



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103836609 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 04

(21) 申请号 201410097141. X

F23J 15/02(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 03. 17

F28F 19/02(2006. 01)

(66) 本国优先权数据

审查员 刘璇斐

201310645554. 2 2013. 12. 04 CN

(73) 专利权人 成信绿集成股份有限公司

地址 361000 福建省厦门市湖里区泗水道
619 号湖里大厦 19 层

(72) 发明人 常海青 袁朝 张燕 张灿
郑木辉

(74) 专利代理机构 厦门市首创君合专利事务所
有限公司 35204

代理人 张松亭

(51) Int. Cl.

F22D 1/38(2006. 01)

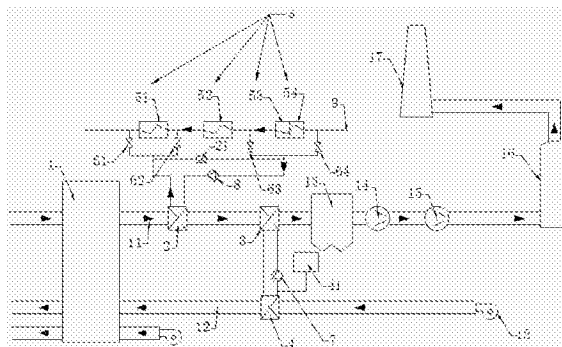
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统

(57) 摘要

本发明公开了一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统,即包括依次串接于锅炉烟道的空气预热器、低温换热器、除尘器、风机、脱硫塔和烟囱以及包括依次串接于锅炉烟道外的空气换热器和二次风机,所述二次风机输出端经所述空气换热器连接所述空气预热器的空气侧输入端,本系统还包括第一水泵,所述空气换热器的换热介质输出端经所述第一水泵连接所述低温换热器的换热介质输入端,所述低温换热器的换热介质输出端连接所述空气换热器的换热介质输入端;所述低温换热器的出口温度为80-100℃。本系统通过将锅炉排烟温度降到烟气酸露点附近,有效提高了除尘器的除尘效率;同时,实现了最大限度回收排烟余热的目的。



1. 一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统, 其特征在于: 包括依次串接于锅炉烟道的空气预热器、低温换热器、除尘器、风机、脱硫塔和烟囱; 以及包括依次串接于锅炉烟道外的空气换热器和二次风机; 所述二次风机输出端经所述空气换热器连接所述空气预热器的空气侧输入端; 本系统还包括第一水泵, 所述空气换热器的换热介质输出端经所述第一水泵连接所述低温换热器的换热介质输入端, 所述低温换热器的换热介质输出端连接所述空气换热器的换热介质输入端; 所述低温换热器的出口温度为 $80-100^{\circ}\text{C}$;

本系统还包括高温换热器、第二水泵和低压加热器, 所述高温换热器设于所述空气预热器与低温换热器之间, 所述低压加热器串接于汽轮机的主凝结水管路中, 所述低压加热器的输入端经所述第二水泵连接所述高温换热器的换热介质输入端, 所述高温换热器的换热介质输出端连接所述低压加热器的输出端;

所述低温换热器为膜式换热器, 包括换热翅片和流体管; 所述流体管设于所述换热翅片的两侧, 所述换热翅片包括底板、顶板和两根圆管; 所述两根圆管平行布置并沿轴向开有长槽, 所述底板和顶板相对布置并于两侧分别连接所述两根圆管长槽的底边和顶边; 所述换热翅片的两根圆管的直径大于所述流体管的直径; 所述底板和顶板平行布置或呈八字型布置。

2. 根据权利要求1所述的一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统, 其特征在于: 所述除尘器的阴极吊挂处及灰斗处, 还分别设有电加热器。

3. 根据权利要求2所述的电厂锅炉烟气粉尘的减排系统, 其特征在于: 本系统还包括膨胀水箱, 所述膨胀水箱的输出端连接所述第一水泵的输入端。

4. 根据权利要求3所述的一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统, 其特征在于: 所述低压加热器包括依次串接的第一加热器、第二加热器、第三加热器和第四加热器。

5. 根据权利要求4所述的一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统, 其特征在于: 本系统还包括再循环调节阀、第一阀门、第二阀门、第三阀门和第四阀门, 所述再循环调节阀串接于所述高温换热器的换热介质输出端与第二水泵的输入端之间, 所述第一阀门连接于所述第一加热器输出端与高温换热器的换热介质输出端之间, 所述第二阀门连接于所述第一加热器输入端与高温换热器的换热介质输出端之间, 所述第三阀门连接于所述第二加热器输入端与第二水泵输入端之间, 所述第四阀门连接于所述第四加热器输入端与第二水泵输入端之间。

6. 根据权利要求5所述的一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统的控制方法, 其特征在于: 包括如下的步骤:

1) 低温换热器和空气换热器控制流程:

(1) 判断膨胀水箱液位是否满足启动要求;

(2) 启动第一水泵;

(3) 判断除尘器入口烟温值是否稳定;

(4) 投入第一水泵自动调节, 使除尘器入口烟温控制在 $80-100^{\circ}\text{C}$;

2) 高温换热器控制流程:

(1) 判断第一加热器、第二加热器、第三加热器和第四加热器进出口的水温情况;

(2) 打开本系统的第一或第二阀门;

(3) 打开本系统的第三或第四阀门;

- (4)启动第二水泵；
- (5)判断高温换热器出口烟温值是否稳定；
- (6)投入第二水泵自动调节,使高温换热器出口烟温控制在高于除尘器入口烟温20-25℃；
- (7)投入再循环调节阀自动调节,使高温换热器进口水温控制在高于水露点20-25℃。

一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统。

背景技术

[0002] 近年来,气候恶化问题受到社会越来越多的关注,减少空气中粉尘含量日趋重要。环保部2013年14号公告要求的47个重点城市的主城区的火电厂,除尘设施及脱硫系统改造后在烟囱入口的烟尘排放需满足特别排放限值 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。同时,由于能源需求量增加,煤炭紧缺给电力行业带来一系列问题。采取有效措施提高能源利用率,降低发电成本已成为发电企业的共识。

[0003] 目前,锅炉机组排烟温度的设计主要是基于考虑机组经济排烟温度,认为排烟温度越高,锅炉热效率越低,然而在较低的排烟温度(110°C)下,则会增加锅炉尾部金属受热面的腐蚀风险。因此,在现有技术中,排烟温度的设计值基本是在烟气酸露点以上,并略高于烟气酸露点。参见中国电力出版社出版的《锅炉原理(第二版)》第223页,由表12-1可知,目前对于锅炉排烟温度的设计一般在 110°C (高于烟气酸露点)以上,以达到较高的锅炉热效率的同时,防止尾部烟道中的金属受热面及设备的腐蚀。

[0004] 近年来,虽然锅炉排烟余热回收技术在不断发展,但受经济排烟温度的影响,降幅有限,在我国现役火电机组中,锅炉的排烟温度约在 130°C – 160°C ,基本都超过原设计的经济排烟温度 110°C 。在现有技术中,高温换热器用于加热主凝结水,低温换热器用于加热二次风,在某电厂600MW锅炉改造应用此方案后,低温换热器出口温度降至 130°C ,与改造前的年平均排烟温度 160°C 相比,降低了 30°C 。虽然应用此方案后,排烟温度有了明显的下降,但排烟温度 130°C 仍维持在较高的水平,只达到了机组原设计参数 139°C 附近。

[0005] 除尘器的除尘效率与排烟温度关系密切,在排烟温度低于 150°C 以下时,烟尘比电阻随着排烟温度的升高而升高,高烟尘比电阻则会降低除尘器的除尘效率。总之,现有技术将排烟温度设置在 110°C 以上,虽然克服了烟气酸露点腐蚀的问题,但不足之处是:一方面尚未能完全充分利用排烟余热,另一方面,在此温度下,烟尘比电阻高,除尘器的除尘效率低,排烟粉尘浓度在 $25\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以上。

[0006] 因此,如何设计一个系统既能充分利用排烟余热;又能最大限度提高除尘器的除尘效率,使机组粉尘排放浓度达到国家环保要求并能长期安全稳定地运行仍是本领域技术人员的研发盲点。

[0007] 本发明人在项目上经过长期的实践探索,克服了设备结构大,管线安装调试复杂等各种困难,克服了现有技术认为排烟温度需设置在烟气酸露点以上的技术偏见,通过将排烟余热的利用与除尘器的除尘效率有效地结合,摸索出了一套锅炉余热回收节能减排的较优方案,本案由此产生。

发明内容

[0008] 本发明所要解决的主要技术问题是提供一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统,旨在

克服现有技术的不足,将除尘器入口烟温降至烟气酸露点附近,使除尘器粉尘比电阻下降,以提高除尘器除尘效率;同时,实现最大限度回收排烟余热的目的。

[0009] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统,包括依次串接于锅炉烟道的空气预热器、低温换热器、除尘器、风机、脱硫塔和烟囱;以及包括依次串接于锅炉烟道外的空气换热器和二次风机;所述二次风机输出端经所述空气换热器连接所述空气预热器的空气侧输入端;本系统还包括第一水泵,所述空气换热器的换热介质输出端经所述第一水泵连接所述低温换热器的换热介质输入端,所述低温换热器的换热介质输出端连接所述空气换热器的换热介质输入端,所述低温换热器的出口温度为80-100℃。

[0010] 进一步,本系统还包括高温换热器、第二水泵和低压加热器,所述高温换热器设于所述空气预热器与低温换热器之间,所述低压加热器串接于汽轮机的主凝结水管路中,所述低压加热器的输入端经所述第二水泵连接所述高温换热器的换热介质输入端,所述高温换热器的换热介质输出端连接所述低压加热器的输出端。

[0011] 进一步,所述除尘器的阴极吊挂处及灰斗处,还分别设有电加热器。

[0012] 进一步,所述低温换热器为膜式换热器,包括换热翅片及流体管;所述流体管设于所述换热翅片的两侧,所述换热翅片包括底板、顶板和两根圆管;所述两根圆管平行布置并沿轴向开有长槽,所述底板和顶板相对布置并于两侧分别连接所述两根圆管长槽的底边和顶边;所述换热翅片的两根圆管的直径大于所述流体管的直径;所述底板和顶板平行布置或呈八字型布置。

[0013] 进一步,本系统还包括膨胀水箱,所述膨胀水箱的输出端连接所述第一水泵的输入端。

[0014] 进一步,所述低压加热器包括依次串接的第一加热器、第二加热器、第三加热器和第四加热器。

[0015] 进一步,本系统还包括再循环调节阀、第一阀门、第二阀门、第三阀门和第四阀门,所述再循环调节阀串接于所述高温换热器的换热介质输出端与第二水泵的输入端之间,所述第一阀门连接于所述第一加热器输出端与高温换热器的换热介质输出端之间,所述第二阀门连接于所述第一加热器输入端与高温换热器的换热介质输出端之间,所述第三阀门连接于所述第二加热器输入端与第二水泵输入端之间,所述第四阀门连接于所述第四加热器输入端与第二水泵输入端之间。

[0016] 一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统的控制方法,其特征在于:包括如下的步骤:

[0017] 1)、低温换热器和空气换热器控制流程:

[0018] (1)判断膨胀水箱液位是否满足启动要求;

[0019] (2)启动第一水泵;

[0020] (3)判断除尘器入口烟温值是否稳定;

[0021] (4)投入第一水泵自动调节,使除尘器入口烟温控制在80-100℃;

[0022] 2)、高温换热器控制流程:

[0023] (1)判断第一加热器、第二加热器、第三加热器和第四加热器进出口的水温情况;

[0024] (2)打开本系统的第一或第二阀门;

[0025] (3)打开本系统的第三或第四阀门;

[0026] (4)启动第二水泵;

[0027] (5)判断高温换热器出口烟温值是否稳定；

[0028] (6)投入第二水泵自动调节,使高温换热器出口烟温控制在高于除尘器入口烟温20-25℃；

[0029] (7)投入再循环调节阀自动调节,使高温换热器进口水温控制在高于水露点20-25℃。

[0030] 本发明采用了上述技术方案后,通过将锅炉排烟温度降到烟气酸露点以下,即通过降低除尘器入口烟温至烟气酸露点以下,降低了除尘器粉尘比电阻,有效提高了除尘器的除尘效率,使得烟囱出口粉尘排放浓度降低到15~18mg/Nm³,达到了国家排放标准;同时,在80-100℃较低的温度下,实现了最大限度回收排烟余热的目的,使得发电机组节煤效益达到3g/kWh左右。

附图说明

[0031] 下面结合附图和实施方式对本发明作进一步的详细说明：

[0032] 图1为本发明电厂锅炉烟气粉尘的减排系统示意图；

[0033] 图2为本发明低温换热器的结构示意图；

[0034] 图3为本发明低温换热器换热翅片为平行结构的示意图；

[0035] 图4为本发明低温换热器的换热翅片为八字形结构的示意图；

[0036] 图5为本发明除尘器的结构示意图。

具体实施方式

[0037] 如图1所示,本发明电厂锅炉烟气粉尘的减排系统包括依次串接于锅炉烟道的空气预热器1、低温换热器3、除尘器13、引风机14、增压风机15、脱硫塔16和烟囱17以及包括依次串接于锅炉烟道外的空气换热器4和二次风机18,所述二次风机18输出端经所述空气换热器4连接所述空气预热器1的空气侧输入端,本系统还包括第一水泵7,所述空气换热器4的换热介质输出端经所述第一水泵7连接所述低温换热器3的换热介质输入端,所述低温换热器3的换热介质输出端连接所述空气换热器4的换热介质输入端；

[0038] 参考图2-4,所述低温换热器3为膜式换热器,包括换热翅片31及流体管32,所述换热翅片和流体管表面涂覆无机非金属材料,并经高温处理,温度:800-1000℃;或再涂覆有耐酸高分子涂层。

[0039] 所述流体管32设于所述换热翅片31的两侧。

[0040] 所述换热翅片31包括底板311、顶板312和两根圆管313;所述两根圆管313平行布置并沿轴向开有长槽,所述底板311和顶板312相对布置并两侧分别连接所述两根圆管313长槽的底边和顶边,所述换热翅片的两根圆管313的直径大于所述流体管32的直径,所述底板311和顶板312平行布置或呈八字型布置。本发明换热翅片的上述设计与布置,不仅有更大的散热面积,结构稳定,而且平滑的流线,有利于降低烟尘的冲刷,延长寿命。

[0041] 进一步参考图1,本系统还包括高温换热器2、第二水泵8和低压加热器5,所述高温换热器2设于所述空气预热器1与低温换热器3之间,所述低压加热器5串接于汽轮机的主凝结水管路9中,所述低压加热器5的输入端经所述第二水泵8连接所述高温换热器2的换热介质输入端,所述高温换热器2的换热介质输出端连接所述低压加热器5的输出端。所述低压

加热器5包括依次串接的第一加热器51、第二加热器52、第三加热器53和第四加热器54。

[0042] 本系统还包括膨胀水箱41,所述膨胀水箱41的输出端连接所述第一水泵7的输入端。

[0043] 本系统还包括再循环调节阀21、第一阀门61、第二阀门62、第三阀门63和第四阀门64,所述再循环调节阀21串接于所述高温换热器2的换热介质输出端与第二水泵8的输入端之间,所述第一阀门61连接于所述第一加热器51输出端与高温换热器2的换热介质输出端之间,所述第二阀门62连接于所述第一加热器51输入端与高温换热器2的换热介质输出端之间,所述第三阀门63连接于所述第二加热器52输入端与第二水泵8输入端之间,所述第四阀门64连接于所述第四加热器54输入端与第二水泵8输入端之间。

[0044] 参考图5,所述除尘器13的阴极吊挂131处及灰斗132处,还分别设有电加热器133,以防止烟温降低,导致灰尘沉积,进而造成堵灰的现象。

[0045] 一种电厂锅炉烟气粉尘的减排系统的控制方法,包括如下的步骤:

[0046] 1)、低温换热器和空气换热器控制流程:

[0047] (1)判断膨胀水箱液位是否满足启动要求;

[0048] (2)启动第一水泵;

[0049] (3)判断除尘器入口烟温值是否稳定;

[0050] (4)投入第一水泵自动调节,使除尘器入口烟温控制在80-100℃;

[0051] 2)、高温换热器控制流程:

[0052] (1)判断第一加热器、第二加热器、第三加热器和第四加热器进出口的水温情况;

[0053] (2)打开本系统的第一或第二阀门;

[0054] (3)打开本系统的第三或第四阀门;

[0055] (4)启动第二水泵;

[0056] (5)判断高温换热器出口烟温值是否稳定;

[0057] (6)投入第二水泵自动调节,使高温换热器出口烟温控制在高于除尘器入口烟温20-25℃;

[0058] (7)投入再循环调节阀自动调节,使高温换热器进口水温控制在高于水露点20-25℃。

[0059] 本低温换热器3中的换热翅片31的底板311、顶板312和两根圆管313构成截面为哑铃形的异形管,相比于传统膜式换热板的光管加扁钢结构,增加了换热面积,增强了烟气在流体管32与换热翅片间31的绕流,达到强化换热的目的;同时所述换热翅片31的哑铃形截面具有较好的柔性,在换热翅片31进行高温热处理过程中,可有效减少高温变形,提高换热翅片31的质量;所述换热翅片31通过模具可实现批量生产,降低制作成本;所述温换热器3的膜式换热板采用若干上述的换热翅片31构成,若干流体管32设于若干换热翅片31之间并依此连通,从而提高整个低温换热器3的传热效率。所述换热翅片31两侧的圆管313的直径大于流体管32的直径,避免了高含尘烟气对流体管32的直接冲刷,能有效防止积灰。同时,所述流体管32和换热翅片31的表面涂覆有无机非金属涂层及耐酸高分子涂层,使得低温换热器3的耐酸性大大增强,可以很好地克服低温腐蚀,使得烟气温度降至酸露点以下成为可能。采用哑铃型结构的换热翅片在后期非金属材料涂覆,并进行高温处理过程中不易变形,且可以增加换热面积。

[0060] 本系统中进一步采用高温换热器2与串接于汽轮机凝结水系统9中的低压加热器5并联,低压加热器5可采用四个加热器串联而成,管路中设置第二水泵8,用于克服设备与管道阻力、调节流量,用以控制烟气出口温度。设置的四个阀门分别为两个进水阀门和两个回水阀门,用于根据不同工况调节高温换热器的进水参数以及回水位置;在回水管路上设置再循环调节阀21,用于调节引水管路流体温度,避免管道壁温过低。锅炉烟气从空气预热器1出来,经过高温换热器2后,通过第二水泵8控制,烟气温度降至酸露点以上 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 左右;温降后的烟气进入低温换热器3,通过第一水泵7控制,使得烟气温度降至烟气酸露点附近,烟气进入除尘器13。同时高温换热器2吸收的热量与第一加热器51和第二加热器52配合用于加热汽轮机的凝结水,低温换热器3用于控制除尘器13的进口烟气温度,吸收的热量通过水媒管道用于加热空气换热器4进口的空气,达到缓解空气预热器1冷端低温腐蚀的目的。

[0061] 本系统中低温换热器3和空气换热器4的换热介质通过水媒管道组成循环系统,设置第一水泵7,用于克服设备与管道阻力、调节流量,控制烟气温度;循环系统设置膨胀水箱41,所述膨胀水箱41由单管接至第一水泵7的入口,用于泵前定压、收容和补偿系统中换热介质的胀缩量。

[0062] 一方面,低温换热器3用于调节进入除尘器的烟气温度,烟气温度大幅度降低,除尘器13及其下游的烟气体积流量减少,降低除尘器13及引风机14的能耗;同时通过烟气温度控制,使得烟气中粉尘比电阻得到优化,提高除尘器13的除尘效率,从而减少粉尘排放,进而使得烟囱出口粉尘排放浓度降低到 $15\sim 18\text{mg}/\text{Nm}^3$,达到国家排放标准,而传统烟气回收利用方案的烟囱出口粉尘在 $25\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以上,因此本系统具有明显的减排效应。

[0063] 另一方面,其通过空气换热器4加热进入锅炉的空气,提高烟气余热品质,提高烟气余热利用效率,使得发电机组节煤效益达到 $3\text{g}/\text{kWh}$ 左右,而传统烟气回收利用方案的节煤效益一般在 $2.0\text{g}/\text{kWh}$ 左右,因此本系统具有显著的余热回收及节能效益。

[0064] 本系统中高温换热器2利用排烟余热加热汽轮机凝结水,控制出口烟气温度,排挤抽汽品质更高的低压加热器抽汽,降低发电机组热耗及发电机组的发电标煤耗。在现有技术中,用于抽汽加热汽轮机凝结水的低压加热器通常设有多个,包括依次串接于汽轮机的凝结水输入端至输出端的第四加热器54,第三加热器53,第二加热器52及第一加热器51,凝结水输入端和输出端为汽轮机的凝结水系统的凝汽器输出端和除氧器输入端,通常高温换热器利用排烟余热加热的凝结水为通过第三加热器53及第四加热器54的较低品质的凝结水,而不能加热通过第一加热器51及第二加热器52的较高品质的凝结水,如此排烟余热利用率低;本系统通过空气换热器4加热进入空气预热器1的空气,使得锅炉出来的烟气温度更高,因此可以通过高温换热器2加热抽汽品质更高的第一加热器51及第二加热器52的凝结水。该高温换热器2处于高含尘烟气环境中,其材料、工艺、设计等方面需采取措施防止积灰与磨损。

[0065] 本发明中低温换热器3出口烟温控制可根据高温换热器2出口烟温的变化的进行预调节;高温换热器2和低温换热器3属于两个独立的系统,当高温换热器2故障时,低温换热器3可继续运行;或者低温换热器3或空气换热器4故障时,高温换热器2可继续运行,系统具有很强的灵活性及适应性,可在电厂的各种工况下运行,并有一定的经济效益。

[0066] 空气换热器4利用低温换热器3吸收的烟气热量,加热空气换热器4的进口空气,使得经空气换热器4出口的烟气温度上升,提高烟气品质,提高本系统烟气余热回收效率,由

空气预热器1进入锅炉的空气温度上升,锅炉效率得到提高。当然,在增压风机15与脱硫塔16之间也可以设第二低温换热器,使得烟气排放温度更低(80℃及以下),虽然进一步回收了热量,但是相应地也会增加设备的投入,对于某些节能要求不高的电厂来说,无疑增加了运营成本。本方案在除尘器前设有的低温换热器3,可以确保进入除尘器的烟气温度在酸露点附近,在此温度下达到最优的减排效果,因此本方案在确保了最优的减排效果前提下,减少了设备投入,降低了运营成本。

[0067] 以上所述,仅为本发明较佳实施例而已,故不能依此限定本发明实施的范围,即依本发明专利范围及说明书内容所作的等效变化与修饰,皆应仍属本发明涵盖的范围内。

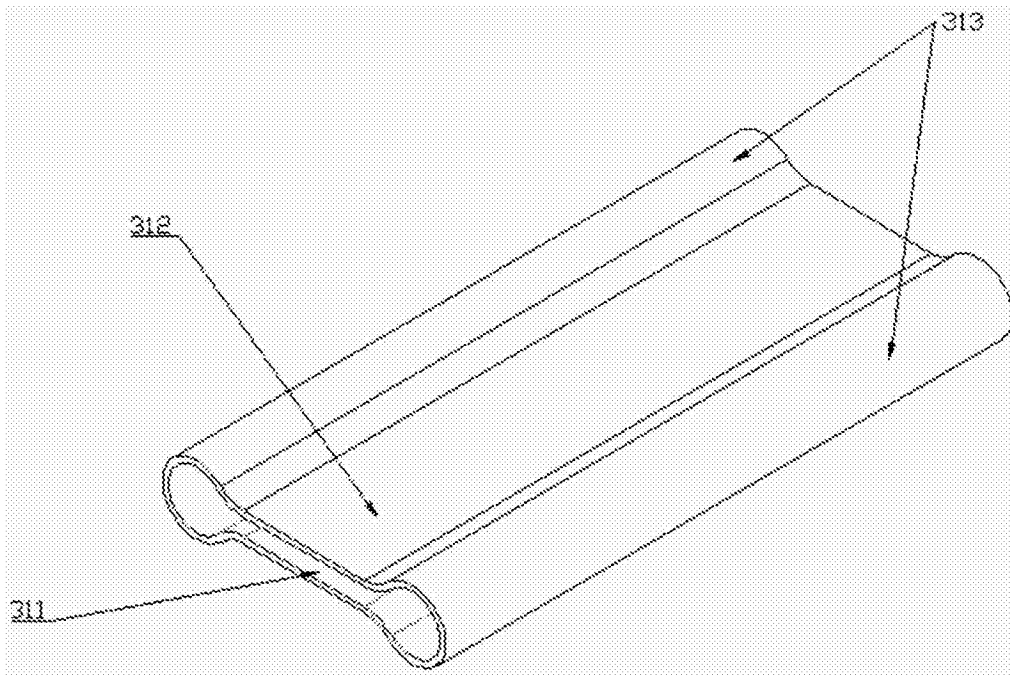


图3

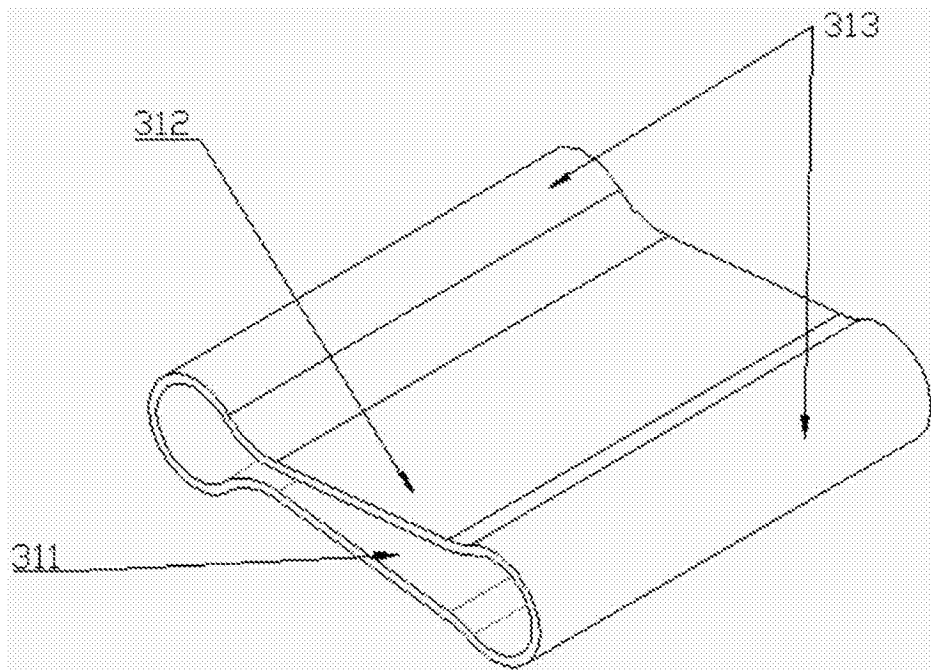


图4

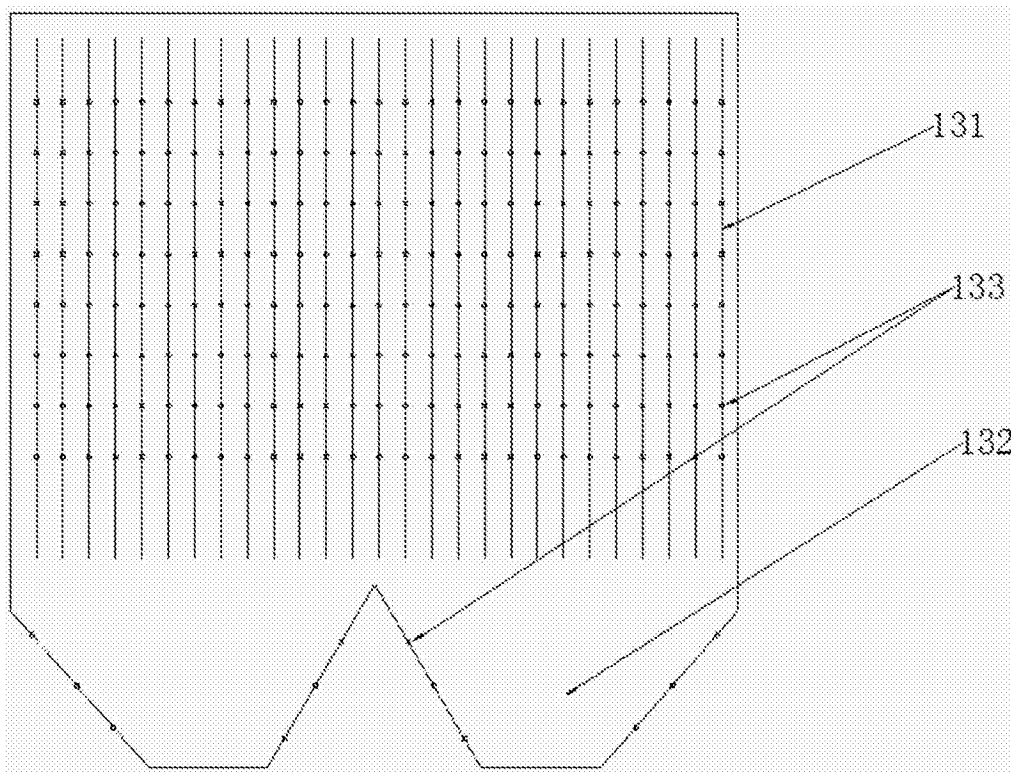


图5