

煤气化装置氧气管道设计

鞠 剑

中石化宁波工程有限公司 浙江 宁波 315103

摘 要:通过对氧气管道的危险性原理的分析,结合工程实例,对氧气管道设计中的特殊要求进行讨论,确保氧气管道设计本质安全。

关键词:氧气管道;管道选材;管道设计

由于氧气的高纯度和强氧化性,稍有不慎,容易引起燃烧及爆炸事故;要降低甚至杜绝此类事故的发生,首先应该从设计本质安全把关。笔者结合某大型煤气化装置的设计经验,对氧气管道设计的一些特殊要求进行探讨。

一、氧气管道燃烧因素

产生燃烧必须同时具备三个条件:可燃物、助燃物、着火源。氧气管道通常选用碳钢或不锈钢材质,由于含碳,在纯氧的状态下可燃;管道内的高纯度氧气为强氧化剂,助燃;氧气管道在以下情况有可能燃烧、爆炸:前后压差较大的阀门瞬间开启,低压侧的氧气急剧压缩,散热不及时,温度骤升,变成着火源。阀门开启关闭时,阀门部件之间相互摩擦。管道内清洁度不达标,导致残留的物质颗粒(如铁锈、焊渣、杂质颗粒等)随氧气高速运动,与管道内壁产生摩擦以及在各种撞击场合的冲击碰撞。管道内脱脂不彻底,或检修、操作过程中没有严格遵守规章制度,导致氧气管道内部还留存一些油脂,在管道内部温度升高时将油脂引燃。火焰、辐射热等外部高温以及雷击、静电感应等。

从以上列举的可能产生燃烧、爆炸的情况看,有设计选材、管道布置的原因,也有施工质量失控的原因,还有操作及维护不当的原因。

二、管道选材

氧气管道材质根据工作压力、使用场所及介质流速进行选择,相关要求在 GB16912-2008 和 GB50030-2013 中均有明确的规定,两标准要求相同的部分在此不再赘述。对于氧气工作压力 $3.0\text{Mpa} < P < 10\text{Mpa}$ 的管道材质,GB16912-2008 中要求一般场所使用不锈钢无缝钢管,在“阀后 5 倍公称直径(并不小于 1.5m)范围;氧气车间内部;放散阀后;湿氧输送”的场所要求采用铜基或镍基合金;而在 GB50030-2013 中则规定在“不锈钢卷焊管,内壁焊缝磨光条件下,允许使用在压力不高于 5Mpa 的一般场所”,在“阀后 5 倍公称直径(并不小于 1.5m)范围,调节阀组前后各 5 倍公称直径(各不小于 1.5m)范围内;放散阀后;湿氧输送”的场所允许使用不锈钢无缝钢管。

氧气的最高流速也是管道选材的重要依据,两个标准均对不同材质管道的最高允许流速做了相关规定。GB50030-2013 中对不同工作压力范围内各种管材的最高允

许流速做了规定;对于工作压力在 $P < 3.0\text{Mpa}$ 的情况,两个标准对不同材质管道的最高允许流速规定相同;而在工作压力 $P > 3.0\text{Mpa}$ 时,GB16912-2008 中则引入了 PV 值(工作压力与介质流速乘积)的概念,将使用场合分为撞击场合和非撞击场合,分别对管内氧气最高允许流速做了不同规定。

标准的不统一,给设计选材及氧气流速的控制造成了不必要的混乱;笔者认为 GB16912-2008 对氧气管道选材的规定更为安全严格,对管内流速的要求更为具体合理。

三、管件选择

严禁在氧气管道中使用褶皱弯头;当采用冷弯或热弯弯制碳钢弯头时,弯曲半径不宜小于公称直径的 5 倍;采用铜镍合金、铜或铜基合金无缝弯头时,可采用短半径弯头。采用压制对焊弯头时,宜选用长半径弯头。氧气管道的变径宜采用压制对焊管件,分叉头宜采用标准的钢制对焊无缝三通。严禁在现场安装时插接。

四、阀门选用

氧气管道应选用氧气专用阀门,可选用截止阀或球阀,严禁采用闸阀;阀体应选用耐高温、导热性好、不产生火花材料,阀门的密封填料宜采用聚四氟乙烯或柔性石墨材料。为防止阀门开启时下游侧氧气升压过快,流速增大造成温度骤升,对于 PN 1.0Mpa 且 DN 150mm 的手动阀门,应设置均压小旁通。在阀门开启前,可首先打开旁通来均衡上下游的压力。

五、管道布置

1. 在煤气化项目中,气化炉烧嘴对称布置在气化炉的四周,根据工艺流程要求,氧气管道等需靠近烧嘴布置。为满足配管、安装、操作、检修的需要,烧嘴周围要预留足够的空间^[1]。氧气进入气化炉前,管件较多:有切断阀、调节阀、限流孔板、氮气吹扫分支等,而空间比较紧凑;在氧气系统阀组的前后又需要留有足够长的直管段,并采用大半径的弯管,为满足这些要求,可适当在烧嘴所在层分层布置。同时这些阀门中自控阀居多,阀门执行机构体积较大,但是阀门的厂家订货资料往往无法紧跟设计进度及时提供,管道的设计过程中需要充分考虑到阀门以及相应执行机构的布置空间^[2],收到资料后及时更新配管,必要时调整执行机构角度,

并及时将阀门执行机构的角度提供给厂家,供其组装。由于氧气管道的刚度比较大,烧嘴拆装时,法兰的连接和拆卸有一定的困难,这时可以在靠近烧嘴的地方设置可调支架。支架宜选用焊管夹、管箍等,不宜采用焊接。在管架和管道之间垫非金属垫片。氧气管道布置时要考虑便于吹扫、便于气体置换、不能有死区,尽量少拐弯。同时氧气管道的布置应尽量避免因流速的改变而导致的微粒下沉聚集的情况,如扩径三通。平时备用的放空管道、旁通管道以及置换管道等应从管道的水平方向或管道顶部接出,避免分支管处颗粒物聚集。煤化工装置中可燃气体、粉尘少量泄露不可避免,对于氧气放空管道需要引至安全处^[3],并应置于高出周围操作平台 4m 以上的无明火区域。氧气管道应尽量采用自然补偿,避免使用软管或膨胀接头。这是由于软管或膨胀接头的内壁不光滑会导致气流冲击,也可能会发生在褶皱处出现细微颗粒积聚的风险。

2. 氧气管道不应使用异径法兰。氧气管道的弯头、三通不应与阀门出口直接相连;调节阀及主干管阀门出口侧宜有长度不小于 5 倍管道公称直径且不小于 1.5m 的直管段。管道变径可选用标准异径管,但不得累积安装;当一个标准异径管无法满足要求时,可以选用特殊异径管,特殊异径管的变径长度应满足 $L \geq 3(D-d)$,其中 D 为大端管外径, d 为小端管外径。

3. 氧气管道宜架空敷设在非燃烧体的支架上,与建筑物、铁路、道路、其他管线及电缆等应有足够的安全距离。氧气管道与其他液体、气体管道一起敷设时,需放置在其他管道的外侧,并布置在燃油管道的上方。氧气管道与使用目的相同的燃气管道平行布置时,最小平行净距可减小到 250mm。

4. 在空分装置内,业主及专利商出于操作人员安全的考虑,均要求将氧气阀门布置在独立的阀门室或防护墙内,所有的手动阀门选用加长阀杆,将阀杆伸出阀门室外操作。但在 GB16912-2008 中规定,当氧气阀门前后 8 倍阀门公称直径范围内,采用铜合金(含铝铜合金除外)或镍基合金材质管道时,可不设独立的阀门室。笔者认为在氧气阀门前后

管道材质及长度满足规范要求时,可取消独立阀门室及防火墙。

六、压力及泄漏性试验

氧气管道安装完成后应进行压力及泄漏性试验,GB16912-2008 和 GB50030-2013 规定当设计压力 $P \leq 4\text{Mpa}$ 时,采用无油干燥的空气或氮气进行压力试验,当设计压力 $P > 4\text{Mpa}$ 时,禁止用气体做压力试验,应采用无油干净的水进行试压。而在大型空分装置中,氧气冷箱外管网系统很大,试压所用的无油水因受试压机具及水来源的限制,实现起来有时非常困难;在试压过程中,冷箱顶部法兰接连处有漏水进冷箱内管道的风险,如有水进入冷箱内管道,将无法彻底清除,导致装置运行过程中结冰堵塞;且水压试验后,管道的死角无法完全吹扫干净,容易造成安全隐患。笔者认为空分装置中氧气管道试压介质的选择应根据现场实际情况,在征得设计单位和建设单位同意和采取必要的安全措施前提下,可以选用气压试验来替代水压试验,对于用气压代替水压试验的限制和要求,GB50235-2010 和 SH3501-2011 中做了明确的规定。

氧气管道压力试验合格后应进行泄露性试验,试验的方法和要求按照 GB50235-2010 的规定进行,泄漏率计算按照 GB16912-2008 的规定执行。

七、结束语

氧气管道危险性高,设计的本质安全是管道安全运行的基础,做好氧气管道的设计工作,需要不断的进行工程总结,充分掌握氧气管道特性,找出其特殊性和规律性,以确保氧气管道的安全使用。

参考文献:

- [1] 胡雅琴. 干粉煤气化装置中氧气系统设备布置及管道设计浅析[J]. 化工管理, 2016,07: 242-242
- [2] 时美静. 煤化工中气化框架布置及氧气管道设计要点[J]. 化工管理, 2018,02: 85-87.
- [3] 廖贵华. 煤化工氧气管道安全设计[J]. 广东化工, 2014,10: 122-123