

(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 12 月 3 日 (03.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/238281 A1

(51) 国际专利分类号:
B23B 27/10 (2006.01) **B23Q 15/00** (2006.01)
B23Q 11/10 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/074387

(22) 国际申请日: 2020 年 2 月 6 日 (06.02.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910471347.7 2019 年 5 月 31 日 (31.05.2019) CN

(71) 申请人: 青岛理工大学 (QINGDAO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路 777 号, Shandong 266520 (CN)。 宁波三韩合金材料有限公司 (NINGBO SANHAN ALLOY MATERIAL CO., LTD.)

[CN/CN]; 中国浙江省宁波市慈溪滨海经济开发区莲塘路 333 号, Zhejiang 315300 (CN)。

(72) 发明人: 李长河 (LI, Changhe); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路 777 号, Shandong 266520 (CN)。 王晓铭 (WANG, Xiaoming); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路 777 号, Shandong 266520 (CN)。 罗亮 (LUO, Liang); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路 777 号, Shandong 266520 (CN)。 曹华军 (CAO, Huajun); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路 777 号, Shandong 266520 (CN)。 卢秉恒 (LU, Bingheng); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路 777 号, Shandong 266520 (CN)。 李润泽 (LI, Runze); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路 777 号, Shandong 266520 (CN)。 张彦彬 (ZHANG, Yanbin); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路 777 号, Shandong 266520 (CN)。 罗慧明 (LUO, Huiming); 中国山东省青

(54) Title: ELECTRIC CARD AUXILIARY INNER-COOLING TEXTURE TURNING TOOL AND NANOFLUID MINIMAL LUBRICATION INTELLIGENT WORKING SYSTEM

(54) 发明名称: 电卡辅助内冷织构车刀及纳米流体微量润滑智能工作系统

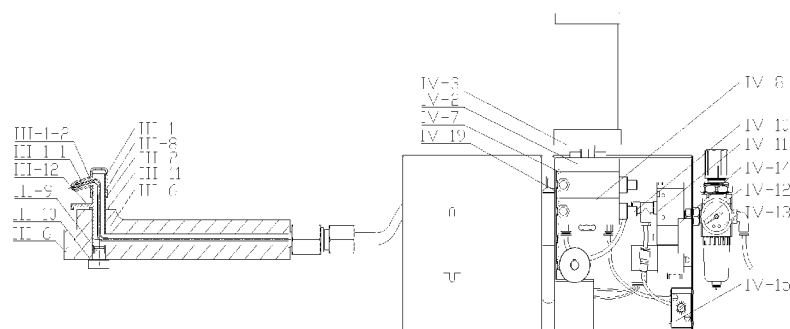


图 1

(57) Abstract: Disclosed are an electric card auxiliary inner-cooling texture turning tool, and a nanofluid minimal lubrication intelligent working system and a control method therefor. The electric card auxiliary inner-cooling texture turning tool comprises: an inner-cooling turning tool handle (III-6), a direction-adjustable spray nozzle (III-1) and an inner-cooling turning tool blade (III-4), wherein an inner-cooling turning tool blade pressing device (III-2) is arranged on the inner-cooling turning tool handle (III-6), and presses the inner-cooling turning tool blade (III-4) against the inner-cooling turning tool handle (III-6); a front blade face of the inner-cooling turning tool blade (III-4) is provided with texture; and the inner-cooling turning tool blade pressing device (III-2) is of a hollow structure and provided with the direction-adjustable spray nozzle (III-1), and the inner-cooling turning tool blade pressing device (III-2) is in communication with an internal channel of the direction-adjustable spray nozzle (III-1). The nanofluid minimal lubrication intelligent working system further comprises an electric card handle cooling fin moving system for cooling a turning tool handle. The control method matches an optimal liquid supply quantity by means of a cutting parameter, thereby realizing intelligent supply of a lubricating fluid. In the electric card auxiliary inner-cooling texture turning tool, steerable inner-cooling spray head design with an atomization effect is realized, thereby realizing accurate and controllable intelligent supply of minimal lubricating fluid.

(57) 摘要: 一种电卡辅助内冷织构车刀、纳米流体微量润滑智能工作系统及其控制方法, 电卡辅助

岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。刁玉臣(DIAO, Yuchen); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。徐海州(XU, Haizhou); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。贾东洲(JIA, Dongzhou); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。杨敏(YANG, Min); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。侯亚丽(HOU, Yali); 中国山东省青岛市经济技术开发区嘉陵江路777号, Shandong 266520 (CN)。

(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.); 中国山东省济南市经十路17703号华特广场B308室, 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, 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, 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))。

内冷织构车刀包括: 内冷车刀刀柄(III-6)、可调向喷嘴(III-1)及内冷车刀刀片(III-4); 内冷车刀刀柄(III-6)上设有内冷车刀刀片压紧装置(III-2), 其将内冷车刀刀片(III-4)压紧在内冷车刀刀柄(III-6)上; 内冷车刀刀片(III-4)前刀面上有织构; 内冷车刀刀片压紧装置(III-2)为中空结构, 其上设有可调向喷嘴(III-1), 内冷车刀刀片压紧装置(III-2)与可调向喷嘴(III-1)内部通道相连通。纳米流体微量润滑智能工作系统还包括电卡刀柄散热片移动系统, 为车刀刀柄提供散热。控制方法通过切削参数匹配最佳供液量, 实现润滑液的智能供给。电卡辅助内冷织构车刀, 实现了带雾化效果的可转向内冷喷头设计, 进而实现了微量润滑液的精准可控的智能供给。

电卡辅助内冷织构车刀及纳米流体微量润滑智能工作系统

技术领域

本公开涉及机械加工技术领域，特别是涉及电卡辅助内冷织构车刀、纳米流体微量润滑与微织构刀具耦合的车削工艺系统及智能供给方法。

背景技术

在金属切削过程中，由于切削液及添加剂能起到冷却、润滑、清洗、排屑及防锈的作用，已得到了广泛的应用，但同时也带来了很多负面影响，如污染环境、危害人的健康并增加了制造成本，而且使用不当会增加刀具磨损并降低工件表面质量。随着国家可持续发展战略的要求，我国制造业正追求高质高效低成本的生产模式，同时环保法规越来越严格，大量浇注切削液的冷却方法已不符合生产的发展方向，必须采取措施改变这种资源消耗型制造模式以实现绿色可持续生产。近年来，世界各国及国际生产工程学会(CIRP)、美国机械工程协会(ASME)、国际电子电器工程师协会(IEEE)等组织都对消除或减少切削液危害的切削技术进行了大量研究，并努力应用于生产实践。为了消除或减少冷却液的危害，可以采用干切削、复合加工以及绿色冷却等技术。其中，干切削可以从根本上解决切削液所带来的诸多负面影响，但是在很多情况下，由于切削温度高，致使刀具寿命短且工件表面粗糙度超差，这时采用完全干切削是不可行的。因此，干切削时一般使用超硬刀具材料和涂层刀具，并采取高速切削技术，但是高速切削技术的理论还不完善。复合加工技术如加热和超声振动相结合的辅助切削，其成套设备昂贵，且处于研究阶段。而无污染或少污染的冷却技术在工业界得到了广泛应用。目前出现了冷风冷却、微量润滑冷却、水蒸汽、热管冷却以及内冷却等绿色冷却技术，而且其冷却效果也很好。所以，通过微量润滑装置以实现准干式切削的技术具有可行性和极高的应用前景。

传统摩擦学观点认为，相互接触的两个表面越光滑，磨损量越小。但近年来的研究表明，表面并非越光滑就越耐磨，而是具有一定非光滑形态的表面反而具有更好的耐磨性能。研究非光滑形态表面也就是研究具有织构的表面。所谓表面织构(Surface texture)，是指利用几何图形学理论或仿生学理论设计出具有一定特征的几何微结构，利用激光加工等手段在表面上加工出微结构阵列来改变表面几何形貌，从而改善表面间的接触性能，降低摩擦及改善润滑条件。因此合适的几何微特征是织构改性的前提，对于改善接触副之间的摩擦性能具有较大的工程价值。表面织构能够提高摩擦副的摩擦性能主要是表面织构的微坑或凹痕能够起到储油器的作用，能够及时使摩擦副表面形成润滑膜，从而减少摩擦副表面的摩擦磨损。润滑油对摩擦副表秒的润滑作用主要是依靠两摩擦副之间产生相对运动，从而带动润滑油在表面形成润滑膜，减少两摩擦副表面直接接触处来降低摩擦和减少磨损。当有了凹坑或凹痕的存在时，在凹坑或凹痕内就会存有润滑油，当两摩擦副表面开始相对运动时，产生了相对运动速度，由于润滑油有粘性就粘附在摩擦副表面，在表面的带动下很快在表面形成润滑膜，缩短了润滑膜的形成时间，从而起到抗摩减磨的作用。

微量润滑切削加工技术，其指将微量的润滑液和具有一定压力的气体混合雾化后，输送到摩擦界面起到冷却润滑作用的一种切削加工方法，高压气体主要起到冷却和排屑的作用，微量润滑达到甚至超过了浇注式的润滑效果，具有代替传统的浇注式冷却润滑体现出了巨大的优势和发展前景，但是经研究显示，起雾化效果的高压气体并没有起到预期那样良好的冷却效果。

纳米流体微量润滑继承了微量润滑的所有优点，又解决了微量润滑切削的换热问题，是一种节能环保、绿色低碳的切削加工技术。由于固体换热性能大于液体，液体换热性能大于气体的强化换热机理，将适量的纳米级固体颗粒加入到可生物降解的微量润滑液中形成纳米流体，通过压缩气体将纳米流体微量润滑液进行雾化，并以射流的方式输送到刀具/切屑界面。压缩气体主要起冷却、除屑和输运纳米流体的作用；微量润滑液主要起润滑作用；

纳米粒子强化了切削区流体的换热能力，起到了良好的冷却作用，与此同时，纳米粒子起到了良好的抗磨减摩特性和承载能力，从而提高了磨削区的润滑效果，较大程度的改善工件表面质量和烧伤现象，有效提高了刀具的使用寿命，改善了工作环境。

传统的制冷方式是基于蒸汽压缩技术来实现的，多以氟利昂作为制冷剂的气液制冷方式。一旦氟利昂进入到大气中，臭氧层会被破坏，不但带来环境问题还威胁人类健康。磁制冷技术是一种基于磁卡效应的新型固态制冷技术。磁卡效应是对磁性材料施加磁场或者移去磁场的过程中，磁畴的有序度发生改变而引起体系熵的变化，进而引起材料温度发生变化而实现制冷。磁制冷需要永磁体阵列产生的大磁场来驱动制冷器件工作，其制冷效率强烈依赖于磁场强度，或者说是磁体大小，这在很大程度上限制了磁制冷技术的应用。基于电卡效应的铁电制冷是类比于磁卡效应的磁制冷演变而来。电卡制冷是利用极性材料在施加或者移去电场而引起材料极化状态发生改变，极化状态有序度的变化会诱导材料产生场致熵变及温变而实现制冷。

发明人在研究中发现，经检索，申请号“CN201320711247.5”，申请人为中国南方航空工业（集团）有限公司的赵强等人发明了一种车刀，该车刀包括刀柄和刀头，刀柄与刀头连接，刀头包括相互连接的切削段和避让段，避让段包括圆柱段和锥段，锥段设置在刀柄和圆柱段之间。技术方案有效地解决了现有技术中加工喷口的内锥面及喷油孔困难的问题。

经检索，天津职业技术师范大学的徐国胜等人发明了一种精加工车刀，申请号201611070460.7，提供了一种精加工车刀，所述的车刀包括车刀本体和异形车刀片，所述异形刀片的主切削刃和副切削刃为R40—50 mm圆弧，刃长8—10mm，主后刀面为R6—R7mm圆弧面，副后刀面为R6.5—R8mm圆弧面，异形刀片主后刀面与副后刀面之间相交处为一条圆弧棱边，该棱边在车削过程中作为切削刃参与车削。本发明能够有效改善精车加工中，当切削深度小于0.05mm时刀具的受力情况和切屑的排出方向，避免了振动、挤削和切屑划伤已加工表面的问题，在车削的同时进行修光加工，降低了精加工车削的难度和工件表面粗糙度。但是，该发明适用范围较小，对于其他工况和加工环境的车刀制作指导意义不大。

经检索，济南大学的吴元博等人发明了一种复合型表面织构摩擦副，申请号201820389723.9，公开了一种复合型表面织构摩擦副，属于机械运动摩擦副表面技术领域，其结构包括上表面摩擦副和下表面摩擦副，下表面摩擦副的表面上加工有复合型表面织构，复合型表面织构包括第一沟槽、第二沟槽、第一凹坑和第二凹坑，第一沟槽和第二沟槽分别包括多个，多个第一沟槽之间平行设置，多个第二沟槽之间平行设置，第一沟槽与第二沟槽之间相互交叉设置组成网状沟槽织构，第一凹坑包括多个，沿网状沟槽织构依次设置，使多个第一凹坑被网状沟槽织构连通，第二凹坑包括多个，沿网状沟槽织构形成的菱形网格中心设置。本实用新型利用在运动摩擦副表面加工的表面织构来改善油膜边界润滑状态，降低摩擦系数和磨损量。但是，该专利的摩擦织构类型单一，仅使两种织构简单组合，且并没有说明织构的适用工况，无法对其进行进一步的实际应用。

但是，上述专利虽然在一定程度上解决了在车削过程中的绿色冷却润滑问题或刀具的耐磨性问题亦或开发了新型的内冷刀具，但是仍存在一定程度的缺陷或对其他必要问题的合理解决。

内冷刀具具有导热系数较小的难加工材料在加工过程中换热不足的问题，导热系数较低的材料加工过程中，由于其导热系数较低，其热量不能及时传递出，因此很容易造成加工表面烧伤或切屑在高温下与刀具共同作用造成粘附，降低了刀具的加工性能和加工精度。

发明内容

本说明书实施方式的目的是提供电卡辅助内冷织构车刀，其实现了带雾化效果的可转向内冷喷头设计，进而实现了微量润滑液的精准可控供给。

本说明书实施方式提供电卡辅助内冷织构车刀，通过以下技术方案实现：
包括：

内冷车刀刀柄、可调向喷嘴及内冷车刀刀片；

所述内冷车刀刀柄作为承载装置，其一端设置有内冷车刀刀片，所述内冷车刀刀片与承载该刀片的内冷车刀刀柄的结构之间设置有内冷车刀刀垫；

所述内冷车刀刀柄为电卡材料，外接电场，且内部和外部均包覆有导热性良好的绝缘涂层；

所述内冷车刀刀柄上还设置有内冷车刀刀片压紧装置，所述内冷车刀刀片压紧装置将所述内冷车刀刀片压紧在所述内冷车刀刀柄上；

所述内冷车刀刀片前刀面上加工有织构；

所述内冷车刀刀片压紧装置为中空结构，其上还设置有可调向喷嘴，所述内冷车刀刀片压紧装置与可调向喷嘴内部通道相连通。

本说明书实施方式提供纳米流体微量润滑智能工作系统，通过以下技术方案实现：

包括：

机床工作系统、电卡刀柄散热片移动系统、微量润滑供给系统及织构车刀部件；

所述机床工作系统上安装有微量润滑供给系统及织构车刀部件；

所述电卡刀柄散热片移动系统安装在车刀刀架上，主要为电卡材料制成的车刀刀柄提供散热；

所述微量润滑供给系统主要为织构车刀部件提供脉冲性的润滑、冷却液；

所述织构车刀部件为上述电卡辅助内冷织构车刀，安装在所述机床工作系统中的工件旋转运动，所述织构车刀部件在机床工作系统的作用下做直线运动，织构车刀部件与工件产生剪切，从而产生切屑，实现工件材料的去除。

本说明书实施方式提供纳米流体微量润滑与织构刀具耦合的工艺方法，通过以下技术方案实现：

包括：

将调配好的微量润滑油或纳米流体微量润滑油倒入微量润滑供给系统中；

织构车刀部件需要安装在机床工作系统之中，并做好定位与夹紧；

工件亦需要安装在机床工作系统之上，并做好定位与夹紧工作；

在切削参数确定后，将车床加工参数输入至微量润滑供给系统，通过前期建立参数匹配数据库，将切削参数智能识别，与微量润滑供给系统的最佳供液量相匹配，控制智能供给电机运动，带动齿轮齿条传动机构，进而调节切削用量，实现切削用量与供液量的智能供给；

在工件被加工过程中，工件始终保持旋转运动，而织构车刀部件在机床工作系统的作用下做直线运动，织构车刀部件与工件产生剪切，从而产生切屑，实现工件材料的去除。

与现有技术相比，本公开的有益效果是：

本公开的电卡辅助内冷织构车刀，实现了带雾化效果的可转向内冷喷头设计，进而实现了微量润滑液的精准可控供给。内冷的以降低温度和强换热从而提升刀具寿命突出问题。

本公开使用纳米流体微量润滑；即将纳米粒子加入到微量润滑油中，再加入分散剂得到稳定、分散性好的纳米流体。利用纳米粒子的优良换热性能，降低高温区的温度。

本公开使用织构刀具；由于车刀表面加工织构后，能够降低摩擦区的摩擦系数，进而降低由于摩擦所产生的热能；

本公开使用内冷车刀，利用内冷车刀特殊供液路线，将更多的纳米流体微量润滑油带入至产热区。因此，其应用能大幅降低切削温度、清理微细切屑和提高刀具寿命。

本公开内冷车刀结构制造精度和装配精度较高，而且，由于车刀的尺寸本身不大，所以内冷车刀的供液通道尺寸与内冷车刀相匹配。

由于内冷车刀的供液位置离实际需要润滑冷却的前刀面、刀屑摩擦区较近，因此，其冷却润滑效果好。

本公开的纳米流体微量润滑与织构刀具耦合的工艺系统,通过微量润滑的形式解决了传统润滑方式的污染环境、危害人的健康及增加了制造成本等问题,实现了环保型的切削力的降低和切削热的传递;另一方面,表面织构能够提高摩擦副的摩擦性能主要是表面织构的微坑或凹痕能够起到储油器的作用,能够及时使摩擦副表面形成润滑膜,从而减少摩擦副表面的摩擦磨损,增加了工艺系统中车刀的使用寿命。因此,综合上述各种作用,本发明实现了寿命长、能耗低的绿色制造。

本公开的纳米流体微量润滑与织构刀具耦合的工艺方法,通过纳米流体微量润滑和织构刀具的耦合作用,可以实现对各种切削加工材料包括难加工材料的低损伤、低能耗的绿色去除。通过切削力的指数方程建立,对刀具的切削参数进行理论指导。将切削参数智能识别,与微量润滑供给装置的最佳供液量相匹配,实现切削用量与供液量的智能供给。本公开集成了车刀磨损状态图像采集装置和刀具温度监测装置,提升了整个加工系统的智能程度与加工过程的可控性,降低了加工工件的不合格率。

对不同微观润滑状态进行分析,将润滑工况与织构类型结合。寻找到了微观状态下的最佳润滑工况,即纳米流体微量润滑与微织构相耦合的润滑工况。

附图说明

构成本公开的一部分的说明书附图用来提供对本公开的进一步理解,本公开的示意性实施例及其说明用于解释本公开,并不构成对本公开的不当限定。

图1为本公开实施例子一的电卡辅助内冷织构车刀及其供给装置整体结构示意图;

图2为本公开实施例子一的电卡辅助内冷织构车刀整体结构示意图;

图3(a)为本公开实施例子一的电卡辅助内冷织构车刀爆炸示意图;

图3(b)为本公开实施例子一的电卡辅助内冷织构车刀中销钉结构示意图;

图4为本公开实施例子一带流体通道的压板零件雾化部分剖视图;

图5(a)为本公开实施例子一电卡辅助内冷织构车刀剖视图;

图5(b)为本公开实施例子一电卡辅助内冷织构车刀的内冷车刀刀片结构示意图;

图6为本公开实施例子一内冷车刀电卡刀柄散热片移动系统示意图;

图7为本公开实施例子一内冷车刀电卡刀柄散热片移动系统工作周期循环示意图;

图8为本公开实施例子二纳米流体微量润滑车削工艺系统示意图;

图9为本公开实施例子二机床轴测视图;

图10为本公开实施例子二微量润滑供给系统结构爆炸图;

图11为本公开实施例子微量润滑智能化供给示意图;

图12为本公开实施例子车刀受力示意图;

图13为本公开实施例子车刀受力坐标分析示意图;

图14为本公开实施例子不同类型的织构形式示意图;

图15(a)-图15(b)为本公开实施例子车削加工过程中毛细现象原理图及局部放大图;

图16(a)-图16(c)为本公开实施例子干切削状态、浇注式或微量润滑状态、纳米流体微量润滑状态下微观示意图;

图17为本公开实施例子三角形截面织构剖视示意图;

图18为本公开实施例子四边形截面织构剖视示意图;

图19为本公开实施例子椭圆形截面织构剖视示意图;

图中,I-机床工作系统,II-工件,III-织构车刀部件,IV-微量润滑供给系统,V-车刀磨损状态监测系统,VII-电卡刀柄散热片移动系统;

I-1-主轴箱,I-2-调节旋钮,I-3-工件夹紧装置,I-4-机床导轨,I-5-车刀部件,I-6-顶尖,I-7-顶尖固定旋钮,I-8-丝杠电动机,I-9-机床尾架座,I-10-机床尾架,I-11-旋转刀架部件,I-12-纵向丝杠电动机,I-13-机床床身;

III-1-可调向喷嘴, III-2-内冷车刀刀片压紧装置, III-3-内冷车刀定位销钉, III-4-3-主后刀面, III-4-2-前刀面, III-4-1-副后刀面, III-4-内冷车刀刀片, III-5-内冷车刀刀垫, III-6-内冷车刀刀柄, III-7-内冷车刀气管接头, III-8-喷嘴密封圈, III-9-内冷车刀密封螺钉, III-10-车刀密封螺钉密封圈, III-11-上密封螺钉, III-12-上密封圈, III-1-1-可调向喷嘴气体通道, III-1-2-可调向喷嘴润滑油通道, III-4-a-开放织构形式, III-4-b-混合织构形式, III-4-c-封闭织构形式, III-4-d-半开放式织构形式;

IV -1-箱体, IV -2-油杯接头, IV -3-油杯, IV -4-固定螺钉, IV -5-垫圈, IV -6-固定螺钉, IV -7 润滑泵固定盖, IV -8-精密微量润滑泵, IV -9-气量调节旋钮, IV -10-三通, IV -11-电磁阀, IV -12-气源处理器, IV -13-进气接口, IV -14-双向接头, IV -15-频率发生器, IV -16-管道, IV -17-管道, IV -18-管道, IV -19-油量调节旋钮, IV -20-润滑泵出口接头, IV -21-智能供给齿轮, IV -22-智能供给电机脚架, IV -23-智能供给电机座, IV -24-智能供给滑轨齿条, IV -25-智能供给电机;

VI-1-切屑, VI-2-纳米粒子, VI-3-织构车刀, VI-4-微量润滑油, VI-5-微小切屑, VI-6-微观毛细通道;

VII-1-散热板, VII -2-气缸, VII -3-上进气管, VII -4-下进气管。

具体实施方式

应该指出, 以下详细说明都是例示性的, 旨在对本公开提供进一步的说明。除非另有指明, 本文使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

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公开的示例性实施方式。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。

实施例子一

该实施例公开了电卡辅助内冷织构车刀, 参见附图 1-7 所示, 织构内冷车刀包括可调向喷嘴 III-1, 内冷车刀刀片压紧装置 III-2, 内冷车刀定位销钉 III-3, 内冷车刀刀片 III-4, 内冷车刀刀垫 III-5, 内冷车刀刀柄 III-6, 内冷车刀气管接头 III-7, 喷嘴密封圈 III-8, 内冷车刀密封螺钉 III-9, 车刀密封螺钉密封圈 III-10, 可调向喷嘴气体通道 III-1-1, 可调向喷嘴润滑油通道 III-1-2。

内冷车刀刀片 III-4 为车削加工主要工作部分, 工件在工作时做旋转运动, 内冷车刀刀片 III-4 做直线进给运动; 此时会在刀具主切削刃和工件之间产生剪切, 从而产生切屑, 切屑与车刀刀片前刀面会产生摩擦; 而车刀刀片的后刀面会和工件的已加工表面产生摩擦。

图 5(b) 为内冷车刀刀片的具体结构, 包括主后刀面 III-4-3, 前刀面 III-4-2, 副后刀面 III-4-1。图 5(a) 为本公开实施例子一电卡辅助内冷织构车刀剖视图。

在具体实施例子中, 内冷车刀刀垫 III-5 为与内冷车刀刀片 III-4 形状相同, 厚度尺寸和中心孔尺寸不同。其主要是防止内冷车刀刀片 III-4 承受的切削抗力太大而变形, 将内冷车刀刀片 III-4 受到的切削抗力平均的通过内冷车刀刀垫 III-5 传递到内冷车刀刀柄 III-6 上。

内冷车刀刀柄 III-6 为内冷车刀刀片 III-4 和内冷车刀刀垫 III-5 的承载装置, 其主要作用是将织构内冷车刀各部件固连在一起, 再通过螺栓固连在机床系统的旋转刀架部件 I-11 上。

内冷车刀定位销钉 III-3 为特制销钉, 用于定位内冷车刀刀片 III-4 和内冷车刀刀垫 III-5。

此处所提到的特制销钉并非材料等的特制或特殊处理, 称其为特制销钉主要原因是销钉作为拥有生产标准的机械零部件, 其结构与形状尺寸在实际生产中有一定标准。而本公开所使用的销钉虽然在功能上与标准件相同, 但是在结构上还是与传统销钉标准件存在区别, 即非标准件, 故而在此成为特制销钉。特制销钉的结构图见图 3(b) 所示。图 3(a) 为本公开实施例子一的电卡辅助内冷织构车刀爆炸示意图。

本实施例子的压紧装置与现有的不同，现有的压紧装置只能够提供压紧作用，而不能提供其他作用。而本公开所涉及的压紧装置在提供压紧作用的同时，还能够作为气体和微量润滑液管的流通装置。

内冷车刀刀片压紧装置III-2为内冷车刀刀片III-4的压紧装置，通过其压住外冷车刀刀片，起到夹紧的作用。其与内冷车刀密封螺钉III-9通过螺纹连接固连在一起。内冷车刀密封螺钉III-9与内冷车刀刀柄III-6之间设置有车刀密封螺钉密封圈III-10，且该零件为中空，可以使气体和微量润滑液管通过。

在内冷车刀密封螺钉III-9、内冷车刀刀柄III-6、上密封螺钉III-11、上密封圈III-12的共同作用下，车刀通道的压缩气体和液管均能够流通至可调向喷嘴III-1。内冷车刀密封螺钉III-9为车刀故障的检修提供保证，进而提升了部件整体的使用寿命。

可调向喷嘴III-1为带雾化装置的可调向的内冷车刀喷嘴，该喷嘴包括可调向喷嘴气体通道III-1-1，可调向喷嘴润滑油通道III-1-2，可以使气体和微量润滑油混合雾化。车刀密封螺钉密封圈III-10和内冷车刀密封螺钉III-9为标准件，用于密封织构内冷车刀的气体通道。

内冷车刀气管接头III-7为微量润滑供给装置和内冷车刀润滑液接口的连接装置，其一端连接内冷车刀刀柄III-6，一端连接微量润滑供给系统IV的管路。

内冷车刀刀片其前刀面上加工有具有一定面密度、宽度、深度的织构，织构包括开放式织构、半开放式织构、封闭织构和混合式织构。

其中，开放式织构为织构内流体可在织构中自由流动，即既可在一个方向运动，亦在与该方向成一定角度方向上流动。

半开放式织构表示织构内流体只可在织构的作用下做单向运动。

封闭织构为织构内流体不会向其他方向运动。

混合式织构为开放式、半开放式、封闭式织构两两组合或三种共同存在。

在工作时，再参见图5(a)所示，由微量润滑供给系统IV的气液混合出口IV-5流出的液管最终经内冷车刀刀柄III-6、内冷车刀刀片压紧装置III-2进入到可调向喷嘴气体通道III-1-1。

压缩空气经内冷车刀气管接头III-7，进入到内冷车刀刀柄III-6和内冷车刀刀片压紧装置III-2，最终到达可调向喷嘴润滑油通道III-1-2处，与液管共同作用产生微量润滑油的雾化液滴。

该实施例子中的新型内冷车刀部件，实现了带雾化效果的可转向内冷喷头设计和电卡辅助制冷，进而实现了微量润滑液的精准可控供给和刀片良好冷却。

实施例子二

该实施例子公开了本说明书实施方式提供纳米流体微量润滑智能工作系统，参见附图8-11所示，通过以下技术方案实现：

包括：

机床工作系统、微量润滑供给系统及织构车刀部件；

所述机床工作系统上安装有微量润滑供给系统及织构车刀部件；

所述微量润滑供给系统主要为织构车刀部件提供脉冲性的润滑、冷却液；

所述织构车刀部件为上述电卡辅助内冷织构车刀，安装在所述机床工作系统中的工件旋转运动，所述织构车刀部件在机床工作系统的作用下做直线运动，织构车刀部件与工件产生剪切，从而产生切屑，实现工件材料的去除。

机床工作系统II可以为普通车床，也可为数控车床，本发明以普通车床为例对整个工艺系统进行描述，在组成部分或结构相同的情况下，数控车床的工艺系统仍然属于本发明的内容。工件II即需要加工的零件，一般为回转类零件。织构车刀部件III主要为车削加工的切削部分。微量润滑供给装置IV主要为织构车刀部件III提供脉冲性的润滑、冷却液。

在一实施例子中，还包括车刀磨损状态监测系统V，车刀磨损状态监测系统V集成了红外热像仪采集模块和图像采集装置，可对车刀的磨损状态和车刀部件的温度进行监控。

在加工初始位置时，车刀磨损状态监测系统V的图像采集装置对车刀初始状态进行采集，并储存在存储器中，当一个零件加工完成后，车刀回到初始位置，图像采集装置对车刀刀片进行图像采集，并与初始状态车刀图像进行分块图像比较。通过分块图像对比和数据加权累加后，得到车刀磨损状态参考值，根据参考值可与被加工工件精度要求对应的车刀磨损阈值进行大小比较，从而决定是否更换车刀。所述加权累加，即将靠近车刀刀刃部分的磨损赋予更高的权重，远离车刀刀刃部分的磨损赋予更低的权重，累计相加后得到车刀磨损状态参考值。

在另一实施例子中，还包括电卡刀柄散热片移动系统，该电卡刀柄散热片移动系统包括散热板、下进气管、气缸及上进气管。

具体的，散热板下方设置有气缸，气缸的数量可以为两个，每个气缸分别连接至上进气管及下进气管。

电卡刀柄散热片移动系统为周期循环对电卡材料制成的车刀刀柄进行周期性通电，并且散热片跟随周期内移动，具体如下：

1、在内冷车刀刀柄III-6和内冷车刀刀垫III-5内施加电场，由于电场的作用，内冷车刀刀柄III-6和内冷车刀刀垫III-5内的偶极子会有序排列，从而整个部件的熵值减小，进而温度上升。

2、电场保持不变，由于熵值减小所造成的温升由散热板VII-1散出，散热板VII-1的下进气管VII-4工作，推动气缸VII-2向前移动，散热板VII-1与内冷车刀刀柄III-6和内冷车刀刀垫III-5接触，将内冷车刀刀柄III-6和内冷车刀刀垫III-5的热量传递给散热板VII-1。

3、将电场移除，同时上进气管VII-3通气，将气缸VII-2顶回，此时，由于电场的撤出，导致内冷车刀刀柄III-6和内冷车刀刀垫III-5的偶极子无序排布，从而熵值增大，温度降低。

4、电场仍处于被移除状态，此时内冷车刀刀柄III-6和内冷车刀刀垫III-5的温度低于内冷车刀刀片III-4，热量转移到车刀刀柄处。

由此循环往复，从而实现部件温度的降低。

整个系统的工作流程：在整个系统工作之前需要先将调配好的微量润滑油或纳米流体微量润滑油倒入微量润滑供给系统IV中，织构车刀部件III需要安装在机床工作系统I之中，并做好定位与夹紧。此外，工件II亦需要安装在机床工作系统I之上，并做好定位与夹紧工作。

需要说明的是，微量润滑和纳米流体微量润滑的区别在于，纳米流体微量润滑是在微量润滑油的基础之上添加纳米粒子以及分散剂，从而将纳米粒子均匀、稳定地分散在微量润滑油这一液体介质中，形成分散性好、稳定性高、持久及低团聚的纳米流体。

在工件II被加工过程中，工件II始终保持旋转运动，而织构车刀部件III在机床工作系统I的作用下做直线运动。织构车刀部件III与工件II产生剪切，从而产生切屑，实现工件II材料的去除。

参见附图9所示，车削机床工作系统I包括主轴箱I-1，调节旋钮I-2，工件夹紧装置I-3，机床导轨I-4，车刀部件I-5，顶尖I-6，顶尖固定旋钮I-7，丝杠电动机I-8，尾架座I-9，机床尾架I-10，旋转刀架部件I-11，纵向丝杠电动机I-12。机床床身I-13主要为铸铁材质，经铸造工艺加工而成，主要作用是将各部件连接在一起，并使机床工作系统I稳定固定在地面上。主轴箱I-1为车削机床工作系统I的复杂传动部件，其主要作用是实现工件夹紧装置I-3的旋转运动，实现工件夹紧装置I-3的不同转速、工件夹紧装置I-3的启动停止、工件夹紧装置I-3旋转方向的变换等。调节旋钮I-2的旋转可以调节主轴箱I-1的传动机构控制工件夹紧装置I-3的启动停止、转速及旋转方向的改变。工件夹紧装置I-3可根据实际零件加工的工艺需求选取三爪卡盘、四爪卡盘或花盘等装置；其主要作用是定心夹紧。旋转刀架部件I-11主要作用为安装固定织构车刀部件III。其可以同时安装四把刀具。其原理是通过螺栓将织构车刀部件III固定在旋转刀架部件I-11上。旋转刀架部件I-11的纵向运动依靠纵向丝杠电动机I-12带动丝杠运动完成。机床导轨I-4与旋转刀架部件I-11的工作台精密配合，

从而实现旋转刀架部件 I-11 的横向运动。丝杠电动机 I-8 为丝杠旋转运动的动力来源。机床尾架座 I-9 与机床导轨 I-4 精密配合实现机床尾架 I-10 在导轨上的直线移动。顶尖固定旋钮 I-7 为顶尖 I-6 的固定旋钮，通过旋转顶尖固定旋钮 I-7 将顶尖 I-6 与机床尾架座 I-9 相对静止。顶尖 I-6 为车削加工过程的辅助装置，当车削加工细长轴时，可以通过机床顶尖 I-6 顶住细长轴，减小细长轴在加工过程中的震颤，提高被加工工件的加工精度。顶尖 I-6 可换为钻头进行工件的钻削加工，亦可为其他类型的刀具用于对工件进行回转加工。工件 II 一般为棒料，也可为盘、套或其他具有回转表面的工件，如内外圆柱面、内外圆锥面、端面、沟槽、螺纹和回转成形面等。

如图 10 所示，微量润滑供给系统 IV 包括箱体 IV-1、油杯接头 IV-2、油杯 IV-3、固定螺钉 IV-4、垫圈 IV-5、固定螺钉 IV-6、润滑油固定盖 IV-7、精密微量润滑油泵 IV-8、气量调节旋钮 IV-9、三通 IV-10、电磁阀 IV-11、气源处理器 IV-12、进气接口 IV-13、双向接头 IV-14、频率发生器 IV-15、管道 IV-16、管道 IV-17、管道 IV-18、油量调节旋钮 IV-19、润滑油出口接头 IV-20、智能供给齿轮 IV-21、智能供给电机脚架 IV-22、智能供给电机座 IV-23、智能供给滑轨齿条 IV-24、智能供给电机 IV-25。进气接口 IV-13 固定于气源处理器 IV-12 上，高压气体由进气接口 IV-13 进入气源处理器 IV-12 过滤，为润滑系统提供高压气体，气源处理器 IV-12 通过双向接头 IV-14 接在电磁阀 IV-11 上，控制气体的进入，电磁阀 IV-11 出口处接一个三通 IV-10，高压气体通过三通 IV-10 的一个出口管道 IV-16 进入频率发生器 IV-15，通过频率发生器 IV-15 来控制气体的输入频率，高压气体从频率发生器 IV-15 出来后通过管道 IV-17 进入精密微量润滑油泵 IV-8；另外，高压气体通过三通 IV-10 的另一个出口管道 IV-18 进入精密微量润滑油泵 IV-8，油杯接头 IV-2 一端通过螺纹连接 IV-2，另一端通过螺纹连接润滑油固定盖 IV-7，润滑油固定盖 IV-7 通过 2 个固定螺钉 IV-6 连接精密微量润滑油泵 IV-8，润滑油固定盖 IV-7 通过 2 个固定螺钉 IV-4 和垫圈 IV-5 固定在箱体 IV-1 上，通过调节气量调节旋钮 IV-9 来调节高压气体的气量，通过调节油量调节旋钮 IV-19 调节润滑油的油量，最后通过润滑油出口接头 IV-20 连接喷嘴接头 IV-6 向切削系统 IV 提供润滑油。

智能供给齿轮 IV-21 通过键连接与智能供给电机 IV-25 相连接，智能供给电机 IV-25 通过螺栓连接安装在智能供给电机脚架 IV-22 上，智能供给电机脚架 IV-22 通过螺栓连接固连在智能供给电机座 IV-23 上，智能供给电机座 IV-23 焊接固连在箱体 IV-1 上。智能供给滑轨齿条 IV-24 焊接固连在箱体 IV-1 上，并与智能供给齿轮 IV-21 配合传动。

所述微量润滑智能调节供给系统可以根据实际加工通过电机带动齿轮齿条部件，进而调节供给量旋钮从而实现微量润滑油供给量参数的智能调节。

微量润滑供给系统 IV 其基本原理为利用气动将微量润滑油脉冲性（即间隔性）的输运至喷嘴处，再在喷嘴或者内冷车刀处雾化，喷射到指定位置。

在一实施例子中，参见图 11 所示，微量润滑智能化供给在实现时：可以通过微型计算机模块将长期实践经验的切削参数对应的微量润滑油供给系统供给量输入至控制单元的存储器中，更换加工参数时，将参数输入至信号输入器中，对应的存储器中的数据提取到供给量，再对微量润滑供给装置的机械装置调节旋钮进行调节从而调节供给量。

如图 12, 13 所示，切削过程的受力为切削力 F_z 、背向力 F_y 、进给力 F_x 。

切削力的指数公式是通过大量实验，由测力仪测得切削力后，所得数据用数学方法进行处理，就可以得出计算切削力的经验公式。

$$F_z = C_{Fz} a_p^{X_{Fz}} f^{Y_{Fz}} v^{n_{Fz}} K_{Fz}$$

$$F_y = C_{Fy} a_p^{X_{Fy}} f^{Y_{Fy}} v^{n_{Fy}} K_{Fy}$$

$$F_X = C_{Fx} a_p^{X_{Fx}} f^{Y_{Fx}} v^{n_{Fx}} K_{Fx}$$

F_z — 切削力;

F_y — 背向力;

F_x — 进给力;

C_{Fz} 、 C_{Fy} 、 C_{Fx} — 决定于被加工金属和切削条件的系数

X_{Fz} 、 Y_{Fz} 、 n_{Fz} 、 X_{Fy} 、 Y_{Fy} 、 n_{Fy} 、 X_{Fx} 、 Y_{Fx} 、 n_{Fx} — 分别为三个分力公式中, 背吃刀量 a_p 、

进给量 f 和切削速度 v 的指数;

K_{Fz} 、 K_{Fy} 、 K_{Fx} — 分别为三个分力计算中, 当实际加工条件与所求得经验公式的条件不符时, 各种因素对切削力的修正系数的积。

指数方程的建立:

影响切削力的因素有很多, 单是当被加工材料确定后, 影响切削力的主要因素有背吃刀量 a_p 和进给量 f 。一般情况下, 将主要因素纳入经验公式, 而将其他因素作为经验公式的修正系数。

当进行切削力的实验时, 保持所有对切削力有影响的因素不变, 只改变背吃刀量 a_p 进行实验, 测力仪测得不同背吃刀量 a_p 时, 若干切削分力的数据, 将所得到的数据画在双对数坐标纸上, 则近似为一条直线。其数学方程:

$$Y = a + bX$$

式中:

$Y = \lg F_z$ — 主切削力 F_z 的对数;

$X = \lg a_p$ — 背吃刀量 a_p 的对数;

$a = \lg C_{ap}$ — 对数坐标上 $F_z - a_p$ 直线上的纵向截距;

$b = \lg \alpha = x_{Fz}$ — 双对数坐标上 $F_z - a_p$ 直线的斜率。

a 和 α 均可由图 13 直接测得

因此, 上式可以改写为:

$$\lg F_z = \lg C_{ap} + x_{Fz} \lg a_p$$

整理后可以得到:

$$F_z = C_{ap} a_p^{x_{Fz}}$$

同理可以得到切削力 F_z 与进给量 f 的关系式

$$F_z = C_f f^{y_{Fz}}$$

式中:

C_f — 双对数坐标系上, $F_z - f$ 直线的纵截距;

y_{Fz} — $F_z - f$ 直线的斜率。

综合上述两式, 以及各个其他次要因素对 F_z 的影响, 就可以得出计算切削力的经验公式:

$$F_z = C_{Fz} a_p^{x_{Fz}} f^{y_{Fz}} K_{Fz}$$

C_{Fz} — 决定于被加工材料和切削条件的系数; 可用实际实验数据代入公式后求得;

K_{Fz} — 实际加工条件与求得经验公式的条件不符时, 各种影响因素对切削力的修正系数之积。

同理, 可求得进给力 F_x 和背向力 F_y 的经验公式。

上述过程可以在车刀设计完成后, 对切削力进行预测, 从而对合理的切削参数选择提供技术指导。

在切削参数背吃刀量 a_p 、进给量 f 和切削速度 v 确定后, 将车床加工参数输入至微量润滑供给系统, 通过前期建立参数匹配数据库, 将切削参数智能识别, 与微量润滑供给装置的最佳供液量相匹配, 实现切削用量与供液量的智能供给。

或者当该工作系统为数控车削加工系统时, 将微量润滑供给装置与数控系统相连接, 读取数控系统编程代码, 然后根据编程代码规则, 提取识别代码中背吃刀量 a_p 、进给量 f 和切削速度 v 等参数, 并将参数反馈到纳米流体微量润滑供给装置, 通过前期建立参数匹配数据库, 将切削参数智能识别, 与微量润滑供给装置的最佳供液量相匹配, 实现切削用量与供液量的智能供给。

如图14所示, 本发明将织构形式分为开放织构形式III-4-a, 混合织构形式III-4-b, 封闭织构形式III-4-c, 半开放式织构形式III-4-d。织构的摩擦学特性与其面密度(织构面积比上该区域内的总面积)、深度、宽度有关, 各形式的织构可以通过仿真软件进行分析后, 进入摩擦磨损实验机上进行摩擦磨损实验, 寻找最佳的织构面密度、织构深度和织构宽度。下文所述二次润滑功能, 即润滑液在织构区域中储存后, 在外界作用下, 将润滑液供给到切削区(刀/屑摩擦区域)的作用; 容屑功能, 即在切削过程中的微小切屑会被带入到织构凹槽, 并起到储存的作用, 从而减少其余刀具的摩擦和磨损。所述开放式织构III-4-a为织构内流体可在织构中自由流动, 即既可在一方向运动, 亦在与该方向成一定角度方向上流动。所述半开放式织构III-4-d表示织构内流体只可在织构的作用下做单向运动。所述封闭织构III-4-c为织构内流体不会向其他方向运动。所述混合式织构III-4-b为开放式、半开放式、封闭式织构两两组合或三种共同存在。包含且不局限于图示。

开放织构形式III-4-a相对于半开放式织构形式III-4-d、混合织构形式III-4-b以及封闭织构

形式III-4-c具有更加优异的润滑液流通特性,在加工过程中更容易实现“二次润滑”:即具有液体输运通道的微结构,将织构凹陷处的微量润滑油供给切屑/刀具摩擦区域,从而降低磨损。而封闭织构形式III-4-c相对于开放织构形式III-4-a有更好的加工工艺性,即制作简单,但是长期使用容易造成织构被固体纳米粒子和微小切屑堵塞,导致纳米流体微量润滑液中的液体润滑剂无法发挥作用,但是其在实际生产中更容易制作。半开放式织构形式III-4-d同时具有封闭织构形式III-4-c和开放织构形式III-4-a的优缺点,其既有微量润滑油的半流动通道,又便于加工。由于垂直于切屑方向能够将织构的储油或“二次润滑”功能得到最大限度的发挥,所以垂直于切屑方向的半开放式织构的抗磨减摩性能相对于其他方向的半开放式织构形式III-4-d更加优异。但是其液体流动性不如开放织构形式III-4-a。混合织构形式III-4-b加工复杂,且在长期使用中容易造成混合织构形式III-4-b中的封闭部分容易堵塞。制作者可根据实际需求选取合适的织构加工形式。

如图15(a)-图15(b)所示,在实际加工过程中,在织构车刀VI-3和切屑VI-1之间由于切屑VI-1上硬质点的滑擦,会产生细长的微观毛细通道VI-6,当这些微观毛细通道VI-6与外界相连通时,微观尺度的毛细流动可以使切削液渗透到摩擦区域,从而使得微量润滑油的润滑效果得到有效的提升。毛细流动是一种自发运动,无需外力驱动。

由于微量润滑供给系统IV所供给的微量润滑油是以气动雾化后的小液滴的形式供给的,所以这些液滴具有较快的速度,更加容易进入到微观毛细通道VI-6中。又因为本工艺系统采用的是织构车刀VI-3,微观毛细通道VI-6更加容易与外界相连通,因此,在双重作用耦合之下,整个切削加工过程中,既有微观毛细通道VI-6,又有微织构的切削液储存通道,从而使得微量润滑油在本装置中发挥最大的润滑作用,降低摩擦系数和切削力,可以使得单位材料去除所需要的能量明显下降,提升了能量利用率。

如图16(a)-图16(c)所示,对在纳米流体微量润滑工况下的织构车刀VI-3/切屑VI-1摩擦界面分析,可得到纳米流体微量润滑和微织构刀具的耦合作用如下:

1. 在经过雾化的微量润滑油VI-4在切屑/车刀摩擦区域也低铺展开形成区域润滑油膜或稳定的平面油膜,也会降低摩擦区域的摩擦系数,降低织构车刀VI-3/切屑VI-1摩擦区域之间的磨损和切削力,从而增加了整个系统的寿命。在纳米流体微量润滑工况下,由于纳米粒子VI-2的存在使得微量润滑油在织构车刀VI-3与切屑VI-1摩擦界面的物理润滑油膜的产生更加容易,从而降低摩擦接触区的摩擦系数,改善表面加工质量。同时纳米粒子的类轴承作用,提高了整体的润滑性能。

2. 在没有任何润滑剂添加的情况下,织构已经表现出了优异的耐磨性能。而在纳米流体微量润滑工况下,织构车刀VI-3的织构凹槽的存在一方面可以储存微量润滑油VI-4,可以在摩擦区域润滑状况不好时及时向摩擦区域供给微量润滑油VI-4,即二次润滑效应,对润滑起到增益效果;另一方面可以储存摩擦接触区产生的微小切屑VI-5,减少了由于这些微小切屑VI-5而产生的摩擦磨损。

3. 纳米粒子的强换热能力可以及时将切削区热量带走,避免了工件的烧伤损害。

在上述两个方面的共同作用之下,本工艺系统能够很好地保证加工工件的表面完整性,提高工艺系统的使用寿命,实现了绿色制造。

微量润滑形式与纳米流体微量润滑有所不同,由于缺少纳米粒子的存在,一方面在加工时相较于纳米流体微量润滑有更低的换热能力这种润滑工况不适用于加工热导率较低的材料或加工持续温度高的材料,虽然在此种润滑形式下,织构能够提供二次润滑和容屑的作用,然而换热能力的不足导致其在加工时容易产生烧伤。

浇注式润滑工况下与微量润滑相似,但由于其能够持续大量的供液,其换热能力稍优于微量润滑。织构均能够提供二次润滑和容屑的作用。浇注式润滑会将大量切削液以液体射流的方式进入到切削区,然而,浇注式容易引起油疹、毛囊炎等危害,会产生致癌物质,违背了绿色加工的理念。

干切削工况下,即没有外加任何润滑工况的切削状态下,织构只能够提供容屑的作用而不能提供二次润滑作用,同时,换热能力也是一大使用阻碍。

如图17, 18, 19所示,各类型织构截面可为任意可制作出的二维形状,如三边形、四边形、多边形、半圆形和半椭圆形等。下面对各形状参数与应用情况进行分析:

三边形截面。该形状相较于其他形状有更低的容油、容屑区,即在同等深度的情况下,三角形不利于二次润滑和容屑。其形状参数主要包括左边倾角 β 、右边倾角 α 、织构宽度 d 以及深度 h 。其中左边为接近刀尖的三角形边。右边倾角 α 越大,代表织构凹槽的容屑能力越强。

设织构面积 S , 织构面密度 ϕ , 该截面下的储油和容屑体积 V_{Δ}

$$V_{\Delta} = \frac{1}{2} d \cdot h \cdot S \cdot \phi$$

四边形截面。相较于其他形状可以有更大的容油、容屑区,即在同等深度的情况下,四边形截面有利于润滑油和微细切屑的储存。其形状参数主要包括左边倾角 β 、右边倾角 α 、上织构宽度 d_1 、下织构宽度 d_2 以及深度 h 。

设织构面积 S , 织构面密度 ϕ , 该截面下的储油和容屑体积 $V_{\square}$

$$V_{\square} = \frac{1}{2} \cdot (d_1 + d_2) \cdot h \cdot S \cdot \phi$$

椭圆形截面。在同等深度的情况下椭圆截面的容油、容屑区的面积适中,但是其槽内润滑液受到冲击时,相对于四边形截面更容易制作,其性能也介于四边形截面和三角形截面之间。其形状参数包 d 和 h 。

设织构面积 S , 织构面密度 ϕ , 该截面下的储油和容屑体积 $V_{\circ}$

$$V_{\circ} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot h \cdot S \cdot \phi$$

处于微通道中的纳米流体具有如下性质:

纳米流体的密度: $\rho_{nf} = (1 - \phi)\rho_f + \phi\rho_p$

ρ_{nf} — 纳米流体的密度

ϕ — 体积分数

ρ_f — 基液的密度

ρ_p — 纳米粒子的密度

纳米流体的动力粘度: $\mu_{nf} = \mu_f \frac{1}{(1 - \phi)^{2.5}}$

μ_{nf} — 纳米流体的动力粘度

μ_f — 基液的动力粘度

运动粘度:
$$\nu_{nf} = \frac{\mu_{nf}}{\rho_{nf}}$$

ν_{nf} — 纳米流体的运动粘度

热导率:
$$k_{nf} = \frac{k_p + 2k_f + 2(k_p - k_f)\phi}{k_p + 2k_f - 2(k_p - k_f)\phi} k_f$$

k_{nf} — 纳米流体的热导率

k_p — 纳米粒子的热导率

k_f — 基液的热导率

比热容:
$$(\rho c_p)_{nf} = (1 - \phi)(\rho c_p)_f + \phi(\rho c_p)_p$$

$(\rho c_p)_{nf}$ — 纳米流体的比热容

$(\rho c_p)_f$ — 基液的比热容

$(\rho c_p)_p$ — 纳米粒子的比热容

Reynolds 数计算式:
$$Re = \frac{\bar{u} D_h}{\nu}$$

Re — 雷诺数

$\bar{u}$ — 平均流速

D_h — 微通道的当量直径

ν — 运动粘度

其中
$$\bar{u} = \frac{M}{N \rho A_c}$$

M — 质量流量

N — 微通道数

A_c — 微通道截面积

摩擦阻力系数
$$f = \frac{\Delta p D_h}{2 \rho L \bar{u}^2}$$

f — 摩擦阻力系数

Δp — 压差

D_h — 微通道当量直径

L — 微通道长度

换热特性 Prandtl 数: $P_r = \frac{\mu c_p}{k}$

P_r — 换热特性 Prandtl 数

c_p — 比定压热容

k — 工质热导率

纳米流体带走的总热量: $Q = Mc_p(T_o - T_i)$

Q — 纳米流体带走的总热量

T_o — 纳米流体的出口温度

T_i — 纳米流体的初始温度

可以理解的是,在本说明书的描述中,参考术语“一实施例”、“另一实施例”、“其他实施例”、或“第一实施例~第N实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

以上所述仅为本公开的优选实施例而已,并不用于限制本公开,对于本领域的技术人员来说,本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本公开的保护范围之内。

1. 电卡辅助内冷织构车刀，其特征是，包括：

内冷车刀刀柄、可调向喷嘴及内冷车刀刀片；

所述内冷车刀刀柄作为承载装置，其一端设置有内冷车刀刀片，所述内冷车刀刀片与承载该刀片的内冷车刀刀柄的结构之间设置有内冷车刀刀垫；

所述内冷车刀刀柄为电卡材料，外接电场，且内部和外部均包覆有导热性良好的绝缘涂层；

所述内冷车刀刀柄上还设置有内冷车刀刀片压紧装置，所述内冷车刀刀片压紧装置将所述内冷车刀刀片压紧在所述内冷车刀刀柄上；

所述内冷车刀刀片前刀面上加工有织构；

所述内冷车刀刀片压紧装置为中空结构，其上还设置有可调向喷嘴，所述内冷车刀刀片压紧装置与可调向喷嘴内部通道相连通。

2. 如权利要求1所述的电卡辅助内冷织构车刀，其特征是，包括：所述内冷车刀刀垫及内冷车刀刀片形状相同，厚度尺寸和中心孔尺寸不同。

3. 如权利要求1所述的电卡辅助内冷织构车刀，其特征是，所述内冷车刀刀片和内冷车刀刀垫通过内冷车刀定位销钉定位。

4. 如权利要求1所述的电卡辅助内冷织构车刀，其特征是，内冷车刀刀片压紧装置与所述内冷车刀刀柄之间通过内冷车刀密封螺钉固定连接，所述内冷车刀密封螺钉为中空。

5. 如权利要求1所述的电卡辅助内冷织构车刀，其特征是，所述可调向喷嘴包括可调向喷嘴气体通道及可调向喷嘴润滑油通道，可以使气体和微量润滑油混合雾化。

6. 如权利要求1所述的电卡辅助内冷织构车刀，其特征是，所述织构为开放式织构、半开放式织构、封闭织构或混合式织构。

7. 纳米流体微量润滑智能工作系统，其特征是，包括：

机床工作系统、电卡刀柄散热片移动系统、微量润滑供给系统及织构车刀部件；

所述机床工作系统上安装有微量润滑供给系统及织构车刀部件；

所述电卡刀柄散热片移动系统安装在车刀刀架上，主要为电卡材料制成的车刀刀柄提供散热；

所述微量润滑供给系统主要为织构车刀部件提供脉冲性的润滑、冷却液；

所述织构车刀部件为权利要求1-5任一所述的电卡辅助内冷织构车刀，安装在所述机床工作系统中的工件旋转运动，所述织构车刀部件在机床工作系统的作用下做直线运动，织构车刀部件与工件产生剪切，从而产生切屑，实现工件材料的去除。

8. 如权利要求 7 所述的纳米流体微量润滑智能工作系统，其特征是，所述电卡刀柄散热片移动系统包括散热板、下进气管、气缸及上进气管；散热板下方设置有气缸，气缸的数量可以为两个，每个气缸分别连接至上进气管及下进气管；

所述电卡刀柄散热片移动系统为周期循环对电卡材料制成的车刀刀柄进行周期性通电，并且散热板跟随周期内移动。

9. 如权利要求 7 所述的纳米流体微量润滑智能工作系统，其特征是，还包括车刀磨损状态监测系统，车刀磨损状态监测系统集成了红外热像仪采集模块和图像采集装置，分别对车刀的磨损状态和车刀部件的温度进行监控。

10. 基于权利要求 7-9 任一所述的纳米流体微量润滑智能工作系统的控制方法，其特征是，包括：

将调配好的微量润滑油或纳米流体微量润滑油倒入微量润滑供给系统中；

织构车刀部件需要安装在机床工作系统之中，并做好定位与夹紧；

工件亦需要安装在机床工作系统之上，并做好定位与夹紧工作；

在切削参数确定后，将车床加工参数输入至微量润滑供给系统，通过前期建立参数匹配数据库，将切削参数智能识别，与微量润滑供给系统的最佳供液量相匹配，控制智能供给电机运动，带动齿轮齿条传动机构，进而调节切削用量，实现切削用量与供液量的智能供给；

在工件被加工过程中，工件始终保持旋转运动，而织构车刀部件在机床工作系统的作用下做直线运动，织构车刀部件与工件产生剪切，从而产生切屑，实现工件材料的去除。

11. 如权利要求 10 所述的纳米流体微量润滑与织构刀具耦合的工艺系统的控制方法，其特征是，在工件加工初始位置时，对车刀初始状态进行采集，并进行储存；

当一个工件加工完成后，车刀回到初始位置，对车刀刀片进行图像采集，并与初始状态车刀图像进行分块图像比较，通过分块图像对比和数据加权累加后，得到车刀磨损状态参考值；

根据参考值与被加工工件精度要求对应的车刀磨损阈值进行大小比较，从而决定是否更换车刀；

其中，数据加权累加，即将靠近车刀刀刃部分的磨损赋予更高的权重，远离车刀刀刃部分的磨损赋予更低的权重，累计相加后得到车刀磨损状态参考值。

12. 如权利要求 10 所述的纳米流体微量润滑与织构刀具耦合的工艺系统的控制方法，其特征是，还包括：

在内冷车刀刀柄和内冷车刀刀垫内施加电场，由于电场的作用，内冷车刀刀柄和内冷车刀刀垫内的偶极子会有序排列，从而整个部件的熵值减小，进而温度上升；

电场保持不变，由于熵值减小所造成的温升由散热板散出；

将电场移除，此时，由于电场的撤出，导致内冷车刀刀柄和内冷车刀刀垫的偶极子无序排布，从而熵值增大，温度降低；

电场仍处于被移除状态，此时内冷车刀刀柄和内冷车刀刀垫的温度低于内冷车刀刀片，热量转移到车刀刀柄处，循环往复，从而实现工件温度的降低。

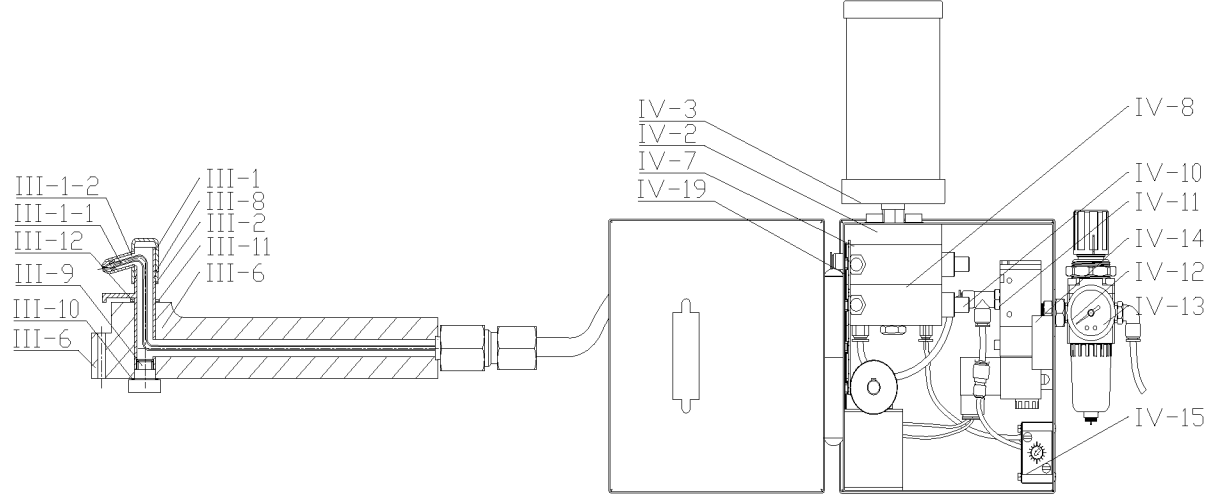


图 1

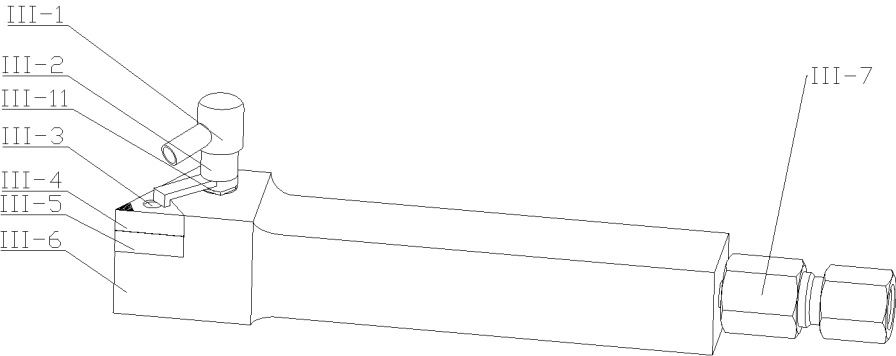


图2

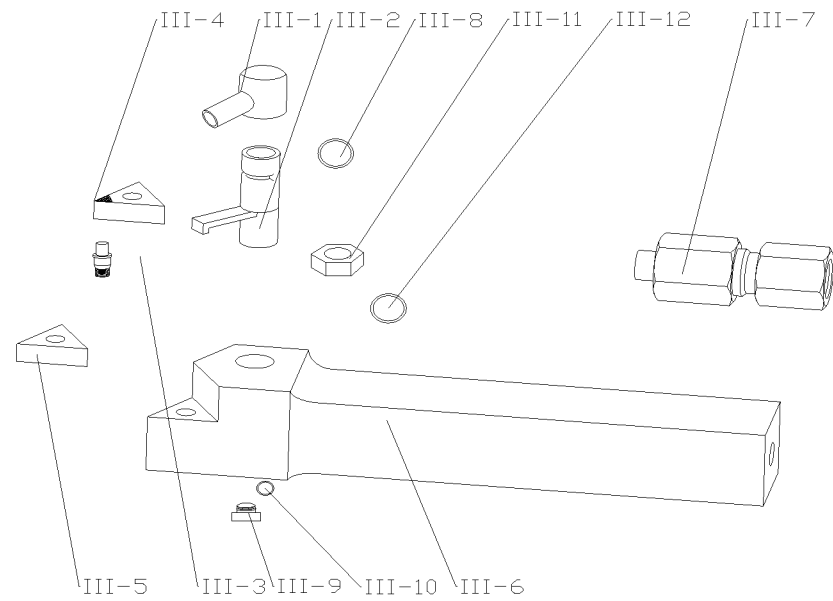


图3 (a)

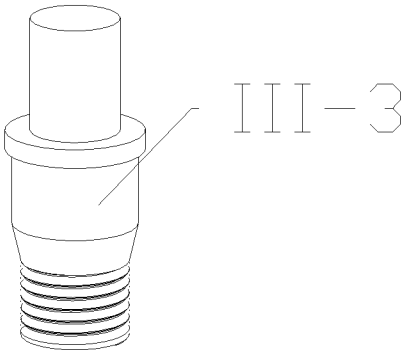


图3 (b)

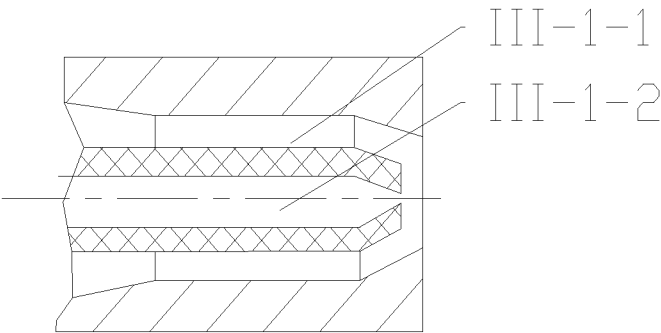


图4

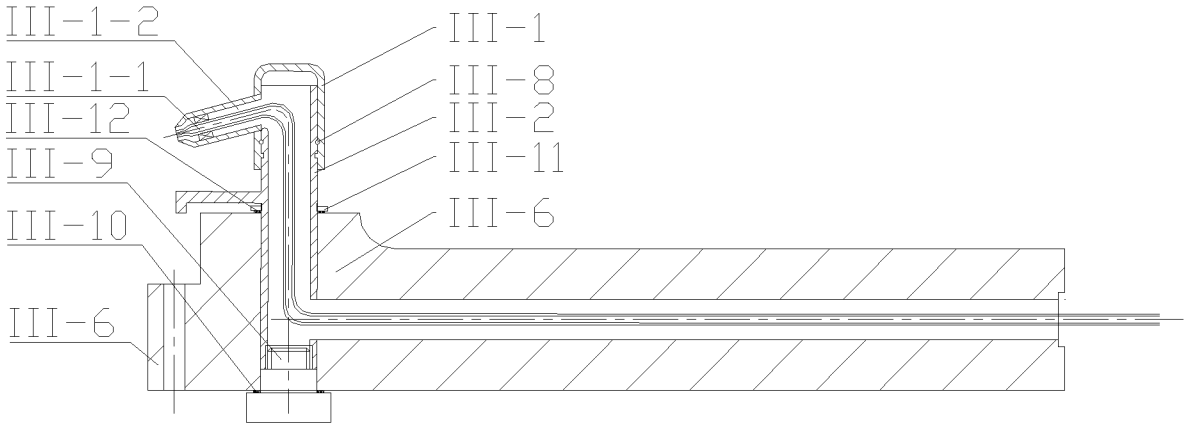


图5 (a)

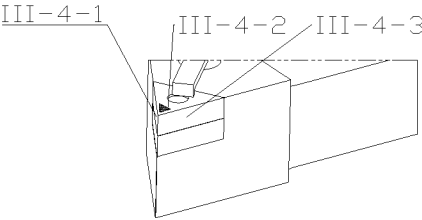


图5 (b)

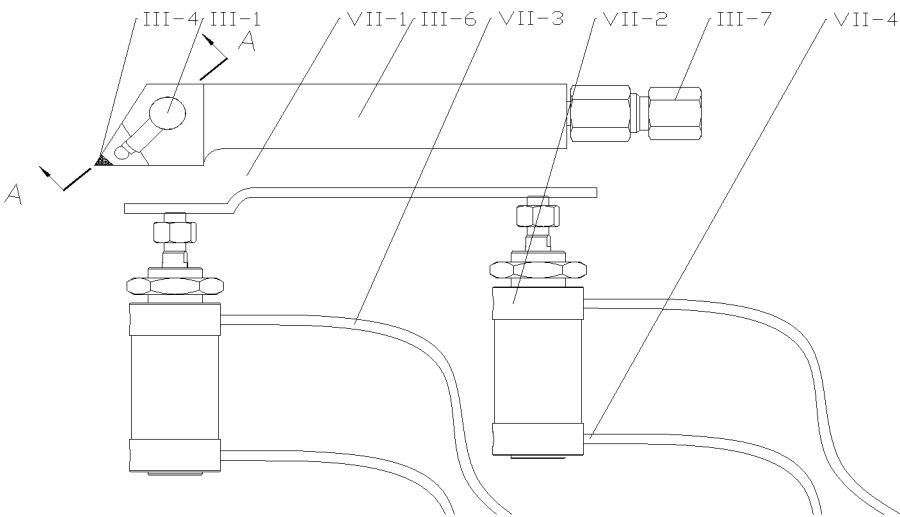


图6

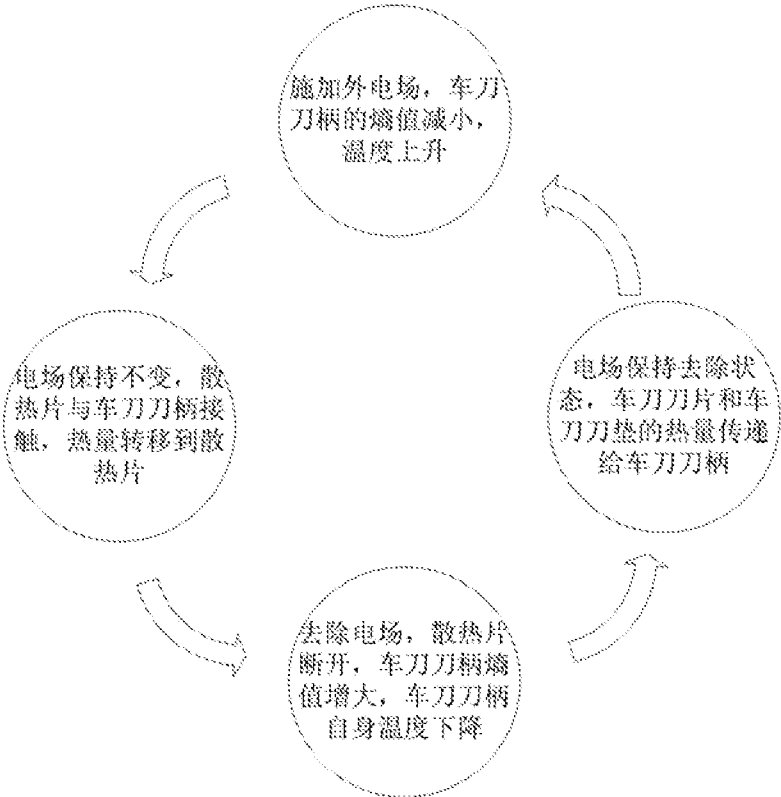


图7

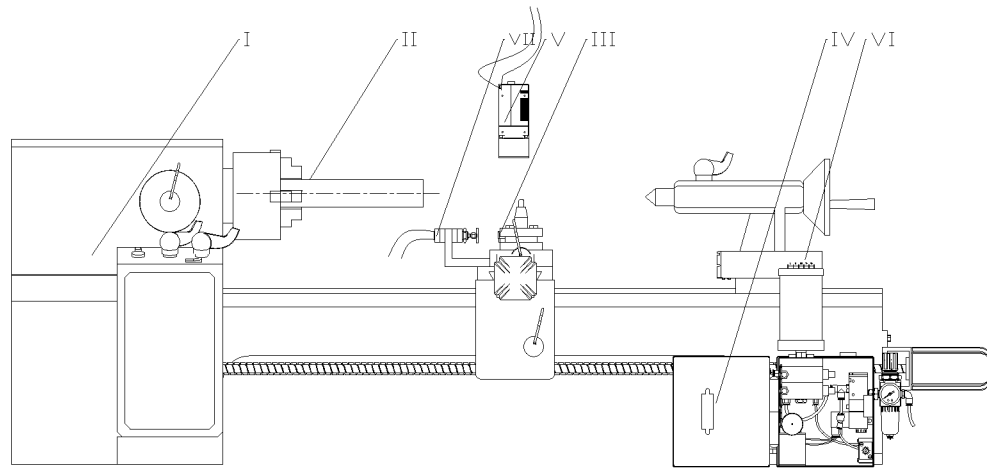


图8

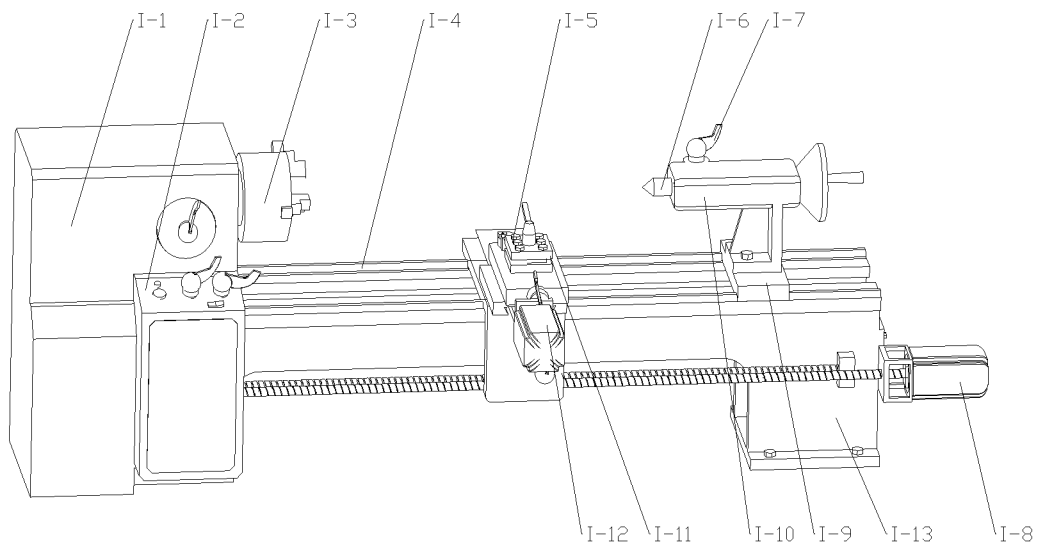


图9

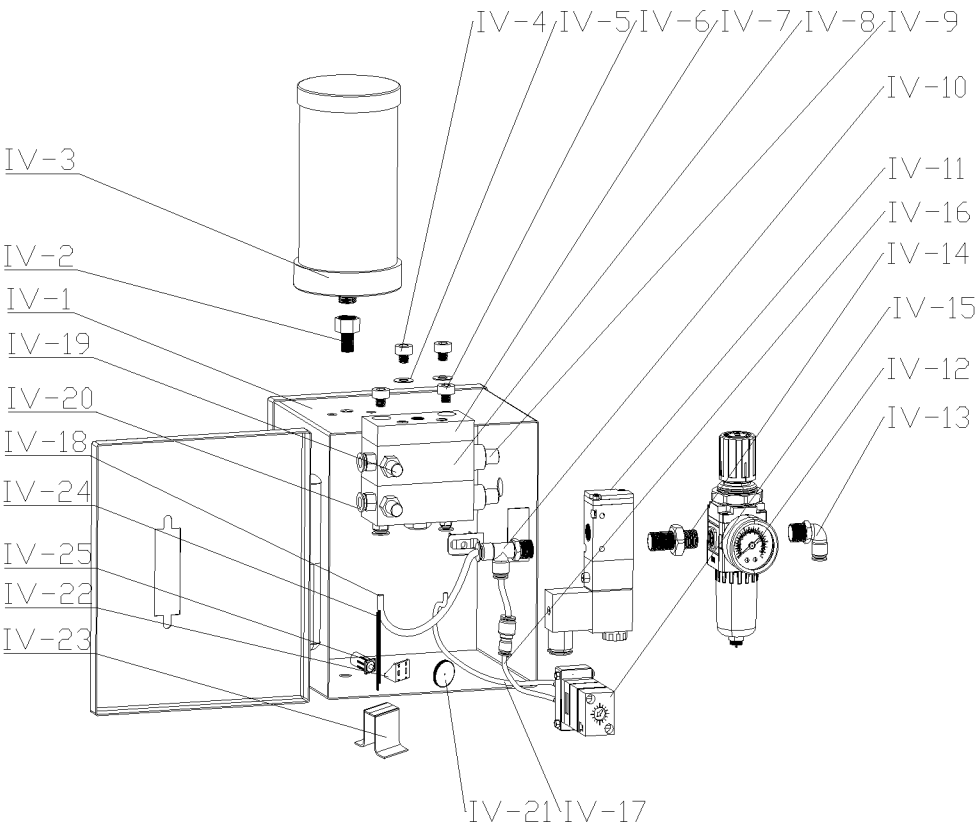


图10

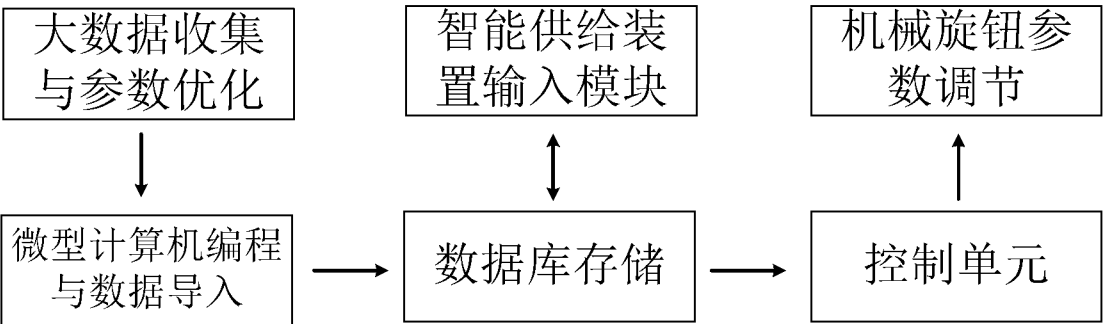


图11

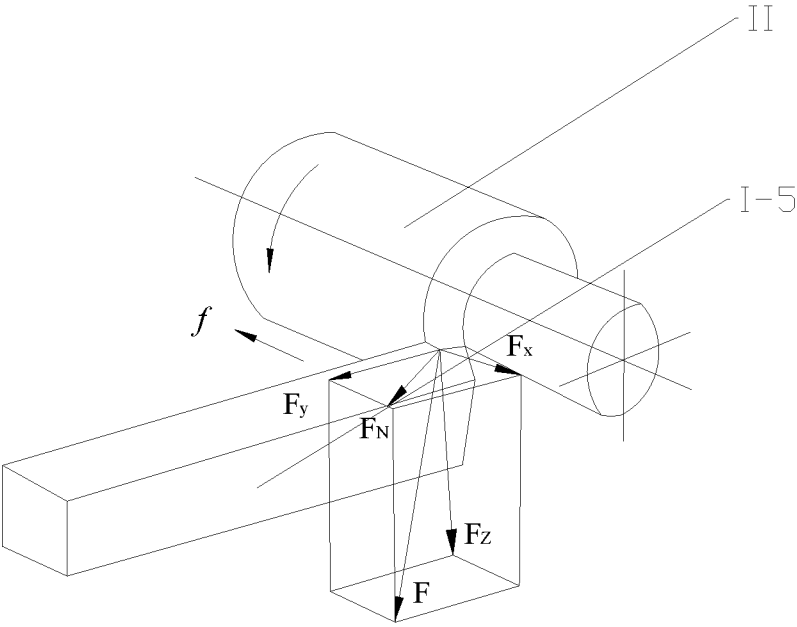


图12

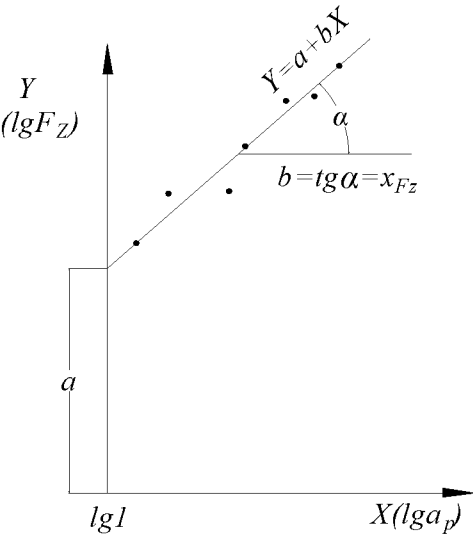


图13

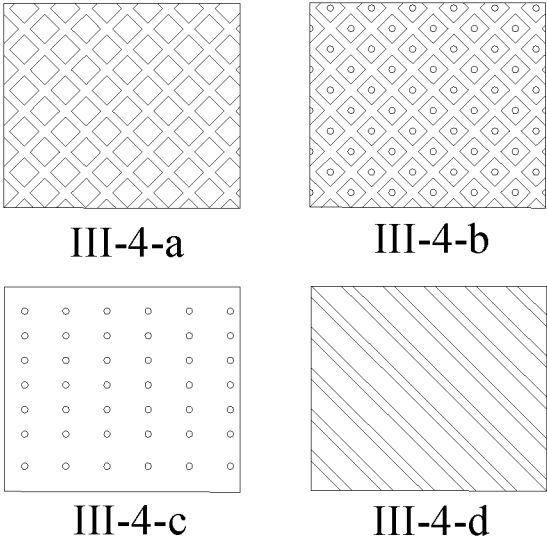


图14

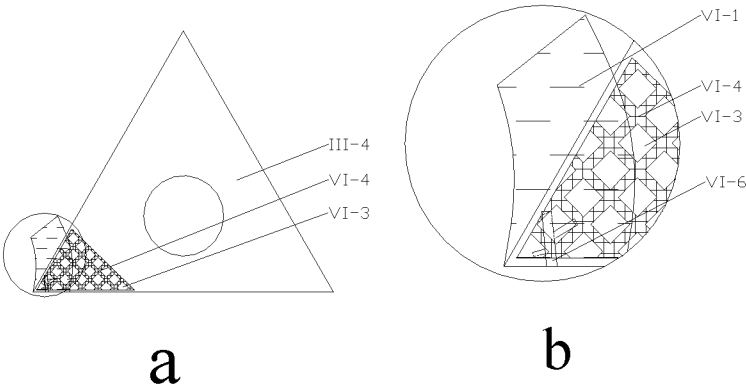


图15 (a)

图15 (b)

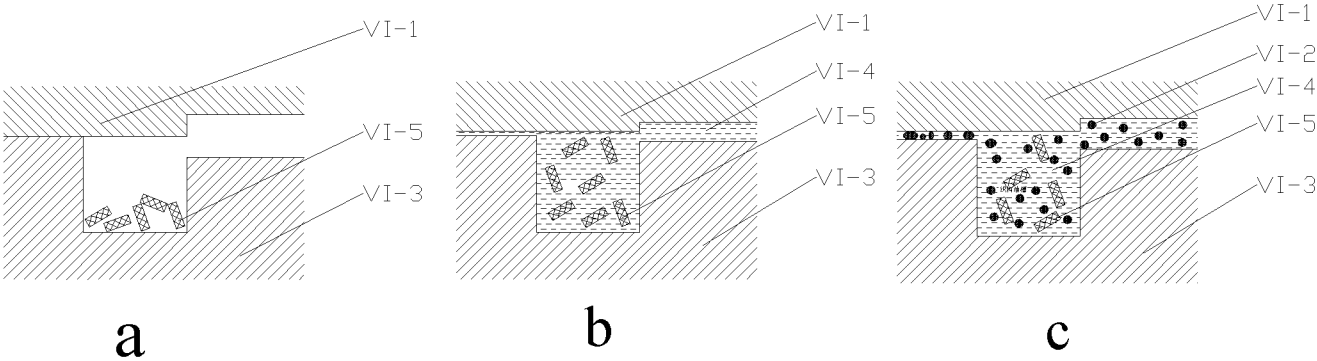


图16 (a)

图16 (b)

图16 (c)

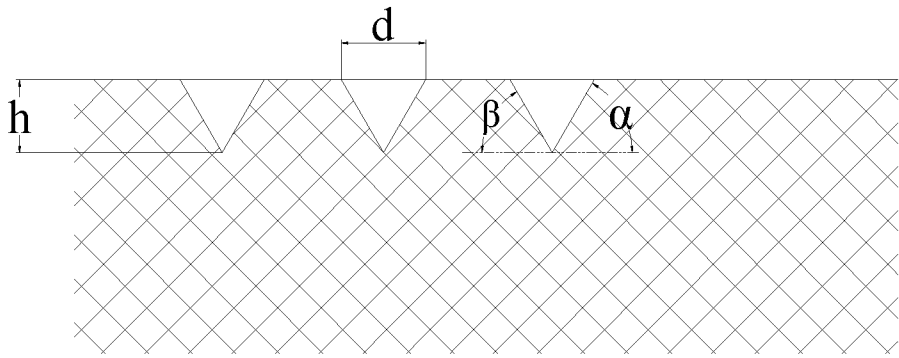


图17

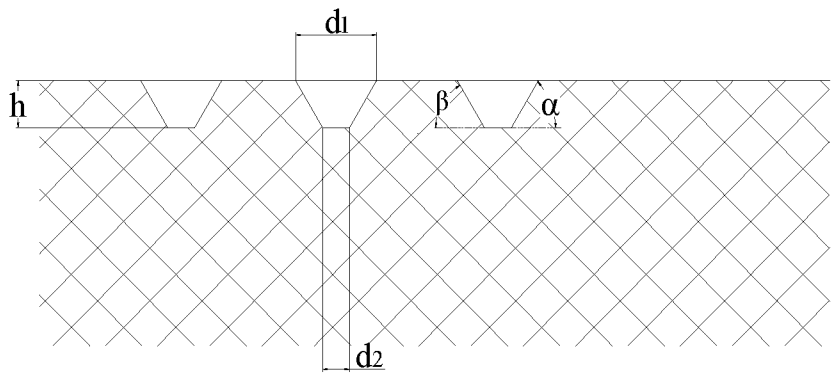


图18

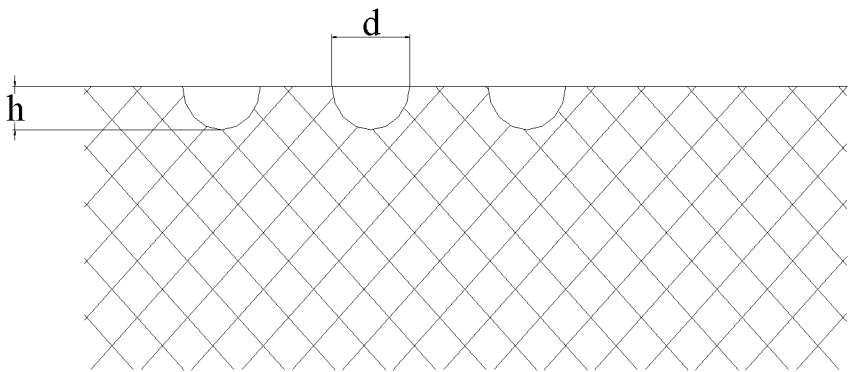


图19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/074387

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23B 27/10(2006.01)i; B23Q 11/10(2006.01)i; B23Q 15/00(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)

B23, B24B

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)

CNKI, CNABS, VEN, DWPI: 车刀, 电卡, 织构, 润滑, 冷却, 散热, 喷嘴, 喷口, 喷管, turning, electrocaloric, surface texture, lubricating, cooling, radiating, radiator, nozzle, atomizer, injector, injecting

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110116223 A (QINGDAO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 13 August 2019 (2019-08-13) claims 1-12	1-12
Y	US 2014270999 A1 (HUANG, Xianren) 18 September 2014 (2014-09-18) description, paragraphs 0022-0029, and figures 1-7	1-12
Y	KR 101941614 B1 (JANG, K. H.) 23 January 2019 (2019-01-23) description, paragraphs 0016-0023, and figures 1-7	1-12
Y	CN 105522487 A (QINGDAO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 27 April 2016 (2016-04-27) description, paragraphs 0063-0080, and figure 1	1-12
Y	CN 109773225 A (HARBIN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 21 May 2019 (2019-05-21) description, paragraph 0004, and figures 1-5	1-12
Y	CN 104209806 A (QINGDAO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 17 December 2014 (2014-12-17) description, paragraphs 0065-0135, and figures 1-15	7-12

☒ 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

16 April 2020

Date of mailing of the international search report

11 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

International application No.

PCT/CN2020/074387**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 106123392 A (SHANGHAI UNIVERSITY OF ENGINEERING SCIENCE) 16 November 2016 (2016-11-16) description, paragraphs 0010-0036, and figure 2	7-12
Y	CN 108214088 A (CHONGQING UNIVERSITY) 29 June 2018 (2018-06-29) description, paragraphs 0011 and 0012, and figures 1-9	10-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/074387

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	110116223	A	13 August 2019	None	
US	2014270999	A1	18 September 2014	None	
KR	101941614	B1	23 January 2019	None	
CN	105522487	A	27 April 2016	CN 105522487	B 15 August 2017
CN	109773225	A	21 May 2019	None	
CN	104209806	A	17 December 2014	CN 104209806	B 11 January 2017
CN	106123392	A	16 November 2016	None	
CN	108214088	A	29 June 2018	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/074387

A. 主题的分类

B23B 27/10(2006.01)i; B23Q 11/10(2006.01)i; B23Q 15/00(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)

B23, B24B

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))

CNKI, CNABS, VEN, DWPI:车刀; 电卡, 织构, 润滑, 冷却, 散热, 喷嘴, 喷头, 喷管, turning, electrocaloric, surface texture, lubricating, cooling, radiating, radiator, nozzle, atomizer, injector, injecting

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 110116223 A (青岛理工大学) 2019年 8月 13日 (2019 - 08 - 13) 权利要求1-12	1-12
Y	US 2014270999 A1 (HUANG HSIEN-JEN) 2014年 9月 18日 (2014 - 09 - 18) 说明书第0022-0029段、附图1-7	1-12
Y	KR 101941614 B1 (JANG KWI HYUN) 2019年 1月 23日 (2019 - 01 - 23) 说明书第0016-0023段、附图1-7	1-12
Y	CN 105522487 A (青岛理工大学) 2016年 4月 27日 (2016 - 04 - 27) 说明书第0063-0080段、附图1	1-12
Y	CN 109773225 A (哈尔滨理工大学) 2019年 5月 21日 (2019 - 05 - 21) 说明书第0004段、附图1-5	1-12
Y	CN 104209806 A (青岛理工大学) 2014年 12月 17日 (2014 - 12 - 17) 说明书第0065-0135段、附图1-15	7-12
Y	CN 106123392 A (上海工程技术大学) 2016年 11月 16日 (2016 - 11 - 16) 说明书第0010-0036段, 附图2	7-12
Y	CN 108214088 A (重庆大学) 2018年 6月 29日 (2018 - 06 - 29) 说明书第0011-0012段、附图1-9	10-12

☐ 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 4月 16日

国际检索报告邮寄日期

2020年 5月 11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

孙迎椿

电话号码 86-(010)-62085459

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/074387

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	110116223	A	2019年 8月 13日	无	
US	2014270999	A1	2014年 9月 18日	无	
KR	101941614	B1	2019年 1月 23日	无	
CN	105522487	A	2016年 4月 27日	CN 105522487	B 2017年 8月 15日
CN	109773225	A	2019年 5月 21日	无	
CN	104209806	A	2014年 12月 17日	CN 104209806	B 2017年 1月 11日
CN	106123392	A	2016年 11月 16日	无	
CN	108214088	A	2018年 6月 29日	无	