

(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
2020 年 3 月 19 日 (19.03.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/052049 A1

- (51) 国际专利分类号:
B23K 9/16 (2006.01) *B23K 9/04* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/115249
- (22) 国际申请日: 2018 年 11 月 13 日 (13.11.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811075326.5 2018年9月14日 (14.09.2018) CN
- (71) 申请人: 大连理工大学(DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。
- (72) 发明人: 刘黎明(LIU, Liming); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。
宋刚(SONG, Gang); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。 张兆栋

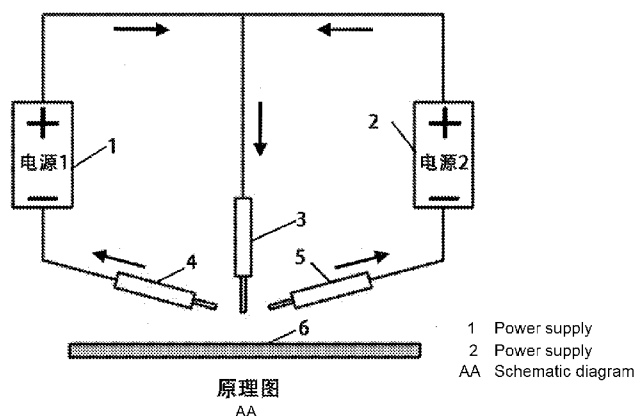
(ZHANG, Zhaodong); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。 胡成辉(HU, Chenghui); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。

(74) 代理人: 大连东方专利代理有限责任公司(DALIAN EAST PATENT AGENT LTD.); 中国辽宁省大连市西岗区黄河路263号608室, Liaoning 116011 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

(54) Title: GAS SHIELDED TRIPLE-WIRE INDIRECT ELECTRIC-ARC WELDING METHOD, DEVICE, AND APPLICATION THEREOF

(54) 发明名称: 一种三丝气体保护间接电弧焊方法、装置及其应用



(57) Abstract: A gas shielded triple-wire indirect electric-arc welding method, a device, and application thereof. Before welding, one of three welding wires is first connected to anodes of a first electric-arc power supply (1) and a second electric-arc power supply (2), the other two welding wires are respectively connected to cathodes of the first electric-arc power supply (1) and the second electric-arc power supply (2), and a welding workpiece is not connected to the electric-arc power supplies; the welding wire connected to the anodes of the two electric-arc power supplies is arranged in the middle, and the other two welding wires are respectively arranged on both sides; the device consists of the three welding wires and the two electric-arc power supplies; the welding method is used for implementing build-up welding.

(57) 摘要: 一种三丝气体保护间接电弧焊方法、装置及其应用, 焊接前, 先将三根焊丝中的一根焊丝连接至第一电弧电源(1)和第二电弧电源(2)的正极, 其余两根焊丝分别连接第一电弧电源(1)和第二电弧电源(2)的负极, 焊接工件不与电弧电源连接, 将连接两个电弧电源正极的焊丝排布在中间, 其余的两根焊丝分别排布在两边; 装置由三根焊丝以及两个电弧电源组成; 焊接方法用来实施堆焊。

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, ST, 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)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种三丝气体保护间接电弧焊方法、装置及其应用

技术领域

5 本发明属于材料加工技术领域，涉及一种间接电弧焊方法，具体而言，尤其涉及一种三丝气体保护间接电弧焊方法、装置及其应用。

背景技术

10 目前，熔化极气体保护焊已在各行各业中广泛应用，但仍难以满足现代制造业飞速发展的需求。

 近年来，一些高效的熔化极气体保护焊陆续被提出和推广应用。在这些方法中，提高焊接效率的关键是提高焊丝熔覆效率，也就是增加焊接电流。但由于电源、工件以及焊丝三者之间形成一个回路，流经焊丝和工件的电流势必相等。因此，通过增大焊接电流来增加焊丝熔覆率势必会增加
15 工件的热输入，而过大的热输入会导致焊接接头性能下降、焊接变形增加等一系列问题。

 由此，间接电弧焊方法被提出，其与传统电弧焊的区别在于工件不接触电源，电弧只产生于电极之间。目前研究的间接电弧主要为**双丝间接电弧**^[1-3]，然而现有的双丝间接电弧焊存在明显的局限性，如图 1 所示，双
20 丝间接电弧焊特别是其电源连接方式和焊丝分布方式，使得双丝间接电弧焊在电流增大到一定值时，在电磁作用下会发生电弧分散现象，无法保证焊接过程的稳定性，且熔敷效率和焊接效率都受限制。因此存在对母材热输入不足、焊接参数选择狭窄等缺点。

 针对双丝间接电弧的不足，发明专利（申请号为 201510145041.4）提出了一种三丝气体保护间接电弧焊接的方法，如图 2、图 3 所示，为三丝
25 间接电弧焊原理及四种焊丝排布方式（如图 3 中，a 为三根焊丝分布在一个平面上；b 为边丝分别在中间焊丝的两侧；c 为边丝同时在中间焊丝的一侧；d 为中间焊丝与水平线倾斜一定角度等等，图中 z 为主丝即中间焊

丝，b 为边丝。）通过采用不同的电源模式组合和焊丝排布方式，其有效提升焊丝熔化效率以及扩大了间接电弧焊接参数的可调范围。但是该技术方案仍有些许不足，结构中两边丝关于主丝中心对称使得主丝与边丝之间的磁场关于主丝中心对称，致使两间接电弧相互独立并且在尾部发生偏移，这样造成电弧作用于母材的面积增大，电弧能量密度降低，电弧的穿透力下降，导致对工件的热输入仍显不足。除此之外，三根焊丝分布空间较大，造成焊炬体积过大，不利于该技术的推广应用。

基于上述间接电弧焊存在的缺陷及其产生的原因，有必要提供一种的三丝气体保护间接电弧焊的方法及装置用以解决上述问题。

10 参考文献：

[1].曹梅青，邹增大，王春茂，等． 焊接电流对双丝间接电弧焊电弧特性的影响 [J]． 焊接学报，2005，26(12):47—50.

[2].曹梅青，邹增大，曲仕尧． 双丝间接电弧氩气保护焊的熔滴过渡与电弧形态 [J]． 焊接学报，2012，33(6):47—50.

15 [3].张顺善，邹勇，邹增大． 磁场对双丝间接电弧焊熔滴过渡的影响[J]. 焊接学报，2011,32(6)：69-72.

发明内容

根据上述提出现有的三丝间接电弧焊方法存在的电弧分别向两侧偏转的技术问题，而提供一种的三丝气体保护间接电弧焊接方法、装置及其应用。本发明主要通过采用镜像对称式焊丝排布方式和特定的焊丝连接方式（即主丝接电源正极、边丝接电源负极），在对间接电弧之间的磁场空间分布优化的同时增强了焊丝之间的磁场强度，从而解决了焊接过程中的两间接电弧尾部偏转的问题，提高了电弧能量密度以及电弧挺度，可以实现工件的焊接热输入的有效设计和调控，进而提升该技术的应用范围。本发明采用的技术手段如下：

一种三丝气体保护间接电弧焊方法，所述方法通过三根焊丝以及两个电弧电源实施焊接过程；其特征在于，具体包括：

焊接前，先将三根所述焊丝中的一根焊丝连接至两个所述电弧电源的**正极**，其余的两根焊丝分别连接至两个所述电弧电源的**负极**，焊接工件不与所述电弧电源连接；随后将上述**连接**两个电弧电源**正极的焊丝排布在中间**，称该焊丝为**主丝**；其余的两根焊丝分别**排布在所述主丝的两边**，称这两根焊丝为**边丝**；

两所述边丝分别与所述主丝构成 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的夹角，两所述边丝与所述主丝的延长线分别相交且两交点在同一水平线上；所述边丝与所述主丝在**垂直于焊接方向的平面内的正投影满足如下条件**：所述**边丝与所述主丝**的夹角为 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 且两所述边丝关于所述主丝**镜像对称**；

焊接时，令所述两个电弧电源同时输出，使得所述主丝以及所述边丝之间的交点上产生耦合的、且电弧形态集中的间接电弧（由于采用了所述焊丝排布方式，磁场分布得到优化，两间接电弧形态变的集中），当采用所述焊丝极性，两间接电弧向所述主丝同时偏转并耦合为电流密度**增大的**、穿透能力增强的单个电弧；采用该耦合间接电弧对母材进行加工，根据预设的焊接工艺，使焊丝金属和部分母材金属熔化，冷却凝固后即可形成焊接接头，实现高熔敷率且具有较大熔深的焊接过程。

进一步地，焊接总电流（是指焊接过程中总的焊接电流，由于耦合前后总焊接电流是没有变化的，所以耦合后焊接总电流等同于焊接总电流）范围保持在 $250\text{A} \sim 600\text{A}$ ，所述主丝的送丝速度控制在 $3.5\text{m/min} \sim 15\text{m/min}$ ，焊接速度控制在 $0.3\text{m/min} \sim 2\text{m/min}$ ；**三根所述焊丝组成的焊炬可垂直向下排布或者与水平线成一定的倾斜角排布**，其倾角范围为 $20^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 。

进一步地，两个所述电弧电源选用两个直流电源、两个脉冲电源、一个直流电源和一个脉冲电源的组合中的一种。

进一步地，所述焊接方法进行焊接过程中所采用的保护气体可以为 CO_2 、Ar 中的一种或 CO_2 和 Ar 的混合气，保护气流均为 $0.1 \sim 50 \text{ L/min}$ 。

本发明公开了一种实现上述的三丝气体保护间接电弧焊方法的装置，其特征在于，所述装置由三根焊丝以及两个电弧电源组成；

其中，三根所述焊丝中的一根焊丝连接至两个所述电弧电源的**正极**上，且使得该焊丝排布在三根焊丝中间位置处，称该焊丝为主丝；

其余的两根焊丝连接至两个所述电弧电源的**负极**上，且分别排布在所述主丝的两边，称这两根焊丝为边丝；

两所述边丝分别与所述主丝构成 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的夹角，所述边丝与所述主丝在垂直于焊接方向的平面内的正投影满足如下条件：所述边丝与所述主丝的夹角为 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 且两所述边丝关于所述主丝**镜像对称**；

焊接工件不与所述电弧电源连接；两所述边丝与所述主丝的延长线分别相交且两交点在同一水平线上；

焊接时，令所述两个电弧电源同时输出，使得所述主丝以及所述边丝之间的交点上产生耦合间接电弧的、且电弧形态集中的间接电弧，两间接电弧向所述主丝同时偏转并耦合为电流密度**增大**的、穿透能力增强的单个电弧；采用该耦合间接电弧对母材进行加工，根据预设的焊接工艺，使焊丝金属和部分母材金属熔化，冷却凝固后即可形成焊接接头，实现高熔敷率且具有较大熔深的焊接过程。

进一步地，**三根所述焊丝组成的整体焊炬**可垂直向下排布或者与水平线成一定的倾斜角排布，其倾角范围为 $20^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 。

进一步地，两个所述电弧电源选用两个直流电源、两个脉冲电源、一个直流电源和一个脉冲电源的组合中的一种。

进一步地，所述焊接方法进行焊接过程中所采用的保护气体可以为 CO_2 、Ar 中的一种或 CO_2 和 Ar 的混合气，保护气流均为 $0.1 \sim 50 \text{ L/min}$ 。

本发明还公开了一种基于三丝气体保护间接电弧的堆焊方法，其特征在于，包括采用上述的方法，并在实施堆焊过程中，分别以平行于焊丝所在竖直面和以垂直于焊丝所在竖直面为堆焊方向，以三根所述焊丝为填充金属，利用所述耦合间接电弧的弧柱热量和熔滴过渡所携带的热量，实现填充金属与焊接工件的焊接。

本发明还公开了一种基于三丝气体保护间接电弧的高效焊接工艺，其特征在于：包括采用上述的方法，并在实施焊接过程中，以平行于焊丝所在竖直面为焊接方向，采用镜像对称式焊丝排布方式，以实现坡口角度小于 20° 条件下获得大于或等于 10mm 单道焊接熔深。

较现有技术相比，本发明具有以下优点：

1) 本发明提供的三丝气体保护间接电弧焊工件不接电源, 电弧只在焊丝端部形成间接电弧, 工件热输入增大、焊丝熔敷系数高、节约电能。

2) 本发明通过采用镜像对称式焊丝排布方式, 实现了间接电弧之间的磁场空间分布优化, 增强了焊丝之间的磁场强度, 在使两间接电弧形态集中的同时解决了焊接过程中的两间接电弧尾部分别向两侧偏转的问题。

3) 本发明通过采用特定的焊丝连接方式(即主丝接电源正极、边丝接电源负极), 使两间接电弧直接耦合为单个电弧, 提高了电弧能量密度以及电弧挺度, 电弧的穿透能力增大。

除此之外, 本发明方法可以有效压缩三根焊丝分布空间, 减少复合焊炬体积, 有利于该技术的推广应用。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做以简单地介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图是本发明的一些实施例, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动性的前提下, 还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为现有技术中双丝间接电弧焊原理示意图。

图 2 为现有技术中三丝间接电弧焊原理示意图。

图 3 为现有技术中三丝间接电弧焊焊丝排布方式示意图。

图 4 为本发明三丝间接电弧焊原理示意图。

图 5 为本发明三丝间接电弧焊焊丝分布方式示意图, (I) 为视线垂直于焊接方向的示意图, (II) 为视线平行于焊接方向的示意图。

图 6 为本发明堆焊效果与现有技术中三丝间接电弧堆焊效果对比图。

图 7 为本发明中三丝气体保护间接电弧焊实施例示意图。

图中: 1、第一电弧电源; 2、第二电弧电源; 3、主丝; 4、第一边丝; 5、第二边丝; 6、待焊母材; 7、陶瓷衬垫。

具体实施方式

需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的，决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范

围。需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

除非另外具体说明，否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、数字表达式和数值不限制本发明的范围。同时，应当清楚，为了便于描述，附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论，但在适当情况下，所述技术、方法和设备应当被视为授权说明书的一部分。在这里示出和讨论的所有示例中，任何具体值应被解释为仅仅是示例性的，而不是作为限制。因此，示例性实施例的其它示例可以具有不同的值。应注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步讨论。

在本发明的描述中，需要理解的是，方位词如“前、后、上、下、左、右”、“横向、竖向、垂直、水平”和“顶、底”等所指示的方位或位置关系通常是基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，在未作相反说明的情况下，这些方位词并不指示和暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位或者以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对

本发明保护范围的限制：方位词“内、外”是指相对于各部件本身的轮廓的内外。

5 为了便于描述，在这里可以使用空间相对术语，如“在……之上”、“在……上方”、“在……上表面”、“上面的”等，用来描述如在图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系。应当理解的是，空间相对术语旨在包含除了器件在图中所描述的方位之外的在使用或操作中的不同方位。例如，如果附图中的器件被倒置，则描述为“在其他器件或构造上方”或“在其他器件或构造之上”的器件之后将被定位为“在其他器件或构造下方”或“在其位器件或构造之下”。因而，示例性术语“在……上方”
10 可以包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。该器件也可以其他不同方式定位（旋转 90 度或处于其他方位），并且对这里所使用的空间相对描述作出相应解释。

此外，需要说明的是，使用“第一”、“第二”等词语来限定零部件，仅仅是为了便于对相应零部件进行区别，如没有另行声明，上述词语并没有
15 特殊含义，因此不能理解为对本发明保护范围的限制。

本发明公开了一种三丝气体保护间接电弧焊方法，通过采用镜像对称式焊丝排布方式和主丝接电源正极、边丝接电源负极的焊丝连接方式，提高了作用于间接电弧的磁场强度，有效解决了三丝气体保护间接电弧焊接方法中的两间接电弧尾部偏移的问题，同时在保持焊接电流不变的条件下，通过调
20 节主丝送丝速度提高了间接电弧弧压，使得间接电弧能量密度和焊接热输入均大幅提高，电弧穿透能力增强，间接电弧的稳定性也得到有效提升。除此之外，三根焊丝的分布空间大幅减小，焊枪枪头大幅减小，提高了该技术的实用性能。

如图 4 所示，所述方法通过三根焊丝以及两个电弧电源实施焊接过程；
25 具体包括：

焊接前，先将三根所述焊丝中的一根焊丝连接至两个所述电弧电源（即第一电弧电源 1 和第二电弧电源 2 的**正极**，其余的两根焊丝分别连接第一电弧电源 1 和第二电弧电源 2 的**负极**，焊接工件不与所述电弧电源连接；两个所述电弧电源选用两个直流电源、两个脉冲电源、一个直流电源和一个脉冲

电源的组合中的一种。

随后将上述**连接**两个电弧电源**正极的焊丝排布在中间**，称该焊丝为**主丝 3**；其余的两根焊丝分别**排布在所述主丝的两边**，称这两根焊丝为**边丝**，即第一边丝 4 和第二边丝 5；

5 **在空间范围内**，第一边丝 4 与主丝 3 之间以及第二边丝 5 与主丝 3 之间构成 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的夹角，两所述边丝与所述主丝 3 的延长线分别相交且两交点在同一水平线上；如图 5 所示，所述边丝与所述主丝 3 **在垂直于焊接方向的平面内的正投影满足如下条件**：所述第一**边丝 4 与所述主丝 3** 以及第二边丝 5 与所述主丝 3 之间的夹角为 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 且两所述边丝关于所述主丝 3 **镜像**
10 **对称**；

焊接时，令所述两个电弧电源同时输出，使得所述主丝 3 以及所述边丝之间的交点上产生耦合间接电弧，两间接电弧会向所述主丝 3 同时偏转并耦合为电流密度**增大**的、穿透能力增强的单个电弧；采用该耦合间接电弧对待焊母材 6 进行加工，在保持焊接电流不变的条件下，根据预设的焊接工艺，
15 通过调节所述主丝 3 的送丝速度控制电弧能量，使焊丝金属和部分待焊母材 6 金属熔化，冷却凝固后即可形成焊接接头，实现高熔敷率且具有较大熔深的焊接过程。

焊接总电流范围保持在 $250\text{A} \sim 600\text{A}$ ，所述主丝 3 的送丝速度控制在 $3.5\text{m/min} \sim 15\text{m/min}$ ，焊接速度控制在 $0.3\text{m/min} \sim 2\text{m/min}$ ；**三根所述焊丝组**
20 **成的焊炬**可垂直向下排布或者与水平线成一定的倾斜角排布，其倾角范围为 $20^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 。所述焊接方法进行焊接过程中所采用的保护气体可以为 CO_2 、Ar 中的一种或 CO_2 和 Ar 的混合气，保护气流均为 $0.1 \sim 50 \text{ L/min}$ 。

本发明公开了一种实现上述的三丝气体保护间接电弧焊方法的装置，所述装置由三根焊丝以及两个电弧电源组成；

25 其中，三根所述焊丝中的一根焊丝连接至两个所述电弧电源的**正极**上，且使得该焊丝排布在三根焊丝中间位置处，称该焊丝为主丝 3；

其余的两根焊丝连接至两个所述电弧电源的**负极**上，且分别排布在所述主丝的两边，称这两根焊丝为**边丝**；

两所述边丝分别与所述主丝 3 构成 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的夹角，所述边丝与所述

主丝 3 在垂直于焊接方向的平面内的正投影满足如下条件：所述边丝与所述主丝 3 的夹角为 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 且两所述边丝关于所述主丝 3 镜像对称；

焊接工件不与所述电弧电源连接；两所述边丝与所述主丝 3 的延长线分别相交且两交点在同一水平线上；

- 5 焊接时，令所述两个电弧电源同时输出，使得所述主丝 3 以及所述边丝之间的交点上产生耦合间接电弧，两间接电弧会向所述主丝同时偏转并耦合为电流密度增大的、穿透能力增强的单个电弧；采用该耦合间接电弧对待焊母材 6 进行加工，在保持焊接电流不变的条件下，根据预设的焊接工艺，通过调节所述主丝 3 的送丝速度控制电弧能量，待焊母材 6 厚度方向金属熔化，
10 冷却凝固后即可形成焊接接头，实现高熔敷率且具有较大熔深的焊接过程。

 本发明还公开了一种基于三丝气体保护间接电弧的堆焊方法，包括采用上述的方法，并在实施堆焊过程中，分别以平行于焊丝所在竖直面和以垂直于焊丝所在竖直面为堆焊方向，以三根所述焊丝为填充金属，利用所述耦合间接电弧的弧柱热量和熔滴过渡所携带的热量，实现填充金属与焊接工件的
15 焊接。

 如图 7 所示，本发明还公开了一种基于三丝气体保护间接电弧的高效焊接工艺，包括采用上述的方法，并在实施焊接过程中，以平行于焊丝所在竖直面为焊接方向，采用镜像对称式焊丝排布方式，以实现坡口角度小于 20° 条件下获得大于或等于 10mm 单道焊接熔深。可以看到本发明采用的坡口角
20 度更小，可降至 10° 以下，满足薄板高速及中厚板的单道完成焊接。

 本发明具体工作原理为：

 本发明通过采用镜像对称式的焊丝排布方式和特定的焊丝连接方式以及对主丝 3 送丝速度的控制实现了间接电弧焊中的电弧形态集中及电弧能量可控。采用镜像对称式焊丝排布方式和特定的焊丝连接方式（主丝接电源正
25 极、边丝接电源负极），间接电弧之间的磁场空间分布得到优化，焊丝之间的磁场强度得到提高；同时，主丝 3 和两个边丝之间分别形成的间接电弧会同时向主丝偏转，两间接电弧直接耦合为一个电流密度较大的单电弧。因此，所获得的间接电弧形态集中，电弧的能量密度增加，挺度增大，穿透能力增强。除此之外，在保持焊接电流不变的条件下，通过调节主丝 3 送丝速

度使得间接电弧弧压受控，达到控制间接电弧能量大小的目的。本发明利用耦合的单电弧在提升间接电弧穿透能力的同时使电弧能量大小可控，满足平板堆焊以及薄板、中厚板单道成形等高效焊接需求。

实施例 1：三丝气体保护间接电弧平行式堆焊。

5 采用图 5 中所示焊丝分布方式，主丝 3 与水平方向的夹角为 45° ，第一边丝 4 和第二边丝 5 分别与主丝 3 夹角为 30° ，两边丝分布于主丝 3 的两侧并且关于主丝镜像对称，并且两边丝分别与主丝 3 接触，两接触点在同一水平线上。其中，三根钢焊丝型号为 ER50-6，主丝 3 直径为 1.6mm，两边丝直径均为 1.2mm，电源采用一个直流电源作为第一电弧电源 1 和一个脉冲直流
10 电源作为第二电弧电源 2，对应的保护气体为 80%CO₂ 和 20%Ar 混合气；在 Q235 钢板为母材进行了平面堆焊，堆焊方向与焊丝所在竖直面平行（平行式堆焊），板材尺寸为 200mm×100mm×6mm，焊枪高度为 5mm，焊接总电流为 320A，焊接速度为 600 mm/min，结果得到了表明光滑均匀一致，和母材结合良好，没有缺陷的焊接接头。

15 如图 6 所示，为三丝间接电弧焊改进前后不同焊接电流下的堆焊形貌对比，从图中可以看到采用上述焊丝排布方式及特定的焊丝连接方式（主丝接电源正极、边丝接电源负极），母材的熔深及熔化量都有较大提升，从而论证了本三丝气体保护间接电弧堆焊具有实现高熔敷率且较大熔深的优点。

实施例 2：三丝气体保护间接电弧垂直式堆焊。

20 采用图 5 中所示焊丝分布方式，主丝 3 与水平方向的夹角为 45° ，两个边丝与主丝 3 夹角为 30° ，两边丝分布于主丝 3 的两侧并且关于主丝镜像对称，并且两边丝分别与主丝 3 接触，两接触点在同一水平线上。其中，三根钢焊丝型号为 ER50-6，主丝 3 直径为 1.6mm，两边丝直径均为 1.2mm，电源采用一个直流电源和一个脉冲直流电源，对应的保护气体为 80%CO₂ 和
25 20%Ar 混合气；在 Q235 钢板为母材进行了平面堆焊，堆焊方向与焊丝所在竖直面垂直（垂直式堆焊），板材尺寸为 200mm×100mm×6mm，焊枪高度为 5mm，焊接总电流为 360A，焊接速度为 650mm/min，结果得到了表明光滑均匀一致，和母材结合良好，没有缺陷、熔宽较宽的焊接接头；从而论证了本三丝气体保护间接电弧堆焊具有熔敷效率高、堆焊效率高的优点。

实施例 3：单道成形气体保护三丝间接电弧焊。

如图 7，其采用的焊丝分布见图 5 所示，主丝 3 和边丝夹角为 30 度，采用主丝直径 1.6mm，两边丝直径 1.2mm 的焊丝，焊丝型号为 ER50-6，焊接母材为 Q235 低碳钢，板材尺寸为 300mm×150mm×10mm，坡口角度为 20°，无钝边，背面使用陶瓷衬垫 7，对接间隙为 2mm，采用的总焊接电流为 320A，焊接速度为 735 mm/min，得到了单道成形很好的焊接接头。由于其坡口角度较小，焊丝熔敷率较高，焊接速度较快，因此具有高效的特点。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求 书

1、一种三丝气体保护间接电弧焊方法，所述方法通过三根焊丝以及两个电弧电源实施焊接过程；其特征在于，具体包括：

5 焊接前，先将三根所述焊丝中的一根焊丝连接至两个所述电弧电源的**正极**，其余的两根焊丝分别连接至两个所述电弧电源的**负极**，焊接工件不与所述电弧电源连接；随后将上述**连接**两个电弧电源**正极的焊丝排布在中间**，称该焊丝为**主丝**；其余的两根焊丝分别**排布在所述主丝的两边**，称这两根焊丝为**边丝**；

10 两所述边丝分别与所述主丝构成 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的夹角，两所述边丝与所述主丝的延长线分别相交且两交点在同一水平线上；所述边丝与所述主丝**在垂直于焊接方向的平面内的正投影满足如下条件**：所述**边丝与**所述**主丝**的夹角为 $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 且两所述边丝关于所述主丝**镜像对称**；

15 焊接时，令所述两个电弧电源同时输出，使得所述主丝以及所述边丝之间的交点上产生耦合的、且电弧形态集中的间接电弧，两间接电弧向所述主丝同时偏转并耦合为电流密度**增大的**、穿透能力增强的单个电弧；采用该耦合间接电弧对母材进行加工，根据预设的焊接工艺，使焊丝金属和部分母材金属熔化，冷却凝固后即可形成焊接接头，实现高熔敷率且具有较大熔深的焊接过程。

20 2、根据权利要求 1 所述的三丝气体保护间接电弧焊方法，其特征在于，焊接总电流范围保持在 $250\text{A} \sim 600\text{A}$ ，所述主丝的送丝速度控制在 $3.5\text{m/min} \sim 15\text{m/min}$ ，焊接速度控制在 $0.3\text{m/min} \sim 2\text{m/min}$ ；**三根所述焊丝组成的焊炬可垂直向下排布或者与水平线成一定的倾斜角排布**，其倾角范围为 $20^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 。

25 3、根据权利要求 1 所述的三丝气体保护间接电弧焊方法，其特征在于，两个所述电弧电源选用两个直流电源、两个脉冲电源、一个直流电源和一个脉冲电源的组合中的一种。

4、根据权利要求 1 所述的三丝气体保护间接电弧焊方法，其特征在于，所述焊接方法进行焊接过程中所采用的保护气体可以为 CO_2 、Ar 中的一种或 CO_2 和 Ar 的混合气，保护气流均为 $0.1 \sim 50 \text{ L/min}$ 。

5 5、一种实现如权利要求 1-4 任意一项权利要求所述的三丝气体保护间接电弧焊方法的装置，其特征在于，

所述装置由三根焊丝以及两个电弧电源组成；

其中，三根所述焊丝中的一根焊丝连接至两个所述电弧电源的**正极**上，且使得该焊丝排布在三根焊丝中间位置处，称该焊丝为主丝；

10 其余的两根焊丝连接至两个所述电弧电源的**负极**上，且分别排布在所述主丝的两边，称这两根焊丝为边丝；

两所述边丝分别与所述主丝构成 $20^\circ \sim 60^\circ$ 的夹角，所述边丝与所述主丝在垂直于焊接方向的平面内的正投影满足如下条件：所述边丝与所述主丝的夹角为 $0^\circ \sim 5^\circ$ 且两所述边丝关于所述主丝**镜像对称**；

15 焊接工件不与所述电弧电源连接；两所述边丝与所述主丝的延长线分别相交且两交点在同一水平线上；

焊接时，令所述两个电弧电源同时输出，使得所述主丝以及所述边丝之间的交点上产生耦合的、且电弧形态集中的间接电弧，两间接电弧向所述主丝同时偏转并耦合为电流密度**增大**的、穿透能力增强的单个电弧；采用该耦合间接电弧对母材进行加工，根据预设的焊接工艺，使焊丝金属和部分母材金属熔化，冷却凝固后即可形成焊接接头，实现高熔敷率且具有较大熔深的焊接过程。

20

6、根据权利要求 5 所述的装置，其特征在于，**三根所述焊丝组成的整体焊炬**可垂直向下排布或者与水平线成一定的倾斜角排布，其倾角范围为 $20^\circ \sim 120^\circ$ 。

25

7、根据权利要求 5 所述的装置，其特征在于，两个所述电弧电源选用

两个直流电源、两个脉冲电源、一个直流电源和一个脉冲电源的组合中的一种。

8、根据权利要求 5 所述的装置，其特征在于，所述焊接方法进行焊接过程中所采用的保护气体可以为 CO₂、Ar 中的一种或 CO₂ 和 Ar 的混合气，保护气流均为 0.1~50 L/min。

9、一种基于三丝气体保护间接电弧的堆焊方法，其特征在于，包括如权利要求 1-4 任意一项所述的方法，并在实施堆焊过程中，分别以平行于焊丝所在竖直面和以垂直于焊丝所在竖直面为堆焊方向，以三根所述焊丝为填充金属，利用所述耦合间接电弧的弧柱热量和熔滴过渡所携带的热量，实现填充金属与焊接工件的焊接。

10、一种基于三丝气体保护间接电弧的高效焊接工艺，其特征在于：包括如权利要求 1-4 任意一项所述的方法，并在实施焊接过程中，以平行于焊丝所在竖直面为焊接方向，采用镜像对称式焊丝排布方式，以实现坡口角度小于 20° 条件下获得大于或等于 10mm 单道焊接熔深。

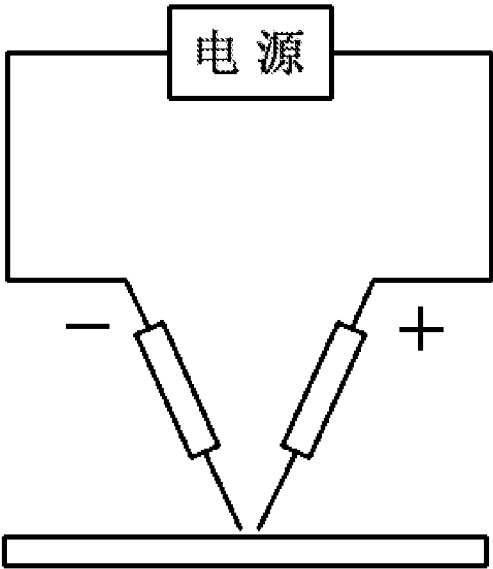
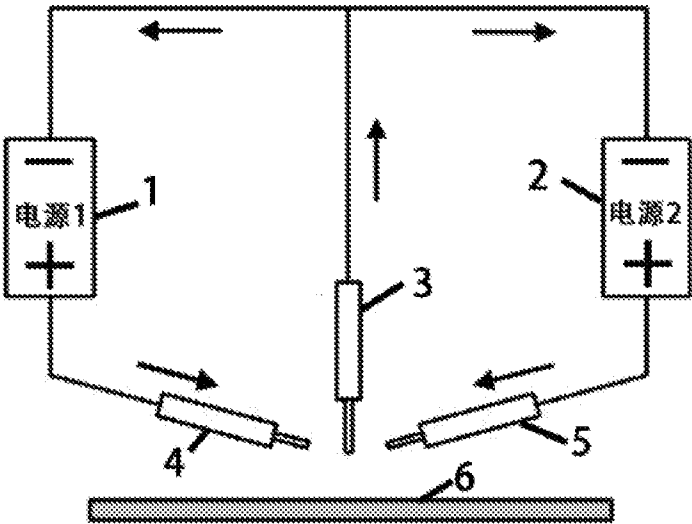
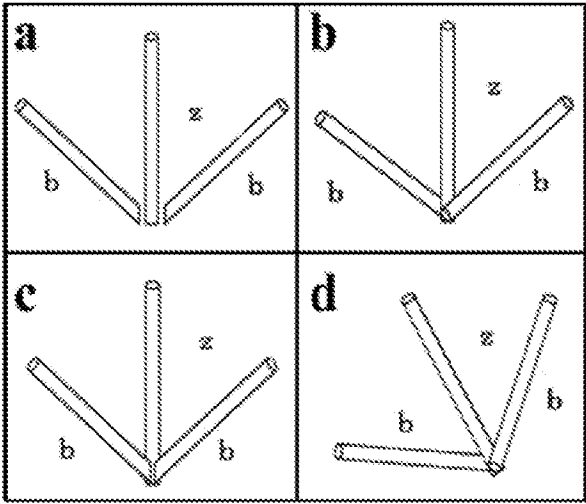


图 1



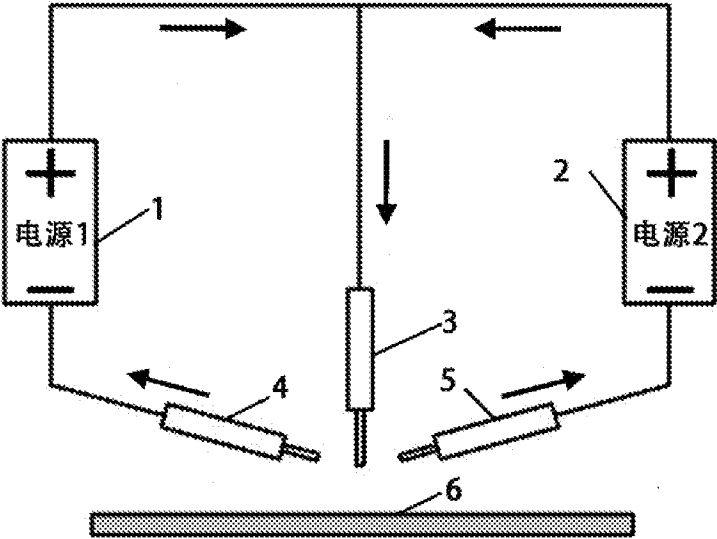
原理图

图 2



焊丝排布方式

图 3



原理图

图 4

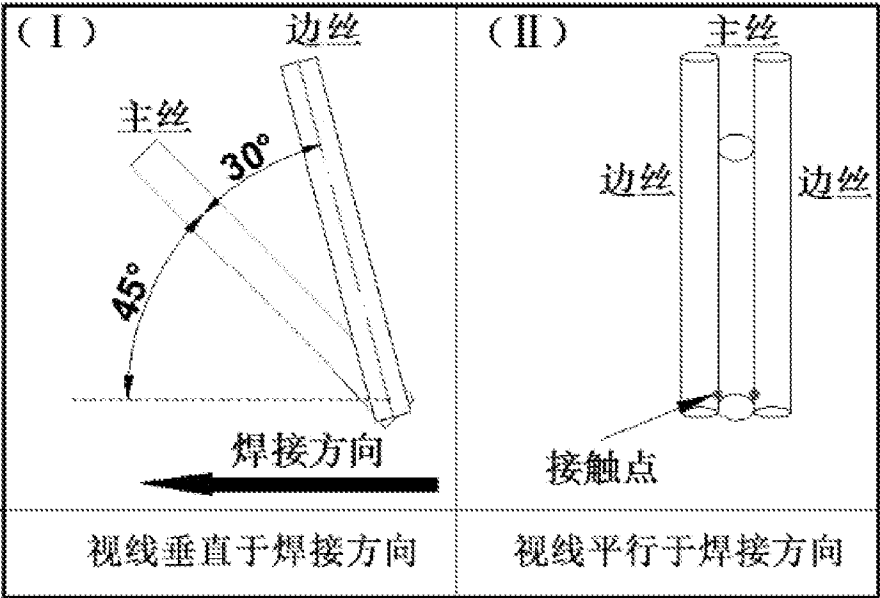


图 5

电流	280A	320A	360A	400A
改进前				
改进后				

图 6

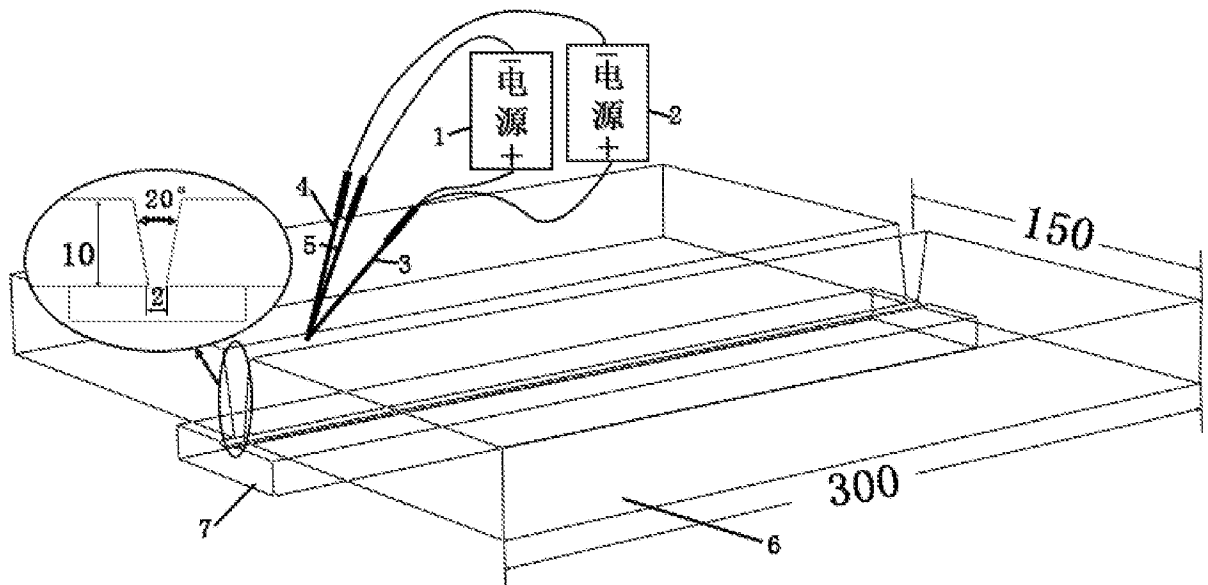


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/115249

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 9/16(2006.01)i; B23K 9/04(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)

B23K

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; CNTXT; SIPOABS; DWPI; CNKI; JPABS; JPTXT; USTXT; WOTXT; EPTXT: 张裕明, 韩日宏, 樊丁, 石珩, 朱明, 大连理工, 黄健康, 兰州理工, 旁路, 三丝, 耦合, 弧焊, 电源, three wires, arc, weld+, power?, three thread?, multi+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 104772552 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 15 July 2015 (2015-07-15) description, paragraphs [0004]-[0049] and figures 1-4	1-10
Y	黄健康 等 (HUANG, Jiankang et al.). "双旁路耦合电弧MIG焊熔滴过渡受力分析 (Force Analysis of Metal Transfer in Dual Bypass MIG Welding)" <i>机械工程学报 (Journal of Mechanical Engineering)</i> , Vol. 48, No. 8, 20 April 2012 (2012-04-20), ISSN: 0577-6686, pp. 44-48	1-10
A	CN 105562897 A (LANZHOU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 11 May 2016 (2016-05-11) entire document	1-10
A	US 5140140 A (POLLACK, A. J.) 18 August 1992 (1992-08-18) entire document	1-10
A	CN 101045267 A (SHANGHAI GUANDAER STEEL STRUCTURE CO., LTD.) 03 October 2007 (2007-10-03) entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 February 2019

Date of mailing of the international search report

25 March 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

**National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/
CN)**
**No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China**

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/115249

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	104772552	A	15 July 2015	CN	104772552	B	27 June 2017
CN	105562897	A	11 May 2016	CN	105562897	B	03 October 2017
US	5140140	A	18 August 1992	None			
CN	101045267	A	03 October 2007	CN	100463756	C	25 February 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/115249

A. 主题的分类

B23K 9/16(2006.01)i; B23K 9/04(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)

B23K

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;CNTXT;SIPOABS;DWPI;CNKI;JPABS;JPTXT;USTXT;WOTXT;EPTXT:张裕明, 韩日宏, 樊丁, 石玕, 朱明, 大连理工, 黄健康, 兰州理工, 旁路, 三丝, 耦合, 弧焊, 电源, three wires, arc, weld+, power?, three thread?, multi+

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
Y	CN 104772552 A (大连理工大学) 2015年 7月 15日 (2015 - 07 - 15) 说明书第[0004]-[0049]段及附图1-4	1-10
Y	黄健康 等. “双旁路耦合电弧MIG焊熔滴过渡受力分析” 机械工程学报, 第48卷, 第8期, 2012年 4月 20日 (2012 - 04 - 20), ISSN: 0577-6686, 第44-48页	1-10
A	CN 105562897 A (兰州理工大学) 2016年 5月 11日 (2016 - 05 - 11) 全文	1-10
A	US 5140140 A (POLLACK ALEX J) 1992年 8月 18日 (1992 - 08 - 18) 全文	1-10
A	CN 101045267 A (上海冠达尔钢结构有限公司) 2007年 10月 3日 (2007 - 10 - 03) 全文	1-10

☐ 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

2019年 2月 13日

国际检索报告邮寄日期

2019年 3月 25日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

张耀东

电话号码 86-(512)-88995439

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/115249

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	104772552	A	2015年 7月 15日	CN	104772552	B	2017年 6月 27日
CN	105562897	A	2016年 5月 11日	CN	105562897	B	2017年 10月 3日
US	5140140	A	1992年 8月 18日	无			
CN	101045267	A	2007年 10月 3日	CN	100463756	C	2009年 2月 25日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)