

(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 9 月 10 日 (10.09.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/177589 A1

- (51) 国际专利分类号:
B61D 17/04 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/076740
- (22) 国际申请日: 2020 年 2 月 26 日 (26.02.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910169987.2 2019年3月7日 (07.03.2019) CN
- (71) 申请人: 中车株洲电力机车有限公司
(**CRRC ZHUZHOU LOCOMOTIVE CO., LTD.**) [CN/
CN]; 中国湖南省株洲市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。
- (72) 发明人: 金希红(**JIN, Xinhong**); 中国湖南省株洲市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。 苏柯(**SU, Ke**); 中国湖南省株洲市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。 岳译新(**YUE, Yixin**); 中国湖南省株洲市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。 苏永章(**SU, Yongzhang**); 中国湖南省株洲

市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。 李荣强(**LI, Rongqiang**); 中国湖南省株洲市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。 罗烈华(**LUO, Liehua**); 中国湖南省株洲市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。 闵阳春(**MIN, Yangchun**); 中国湖南省株洲市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。 王宇兵(**WANG, Yubing**); 中国湖南省株洲市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。 王翔(**WANG, Xiang**); 中国湖南省株洲市石峰区田心高科园, Hunan 412001 (CN)。

(74) 代理人: 长沙正奇专利事务所有限责任公司
(**CHANGSHA ZONEKEY PATENT LAW FIRM**); 中国湖南省长沙市岳麓区枫林二路188号向日葵广场7楼, Hunan 410205 (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,

(54) **Title:** ALUMINUM MATRIX COMPOSITE RAILWAY VEHICLE

(54) 发明名称: 一种铝基复合材料轨道车辆

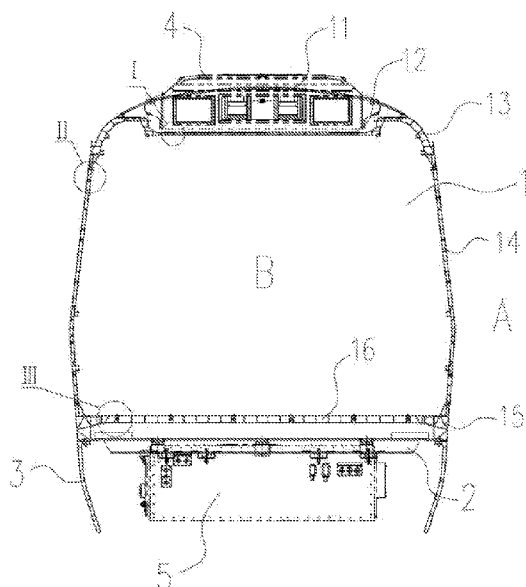


图 1

(57) **Abstract:** An aluminum matrix composite railway vehicle, comprising a vehicle body (1), wherein the vehicle body (1) is a box structure primarily formed by connecting an arc roof profile (11), an air conditioner plate profile (12), a side wall plate profile (14), a bottom frame floor profile (16), left and right roof boundary beams (13) and left and right bottom frame boundary beams (15); the air conditioner plate profile (12) is mainly formed by welding and connecting an air conditioner plate middle profile and left and right air conditioner plate connecting profiles; the side wall plate profile (14) is mainly formed by welding and connecting a side wall plate middle profile and upper and lower side wall plate connecting profiles; and the bottom frame floor profile (16) is mainly formed by welding and connecting a bottom frame floor middle profile and left and right bottom frame floor connecting profiles. The air conditioner plate middle profile and/or the side wall plate middle profile and/or the bottom frame floor middle profile are/is a nano ceramic aluminum alloy profile. The present aluminum matrix composite rail vehicle may further reduce the weight of the vehicle body.



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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, 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))。

(57) 摘要: 一种铝基复合材料轨道车辆包括车体 (1), 该车体 (1) 为主要由圆弧车顶型材 (11)、空调板型材 (12)、侧墙板型材 (14)、底架地板型材 (16)、以及左右两根车顶边梁 (13)、左右两根底架边梁 (15) 连接形成的箱体结构; 所述空调板型材 (12) 主要由空调板中间型材和左右两块空调板连接型材焊接相连而成, 所述侧墙板型材 (14) 主要由侧墙板中间型材和上下两块侧墙板连接型材焊接相连而成, 所述底架地板型材 (16) 主要由底架地板中间型材和左右两块底架地板连接型材焊接相连而成; 所述空调板中间型材和 / 或侧墙板中间型材和 / 或底架地板中间型材为纳米陶瓷铝合金型材。所述铝基复合材料轨道车辆可以实现车体的进一步轻量化。

一种铝基复合材料轨道车辆

技术领域

本发明涉及一种铝基复合材料轨道车辆，属于轨道交通车辆技术领域。

背景技术

随着现代科学技术的发展，轨道列车车辆对轻量化、振动隔声等性能要求变得更加苛刻，尤其是在城市内部非隧道区段，对车辆轮轨噪声的要求更高。在轨道列车车体钢结构领域，各研究单位及制造厂家一直在不断尝试运用新材料来提高性能指标。

近年来，碳纤维车体结构是车体轻量化研究的热门领域。申请号为 CN201520712628.4，CN201611093476.X，CN201620863664.5 的专利均涉及碳纤维复合材料车体结构，碳纤维本身具有高比强度、比模量、耐腐蚀性能好等特点，是车体轻量化材料的一个主要来源之一。但碳纤维通常是作为夹层结构的面板应用在车体上，在面板之间设置了多孔泡沫材质制作的芯材，面板与夹芯一般采用胶粘方式连接，该结构在承受弯曲载荷或反复振动后连接表面易发生剪切剥离现象。采用夹层结构的构件之间的连接通常采用胶粘接，或者粘胶、铆接或螺栓连接等混合形式，是整车车体最薄弱环节，往往没有足够的刚度抵抗过度的振动。采用大型的整体成型技术可避免这一弱点，如申请号为 CN201611096406 发明专利将车顶与侧墙集成在一起，但是生产成本进一步急剧上升。为了降低成本以及生产难度，可采取的措施在一些强度要求较低的局部部位采用碳纤维结构或铝板+夹芯层的复合材料夹层结构，与车体骨架结构采用粘接或螺栓连接，如申请号为 CN201420755293 的实用新型专

利方案，但是这种结构的连接部位仍然是薄弱点。为了进一步降低车体主结构之间的粘胶剂的使用量，提高结构的耐久可靠性，申请号为 EP1982827A2 的专利在夹层结构两侧增加了连接机构，即夹层结构与连接机构之间采用焊接方式，连接机构与车体其它结构也采用焊接方式。但是该夹层结构的夹芯和面板是分层形式，通常采用胶粘方式连接，在两者连接面处要传递并承受复杂载荷力，没有彻底解决耐久性和可靠性问题。

此外，泡沫铝由于其具有质量轻、强度高、防火、隔声、吸声、降噪、隔热等功能，在轨道车辆领域的使用也越来越多。其主要性能有：密度低($0.2\text{ g/cm}^3 \sim 0.8\text{ g/cm}^3$)；空隙率高；载荷能力大；吸声与隔声性能优良(厚 30 mm, 30 dB $\sim$ 50 dB)；不燃烧，防火性能好；耐腐蚀，使用寿命长，减振性能好；与木板相比，振动可以减少一个数量级；与铝蜂窝板相比，密度更低，且抗拉强度提高一个数量级。但目前泡沫铝主要是以夹层结构的夹芯材料应用到车辆中（如《泡沫铝在城市轨道车辆上的应用》一文中图 1 所示结构），夹芯与面板（碳纤维、铝板等）一般采用胶粘方式连接，且呈分层形式，在两者连接面处要传递并承受复杂载荷力，没有彻底解决耐久性和可靠性问题。

近年来，原位纳米陶瓷颗粒增强铝基复合材料（即纳米陶瓷铝合金，也称陶铝）的制备技术取得了突破性发展，申请号为 CN201711114899.X 的发明专利，通过纳米颗粒的 Orowan 强化、细晶强化、纳米增强体增韧和纳米析出相的弥散强化、阻尼效应以及稀土本身的细化和变质效应的作用，打破强塑性倒置的关系，获得了强塑性、抗冲击性和抗疲劳性且可挤压成型的铝基复合材料。申请号为 CN201810321256.0 的发明专利公开了一种通过搅拌摩擦焊的搅拌头进行搅拌实现纳米颗粒弥散分布的方法，为铝基复合材料构件之间

的连接提供了更优的方法。综上所述，通过在铝合金中增加纳米陶瓷颗粒，获得的新材料在保持了原基体的良好性能，具备高强度高塑性的同时，还具有高的比刚度和比模量，给车体进一步轻量化带来希望。但是车体的进一步轻量化往往会导致型材筋板变薄，密度变小，如果大面积采用传统的电弧焊，将会给车体制造过程的焊接变形控制带来巨大困难。

如何将高性能的纳米陶瓷铝合金以及泡沫铝等铝基材料应用到车体中，以取代某些部位的碳纤维结构，提高结构件内部以及部件间连接界面的强度和耐久性和可靠性，同时增强车体轻量化效果，提高车辆的减振降噪性能，是本发明将要解决的问题。

发明内容

本发明旨在提供一种铝基复合材料轨道车辆，其要解决的问题包括：

- 1) 传统铝合金车体由于材料自身强度限制，进一步轻量化困难。
- 2) 通过采用高性能的纳米陶瓷铝合金材料实现进一步轻量化后，采用传统的电弧焊方式将导致焊接变形难以控制。
- 3) 车体大面积尤其是大部件采用搅拌摩擦焊工艺暂时还不成熟，且将导致现有车体制造的工装设备不能有效利用，生产的周期、成本和风险大增。
- 4) 泡沫铝在轨道车辆的应用主要是作为夹层结构的夹芯材料，且与面板呈分层形式，在夹芯和面板的连接面处要传递并承受各种复杂载荷力，存在耐久性和可靠性问题，在轨道列车苛刻的运行环境下，难以满足 30 年及以上的使用寿命要求。

为了实现上述目的，本发明所采用的技术方案是：

一种铝基复合材料轨道车辆，包括车体，该车体为主要由圆弧车顶型材、

空调板型材、侧墙板型材、底架地板型材、以及左右两根纵向延伸的车顶边梁、左右两根纵向延伸的底架边梁连接形成的箱体结构；其结构特点是：

所述空调板型材主要由纵向延伸的空调板中间型材和左右两块纵向延伸的空调板连接型材焊接相连而成，该空调板型材的左右两端分别与相应的车顶边梁焊接相连；所述侧墙板型材主要由纵向延伸的侧墙板中间型材和上下两块纵向延伸的侧墙板连接型材焊接相连而成，该侧墙板型材的上端与相应的车顶边梁焊接相连，该侧墙板型材的下端与相应的底架边梁焊接相连；所述底架地板型材主要由纵向延伸的底架地板中间型材和左右两块纵向延伸的底架地板连接型材焊接相连而成，该底架地板型材的左右两端分别与相应的底架边梁焊接相连；所述空调板中间型材和/或侧墙板中间型材和/或底架地板中间型材为纳米陶瓷铝合金型材。

由此，通过空调板型材、侧墙板型材、底架地板型材、以及车顶边梁、底架边梁相连，同时选用纳米陶瓷铝合金型材，在现有车体制造的工装设备有效利用的前提下，进一步实现了轻量化的目的，从而提高了车辆的耐久性和可靠性。

根据本发明的实施例，还可以对本发明作进一步的优化，以下为优化后形成的技术方案：

根据本发明的实施例，优选所述空调板中间型材的端部筋板与所述空调板连接型材的端部筋板之间通过搅拌摩擦焊接相连；所述空调板型材的端部筋板和车顶边梁通过电弧焊连接。

根据本发明的实施例，优选所述侧墙板中间型材的端部筋板和侧墙板连接型材的端部筋板之间通过搅拌摩擦焊接相连；所述侧墙板型材的端部筋板

和车顶边梁通过电弧焊连接。

根据本发明的实施例，优选所述底架地板中间型材的端部筋板和底架地板连接型材的端部筋板通过搅拌摩擦焊接相连；所述底架地板型材的端部筋板和底架边梁通过电弧焊连接。

所述空调板中间型材和/或空调板连接型材和/或侧墙板中间型材和/或侧墙板连接型材和/或底架地板中间型材和/或底架地板连接型材具有型材空腔；优选所述型材空腔内填充有泡沫铝。

目前底架地板型材中的常见填充物是三聚氰胺隔音棉、防火岩棉等材料，在车辆使用寿命周期内，如果型材局部有间隙或没密封住，这些材料会逐步吸收空气中的水分，导致车辆重量会变重，隔音效果减弱。且车辆运行过程中的振动会造成部分材料碎裂，失去隔音效果。由此，本发明的所述型材空腔内壁具有用于与泡沫铝固定的固定板，或泡沫铝填充到型材空腔中与型材形成钎焊层固定。

为了实现更好地连接，提高车体的整体承载能力和耐久性、可靠性，所述空调板连接型材具有向所述车顶边梁延伸并与车顶边梁搭接的搭接部；和/或所述侧墙板连接型材具有向所述车顶边梁延伸并与车顶边梁搭接的搭接部；和/或所述底架地板连接型材具有向所述底架边梁延伸并与底架边梁搭接的搭接部。同样地，所述车顶边梁具有向所述空调板连接型材延伸并与空调板连接型材搭接的搭接部；和/或所述车顶边梁具有向所述侧墙板连接型材延伸并与侧墙板连接型材搭接的搭接部；和/或所述底架边梁具有向所述底架地板连接型材延伸并与底架地板连接型材搭接的搭接部。

优选所述空调板连接型材和/或侧墙板连接型材材质为 6005A 铝合金。

优选地，所述车体下部装有设备悬挂梁，该设备悬挂梁采用纳米陶瓷铝合金型材制成；优选所述设备悬挂梁通过紧固件可拆卸地固定在车体上。

目前国内地铁车辆车下两侧基本没有设置用于隔声的裙板，在城市非隧道区段的轨道两旁需设置专门的隔声装置，工程量大，成本高。因此，本发明在所述车体的底部连接有纵向布置且向下方延伸的裙板，该裙板用于遮蔽转向架产生的轮轨噪音；优选所述裙板的顶端通过紧固件可拆卸地固定在车体上；优选所述裙板采用纳米陶瓷铝合金挤压而成的大型中空截面型材制成，更优选为纳米 TiB_2 颗粒陶瓷增强铝合金制成，最优选采用原位生成的纳米 TiB_2 颗粒陶瓷增强的 6 系铝合金制成。采用隔声裙板后，车外噪声比传统车辆低了 2-20dB。

由此，车体大长板采用纳米陶瓷铝合金挤压型材和传统铝合金型材复合结构，利用纳米陶瓷铝合金新材料的高强度、高刚度、高阻尼、耐高温等优越性能，在保持现有制造工装设备不变的前提下，开发一种新型车体，解决车体进一步轻量化以及提高隔声减振性能的问题。同时设置纳米陶瓷铝合金型材+泡沫铝的复合结构，解决轨道两侧噪声过大的问题。

本发明的铝基复合材料车辆结构有以下特点：

1) 车体为整体承载的全焊接结构，车体大长板中部为纳米陶瓷铝合金挤压型材，两侧设置材质为传统铝合金型材的连接构件。

2) 大长板中部型材纳米陶瓷铝合金型材和两侧传统铝合金型材的连接构件采用搅拌摩擦焊方式连接，减少轻量化结构的焊接变形，同时保证足够强度。大长板与车体骨架之间的连接方式保持不变，即采用电弧焊。

2) 大长板中部型材采用纳米陶瓷颗粒强化铝合金，优选采用原位生成纳

米 TiB_2 颗粒强化 6005A 铝合金挤压型材。

4) 纳米陶瓷铝合金挤压型材通过减少型材断面筋板分布密度和板厚实现轻量化；且型材内部筋板的壁厚减薄，可增加型材的隔声量。

5) 在空调地板、底架地板、车体两侧底架边梁下方的裙板、车下设备悬挂梁等纳米陶瓷铝合金型材中填充泡沫铝材料，并通过钎焊方式连接，防止运行过程泡沫铝摩擦型材内壁。

通过对轨道车辆结构的创新设计，基于纳米陶瓷铝合金和泡沫铝材料的优点，本发明铝基复合材料车辆具有以下效果或特点：

1) 纳米陶瓷铝合金密度较小，比强度、比刚度高，在目前传统铝合金车体基础上，铝基复合材料车辆用的铝合金型材自重可减少 10%以上；泡沫铝密度是铝蜂窝密度的 75%左右。用泡沫铝替代传统铺设在地板上方的铝蜂窝地板以及地板下表面降噪用的阻尼浆，可使车辆再减重 300kg 以上。

2) 纳米陶瓷铝合金的阻尼性能是传统铝合金的 10 倍，车辆减振降噪性能将得到大幅提高，车内乘客将会感觉更加舒适和安全；

3) 采用隔声裙板后，车外噪声比传统车辆低 2-20dB，适合在城市内部穿行。避免在城市非隧道区段的轨道两旁设置专门的隔声装置，极大降低社会成本。

4) 纳米陶瓷铝合金和传统铝合金采用搅拌摩擦焊方式连接，具有全焊接车体结构良好的密封性、可靠性等优点；同时车体大部件间的连接方式保持不变，充分利用现有工装设备，制造风险和成本低，可使纳米陶瓷铝合金新材料快速实现工程化应用。

5) 纳米陶瓷铝合金型材自身具有独立的承载能力，泡沫铝填充物主要是

发挥其吸声减振功能，两者的焊接界面连接可靠性好，结构风险小，完全避免了胶的使用。

附图说明

图 1 是本发明一个实施例的结构原理图（断面图）；

图 2 是本发明底架转向架区域示意图；

图 3 是本发明空调底板型材与车顶边梁连接结构示意图；

图 4 是本发明侧墙板型材与车顶边梁连接结构示意图；

图 5 是本发明底架地板型材与底架边梁连接结构示意图；

图 6 是本发明裙板复合结构示意图；

图 7 是本发明设备悬挂梁复合结构示意图；

图 8 是本发明泡沫铝填充示意图。

在图中

1-车体，11-圆弧车顶型材，12-空调板型材，121-空调板中间型材，122-空调板连接型材，13-车顶边梁，14-侧墙板型材，141-侧墙板中间型材，142-侧墙板连接型材，15-底架边梁，16-底架地板型材，161-底架地板中间型材，162-底架地板连接型材，2-设备悬挂梁，3-裙板，4-空调机组，5-车下设备，6-转向架，7-泡沫铝，8-钎焊层，121a, 122a, 141a, 142a, 161a, 162a-搅拌摩擦焊结合端部筋板，122b, 142b, 162b-电弧焊结合端部筋板，121c, 122c, 141c, 142c, 161c, 162c-型材筋板，121p, 141p, 161p-型材空腔。

具体实施方式

以下将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。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。为叙述方便，下文中如出现“上”、“下”、“左”、“右”字样，仅表示与附图本身的上、下、左、右方向一致，并不对结构起限定作用。

一种铝基复合材料轨道车辆，如图1车辆结构断面图和图2底架转向架区域示意图所示，至少包括车体1，空调机组4，转向架6等系统组成。

车体1主要由圆弧车顶型材11，空调板型材12，侧墙板型材14，底架地板型材16等大长板型材结构，以及车体纵向方向通长的车顶边梁13、底架边梁15等主要承力梁组成的箱体结构。

在车体1底部设有设备悬挂梁2，用于悬挂车下设备5。进一步地，为了降噪需要，在车体底部两侧均设置有裙板3。

空调板型材12，侧墙板型材14，底架地板型材16等大长板型材作为车体整体承载的必要部件，同时也具备隔离外部空调机组4，车下设备5等设备发出的噪声及振动从车外A传入车内B的功能。设备悬挂梁2主要用于重要的车下设备5的安装，包括有源自带振源，如旋转电机悬吊设备。裙板3主要用于遮挡吸收车辆运行过程中转向架6产生的轮轨噪声及其它设备产生的噪声从车下传到车外A，或者进而从车外A又通过车门车窗及侧墙板型材14等部位传入车内B。为了加强车辆的减振降噪性能，这些大长板型材结构的中间型材以及设备悬挂梁2，裙板3均采用高阻尼性能的纳米陶瓷铝合金型材，同时还利用纳米陶瓷铝合金高比强度、高比刚度进一步减重。

大长板型材结构的中间型材以及设备悬挂梁2，裙板3采用纳米陶瓷铝合金挤压而成的大型中空截面型材，最好为纳米TiB₂颗粒强化铝合金，且优选采用原位生成的纳米TiB₂颗粒强化6XXX系铝合金。通过原位生成的纳米颗粒增

强铝基复合材料，由于其纳米增强体颗粒是通过化学反应从铝基体中原位形核、长大的热力学稳定相，因此增强体表面无污染，无界面反应，结合强度高，因而其具有高的比强度、比模量，出色的抗疲劳能力，良好的耐热性、耐腐蚀性等，且可通过熔体反应法直接合成，成本大幅降低。

车体型材所用的纳米TiB₂颗粒强化6005A铝合金的材料性能可通过调节TiB₂的成分含量1%-20%来控制其化学成分、焊接性能与车体常用的6005A类似，可减少车体加工制造及使用风险，同时合理设计其强度、刚度性能，使其适用于轨道车体轻量化需求。具体来讲，车体型材所用的纳米TiB₂颗粒强化6005A铝合金的屈服强度值宜为250-400MPa，弹性模量E宜为70-90GPa。

纳米陶瓷铝合金的强度高于传统铝合金215MPa，在车体强度要求不变的情况下，圆弧车顶型材11、空调板型材12、侧墙板型材14和底架地板型材16的型材筋板121c, 141c, 161c相对于传统铝合金的型材筋板122c, 142c, 162c可适当减薄，分布密度减少，且型材筋板的结构形式可进一步优化成矩形状，方便后续填充泡沫铝7结构；同时设备悬挂梁2，裙板3型材也通过减少筋板厚度进行减重，在目前传统铝合金车体基础上，铝基复合材料车辆用的铝合金型材自重可减少10%以上。

由于车辆进一步轻量化将给制造过程的焊接变形带来巨大影响，同时在保持现有整车组焊工装设备不变的情况下，本发明优化的对象主要包括两类：一类是圆弧车顶型材11，空调板型材12，侧墙板型材14，底架地板型材16的等大长板型材，这些大长板型材在车体整车大部件组焊前，可通过搅拌摩擦焊接（简称FSW），FSW作为一种先进的固相焊接方法，其热输入量低，焊接接头强度高、焊接变形小，是解决轻量化车体焊接变形问题的重要手段方式

把若干型材拼接成平面度状态良好的整体构件。另一类是设备悬挂梁2，裙板3等车辆附属部件，主要通过螺栓等紧固件固定在车体上，不需考虑在整车组焊时的焊接变形问题。

图3是空调底板型材与车顶边梁连接结构示意图。空调板型材12由空调板中间型材121的搅拌摩擦焊结合端部筋板121a和空调板连接型材122的搅拌摩擦焊结合端部筋板122a通过FSW拼接而成。空调板型材12通过电弧焊结合端部筋板122b和车顶边梁13电弧焊连接。空调板中间型材121材质为纳米陶瓷铝合金，空调板连接型材122材质为传统的6005A铝合金，空调板中间型材121的型材筋板121c可做到1.5mm厚，空调板连接型材122型材筋板122c则一般为2mm厚。为了进一步增强减振降噪效果，在型材空腔121p内可填充泡沫铝7。

图4是侧墙板型材与车顶边梁连接结构示意图。侧墙板型材14与底架边梁15连接结构类似。侧墙板型材14由侧墙板中间型材141的搅拌摩擦焊结合端部筋板141a和侧墙板连接型材142的搅拌摩擦焊结合端部筋板142a通过FSW拼接而成。侧墙板型材14通过电弧焊结合端部筋板142b和车顶边梁13电弧焊连接。侧墙板中间型材141材质为纳米陶瓷铝合金，侧墙板连接型材142材质为传统的6005A铝合金，侧墙板中间型材141的型材筋板141c可做到1.5mm厚，侧墙板连接型材142型材筋板142c则一般为2mm厚。为了进一步增强减振降噪效果，在型材空腔141p内可填充泡沫铝7。

图5是底架地板型材与底架边梁连接结构示意图。底架地板型材16由底架地板中间型材161的搅拌摩擦焊结合端部筋板161a和底架地板连接型材162的搅拌摩擦焊结合端部筋板162a通过FSW拼接而成。底架地板型材16通过电弧焊结合端部筋板162b和底架边梁15电弧焊连接。底架地板中间型材161材质为

纳米陶瓷铝合金，底架地板连接型材162材质为传统的6005A铝合金，底架地板中间型材161的型材筋板161c可做到1.5mm厚，底架地板连接型材162型材筋板162c则一般为2mm厚。为了进一步增强减振降噪效果，在型材空腔161p内可填充泡沫铝7。

在一些实施例中，如图3-5所示，所述空调板连接型材122具有向所述车顶边梁13延伸并与车顶边梁13搭接的搭接部。所述侧墙板连接型材142具有向所述车顶边梁13延伸并与车顶边梁13搭接的搭接部。所述底架地板连接型材162具有向所述底架边梁15延伸并与底架边梁15搭接的搭接部。所述车顶边梁13具有向所述空调板连接型材122延伸并与空调板连接型材122搭接的搭接部。所述车顶边梁13具有向所述侧墙板连接型材142延伸并与侧墙板连接型材142搭接的搭接部。所述底架边梁15具有向所述底架地板连接型材162延伸并与底架地板连接型材162搭接的搭接部。

图6是裙板复合结构示意图。裙板3型材中填充高阻尼的泡沫铝7，可提高车下噪声的吸收率，裙板厚度设置约为30mm，车外噪声可降低不少于20dB，极大改善了路线周边的环境条件。

图7是设备悬挂梁复合结构示意图。设备悬挂梁2的型材中填充高阻尼的泡沫铝7，可大幅衰减车下设备5的振动传递给车体1，提高车辆舒适性能。图8是泡沫铝钎焊示意图。车体型材尤其是大长板型材的型材空腔121p, 141p, 161p以及设备悬挂梁2、裙板3型材空腔中都可填充闭孔形式的泡沫铝7。泡沫铝7可采用增加固定板等机械方式固定在型材空腔中以防止相对滑动，也可对把泡沫铝7填充到型材空腔中后，通过对型材整体加热，在泡沫铝7与型材形成钎焊层8固定。具体制备工艺如下：

- 1) 对车体型材空腔中的内壁或泡沫铝7外表面涂抹钎料;
- 2) 泡沫铝7塞入型材空腔中;
- 3) 在车体1型材外侧对应涂有钎料的位置进行局部加热, 温度升高至300-550℃, 如300-450℃, 钎料熔化, 覆盖在泡沫铝7与车体1连接界面处。由于泡沫铝7是闭孔形式, 熔体不会流动侵入到泡沫铝7内部的孔隙中导致功能降低。
- 4) 冷却, 在泡沫铝7外表面与车体1型材空腔的内壁形成钎焊层8并固定住。

上述实施例阐明的内容应当理解为这些实施例仅用于更清楚地说明本发明, 而并不用于限制本发明的范围, 在阅读了本发明之后, 本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落入本申请所附权利要求所限定的范围。

权利要求

1. 一种铝基复合材料轨道车辆，包括车体（1），该车体（1）为主要由圆弧车顶型材（11）、空调板型材（12）、侧墙板型材（14）、底架地板型材（16）、以及左右两根纵向延伸的车顶边梁（13）、左右两根纵向延伸的底架边梁（15）连接形成的箱体结构；其特征在于：

所述空调板型材（12）主要由纵向延伸的空调板中间型材（121）和左右两块纵向延伸的空调板连接型材（122）焊接相连而成，该空调板型材（12）的左右两端分别与相应的车顶边梁（13）焊接相连；

所述侧墙板型材（14）主要由纵向延伸的侧墙板中间型材（141）和上下两块纵向延伸的侧墙板连接型材（142）焊接相连而成，该侧墙板型材（14）的上端与相应的车顶边梁（13）焊接相连，该侧墙板型材（14）的下端与相应的底架边梁（15）焊接相连；

所述底架地板型材（16）主要由纵向延伸的底架地板中间型材（161）和左右两块纵向延伸的底架地板连接型材（162）焊接相连而成，该底架地板型材（16）的左右两端分别与相应的底架边梁（15）焊接相连；

所述空调板中间型材（121）和/或侧墙板中间型材（141）和/或底架地板中间型材（161）为纳米陶瓷铝合金型材。

2. 根据权利要求 1 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述空调板中间型材（121）的端部筋板与所述空调板连接型材（122）的端部筋板之间通过搅拌摩擦焊接相连；所述空调板型材（12）的端部筋板和车顶边梁（13）通过电弧焊连接；和/或

所述侧墙板中间型材（141）的端部筋板和侧墙板连接型材（142）的端部筋板之间通过搅拌摩擦焊接相连；所述侧墙板型材（14）的端部筋板和车顶边梁（13）通过电弧焊连接；和/或

所述底架地板中间型材（161）的端部筋板和底架地板连接型材（162）的端部筋板通过搅拌摩擦焊接相连；所述底架地板型材（16）的端部筋板（162b）和底架边梁（15）通过电弧焊连接。

3. 根据权利要求 1 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述空调板中间型材（121）和/或空调板连接型材（122）和/或侧墙板中间型材（141）和/或侧墙板连接型材（142）和/或底架地板中间型材（161）和/或底架地板连接型材（162）具有型材空腔。

4. 根据权利要求 3 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述型材空腔内填充有泡沫铝（7）。

5. 根据权利要求 3 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述型材空腔两端具有用于与泡沫铝（7）固定的固定板，或泡沫铝（7）填充到型材空腔中与型材内壁形成钎焊层（8）固定。

6. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述空调板连接型材（122）具有向所述车顶边梁（13）延伸并与车顶边梁（13）搭接的搭接部；和/或所述侧墙板连接型材（142）具有向所述车顶边梁（13）延伸并与车顶边梁（13）搭接的搭接部；和/或所述底架地板连接型材（162）具有向所述底架边梁（15）延伸并与底架边梁（15）搭接的搭接部。

7. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述车顶边梁（13）具有向所述空调板连接型材（122）延伸并与空调板连接

型材（122）搭接的搭接部；和/或所述车顶边梁（13）具有向所述侧墙板连接型材（142）延伸并与侧墙板连接型材（142）搭接的搭接部；和/或所述底架边梁（15）具有向所述底架地板连接型材（162）延伸并与底架地板连接型材（162）搭接的搭接部。

8. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述空调板连接型材（122）和/或侧墙板连接型材（142）材质为 6005A 铝合金。

9. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述车体（1）下部装有设备悬挂梁（2），该设备悬挂梁（2）采用纳米陶瓷铝合金型材制成。

10. 根据权利要求 9 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述设备悬挂梁（2）通过紧固件可拆卸地固定在车体（1）上。

11. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述车体（1）的底部连接有纵向布置且向下方延伸的裙板（3），该裙板（3）用于遮蔽转向架（6）产生的轮轨噪音。

12. 根据权利要求 11 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述裙板（3）内部填充泡沫铝（7）。

13. 根据权利要求 11 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述裙板（3）的顶端通过紧固件可拆卸地固定在车体（1）上。

14. 根据权利要求 11 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述裙板（3）采用纳米陶瓷铝合金挤压而成的大型中空截面型材制成。

15. 根据权利要求 14 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述裙板

(3) 采用纳米 TiB_2 颗粒陶瓷增强铝合金制成。

16. 根据权利要求 15 所述的铝基复合材料轨道车辆，其特征在于，所述裙板

(3) 采用原位生成的纳米 TiB_2 颗粒陶瓷增强的 6 系铝合金制成。

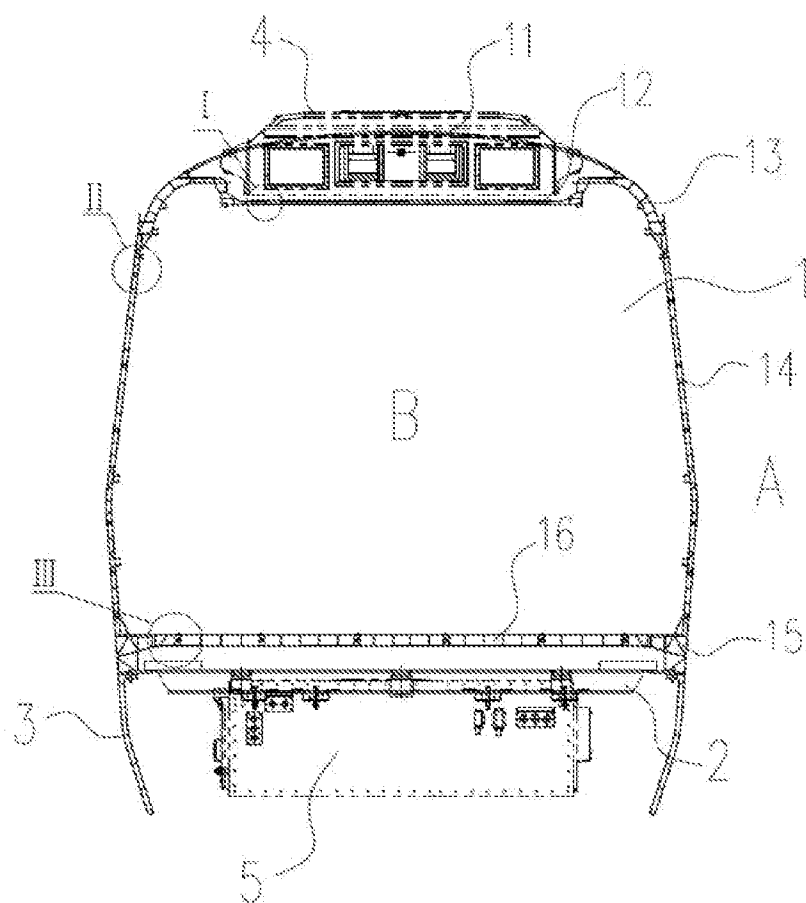


图 1

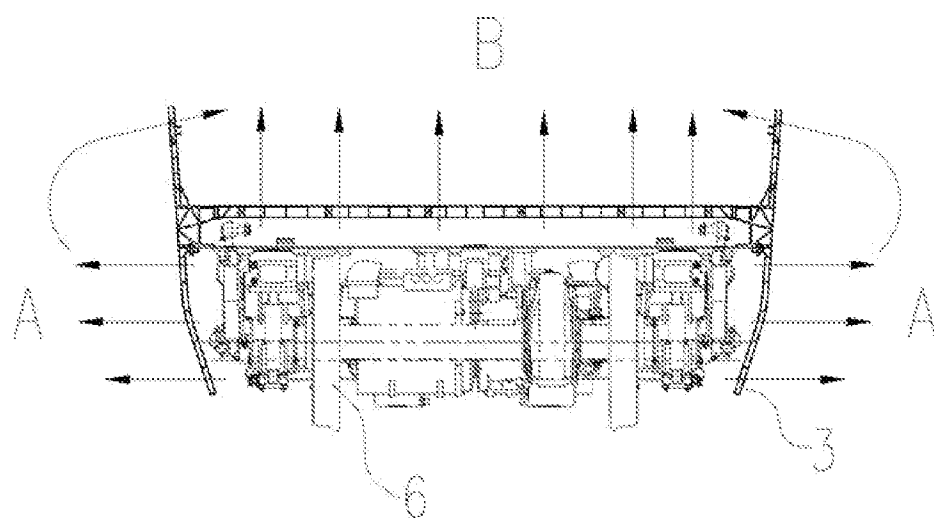


图 2

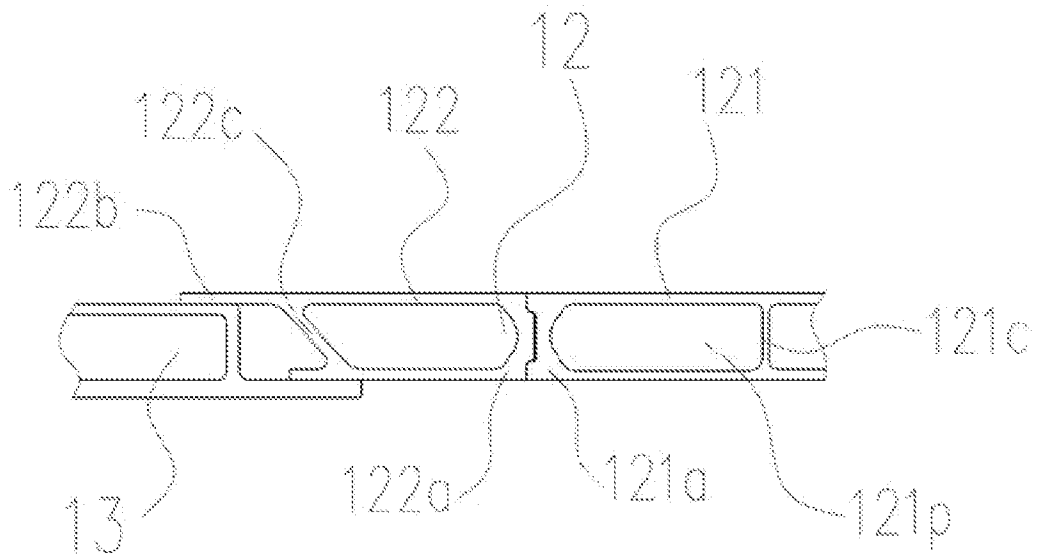


图 3

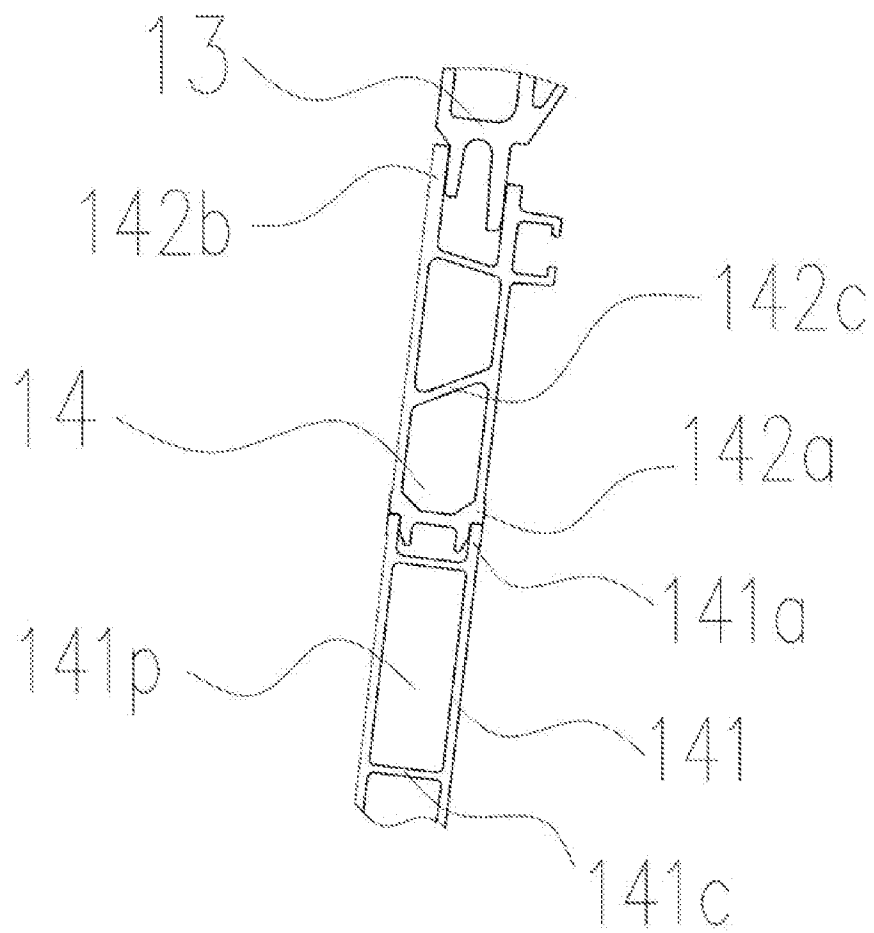


图 4

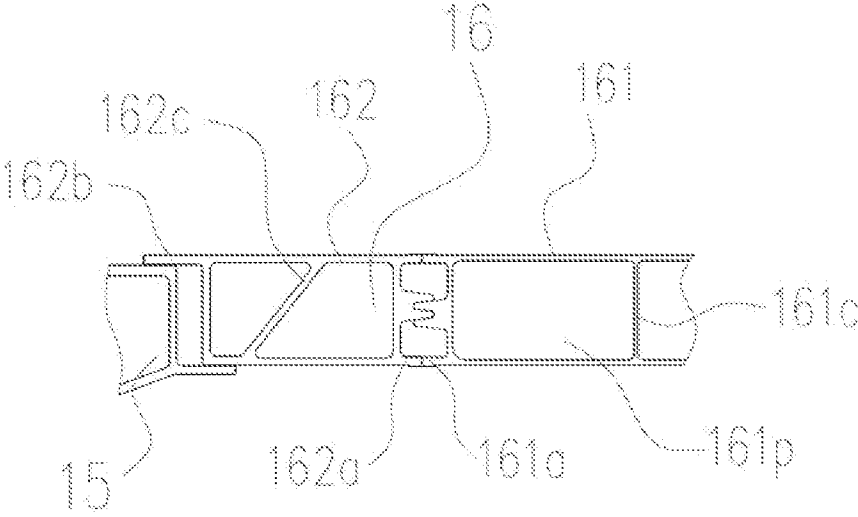


图 5

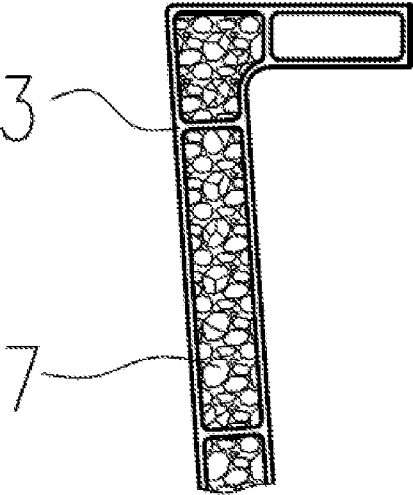


图 6

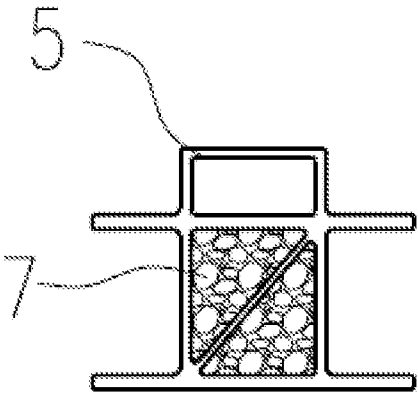


图 7

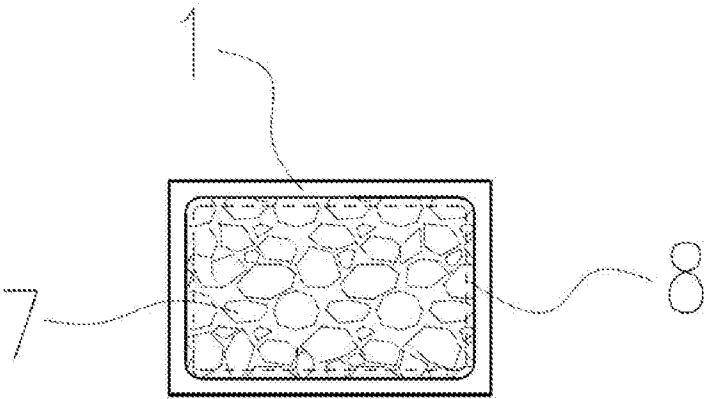


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/076740

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B61D 17/04(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)

B61D

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; CNKI: 车体, 梁, 焊接, 铝合金, body, beam, weld, alloy

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109835359 A (CRRC ZHUZHOU LOCOMOTIVE CO., LTD.) 04 June 2019 (2019-06-04) claims 1-10	1-16
A	CN 104309618 A (CSR ZHUZHOU ELECTRIC LOCOMOTIVE CO., LTD.) 28 January 2015 (2015-01-28) description, pages 3-4, and figures 1-8	1-16
A	CN 204956498 U (CSR ZHUZHOU ELECTRIC LOCOMOTIVE CO., LTD.) 13 January 2016 (2016-01-13) entire document	1-16
A	CN 102673585 A (TRANSPORT BUREAU, THE MINISTRY OF RAILWAYS THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA; CSR QINGDAO SIFANG CO., LTD.) 19 September 2012 (2012-09-19) entire document	1-16
A	WO 0222394 A1 (JAC PATENT COMPANY et al.) 21 March 2002 (2002-03-21) entire document	1-16



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

29 March 2020

Date of mailing of the international search report

06 May 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (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/CN2020/076740

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109835359	A	04 June 2019	None			
CN	104309618	A	28 January 2015	None			
CN	204956498	U	13 January 2016	None			
CN	102673585	A	19 September 2012	None			
WO	0222394	A1	21 March 2002	US	7094013	B2	22 August 2006
				US	7824140	B2	02 November 2010
				US	2005031430	A1	10 February 2005
				US	2007020060	A1	25 January 2007
				WO	0222423	A1	21 March 2002

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/076740

A. 主题的分类

B61D 17/04 (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)

B61D

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; CNKI: 车体, 梁, 焊接, 铝合金, body, beam, weld, alloy

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 109835359 A (中车株洲电力机车有限公司) 2019年 6月 4日 (2019 - 06 - 04) 权利要求1-10	1-16
A	CN 104309618 A (南车株洲电力机车有限公司) 2015年 1月 28日 (2015 - 01 - 28) 说明书第3-4页, 附图1-8	1-16
A	CN 204956498 U (南车株洲电力机车有限公司) 2016年 1月 13日 (2016 - 01 - 13) 全文	1-16
A	CN 102673585 A (铁道部运输局 南车青岛四方机车车辆股份有限公司) 2012年 9月 19日 (2012 - 09 - 19) 全文	1-16
A	WO 0222394 A1 (JAC PATENT COMPANY等) 2002年 3月 21日 (2002 - 03 - 21) 全文	1-16

☐ 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

2020年 3月 29日

国际检索报告邮寄日期

2020年 5月 6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

张凯

电话号码 (86-10) 62085196

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/076740

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	109835359	A	2019年 6月 4日	无			
CN	104309618	A	2015年 1月 28日	无			
CN	204956498	U	2016年 1月 13日	无			
CN	102673585	A	2012年 9月 19日	无			
WO	0222394	A1	2002年 3月 21日	US	7094013	B2	2006年 8月 22日
				US	7824140	B2	2010年 11月 2日
				US	2005031430	A1	2005年 2月 10日
				US	2007020060	A1	2007年 1月 25日
				WO	0222423	A1	2002年 3月 21日