

刀具

迎接高精密大齿轮加工的全面考验

风电作为一种高效、安全、可再生的清洁能源，已经在我国普遍被采用，在高海拔与平原地区，大型风机设备随处可见。风机多位于偏远地区、工作条件恶劣、维护不便，其质量可靠性显得尤为重要。这其中，可能引发风机故障频率最高的零部件之一——风电增速器中齿轮的加工受到了普遍关注，在与太原重工的合作过程中，瓦尔特提出的最佳车刀解决方案帮助太原重工巩固了行业中绝对的领先优势。

文 | WALTER 公司

在风力发电机组的各个组成部分中，风电增速器是故障率最高的环节之一，也是我国风电设计水平提升的主要瓶颈。增速器是风力发电机组的重要组成部分，是一个安装在原动机与工作机之间独立的闭式传动装置，用于增加转速，相应减少转矩。增速器往往承担调速、改变运动形式、动力和运动的传递和分配等工作，具有承载能力高、使用寿命长、运转平稳和噪声低等特点。增速器的核心部件为增速齿轮箱，所以齿轮失效也成为了风电增速器发生故障的主要原因。因此，制造出高效可靠的齿轮产品成为了我国风电产业发展的关键。

作为风电齿轮箱制造的领军者，太原重工股份有限公司齿轮传动分公司（以下简称“太重齿轮”）是一家具有六十年生产大型重载齿轮箱及其他机械传动装置的专业制造企业。其销售、研发、加工制造能力均位于国内齿轮行业的领先地位，主要产品有多种减速机、风电



图1 太原重工股份有限公司齿轮传动分公司技术科副科长柴希先生

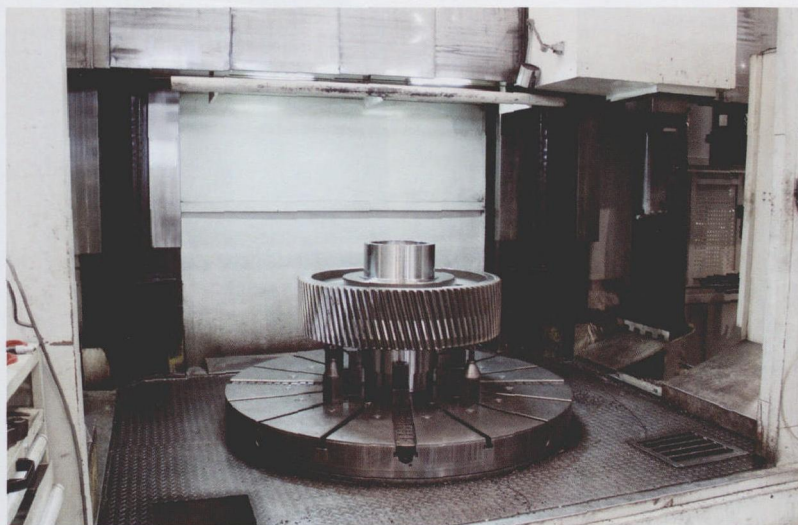


图2 瓦爾特的車刀產品，應用於太重齒輪所有的半精車與精車工序

增速器、动车地铁齿轮箱、石油海上钻井平台升降系统及各种标准减速机，广泛应用于冶金、起重、矿山、建材、造船、航天航空、风电、铁路、通用机械及国防科技等领域。

通过与德国RENK公司的合作，太重具有了系列化设计和制造风电增速器的能力。主要产品为：双馈和半直驱增速器，偏航变桨齿轮箱，主轴和其他传动件。目前，太重正在研发6 MW、7 MW、8 MW风电增速器。太重生产的风电增速器主要有一级行星+两级平行轴、两级行星+一级平行轴、内齿圈驱动NW型行星传动等几种结构。产品具有结构先进、性能可靠、重量轻等特点。

发展机遇带来加工水平的提升

较其他国内大型制造厂来说，太重很早就步入了自主研发和创新的道路，2007年，太重全面挺近风电制造领域，自主研发了1.5 MW风电增速齿轮箱，填补了太重在风电领域的空白。时值中国风电领域发展的白热化阶段，太重决心三年内拔得中国风电增速齿轮箱制造的头筹，并于2008年投资近3亿元进行风电齿轮箱厂房的建设和设备的

投入，2009年完成了具有世界先进水平，年产1500台风电齿轮箱生产能力的现代化风电齿轮箱设计、制造基地。当时，太重齿轮设计了全封闭的恒温车间并采购了各种先进的精密数控加工与检测设备：如NILES磨齿机群、GLEASON滚齿机、插齿机、磨齿机、sump UTENSILI高速滚齿机、高速成型铣齿机、齿轮齿端倒角机等齿轮加工专用设备；车磨复合加工中心、龙门镗铣加工中心、海克特加工中心、皮特勒立式车铣复合加工中心、 $\phi 180/\phi 260$ 落地镗床，数控立式组合磨床、顶尖孔研磨机等通用加工设备；克林贝格3 m齿检仪等精密检测设备；以及AICHELIN箱式多功能炉热处理生产线及各种热处理专用检测设备。

“但使用初期，就大型齿轮的制造而言，并非高端设备就能解决一切问题。”太原重工股份有限公司齿轮传动分公司技术科副科长柴希先生回忆说，“集团的发展策略让我们在风电领域的加工水平得到了突飞猛进的提升，高起点的定位让我们有机会接触到全球最先进的制造技术。但俗话说，‘好马配好鞍’，高尖端的数控设备必须配备合适的刀具，才能更好地发挥其本身的优势，实现1+1>2的突破。”

柴希先生认为高质量的刀具与顶尖的设备具有同样的重要性，“选择性价比高的刀具，不仅可以提高生产效率，而且有助于企业目标成本的实现。”在这种需求下，2009年，太重齿轮结识了世界领先刀具品牌瓦尔特，在合作初期取得了较为明显的加工改善以后，瓦爾特的產品迅速在太重齒輪的车间中得到了广泛的应用，目前，瓦爾特的三面刃铣刀、粗精镗刀、铣刀、各种车刀片产品均高效运转在太重齒輪的生产车间中，尤其是瓦爾特的車刀产品，目前已经垄断了太重齒輪所有的半精車與精車工序，为其大型齒輪的高精、高效加工提供了强有力的保障。

复杂工况下仍能保持高精高效切削

目前，太重齒輪的產品規格多樣，其中以1.5 MW級風電增速齒輪箱配套為主流產品。該類產品通常使用的齒輪直徑都約為1 m，加工工序為：粗車-調質-半精車-滾齒-滲碳淬火-精車-磨齒。在半精車工序中，太重齒輪採用的是瓦爾特CNMG 160612 WPP20和CNMA 160612 WPP20車刀片，加工效率比同類產品要高得多。據瓦爾特能源行業專家孫書明先生介紹，WPP20系列刀片是瓦爾特老虎（Tiger.tec）刀片系列，其應用主要針對各種鋼材材料的車加工應用，同樣使用雙色複合塗層。該系列刀片針對鋼件加工進行了優化和升級，使得車加工鋼件時的可靠性、穩定性、高效性有了大幅度的提高，即使在難加工條件下也能確保最好的加工效果。

柴工介紹說，使用該刀片主要是加工調質零件，在加工零件與切削要素相同的情況下，瓦爾特刀片擁有更長的切削距離；若切削距離相同，瓦爾特刀具可以在更快的切削速度、更大的進給量、更大的背

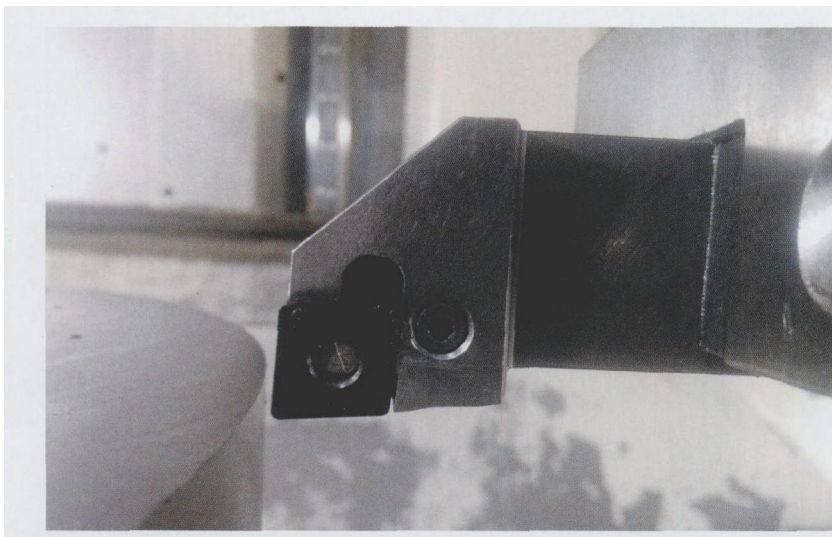


图3 精度与效率、以及刀具的使用寿命缺一不可，共同决定了大齿轮乃至风电增速齿轮箱和风机的品质

吃刀量情况下完成切削加工。以前加工一件齿轮产品大概要用近两天的时间，而使用瓦尔特刀具后，一天就可完成2~3件齿轮产品的加工，加工效率飞速增长。

太重齿轮风电增速齿轮箱年产量500台，对加工效率有着极高的要求，同时，对质量的要求也非常严格，加工零件的表面质量较一般零件要高得多。比如内齿圈端面和止口，粗糙度要求 $R_a 3.2$ ，这里选用的是瓦尔特车刀片CNMA160608 WAK10和CNMG160608 WAK10，可以很好的保证加工质量。“此处应用的WAK10系列刀片同样属于瓦尔特老虎（Tiger.tec）刀片系列，是瓦尔特于2001年研制的第一款双色涂层刀片，十分适用于铸铁和渗碳合金钢的车、镗、铣等加工。其加工效率和加工质量十分稳定，WAK的双色涂层使刀具的耐磨性得到了很大提高，使刀具寿命得以大幅度的提升。在加工中可以通过辨别颜色变化来确定刀片的磨损程度，使刀片的利用率达到最高。”孙书明先生介绍说。

“我们的产品止口公差范围特别小，但即使这样，瓦尔特刀片仍能高品质的完成加工任务。其良好的连续切削性能可以很好的避免刀具崩刃导致重新对刀带来的加工误

差。”柴工解释说，经过半精车后的齿轮要经过滚齿加工，然后淬火，再进行接下来的精车。当前太重齿轮生产的齿轮箱主要采用硬齿面技术，经渗碳淬火或氮化处理后的带齿件，齿面硬度高达60 HRC。另外在精加工过程中，齿端面由于加工需要，会有断续切削的情况出现。“比如加工材质为17CrNiMo6的齿轮轴，渗碳淬火后处理，齿面硬度大约为60 HRC，其余表面硬度大约为40 HRC。加工工况比较复杂，而且是断续切削，所以对刀片的抗冲击性、耐用性要求特别高。之前采用了很多品牌的刀具，都出现了刀片加工中途崩刃的情况。”与瓦尔特合作后，太重齿轮选用了瓦尔特CNMG160612 WAK10进行外圆表面的连续切削，选用了CNM160612 WAK10进行端面的轻微断续切削。

刀具选型 成败关键

在中国机加工市场，从来就不缺少好的刀具产品，但面对各种各样的加工环境，却不是所有好的刀具产品都能派上用场。因此，刀具的选型尤为重要。如何根据用户实际加工需求选择刀具型号，并让他们以更高品质、更低加工成本完成加工任务，成为了给刀具厂商提出的又一挑战。“瓦尔特最初打动我

们的还是其高技术含量的涂层和优质的刀具基材。”柴工表示，“但能够让我们达成广泛深入合作的，应该归功于瓦尔特对于刀具和加工应用的认知，从而为我们提供最合适的刀具产品。”柴工认为，加工过程中选择合适的刀片型号，是除了产品本身之外最关键的问题。合适的刀具是要根据加工零件的材质不同、所处的热处理状态不同，选择而出的。另外，刀片形状、刀具参数的合理选择也非常关键，如刀具角度、刀片形状以及切削要素，对零件表面的加工质量至关重要。“正确的刀片选择可以事半功倍，极大提高加工效率。”柴工如是说。

就瓦尔特WAK10系列刀片的选用来说，该款产品本来并不是用于加工钢材材料的，而是用于加工铸件的。但在对太重齿轮的加工实际进行分析后，瓦尔特的工作人员为他们推荐了这款产品，并进行了试加工，结果，效果比传统加工钢材的产品更好。这种选型其实是存在风险的，因为用加工铸件的刀片来加工钢材，被加工材料硬度更高、更难切削，极有可能引发刀具损坏、刀具寿命降低等一系列问题。但瓦尔特的笃定坚定了太重齿轮的信心，事实证明，刀片的选用非常适合太重齿轮的加工实际，这也是为什么太重齿轮在所有车削加工工艺中都选用了瓦尔特刀具产品的主要原因。

面对竞争越来越激烈的风电市场，风机产品质量要求和交货期要求将会更加严格，谁能把好质量关，谁就将站在市场的制高点。目前，太重集团已经跻身于风电增速齿轮箱制造的前列，除了自给自足外，产品的50%都用于出口。对于太重齿轮来说，未来还有更大的发展空间，如为了满足节拍控制即将实行的半自动化生产等，而这都需要更多来自于像瓦尔特这样的优秀基础装备制造制造商的支持。MM