



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107559817 A

(43)申请公布日 2018.01.09

(21)申请号 201710860405.6

(22)申请日 2017.09.21

(71)申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西  
大直街92号

(72)发明人 陈智超 严蓉 刘涛 曾令艳  
李争起

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事  
务所 23109

代理人 牟永林

(51)Int.Cl.

F23D 1/02(2006.01)

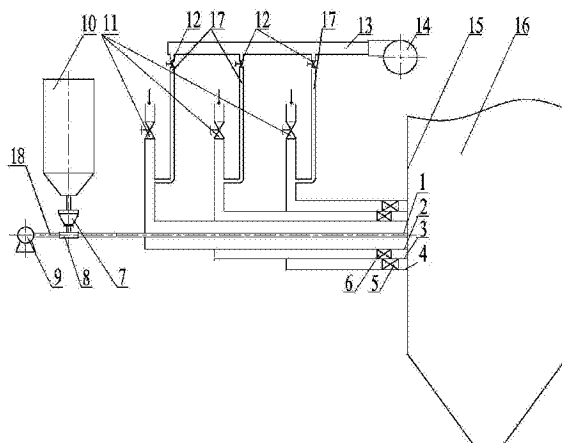
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置  
及方法

## (57)摘要

一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置及方法,它涉及工业煤粉锅炉技术领域。本发明为解决现有工业煤粉锅炉NO<sub>x</sub>排放量高、结渣严重以及燃尽差的问题。燃烧装置包括一次风管、直流二次风管、旋流内二次风管、旋流外二次风管、再循环烟气管道和炉膛,一次风管、直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管由内至外依次设置,一次风管的入口端与煤粉管道的出口端连接,再循环烟气管道的出口端分别与直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管的入口端连接,旋流内二次风管内设有内轴向旋流叶片,旋流外二次风管内设有外轴向旋流叶片。燃烧方法包括烟气混合;流速控制;调节烟气比例;点燃。本发明用于工业煤粉锅炉。



1. 一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置,其特征在于:所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置包括一次风管(1)、直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)、旋流外二次风管(4)、再循环烟气管道(13)和炉膛(16),一次风管(1)、直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)由内至外依次设置,一次风管(1)的入口端与煤粉管道(18)的出口端连接,再循环烟气管道(13)的出口端分别与直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)的入口端连接,一次风管(1)、直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)的出口端分别与燃烧器喷口连接,燃烧器喷口设置在炉膛(16)内,燃烧器喷口与炉膛内壁(15)平齐,旋流内二次风管(3)内设有内轴向旋流叶片(6),旋流外二次风管(4)内设有外轴向旋流叶片(5)。

2. 根据权利要求1所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置,其特征在于:所述一次风管(1)、直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)同轴设置。

3. 根据权利要求1或2所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置,其特征在于:所述再循环烟气管道(13)的出口端与直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)的入口端之间分别通过再循环烟气支管道(17)连接,再循环烟气支管道(17)上设有再循环烟气管道阀门(12)。

4. 根据权利要求3所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置,其特征在于:所述再循环烟气管道(13)的入口端设有引风机(14)。

5. 根据权利要求1、2或4所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置,其特征在于:所述直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)的入口端设有二次风空气管道阀门(11)。

6. 根据权利要求5所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置,其特征在于:所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置还包括给粉机(7)、风粉混合器(8)、罗茨风机(9)和煤粉仓(10),罗茨风机(9)设置在煤粉管道(18)的入口端,风粉混合器(8)设置在煤粉管道(18)的中部,煤粉仓(10)设置在煤粉管道(18)的上方,煤粉仓(10)的下端设有给粉机(7),给粉机(7)的出口端与风粉混合器(8)连接。

7. 一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧方法,其特征在于:所述方法包括如下步骤:

步骤一:烟气混合:再循环烟气管道(13)将引风机(14)引入的锅炉尾部烟气分别送入直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)中,引入的再循环烟气与空气在直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)中分别各自混合,使再循环烟气体积占烟气总体积的20%~30%,给粉机(7)给入的煤粉与罗茨风机(9)给入的空气在风粉混合器(8)内混合,形成高浓度煤粉气流,并送入一次风管(1)内;

步骤二:流速控制:高浓度煤粉气流由一次风管(1)自燃烧器中心送入炉膛(16),一次风管(1)内气体的流速为15~18m/s,均匀混合后的气体由直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)输送进入炉膛(16),直流二次风管(2)内的气体气流以15~18m/s的速度送入炉膛(16),旋流内二次风管(3)内的气体气流以19~21m/s的速度,在内轴向旋流叶片(6)的作用下形成旋转射流后送入炉膛(16),旋流外二次风管(4)内的气体气流以19~21m/s的速度,在外轴向旋流叶片(5)的作用下形成旋转射流进入炉膛(16);

步骤三:调节烟气比例:调节各二次风空气管道阀门(11)的开度以调节送入直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)中各自的空气量,调节各再循环烟气管

道阀门(12)的开度以合理分配送入直流二次风管(2)、旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)中的再循环烟气的比例;

步骤四:点燃:由一次风管(1)喷出的高浓度煤粉气流与直流二次风管(2)喷出的直流二次风气流在燃烧器喷口混合,旋流内二次风管(3)和旋流外二次风管(4)喷出的旋转射流在气流中心形成回流区,卷吸炉内高温烟气加热并点燃煤粉气流。

8.根据权利要求7所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧方法,其特征在于:所述步骤一中高浓度煤粉气流中煤粉与空气所占的质量比为2.3~3.1:1。

## 一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及工业煤粉锅炉技术领域,具体涉及一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置及方法。

### 背景技术

[0002] 在我国,燃煤工业锅炉是除电站锅炉以外的主要用煤装备,总数接近60万台,年消耗煤炭近6.4亿吨。我国燃煤工业锅炉主要存在的问题:(1)实际平均热效率大多在65%左右,而发达国家的热效率一般达到90%以上;(2)污染物排放超标,普遍达不到国家和地方排放标准,每年燃煤工业锅炉产生NO<sub>x</sub>约200万吨,排放量仅次于燃煤电站锅炉。

[0003] 近年来,随着煤粉燃烧技术的不断成熟,燃用煤粉的小型卧式工业锅炉在工业锅炉领域得以发展。这种锅炉以煤粉为燃料,炉膛前部设置煤粉燃烧器,由于采用卧式炉膛,受结构限制,卧式锅炉的炉膛截面、容积都较小,旋流的烟气容易扫壁,导致炉内壁面结渣影响运行。国家环境保护部于2014年5月16日颁布的《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271-2014)中明确规定了7MW以上的在用燃煤热水锅炉自2015年10月1日起,NO<sub>x</sub>排放量不得超过400mg/m<sup>3</sup>;7MW以上的新建燃煤热水锅炉自2015年10月1日起,NO<sub>x</sub>排放量不得超过300mg/m<sup>3</sup>;对于重点区域,NO<sub>x</sub>排放量更是不得超过200mg/m<sup>3</sup>。如果不采取减排措施,将难以满足日益苛刻的环保要求。目前我国在工业炉上使用的一些烟气再循环的煤粉燃烧器,例如发明专利《一种用于工业窑炉的采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧器》(中国专利号为ZL201010213627.7、申请公布日为2010年11月3日、申请公布号为CN101876433A,下称“文件一”)在一次风通道与内二次风通道之间以及内二次风通道与外二次风通道之间设有环形外侧烟气再循环通道,将再循环烟气直接送入烟气再循环通道内;实用新型专利《高浓度煤粉混合注入装置》(中国专利号为ZL201320816332.8、授权公告日为2014年7月23日、授权公告号为CN203731464U,下称“文件二”)中煤粉输送管内煤粉流浓度仅为1.5~2kg/kg,燃烧器出口处浓煤粉流浓度仅为0.8~0.9kg/kg空气,燃烧器二次风没有分成多级给入,一次风、二次风中混入再循环烟气。实际运行表明,“文件一”提出的燃烧器容易导致炉膛内结渣,飞灰可燃物含量升高,且不能有效地控制NO<sub>x</sub>的排放量;“文件二”提出的装置燃尽差,NO<sub>x</sub>减排效果差。

### 发明内容

[0004] 本发明为了解决现有工业煤粉锅炉NO<sub>x</sub>排放量高、结渣严重以及燃尽差的问题,进而提出一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置及方法。

[0005] 本发明为解决上述技术问题采取的技术方案是:

[0006] 一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置包括一次风管、直流二次风管、旋流内二次风管、旋流外二次风管、再循环烟气管道和炉膛,一次风管、直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管由内至外依次设置,一次风管的入口端与煤粉管道的出口端连接,再循环烟气管道的出口端分别与直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管的入口

端连接,一次风管、直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管的出口端分别与燃烧器喷口连接,燃烧器喷口设置在炉膛内,燃烧器喷口与炉膛内壁平齐,旋流内二次风管内设有内轴向旋流叶片,旋流外二次风管内设有外轴向旋流叶片。

[0007] 一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧方法包括如下步骤:

[0008] 步骤一:烟气混合:再循环烟气管道将引风机引入的锅炉尾部烟气分别送入直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管中,引入的再循环烟气与空气在直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管中分别各自混合,使再循环烟气体积占烟气总体积的20%~30%,给粉机给入的煤粉与罗茨风机给入的空气在风粉混合器内混合,形成高浓度煤粉气流,并送入一次风管内;

[0009] 步骤二:流速控制:高浓度煤粉气流由一次风管自燃烧器中心送入炉膛,一次风管内气体的流速为15~18m/s,均匀混合后的气体由直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管输送进入炉膛,直流二次风管内的气体气流以15~18m/s的速度送入炉膛,旋流内二次风管内的气体气流以19~21m/s的速度,在内轴向旋流叶片的作用下形成旋转射流后送入炉膛,旋流外二次风管内的气体气流以19~21m/s的速度,在外轴向旋流叶片的作用下形成旋转射流进入炉膛;

[0010] 步骤三:调节烟气比例:调节各二次风空气管道阀门的开度以调节送入直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管中各自的空气量,调节各再循环烟气管道阀门的开度以合理分配送入直流二次风管、旋流内二次风管和旋流外二次风管中的再循环烟气的比例;

[0011] 步骤四:点燃:由一次风管喷出的高浓度煤粉气流与直流二次风管喷出的直流二次风气流在燃烧器喷口混合,旋流内二次风管和旋流外二次风管喷出的旋转射流在气流中心形成回流区,卷吸炉内高温烟气加热并点燃煤粉气流。

[0012] 本发明与现有技术相比包含的有益效果是:

[0013] 1、本发明有利于更大幅度地降低NO<sub>x</sub>生成量

[0014] ①“文件一”所述燃烧器在一次风通道与内二次风通道之间及内二次风通道与外二次风通道之间设环形外侧烟气再循环通道,再循环烟气与空气在燃烧器喷口处分层进入炉膛内,空气层气流氧浓度较再循环烟气层气流浓度高,喷入炉膛一段距离后才混合均匀,煤粉进入氧含量高的空气层时,NO<sub>x</sub>排放量增加。对比“文件一”,本发明装置不单独设置烟气再循环通道,再循环烟气与空气在各二次风管中混合,燃烧器喷口处不存在气体分层进入,既节省了烟气与空气在炉内的混合过程,又使燃烧器出口区域径向氧浓度分布均匀,保证了煤粉稳定燃烧,同时加强主燃区的还原性气氛,延长了煤粉在还原性气氛下的停留时间,抑制了主燃烧区域的NO<sub>x</sub>排放量。本发明中再循环烟气与空气混合后的气体氧浓度在16%左右,相较于混合前的空气氧浓度下降约5%,强化了主燃区的还原性气氛,有效地降低了主燃区NO<sub>x</sub>的生成量。

[0015] ②“文件一”所述燃烧器通过在一次风通道内设置一组锥环形来集中一次风粉气流中的煤粉,但锥形环煤粉浓缩能力差并不能将煤粉气流完全集中在燃烧器中心喷入炉膛,只能形成“中间浓、两边淡”的燃烧形式,并且浓缩后的浓、淡煤粉流在通过末级锥形环后又会出现重新混合,煤粉浓淡分级燃烧降低NO<sub>x</sub>的有益效果没有得到完全发挥,此外,通道内的煤粉气流还会对锥形环形成锥面冲刷,在使用过程中出现因为锥形环被煤粉磨损而

更换燃烧器的情况,增加了运行成本,降低了锅炉的经济效益。对比“文件一”,本发明装置采用一次风管输送高浓度煤粉气流,煤粉被完全集中在燃烧器中心喷入炉膛,增大了燃烧器出口中心回流区的煤粉浓度,使煤粉集中在中心回流区还原性气氛中燃烧,延长了煤粉在还原性气氛中的停留时间,进一步降低了NO<sub>x</sub>的生成量,并且采用一次风管输送高浓度煤粉气流降低了煤粉气流的磨损,延长了燃烧器的使用寿命。

[0016] ③“文件二”所述装置煤粉输送管内高浓度煤粉流浓度仅为每千克空气中煤粉的含量为1.5~2kg,而且高浓度煤粉流在一次风管内与一次风混合被稀释至每千克空气中煤粉的含量为0.8~0.9kg,进入炉膛内的煤粉气流浓度低。对比“文件二”,本发明装置中一次风管内浓煤粉流浓度达到每千克空气中煤粉的含量为2.3~3.1kg,且在风管中不与二次风接触而直接送入炉膛,煤粉被完全集中在燃烧器中心喷入炉膛,增大了燃烧器出口中心回流区的煤粉浓度,使煤粉集中在中心回流区还原性气氛中燃烧,延长了煤粉在还原性气氛中的停留时间。

[0017] ④“文件二”所述装置的二次风没有设置成多级给入,没有实现空气径向分级,不利于降低NO<sub>x</sub>的排放。对比“文件二”,本发明装置在一次风管内设置了直流二次风管道,旋流内、外二次风管道,采用空气径向分级燃烧技术,使得主燃区处于还原性气氛中,能够大幅度降低主燃区NO<sub>x</sub>排放量。

[0018] ⑤“文件二”所述装置的一次风、二次风没有混入再循环烟气,一次风、二次风中氧浓度较高,不利于降低NO<sub>x</sub>的排放。对比“文件二”,本发明装置中直流二次风管道,旋流内、外二次风管道内均引入再循环烟气,再循环烟气与空气在上述各风管内混合均匀,将混合后的再循环烟气与空气送入炉膛,在浓煤粉周围形成了均匀的,低氧浓度的空气烟气混合气流,减缓了燃烧反应进行的速率,强化了主燃区的还原性气氛,有效地降低了主燃区NO<sub>x</sub>的生成量。

[0019] 2、本发明有利于避免炉内结渣

[0020] 对比“文件一”,本发明不单独设置再循环烟气通道,避免了再循环烟气与空气分层送入炉膛,再循环烟气与空气在各二次风管内已经混合均匀,燃烧器出口区域径向氧浓度分布均匀,保证了煤粉稳定燃烧,避免了因为氧浓度分布不均、部分区域燃烧温度高而导致的结渣。

[0021] 对比“文件二”,本发明二次风采用径向空气分级燃烧技术,且在旋流内、外二次风管道内均设置轴向旋流叶片,使旋流内、外二次风旋转射流,加大了送入炉内的气体在燃烧器径向上的射流范围,使炉墙附近处于氧化性气氛,从而可以避免水冷壁的高温腐蚀以及因为还原性气氛使灰熔点下降而导致的结渣。

[0022] 3、本发明有利于煤粉的燃尽

[0023] “文件一”所述燃烧器通过在一次风通道内设置一组锥环形来集中一次风粉气流中的煤粉的方法,并不能将煤粉完全集中在燃烧器中心送入炉膛。对比“文件一”,本发明采用一次风管将煤粉完全集中在燃烧器中心送入炉膛,使得喷入炉内的煤粉集中在高温中心回流区,延长了煤粉在高温回流区的停留时间,有利于煤粉的燃尽。

[0024] “文件二”所述燃烧器在一次风外没有设置旋流二次风,既没有二次风来补充燃烧,也没有旋转气流来卷吸高温烟气稳燃,对煤粉的燃尽不利。对比“文件二”,本发明在直流二次风管道外设置了旋流内、外二次风管道,且在旋流内、外二次风管道内均加装了轴向

旋流叶片,喷射出去的旋转气流中心形成回流区,中心回流区卷吸炉内高温烟气加热煤粉气流,有利于煤粉气流的着火与燃尽。

### 附图说明

[0025] 图1是本发明的整体结构示意图,其中空心箭头的方向表示二次风空气流入的方向。

### 具体实施方式

[0026] 具体实施方式一:结合图1说明本实施方式,本实施方式所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置包括一次风管1、直流二次风管2、旋流内二次风管3、旋流外二次风管4、再循环烟气管道13和炉膛16,一次风管1、直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4由内至外依次设置,一次风管1的入口端与煤粉管道18的出口端连接,再循环烟气管道13的出口端分别与直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4的入口端连接,一次风管1、直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4的出口端分别与燃烧器喷口连接,燃烧器喷口设置在炉膛16内,燃烧器喷口与炉膛内壁15平齐,旋流内二次风管3内设有内轴向旋流叶片6,旋流外二次风管4内设有外轴向旋流叶片5。

[0027] 具体实施方式二:结合图1说明本实施方式,本实施方式所述一次风管1、直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4同轴设置。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式一相同。

[0028] 具体实施方式三:结合图1说明本实施方式,本实施方式所述再循环烟气管道13的出口端与直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4的入口端之间分别通过再循环烟气支管道17连接,再循环烟气支管道17上设有再循环烟气管道阀门12。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式一或二相同。

[0029] 具体实施方式四:结合图1说明本实施方式,本实施方式所述再循环烟气管道13的入口端设有引风机14。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式三相同。

[0030] 具体实施方式五:结合图1说明本实施方式,本实施方式所述直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4的入口端设有二次风空气管道阀门11。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式一、二或四相同。

[0031] 具体实施方式六:结合图1说明本实施方式,本实施方式所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧装置还包括给粉机7、风粉混合器8、罗茨风机9和煤粉仓10,罗茨风机9设置在煤粉管道18的入口端,风粉混合器8设置在煤粉管道18的中部,煤粉仓10设置在煤粉管道18的上方,煤粉仓10的下端设有给粉机7,给粉机7的出口端与风粉混合器8连接。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式五相同。

[0032] 具体实施方式七:结合图1说明本实施方式,本实施方式所述一种采用烟气再循环的旋流煤粉燃烧方法包括如下步骤:

[0033] 步骤一:烟气混合:再循环烟气管道13将引风机14引入的锅炉尾部烟气分别送入直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4中,引入的再循环烟气与空气在直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4中分别各自混合,使再循环烟气体积占烟气总体积的20%~30%,给粉机7给入的煤粉与罗茨风机9给入的空气在风粉混合器8内混

合,形成高浓度煤粉气流,并送入一次风管1内;

[0034] 步骤二:流速控制:高浓度煤粉气流由一次风管1自燃烧器中心送入炉膛16,一次风管1内气体的流速为15~18m/s,均匀混合后的气体由直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4输送进入炉膛16,直流二次风管2内的气体气流以15~18m/s的速度送入炉膛16,旋流内二次风管3内的气体气流以19~21m/s的速度,在内轴向旋流叶片6的作用下形成旋转射流后送入炉膛16,旋流外二次风管4内的气体气流以19~21m/s的速度,在外轴向旋流叶片5的作用下形成旋转射流进入炉膛16;

[0035] 步骤三:调节烟气比例:调节各二次风空气管道阀门11的开度以调节送入直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4中各自的空气量,调节各再循环烟气管道阀门12的开度以合理分配送入直流二次风管2、旋流内二次风管3和旋流外二次风管4中的再循环烟气的比例;

[0036] 步骤四:点燃:由一次风管1喷出的高浓度煤粉气流与直流二次风管2喷出的直流二次风气流在燃烧器喷口混合,旋流内二次风管3和旋流外二次风管4喷出的旋转射流在气流中心形成回流区,卷吸炉内高温烟气加热并点燃煤粉气流。

[0037] 具体实施方式八:结合图1说明本实施方式,本实施方式所述步骤一中高浓度煤粉气流中煤粉与空气所占的质量比为2.3~3.1:1。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式七相同。即高浓度煤粉气流中每千克空气中煤粉的含量为2.3~3.1kg。



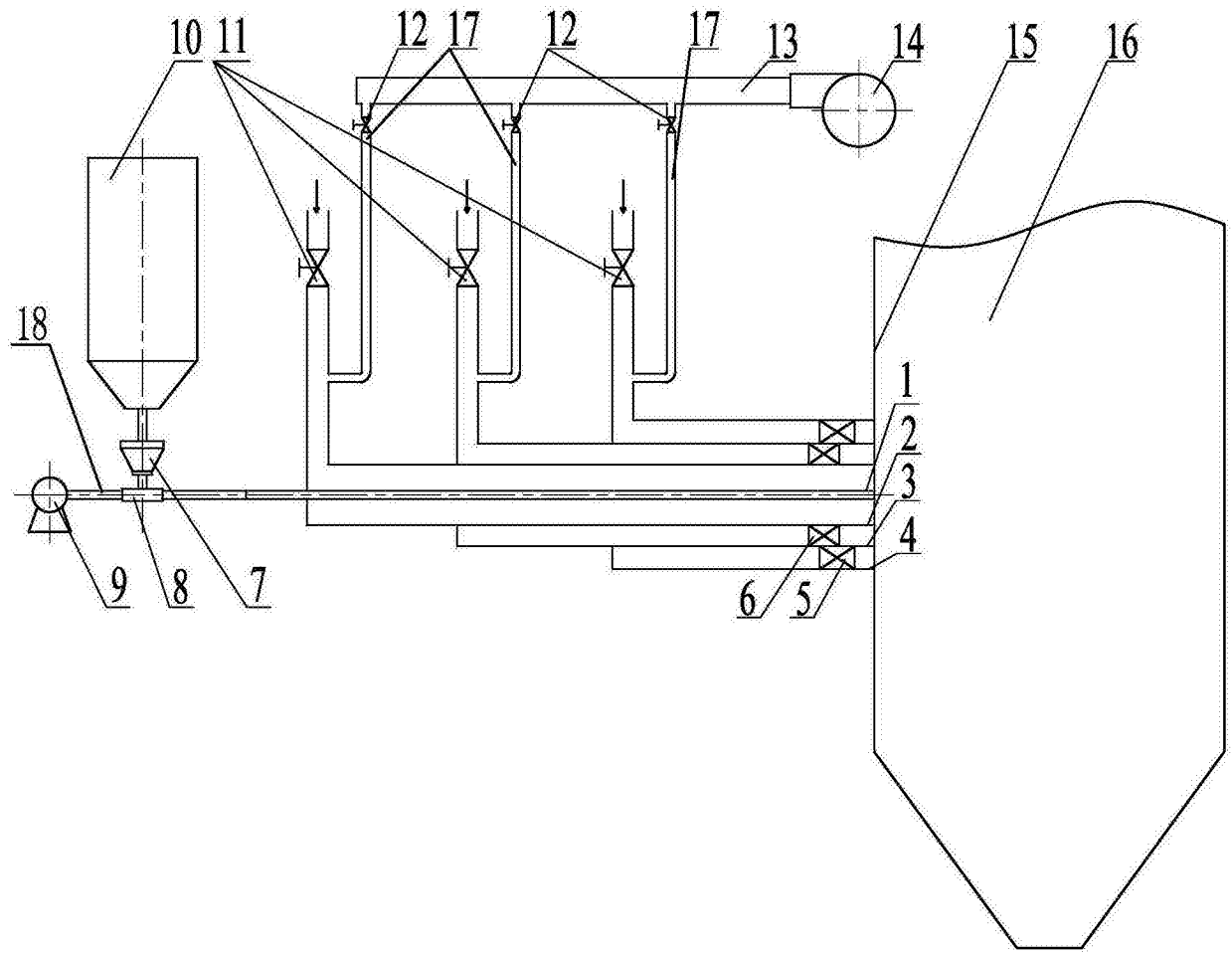


图1