

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2014 年 12 月 11 日 (11.12.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/194855 A1

- (51) 国际专利分类号:
F23C 5/08 (2006.01) F23C 7/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/079349
- (22) 国际申请日: 2014 年 6 月 6 日 (06.06.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310228682.7 2013 年 6 月 8 日 (08.06.2013) CN
201320331658.1 2013 年 6 月 8 日 (08.06.2013) CN

- (71) 申请人: 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 国网山东省电力公司电力科学研究院 (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID SHANDONG ELECTRIC POWER COMPANY) [CN/CN]; 中国山东省济南市市中区望岳路 2000 号, Shandong 250002 (CN)。
- (72) 发明人: 董信光 (DONG, Xinguang); 中国山东省济南市市中区望岳路 2000 号, Shandong 250002 (CN)。 郝卫东 (HAO, Weidong); 中国山东省济南市市中区望岳路 2000 号, Shandong 250002 (CN)。 胡志宏 (HU, Zhihong); 中国山东省济南市市中区望岳路 2000 号, Shandong 250002 (CN)。 董建 (DONG, Jian); 中国山东省济南市市中区望岳路 2000 号, Shandong 250002 (CN)。 刘豪杰 (LIU, Haojie); 中国山东省济南市市中区望岳路 2000 号, Shandong 250002 (CN)。

[见续页]

(54) Title: LOW-NITROGEN OXIDE STRAIGHT-THROUGH PULVERIZED COAL COMBUSTION APPARATUS APPLICABLE TO LEAN COAL-FIRED BOILER

(54) 发明名称: 一种适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置

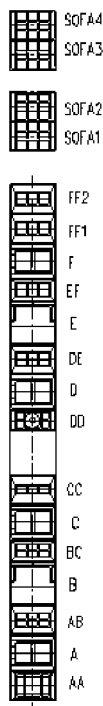


图 1a /Fig.1a

(57) Abstract: A low-nitrogen oxide straight-through pulverized coal combustion apparatus applicable to a lean coal-fired boiler comprises main combustor groups that are disposed in corner-tangential combustion manner at the four corners of a furnace of the lean coal-fired boiler, cooperate with a water-cooling wall anti-high temperature anti-corrosion system of the furnace, and are of the same structure with the system, each main combustor group comprising pulverized coal combustors and secondary air nozzles (AA, AB, BC, CC, DD, DE, EF, FF1, and FF2) that are disposed at a spacing. The upper portion of each main combustor group is provided with a corresponding over fire air separation group. A layer of a prechamber reverse-flow combustor is disposed every n layers of pulverized coal combustors, a jet flow rotation direction of the main combustor group is the anticlockwise direction, a jet flow rotation direction at the secondary air nozzle closely neighboring to the upper portion of the prechamber reverse-flow combustor is the clockwise direction, and the diameter of the imaginary tangential circle is greater than that of the main combustor. The over fire air separation group is formed by an upper group and a lower group, the jet flow of the lower group is a large imaginary tangential circle, and the upper group is in an opposed firing manner. The combustion apparatus can implement stable combustion and minimize the discharge of oxynitride.

(57) 摘要: 一种适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置, 包括以四角切圆燃烧方式布置在贫煤锅炉炉膛四角并与炉膛的水冷壁防高温腐蚀系统配合的且结构相同的主燃烧器组; 各主燃烧器组则包括间隔设置的煤粉燃烧器和二次风喷口 (AA, AB, BC, CC, DD, DE, EF, FF1, FF2); 主燃烧器组上部则设有对应的分离燃尽风组; 每隔 n 层煤粉燃烧器设置一层预燃室回流燃烧器, 主燃烧器组的射流旋转方向为逆时针方向, 紧邻预燃室回流燃烧器上部的二次风口射流旋转方向为顺时针方向, 且假想切圆直径比主燃烧器的假想切圆直径大; 分离燃尽风组分为上组和下组, 下组射流为大假想切圆, 上组为对冲燃烧方式。该燃烧装置可实现稳定燃烧并使氮氧化物的排放降至较低水平。



(74) **代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD);** 中国山东省济南市历下区经十路 17703 号华特广场 B208, Shandong 250061 (CN)。

(81) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

— 关于申请人有权要求在先申请的优先权(细则 4.17(iii))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置**技术领域**

本发明涉及一种直流煤粉燃烧装置，尤其涉及一种适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置。

背景技术

氮氧化物(NO_x)是一种危害人体健康，破坏大气环境的污染物。其中燃煤发电厂是最主要的排放源，占 NO_x 排放量的67%，而且随着火电机组装机容量增长所占比重会有所提高，为控制我国燃煤火电厂的 NO_x 污染物排放水平，国家相继颁布的更为严格的火电厂大气污染物排放标准，提出了更为严格的氮氧化物排放水平，而且对于煤种不再作不同标准，也就是说无论是烟煤锅炉还是贫煤，甚至是无烟煤锅炉都要执行统一的排放标准，而我国在2004年之前投产的煤粉锅炉采用了国外相对比较落后低氮燃烧技术，氮氧化物排放浓度较高，在这些锅炉中，采用切圆燃烧的直流煤粉燃烧方式的锅炉占大多数，锅炉容量以135MW，300MW和600MW为主，这些锅炉的 NO_x 排放浓度较高，其中烟煤锅炉 NO_x 排放浓度在 $500\text{--}800\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，贫煤锅炉在 $650\text{--}1100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，无烟煤锅炉的 NO_x 排放浓度更高，这些锅炉的氮氧化物排放浓度远高于国家环保部新颁布的《火电厂大气污染物排放标准》氮氧化物的排放要求，为了响应国家环保标准，并考虑到技术改造成本和运行成本，目前火电厂大都采用先把燃烧器改造为低氮燃烧器，然后在烟道内采用选择性催化还原法(SCR)进行烟气脱氮。目前国内外进行大量火电机组的低氮燃烧改造如华电集团的邹县电厂的#1-#4锅炉，章丘电厂的#3，#4锅炉，华能集团的莱芜电厂的#4和#5锅炉，国电集团的蓬莱电厂#1和#2锅炉，大唐集团的张家口电厂#7锅炉等等，这些锅炉都是切圆燃烧的直流煤粉锅炉，在这些改造案例中，改造效果较好的都是烟煤或褐煤锅炉，贫煤锅炉改造效果均不理想，如华电某电厂的#3炉，为 $1000\text{t}/\text{h}$ 的亚临界锅炉，燃煤为贫煤，制粉系统为钢球磨直吹式，在进行低氮燃烧改造后，在燃用贫煤时， NO_x 的排放浓度为 $534\text{mg}/\text{Nm}^3$ 时，锅炉飞灰含碳量为8.8%，锅炉效率仅为85.5%，在掺入神化煤(神化煤为高挥发份烟煤)后， NO_x 的排放浓度将为 $410\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，锅炉飞灰含碳量降为3.5%；又如华电集团某电厂#2炉，锅炉为 $435\text{t}/\text{h}$ 的超高压锅炉，燃煤为贫煤，制粉系统为钢球磨中储式，在在进行低氮燃烧改造后，也出现 NO_x 排放浓度高，飞灰含碳量升高，低负荷稳燃特性变差，在75%BMCR(Boiler Maximum Continuous Load 锅炉最大连续出力)时即出现几次灭火的情况。通过全面的调查发现，目前国内外低氮燃烧改造较为成功的案例都是在烟煤或褐煤锅炉上进行的，在贫煤锅炉上还没有比较成功的经验，这是由于贫煤的煤质特

性与烟煤相比有较大不同，而且贫煤锅炉在结构设计上也有着较大区别，因此一些适用于烟煤锅炉低氮改造经验不能完全适应于贫煤锅炉，经过对多台进行低氮燃烧改造的贫煤锅炉进行分析发现，都存在 NO_x 排放浓度下降不多，飞灰含碳量升高导致锅炉经济性降低，水冷壁出现高温腐蚀，低负荷稳燃效果降低的问题。

由于氮氧化物的产生机理和低氮燃烧技术的基本原理的认识目前都已经比较成熟，通过文献检索发现，目前关于低氮燃烧技术方面的文献主要集中在这两个方面，一方面是基于低氮燃烧技术原理方面的各种低氮燃烧技术的介绍或数值计算，如何华庆，朱跃，潘志强等，“低 NO_x 燃烧技术综述”《锅炉制造》2000(4):34-38；刘志超，燃煤锅炉 NO_x 排放浓度影响因素的实验和分析[J]，电站系统工程，2005, 21(5):30-34；Vasquez E, Sears R “Combustion control techniques achieve 0.15lb/BBtu NO_x without SCR”《Power Engineering》，2003, 107(1):39-42；王春林，周昊，“基于遗传算法和支持向量机的低 NO_x 燃烧优化”《中国电机工程学报》2007(11): 40-44；宋亚强，“煤粉锅炉低 NO_x 燃烧技术的数值试验研究”东南大学硕士论文，2005；以上这些文献属于介绍低氮燃烧技术或者采用数值模拟的方法验证一些低氮燃烧技术没有涉及到某一具体低氮燃烧器，尤其没有设计到适应于贫煤的低氮燃烧器以及如何在保证锅炉低氮燃烧的同时防治高温腐蚀等。另一方面是低氮燃烧器的应用文献如：刘文，“低氮燃烧技术在旺龙电厂 420t/h 燃煤锅炉上的应用”《锅炉制造》，2011, 7(4):26-29；禹庆明，张波，朱宪然等“低氮燃烧器改造及运行调整方法探讨”《华北电力技术》2012(7)35-38；肖燕华，陈丰，“低氮燃烧技术在瑞明电厂的实际应用”《能源工程》2008(1):55-59 等。这些文献所描述的成功案例都是在烟煤锅炉上进行的，在较差着火性能煤种如贫煤、无烟煤等基本没有。聂其红，孙绍增，吴少华等，“新型水平浓淡低 NO_x 煤粉燃烧器在贫煤锅炉上的应用研究”，《中国电机工程学报》，2002, 22(7):155-159，在这篇文献介绍了早期的百叶窗型浓淡型低氮燃烧器在 300MW 贫煤锅炉上的应用：NO_x 最低排放浓度为 631mg/m³，在煤质稳定的情况下最低不投油稳燃负荷为 140MW，可以看出这种燃烧器的稳燃特性较好，但 NO_x 排放浓度过高，已经不符合新的国家环保标准，而且贫煤锅炉的高温腐蚀情况比较严重，文献中也没有明确说明防治高温腐蚀的有效措施。

通过专利检索发现有相关性的专利如下：

专利 89109301.X 降低氮氧化物生成量的燃烧方法及其装置，这种装置的基本原理是通过引入烟气或其他还原性的气体混入燃烧用的空气来降低燃烧空气中的氧量，进而降低燃烧区域生成氮氧化物。这种方法适合小型的燃烧装置不适合大型电站锅炉，因为大型锅炉的燃烧需要大量空气，因而抽取的烟气量也非常大，将严重影响抽取点后面的换热设备的正常运

行，而且烟气中含有大量灰尘和腐蚀性气体，在抽取烟气时需要考虑除尘和防腐，专利权利要求中还提到抽取的烟气要冷却，这部分热量不能利用，又会降低锅炉效率。

专利 95224587.6 强化煤粉燃烧及降低氮氧化物的燃烧器，这个专利利用在一次风中加一高速射流(速度比 $V1/V2=0-17$)产生的引射作用使喷口煤粉产生浓相和稀相，这个专利由于引射流可以卷吸高温烟气加强热质和热量的交换，对于加强煤粉燃烧是有利的，至于产生的浓相和稀相的效果在专利中没有说明，而且仅靠浓淡不采用低氧燃烧，降低氮氧化物的效果不会很明显。还有一点是这个专利在实现起来有较大难度，在一次风喷口中加装耐磨和耐高温的引射管难度较大，还有采用什么介质作为引射流难于选择，而且引射流难于实现较高的速度比，在锅炉正常运行中一次风速在 20-28m/s，即使是 5 倍的速度比，引射流的流速也要 100-140m/s，产生这样的引射流在电厂有一定难度，所以至今在电站锅炉中还没有资料介绍采用这种技术的燃烧器。

专利 200510047662.5 一种超细化煤粉再燃低氮氧化物燃烧技术，这个专利原理就是利用超细煤粉的再燃形成还原区域，将主燃区域生成的 NO_x 还原成 N_2 ，这种方法目前主要在实验室中进行，对于大型电站锅炉难于实现，首先是超细化煤粉难于获得，无论是新投产机组还是改造机组要获得超细化煤粉必须增设新的超细煤粉制备装置，而且超细煤粉制备装置的防爆级别较高，电厂的投入更大；再一个原因需要特殊的超细煤粉喷口，也需要另外的投入；这个专利在权利要求中仅提到烟煤的超细煤粉细度，对其他煤种没有涉及。

专利 200610090797.4 一种低氮氧化物排放的燃烧方法，其原理是利用循环流化床的高温富氧烟气作为煤粉锅炉的二次风，使煤粉在高温低氧的环境中燃烧，降低 NO_x 的生成。这种方法对于没有循环流化床锅炉的电厂难于实现，对于有循环流化床锅炉的电厂要采用这种方法难度相当大，原因是大型锅炉需要的烟气量大，而且要考虑高温，烟气中含灰量大等问题，设备、设计和施工的投入巨大。

专利 200610123491.4 一种氮氧化物排放的富氧燃烧方法，其原理是利用氧气体积浓度小于 30%的氧化剂与燃料从同轴套管式燃烧喷嘴注入形成引射流，通过调整燃料和引射流的速度差来减少 NO_x 的产生。这种方法首先要增加产生氧气体积浓度为 30%的氧化剂的设备，而且还需有动力设备使氧化剂加速到一定速度，设备较为复杂并且要有防爆措施；这个专利还要求要调整射流速度来减少 NO_x 的产生，由于每个燃烧器都要随时调整，对运行人员来说操作的工作量较大，在者由于每个燃烧器的一次风速有差别，要使射流速度调整设计为自动调整也较难实现；还有一点是由于射流和燃烧首先在燃烧室中富氧燃烧，火焰温度较高，燃烧室易结焦。

专利 200620079010.X 双分级低氮直流燃烧器,其基本原理将部分一次风分离到二次风喷口中形成两股煤粉,达到燃料分级燃烧方式。煤粉直流燃烧器独立的,并且是壁面较厚的耐磨材料,要将一部分煤粉分到二次风中,煤粉燃烧器和二次风风道都要产生较大变化,无论是设计制造还是施工都难于实现;还有二次风的风温较高达到 350-400℃并且二次风压也随时波动,将煤粉混入后整个热二次风道都有爆炸危险。

专利 200710071816.3 一种用于燃煤锅炉中低氮氧化物燃烧的方法,这个专利也是利用细化煤粉的再燃原理降低氮氧化物的排放,提出了细化煤粉更细和细化煤粉的比例更大。这个专利的实现难度和专利 200510047662.5 一样不再叙述。

专利 200810085042.4 一种采用内燃式燃烧器的煤粉锅炉降低氮氧化物的方法,这个专利的原理是通过等离子点火器或微油点火器将煤粉在预燃室内点燃,然后再通过降低主燃区内的过量空气系数减少 NO_x 的生成,这种方法其实质还是通过降低主燃区的氧量来实现减少 NO_x 的生成,在几个电厂应用说明这种内燃式燃烧器在锅炉点火方面可以节省燃油,并在低负荷时可以起到稳燃作用,但喷口易结焦,烧损,对于这种燃烧器如果炉膛上部区域不加装分离燃尽风喷口,在降低 NO_x 方面效果不明显,还有在主燃烧区的水冷壁面还原性气体较多易造成高温腐蚀。

专利 200810240478.6 和 200820233871.8 低氮燃烧装置及方法,其原理是采用预燃室式燃烧器并加装点火装置,然后再主燃烧区进行缺氧燃烧,在锅炉上部引入分离燃尽风实现低氮燃烧。这个专利的也极易造成煤粉喷口的结焦、烧损,并在使主燃区的水冷壁面产生高温腐蚀。

专利 200910054141.0 一种低氮氧化物排放煤粉切向燃烧装置,其基本原理是在主燃区内一次风与二次风间隔布置,在锅炉上部炉膛的路墙上布置燃尽风喷口,并且燃尽风的假想切圆直径较大。这个专利在烟煤或褐煤锅炉上会取得较好的低氮效果,但不适应于着火特性不好的贫煤,由于一次风和二次风的间隔布置对贫煤锅炉来说会造成低负荷时燃烧不稳,并且主燃区的缺氧燃烧会使水冷壁产生高温腐蚀。

专利 201110033811.8 低氮氧化物排放煤粉解耦燃烧器及煤粉解耦燃烧方法,这个专利介绍了一种燃烧器通过两极浓淡分离来解决飞灰含碳量和低氮燃烧的矛盾,这种燃烧器由于浓淡比较大在一定程度上可以强化燃烧并在主燃区减少 NO_x 的生成,但这种燃烧器由于存在较强的回流区并不可调极易在喷口结焦,并且这个专利并没有解决水冷壁高温腐蚀的措施。

专利 201110324431.X 多煤种低氮直流煤粉燃烧装置,这个燃烧系统的最主要的特点是二次风喷口可以水平和垂直摆动;将分离过燃风分隔为有一定距离的两组。目前直流燃烧器

组一般都设计成可以远控垂直摆动用来调节再热汽温，这个专利将二次风喷口设计成可水平摆动(手动)这样由于二次风的动量比一次风大，通过水平调节二次风喷口来调节燃烧切圆直径，实现多煤种的燃烧。首先这种方式通过调节燃烧切圆直径来适应煤种变化副作用多、适应煤种的变化范围较窄而且实现不方便，燃烧切圆的大小对煤种的适应性每台锅炉每种煤质均不同，没有现成的经验作依据，要不断地摸索，而且燃烧切圆直径大稳燃好但易造成贴壁燃烧而结焦，燃烧切圆小则低负荷时稳燃效果不好。假如采用这种燃烧器烧某种贫煤，首先要知道烧这种贫煤需要多大的燃烧切圆，由于没有依据可以需要不断试验才能确定燃烧切圆的大小，但这种调节方式实现起来很难，由于锅炉燃烧器区域空间有限难于实现水平和垂直均采用执行机构自动摆动，目前只能采用垂直摆动为自动摆动而水平摆动采用手动调节，需要现场进行人工调节二次风的摆角，改变燃烧切圆直径适应煤种变化，但根据现场经验全部二次风喷口调完至少需要三个小时的时间；还有一个问题是较大的切圆对稳燃有利，但水冷壁更容易发生高温腐蚀，而这个专利并没有涉及防治高温腐蚀的措施。

专利 201120044217.4 煤粉锅炉低氮直流燃烧装置，这个燃烧装置主要是优化了现有的低氮燃烧器如将中部二次风进行偏转，将浓淡分离一次风喷口改为可调式浓淡分离燃烧器，经过这些改动对降低 NO_x 的生成有利。通过对装有偏转二次风的锅炉水冷壁贴壁气氛测量，偏转二次风由于比例和强度较小对改变水冷壁贴壁气氛的效果非常有限，因此这种燃烧装置对于贫煤锅炉来说，并没有解决低负荷稳燃和水冷壁高温腐蚀的问题。

在检索过程中还发现一些低氮氧化物旋流燃烧装置如专利 200780017391.6 一种低氮氧化物旋流煤粉燃烧器；201010145738.9 三层二次风低氮氧化物旋流燃烧器；201120339568.8 一种旋流燃烧器低氮氧化物低负荷稳燃装置等由于本专利为直流煤粉燃烧装置，与旋流燃烧装置没有可比性不做详细分析。

根据以上分析可以发现，目前的低氮直流煤粉燃烧器较适合着火特性比较好，挥发份较高的煤种如烟煤或褐煤，对于着火特性差的煤种如贫煤等会产生较多的负面影响，主要表现在：(1)、飞灰和炉渣含碳量升高，锅炉经济性降低。(2)、锅炉低负荷稳燃性降低。(3)、水冷壁壁面还原性气氛较高，水冷壁容易发生高温腐蚀。这些问题不解决，在进行贫煤锅炉的低氮燃烧改造时，不仅影响锅炉的低氮改造效果而且将严重影响锅炉的安全经济运行。

发明内容

本发明的目的就是为解决上述问题，提供一种适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，能实现稳定经济燃烧又能使氮氧化物排放降至较低水平，使贫煤锅炉的低氮燃烧改造技术得以提升。

为实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

一种适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，它包括以四角切圆燃烧方式布置在贫煤锅炉炉膛四角并与炉膛的水冷壁防高温腐蚀系统配合的且结构相同的主燃烧器组；各主燃烧器组则包括间隔设置的煤粉燃烧器和二次风喷口；主燃烧器组上部则设有对应的分离燃尽风组；每隔 n 层煤粉燃烧器设置一层预燃室回流燃烧器，主燃烧器组的射流旋转方向为逆时针方向，但紧邻预燃室回流燃烧器上部的二次风口射流旋转方向为顺时针方向，并且假想切圆直径比主燃烧器的假想切圆直径大；分离燃尽风组分为上组和下组，下组射流采用大假想切圆方式，上组采用对冲燃烧方式。

所述主燃烧器组的顶部还设有三次风喷口，喷口采用大钝体，三次风射流的旋转方向为逆时针，假想切圆直径大于主燃烧器射流的逆时针方向的假想切圆直径。

所述预燃室回流燃烧器包括预燃室，它的前端为一次风喷口，后端为混合风箱，混合风箱是预燃室内壁上部的内周界风喷口的风源；对于中储式制粉系统来说，混合风箱的是由二次热风，三次风和自然冷风提供风源的，三次风来自三次风喷口的一部分；对于直吹式制粉系统来说，混合风箱的是由二次热风，冷二次风提供风源的；在预燃室外壁设有壁温测量装置。

所述壁温测量装置是布置在预燃室外壁上的片状热电阻，由热电阻采集到的温度信号送至控制系统。

所述预燃室的高度与一次风喷口高温之比大于 3。

所述分离燃尽风组的上下两组紧凑布置或分开一定距离布置，其中下组分离燃尽风组占总分离燃尽风风量的比例小于 50%，下组喷口面积比上组分离燃尽风喷口大，以保证下组分离燃尽风的风速小于上组燃尽风风速，同时下组燃尽风的假想切圆要比主燃烧器的 1.6 倍，以实现下组分离燃尽风的低风速、大切圆燃烧方式；上组分离燃尽风占总分离燃尽风风量的比例大于 50%，上组喷口面积小于上组分离燃尽风喷口面积，以保证上组分离燃尽风的风速高于小组燃尽风风速，上组燃尽风采用对角线布置，即上组燃尽风的假想切圆直径为 0。

所述水冷壁防高温腐蚀系统包括环形风箱、小风箱、联络风箱和通风槽，所述环形风箱是将热二次风联络风箱的热二次风送至各小风箱和联络风箱然后再送至水冷壁鳍片上的通风槽，在水冷壁壁面形成氧化性气氛；所述通风槽为在水冷壁面上开的条形通风口，热二次风联络风箱与环形风箱的连接管道上设有环形风箱风压控制挡板，用来根据水冷壁表面的还原性气氛状况来调节引入的热二次风量。

所述煤粉燃烧器采用百叶窗式的浓淡煤粉燃烧器，浓淡速度差在 15% 以内。

所述三次风喷口的稳燃齿的宽度为三次风喷口高度的 $1/3 \sim 1/2$ 。

本发明的适应贫煤的防高温腐蚀低氮氧化物直流煤粉燃烧装置在设计时有几个关键点，1)、预燃室回流燃烧器的预燃室尺寸和一次风喷口高度，根据现场位置尺寸和较差贫煤的着火性能来定，以保证燃烧的稳定性。2)、紧靠预燃室回流燃烧器的上辅助风喷口面积要减少以保证辅助风延迟混入一次风保证稳定燃烧。3)、下组分离燃尽风喷口面积，所占风量比例，假想切圆直径和风速要根据煤质、锅炉热力参数和煤粉细度决定。4)、上组分离燃尽风的相关参数在确定下组分离燃尽风的相关参数后，在综合考虑汽温偏差的因素确定。5)、水冷壁高温腐蚀防止系统中环形风道、通风槽的位置、尺寸和数量要根据以往发生高温腐蚀情况和现场具体结构确定。

根据 NO_x 生成机理， NO_x 的生成和破坏主要和以下因素有关：(1)煤种特性；(2)燃烧温度；(3)炉膛内反应区烟气气氛；(4)燃料及燃烧产物在火焰高温区和炉膛内的停留时间。低 NO_x 燃烧技术，就是通过改变燃烧条件来控制上述关键参数，以抑制 NO_x 生成或分解已生成的 NO_x ，达到减少 NO_x 排放的目的。目前国内外应用的低氮燃烧技术采用低氧燃烧方法和其他方法相结合的技术，主要采用浓淡型燃烧器(水平浓淡或垂直浓淡)+偏置周界风(或贴壁风)+SOFA(Separated Over Fire air 分离燃尽风)。浓淡煤粉燃烧器其原理是利用喷嘴体内的百叶窗或螺旋鳍片将煤粉气流分成浓淡两股分别送入炉膛，浓相煤粉浓度高所需着火热少，利于着火和稳燃；淡相补充后期所需的空气，利于煤粉的燃尽，同时浓淡燃烧均偏离了化学当量燃烧大大降低了 NO_x 的生成；偏置周界风或贴壁风的作用主要是防止贴壁燃烧和减轻水冷壁的避免的还原性气氛；分离燃尽风(SOFA)控制燃烧反应当量，进一步降低 NO_x ，同时在焦炭燃尽后期补充氧量，使飞灰中的可燃物含量减少。这些低氮燃烧技术在烟煤锅炉上取得比较好的效果，大部分锅炉的 NO_x 排放能控制在 $300\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，有些锅炉能控制在 $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，但在贫煤锅炉的应用上效果较差，这是由于贫煤的煤质特性与烟煤的煤质特性相比有着较大不同，主要表现为挥发份低，固定碳和硫含量较高，使贫煤着火特性和燃尽性比较差；为了适应贫煤的煤质特性，贫煤锅炉的热力参数设计比较高，如采用较高的容积热负荷和炉膛截面热强度，并且为了提高贫煤的燃尽性运行中采用高氧量，炉膛的燃烧温度也较高，这些因素都直接影响了低氮燃烧技术的应用效果，并产生前述的诸多负面影响，为了避免这些负面影响，本发明采用具有较好稳燃效果较好的预燃室回流燃烧器与普通浓淡燃烧器相结合来提高主燃烧区域的燃烧稳燃性并加强燃烧强度，以实现在过量空气系数小于 1 的情况下提高主燃区的燃烧温度，降低 NO_x 的生成、减少飞灰和炉渣含碳量；采用空气分级燃烧方式降低 NO_x 排放浓度，在燃尽区由于燃尽风相对于炉内烟气温度来说是低温空气，这部分空气的进入会

降低燃尽区域的温度，但是当这些未燃尽的煤粉颗粒中的焦炭继续燃烧后，燃尽区域的温度又会升高，为了尽可能减少负面影响同时提高燃尽区域的焦炭燃尽率采用上下两组不同风率、不同速和不同假想切圆直径分离燃尽风来实现空气分级燃烧；由于贫煤含硫量比较高，同时主燃烧区的过量空气系数小于 1 这样燃烧方式必然会使锅炉水冷壁发生高温腐蚀，因此采用分布式、小风率、高风速的墙式辅助风来增强水冷壁壁面的氧化气氛避免高温腐蚀，这样整个燃烧过程得以全面优化，既能实现稳定经济燃烧又能使氮氧化物排放降至较低水平，使贫煤锅炉的低氮燃烧改造技术得以提升。

本发明的有益效果是：

1) 在主燃区内，过量空气系数小于 1 的同时燃烧温度和强度增加，使主燃区内的氮氧化物的生成量减少，同时使炉渣含碳量和飞灰含碳量有所降低。

2) 通过不同风率和风速的上下组分离燃尽风既可以降低氮氧化物的生成又可以有效加强焦炭颗粒燃烧，减少飞灰含碳量，在减少汽温偏差也有一定效果。

3) 可以有效地改变水冷壁表面的还原性气氛，通过对实施例测量，水冷壁表面的氧量最小为 0.5%，最大为 3% 远高于改造前的壁面氧量（改造前壁面氧量：最大为 0.7%，较多的测点氧量为 0。）

4) 在主燃烧区域每 n 层煤粉燃烧器中采用一层预燃室回流燃烧器，来提高锅炉的燃烧强度和稳燃性。

5) 预燃室回流燃烧器的上二次风喷口面积减少并且旋转方向反切，并采用较大的假想切圆直径，使二次风混入推迟，起到稳燃作用。

6) 将部分三次风引入预燃室回流燃烧器的混合风箱用来调温，减少了三次风的直接送入风量，对锅炉燃烧有利。

7) 三次风喷口加装较宽的稳燃体，用来加强燃烧。

8) 三次风射流的假想切圆直径大于主燃烧器射流的假想切圆直径，也是为了稳燃。

9) 下组 SOFA 风采用大假想切圆，同时喷口面积加大，使风速降低，既能实现分级燃烧又能使被主气流甩出的大焦炭颗粒得到充分的氧量继续燃烧，对减少飞灰可燃物含量有利。

10) 上组 SOFA 风采用射流的对冲燃烧，同时喷口面积减少，使风速提高，提升 SOFA 射流的穿透性，对减少飞灰可燃物含量有利。

附图说明

图 1 为用于直吹式制粉系统贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置结构示意图。

图 1a 为图 1 的侧视图。

图 2 为用于中储式制粉系统贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置结构示意图。

图 2a 为图 2 的侧视图。

图 3 为第一类预燃室回流燃烧器结构示意图主视图。

图 4 为第二类预燃室回流燃烧器结构示意图主视图。

图 5 为两类预燃室回流燃烧器结构示意图侧视图。

图 6 为防高温腐蚀通风槽布置示意图。

图 7 为防高温腐蚀环形风箱布置示意图。

图 8 为防高温腐蚀环形风箱与小风箱的连接示意图。

图 9 为主燃烧器(除 BC、EF 层二次风喷口)的各喷口射流流向示意图。

图 10 为 BC、EF 层二次风喷口射流流向示意图。

图 11 为下组 SOFA 喷口射流流向示意图。

图 12 为上组 SOFA 喷口射流流向示意图。

图 13 为三次风喷口射流流向示意图。

图中：A、B、C、D、E、F 为煤粉燃烧器，AA、AB、BC、CC、DD、DE、EF、FF1 和 FF2 为二次风喷口，G 为三次风喷口，SOFA1、SOFA2、SOFA3、SOFA4 为四层分离燃尽风喷口，1、预燃室，2、二次热风控制挡板，3、二次冷风控制挡板，4、混合风箱，5、片状热电阻，6、三次风控制挡板，7、一次风喷口，8、温度显示装置，9、内置周界风喷口，10、水冷壁管，11、通风槽，12、环形风箱，13、环形风箱风压控制挡板，14、小风箱，15、联络风箱，16、热二次风联络风箱。

具体实施方式

下面结合说明书附图与实施例对本发明的技术方案作进一步的阐述。

燃用贫煤的锅炉目前有两种形式，一种是采用中储式制粉系统的锅炉，这种锅炉用热风送粉，排粉机的乏气作为三次风送入炉内；另一种采用直吹式制粉系统，制粉系统相对简单，燃烧器中没有三次风喷口。因此本发明的实施例有两类，分别为实施例 1 中储式制粉系统的锅炉和实施例 2 直吹式制粉系统的锅炉。将根据附图分别进行详细阐述。

实施例 1

华电集团某电厂#3 锅炉为蒸发量 1025t/h 的亚临界、中间一次再热、控制循环汽包炉，燃烧方式为四角切圆燃烧方式，每角有六层煤粉燃烧器，与二次风喷口间隔布置，制粉系统为双进双出钢球磨煤机的直吹式，燃用煤种为贫煤。该锅炉燃烧器采用了早期美国 CE 的技术，NO_x 的排放浓度较高，排放浓度在 750-900mg/Nm³，飞灰含碳量在 5-6%。为了达

到国家最新的火电厂污染物排放标准，对#3 锅炉进行了低氮燃烧改造，采用了这种适应于贫煤的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置。

图 1 为本发明应用于实施例 1 中的结构示意图，共有 6 层煤粉燃烧器分别为 A 层，B 层，C 层，D 层，E 层和 F 层；二次风喷口为 9 层分别为 AA 层，AB 层，BC 层，CC 层，DD 层，DE 层，EF 层，FF1 层和 FF2 层；分离燃尽风为 4 层分别为 SOFA1，SOFA2，SOFA3，SOFA4。在 6 层煤粉燃烧器中，A，C，D 和 F 层燃烧器为普通浓淡燃烧器，没有特殊要求，要求浓淡比在 2 以上，浓淡侧速度差在 15% 以内；B 层和 E 层燃烧器为预燃室回流燃烧器，预燃室回流燃烧器的结构见图 3 和图 5。预燃室回流燃烧器就是利用预燃室 1 使高温烟气回流来加热煤粉，提高燃烧强度，减少飞灰和炉渣含碳量，由于高温烟气的回流易使着火提前，易造成预燃室 1 结焦，使预燃室壁温升高，预燃室的壁温是由片状热电阻 5 测量，通过温度显示装置 8 来显示壁温的，为了降低预燃室壁温通过内置周界风喷口 9 来冷却的，混合风箱 4 提供内置周界风，由热二次风和冷二次风为混合风箱提供风源，混合风箱内的风温由二次热风控制挡板 2 和二次冷风控制挡板 3 来调节的。

图 6，图 7 和图 8 为水冷壁高温腐蚀防止系统。首先根据切圆燃烧的旋转方向和水冷壁管 10 发生高温腐蚀的位置，确定通风槽 11 的位置，从二次热风联络风箱 16 上引出热二次风的进入环形风箱 12 然后进入各小风箱 14，环形风箱 12 的风压由环形风箱风压控制挡板 13 来调节和控制，小风箱 14 之间通过联络风箱 15 连接起来。

图 9，图 10，图 11 和图 12 为各层喷口的射流流向示意图，表示了切圆燃烧的假想切圆直径的大小，其中图 9 为 AA、A、AB、B、C、CC、DD、D、DE、E、F、FF1 和 FF2 层喷口射流的假想切圆直径的大小和旋转方向，图 9 表明主燃烧器的旋转方向为逆时针方向旋转；图 10 为 BC 和 EF 层的喷口射流的假想切圆直径的大小和旋转方向，图表明这两层射流为顺时针方向旋转，并且假想切圆直径比主燃烧器的假想切圆直径大；图 11 为 SOFA1 和 SOFA2 层射流的假想切圆直径的大小和旋转方向，图 11 表明 SOFA1 和 SOFA2 层射流的旋转方向为逆时针，假想切圆直径比主燃烧器的假想切圆直径大；图 12 为 SOFA1 和 SOFA2 层射流流向表明，这两层为对冲燃烧，也就是说假想切圆直径为 0。

下面结合附图就实施例 1 中的一些关键点进行说明：在图 1 中几个尺寸 L1，L2，L3 和 L4，需要根据煤质、锅炉结构和试验或经验确定，L1 为预燃室回流燃烧器的预燃室高度，预燃室高度决定了高温烟气的回流量和回流强度，L1 要根据最差煤质确定，在 L1 的选择上尽量高；L3 为紧靠预燃室回流燃烧器的上二次风喷口，这个喷口尺寸首先受 L1 的限制，为了保证预燃室回流燃烧器的有足够的燃烧强度，这层二次风要延迟混入煤粉气流，因此 L3 要尽

量小；L2 为上下两组燃烧器的距离，这个距离根据煤粉燃烧器的个数以及向火侧和背火侧的压差确定，一般原则是煤三层煤粉燃烧器为一组；L4 为上下两组 SOFA 喷口的距离，可根据锅炉的实际结构尺寸和要求的氮氧化物排放浓度确定，推荐为 0-2m；L5 为下组 SOFA 喷口的尺寸，L6 为上组 SOFA 喷口的尺寸，L5 要比 L6 大，以保证下组 SOFA 喷口风速要比上组 SOFA 喷口风速高；防高温腐蚀系统中的引入的热风量要求在锅炉总风量的 3%以内，通风孔的位置和数量要根据易发生高温腐蚀的位置和燃烧器射流的旋转方向确定。

实施例 2

华能集团某电厂#3 锅炉为蒸发量 1025t/h 的亚临界、中间一次再热、控制循环汽包炉，燃烧方式为四角切圆燃烧方式，每角有六层煤粉燃烧器，与辅助风喷口间隔布置，制粉系统为 DTM350/600 型钢球磨机中储式制粉系统，热风送粉，乏气作为三次风送入炉膛，燃用煤种为晋中贫煤。该锅炉 NO_x 的排放浓度较高，排放浓度在 800-950mg/m³，飞灰含碳量在 3-6%。为了达到国家最新的火电厂污染物排放标准，对#3 锅炉进行了低氮燃烧改造，也采用了这种适应于贫煤的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置。

图 2 为本发明应用于实施例 2 中的结构示意图，共有 6 层煤粉燃烧器分别为 A 层，B 层，C 层，D 层，E 层和 F 层；二次风喷口为 8 层分别为 AA 层，AB 层，BC 层，CC 层，DD 层，DE 层，EF 层和 FF1 层；一层三次风喷口 G 层，在三次风喷口周围设置周界风用来冷却喷口和加装稳燃齿用来稳燃；分离燃尽风为 4 层分别为 SOFA1，SOFA2，SOFA3，SOFA4。在 6 层煤粉燃烧器中，A，C，D 和 F 层燃烧器为普通浓淡燃烧器，没有特殊要求，要求浓淡比在 2 以上，浓淡侧速度差在 15%以内；B 层和 E 层燃烧器为预燃室回流燃烧器，预燃室回流燃烧器的结构见图 4 和图 5。预燃室回流燃烧器就是利用预燃室 1 使高温烟气回流来加热煤粉，提高燃烧强度，减少飞灰和炉渣含碳量，由于高温烟气的回流易使着火提前，易造成预燃室 1 结焦，使预燃室壁温升高，预燃室的壁温是由片状热电阻 5 测量，通过温度显示装置 8 来显示壁温的，为了降低预燃室壁温通过内置周界风喷口 9 来冷却的，混合风箱 4 提供内置周界风，由三次风、热二次风和冷二次为混合风箱提供风源，混合风箱内的风温由二次热风控制挡板 2、三次风控制挡板 6 和二次冷风控制挡板 3 来调节，在控制风箱风温上优先选择三次风来控制，这样可以减少三次风喷口 G 层的风量，对减少三次风对锅炉燃烧的扰动是极为有利的。在对其他贫煤低氮燃烧改造不成功的案例的研究发现，其中一个重要因素是三次风处理不当，对氮氧化物的降低和锅炉燃烧产生了较为严重的负面影响，在这个实施例中，除了将部分三次风作为调温风之外，在三次风喷口加了较宽的稳燃齿用来加强三次风的稳燃效果，还有将三次风射流的假想切圆直径放大来进一步加强燃烧见图 13。

图 6, 图 7 和图 8 为水冷壁高温腐蚀防止系统。首先根据切圆燃烧的旋转方向和水冷壁管 10 发生高温腐蚀的位置, 确定通风槽 11 的位置, 从二次热风联络风箱 15 上引出热二次风的进入环形风箱 12 然后进入各小风箱 14, 环形风箱 12 的风压由环形风箱风压控制挡板 13 来调节和控制, 小风箱 14 之间通过联络风箱 15 连接起来。

图 9, 图 10, 图 11, 图 12 和图 13 为各层喷口的射流流向示意图, 表示了切圆燃烧的假想切圆直径的大小, 其中图 9 为 AA、A、AB、B、C、CC、DD、D、DE、E、F、FF1 和 FF2 层喷口射流的假想切圆直径的大小和旋转方向, 图 9 表明主燃烧器的旋转方向为逆时针方向旋转; 图 10 为 BC 和 EF 层的喷口射流的假想切圆直径的大小和旋转方向, 图表明这两层射流为顺时针方向旋转, 并且假想切圆直径比主燃烧器的假想切圆直径大; 图 11 为 SOFA1 和 SOFA2 层射流的假想切圆直径的大小和旋转方向, 图 11 表明 SOFA1 和 SOFA2 层射流的旋转方向为逆时针, 假想切圆直径比主燃烧器的假想切圆直径大; 图 12 为 SOFA1 和 SOFA2 层射流流向表明, 这两层为对冲燃烧, 也就是说假想切圆直径为 0; 图 13 表明三次风射流的旋转方向为逆时针, 与主燃烧区域的旋转方向一致, 但三次风射流的假想切圆直径要比主燃烧区域射流的假想切圆直径要大。

下面结合附图就实施例 2 中的一些关键点进行说明: 在图 1 中几个尺寸 L1, L2, L3 和 L4, 需要根据煤质、锅炉结构和试验或经验确定, L1 为预燃室回流燃烧器的预燃室高度, 预燃室高度决定了高温烟气的回流量和回流强度, L1 要根据最差煤质确定, 在 L1 的选择上尽量高; L3 为紧靠预燃室回流燃烧器的上二次风喷口, 这个喷口尺寸首先受 L1 的限制, 为了保证预燃室回流燃烧器的有足够的燃烧强度, 这层二次风要延迟混入煤粉气流, 因此 L3 要尽量小; L2 为上下两组燃烧器的距离, 这个距离根据煤粉燃烧器的个数以及向火侧和背火侧的压差确定, 一般原则是煤三层煤粉燃烧器为一组; L4 为上下两组 SOFA 喷口的距离, 可根据锅炉的实际结构尺寸和要求的氮氧化物排放浓度确定, 推荐为 0-2m; L5 为下组 SOFA 喷口的尺寸, L6 为上组 SOFA 喷口的尺寸, L5 要比 L6 大, 以保证下组 SOFA 喷口风速要比上组 SOFA 喷口风速高; 防高温腐蚀系统中的引入的热风量要求在锅炉总风量的 3%以内, 通风孔的位置和数量要根据易发生高温腐蚀的位置和燃烧器射流的旋转方向确定; L7 为三次风喷口的稳燃齿的宽度, L7 的推荐值为三次风喷口高度的 $1/3 \sim 1/2$ 。

在这两个有所区别的实施例中, 适应贫煤的防高温腐蚀低氮氧化物直流煤粉燃烧装置都取得较好的应用效果, 在煤质接近设计煤质时, NO_x 的排放浓度能控制在 $350\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下, 锅炉的炉渣和飞灰可燃物没有明显上升, 锅炉效率接近设计值, 同时锅炉稳燃性明显提高。

1. 一种适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，其特征是，它包括以四角切圆燃烧方式布置在贫煤锅炉炉膛四角并与炉膛的水冷壁防高温腐蚀系统配合的且结构相同的主燃烧器组；各主燃烧器组则包括间隔设置的煤粉燃烧器和二次风喷口；主燃烧器组上部则设有对应的分离燃尽风组；每隔 n 层煤粉燃烧器设置一层预燃室回流燃烧器，主燃烧器组的射流旋转方向为逆时针方向，但紧邻预燃室回流燃烧器上部的二次风口射流旋转方向为顺时针方向，并且假想切圆直径比主燃烧器的假想切圆直径大；分离燃尽风组分为上组和下组，下组射流采用大假想切圆方式，上组采用对冲燃烧方式。

2. 如权利要求 1 所述的适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，其特征是，所述主燃烧器组的顶部还设有三次风喷口，喷口采用大钝体，三次风射流的旋转方向为逆时针，假想切圆直径大于主燃烧器射流的逆时针方向的假想切圆直径。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，其特征是，所述预燃室回流燃烧器包括预燃室，它的前端为一次风喷口，后端为混合风箱，混合风箱是预燃室内壁上部的内周界风喷口的风源；对于中储式制粉系统来说，混合风箱的是由二次热风，三次风和自然冷风提供风源的，三次风来自三次风喷口的一部分；对于直吹式制粉系统来说，混合风箱的是由二次热风，冷二次风提供风源的；在预燃室外壁设有壁温测量装置。

4. 如权利要求 3 所述的适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，其特征是，所述壁温测量装置是布置在预燃室外壁上的片状热电阻，由热电阻采集到的温度信号送至控制系统。

5. 如权利要求 3 所述的适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，其特征是，所述预燃室的高度与一次风喷口高温之比大于 3。

6. 如权利要求 1 所述的适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，其特征是，所述分离燃尽风组的上下两组紧凑布置或分开一定距离布置，其中下组分离燃尽风组占总分离燃尽风风量的比例小于 50%，下组喷口面积比上组分离燃尽风喷口大，以保证下组分离燃尽风的风速小于上组燃尽风风速，同时下组燃尽风的假想切圆要比主燃烧器的 1.6 倍，以实现下组分离燃尽风的低风速、大切圆燃烧方式；上组分离燃尽风占总分离燃尽风风量的比例大于 50%，上组喷口面积小于上组分离燃尽风喷口面积，以保证上组分离燃尽风的风速高于下组燃尽风风速，上组燃尽风采用对角线布置，即上组燃尽风的假想切圆直径为 0。

7. 如权利要求 1 所述的适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，其特征是，所述水冷壁防高温腐蚀系统包括环形风箱、小风箱、联络风箱和通风槽，所述环形风箱是将热二次风联络风箱的热二次风送至各小风箱和联络风箱然后再送至水冷壁鳍片上的通风槽，在

水冷壁壁面形成氧化性气氛；所述通风槽为在水冷壁面上开的条形通风口，热二次风联络风箱与环形风箱的连接管道上设有环形风箱风压控制挡板，用来根据水冷壁表面的还原性气氛状况来调节引入的热二次风量。

8. 如权利要求 1 所述的适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，其特征是，所述煤粉燃烧器采用百叶窗式的浓淡煤粉燃烧器，浓淡速度差在 15%以内。

9. 如权利要求 2 所述的适应于贫煤锅炉的低氮氧化物直流煤粉燃烧装置，其特征是，所述三次风喷口的稳燃齿的宽度为三次风喷口高度的 $1/3 \sim 1/2$ 。

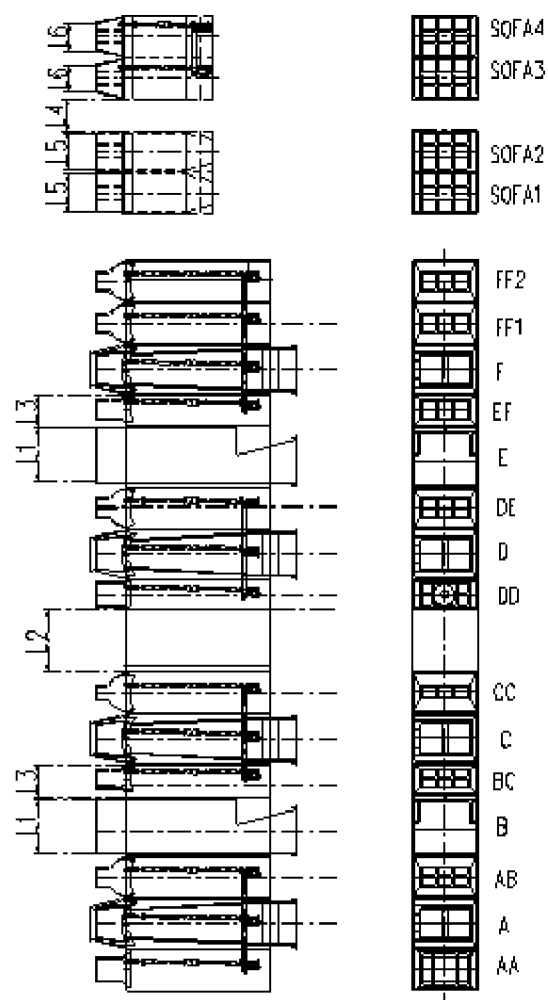


图 1

图 1a

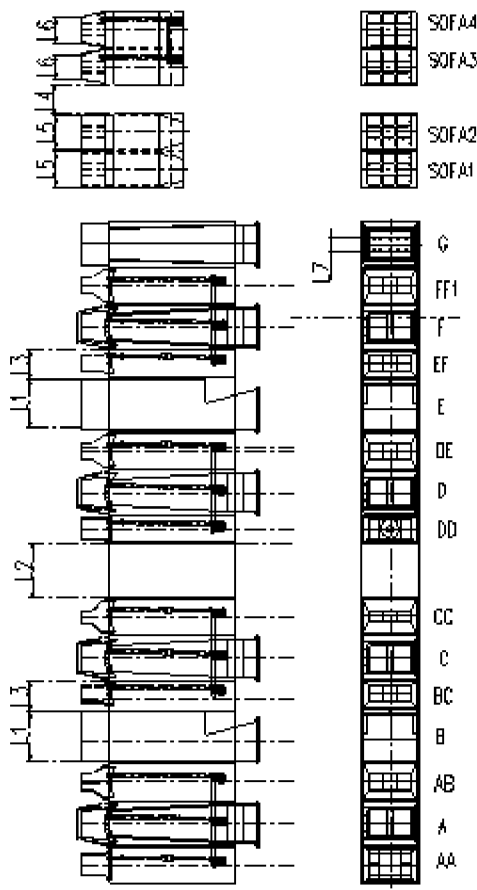


图 2

图 2a

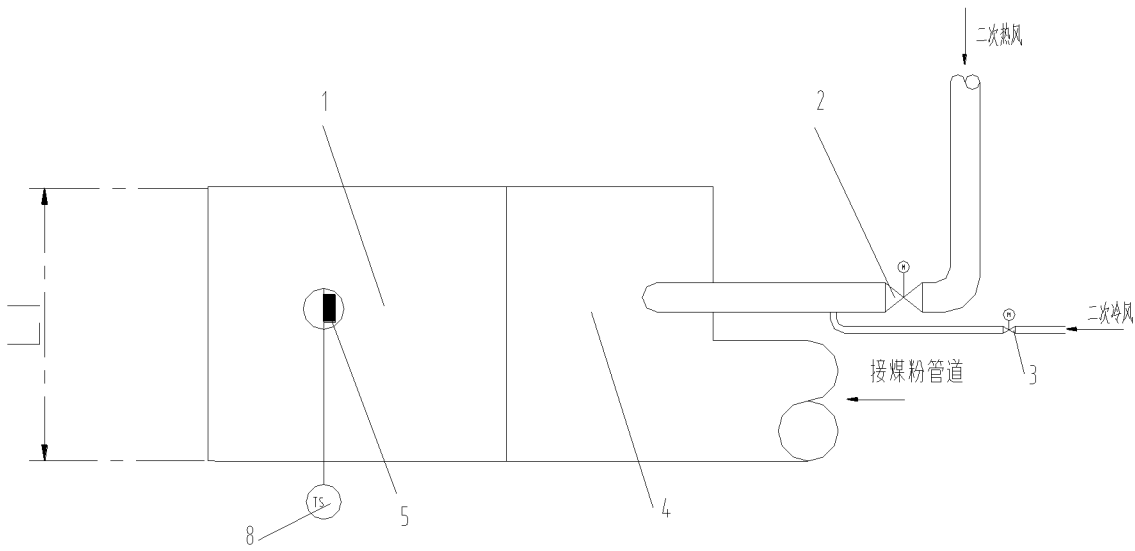


图 3

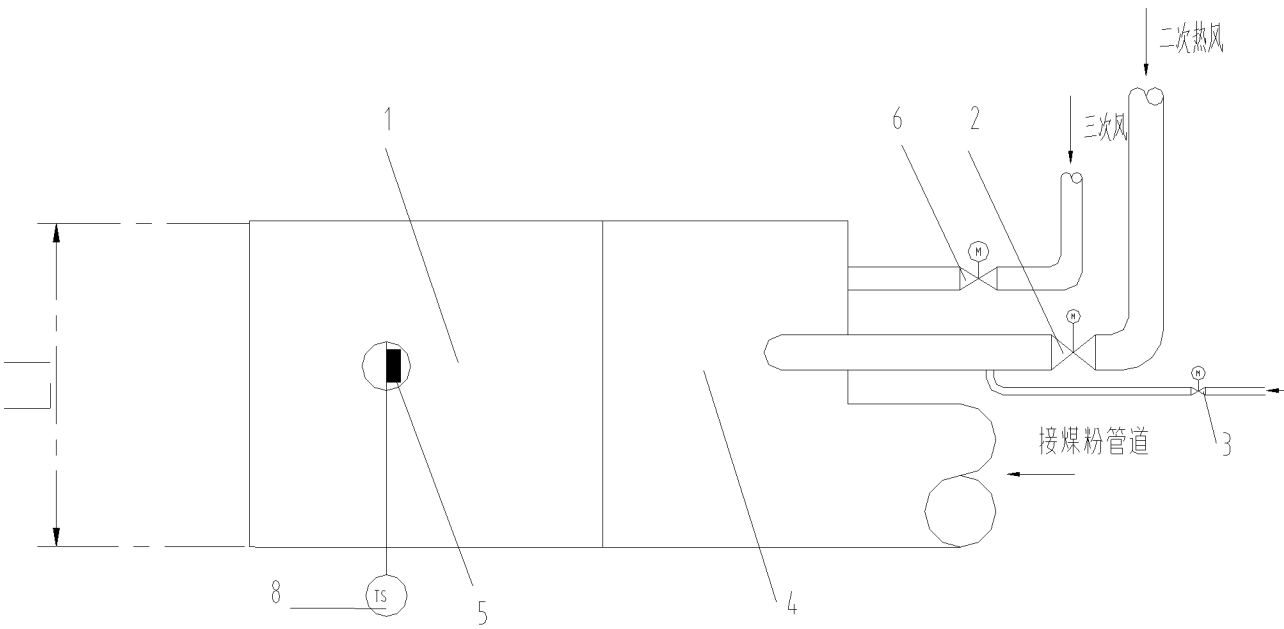


图 4

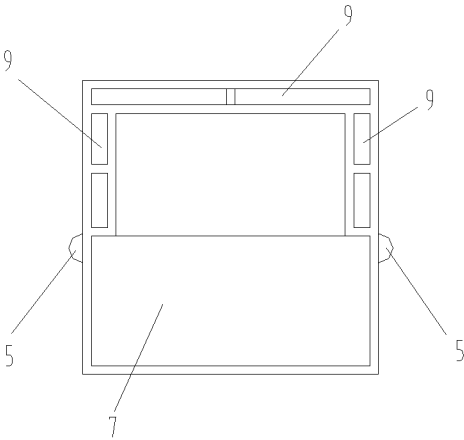


图 5

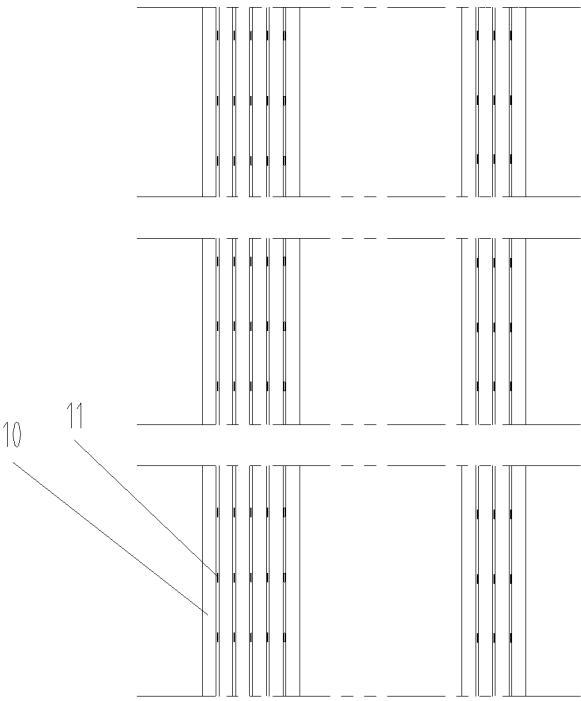


图 6

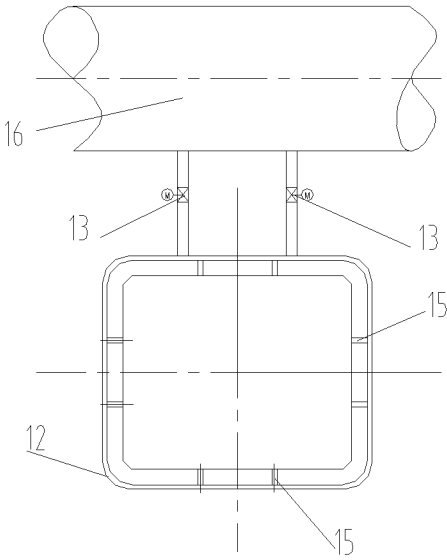


图 7

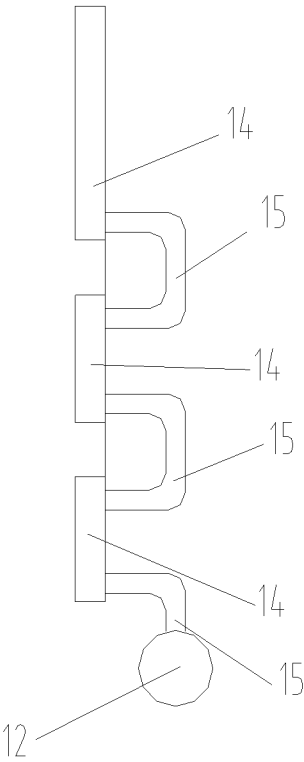


图 8

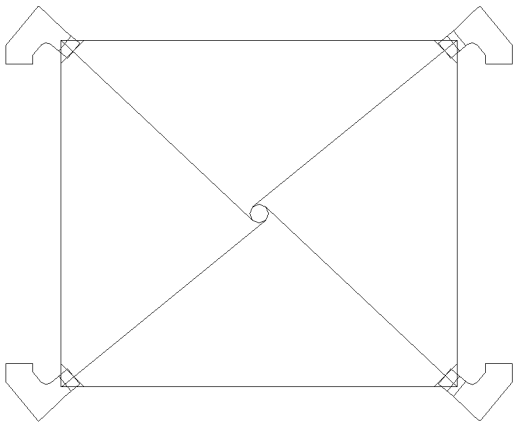


图 9

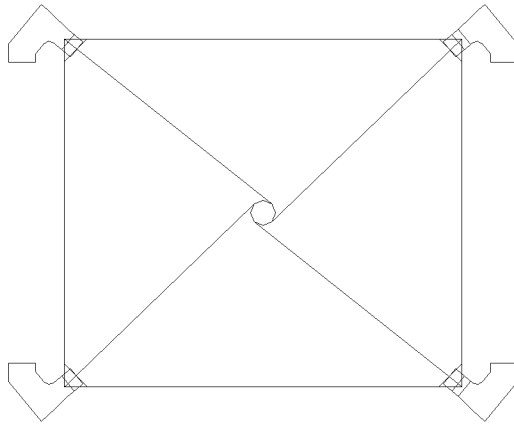


图 10

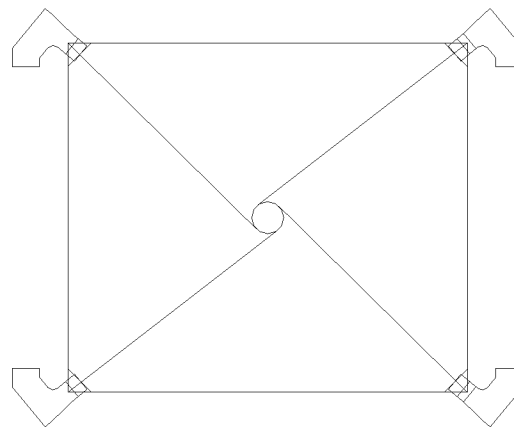


图 11

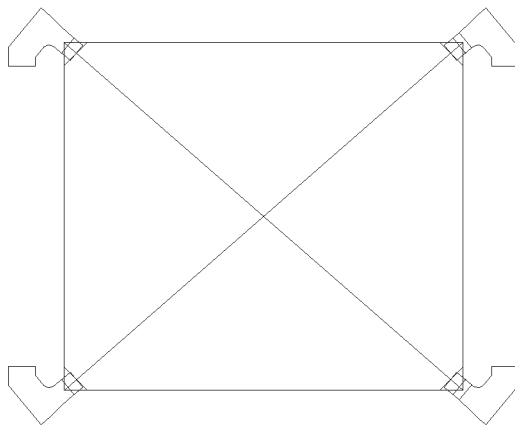


图 12

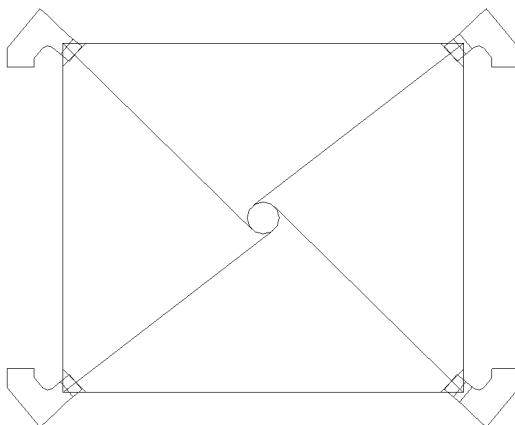


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/079349

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F23C 5/08 (2006.01) i; F23C 7/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: F23C, F23L 9

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: overfired air, back flow, pulverized coal, tangent circle, secondary air, overfired, air, precombustion, return, back, flow, pulverized, coal, burner, tangentially, opposed, secondary

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103267279 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 28 August 2013 (28.08.2013), claims 1-9, description, paragraphs [0060]-[0073], and figures 1-13	1-9
PX	CN 203323116 U (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 04 December 2013 (04.12.2013), description, paragraphs [0060]-[0073], claims 1-9, and figures 1-13	1-9
Y	CN 100491821 C (SHANGHAI JIAOTONG UNIVERSITY), 27 May 2009 (27.05.2009), description, page 3, line 8 to page 5, line 15, and figures 1-2	1-9
Y	CN 102705820 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE OF SHANDONG ELECTRIC POWER CORP.), 03 October 2012 (03.10.2012), description, paragraphs [0040]-[0050], claim 5, and figures 1-3	1-9
Y	CN 101598333 B (SHANGHAI BOILER WORKS CO., LTD.), 26 September 2012 (26.09.2012), description, paragraphs [0029]-[0033], and figures 4-5	1-9
A	WO 0037853 A1 (COMBUSTION ENG), 29 June 2000 (29.06.2000), the whole document	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 25 August 2014 (25.08.2014)	Date of mailing of the international search report 16 September 2014 (16.09.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer CHANG, Mengyuan Telephone No.: (86-10) 62084961

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2014/079349

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103267279 A	28 August 2013	None	
CN 203323116 U	04 December 2013	None	
CN 100491821 C	27 May 2009	CN 101074775 A	21 November 2007
CN 102705820 A	03 October 2012	CN 102705820 B	18 June 2014
CN 101598333 B	26 September 2012	IN MUM201001680 A	06 August 2010
		WO 2011000136 A1	06 January 2011
		CN 101598333 A	09 December 2009
		VN 25919 A	25 April 2011
		ZA 201100735 A	28 March 2012
		TR 201100804 T1	21 June 2011
		INDELNP 201008947 E	27 April 2012
WO 0037853 A1	29 June 2000	AU 2372500 A	12 July 2000
		US 6237513 81	29 May 2001
		N0 20013104 A	21 June 2001
		BR 9916390 A	18 September 2001
		CN 1331788 A	16 January 2002
		EP 1192390 A1	03 April 2002
		EP 1192390 B1	16 February 2005
		KR 20020000758 A	05 January 2002
		JP 2002533644 A	08 October 2002
		DE 69923797 E	24 March 2005
		RO 120785 B1	28 July 2006
		DE 69923797 T2	07 July 2005
		KR 100417940 B1	11 February 2004
		ES 2238103 T3	16 August 2005
		AU 762789 B2	03 July 2003
		PL 348665 A1	03 June 2002
		PL 348665 B1	28 February 2007
		AT 289402 T	15 March 2005
		TW 457351 B	01 October 2001

A. 主题的分类		
F23C 5/08(2006.01)i; F23C 7/02(2006.01)i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
F23C, F23L 9		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
EPDOC, WPI, CNPAT, CNKI: 燃尽风, 预燃, 回流, 煤粉, 燃烧器, 切圆, 对冲, 二次风, overfired, air, precombustion, return, back, flow, pulverized, coal, burner, tangentially, opposed, secondary		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 103267279 A (国家电网公司 等) 2013年 8月 28日 (2013 - 08 - 28) 权利要求1-9, 说明书第[0060]-[0073]段, 附图1-13	1-9
PX	CN 203323116 U (国家电网公司 等) 2013年 12月 04日 (2013 - 12 - 04) 说明书第[0060]-[0073]段, 权利要求1-9, 附图1-13	1-9
Y	CN 100491821 C (上海交通大学) 2009年 5月 27日 (2009 - 05 - 27) 说明书第3页第8行至第5页第15行, 附图1-2	1-9
Y	CN 102705820 A (山东电力集团公司电力科学研究院) 2012年 10月 03日 (2012 - 10 - 03) 说明书第[0040]-[0050]段, 权利要求5, 附图1-3	1-9
Y	CN 101598333 B (上海锅炉厂有限公司) 2012年 9月 26日 (2012 - 09 - 26) 说明书第[0029]-[0033]段, 附图4-5	1-9
A	WO 0037853 A1 (COMBUSTION ENG) 2000年 6月 29日 (2000 - 06 - 29) 全文	1-9
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2014年 8月 25日		2014年 9月 16日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国		常梦媛
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62084961

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/079349

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	103267279	A	2013年 8月 28日	无			
CN	203323116	U	2013年 12月 04日	无			
CN	100491821	C	2009年 5月 27日	CN	101074775	A	2007年 11月 21日
CN	102705820	A	2012年 10月 03日	CN	102705820	B	2014年 6月 18日
CN	101598333	B	2012年 9月 26日	IN	MUM201001680	A	2010年 8月 06日
				WO	2011000136	A1	2011年 1月 06日
				CN	101598333	A	2009年 12月 09日
				VN	25919	A	2011年 4月 25日
				ZA	201100735	A	2012年 3月 28日
				TR	201100804	T1	2011年 6月 21日
					INDELNP2010089 47	E	2012年 4月 27日
WO	0037853	A1	2000年 6月 29日	AU	2372500	A	2000年 7月 12日
				US	6237513	B1	2001年 5月 29日
				NO	20013104	A	2001年 6月 21日
				BR	9916390	A	2001年 9月 18日
				CN	1331788	A	2002年 1月 16日
				EP	1192390	A1	2002年 4月 03日
				EP	1192390	B1	2005年 2月 16日
				KR	20020000758	A	2002年 1月 05日
				JP	2002533644	A	2002年 10月 08日
				DE	69923797	E	2005年 3月 24日
				RO	120785	B1	2006年 7月 28日
				DE	69923797	T2	2005年 7月 07日
				KR	100417940	B1	2004年 2月 11日
				ES	2238103	T3	2005年 8月 16日
				AU	762789	B2	2003年 7月 03日
				PL	348665	A1	2002年 6月 03日
				PL	348665	B1	2007年 2月 28日
				AT	289402	T	2005年 3月 15日
				TW	457351	B	2001年 10月 01日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)