。当前，针对干式真空泵实施综合检测认证处理中，国内的行业标准单纯对泵组中的仪表设备和电气装置制定了明确的防爆要求。结合干式真空泵整体结构组成特征分析，可以在易燃易爆场所内按照具体规范要求实施干式真空泵综合选型设计工作，开展机组防爆检测认证，优化整个机组设备的运行稳定性和可靠性。

结束语

石油化工生产中，联系不同的施工工况差异，可以按照具体操作中的真空度以及抽气量等处理要求，考虑真空泵装置的整体组成机构以及系统复杂度，对真空泵装置实施合理选型，保障石油化工相关生产工艺的有序实施，同时实现节能降耗目标，促进实现清洁生产。

参考文献

- [1] 邵硕. 石油化工装置中常用真空泵的工作原理及选型要求[J]. 化工管理, 2021(35): 124-125.
- [2] 闫格, 刘伟成, 李文昇, 杨吉茂, 王旭晖. 液环式真空泵技术研究综述[J]. 液压气动与密封, 2021, 41(11): 9-11+14.
- [3] 齐立娟. 几种真空泵工作原理及选型方案探讨[J]. 石油化工设备, 2020, 49(04): 71-75.
- [4] 冷波. 真空泵节能研究[J]. 广西节能, 2019(04): 32-33.