

(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
2015 年 9 月 17 日 (17.09.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/135268 A1

- (51) 国际专利分类号:
C22C 38/26 (2006.01) C21D 8/00 (2006.01)
C21D 9/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/081896
- (22) 国际申请日: 2014 年 7 月 9 日 (09.07.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410091577.8 2014 年 3 月 13 日 (13.03.2014) CN
- (71) 申请人: 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA (SGCC)) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 国网浙江省电力公司 (STATE GRID ZHEJIANG ELECTRIC POWER COMPANY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市黄龙路 8 号, Zhejiang 310007 (CN)。 国网浙江省电力公司温州供电公司 (WENZHOU ELECTRIC POWER SUPPLY COMPANY OF STATE GRID ZHEJIANG ELECTRIC POWER COMPANY) [CN/CN]; 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 国网智能电网研究院 (STATE GRID SMART GRID RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国北京市昌平区未来科技城国网智能电网研究院, Beijing 102211 (CN)。
- (72) 发明人: 陈荣柱 (CHEN, Rongzhu); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 陈新 (CHEN, Xin); 中国北京市昌平区未来科技城国网智能电网研究院, Beijing 102211 (CN)。 赵深 (ZHAO, Shen); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 龚列谦 (GONG, Lieqian); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 林群 (LIN, Qun); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 陈建胜 (CHEN, Jian-sheng); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 潘世奇 (PAN, Shiqi); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 陈植 (CHEN, Zhi); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 张晓敏 (ZHANG, Xiaomin); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 陈显辉 (CHEN, Xianhui); 中

国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 雷欢 (LEI, Huan); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 朱全军 (ZHU, Quanjun); 中国北京市昌平区未来科技城国网智能电网研究院, Beijing 102211 (CN)。 聂京凯 (NIE, Jingkai); 中国北京市昌平区未来科技城国网智能电网研究院, Beijing 102211 (CN)。 肖伟民 (XIAO, Weimin); 中国北京市昌平区未来科技城国网智能电网研究院, Beijing 102211 (CN)。 林琳 (LIN, Lin); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 李鑫 (LI, Chu); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 郑克 (ZHENG, Ke); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 李勇 (LI, Yong); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 李武 (LI, Wu); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 黄锐 (HUANG, Rui); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 颜军敏 (YAN, Junmin); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 潘益伟 (PAN, Yiwei); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 陈长杰 (CHEN, Changjie); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 刘斌 (LIU, Bin); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 易永利 (YI, Yongli); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 郑加诚 (ZHENG, Jiacheng); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。 王化 (WANG, Hua); 中国浙江省温州市锦绣路电力大厦, Zhejiang 325000 (CN)。

(74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市朝阳区建国门外大街 22 号赛特广场 7 层, Beijing 100004 (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,

[见续页]

(54) Title: HIGH-STRENGTH BOLTING STEEL AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种高强度螺栓钢及其制备方法

(57) Abstract: A high-strength bolting steel and a preparation method therefor. The components of the steel are: 0.05 wt% to 0.5 wt% of rare earth elements, 0.35 wt% to 0.45 wt% of carbon, 1.2 wt% to 1.8 wt% of chromium, 0.17 wt% to 0.37 wt% of silicon, 0.4 wt% to 0.8 wt% of molybdenum, 0.2 wt% to 0.4 wt% of vanadium, 0 to 0.005 wt% of niobium and the balance of ferrum. The preparation method comprises: hot forging for the bolting steel with the above components is carried out, then quenching and tempering are carried out.

(57) 摘要: 一种高强度螺栓钢及其制造方法, 所述钢的组分为: 0.05wt%~0.5wt%的稀土元素、0.35wt%~0.45wt%的碳、1.2wt%~1.8wt%的铬、0.17wt%~0.37wt%的硅、0.4wt%~0.8wt%的钼、0.2wt%~0.4wt%的钒、0~0.005wt%的铌与余量的铁。其制造方法为: 对具有上述组分的螺栓钢锭实施热锻, 之后进行淬火和回火。



WO 2015/135268 A1



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。

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)。

- (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,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种高强度螺栓钢及其制备方法

本申请要求于 2014 年 03 月 13 日提交中国专利局、申请号为 201410091577.8、发明名称为“一种高强度螺栓钢及其制备方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5 技术领域

本发明涉及金属领域，尤其涉及一种高强度螺栓钢及其制备方法。

背景技术

近年来，台风等强风灾害频繁袭击我国东南沿海地区，造成输变电设备的大量损坏，严重影响了电网的安全运行。由于东南沿海地区属我国经济发达地区，电力负荷集中，而强风灾害通常造成当地不可估量的社会损害和经济损失。变电站内的高压电力避雷器是电力系统供电的重要设备，其具有较低的固有频率，部分低阶固有频率接近台风等强脉动风的主要频率范围。在强脉动风激励作用下，该设备会发生风致振动，引发设备不同区域的应力集中。当这种激励作用导致设备共振发生时，就可能造成设备应力集中区域的断裂和失效。

电力避雷器设备的螺栓一般设置于设备于应力集中区域，发挥支撑、固定和连接作用。当风致振动引发设备应力集中时，螺栓通常会受到牵拉应力和弯曲应力作用而发生变形。同时，由于螺栓的支撑作用，其变形还会引发上部瓷柱的弯曲变形，上述一系列的变形易于导致整个设备在强风中失效。

近年来，通过实践发现，在合金钢中添加稀土元素能够有效提高合金钢的力学性能，并在不同程度上提高材料的各项性能指标，当稀土元素成分与合金钢组分分别进行适当的成分调制，并进行共混优化后，就可能使材料性能达到最优化。因此，目前在电力避雷器抗风领域，开展对避雷器设备专用的螺栓合金钢进行成分优化和性能改进具有重要意义。

25

发明内容

本发明解决的技术问题在于提供一种具有较高强度与塑性的螺栓钢及其制备方法。

有鉴于此，本申请提供了一种高强度螺栓钢，包括：

- 2 -

RE	0.05wt%~0.5wt%;
C	0.35wt%~0.45wt%;
Cr	1.2wt%~1.8wt%;
Si	0.17wt%~0.37wt%;
5 Mo	0.4wt%~0.8wt%;
V	0.2wt%~0.4wt%;
Nb	0~0.005wt%;

余量的 Fe;

所述 RE 为 La 和 Ce 中的一种或两种。

10 优选的, 所述 RE 的含量为 0.10wt%~0.48wt%。

优选的, 所述 Mo 的含量为 0.48wt%~0.72wt%。

优选的, 所述 Si 的含量为 0.20wt%~0.32wt%。

优选的, 所述 Nb 的含量为 0.002wt%~0.0048wt%。

本申请还提供了一种高强度螺栓钢的制备方法, 包括以下步骤:

15 1) 铸造如下成分的螺栓钢锭: 0.05wt%~0.5wt% 的稀土元素、0.35wt%~0.45wt% 的碳、1.2wt%~1.8wt% 的铬、0.17wt%~0.37wt% 的硅、0.4wt%~0.8wt% 的钼、0.2wt%~0.4wt% 的钒、0~0.005wt% 的铌与余量的铁; 所述稀土元素为镧和铈中的一种或两种;

2) 将所述螺栓钢锭进行锻造, 将锻造后的螺栓钢锭进行退火处理;

20 3) 将步骤 2) 得到的螺栓钢锭进行淬火处理, 将淬火处理后的螺栓钢进行回火处理, 得到高强度螺栓钢。

优选的, 步骤 1) 具体为:

配制如下成分的原料: 0.05wt%~0.5wt% 的稀土元素、0.35wt%~0.45wt% 的碳、1.2wt%~1.8wt% 的铬、0.17wt%~0.37wt% 的硅、0.4wt%~0.8wt% 的钼、0.2wt%~0.4wt% 的钒、0~0.005wt% 的铌与余量的铁; 所述稀土元素为镧和铈中的一种或两种;

按照上述原料的含量, 将碳、铬、硅、钼、钒、铌与铁在 1500℃~1600℃ 熔炼 40min~45min, 保温 15min~25min 后得到初始螺栓钢锭;

将所述初始螺栓钢锭进行重熔, 再添加镧和铈中的一种或两种, 然后浇铸,

得到螺栓钢锭。

优选的，所述退火的温度为 650℃~700℃，所述退火的保温时间为 2~3h。

优选的，所述淬火的温度为 800℃~900℃，所述淬火的保温时间为 1h~2h。

优选的，所述回火的温度为 500℃~600℃，所述回火的保温时间为 1h~2h。

- 5 本申请提供了一种高强度螺栓钢，其包括：0.05wt%~0.5wt%的稀土元素、0.35wt%~0.45wt%的碳、1.2wt%~1.8wt%的铬、0.17wt%~0.37wt%的硅、0.4wt%~0.8wt%的钼、0.2wt%~0.4wt%的钒、0~0.005wt%的铌与余量的铁；本申请的螺栓钢中添加的镧或铈能够有效细化螺栓钢的晶粒组织，减少钢中氢含量和氢的扩散渗透，降低有害元素在晶界上的偏聚，改善钢的强度；添加的铬
- 10 元素可有效改善材料的抗氧化和抗腐蚀能力，提高材料的淬透性以增加强度；添加钼元素可强化材料的晶界、提高材料淬透性、增强回火稳定性、改善材料的强韧性，本申请所述螺栓钢中还添加了碳、钒、铌与铁等元素，上述金属元素通过相互作用，相互配合，使螺栓钢具有较高的强度与塑性，从而为电力避雷设备提供较强的支撑、固定与连接作用，有效抵抗了避雷器设备在强风下发生
- 15 的设备应力集中和风致偏移行为，保护设备的安全运行。

- 本申请还提供了一种高强度螺栓钢的制备方法。在制备螺栓钢的过程中，本申请首先制备了螺栓钢锭，再将螺栓钢锭进行锻造，以使螺栓钢锭的晶粒充分破碎，为获得晶粒细小均匀的组织做准备；而将锻造后的螺栓钢锭进行退火处理，消除了锻造过程中产生的应力；最后将退火后的螺栓钢锭进行淬火处理
- 20 与回火处理，从而得到了晶粒细小均匀的马氏体和部分奥氏体组织，有效的提高了材料的强度与塑性。

具体实施方式

- 下面对本发明实施例中的技术方案进行详细的描述，显然，所描述的实施例
- 25 例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。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的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。

本发明实施例公开了一种高强度螺栓钢，包括：

RE 0.05wt%~0.5wt%；

- 4 -

C	0.35wt%~0.45wt%;
Cr	1.2wt%~1.8wt%;
Si	0.17wt%~0.37wt%;
Mo	0.4wt%~0.8wt%;
5 V	0.2wt%~0.4wt%;
Nb	0~0.005wt%;

余量的 Fe;

所述 RE 为 La 和 Ce 中的一种或两种。

10 镧 (La) 与铈 (Ce) 都属于稀土元素, 本申请在螺栓钢中添加 La、Ce 或 La 与 Ce 的混合物, 其作为活性元素能够有效细化螺栓钢的晶粒组织, 减少钢中氢含量和氢的扩散渗透, 降低氢、硫和其他有害元素在晶界上的偏聚, 改善钢的强度、刚度与塑性。本申请中所述 La、Ce 或 La 与 Ce 的混合的含量为 0.05wt%~0.5wt%, 在此范围内, 钢中马氏体和奥氏体组织明显增多, 力学性能得到优化。当 La、Ce 或 La 与 Ce 混合物的含量小于 0.05wt% 时, 其产生的
15 作用效果会由于其成分含量较少而受到限制, 影响材料的抗风性能; 其含量超过 0.5% 时, 材料组织中含 La、Ce 或 La 与 Ce 混合物的金属夹杂物增大、增多, 对材料性能的影响使其逐渐不能满足电力避雷器的抗风要求。所述 La、Ce 或 La 与 Ce 混合物的含量优选为 0.08wt%~0.5wt%, 更优选为 0.10wt%~0.48wt%, 最优选为 0.12wt%~0.40wt%, 最优选为 0.25wt%~0.35wt%。

20 碳 (C) 作为本申请的添加元素可以提高材料的强度、硬度和淬透性。若 C 的含量小于 0.35wt%, 则螺栓钢具有较好的韧塑性, 但强度、硬度和淬透性会受到一定限制; 若 C 含量大于 0.45wt%, 材料的韧性、塑性大大降低, 容易发生脆性断裂, 因而 C 含量宜控制在 0.35wt%~0.45wt%。所述 C 的含量优选为 0.37wt%~0.42wt%, 更优选为 0.35wt%~0.40wt%。

25 铬 (Cr) 元素添加到螺栓钢中可有效改善材料的抗氧化和抗腐蚀能力, 提高材料的淬透性以增加材料的强度。所述 Cr 的含量小于 1.2wt% 难于起到上述作用, 含量高于 1.8wt% 则会降低材料韧性, 因而 Cr 的含量需要控制在 1.2wt%~1.8wt%。所述 Cr 的含量优选为 1.3wt%~1.6wt%, 更优选为 1.4wt%~1.55wt%。

- 5 -

硅 (Si) 元素是材料的良好脱氧剂, 螺栓钢中添加 Si 可提高螺栓钢的固溶体强度, 有利于增加材料的回火稳定性。若硅的含量高于 0.37wt% 则会降低材料的塑性, 含量低于 0.17wt% 会降低其脱氧剂和固溶强化的作用, 所述硅的含量控制在 0.17wt%~0.37wt% 才能具有最好的效果。所述硅的含量优选为 5 0.20wt%~0.32wt%, 更优选为 0.23wt%~0.30wt%, 最优选为 0.25wt%~0.28wt%。

钼 (Mo) 元素具有强化材料晶界、提高材料淬透性、增强回火稳定性、改善材料强韧性的作用。若钼的含量低于 0.4wt%, 难于达到上述作用; 若钼含量高于 0.8wt%, 增加螺栓钢的成本且性能无法实现最佳经济性, 因而钼的含量控制在 0.4wt%~0.8wt% 在螺栓钢中才能发挥较好的效果。所述钼的含量优 10 选为 0.48wt%~0.72wt%, 更优选为 0.54wt%~0.68wt%, 最优选为 0.60wt%~0.65wt%。

钒 (V) 元素可有效抑制氢的扩散, 细化晶粒, 提高材料的力学性能。若 V 的含量低于 0.2wt%, 难于发挥上述作用; 若其高于 0.4wt%, 其对材料组织的作用不再随含量增加而上升, 反而会影响材料的力学性能。因而所述钒的含 15 量宜控制在 0.2wt%~0.4wt%。所述钒的含量优选为 0.25wt%~0.38wt%, 更优选为 0.28wt%~0.35wt%, 最优选为 0.30wt%~0.32wt%。

铌 (Nb) 元素可提高材料的韧性并有效细化晶粒组织, 其属于材料内部的微量元素, 其含量过高则无法起到上述效果, 还会使经济性大打折扣。因而其成分宜控制在 0~0.005wt% 范围内。所述铌的含量优选为 20 0.002wt%~0.0048wt%, 更优选为 0.0035wt%~0.0040wt%。

本申请提供的高强度螺栓钢, 其包括: 0.05wt%~0.5wt% 的稀土元素、0.35wt%~0.45wt% 的碳、1.2wt%~1.8wt% 的铬、0.17wt%~0.37wt% 的硅、0.4wt%~0.8wt% 的钼、0.2wt%~0.4wt% 的钒、0~0.005wt% 的铌与余量的铁; 所 25 述稀土元素为镧和铈中的一种或两种。本申请的螺栓钢中添加的活性元素镧或铈能够有效细化螺栓钢的晶粒组织, 减少钢中氢含量和氢的扩散渗透, 降低有害元素在晶界上的偏聚, 改善钢的强度; 添加的铬元素可有效改善材料的抗氧化和抗腐蚀能力, 提高材料的淬透性以增加强度; 添加钼元素可强化材料的晶界、提高材料淬透性、增强回火稳定性、改善材料的强韧性, 本申请所述螺栓钢中还添加了碳、钒、铌与铁等元素, 上述金属元素通过相互作用, 相互配合,

使螺栓钢具有较高的强度与塑性。

本申请还提供了上述螺栓钢的制备方法，包括以下步骤：

1) 铸造如下成分的螺栓钢锭：0.05wt%~0.5wt%的稀土元素、0.35wt%~0.45wt%的碳、1.2wt%~1.8wt%的铬、0.17wt%~0.37wt%的硅、0.4wt%~0.8wt%的钼、0.2wt%~0.4wt%的钒、0~0.005wt%的铌与余量的铁；所述稀土元素为镧和铈中的一种或两种；

2) 将所述螺栓钢锭进行锻造，将锻造后的螺栓钢锭进行退火处理；

3) 将步骤2)得到的螺栓钢锭进行淬火处理，将淬火处理后的螺栓钢进行回火处理，得到高强度螺栓钢。

10 在制备螺栓钢的过程中，本申请先铸造了螺栓钢锭，再将制备的螺栓钢锭进行锻造，以使螺栓锭的内部组织充分破碎，而锻造后的退火处理是消除锻造过程中的残余应力，为获得均匀细小的内部晶粒做准备；最后将退火后的螺栓钢进行淬火处理与回火处理，以获得内部晶粒均匀细小的马氏体和部分奥氏体组织，从而提高螺栓钢的强度与塑性。

15 按照本发明，在制备螺栓钢的过程中，首先准备螺栓钢锭，本申请在螺栓钢中添加了稀土元素镧、铈或两者的混合物，由于镧、铈是活性成分，在铸造的过程中若添加的过早，可能会造成镧与铈的损耗，因此本申请优选将活性成分镧与铈后续添加。作为优选方案，所述螺栓钢锭的制备过程具体为：

20 配制如下成分的原料：0.05wt%~0.5wt%的稀土元素、0.35wt%~0.45wt%的碳、1.2wt%~1.8wt%的铬、0.17wt%~0.37wt%的硅、0.4wt%~0.8wt%的钼、0.2wt%~0.4wt%的钒、0~0.005wt%的铌与余量的铁；所述稀土元素为镧和铈中的一种或两种；

按照上述原料的含量，将碳、铬、硅、钼、钒、铌与铁在1500℃~1600℃熔炼40min~45min，保温15min~25min后得到初始螺栓钢锭；

25 将所述初始螺栓钢锭进行重熔，再添加镧、铈或两者的混合物，然后浇铸，得到螺栓钢锭。

在上述制备螺栓钢锭的过程中，所述熔炼的过程为本领域技术人员熟知的方式，优选在真空感应炉中进行。

在螺栓钢锭制备之后，本申请将所述螺栓钢锭进行锻造，以消除铸造过程

中产生的组织缺陷，并通过锻造过程使螺栓钢锭的粗大晶粒充分破碎，能够获得细小的内部晶粒。所述锻造过程为本领域技术人员熟知的方式。在 1150℃ 对钢锭进行热轧处理，获得热轧棒后，在 900℃~1030℃ 范围内进行锻造，即在平锻机上进行螺栓的热锻滚压成型，保证金属流线沿零件成连续状，且纤维
5 流线完整。将锻造后的螺栓钢缓慢冷却后进行退火，所述退火能够消除锻造过程中的残余应力，为后续热处理做准备。所述退火的温度优选为 650℃~700℃，所述退火的保温时间优选为 2~3h。

按照本发明，所述螺栓钢锭经过退火处理后，则将其进行淬火，所述淬火的温度优选为 800℃~900℃，所述淬火的保温时间优选为 1h~2h；最后将淬火
10 后的螺栓钢锭进行回火处理，所述回火处理的温度优选为 500℃~600℃，所述回火的时间优选为 1~2h。本申请所述螺栓钢锭经过淬火处理与回火处理后，得到了晶粒均匀细小的内部组织。所述螺栓钢经过回火处理后，得到了马氏体和部分奥氏体组织。

本申请还提供了一种高强度螺栓钢的制备方法。在制备螺栓钢的过程中，
15 本申请首先制备了螺栓钢锭，再将螺栓钢锭进行锻造，以使螺栓钢锭的晶粒充分破碎，为获得晶粒细小均匀的组织做准备；而将锻造后的螺栓钢锭进行退火处理，消除了锻造过程中产生的应力；最后将退火后的螺栓钢锭进行淬火处理与回火处理，从而得到了晶粒细小均匀的马氏体和部分奥氏体组织，有效的提高了材料的强度与塑性。

20 本发明利用螺栓钢的元素、元素含量和制备方法使得螺栓材料具有较高的抗拉强度与塑性，从而为电力避雷器设备提供较强的支撑、固定和连接作用，有效抵抗避雷器设备在强风下发生的设备应力集中和风致偏移行为，保护设备的安全运行；本发明提供的螺栓钢材料成分，贵金属含量较少，力学性能较高，具有优良的性价比。同时，材料的制备工艺简单，应用方便，便于大规模推广。
25 本发明提高了材料的强度与刚度，从而可以在一定程度上改变避雷器设备的固有频率，避免结构在强风激励作用下发生共振，降低设备结构的振动幅值，为电力避雷器设备的正常运行提供有力保障。

下面结合实施例对本发明提供的高强度螺栓钢及其制备方法进行详细说明，本发明的保护范围不受以下实施例的限制。

实施例 1

本实施例螺栓钢的成分重量百分比如下：0.12%的 Ce、0.37%的 C、1.2%的 Cr、0.25%的 Si、0.5%的 Mo、0.3%的 V、0.0048%的 Nb，其余成分为 Fe。

螺栓钢的制备方法具体为：1) 按照上述重量百分比进行配料；2) 利用真空感应炉在 1560℃熔炼 40min，保温 25min，取样浇铸，制备合金钢；3) 将所制备的合金钢重熔，添加 Ce 成分，浇铸形成钢锭；4) 对步骤 3) 得到的钢锭在 1150℃对钢锭进行热轧处理，获得热轧棒后，在 900℃进行锻造，将锻造后的钢锭缓慢冷却到室温再退火，退火温度在 650℃，保温时间为 2 小时；5) 对步骤 4) 得到的材料在 820℃淬火，淬火的时间为 1h，然后在 500℃进行回火处理，回火时间 60min，空冷至室温，得到螺栓钢。对本实施例制备的螺栓钢进行性能测试，测试结果如表 1 所示。

表 1 实施例 1 制备的螺栓钢的性能数据表

性能指标	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)
性能数值	1210	13.5

实施例 2

本实施例螺栓钢的成分重量百分比如下：0.06%的 La、0.08%的 Ce、0.42%的 C、1.6%的 Cr、0.32%的 Si、0.72%的 Mo、0.28%的 V、0.0045%的 Nb，其余成分为 Fe。

螺栓钢的制备方法具体为：1) 按照上述重量百分比进行配料；2) 利用真空感应炉在 1540℃熔炼 40min，保温 20min，取样浇铸，制备合金钢；3) 将所制备合金钢重熔，添加 Y 成分，浇铸形成钢锭；4) 对步骤 3) 得到的钢锭在 1150℃对钢锭进行热轧处理，获得热轧棒后，在 1030℃进行锻造，将锻造后的钢锭缓慢冷却到室温再退火，退火温度在 680℃，保温时间为 2.5 小时；5) 将步骤 4) 得到的材料在 830℃进行淬火，淬火的保温时间为 70min，然后在 520℃进行回火处理，回火时间 70min，空冷至室温，得到螺栓钢。对本实施例制备的螺栓钢进行性能测试，测试结果如表 2 所示。

表 2 本实施例制备的螺栓钢的性能数据表

性能指标	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)
性能数值	1260	12.7

实施例 3

本实施例螺栓钢的成分重量百分比如下：0.05%的 La、0.35%的 C、1.8%的 Cr、0.17%的 Si、0.40%的 Mo、0.20%的 V、0.005%的 Nb，其余成分为 Fe。

螺栓钢的制备方法具体为：1) 按照上述重量百分比进行配料；2) 利用真空感应炉在 1550℃熔炼 45min，保温 25min，取样浇铸，制备合金钢；3) 将所制备合金钢重熔，添加 Y 成分，浇铸形成钢锭；4) 对钢锭在 1150℃对钢锭进行热轧处理，获得热轧棒后，在 1000℃进行锻造，将锻造后的钢锭缓慢冷却到室温再退火，退火温度在 700℃，保温时间为 3 小时；5) 将步骤 4) 得到的材料在 800℃进行淬火，淬火的时间为，然后在 550℃进行回火处理，回火时间 80min，空冷至室温，得到螺栓钢。对本实施例制备的螺栓钢进行性能测试，测试结果如表 3 所示。

表 3 本实施例制备的螺栓钢的性能数据表

性能指标	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)
性能数值	1300	13.0

实施例 4

本实施例螺栓钢的成分重量百分比如下：0.25%的 La、0.25%的 Ce、0.45%的 C、1.4%的 Cr、0.20%的 Si、0.65%的 Mo、0.4%的 V、0.0012%的 Nb，其余成分为 Fe。

螺栓钢的制备方法具体为：1) 按照上述重量百分比进行配料；2) 利用真空感应炉在 1540℃熔炼 40min，保温 20min，取样浇铸，制备合金钢；3) 将所制备合金钢重熔，添加 Y 成分，浇铸形成钢锭；4) 对钢锭在 1150℃对钢锭进行热轧处理，获得热轧棒后，在 1030℃进行锻造，将锻造后的钢锭缓慢冷却到室温再退火，退火温度在 680℃，保温时间为 2.5 小时；5) 将步骤 4) 得到的材料在 830℃进行淬火，淬火的时间为，然后在 520℃进行回火处理，回火时间 70min，空冷至室温，得到螺栓钢。对本实施例制备的螺栓钢进行性能测试，测试结果如表 4 所示。

表 4 本实施例制备的螺栓钢的性能数据表

性能指标	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)
性能数值	1280	13.2

实施例 5

本实施例中制备螺栓钢的过程与实施例 1 相同，区别在于：本实施例螺栓钢的成分重量百分比如下：0.15%的 La、0.23%的 Ce、0.39%的 C、1.5%的 Cr、0.28%的 Si、0.47%的 Mo、0.38%的 V、0.0014%的 Nb，其余成分为 Fe。对本
5 实施例制备的螺栓钢进行性能测试，测试结果如表 5 所示。

表 5 本实施例制备的螺栓钢的性能数据表

性能指标	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)
性能数值	1310	13.5

实施例 6

本实施例中制备螺栓钢的过程与实施例 1 相同，区别在于：本实施例螺栓钢的成分重量百分比如下：0.28%的 Ce、0.43%的 C、1.7%的 Cr、0.27%的 Si、
10 0.77%的 Mo、0.33%的 V、0.0041%的 Nb，其余成分为 Fe。对本实施例制备的螺栓钢进行性能测试，测试结果如表 6 所示。

表 6 本实施例制备的螺栓钢的性能数据表

性能指标	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)
性能数值	1290	13.2

对于本领域技术人员而言，显然本发明不限于上述示范性实施例的细节，
15 而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下，能够以其他的具体形式实现本发明。因此，无论从哪一点来看，均应将实施例看作是示范性的，而且是非限制性的，本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定，因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。

此外，应当理解，虽然本说明书按照实施方式加以描述，但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案，说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见，
20 本领域技术人员应当将说明书作为一个整体，各实施例中的技术方案也可以经适当组合，形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

权 利 要 求

1、一种高强度螺栓钢，包括：

RE 0.05wt%~0.5wt%；

5 C 0.35wt%~0.45wt%；

Cr 1.2wt%~1.8wt%；

Si 0.17wt%~0.37wt%；

Mo 0.4wt%~0.8wt%；

V 0.2wt%~0.4wt%；

10 Nb 0~0.005wt%；

余量的 Fe；

所述 RE 为 La 和 Ce 中的一种或两种。

2、根据权利要求 1 所述的高强度螺栓钢，其特征在于，所述 RE 的含量为 0.10wt%~0.48wt%。

15 3、根据权利要求 1 所述的高强度螺栓钢，其特征在于，所述 Mo 的含量为 0.48wt%~0.72wt%。

4、根据权利要求 1 所述的高强度螺栓钢，其特征在于，所述 Si 的含量为 0.20wt%~0.32wt%。

20 5、根据权利要求 1 所述的高强度螺栓钢，其特征在于，所述 Nb 的含量为 0.002wt%~0.0048wt%。

6、一种高强度螺栓钢的制备方法，其特征在于，包括以下步骤：

25 1) 铸造如下成分的螺栓钢锭：0.05wt%~0.5wt%的稀土元素、0.35wt%~0.45wt%的碳、1.2wt%~1.8wt%的铬、0.17wt%~0.37wt%的硅、0.4wt%~0.8wt%的钼、0.2wt%~0.4wt%的钒、0~0.005wt%的铌与余量的铁；所述稀土元素为镧和铈中的一种或两种；

2) 将所述螺栓钢锭进行锻造，将锻造后的螺栓钢锭进行退火处理；

3) 将步骤 2) 得到的螺栓钢锭进行淬火处理，将淬火处理后的螺栓钢进行回火处理，得到高强度螺栓钢。

7、根据权利要求 6 所述的制备方法，其特征在于，步骤 1) 具体为：

- 12 -

配制如下成分的原料：0.05wt%~0.5wt%的稀土元素、0.35wt%~0.45wt%的碳、1.2wt%~1.8wt%的铬、0.17wt%~0.37wt%的硅、0.4wt%~0.8wt%的钼、0.2wt%~0.4wt%的钒、0~0.005wt%的铌与余量的铁；所述稀土元素为镧和铈中的一种或两种；

5 按照上述原料的含量，将碳、铬、硅、钼、钒、铌与铁在 1500℃~1600℃熔炼 40min~45min，保温 15min~25min 后得到初始螺栓钢锭；

将所述初始螺栓钢锭进行重熔，再添加镧和铈中的一种或两种，然后浇铸，得到螺栓钢锭。

8、根据权利要求 6 所述的制备方法，其特征在于，所述退火的温度为 650℃~700℃，所述退火的保温时间为 2~3h。

9、根据权利要求 6 所述的制备方法，其特征在于，所述淬火的温度为 800℃~900℃，所述淬火的保温时间为 1h~2h。

10、根据权利要求 6 所述的制备方法，其特征在于，所述回火的温度为 500℃~600℃，所述回火的保温时间为 1h~2h。

15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/081896

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/26 (2006.01) i; C21D 9/00 (2006.01) i; C21D 8/00 (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)

C22C 38, C21D 9, C21D 8

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; CNKI; WPI; EPODOC: Cr, Chromium, Chrome, Chrom, Mo, Molybdenum, Nb, Niobium, Niob, V, Vanadium, RE, REM, rare earth, La, lanthanum, Ce, cerium, bolt?, quench+, anneal+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103820712 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 28 May 2014 (28.05.2014), claims 1-10	1-10
X	CN 1275632 A (CENTRAL IRON AND STEEL RESEARCH INSTITUTE, MINISTRY OF METALLURGICAL INDUSTRY), 06 December 2000 (06.12.2000), claims 1 and 2, description, page 2, last paragraph, and table 2	1-10
A	CN 102943210 A (XIE, Yaping), 27 February 2013 (27.02.2013), the whole document	1-10
A	JP 2008274367 A (SUMITOMO METAL IND), 13 November 2008 (13.11.2008), the whole document	1-10
A	JP 2006241572 A (SUMITOMO METAL IND), 14 September 2006 (14.09.2006), the whole document	1-10
A	JP 5884960 A (KAWASAKI STEEL CO), 21 May 1983 (21.05.1983), the whole document	1-10
A	JP 61204353 A (NIPPON STEEL CORP.), 10 September 1986 (10.09.1986), the whole document	1-10

☐ 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 26 November 2014 (26.11.2014)	Date of mailing of the international search report 19 December 2014 (19.12.2014)
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 WANG, Yu Telephone No.: (86-10) 62084745

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2014/081896

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1275632 A	06 December 2000	CN 1131334 C	17 December 2003
CN 102943210 A	27 February 2013	None	
JP 2008274367 A	13 November 2008	JP 4826542 B2	30 November 2011
JP 2006241572 A	14 September 2006	JP 4502126 B2	14 July 2010
JP 5884960 A	21 May 1983	None	
JP 61204353 A	10 September 1986	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2014/081896

A. 主题的分类

C22C 38/26(2006.01)i; C21D 9/00(2006.01)i; C21D 8/00(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)

C22C 38, C21D 9, C21D 8

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;CNKI;WPI;EPDOC: 铬, 钼, 铌, 钒, 稀土, 钨, 钨, 螺栓, 淬, 回火, Cr, Chromium, Chrome, Chrom, Mo, Molybdenum, Nb, Niobium, Niob, V, Vanadium, RE, REM, rare earth, La, lanthanum, Ce, cerium, bolt?, quench+, anneal+,

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 103820712 A (国家电网公司 等) 2014年 5月 28日 (2014 - 05 - 28) 权利要求1-10	1-10
X	CN 1275632 A (冶金工业部钢铁研究总院) 2000年 12月 06日 (2000 - 12 - 06) 权利要求1、2, 说明书第2页最后一段及表2	1-10
A	CN 102943210 A (谢亚平) 2013年 2月 27日 (2013 - 02 - 27) 全文	1-10
A	JP 2008274367 A (SUMITOMO METAL IND) 2008年 11月 13日 (2008 - 11 - 13) 全文	1-10
A	JP 2006241572 A (SUMITOMO METAL IND) 2006年 9月 14日 (2006 - 09 - 14) 全文	1-10
A	JP 5884960 A (KAWASAKI STEEL CO) 1983年 5月 21日 (1983 - 05 - 21) 全文	1-10
A	JP 61204353 A (NIPPON STEEL CORP) 1986年 9月 10日 (1986 - 09 - 10) 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

2014年 11月 26日

国际检索报告邮寄日期

2014年 12月 19日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

授权官员

王好

电话号码 (86-10)62084745

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/081896

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	1275632	A	2000年 12月 06日	CN 1131334 C	2003年 12月 17日
CN	102943210	A	2013年 2月 27日	无	
JP	2008274367	A	2008年 11月 13日	JP 4826542 B2	2011年 11月 30日
JP	2006241572	A	2006年 9月 14日	JP 4502126 B2	2010年 7月 14日
JP	5884960	A	1983年 5月 21日	无	
JP	61204353	A	1986年 9月 10日	无	