



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108067042 A

(43)申请公布日 2018.05.25

(21)申请号 201610990967.8

(22)申请日 2016.11.11

(71)申请人 中国石油化工股份有限公司抚顺石
油化工研究院

地址 113001 辽宁省抚顺市望花区丹东路
东段31号

申请人 中国石油化工股份有限公司

(72)发明人 方向晨 李欣

(51)Int.Cl.

B01D 45/02(2006.01)

B01D 45/04(2006.01)

B01D 45/16(2006.01)

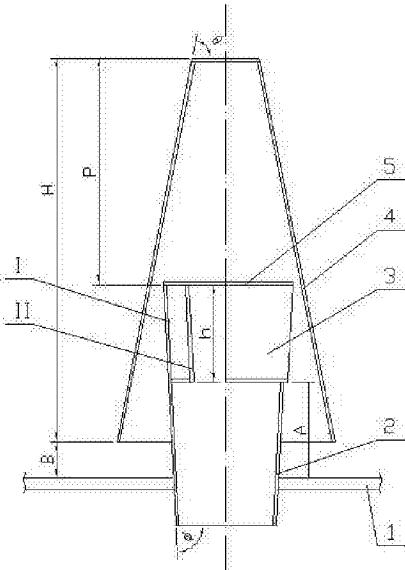
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

一种锥筒形除雾器

(57)摘要

本发明公开了一种锥筒形除雾器。除雾器包括若干个并列的除雾组件，每个除雾组件均包括升气管和外筒，外筒设置在升气管的外侧，优选与升气管在同一轴线上；升气管固定在塔盘上，升气管的顶部设置封盖板；升气管的圆周上均匀设置若干整流通道，整流通道沿升气管外壁的切线方向水平嵌入，整流通道靠近外筒一侧的侧壁I与升气管管壁相切，另一侧壁II与升气管管壁相交，各整流通道旋转方向相同；整流通道顶部与封盖板齐平，底部与升气管管壁相交；外筒直径由下至上连续减小或阶梯状减小，升气管直径由下至上连续增大或阶梯状增大。本发明的除雾器结构简单，不易结垢，安装方便，降低了雾沫夹带，可以有效实现气液分离。



1. 一种锥筒形除雾器，包括若干个并列的除雾组件，其特征在于：每个除雾组件均包括升气管和外筒，外筒设置在升气管的外侧，优选与升气管在同一轴线上；升气管固定在塔盘上，升气管的顶部设置封盖板；升气管的圆周上均匀设置若干整流通道，整流通道沿升气管外壁的切线方向水平嵌入，整流通道靠近外筒一侧的侧壁I与升气管管壁相切，另一侧壁II与升气管管壁相交，各整流通道旋转方向相同；整流通道顶部与封盖板齐平，底部与升气管管壁相交；外筒直径由下至上连续减小或阶梯状减小，升气管直径由下至上连续增大或阶梯状增大。

2. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：外筒直径由下至上连续减小时，外筒形状为锥形，外筒的锥角 θ 为 $20^\circ\sim80^\circ$ 。

3. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：升气管直径由下至上连续增大时，升气管形状为倒锥形，升气管的锥角 Φ 为 $30^\circ\sim80^\circ$ 。

4. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：外筒直径由下至上阶梯状减小时，由2~10筒节组成，相邻筒节直径的减小幅度为2%~10%，顶部直径为底部直径的0.4~0.9倍。

5. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：升气管直径由下至上阶梯状增大时，由2~10筒节组成，相邻筒节直径的增大幅度为2%~10%，顶部直径为底部直径的1.1~2倍。

6. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：外筒顶部的面积为升气管进口横截面积的 $1/3\sim2/3$ ；外筒顶部与升气管顶部有一定距离P，P为切向导流通道高度的1~8倍；升气管顶部以上的外筒部分任意横截面的面积小于升气管顶部所在截面处的圆环面积。

7. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：本外筒的下沿距离塔盘有一定距离B，且低于整流通道的下沿，外筒下沿距塔盘的距离B为5~100mm；外筒的总高度H为切向导流通道高度的2.5~10倍。

8. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：所述的外筒的锥形顶部连接直筒段和/或倒锥筒段；所述的直筒段的高度为外筒高度H的 $1/20\sim1/10$ ；所述的倒锥筒段的高度为外筒高度H的 $1/10\sim1/5$ 。

9. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：整流通道的长度l为侧壁II的长度，宽度w为整流通道两侧壁间的最大水平距离，高度h为整流通道顶部和底部间的最大垂直距离；其中长度l为宽度w的2~5倍；整流通道的截面形状为平行四边形、椭圆形、圆形、梯形或半圆形中的一种或几种组合，优选为平行四边形、椭圆形或圆形中的一种或几种组合。

10. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：整流通道的总截面积为升气管横截面积的0.2~0.9倍。

11. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：所述的整流通道的侧壁II末端与升气管内壁齐平或伸入到升气管内部一定距离m，m为长度l的0.1~0.9倍；当整流通道的侧壁II末端与升气管内壁齐平时，整流通道底部末端也与升气管内壁齐平；当整流通道的侧壁II伸入到升气管内部一定距离m时，整流通道底部末端与侧壁末端齐平。

12. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：整流通道底部距离塔盘有一定距离A，距离A为20~200mm。

13. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：所述的外筒的内表面设置凹槽和/或凸起。

14. 按照权利要求1所述的除雾器，其特征在于：所述的外筒的内表面设置凹槽，该凹槽

的截面由一条圆弧和一条直线段构成；其中圆弧与外筒内表面圆周的交点处分别做圆弧和圆周的切线，切线之间的夹角为 α ， α 为 $5^\circ\sim70^\circ$ ；圆弧与直线段交点处所做的圆弧的切线与直线段的夹角为 β ， β 为 $30^\circ\sim110^\circ$ ；凹槽的深度Z，即圆弧与直线段交点至外筒内表面圆周上的最短距离，为外筒壁厚的 $0.1\sim0.7$ 倍；圆弧与外筒内表面圆周的交点和直线段与外筒内表面圆周的交点间的弧长，为外筒内表面圆周的 $1/80\sim1/6$ 。

15. 一种权利要求1~14任一权利要求所述的除雾器在采用湿法脱硫工艺的吸收塔中的应用，其特征在于：整流通道出口的气速为进入升气管的气速的 $1.5\sim3$ 倍。

一种锥筒形除雾器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种气液分离设备,尤其是一种锥筒形除雾器。

背景技术

[0002] 电力、冶金、石化等行业的生产过程中产生大量的SO₂和粉尘等有害物质,带来了严重的酸雨危害和雾霾天气,是我国当前重点控制的大气污染物。目前,环保领域普遍采用湿法脱硫工艺来去除烟气中的二氧化硫等有害物质,即对烟气喷淋碱液从而吸收或吸附这些有害物质。然而,在湿法脱硫过程中,吸收塔脱硫后的烟气中带有大量粒径约为10~60微米的细小液滴,这些液滴中溶有硫酸、硫酸盐、SO₂等,不仅会对大气环境造成污染,同时也对后续设备造成较严重的腐蚀及结垢。因此,应用湿法脱硫工艺时,被净化的气体在离开吸收塔之前必须要除雾,而除雾这一步骤都依靠除雾器来完成。

[0003] 除雾器一般设置在吸收塔顶部,含有雾沫的气体以一定的速度通过除雾器时,会与除雾器内部结构相撞,并依附在其表面上。除雾器内部结构表面上的雾沫,经过扩散和重力的作用会逐步聚集,当重量达到一定水平后,就会从除雾器内部结构上分离下来,从而实现气液分离。当除雾器在运行过程中因结垢而造成阻力降增大至预定值时,就需要启动反冲洗程序对除雾器进行冲洗,一般,在除雾器进气端和排气端均需设置冲洗喷嘴,此时可能导致气相对液相的严重夹带,导致气相带液。

[0004] 常用的除雾器有丝网除雾器、人字板除雾器、旋流板除雾器等。丝网除雾器虽然能分离一般的雾沫,但要求雾沫清洁、气流流速较小,且阻力降大,使用周期短,设备投资大。目前除雾器一般都采用水平布置,除雾器气体流动方向与丝网垂直,气速较低时,夹带的雾沫惯性小,在气体中飘荡,不能与丝网碰撞接触而被去除,而且由于被分离液滴与气相呈逆流流向,气体对液滴易产生二次夹带,从而使气液分离效率降低,并且丝网除雾器还存在容易堵塞,压力降大等问题。叶片型、人字形除雾器内部安装有方向各异、形状各不相同的折流板,以形成小的流道,增加除雾效果,结构较复杂,分离效果不好。旋流板除雾器被分离液滴与气体流向相同,易产生二次夹带,降低除雾效率,并且压降大,能耗较高。

[0005] CN200410014713.X介绍的除雾元件由折流板和烟气流场调整块组成,折流板固定在烟气流场调整块上,折流板的密度和形状根据流通截面各处流场参数的变化而改变,从而使吸收塔中气流的流通截面呈均匀分布,但仍然摆脱不了液滴降落过程中,气液逆流现象,即易产生二次夹带。

[0006] CN200920128824.1介绍的除雾器由冷却器、粗除雾器和精除雾器等构成,粗除雾器为波形板或除雾板,精除雾器为钢丝网,该除雾器改变了传统除雾器液滴与气流方向逆流流动的缺点,提高了除雾效率,但该除雾器结构较复杂,制作困难,而且由于采用了丝网结构,除雾器压降较大,也比较容易堵塞。

[0007] CN203724890U介绍的一种倒形折流式除雾器由若干个除雾组件组成,每个除雾组件均包括升气管和外筒,升气管的圆周开有若干条缝,在靠近各条缝的升气管圆周上设置有沟槽和起导流作用的切向导流翼,外筒成倒锥形。通过流体在流动过程中的多次折流实

现液滴与气体的分离，可以有效脱除粒径较小的液滴，除雾效率较高。但气体流经切向导流翼后，气体方向仍比较发散，不够集中，且气体速度降低，再与外筒内壁碰撞时撞击力较小，影响除雾效果。且该除雾器主要依靠折流使气体方向改变，进而气体与固体壁面发生碰撞从而实现气液分离，对于较大液滴除雾效果较好，但对于小液滴效果不明显，且该除雾器结构比较复杂，升气管与切向导流翼之间的空隙容易结垢。又由于外筒成倒锥形，向下流动的气体流速提高，吹动液滴快速下落，容易引起雾沫夹带。

[0008] US7618472B2提供了一种叶片型除雾器，该除雾器由波形板、平板和百叶窗板等构成，并形成很多凹腔或流道。气液混合物进入除雾器后，流体流道发生偏移，使得流体流向得以数次改变，而且速度变化的非常快，液相很容易从气相分离出来。该技术液相由气相分离过程中，可以实现气液错流，因此气相对液滴的二次夹带作用大大降低，但是该技术结构非常复杂，加工难度也比较大，相应的加工制作费用比较高。

发明内容

[0009] 针对现有技术的不足，本发明提供了一种锥筒形除雾器。本发明的除雾器结构简单，不易结垢，安装方便，降低了雾沫夹带，可以有效实现气液分离。

[0010] 本发明的锥筒形除雾器包括若干个并列的除雾组件，每个除雾组件均包括升气管和外筒，外筒设置在升气管的外侧，优选与升气管在同一轴线上；升气管固定在塔盘上，升气管的顶部设置封盖板；升气管的圆周上均匀设置若干整流通道，整流通道沿升气管外壁的切线方向水平嵌入，整流通道靠近外筒一侧的侧壁I与升气管管壁相切，另一侧壁II与升气管管壁相交，各整流通道旋转方向相同；整流通道顶部与封盖板齐平，底部与升气管管壁相交；外筒直径由下至上连续减小或阶梯状减小，升气管直径由下至上连续增大或阶梯状增大。

[0011] 本发明的除雾器中，外筒直径由下至上连续减小时，外筒形状为锥形，外筒的锥角 θ 为 $20^\circ\sim80^\circ$ ，优选 $30^\circ\sim60^\circ$ 。

[0012] 本发明的除雾器中，升气管直径由下至上连续增大时，升气管形状为倒锥形，升气管的锥角 Φ 为 $30^\circ\sim80^\circ$ ，优选 $45^\circ\sim60^\circ$ 。

[0013] 本发明的除雾器中，外筒直径由下至上阶梯状减小时，一般由2~10筒节组成，相邻筒节直径的减小幅度为2%~10%，顶部直径为底部直径的0.4~0.9倍。

[0014] 本发明的除雾器中，升气管直径由下至上阶梯状增大时，一般由2~10筒节组成，相邻筒节直径的增大幅度为2%~10%，顶部直径为底部直径的1.1~2倍。

[0015] 本发明的除雾器中，封盖板内壁有一定的粗糙度，并可以在封盖板内壁设置凹槽或凸起等结构。

[0016] 本发明的除雾器中，外筒顶部的面积为升气管进口横截面积的1/3~2/3。外筒顶部与升气管顶部有一定距离P，P为切向导流通道高度的1~8倍，优选为2~5倍。升气管顶部以上的外筒部分任意横截面的面积小于升气管顶部所在截面处的圆环面积(即升气管顶部与外筒的间隙的横截面积)。

[0017] 本发明的除雾器中，外筒的下沿距离塔盘有一定距离B，且低于整流通道的下沿，外筒下沿距塔盘的距离B为5~100mm，优选为20~50mm。

[0018] 本发明的除雾器中，外筒的总高度H为切向导流通道高度的2.5~10倍，优选3~5

倍。

[0019] 本发明的除雾器中,所述的外筒的锥形顶部还可以连接直筒段和/或倒锥筒段;所述的直筒段的高度为外筒高度H的1/20~1/10;所述的倒锥筒段的高度为外筒高度H的1/10~1/5。一般由下到上的连接顺序为以下几种:(1)锥形段、直筒段和倒锥形段;(2)锥形段和直筒段;(3)锥形段和倒锥形段。锥形段锥形段各段保证连接处的截面直径相同,可以采用焊接或整体成型。本发明的除雾器中,所述的整流通道一般设置1~12个,优选4~8个。整流通道的壁厚优选与升气管的壁厚相同。

[0020] 本发明的除雾器中,整流通道的长度l为侧壁II的长度,宽度w为整流通道两侧壁间的最大水平距离,高度h为整流通道顶部和底部间的最大垂直距离;其中长度l为宽度w的2~5倍,优选为3~4倍;侧壁I与侧壁II与水平方向的夹角与锥角 ϕ 相同。整流通道的截面形状为平行四边形、椭圆形、圆形、梯形或半圆形等中的一种或几种组合,优选为平行四边形、椭圆形或圆形中的一种或几种组合。整流通道的尺寸根据实际的工况或设计需求,由本领域技术人员予以确定,如所述整流通道的高度h一般为50~600mm,优选为100~300mm;整流通道的宽度w一般为10~200mm,优选为20~100mm。整流通道的总截面积为升气管横截面积的0.2~0.9倍,优选为升气管横截面积的0.3~0.6倍。

[0021] 本发明的除雾器中,所述的整流通道的侧壁II末端(靠近内筒一端)可以与升气管内壁齐平或伸入到升气管内部一定距离m,m为长度l的0.1~0.9倍,优选为0.3~0.6倍。当整流通道的侧壁II末端与升气管内壁齐平时,整流通道底部末端也与升气管内壁齐平;当整流通道的侧壁II伸入到升气管内部一定距离m时,整流通道底部末端与侧壁末端齐平。

[0022] 本发明的除雾器中,整流通道底部距离塔盘有一定距离A,距离A为20~200mm,优选为40~80mm。

[0023] 本发明的除雾器中,升气管下端与塔盘平齐或低于塔盘一段距离,二者密闭连接;升气管的直径及塔盘的开孔率可以根据实际的工况或设计需求,由本领域技术人员予以确定。

[0024] 本发明的除雾器中,所述的整流通道、封盖板与升气管可以焊接在一起或整体成型。

[0025] 本发明的除雾器中,所述的外筒的内表面设置凹槽和/或凸起。凹槽或凸起与外筒的轴线平行,或者可以与轴线成一定夹角;凹槽或凸起在外筒内壁的分布可以规则排列也可以杂乱排列;凹槽或凸起沿外筒内壁可以连续布置也可以断续布置。所述的凹槽或凸起的截面还可以为矩形、三角形或圆形等适宜形状。

[0026] 本发明的除雾器中,所述的外筒的内表面优选设置如图4所示的截面形状的凹槽,该凹槽的截面由一条圆弧和一条直线段构成;其中圆弧与外筒内表面圆周的交点处分别做圆弧和圆周的切线,切线之间的夹角为 α , α 为5°~70°,优选为10°~40°;圆弧与直线段交点处所做的圆弧的切线与直线段的夹角为 β , β 为30°~110°,优选为45°~90°。凹槽的深度Z,即圆弧与直线段交点至外筒内表面圆周上的最短距离,为外筒壁厚的0.1~0.7倍,优选为0.3~0.5倍;圆弧与外筒内表面圆周的交点和直线段与外筒内表面圆周的交点间的弧长,为外筒内表面圆周的1/80~1/6。

[0027] 本发明的除雾器中,所述的外筒的下端开口还可以设置成锯齿形或波浪形结构,从而更加有利于分离出的液体从外筒的内壁成连续流滴落。

[0028] 本发明的除雾器各组件的连接处保证密封,不产生漏气现象。

[0029] 本发明的除雾器,工作时,夹带液滴的气体自塔盘下部空间进入升气管,气相夹带液相上升,遇到封盖板后气相流动方向发生改变,即由上升方向改为水平或近似水平方向。气体进入升气管并沿升气管上升时速度先是随着升气管截面增大而减小,但由于整流通道的截面积小于升气管进口的截面积,气体进入整流通道后速度迅速增加,并超过气体刚进入升气管时的速度,气体在此过程中,气速由大变小再变大,增加了气体在升气管内的停留时间,同时气体流速的巨大变化,增大了气体中夹带的液滴的碰撞几率,使小液滴更容易聚集成为较大液滴,同时,增加了升气管的气体流动阻力,从而提高了气体除雾的效率,达到去除更小液滴的目的。夹带液滴的气体的速度方向改变时,部分液滴与整流通道内壁发生碰撞,并附着在整流通道内壁上,进而被不断流经整流通道的气体吹出整流通道并下落,实现气液分离。在整流通道内,由于夹带液滴的气体速度方向改变,部分小液滴在惯性力作用下发生相互碰撞,小液滴聚集成为大液滴,且夹带液滴的气体流经整流通道时速度增加,加剧了液滴的运动,提高了小液滴相互碰撞的几率,也会使小液滴更容易聚集成为大液滴,并随气体一起以较大的速度流出整流通道。同时,由于整流通道有一定的高度,且升气管直径由下至上逐渐增大,进入整流通道的夹带液滴的气体的速度沿高度方向有一个较小的速度梯度,速度的大小略有差异,使气体在整流通道内流动时形成局部较小压力差,加剧了夹带液滴的气体的运动,同样使小液滴更容易聚集成为大液滴,并随气体一起流出整流通道。此时,从整流通道流出的夹带液滴的气体具有较大的速度,速度方向比较集中,且夹带的液滴比较大,继续与外筒内壁发生碰撞,再次改变气体的流动方向,即夹带液滴的气体由沿着整流通道方向改为沿着外筒内壁的圆周方向流动。从切向导流通道流出后,夹带液滴的气体流至升气管与外筒间隙时,由于流通面积增加,夹带液滴的气体速度略有降低,夹带液滴的气体停留时间增加,自身重力大于超过气体的上升力的大液滴被分离下来,再次实现气液分离。由于夹带液滴的气体速度较大,且沿着开设有凹槽的外筒内壁旋转向上流动,因此会产生比较明显的刮面效应。所述的刮面效应,是指夹带液滴的高速气体沿外筒内壁旋转向上流动时,液滴在惯性力的作用下不断被甩向外沿,液滴进入凹槽并沿凹槽内的圆弧段运动,由于夹角 α 为 $5^\circ \sim 70^\circ$,能够使液滴继续沿着凹槽的圆弧面做平滑的运动,液滴间接接触聚集变大,直至遇到凹槽的直线段受到阻碍,聚集变大的液滴与直线段壁面强烈撞击,并附着在直线段壁面上,液滴继续聚集并变大,进而沿外筒内壁顺流而下;而气体则继续沿外筒内壁旋转向上流动,第四次实现了气液分离,而且降低了雾沫夹带。气体继续沿外筒内壁旋转向上流动时,气体与外筒内壁不断摩擦损耗掉部分能量,会使气体速度有所降低,但由于外筒有一段锥形段,气体上升时流通面积不断缩小,使上升的气体速度基本维持不变,仍可以维持较强的刮面效应,在整流通道至锥形段最小截面之间均可有效地实现气液分离。外筒的锥形段连接直筒段和/或倒锥筒段,使得气体流经这一部分时流速降低,气体均匀分布。通过上述整流、加速及刮面效应,使流体在流动过程中实现液滴与气体的分离。

[0030] 本发明的除雾器在采用湿法脱硫工艺的吸收塔中的应用,一般进入升气管的气速为 $3\text{--}20\text{m/s}$,整流通道出口的气速为 $10\text{--}40\text{m/s}$,整流通道出口的气速为进入升气管的气速的 $1.5\text{--}3$ 倍。

[0031] 与现有技术相比,本发明的除雾器具有以下优点:

1、气体进入升气管并沿升气管上升时速度先是随着升气管截面增大而减小,气体再进

入整流通道后速度迅速增加，并超过气体刚进入升气管时的速度，气体在此过程中，气速由大变小再变大，增加了气体在升气管内的停留时间，同时气体流速的巨大变化，增大了气体中夹带的液滴的碰撞几率，使小液滴更容易聚集成为较大液滴，同时，增加了升气管的气体流动阻力，从而提高了气体除雾的效率，达到去除更小液滴的目的。整流通道有一定的长度，原本速度方向比较分散的夹带液滴的气体，在进入整流通道后，速度方向改为沿着整流通道的方向，速度方向比较规则和集中；整流通道有一定的高度，且升气管直径由下至上逐渐增大，进入整流通道的夹带液滴的气体的速度沿高度方向有一个较小的速度梯度，使气体在整流通道内流动时形成局部较小压力差，加剧了夹带液滴的气体的运动。圆筒内表面凹槽的截面由一条圆弧和一条直线段构成，夹带液滴的高速气体沿外筒内壁旋转向上流动时，液滴在惯性力的作用下不断被甩向外沿，液滴进入凹槽并沿凹槽内的圆弧段运动，由于夹角 α 为 $5^\circ \sim 70^\circ$ ，能够使液滴继续沿着凹槽的圆弧面做平滑的运动，直至遇到直线段受到阻碍后沿外筒内壁顺流而下，而无死区存在。由于外筒有一段锥形段，使气体沿外筒内壁旋转向上流动时速度基本维持不变，仍可以维持较强的刮面效应，在整流通道至锥形段最小截面之间均可有效地实现气液分离。

- [0032] 2、能够有效地达到除雾的效果，尤其适用于处理夹带大量小粒径液滴的气体，除雾效率高，减少了对环境的危害，起到了保护环境的作用。
- [0033] 3、结构简单，制作方便，不易堵塞和结垢，无需反冲洗。
- [0034] 4、节水效果好，从夹带液滴的气体中脱除的水分可以回收再利用，降低了耗水量。

附图说明

- [0035] 图1为本发明的除雾器其中一种结构示意图。
- [0036] 图2为整流通道与内壁齐平的除雾器的截面示意图。
- [0037] 图3为整流通道伸入升气管内部的除雾器的截面示意图。
- [0038] 图4为截面为圆弧和直线段构成的凹槽示意图。
- [0039] 其中：1-塔盘；2-升气管；3-整流通道；4-外筒；5-封盖板；6-凹槽；I-整流通道侧壁I；II-整流通道侧壁II。

具体实施方式

- [0040] 下面结合附图和实施例对本发明的除雾器做进一步的详细说明。
- [0041] 本发明的除雾器包括若干个并列的除雾组件，每个除雾组件均包括升气管2和外筒4，外筒4设置在升气管2的外侧，优选与升气管2在同一轴线上；升气管2固定在塔盘1上，升气管2的顶部设置封盖板5；升气管2的圆周上均匀设置若干整流通道3，整流通道3沿升气管2外壁的切线方向水平嵌入，整流通道3靠近外筒4一侧的侧壁I与升气管2管壁相切，另一侧壁II与升气管2管壁相交，各整流通道3旋转方向相同；整流通道3顶部与封盖板5齐平，底部与升气管2管壁相交；外筒4直径由下至上连续减小或阶梯状减小，升气管2直径由下至上连续增大或阶梯状增大。
- [0042] 本发明的除雾器中，外筒4直径由下至上连续减小时，外筒4形状为锥形，外筒4的锥角 θ 为 $20^\circ \sim 80^\circ$ ，优选 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。
- [0043] 本发明的除雾器中，升气管2直径由下至上连续增大时，升气管2形状为倒锥形，升

气管2的锥角 Φ 为 $30^\circ\sim80^\circ$,优选 $45^\circ\sim60^\circ$ 。

[0044] 本发明的除雾器中,外筒4直径由下至上阶梯状减小时,一般由2~10筒节组成,相邻筒节直径的减小幅度为2%~10%,顶部直径为底部直径的0.4~0.9倍。

[0045] 本发明的除雾器中,升气管2直径由下至上阶梯状增大时,一般由2~10筒节组成,相邻筒节直径的增大幅度为2%~10%,顶部直径为底部直径的1.1~2倍。

[0046] 本发明的除雾器中,封盖板5内壁有一定的粗糙度,并可以在封盖板5内壁设置凹槽或凸起等结构。

[0047] 本发明的除雾器中,外筒4顶部的面积为升气管2进口横截面积的 $1/3\sim2/3$ 。外筒4顶部与升气管2顶部有一定距离P,P为切向导流通道高度的1~8倍,优选为2~5倍。升气管2顶部以上的外筒4部分任意横截面的面积小于升气管2顶部所在截面处的圆环面积(即升气管2顶部与外筒4的间隙的横截面积)。

[0048] 本发明的除雾器中,外筒4的下沿距离塔盘1有一定距离B,且低于整流通道3的下沿,外筒4下沿距塔盘1的距离B为5~100mm,优选为20~50mm。

[0049] 本发明的除雾器中,外筒4的总高度H为切向导流通道高度的2.5~10倍,优选3~5倍。

[0050] 本发明的除雾器中,所述的外筒4的锥形顶部还可以连接直筒段和/或倒锥筒段;所述的直筒段的高度为外筒4高度H的 $1/20\sim1/10$;所述的倒锥筒段的高度为外筒4高度H的 $1/10\sim1/5$ 。一般由下到上的连接顺序为以下几种:(1)锥形段、直筒段和倒锥形段;(2)锥形段和直筒段;(3)锥形段和倒锥形段。锥形段锥形段各段保证连接处的截面直径相同,可以采用焊接或整体成型。本发明的除雾器中,所述的整流通道3一般设置1~12个,优选4~8个。整流通道3的壁厚优选与升气管2的壁厚相同。

[0051] 本发明的除雾器中,整流通道3的长度l为侧壁II的长度,宽度w为整流通道3两侧壁间最大水平距离,高度h为整流通道3顶部和底部间的最大垂直距离;其中长度l为宽度w的2~5倍,优选为3~4倍;侧壁I与侧壁II均与轴线成一定夹角,且该夹角的角度和升气管2与轴线所成夹角的角度相同。整流通道3的截面形状为平行四边形、椭圆形、圆形、梯形或半圆形等中的一种或几种组合,优选为平行四边形、椭圆形或圆形中的一种或几种组合。整流通道3的尺寸根据实际的工况或设计需求,由本领域技术人员予以确定,如所述整流通道3的高度h一般为50~600mm,优选为100~300mm;整流通道3的宽度w一般为10~200mm,优选为20~100mm。整流通道3的总截面积为升气管2横截面积的0.2~0.9倍,优选为升气管2横截面积的0.3~0.6倍。

[0052] 本发明的除雾器中,所述的整流通道3的侧壁II末端可以与升气管2内壁齐平或伸入到升气管2内部一定距离m,m为长度l的0.1~0.9倍,优选为0.3~0.6倍。当整流通道3的侧壁II末端与升气管2内壁齐平时,整流通道3底部末端也与升气管2内壁齐平;当整流通道3的侧壁II伸入到升气管2内部一定距离m时,整流通道3底部末端与侧壁末端齐平。

[0053] 本发明的除雾器中,整流通道3底部距离塔盘1有一定距离A,距离A为20~200mm,优选为40~80mm。

[0054] 本发明的除雾器中,升气管2下端与塔盘1平齐或低于塔盘1一段距离,二者密闭连接;升气管2的直径及塔盘1的开孔率可以根据实际的工况或设计需求,由本领域技术人员予以确定。

[0055] 本发明的除雾器中,所述的整流通道3、封盖板5与升气管2可以焊接在一起或整体成型。

[0056] 本发明的除雾器中,所述的外筒4的内表面设置凹槽6和/或凸起。凹槽6或凸起与外筒4的轴线平行,或者可以与轴线成一定夹角;凹槽6或凸起在外筒4内壁的分布可以规则排列也可以杂乱排列;凹槽6或凸起沿外筒4内壁可以连续布置也可以断续布置。所述的凹槽6或凸起的截面还可以为矩形、三角形或圆形等适宜形状。

[0057] 本发明的除雾器中,所述的外筒4的内表面优选设置如图4所示的截面形状的凹槽6,该凹槽6的截面由一条圆弧和一条直线段构成;其中圆弧与外筒4内表面圆周的交点处分别做圆弧和圆周的切线,切线之间的夹角为 α , α 为 $5^\circ \sim 70^\circ$,优选为 $10^\circ \sim 40^\circ$;圆弧与直线段交点处所做的圆弧的切线与直线段的夹角为 β , β 为 $30^\circ \sim 110^\circ$,优选为 $45^\circ \sim 90^\circ$ 。凹槽6的深度Z,即圆弧与直线段交点至外筒4内表面圆周上的最短距离,为外筒4壁厚的0.1~0.7倍,优选为0.3~0.5倍;圆弧与外筒4内表面圆周的交点和直线段与外筒4内表面圆周的交点间的弧长,为外筒4内表面圆周的 $1/80 \sim 1/6$ 。

[0058] 本发明的除雾器中,所述的外筒4的下端开口还可以设置成锯齿形或波浪形结构,从而更加有利于分离出的液体从外筒4的内壁成连续流滴落。

[0059] 本发明的除雾器各组件的连接处保证密封,不产生漏气现象。

[0060] 本发明的除雾器,工作时,夹带液滴的气体自塔盘1下部空间进入升气管2,气相夹带液相上升,遇到封盖板5后气相流动方向发生改变,即由上升方向改为水平或近似水平方向。气体进入升气管2并沿升气管2上升时速度先是随着升气管2截面增大而减小,但由于整流通道3的截面积小于升气管2进口的截面积,气体进入整流通道3后速度迅速增加,并超过气体刚进入升气管2时的速度,气体在此过程中,气速由大变小再变大,增加了气体在升气管2内的停留时间,同时气体流速的巨大变化,增大了气体中夹带的液滴的碰撞几率,使小液滴更容易聚集成为较大液滴,同时,增加了升气管2的气体流动阻力,从而提高了气体除雾的效率,达到去除更小液滴的目的。夹带液滴的气体的速度方向改变时,部分液滴与整流通道3内壁发生碰撞,并附着在整流通道3内壁上,进而被不断流经整流通道3的气体吹出整流通道3并下落,实现气液分离。在整流通道3内,由于夹带液滴的气体速度方向改变,部分小液滴在惯性力作用下发生相互碰撞,小液滴聚集成为大液滴,且夹带液滴的气体流经整流通道3时速度增加,加剧了液滴的运动,提高了小液滴相互碰撞的几率,也会使小液滴更容易聚集成为大液滴,并随气体一起以较大的速度流出整流通道3。同时,由于整流通道3有一定的高度,且升气管2直径由下至上逐渐增大,进入整流通道3的夹带液滴的气体的速度沿高度方向有一个较小的速度梯度,速度的大小略有差异,使气体在整流通道3内流动时形成局部较小压力差,加剧了夹带液滴的气体的运动,同样使小液滴更容易聚集成为大液滴,并随气体一起流出整流通道3。此时,从整流通道3流出的夹带液滴的气体具有较大的速度,速度方向比较集中,且夹带的液滴比较大,继续与外筒4内壁发生碰撞,再次改变气体的流动方向,即夹带液滴的气体由沿着整流通道3方向改为沿着外筒4内壁的圆周方向流动。从切向导流通道流出后,夹带液滴的气体流至升气管2与外筒4间隙时,由于流通面积增加,夹带液滴的气体速度略有降低,夹带液滴的气体停留时间增加,自身重力大到超过气体的上升力的大液滴被分离下来,再次实现气液分离。由于夹带液滴的气体速度较大,且沿着开设有凹槽6的外筒4内壁旋转向上流动,因此会产生比较明显的刮面效应。所述的刮面效应,是

指夹带液滴的高速气体沿外筒4内壁旋转向上流动时,液滴在惯性力的作用下不断被甩向外沿,液滴进入凹槽6并沿凹槽6内的圆弧段运动,由于夹角 α 为 $5^\circ\sim70^\circ$,能够使液滴继续沿着凹槽6的圆弧面做平滑的运动,液滴间接触聚集变大,直至遇到凹槽6的直线段受到阻碍,聚集变大的液滴与直线段壁面强烈撞击,并附着在直线段壁面上,液滴继续聚集并变大,进而沿外筒4内壁顺流而下;而气体则继续沿外筒4内壁旋转向上流动,第四次实现了气液分离,而且降低了雾沫夹带。气体继续沿外筒4内壁旋转向上流动时,气体与外筒4内壁不断摩擦损耗掉部分能量,会使气体速度有所降低,但由于外筒4有一段锥形段,气体上升时流通面积不断缩小,使上升的气体速度基本维持不变,仍可以维持较强的刮面效应,在整流通道3至锥形段最小截面之间均可有效地实现气液分离。外筒4的锥形段连接直筒段和/或倒锥筒段,使得气体流经这一部分时流速降低,气体均匀分布。通过上述整流、加速及刮面效应,使流体在流动过程中实现液滴与气体的分离。

[0061] 实施例1

某湿式洗涤塔净化烟气 $150000\text{Nm}^3/\text{h}$,其中显水浓度为 $10\sim15\text{g/Nm}^3$,经本发明除雾后排气中显水浓度 $<0.5\text{g/Nm}^3$,除雾效率 $\geq 95\%$ 。

[0062] 实施例2

某湿式洗涤塔净化烟气 $100000\text{Nm}^3/\text{h}$,其中显水浓度为 $12\sim16\text{g/Nm}^3$,经本发明除雾后排气中显水浓度 $<0.6\text{g/Nm}^3$,除雾效率 $\geq 95\%$ 。

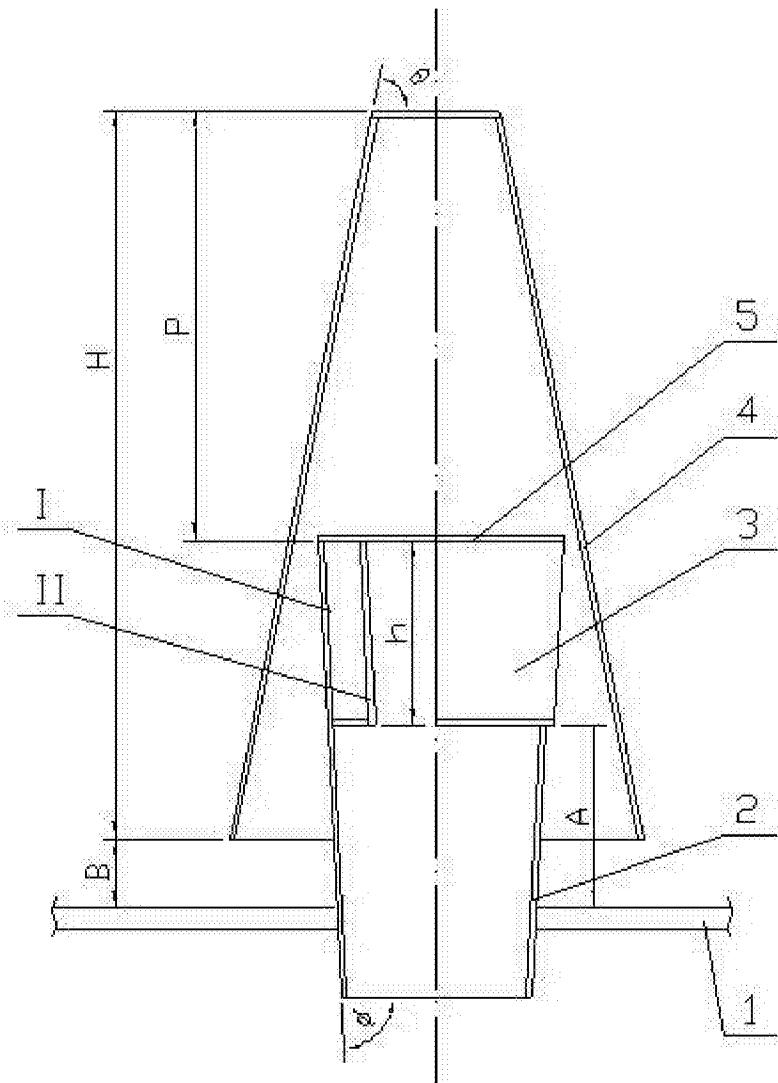


图1

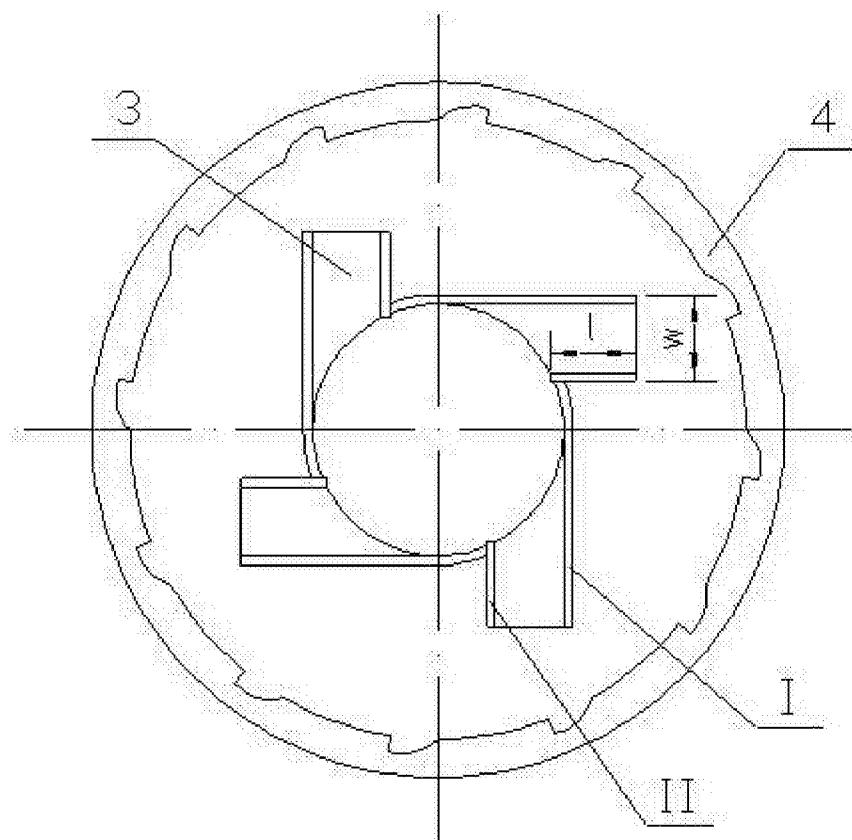


图2

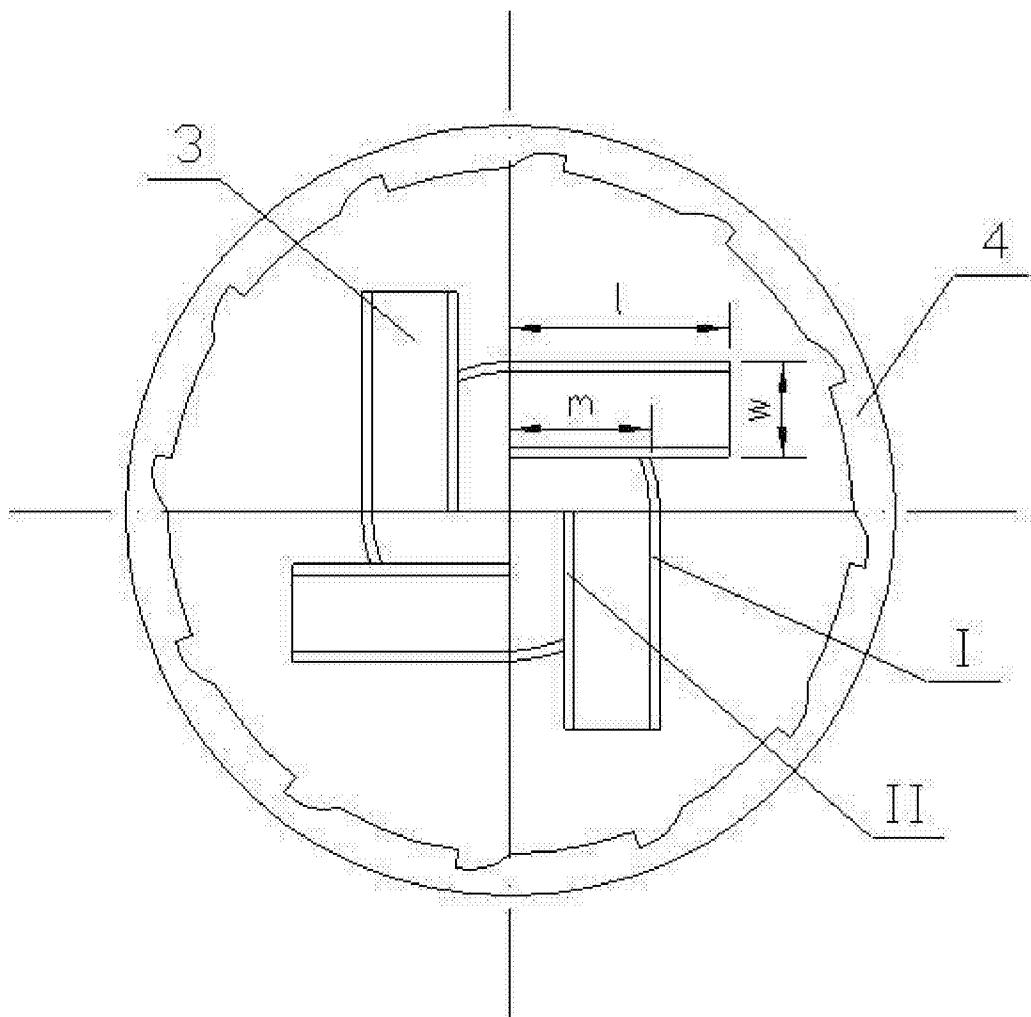


图3

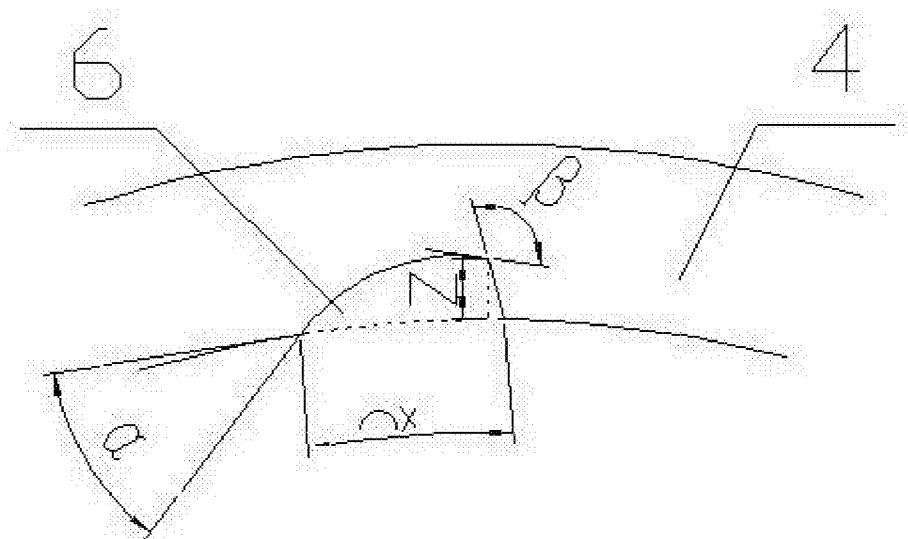


图4