

化工装置蒸汽吹扫的研究与应用

于兴元

(中石化<天津>石油化工有限公司, 天津 300270)

【摘要】 本文深入探讨了化工装置蒸汽吹扫的原理、方法、操作要点以及在实际应用中的注意事项。通过对蒸汽吹扫技术的详细介绍,结合工程实例,分析了蒸汽吹扫在化工装置清洁、维护、安全运行中的重要作用。同时,文章还探讨了蒸汽吹扫技术的优化方案,旨在提高吹扫效率,降低能耗,保障化工装置的长周期稳定运行。

【关键词】 化工装置; 蒸汽吹扫; 清洁维护; 安全运行; 优化方案; 安全管理

一、引言

随着化工行业的快速发展,化工装置的安全、稳定运行成为了企业关注的焦点。蒸汽吹扫作为一种有效的清洁、维护手段,在化工装置中得到了广泛应用。本文将从蒸汽吹扫的原理、方法、操作要点以及实际应用等方面进行深入探讨。

二、蒸汽吹扫的原理与方法

(一) 蒸汽吹扫的原理

蒸汽吹扫是以蒸汽为介质,利用蒸汽的高速流动和冷热交替作用,剥离并清除管道和设备内壁上的附着物,达到清洁、维护的目的。蒸汽吹扫具有清洁效果好、操作简便、适用范围广等优点^[1]。

(二) 蒸汽吹扫的方法

蒸汽吹扫的方法主要包括以下几个步骤:

1. 暖管: 在吹扫前,应先对管道进行暖管操作,使管道温度逐渐升高,防止因温差过大导致管道变形或损坏。

2. 吹扫: 在暖管完成后,开启蒸汽阀门,使蒸汽进入管道和设备内部,利用蒸汽的高速流动和冷热交替作用,剥离并清除附着物。

3. 降温: 在吹扫完成后,应逐渐降低管道温度,防止因温差过大导致管道变形或损坏。

4. 检查: 在降温完成后,应对管道和设备进行检查,确认清洁效果是否达到要求^[2]。

三、蒸汽吹扫的操作要点与注意事项

(一) 操作要点

1. 制定详细的吹扫方案: 包括吹扫范围、吹扫压力等级、吹扫方法、吹扫顺序等。

2. 检查管道和设备: 在吹扫前,应对管道和设备进行详细检查,确保无泄漏、无堵塞等异常情况。

3. 确保安全: 在吹扫过程中,应严格遵守安全操作规程,确保人员和设备的安全。

(二) 注意事项

1. 防止水锤现象: 在吹扫过程中,应防止蒸汽冷凝成水导致的水锤现象,以免对管道和设备造成损坏。

2. 控制吹扫时间: 吹扫时间不宜过长,以免对管道和设备造成过度磨损。

3. 注意温度变化: 在吹扫过程中,应密切关注管道和设备温度的变化,防止因温差过大导致管道变形或损坏。

四、蒸汽吹扫在化工装置中的应用

(一) 化工装置清洁维护

蒸汽吹扫在化工装置清洁维护中发挥着重要作用。通过蒸汽吹扫,可以有效清除管道和设备内壁上的附着物,提高装置的运行效率和使用寿命。

(二) 化工装置安全运行

蒸汽吹扫还可以保障化工装置的安全运行。在装置启动前或停车后,通过蒸汽吹扫可以清除管道和设备内的残留物,防止因残留物导致的安全事故^[3]。

(三) 蒸汽吹扫在项目中的应用实施

1. 清洗准备

管道化学清洗利用化学药剂与管道内表面的油脂、铁锈、污垢等进行反应、溶解,从而达到清洁去污的目的。化学清洗过程与蒸汽吹扫相协调,将高压蒸汽管线系统与超高压蒸汽管线系统分开清洗,优化工艺流程,重点监控关键位置清洗指标,既保证了化学清洗效果,又为蒸汽吹扫保留了充裕时间。

2. 吹扫思路

先VHS,后HS,重点吹扫透平压缩机、透平泵的吹扫思路: 蒸汽吹扫通常按管网配置顺序进行,吹扫要遵循从高到低,先主管后支管的原则,先吹扫超高压蒸汽管道,然后吹扫高压管道。

这次交替吹扫时间间隔有利于消音器的循环利用,在不停炉的情况下实现吹扫管道的冷却降温,最大程度地缩减了吹扫的时间。

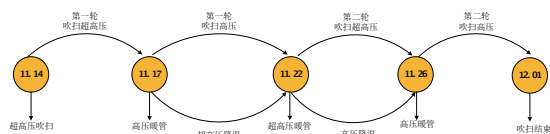


图4-1吹扫思路图

3. 吹扫过程

整个吹扫过程分四个阶段,即第一轮的一、二阶段: VHS和HS交替降温吹扫,第二轮的三、四阶段 VHS和HS交替降温吹扫。

随着吹扫的进行，生产调度时刻关注各个吹扫点打靶情况，利用晚会优化夜间吹扫点位及频次，早会统计吹扫次数，安排点位打靶。

吹扫过程吹扫系数1.4，大于国标要求最低吹扫系数1.0，满足国家规范要求。

(1) 第一阶段：第一轮VHS管网吹扫（14日-17日）

①VHS管网暖管：11月13日17:00辅锅界区超高压蒸汽开界区阀旁路对超高压蒸汽管网开始第一次暖管，1小时后排凝点无水，逐步关小排凝，乙烯装置从界区开始排凝暖管，严格控制暖管速度，乙烯界区超高压蒸汽升温如下图。

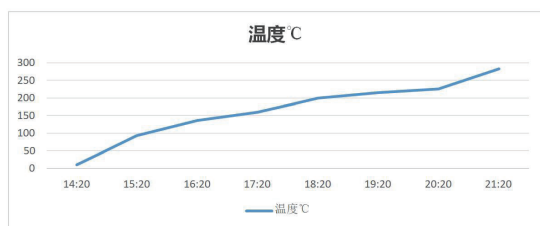


图4-2 VHS暖管升温曲线图

②超高压管线吹扫过程

11月14日超高压管网升温至420°C，14日13:00 2#辅锅点火升温，对超高压蒸汽7个吹扫点进行2个压力等级（2.5MPa、4.0MPa）试吹，试吹检验合格后进行正式吹扫，乙烯内超高压7个吹扫点按先主管后支管的次序进行吹扫，超高压蒸汽管网升压至4.0MPa开启临吹阀进行吹扫，压力降至2.0MPa关闭临吹阀，再次升压至4.0MPa进行下一次吹扫。

11月14-17日乙烯K-201吹扫46次，乙烯K-501吹扫49次，裂解炉北侧吹扫76次，裂解炉南侧吹扫69次，DSH-801吹扫17次，DSH-802/803/805吹扫19次，热区1次（4小时稳压），并打靶合格。

表4-1第一轮超高压吹扫表格

吹扫点位	13日	14日	15日	16日	17日	合计
乙烯K-201	暖管	9	19	10	8	46
乙烯K-501	暖管	10	20	13	6	49
裂解炉北侧	暖管	14	22	18	22	76
裂解炉南侧	暖管	11	18	24	16	69
DSH-801	暖管	0	0	6	11	17
DSH-802/803/805	暖管	2	9	5	0	19
热区	暖管	0	0	1	0	1

(2) 第二阶段：第一轮HS管网吹扫、VHS管网自然降温（17日-22日）

①VHS降温，HS暖管：11月17日10:41 1#炉逐步降负荷至最低火位；11:48 1#炉切出；12:00 2#炉逐步降负荷至主汽温度240°C，压力1.2MPa；14:30蒸汽并入高压蒸汽管网，全厂高压蒸汽管线开始暖管，公用工程部分两组对高压蒸汽管网排凝点进行逐个巡查，见汽无水后关小阀门；16:58辅锅界区超高压蒸汽管线界区阀全关，超高压蒸汽管线开始自然降温，高压蒸汽管网逐步暖管升温，热电站界区高压蒸汽升温如下图。

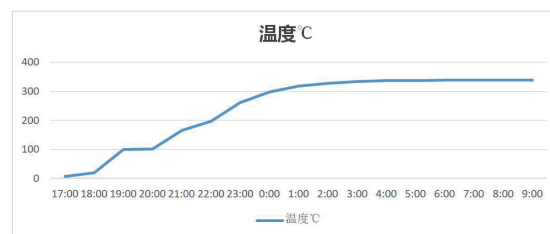


图4-3 HS暖管升温曲线图

②高压管线吹扫过程

11月18日高压管网升温至380°C，对高压蒸汽14个吹扫点进行4个压力等级（1.2MPa、2.0MPa、3.0MPa、3.5MPa）试吹，试吹检验合格后进行正式吹扫，全厂高压14个吹扫点按先主管后支管的次序进行吹扫，高压蒸汽管网升压至3.5MPa开启临吹阀进行吹扫，压力降至2.0MPa关闭临吹阀，再次升压至3.5MPa进行下一次吹扫。

11月18日-22日乙烯K-201吹扫57次，乙烯K-601吹扫42次，乙烯急冷器吹扫61次，DSH-801吹扫36次，DSH-802/803/805吹扫26次，丙烯腈吹扫98次，一循吹扫101次，二循吹扫61次，热力站吹扫75次，LAO吹扫8次，芳烃抽提吹扫16次，DPG吹扫16次，LLDPE吹扫20次，污水合资公司吹扫17次，并打靶合格。

表4-2第一轮高压吹扫表格

吹扫点位	17日	18日	19日	20日	21日	22日	合计
乙烯K-201	暖管	4	24	22	7	0	57
乙烯K-601	暖管	4	19	17	2	0	42
乙烯急冷器	暖管	0	6	17	18	20	61
乙烯DSH-801	暖管	4	7	5	15	5	36
DSH802/803/805	暖管	4	12	5	5	0	26
丙烯腈装置	暖管	0	0	41	36	21	98
一循	暖管	4	0	41	36	20	101
二循	暖管	12	10	21	13	5	61
热力站	暖管	24	13	21	17	0	75
LAO	暖管	4	0	4	0	0	8
芳烃抽提	暖管	8	4	4	0	0	16
DPG	暖管	8	4	4	0	0	16
LLDPE	暖管	10	6	4	0	0	20
污水	暖管	4	4	8	1	0	17

(3) 第三阶段：第二轮VHS管网吹扫、HS管网自然降温（22日-26日）

①HS降温，VHS暖管：11月22日14:24 1#炉逐步降负荷至最低火位；14:53 1#炉切出；2#炉逐步降负荷至主汽温度240°C，压力1.2MPa；17:20开旁路阀开始超高压蒸汽管网第二次暖管；18:50关高压蒸汽界区阀，高压蒸汽管网自然降温。控制超高压蒸汽管网升温速度，乙烯界区超高压蒸汽升温如下图。

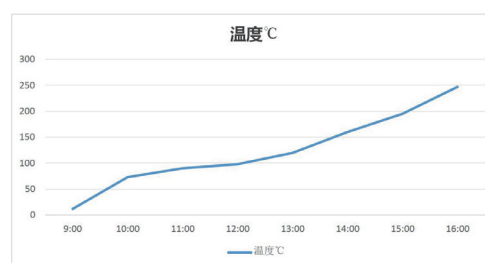


图4-4 VHS暖管升温曲线图

②超高压管线吹扫过程

11月23日超高压管网升温至420℃，升压至4.0MPa开启临吹阀进行吹扫，压力降至2.0MPa关闭临吹阀，再次升压至4.0MPa进行下一次吹扫。

11月23日-26日乙烯K-201吹扫89次，乙烯K-501吹扫40次，裂解炉北侧吹扫43次，裂解炉南侧吹扫26次，DSH-801吹扫43次，DSH-802/803/805吹扫71次，热区吹扫1次（4小时稳压），并打靶合格。

表4-3第二轮超高压吹扫表格

吹扫点位	22日	23日	24日	25日	26日	合计
乙烯 K-201	暖管	14	43	28	4	89
乙烯 K-501	暖管	12	9	11	8	40
裂解炉北侧	暖管	26	15	2	0	43
裂解炉南侧	暖管	16	9	1	0	26
DSH-801	暖管	5	22	11	5	43
DSH-802/803/805	暖管	6	28	31	6	71
热区	暖管	0	1	0	0	1

(4) 第四阶段：第二轮HS管网吹扫

①VHS降温，HS暖管：11月26日6:50 1#炉逐步降负荷至最低火位；7:20 1#炉切出；2#炉逐步降负荷至主汽温度240℃，压力1.2MPa，8:42蒸汽并入高压蒸汽管网，全厂高压蒸汽管线开始暖管，公用工程部分两组对高压蒸汽管网排凝点进行逐个巡查，见汽无水后关小阀门；11:23辅锅超高压蒸汽关界区阀，开始降温，高压蒸汽管网开始暖管升温，热力站界区高压蒸汽升温如下图。

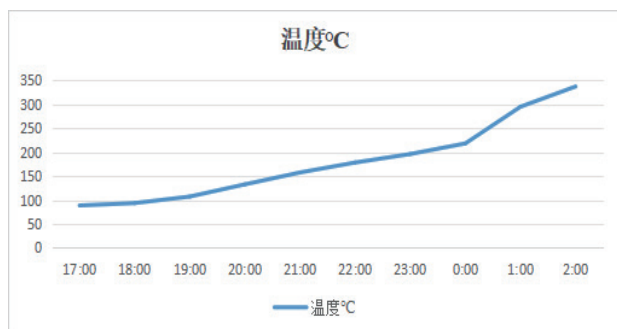


图4-5 HS暖管升温曲线图

②高压管线吹扫过程

11月26日高压管网升温至380℃，高压蒸汽管网升压至3.5MPa开启临吹阀进行吹扫，压力降至2.0MPa关闭临吹阀，再次升压至3.5MPa进行下一次吹扫。

11月26日-30日乙烯K-201吹扫56次，乙烯K-601吹扫45次，乙烯急冷器吹扫9次，DSH-801吹扫18次，DSH-802/803/805吹扫87次，丙烯腈吹扫71次，一循吹扫62次，二循吹扫39次，热力站吹扫33次，LAO吹扫4次，芳烃抽提吹扫4次，DPG吹扫4次，LLDPE吹扫9次，污水合资公司吹扫4次，并打靶合格。

表4-4第二轮高压吹扫表格

吹扫点位	26日	26日	27日	28日	29日	30日	合计
乙烯 K-201	暖管	0	0	0	14	42	56
乙烯 K-601	暖管	12	29	4	0	0	45
乙烯急冷器	暖管	0	4	5	0	0	9
乙烯 DSH-801	暖管	3	9	6	0	0	18
DSH802/803/805	暖管	12	24	12	15	24	87
P-801	暖管	0	2	24	8	23	57
P-102/104	暖管	0	2	24	7	24	57
丙烯腈装置	暖管	19	20	17	15	0	71
一循	暖管	17	20	17	8	0	62
二循	暖管	19	14	6	0	0	39
热力站	暖管	21	7	5	0	0	33
LAO	暖管	0	0	0	0	4	4
芳烃抽提	暖管	0	0	0	0	4	4
DPG	暖管	0	0	0	0	4	4
LLDPE	暖管	0	5	0	0	4	9
污水	暖管	0	0	0	0	4	4

(四) 吹扫验收

吹扫合格应组织建设单位、施工承包商、监理单位共同检查确认。在每个点打靶前会组织施工单位、监理及工艺、设备人员到厂进行见证，确定打靶合格后共同签字确认^[4]。

五、蒸汽吹扫技术的优化方案

(一) 提高吹扫效率

通过优化吹扫方案、改进吹扫设备等方式，提高蒸汽吹扫的效率，降低能耗。

(二) 降低对设备的磨损

通过控制吹扫时间、调整吹扫压力等方式，降低蒸汽吹扫对管道和设备的磨损，延长设备使用寿命^[5]。

(三) 调研准备

充分调研近几年石化单位建设项目，组织部门级方案讨论进行讨论，结合现场实际工程现状从物资准备、吹扫流程、控制参数、安全风险、预防措施等方面进行优化。

六、结论

蒸汽吹扫作为一种有效的清洁、维护手段，在化工装置中发挥着重要作用。通过深入研究和应用蒸汽吹扫技术，可以提高化工装置的运行效率和使用寿命，保障装置的安全稳定运行。未来，随着技术的不断进步和应用的不断拓展，蒸汽吹扫技术将在化工行业中发挥更加重要的作用。

参考文献：

- [1]董致录.工业蒸汽管道吹扫实践[J].石油化工安全环保技术,2017,33(4):28-31.
- [2]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB50235-2010 工业金属管道工程施工规范[S].北京:中国计划出版社,2010.
- [3]王晓军.蒸汽吹扫技术在化工装置中的应用[J].石油化工设备技术,2015,36(5):41-43.
- [4]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB50184-2011 工业金属管道工程施工质量验收规范[S].北京:中国计划出版社,2011.
- [5]张华.化工装置管道吹扫技术研究[D].华东理工大学,2013.