

# 激冷流程气化技术循环气压缩机设备布置的合理性分析

江大波,张洪伟

(中国五环工程有限公司,湖北 武汉 430223)

**摘要:** 在全世界范围内已实现工业化生产的煤气化技术中,只有壳牌煤气化技术采用了激冷流程,由于该工艺在节能减排降本增效方面突出的优势,未来其他新型煤气化技术也存在采用此工艺的可能。分析和论述了以壳牌煤气化技术为代表的粉煤气化技术(激冷流程)的优势及其广阔的应用前景,着重对目前壳牌煤气化装置循环气压缩机的布置进行分析,对比国内现行的防火设计规范,论证了现有循环气压缩机的布置方案是满足国内现行设计规范要求的,为未来中国其他采用激冷流程的新型煤气化工艺的研究与发展奠定坚实的理论基础。

**关键词:** 煤气化; 激冷流程; 循环气压缩机; 设备布置

中图分类号: TD849

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)04-0114-04

## Layout of recycle gas compressor in chilling process of coal gasification

JIANG Da-bo, ZHANG Hong-wei

(Wuhuan Engineering Co., Ltd., Wuhan 430223, China)

**Abstract:** As one of the coal gasification technology having realized industrial production, Shell coal gasification process is the only one adopting chilling process. Its advantages in energy saving and consumption reduction would broaden its application in other gasification process in the future. Emphasize the layout of recycle gas compressor in chilling process. The results show that the layout of compressor meets the requirement of fire prevention at home. The research could provide the theoretical reference for other coal gasification technology with chilling process.

**Key words:** coal gasification; chilling process; recycle gas compressor; equipment layout

目前,国内外已投产或在建的壳牌煤气化装置已经有 20 多套了,而且绝大多数装置建设在中国,且是由中国五环工程有限公司设计或总承包的。从国内第 1 套壳牌煤气化装置开始,在确定循环气压缩机布置方案时,所涉及的各项设计指标均满足专利商的要求。但是由于循环气压缩机的特殊性,专利商所认可和推荐的布置方案与国内现行的设计规

范,特别是防火设计规范的要求有一定差异。根据专利商的要求,从工艺、安装、操作、检修等角度出发,一般将循环气压缩机布置在气化厂房一层靠近电梯的位置(即厂房的边缘),在压缩机周围 7.5 m 范围内,除压缩机自用的气液分离罐外,无其他设备。压缩机指向厂房外的一侧,直接连通到装置四周的道路,无任何遮挡。

收稿日期: 2012-04-09 责任编辑: 孙淑君

作者简介: 江大波(1959—)男,湖北武汉人,高级工程师,项目经理,主要从事与煤化工相关的设计、研发以及项目管理等工作。

引用格式: 江大波,张洪伟. 激冷流程气化技术循环气压缩机设备布置的合理性分析[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 114-117.

由于壳牌煤气化装置循环气压缩机的布置方案与国内现行的防火规范要求存在一定的差异,同时为了给中国未来其他采用激冷流程的新型煤气化工艺的发展与研究奠定理论支撑,本文从煤气化工艺甄选路线出发,通过对壳牌煤气化循环气压缩机的设备布置方案进行分析与论证,证明其满足现行的设计规范,特别是防火规范的设计要求。

## 1 粉煤气化技术应用的优势

按气化炉进料方式划分,目前比较先进的新一代煤气化技术主要有干粉煤加压气化技术和水煤浆加压气化技术2种,其中干粉煤气化技术包括:荷兰壳牌公司的SCGP粉煤加压气化工艺、Krupp-Uhde公司的Pronflo粉煤加压气化工艺、德国西门子GSP气化工艺、中国五环工程有限公司的WHG气化工艺、德国科林CCG气化工艺等;水煤浆加压气化技术包括:美国GE公司的水煤浆加压气化工艺、美国康菲公司的E-GAS加压气化工艺、华东理工大学的多喷嘴水煤浆加压气流床气化技术等。

多年实践证明,新型煤气化技术具有如下优势:

①碳的转化率为95%~99%,合成气中有效气体组分( $\text{CO} + \text{H}_2$ )体积分数在90%以上,单位体积合成气的煤耗、氧耗量低;②产品多样,易于输送;③有利于环境保护;④脱硫脱硝一步到位;⑤ $\text{CO}_2$ 更易于捕捉、收集(CCS);⑥国产化水平高。

考虑到中国煤炭资源和水资源的分布现实,在发展大型现代化煤化工项目时,要充分考虑到当地的自然环境和资源的可承载能力,特别是水资源的可承载能力,甄别煤气化技术时,要立足长远。当前,粉煤气化技术主要包括以壳牌煤气化为代表的粉煤气化+干法除灰技术和以GSP煤气化为代表的粉煤气化+湿法洗涤技术2种。虽然壳牌煤气化技术较GSP增加了除灰工序,由此相应增加了一定的投资,但是GSP煤气化技术由于生产过程中产生了大量的黑水,且黑水非常难处理,为此增加的水处理装置投资不亚于壳牌煤气化装置除灰工序的投资。同时,由于壳牌气化过程无废气排放,系统排出的融渣和飞灰含碳低,可作为水泥等建筑材料,堆放时也无污染物渗出。气化污水不含焦油、酚等化学物质,容易处理,需要时可做到近“零”排放。

由此不难看出,以壳牌为代表的粉煤气化+干

江大波等:激冷流程气化技术循环气压缩机设备布置的合理性分析

法除灰技术,是适应中国低碳经济发展,满足中国能源分布结构,能够最大限度地创造出经济效益与社会效益的气化技术,是未来努力提升、发展与应用的主要方向,具有广阔的发展前景。

## 2 设计规范对压缩机布置的要求与现实情况

### 2.1 设计规范对压缩机布置的要求

GB 50160—2008《石油化工企业设计防火规范》规定:单机驱动功率等于或大于150 kW的甲类气体压缩机厂房不宜与其他甲、乙和丙类房间共用一幢建筑物<sup>[1]</sup>。对应的条文说明是:单机驱动功率等于或大于150 kW的甲类气体压缩机是贵重设备,其压缩机房是危险性较大的厂房,单独布置便于重点保护并避免相互影响。就目前现实情况而言,壳牌煤气化循环气压缩机不仅其功率均在500 kW以上,而且其还是与其它甲类设备同厂房布置的。

通过对已投产煤气化装置产出的粗合成气分析来看,不管是经工艺理论计算,还是经实验室化验分析,煤气化装置所产粗合成气与空气混合物的爆炸下限(理论计算值)大于10%。根据GB 50160—2008规定,循环气压缩机的火灾危险性分类应定为乙类。但从理论上来说,也存在煤气化装置所产粗合成气与空气混合物的爆炸下限 $\leq 10\%$ 的可能,此时,循环气压缩机的火灾危险性分类应定为甲类,本文暂按甲类进行分析与论证。

由于壳牌煤气化循环气压缩机火灾危险性等级为甲类,且单机功率大于150 kW,所以在确定设备布置方案是十分慎重的。从防火规范的角度来分析,不论压缩机功率大与小,其火灾危险性分类等级是不会发生改变的,因此,只要解决好压缩机与装置厂房防火的相互影响问题,为压缩机提供一个安全的运行环境,这些问题是可以解决的。对于单机驱动功率等于或大于150 kW的甲类气体压缩机的布置,GB 50160—2008建议单独布置,但不是强制条款,这为中国当前壳牌煤气化循环气压缩机的设备布置预留了其他措施解决此类问题的空间。

### 2.2 循环气压缩机的布置方案分类

循环气压缩机与其他甲、乙和丙类设备布置在同一厂房时,存在3种不同的布置形式,即厂房敞开布置、厂房半敞开布置和厂房全封闭布置。

还有另外一种布置方式,就是在敞开式或半敞

开式厂房内,为压缩机单独划出一定的空间,实现压缩机房间独立的全封闭布置方案。

### 2.3 煤粉粉尘对循环气压缩机布置的影响

壳牌煤气化厂房内,不仅循环气压缩机与其它甲、乙、丙类设备同厂房布置,它还与制粉设备联合布置的,如果处理不好二者之间的关系,将可能产生可燃气体与煤粉粉尘同时存在的危险。现实情况是该问题上的处理效果还是很好的,由于煤粉制备及贮运设备与循环气压缩机分别布置在煤气化厂房的两侧,且保证了二者之间的净距(水平直线距离)在15 m以上。因此,可以认为不存在有爆炸危险的粉尘进入气体防爆的电气设备区域内的情况。

## 3 几种布置方案下的防火措施分析

### 3.1 敞开式厂房布置方案

循环气压缩机与煤气化厂房采用同厂房布置时,除遵循 GB 50160—2008 的有关要求外,还要从布置角度上注意如下问题:①循环气压缩机应布置在气化厂房的一侧(便于通风、安全施救、检修等);②循环气压缩机与煤粉设备要有足够的防火距离(实际距离超过20 m);③循环气压缩机上方及低点无可燃气体积聚的可能或有防可燃气体积聚的措施;④循环气压缩机附近最好设置公用物料站(防火安全措施);⑤循环气压缩机单台布置,无备机,与煤气化其他主要设备可做到同开同停,确保安全(防火安全措施);⑥循环气压缩机距其他设备的防火距离应满足《石油化工企业设计防火规范》中的有关规定。

敞开布置是最为有效的防火措施之一,从目前压缩机布置的部位来看此种布置方案是可行的。压缩机朝向厂房外侧的一面是无遮挡的,其反方向除有1台小型吹灰器外,无其他大型设备,压缩机顶部为混凝土楼板,通过楼板形成基本隔绝,从而形成良好的自然通风风道,满足爆炸危险区域的通风要求,其空气流量能使易燃物质很快稀释到爆炸下限值25%以下(GB 50058—92《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》)。循环气压缩机布置在气化厂房的一侧,也为压缩机的防火、防爆、检修创造了有利条件。

同时,应该对生产、检修过程中泄漏的煤粉及时采用真空吸尘或人工水力清扫,不允许煤气化厂房

内有煤粉堆积现象的存在,特别是循环气压缩机四周,并对循环气压缩机和煤气化厂房内有可能产生可燃气体积聚的部位设置监测、报警、联锁等设施(当混合气体浓度接近爆炸下限值的50%时,能可靠地发出信号或切断电源(见GB 50058—92《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》))。

可见,当采用敞开布置的时候,在满足以上所述条件的情况下,对循环气压缩机和煤气化厂房都是安全、可行的。

### 3.2 半敞开式厂房布置方案

半敞开布置的方式有很多形式,不同形式的半敞开布置的厂房(一般情况下的做法,是将厂房的上风向封闭起来,将厂房的下风向敞开),会对安全产生不同的影响。正是由于半敞开布置的多样性,所以不能简单判断半敞开布置的安全性。假设煤气化装置东西向布置,那么,循环气压缩机就可以采用以下2种半敞开布置形式:①北面封,南面敞开;②南面封,北面敞开。这2种半敞开布置形式对循环气压缩机的自然通风都会产生不利影响,很难判断空气流量能否使易燃物质很快稀释到爆炸下限值25%以下,所以半敞开布置厂房也存在自然通风能满足防火要求和自然通风不能满足防火要求2种可能。

对半敞开布置的厂房自然通风能否满足防火要求,需要通过实际条件计算并根据试验结果综合其他因素获得,在实际工程设计中,半敞开布置一般采用以下措施解决通风不足的问题:①在封闭的一面设通风窗;②沿墙底部设百叶窗;③压缩机顶部或底部设有防止可燃气体积聚的设施;④压缩机房间设置完善、有效地监测、报警和联锁设施。对那些布置在地势低洼或自然通风条件不好,采取上述自然通风设施后仍不能满足防火要求的厂房,则需要增设局部机械通风。

### 3.3 全封闭式厂房布置方案

采用全封闭布置的煤气化厂房尚无此范例,也没有相应的规范作为支撑。

### 3.4 厂房(半)敞开压缩机房间全封闭布置方案

此种布置方案是压缩机和其他设备同布置于同一厂房,但为压缩机单独划出一定的空间,实现压缩机房间独立的全封闭布置方案,此种布置方案已使压缩机毫无自然通风条件而言。根据GB 50058—1992

《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》规定,应根据通风条件调整爆炸危险区域划分<sup>[2]</sup>。

总之,解决好通风是降低爆炸危险区域等级的重要条件,所以对于封闭布置的压缩机房间来说,只有通过采用局部机械通风的方式来降低爆炸危险区域等级。除敞开布置所需的措施外,封闭布置的循环气压缩机房间还需要采取如下措施:①机械通风系统;②封闭的压缩机房间内不得设地沟;③封闭的压缩机房间沿墙底部设百叶窗;④压缩机房间顶部或底部设有防止可燃气体积聚的设备;⑤压缩机房间设置完善、有效地监测、报警和联锁设施。

GB 50058—1992 规定:压缩机房间为多级释放源,存在第二级释放源的区域可划为 2 区。采用机械通风的目的是为了改善压缩机房间第二级释放源区域的通风条件,降低爆炸危险区域的等级。

采用机械通风应满足下列要求:①当厂房内具有比空气重的易燃物质时,厂房内通风换气次数应不少于 2 次/h,且换气不受阻碍,厂房地面上高度 1 m 内容积的空气与释放至厂房内的易燃物质所形成的爆炸性气体混合浓度应小于爆炸下限;②当厂房内具有比空气轻的易燃物质时,厂房平屋顶平面以下 1 m 高度内,或圆顶、斜顶最高点以下 2 m 高度内的容积的空气与释放至厂房内的易燃物质所形成的爆炸性气体混合浓度应小于爆炸下限。

设置压缩机房间是限制可燃气体积聚的扩散,可缩小爆炸区域的范围。封闭的压缩机房间内不得设地沟,防止了可燃气体积聚(比空气重的气体),避免因局部提高爆炸危险区域等级;封闭的压缩机房间沿墙底部设百叶窗,是便于空气的流动,防止出

(上接第 104 页)

为该区主要含水层组。延安组含水层组又可进一步划分为延安组上含水层段和延安组下含水层段,地下水类型主要为  $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 \sim \text{Na}$  型水。第四系中部厚度较大的亚黏土层、古近系中上部较厚的黏土、安定组、直罗组以及延安组泥岩或砂质泥岩为主要隔水层组。背斜两翼稍深处尤其是向斜轴部一带多是相对富水区。区内逆断层一般较多属阻水构造,但高角度逆冲断层容易成为导水构造。矿区潜水补给条件极差,地下水总体呈由西北、西南向东潜流之势。运移蒸发和垂向渗透是松散层潜水排泄的主要方式。

江大波等:激冷流程气化技术循环气压缩机设备布置的合理性分析

现死角。

其他的安全措施还有:①为了防止封闭的压缩机房间受机械通风故障的影响,可单独备用独立的通风系统或在通风设备发生故障时,设置自动报警或停止工艺流程等确保能阻止易燃物质释放的预防措施或能使电气设备断电的预防措施;②封闭的压缩机房间设防火墙;③封闭的压缩机房间内设置防火花地面;④配套的灭火设施。

采用机械通风,能达到良好的通风效果,满足 GB 50058—1992 规定,加上其他的防火措施,压缩机房间是满足防火、防爆要求的。

## 4 结 语

对于激冷流程来说,从敞开布置和半封闭布置方案来看,压缩机与气化装置同厂房布置是有事实支撑与时间检验的。对循环气压缩机的布置进行论述是基于火灾危险性分类等级假定为甲类的情况下进行的,通过分析论述,只要采取相应且有效的防火等措施和手段,现行实施的布置方案是满足防火设计规范要求的。而现实情况是大多数壳牌煤气的循环气压缩机火灾危险性分类是乙类,所以,本文有足够的理由来证明当前的壳牌煤气化装置循环气压缩机布置方案是合理、合规和安全的。

参考文献:

- [1] GB 50160—2008, 石油化工企业设计防火规范[S].
- [2] GB 50058—1992, 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范[S].

参考文献:

- [1] 雷少毅. 宁夏积家井勘查区煤层地质特征[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(52): 31-35.
- [2] 王彦利, 王永岩, 雷少毅. 鄂尔多斯盆地积家井井田煤层地质特征[J]. 陕西煤炭, 2010(5): 52-55.
- [3] 夏浩东. 宁夏宁东煤田积家井矿区延安组含煤地层沉积特征[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(3): 103-105.
- [4] 刘向阳, 李进军, 王贝. 宁东煤田马家滩矿区沉积环境与聚煤作用[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(11): 19-21.