

(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
2012 年 10 月 11 日 (11.10.2012)



WIPO | PCT



(10) 国际公布号
WO 2012/136114 A1

(51) 国际专利分类号:

G01B 15/02 (2006.01) B21B 38/04 (2006.01)
G01B 15/04 (2006.01) B21B 38/02 (2006.01)
G01B 15/08 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2012/073227

(22) 国际申请日: 2012 年 3 月 29 日 (29.03.2012)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

201110084366.8 2011 年 4 月 2 日 (02.04.2011) CN

(71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 清华大学
(TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。

(72) 发明人: 及

(75) 发明人/申请人 (仅对美国): 吴志芳 (WU, Zhifang) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 安继刚 (AN, Jigang) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 张玉爱 (ZHANG, Yuai) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 苗积臣 (MIAO, Jichen) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 李立涛 (LI, Litao)

[CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 邢桂来 (XING, Guilai) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 王立强 (WANG, Liqiang) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 王振涛 (WANG, Zhentao) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 刘锡明 (LIU, Ximing) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 郑健 (ZHENG, Jian) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 黄毅斌 (HUANG, Yibin) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 郭肖静 (GUO, Xiaojing) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。 谈春明 (TAN, Chunming) [CN/CN]; 中国北京市清华大学能科楼 A405, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京中创阳光知识产权代理有限公司 (YIN INT'L IP FIRM); 中国北京市海淀区花园路 13 号道隆商务会馆 301, Beijing 100088 (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU,

[见续页]

(54) Title: THICKNESS AND CONVEXITY DETECTION DEVICE FOR PLATE STRIP

(54) 发明名称: 一种板带材的厚度凸度检测装置

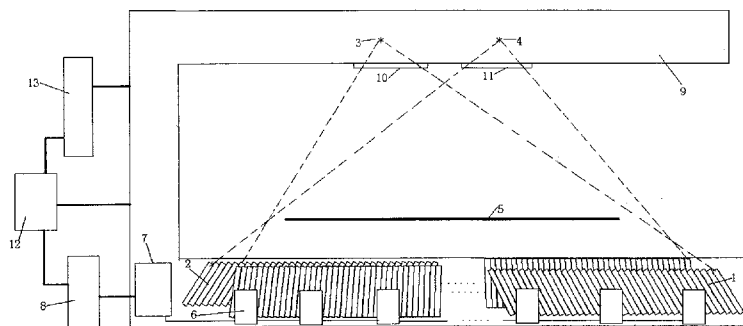


图 1 /Fig.1

(57) Abstract: A thickness and convexity detection device for a plate strip comprises a C-shaped frame (9), two radiating sources (3,4) which are arranged in the upper arm of the C-shaped frame (9) and distributed at intervals in the width direction of the plate strip (5) to be detected, two rows of high-pressure aeration ionization chamber detector arrays (1,2) which are arranged in the lower arm of the C-shaped frame (9) and distributed at intervals in the moving direction of the plate strip (5), collimators (10,11) arranged below the two radiating sources (3,4), through which the ray from each radiating source (3,4) is only exposed to corresponding one row of the detector arrays (1,2), a preamplifier module (6) connected with the detector arrays (1,2), a data collector (7) connected with the preamplifier module (6), a data processing and displaying computer (8) connected with the data collector (7), and a water and gas service system (12) and a control system (13) for ensuring operation of the system and monitoring the system. The detection device is simple in mechanical structure, high in dynamic measurement precision, and has the advantages of low temperature drift, high radiation resistance, high space resolution, high cost performance and the like.

[见续页]



WO 2012/136114 A1



LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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。

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(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, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(57) 摘要:

一种板带材的厚度凸度检测装置, 包括 C 型架 (9), 安装在 C 型架 (9) 上臂内沿待测板带材 (5) 宽度方向间隔布置的两个射线源 (3,4), 安装在 C 型架 (9) 下臂内沿板带材 (5) 运动方向间隔布置的两排高压充气电离室探测器阵列 (1,2), 安装在两个射线源 (3,4) 下方的准直器 (10,11), 所述准直器 (10,11) 使每个射线源 (3,4) 的射线只照射到相应的一排探测器阵列 (1,2), 与所述探测器阵列 (1,2) 相连的前置放大器模块 (6), 与所述前置放大器模块 (6) 相连的数据采集机 (7), 与所述数据采集机 (7) 相连的数据处理及显示计算机 (8), 保证系统运行与监控的水气服务系统 (12)、控制系统 (13)。所述检测装置机械结构简单、动态测量精度高, 并且具有温漂小、耐辐照、空间分辨率高、性价比高等优点。

一种板带材的厚度凸度检测装置

技术领域

本发明属于核技术应用领域，特别涉及一种工业热轧或冷轧生产线上板带材厚度、凸度和板形等的检测装置。

背景技术

凸度仪是板带材生产和控制的关键设备，对于提高板带材的产量和质量有重要作用。由于热轧钢板的轧制温度高（800℃以上），环境中粉尘和水汽等，非接触射线式测量方法具有很大的优势。射线法凸度仪的探测器性能是决定凸度仪测量精度和检测速度的关键因素之一。

现有的凸度仪有采用单排固体探测器的（如美国热电公司的产品资料中所述），虽然有响应速度快、体积小、重量轻的优点，但也存在着一些缺陷：

其一，余晖长、光电二极管不耐辐照、寿命短，对工作环境温度要求高，工作环境需要恒温控制。

其二，由于不同射线源共用一排探测器，需要一个旋转快门让 2 个 X 射线源交替发出 X 射线，机械结构复杂，存在振动干扰。

其三，由于两个 X 射线源的射线由同一排探测器先后测量，导致两个射线源在钢板上的检测位置之间的距离与钢板运行速度有关，而钢板的厚度重建是利用两个射线源的测量数据得到的，因此当钢板运行速度快时测量精度下降。

另外也有采用气体电离室探测器的（如德国 IMS 公司的产品资料中所述），但其使用的电离室体积大，因此分辨率不能满足钢厂的要求，需要 C 型架沿钢板宽度方向来回摆动来提高分辨率。这一方面导致其机械、控制系统复杂；同时由于 C 型架重量大，摆动频率不能过快，一般在 1.5Hz 到 2Hz，这使得当钢板运动时，用于计算同一横断面上的厚度数据取自两个不同的断面（相距数米到数十米），从而使仪表的动态性能下降。且在射线源方面，由于其采用的 X 射线源张角小，不能覆盖钢板的宽度，在钢板的宽度方向上一个投影需要两个射线源，如果加上用于获取另外一个投影的射线源，共需要 4 个射线源，结构复杂。

发明内容

本发明的目的在于为克服现有射线法凸度检测技术的不足之处，提供一种新型的板带材的厚度凸度检测装置，能方便地同时获取板带材横

断面上的两个射线投影，从而进行板带材厚度、凸度、板型的检测，而且只采用两个射线源，采用两排气体电离室探测器阵列及信息处理系统。与采用单排固体探测器的系统相比探测器具有温漂小、耐辐照、稳定性好、性价比高等优点，机械结构简单；同时又比已有的采用电离室的装置分辨率高，动态性能好，减少了射线源的个数，机械结构简单。

本发明提出的一种板带材厚度凸度检测装置，其特征在于，包括 C 型架，安装在 C 型架上臂内沿钢板宽度方向间隔布置的两个射线源，安装在 C 型架下臂内并沿板带材运动方向间隔布置的两排高压充气电离室探测器阵列，安装在两个射线源下方的准直器，该准直器使每个射线源的射线只照射到相应的一排探测器阵列，与所述探测器阵列相连的前置放大器模块，与所述前置放大器模块相连的数据采集机，与所述数据采集机相连的数据处理及显示计算机，保证系统运行与监控的水气服务系统、控制系统。

本发明的特点及有益效果：

本发明采用高压充气电离室作为探测器，与采用“CsI 闪烁体+光电二极管”的固体探测器相比受温度的影响小，温漂小，不需要像固体探测器那样需要恒温控制。同时具有比固体探测器耐辐照、漏电流小、使用寿命长、可靠性高、自准直、成本低等优点。

采用双排气体电离室探测器阵列的布局与采用单排固体探测器阵列的布局相比，一方面省去了两个射线源对单排探测器的分时使用所必需的高速运转的旋转快门，简化了机械结构，增加了系统的可靠性，另外还保证了两排探测器阵列可同时获取数据，从而提高了系统的动态测量精度。与采用四个射线源和四排气体电离室探测器的系统相比，少使用两个射线源，且采用的高压充气电离室探测器比其电离室探测器体积小，不必像目前 IMS 的系统一样需要沿钢板宽度方向蠕动 C 型架，就能满足空间分辨率的要求，大大地简化了机械和控制系统的复杂性，提高了系统的动态检测性能。

附图说明

图 1 为本发明所述板带材的厚度凸度检测装置的正视示意图。

图 2 为本发明所述板带材的厚度凸度检测装置的测厚原理图。

图 3 为本发明所述板带材的厚度凸度检测装置的侧视示意图。

图 4 为本发明所述板带材的厚度凸度检测装置的算法原理图。

具体实施方式

以下结合附图来详细说明本发明的具体内容：

本发明提出的一种板带材的厚度凸度检测装置，如在图 1 所示，包括 C 型架 9，安装在 C 型架上臂内沿钢板宽度方向间隔布置的两个射线源 3、4，安装在凸度仪 C 型架下臂内并沿板带材运动方向间隔布置的两排高压充气电离室探测器阵列 1、2，安装在两个射线源下方的准直器 10、11，该准直器使每个射线源的射线只照射到相应的一排探测器阵列，与上述探测器阵列相连的前置放大器模块 6，与上述前置放大器模块相连的数据采集机 7，与上述数据采集机相连的数据处理及显示计算机 8，分别与计算机 8、凸度仪 C 型架 9 相连，保证系统运行与监控的控制系统 12、水气服务系统 13。

探测器阵列 1、2 在钢板 5 宽度方向上的位置关系如图 2 所示。两个射线源 3、4，可分别在两排探测器阵列 1 和 2 的正上方，也可在两排探测器阵列 1 和 2 中心线的正上方。还包括固定两排探测器阵列的支撑座 14，两排探测器阵列对称分布在支撑座 14 的两侧。由于探测器阵列 1 和探测器阵列 2 的中心距离很短（本实施例中，为 4.6cm，折算到钢板上约为 3.6cm），在此范围内可认为钢板的厚度一致，因此可近似认为两排探测器阵列检测的是钢板的同一个断面。

各组成部件的具体实施方式及功能分别说明如下：

探测器阵列 1、2，分别由数百个小尺寸向心布局的高压充气电离室构成（为本申请人的自主知识产权产品，已申请发明专利“气体电离型中低能 X、γ 射线探测器”。本实施例选用的高压充气电离室的宽×长×高为：10×20×100mm），具有温漂小、耐辐照、空间分辨率高、性价比高等优点。具体个数由被检测钢板 5 的宽度决定，为了保证分辨率，探测器阵列在钢板宽度方向上的尺寸一般小于 20mm；其中探测器阵列 1 对应射线源 3，探测器阵列 1 中的每个电离室的射线窗都朝向射线源 3；探测器阵列 2 对应射线源 4，探测器阵列 2 中的每个电离室的射线窗都朝向射线源 4。射线源 3 和 4 可以采用 X 射线源，也可采用放射性同位素源。本实施例中，采用 COMET 公司 225KV 的 X 射线源。

现结合图 3 说明一下探测器获取厚度信号的原理。X 射线源 15 发出的 X 射线在经过被测物体 18 之后，强度会有所衰减，并遵循下面的公式：

$$I_m = I_0 \cdot e^{-\mu h} \quad (1)$$

式中： I_0 表示穿过被测物体 18 之前的 X 射线强度； I_m 表示穿过被测物体 18 后的 X 射线强度； μ 表示被测物体对 X 射线的线性吸收系数； h 表示被测物体 18 的厚度。

μ 与被测物体 18 的成分和射线的能量有关。由于被测物体 18 的成分复杂，且 X 射线有一个很宽的能谱，因此在实际应用中，不能根据 (1)

式给出 I_m 和 h 的关系, 而需要通过实验测量 I_0 并确定 h 与 I_m 之间的关系曲线, 这一过程也叫校准。探测器 16 将检测到的辐射强度信号 I_m 转换为与之成比例的电流信号, 并通过信号处理器 17 放大处理。由放大的探测器输出信号以及 h 与 I_m 之间的关系曲线, 可以知道被测物体的厚度 h 。前置放大器 6 对探测器阵列 1、2 中的电离室输出的微弱电流信号放大, 本实施例中每 16 个电离室的信号放大电路集成在一个前置放大器模块中。放大器采用增益大、噪声低的电子元器件。

本实施例中数据采集机 7 由常规的电流输入模数转换器、CPLD (复杂可编程逻辑器件) 和单片机器件构成。对两排探测器阵列的几百个经过前置放大器 6 放大的电离室信号进行采集, 并将采集数据快速传输给数据处理显示计算机 8。本实施例中每 10ms 要完成采集、传输所有探测器的数据。

数据处理显示计算机 8, 用来储存校准曲线、散射校正数据、合金补偿和温度补偿系数, 读取数据采集机 7 的传输数据, 重建钢板的横断面厚度, 计算凸度等参数并显示。本实施例的数据处理显示计算机可采用带网卡的常规的工控机。上述所有的校准曲线都存储在数据处理显示计算机 8 中。数据处理显示计算机 8 每 10ms 接收到数据采集机 7 发送的两排探测器阵列数据。然后将探测器的测量值, 经过一定的散射校正后得到 I_m , 再利用 h 与 I_m 之间的关系曲线查表得到钢板厚度 h 。每个探测器可以获得一个厚度, 一排探测器阵列就可以获得钢板横断面的一个厚度投影。由两排探测器阵列数据可得到钢板横断面的两个投影。根据两个投影, 以及几何布置参数, 按照一定的重建算法, 可以计算出板带材横向厚度分布, 根据厚度分布可实时得到凸度数据。

下面结合图 4 介绍一下重建算法的基本原理。19 是射线源 3 对应的探测器阵列 1 中的一个探测器单元, 20 是射线源 4 对应的探测器阵列 2 中的一个探测器单元, 21 是辊道 (钢板轧制生产线上用于输送被轧钢板的设备, 所述测量装置的待测钢板位于其上。) 表面。如图 4 所示, 探测器单元 19、20 和对应的 X 射线源 3、4 各成一定角度 (如 θ_1 、 θ_2 , 这些角度值已知并事先输入计算机), 图中 AB、CD 长度可以分别通过探测器阵列 1 的探测器单元 19 和探测器阵列 2 的探测器单元 20 的测量数据, 并经过散射校正, 反查各自的 h 与 I_m 关系曲线得到厚度 h_1 和 h_2 , 然后根据几何关系得到 AB、CD。

$$AB = h_1 / \sin \theta_1 \quad (2)$$

$$CD = h_2 / \sin \theta_2 \quad (3)$$

则 O 点的厚度 EF 及钢板的倾斜角度 θ_0 可以由 θ_1 、 θ_2 、 h_1 、 h_2 表示出来。

在一个很小的范围内, 可以认为 AC、BD 都是直线, 且相互平行; EF 为 0 点处钢板的厚度, 垂直于 AC 和 BD。通过几何关系, 可以看出:

$$\angle ABD = \theta_1 - \theta_2 \quad (4)$$

$$\angle CDB = \theta_2 + \theta_0 \quad (5)$$

根据三角函数的定义, 有:

$$EF = AB \cdot \sin(\theta_1 - \theta_0) \quad (6)$$

$$EF = CD \cdot \sin(\theta_2 + \theta_0) \quad (7)$$

消去 EF, 并令 $AB/CD = h_1 \sin \theta_2 / (h_2 \sin \theta_1) = n$:

$$\frac{\sin(\theta_2 + \theta_0)}{\sin(\theta_1 - \theta_0)} = n \quad (8)$$

展开三角函数, 并整理可得:

$$\tan \theta_0 = \frac{n \sin \theta_1 - \sin \theta_2}{n \cos \theta_1 + \cos \theta_2} \quad (9)$$

从而得到倾斜角度 θ_0 , 再将其带回 EF 的表达式, 则可以得到厚度 EF。

上述算法中, AB、CD 是算法的辅助线, 所算出的厚度 EF 和角度 θ_0 , 都只与 θ_1 、 θ_2 、 h_1 、 h_2 有关。射线源的靶心可在探测器阵列的正上方, 也可不在, 如图 2 所示。以上算法对这两种情况都是适用的。当射线源 3 的靶心在探测器阵列 1 的正上方, 射线源 4 的靶心在探测器阵列 2 的正上方时, AB、CD 是射线实际穿过的路径。否则, 当探测器阵列不在射线源的正下方时, AB、CD 就只是算法的辅助线。但从提高探测器的探测效率的角度, 射线源的靶心在探测器阵列正上方更好。

C 型架 9 用来放置检测设备, 其宽度由所能检测的钢板宽度决定, 设计高度由射线的覆盖角度等因素决定。本实施例可用一定厚度的不锈钢焊接制成, 上下臂可通过螺栓连接以便于拆装。上臂的下表面和下臂的上部焊有水套, 水套内部通有循环冷却水。

准直器 10 和 11, 用来将 X 射线准直成窄片状扇形束, 本实施例可由铅、钨等金属或其合金制成。

控制系统 12 用来监测系统的运行状态、发送控制命令及协调各个子系统的正常运行。本实施例中由常规的触摸屏和 PLC (可编程控制器) 构成。

水气服务系统 13 给 C 型架 9 水套和射线源 3、4 供给冷却循环水, 同时给下臂通有干燥空气, 以保证探测器正常工作所需要的环境湿度, 可用常规技术制成。

现结合图 1 说明一下测量过程：当被轧制钢板 5 从凸度仪 C 型架 9 所围成的通道通过，且控制系统 12 检测到钢板到达两个 X 射线源照射区域时，则让两个 X 射线源发出射线。X 射线源 3 发出的射线通过安装在其下的准直器 10，被准直成窄片状扇形束从图 1 中所示的视角照射钢板 5，射线透过钢板 5 后再经后准直器（用以去除散射线）射入对准好的探测器阵列 1 中，探测器阵列 1 的信号经前置放大器 6 被放大。同理探测器阵列 2 探测的是射线源 4 经过钢板之后的衰减信号，并经前置放大器 6 放大。数据采集机 7 每隔一定时间采集两排探测器阵列 1 和 2 经前置放大器放大的信号，并将测量数据传递给数据处理显示计算机 8，数据处理显示计算机 8 根据上述测量原理计算出横断面上各点的倾斜角度 θ_0 和厚度 EF，并对厚度值自动进行进一步的修正，如合金补偿、温度补偿等，最后计算给出横断面上每点的真实厚度，而根据公式（9）可进一步得到凸度值：

$$C = e - \frac{1}{2}(e_1 + e_2) \quad (10)$$

式中：e 表示带钢中心的厚度； e_1 、 e_2 表示带钢两端的厚度。

在本实施例中，数据采集机每 10ms 获取一次测量数据，该数据获取时间间隔可以视工厂的要求上下调整。

本发明的突出特点是用两个射线源和两排高压充气探测器阵列实现对钢板的横断面厚度、凸度等参数的测量。

与采用双源和单排固体探测器的系统相比（如瑞美公司的产品），本发明避免了两个射线源对单排探测器的分时使用所必需的高速运转的旋转快门，简化了机械结构，增加了系统的可靠性；另外，由于两排探测器阵列可同时获取数据，此两组数据对应钢板上的距离固定且很短（本实施例中为 3.6cm），避免了单排探测器分时获取数据时两组数据对应钢板上的距离随钢板的运行速度变化而变化（如果钢板的运行速度为 20m/s，每个源每隔 5ms 测一组数据 则此距离为 10cm）从而提高了测量精度；此外相对固体探测器，气体电离室探测器具有温漂小、耐辐照、性价比高等优点。

与采用四个射线源和四排气体电离室探测器的系统相比（如 IMS 公司的产品），少使用两个射线源，且采用具有自主知识产权的高压充气电离室探测器，与其电离室探测器相比体积小（本实施例中宽×长×高为：10×20×100mm），不必像目前 IMS 的系统一样需要沿钢板宽度方向蠕动 C 型架，就能满足空间分辨率的要求，大大地简化了机械和控制系统的复杂性；同时由于 C 型架的蠕动频率不高，一般在每秒 1.5 次左右，这使得需要蠕动 C 型架的测量装置获取一个投影的数据由两部分组成，此两

部分数据对应钢板上的位置可能相距较远(以钢板的运行速度 20m/s 为例,则此距离不低于 13m),这将导致系统的动态性能差,因此本发明与之相比提高了系统的动态性能。

权利要求

1. 一种板带材的厚度凸度检测装置，包括 C 型架，安装在 C 型架上臂内沿待测板带材宽度方向间隔布置的两个射线源，安装在 C 型架下臂内并沿板带材运动方向间隔布置的两排高压充气电离室探测器阵列，安装在两个射线源下方的准直器，该准直器使每个射线源的射线只照射到相应的一排探测器阵列，与所述探测器阵列相连的前置放大器模块，与所述前置放大器模块相连的数据采集机，与所述数据采集机相连的数据处理及显示计算机，保证系统运行与监控的水气服务系统、控制系统，其特征在于，所述两排探测器阵列每排对应一个射线源，且两排探测器阵列对称地固定在支撑座两侧，每排探测器阵列由数百个以对应射线源靶心为圆心向心布置的高压充气电离室单元组成，所述探测器阵列成一字形排列，每个高压充气电离室单元的尺寸能满足板带材空间分辨率的要求；所述高压充气电离室单元在待测板带材宽度方向上的尺寸小于 20mm；所述两个射线源发出的射线分别通过安装在其下方的所述准直器准直成窄片状扇形束照射到所述待测板带材上，透过所述待测板带材后再经用以去除散射线的后准直器射入相应的所述探测器阵列中，所述探测器阵列产生的信号经与其相连的所述前置放大器模块放大，所述数据采集机每隔一定时间采集所述两排探测器阵列经所述前置放大器模块放大的信号，并将测量数据传递给所述数据处理及显示计算机，所述数据处理及显示计算机计算出所述待测板带材横断面上各点的倾斜角度和厚度，最后计算出该横断面上每点的真实厚度，并根据以下公式得到所述待测板带材的凸度值 C：

$$C = e - \frac{1}{2}(e_1 + e_2)$$

式中：e 表示所述待测板带材中心的厚度， e_1 、 e_2 表示所述待测板带材两端的厚度。

2. 根据权利要求 1 所述的检测装置，其特征在于，所用射线源是 X 射线源、同位素射线源中的任一种，每个射线源的张角能覆盖整个板带材的宽度。

3. 根据权利要求 1 所述的检测装置，其特征在于，所述待测板带材是工业热轧或冷轧生产线上的板带材。

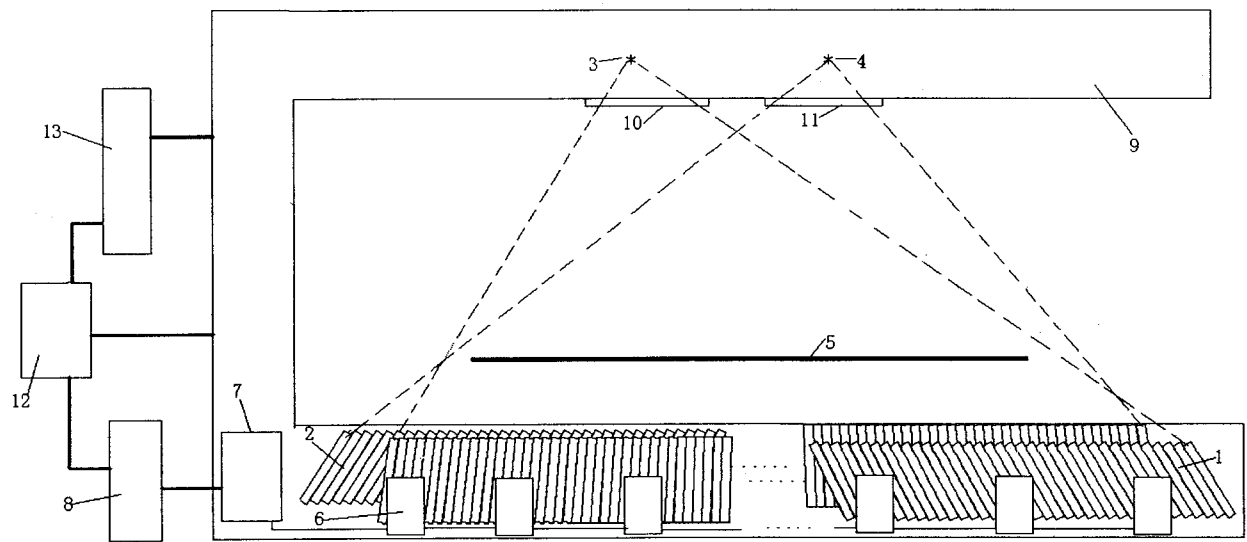


图 1

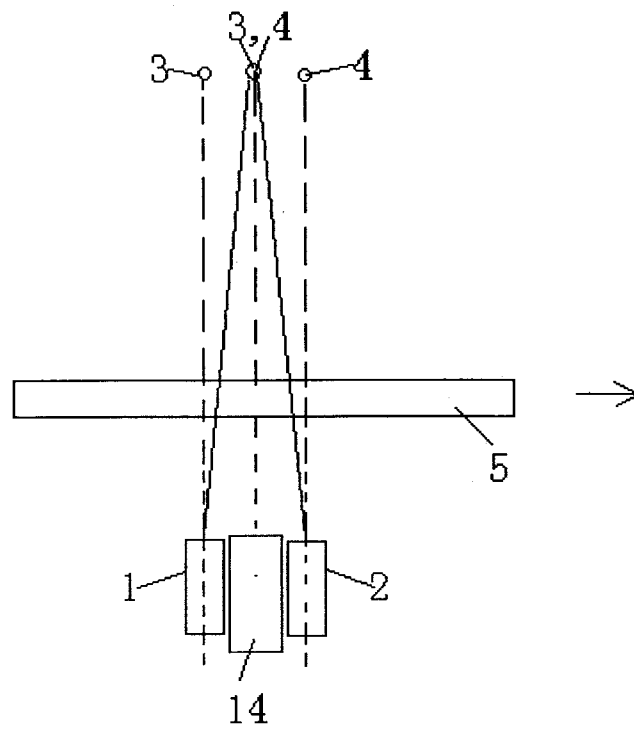


图 2

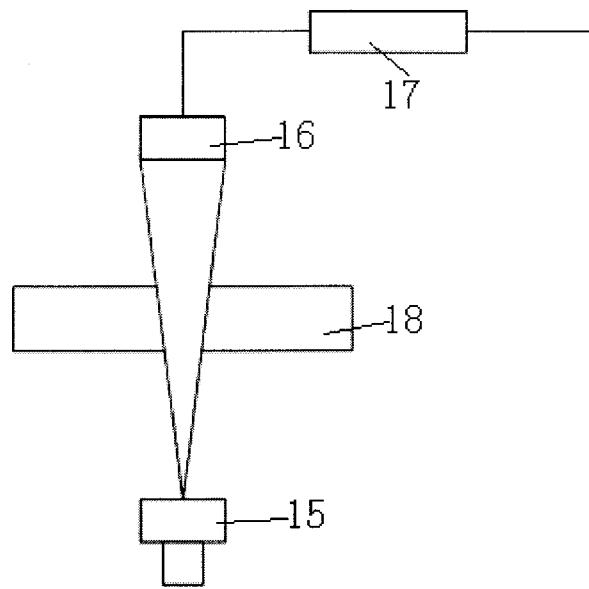


图 3

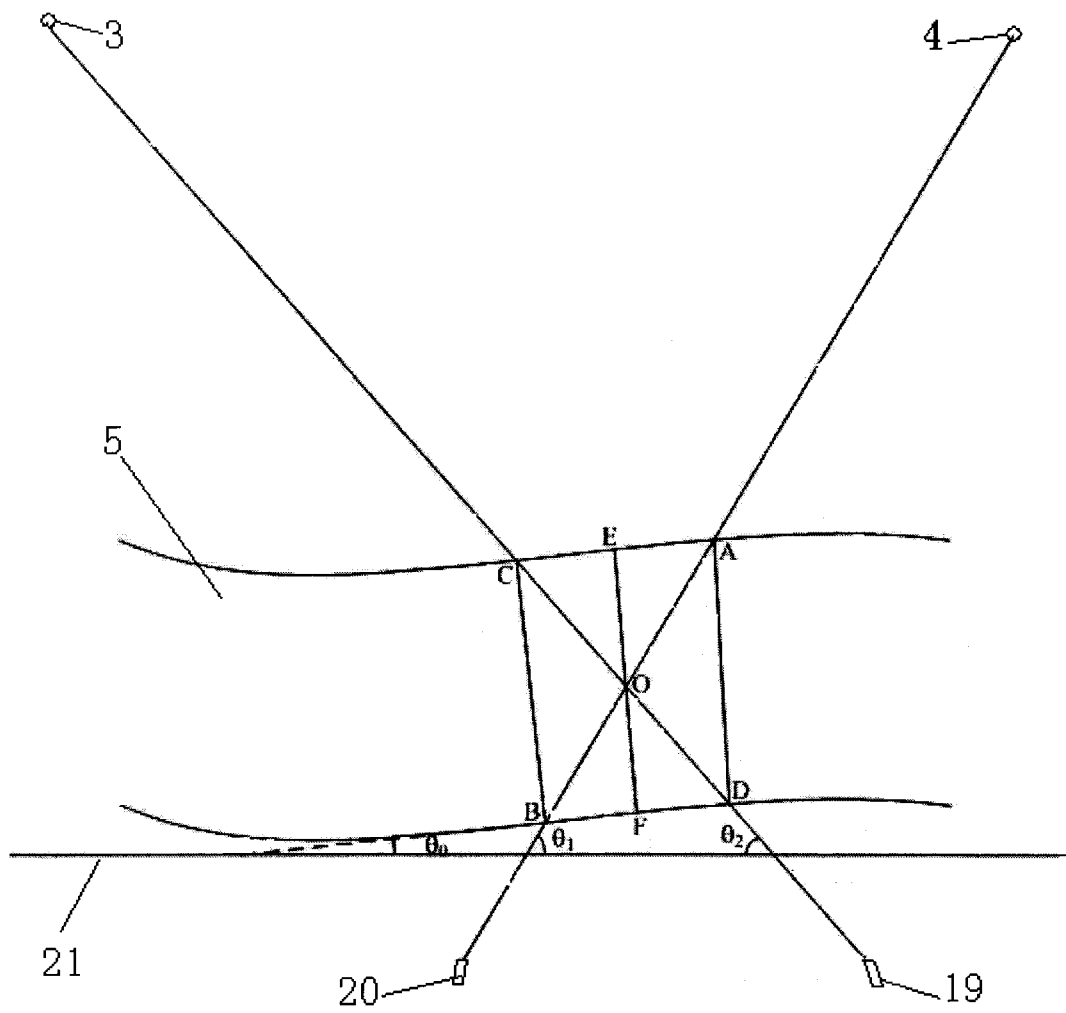


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/073227

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

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: G01B 15, B21B 38

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)
CNABS, VEN, CNTXT, TWXT, CJFD: steel plate, ionization chamber, hot rolling, cold rolling, plate, strip, steel, thickness, convexity, profile, ray, radiation, isotope, ionization, rolling

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	CN 102200434 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 28 September 2011 (28.09.2011), claims 1-4, description, paragraphs [0017]-[0054], and figures 1-4	1-3
P, X	CN 202092619 U (TSINGHUA UNIVERSITY), 28 December 2011 (28.12.2011), claims 1-3, description, paragraphs [0017]-[0054], and figures 1-4	1-3
A	WANG, Kai et al. Research on Numbers of Radiation Sources in Strip Crown Measurement, March 2009, vol. 29, no. 2, pages 474-476	1-3
A	CN 1936498 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 28 March 2007 (28.03.2007), the whole document	1-3
A	CN 1962102 A (SUZHOU INSTITUTE FOR NONFERROUS METALS PROCESSING TECHNOLOGY), 16 May 2007 (16.05.2007), the whole document	1-3
A	CN 1958184 A (SUZHOU INSTITUTE FOR NONFERROUS METALS PROCESSING TECHNOLOGY), 09 May 2007 (09.05.2007), the whole document	1-3
A	CN 2928283 Y (BEIJING BEIKE COPPERATION INSTRUMENT FACTORY), 01 August 2007 (01.08.2007), the whole document	1-3

☒ 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 June 2012 (25.06.2012)	Date of mailing of the international search report 19 July 2012 (19.07.2012)
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 HU, Yuelan Telephone No.: (86-10) 62085736

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/073227

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 201455009 U (BEIJING ARITIME INTELLIGENT CONTROL CO., LTD.), 12 May 2010 (12.05.2010), the whole document	1-3
A	GB 2138561 A (SCHLUMBERGER ELECTRONICS UK), 24 October 1984 (24.10.1984), the whole document	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2012/073227

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102200434 A	28.09.2011	None	
CN 202092619 U	28.12.2011	None	
CN 1936498 A	28.03.2007	CN 100427882 C	22.10.2008
CN 1962102 A	16.05.2007	CN 100425361 C	15.10.2008
CN 1958184 A	09.05.2007	CN 100425362 C	15.10.2008
CN 2928283 Y	01.08.2007	None	
CN 201455009 U	12.05.2010	None	
GB 2138561 A	24.10.1984	GB 2138561 B	18.03.1987
		EP 0127279 A	05.12.1984
		EP 0127279 B	11.11.1987
		AT 30774 T	15.11.1987
		DE 3467403 G	17.12.1987

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/073227

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:

G01B 15/02 (2006.01) i

G01B 15/04 (2006.01) i

G01B 15/08 (2006.01) i

B21B 38/04 (2006.01) i

B21B 38/02 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2012/073227

A. 主题的分类

参见附加页

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)

IPC: G01B15, B21B38

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))

CNABS, VEN, CNTXT, TWTXT, CJFD, 板带材, 钢板, 厚度, 凸度, 射线, 同位素, 电离室, 热轧, 冷轧,
plate, strip, steel, thickness, convexity, profile, ray, radiation, isotope, ionization, rolling

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
P, X	CN102200434A (清华大学) 28.9 月 2011 (28.09.2011) 权利要求 1-4, 说明书第【0017】段至第【0054】段, 附图 1-4	1-3
P, X	CN202092619U (清华大学) 28.12 月 2011 (28.12.2011) 权利要求 1-3, 说明书第【0017】段至第【0054】段, 附图 1-4	1-3
A	王凯等 板带材凸度检测中的射线源数目研究 核电子学与探测技术 2009 年 3 月 第 29 卷第 2 期 第 474-476 页	1-3
A	CN1936498A (清华大学) 28.3 月 2007 (28.03.2007) 全文	1-3
A	CN1962102A (苏州有色金属加工研究院) 16.5 月 2007 (16.05.2007) 全文	1-3
A	CN1958184A (苏州有色金属加工研究院) 09.5 月 2007 (09.05.2007) 全文	1-3
A	CN2928283Y (北京北科合作仪器厂) 01.8 月 2007 (01.08.2007) 全文	1-3

☒ 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

25.6 月 2012 (25.06.2012)

国际检索报告邮寄日期

19.7 月 2012 (19.07.2012)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

授权官员

胡跃澜

电话号码: (86-10) 62085736

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2012/073227

C(续). 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
A	CN201455009U (北京金自天正智能控制股份有限公司) 12.5 月 2010 (12.05.2010) 全文	1-3
A	GB2138561A (SCHLUMBERGER ELECTRONICS UK) 24.10 月 1984 (24.10.1984) 全文	1-3

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2012/073227

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102200434A	28.09.2011	无	
CN202092619U	28.12.2011	无	
CN1936498A	28.03.2007	CN100427882C	22.10.2008
CN1962102A	16.05.2007	CN100425361C	15.10.2008
CN1958184A	09.05.2007	CN100425362C	15.10.2008
CN2928283Y	01.08.2007	无	
CN201455009U	12.05.2010	无	
GB2138561A	24.10.1984	GB2138561B	18.03.1987
		EP0127279A	05.12.1984
		EP0127279B	11.11.1987
		AT30774T	15.11.1987
		DE3467403G	17.12.1987

主题的分类:

G01B15/02 (2006.01) i

G01B15/04 (2006.01) i

G01B15/08 (2006.01) i

B21B38/04 (2006.01) i

B21B38/02 (2006.01) i