

磨削

实现风电齿轮的高效磨削

许多人对欧洲美好的自然景致印象深刻，尤其是在广袤原野中，那一个个在风中看似慵懒旋转的洁白风车。当您感叹自然的美好，以及科技与自然的完美结合时，可曾想到这些风车也许都有一颗“中国芯”，由南高齿集团生产的风电齿轮箱。

文 | 3M 公司

随着人类社会的不断进步，人们也越来越深刻地意识到环境的重要性。因此清洁能源也成为人们越来越重视的话题。作为对环境影响最小的清洁能源，风电自然受到各国的关注，风电行业也得以蓬勃发展。作为风力发电核心部件的齿轮箱，其性能表现是影响风车效率和寿命的关键因素。同时因为风车的维护成本很高，更换零部件，更是费时费力，因此风电齿轮箱对寿命和精度都有着极高的要求。南高齿集团凭借多年的技术积累以及一直以来对该领域的专注和严格要求，无疑已经成为风电

齿轮行业的佼佼者。实际上南高齿集团已成为全世界最大的风电齿轮制造商。

前沿科技颠覆传统加工

作为全球最大的风电齿轮制造商，南高齿拥有超过 100 台进口磨齿机，然而即使拥有如此数量庞大的机床，他们的产能仍然面临着挑战。因为风电齿轮的尺寸非常大，加工余量也很大，同时又有较高的精度要求和表面质量要求，多采用成型磨工艺对齿槽进行逐个加工。因此加工单个齿轮的时间往往在 3~4 h，对于一些模数较大，齿数较多的齿轮，

甚至单个工件的加工时间达到 8 h 以上。显然这种效率已无法满足南高齿对于高效生产的要求。

3M 公司针对南高齿高效生产的需求，推荐了最佳解决方案 Cubitron II 三角磨料砂轮。这种神奇的磨料简称 PSG (Precision shaped grain, 精密塑形磨料)，它颠覆了传统磨料的概念，使磨料的形状成为精确可控的三角形，而不是传统磨料的无规则形状。三角磨料的优势显而易见，那就是远远超越传统磨料的切削能力。因此使用这种磨料制作的砂轮，便具备了极强的余量去除能力，其最直

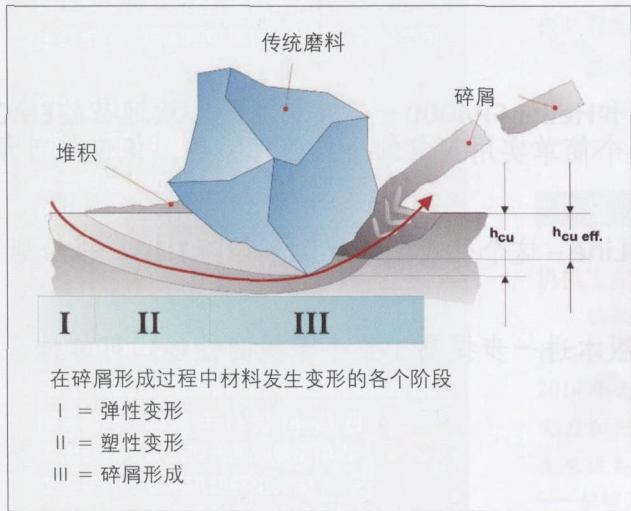
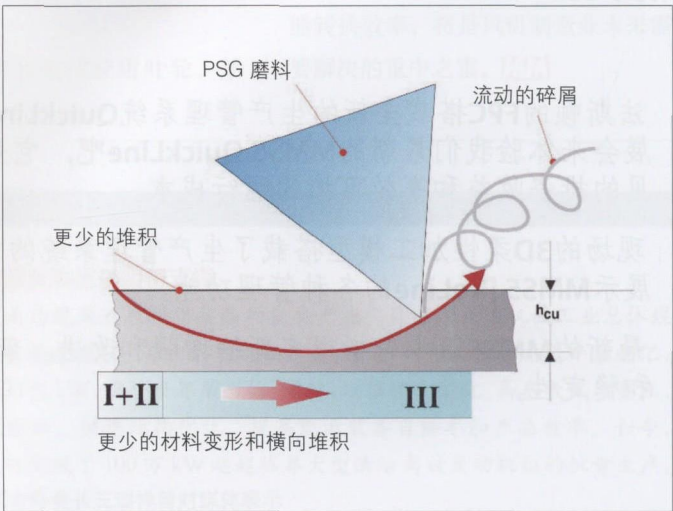


图 1 磨料的形状成为精确可控的三角形，而不是传统磨料的无规则形状

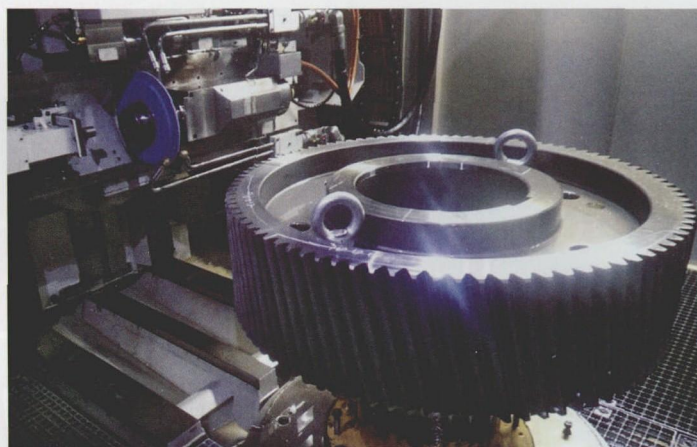
观的优势就体现在超高的加工效率上。除了对效率的提升，这种磨料还带来一些附加优势：由于其特殊的切削特性形成连续而连续的切屑，有利于过滤和冷却。同时因为它特殊的自锐特性，砂轮可以在更长工作时间内保持切削力，从而延长修整周期，使砂轮的使用寿命增加。

通过与南高齿集团的完美配合，3M 公司 Cubitron II 系列砂轮已经在南高齿的风电齿轮生产中成功应用，生产率取得了突破性的进步，单件生产时间最高降低一半以上。以具体工件为例，如某风电斜齿轮，工件材料为 18CrNiMo7-6（常用齿轮材料），模数达到 12 mm，齿数为 92，尺宽达到 320 mm，工件直径超过 1 m。这种大模数齿轮，因为余量大，加工时接触面大，冷却条件很苛刻，容易产生烧伤，而风电齿轮要求决不能出现任何烧伤，因此对砂轮的整体性能是一个很大的挑战。

南高齿以往使用进口的传统磨料砂轮加工这种产品，由于传统磨料砂轮的切削能力有限，并且磨削刃较易磨损从而失去切削力，为了保证产品质量的高要求，他们往往采取较为保守的磨削策略，磨削效率受到制约，因此产能也受到影响。

而采用 3M 的 Cubitron II 砂轮进行磨削，则可以将进口机床的性能发挥到极限，充分体现其高效的特点。冲程速度提升到 6000 mm/min（机床限

图 3 3M 公司 Cubitron II 系列砂轮已在南高齿的风电齿轮生产中成功应用



制，在最新配置的 Hofler 机床中，已经有 12000 mm/min 的使用案例），同时提升每一个冲程的进给量，使余量去除率 Q-prime 从 4.5 增加到 12（粗磨时的最大余量去除率）。在修整上，修整切屑体积 $V'w$ 从 600 mm³/mm/sec 增加到 1500 mm³/mm/sec，这意味着寿命增加了 1.5 倍。最后统计下来加工时间从 11 h 减少到 6 h，几乎是原来的一半。而最后的烧伤检测，表面质量检测以及齿形齿向检测均表明，产品质量没有任何问题。

从以上事实可以看出，3M 的 Cubitron II 砂轮在性能上确实颠覆了传统磨料砂轮的极限，使普通磨料砂轮的加工效率比肩于 CBN 砂轮，同时又保证较长的修整周期，提升了普通砂轮的使用寿命。最重要的是帮助客户提升了生产率，使客户产能得到了极大释放。

在非标领域寻求标准化

众所周知，在磨削领域砂轮属于非标产品，针对不同的工件材料，加工要求，余量要求等等因素，砂轮需要有针对性的选择规格。尤其对于南高齿这种世界型的大工厂而言，生产的齿轮种类繁多，生产量大，砂轮消耗快。因此需要耗费大量库存成本，以储备各种不同规格的砂轮来应对不同的生产情况。然而 Cubitron II 砂轮的诞生却让砂轮规格的标准化变成可能。由于 Cubitron II 磨料特殊的研磨特性，它几乎适用于所有材料和所有类型的加工。因此我们不再

需要耗费大量精力来针对性地选择不同规格砂轮，只需要一种 Cubitron II 砂轮便可以加工所有零件。这无疑可以大大缓解库存压力，因为不同工件之间使用的砂轮变得通用，不再需要定制化地准备库存。同样是在南高齿，他们正在实践这种理念，我们可以在不同模数，不同类型的齿轮加工中看到同一种 Cubitron II 砂轮，甚至加工完大模数齿轮后，Cubitron II 砂轮还能被继续用于加工小模数齿轮。这种规格的通用性在磨削领域中也无疑具有颠覆意义。

专注与积淀，引领未来科技

南高齿集团，这个以专注和技术积淀著称的中国企业已经走过了半个世纪，秉承“步步攀高，孜孜求精”的企业精神，以“为人类文明传递进步动力”为己任，不断加强内部管理的精细化、专业化和市场发展的国际化。凭借先进的技术、可靠的质量和周到的服务，南高齿已成为全球业内最具竞争力的合作伙伴之一。

3M 公司以磨料生产起家，砂轮业务更是传承于 Winterthur 集团，其专业性同样毋庸置疑。Winterthur 专注于砂轮制造已经超过 100 年，经过 100 多年的积淀，不论是经验还是技术，均已在磨削领域树立举足轻重的地位和口碑。对全球范围的磨削领域起着至关重要的作用。这两个同样重视专注和技术积淀的杰出企业今日携手合作，相信定能为风电齿轮行业带来新一轮的技术改革旋风。MM



图 2 3M 的 Cubitron II 砂轮