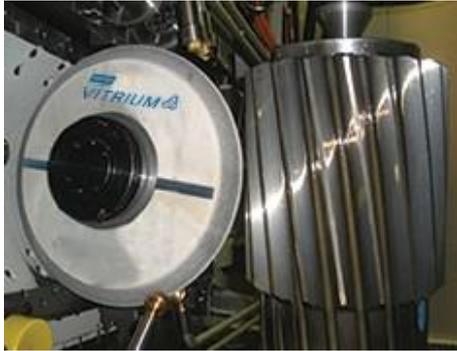


# 创新成型磨技术 助力高效磨齿

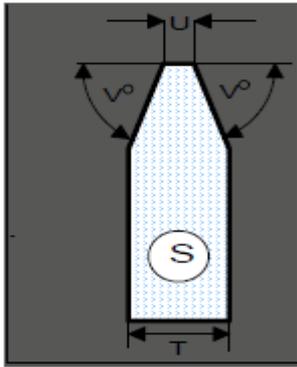
齿轮成型磨是齿轮加工中一项常规并重要的工序，它决定了齿轮最终表面质量及精度。众所周知，齿轮磨削有很多种方式，如成型磨、蜗杆磨、伞齿磨和强力珩磨等，其中成型磨主要是针对大模数齿轮，其原理为成形法——用与被切齿轮齿槽形状相符的成形刀具切出齿形。



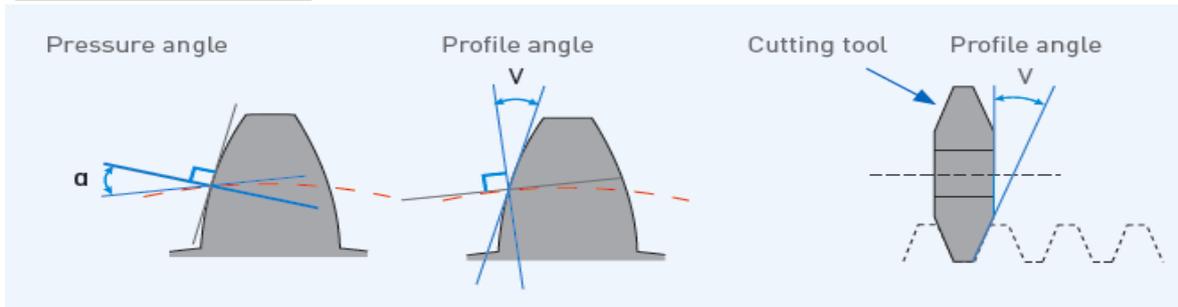
近 10 年随着风电、工程机械、矿山冶金的蓬勃发展，对于齿轮箱的需求越来越高，而与之相关的一个热门话题就是大模数齿轮成型磨加工。伴随着材料技术的发展，齿轮的材料特性也逐渐提高，往抗冲击性强，延展性好，耐磨性高等方向逐步提高，与此同时对于磨削的要求也越来越高。齿轮工件的材质越来越难磨削，效率、烧伤和划痕等技术难题也越来越突出。为了解决相关问题，圣戈班诺顿砂轮提供了整套的成型磨齿解决方案，大致可以从砂轮修型、磨削参数和砂轮选型这三个方面进行说明。

## 砂轮修型

要解决磨削问题，先要了解磨削原理。成型磨首先需要对于砂轮进行修型。砂轮的修型形状设计是第一步：



砂轮端部 U 值=模数 M\*1.03  
 砂轮宽度设计值 T=模数 M\*3.14+X (设计余量)  
 双斜边 V°--根据齿轮压力角 a 设计



Pressure angle=齿轮压力角 a  
 Profile angle=砂轮双斜边角度 V

### 磨削参数

成型磨砂轮设计好后，就是磨削工艺的设计，磨削工艺主要的考核标准如加工节拍，修整方式，表面质量要求等。其中针对大模数齿轮的加工中，其加工节拍的设计为重中之重。通常大模数齿轮的模数范围为 M=18~35，一旦齿数超过 20 个，其加工时间非常长。如何提高节拍，如何优化磨削工艺？

这里就涉及到 Q'w 这个概念。什么是 Q'w？

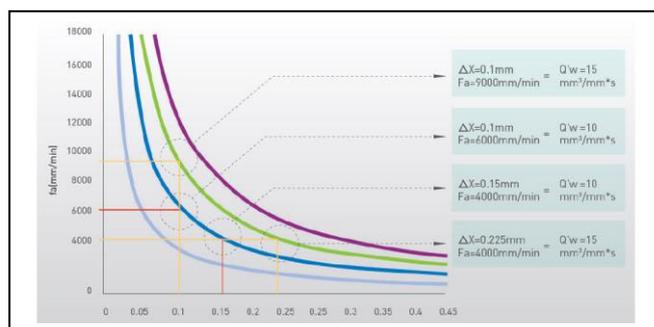
Q'w=单位时间内单位宽度砂轮去除的金属体积，其单位是 mm<sup>3</sup>/mm\*s

其理论公式非常复杂，为了便于大家熟记和运用，简化的公式如下：

$$Q'w = \Delta X * fa / 60$$

$\Delta X$ =齿面径向切深 (mm)

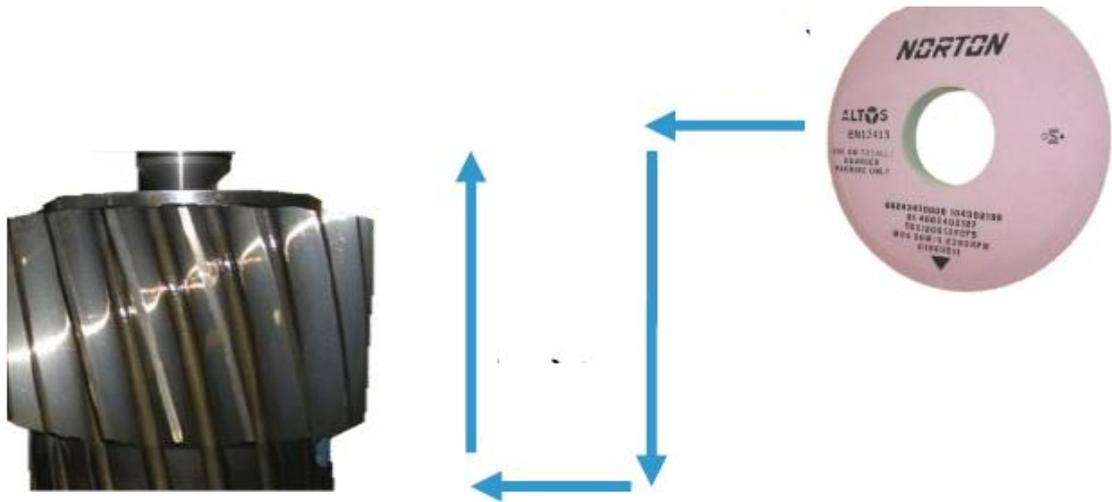
Fa=冲程速度 (mm/min)



因此在选择磨削工艺时，可以选择大切深加缓冲程组合，也可以测试小切深加快冲程组合。

当然如果砂轮足够锋利，容屑能力足够强，完全可以选择大切深加快冲程。

磨削过程如下：



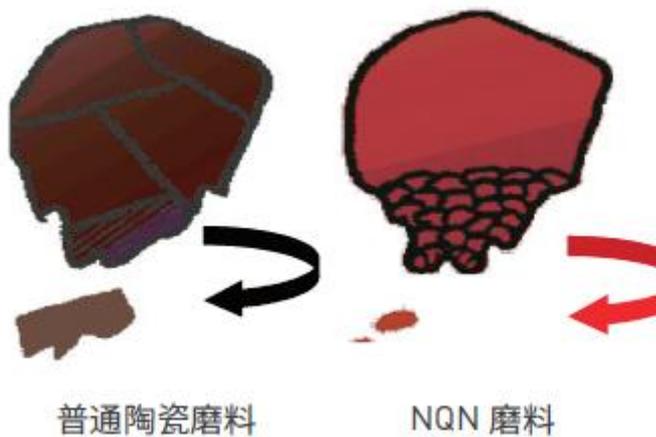
## 砂轮选型

在我们了解了成型磨的磨削原理和磨削过程后，为了提高加工节拍，解决烧伤问题等难题，圣戈班诺顿提出了相关解决方案，从磨料的锋利性、气孔结构技术和结合剂技术三个角度，来帮助客户选择合适的砂轮，解决成型磨磨削的相关问题。

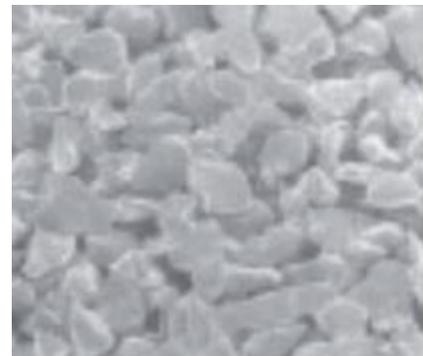
## 锋利型陶瓷磨料 NQN

Quantum 是诺顿创新研发的新型陶瓷烧结刚玉磨料，其独特的晶体大小能提供足够的硬度，双相的磨料颗粒结构具有很好的易碎性和锋利度。破碎性更好的新一代陶瓷磨料 NQN,其晶体结构更为细小，磨削时磨料受到压力破碎更为细小和均匀，即自锐性更好，适合不同磨削压力下的应用，如内孔，外圆，无心磨，成型磨等。

- 基于磨料本身的特点，磨削时相同进给量或进给速度下，产生的磨削阻力更小，磨削功率更低
- 基于自锐性特点，持续磨削能力更好，砂轮寿命更长



同等压力下，NQN 可以破碎成更为细小的颗粒

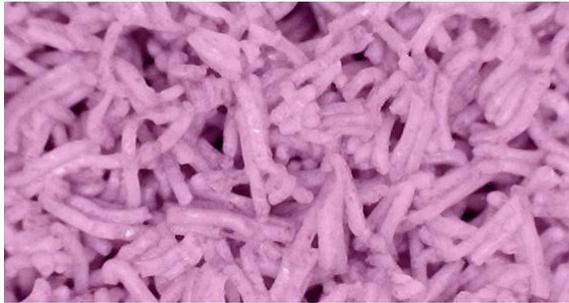


NQN 磨料微观结构图

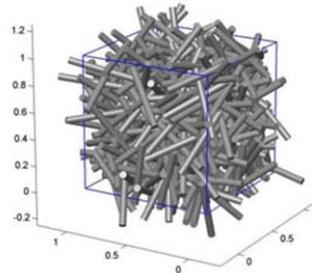
### 基于长条形陶瓷磨料 ALTOS 技术

Altos 是建立在诺顿特有的长条形磨料基础上，从物理结构上改善的新一代，其磨料颗粒的长宽比为 1：8。磨料自然堆积即可形成天然气孔，故气孔更大，容屑性更好。

- 基于长条性磨料的特点，Altos 更为适合大进给，大压力的磨削应用
- 基于更好的容屑性，可解决不同的烧伤问题



专利的长条形磨料，长宽比为 1：8

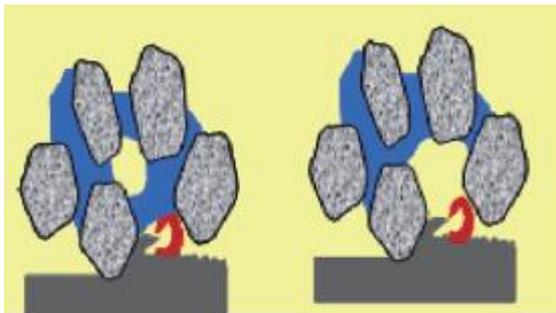


磨料自然堆积即可形成天然气孔

### 创新的气孔组织结构技术 VORTEX 2

Vortex 2 是诺顿专利的一种最新气孔组织结构，它结合了工程级的 3D 磨料配比分布工艺和最新研发的气孔结合剂技术，具有极佳的渗透性，冷却液能充分进入到磨削区域，从而有效避免工件烧伤，同时高气孔率能容纳更多金属屑，避免砂轮表面产生堵塞。

采用 Vortex 2 技术的砂轮具有很高的金属去除率，非常适合深切缓进的大进给量磨削。另外其先进的结合剂配方使得砂轮具有极佳的形状保持性，显著减少了修整，大幅降低在磨削过程中的损耗，从而成倍延长砂轮使用寿命，降低综合磨削成本。



Vortex 2 较高的气孔率设计有利于更多的冷却液进入到磨削区域



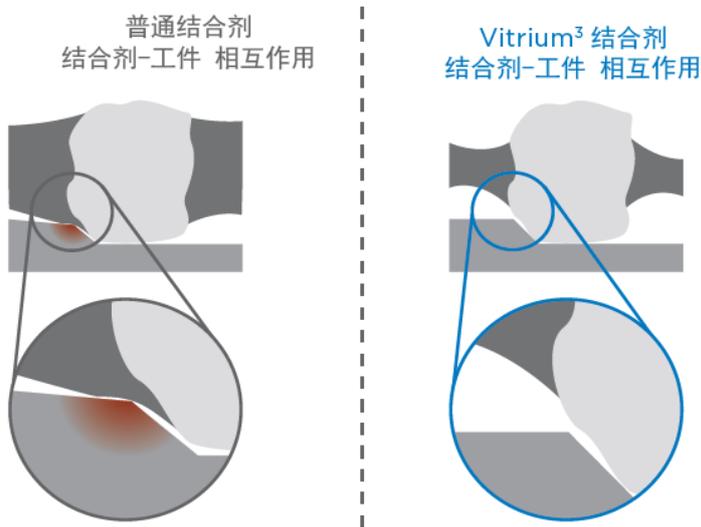
A- 使用 Vortex 2 技术 B- 未使用 Vortex 2 技术

A 和 B 的结合剂使用量一样，A 的渗透性是 B 的 14 倍

### 革命性的陶瓷结合剂技术 Vitrium<sup>3</sup>

“超精密、高效率”是当今磨削技术的发展方向，高速磨削对砂轮的制造和修整技术提出了全新的要求。针对这一趋势，诺顿创新研发出了陶瓷结合剂 Vitrium<sup>3</sup>。与普通结合剂相比，Vitrium<sup>3</sup> 具有更好的磨料把持力。采用 Vitrium<sup>3</sup> 技术的砂轮，无论在磨削效率、砂轮使用寿命以及加工精度方面都具有非常明显的优势。

- 更高的磨削速度 (80m/s) ;
- 更好的形状保持性, 减少了砂轮修整频率;
- 更开放的组织结构, 可以应用于大组织号的配方, 减少 了工件烧伤;



Vitrium<sup>3</sup>大大减少结合剂的用量, 使得磨料的裸露面积增大, 冷却液的流动性更好, 能带走更多的热量和切屑, 减少工件烧伤

通过这些新技术的组合, 圣戈班诺顿推出了相应的多款针对不同需求的成型磨产品:

1. 非常注重效率的 Altos 产品, 适合大批量生产。该产品采用 Altos 专利技术, 拥有极强的切削力和优良的容屑性, 适用模数范围:  $M=5\sim35$ ,  $Q'w$  推荐值:  $20\sim35$ ,  $V'w$  推荐值:  $1500\sim2000$
2. 注重效率和寿命均衡的 NQN 产品。该产品采用 NQN 磨料和 VORTEX2 技术, 自锐性强, 锋利度高, 容屑性和保形性好。模数范围:  $M=5\sim35$ ,  $Q'w$  推荐值:  $15\sim25$ ,  $V'w$  推荐值:  $1500\sim3000$ 。
3. 可降低单件加工成本的 SGXL 产品。该产品采用高性能陶瓷磨料和 VORTEX2 技术, 砂轮切削力较好, 容屑性和保形性好。模数范围 : $M=5\sim35$ ,  $Q'w$  推荐值:  $10\sim20$ ,  $V'w$  推荐值:  $1500\sim3000$

圣戈班诺顿致力于成型磨加工行业 20 多年, 服务过诸多国内外知名齿轮箱整机及齿轮加工厂商, 多年来关注与客户的需求变化, 针对不同需求提供不同的解决方案。 以下是一个成型磨的案例分享。

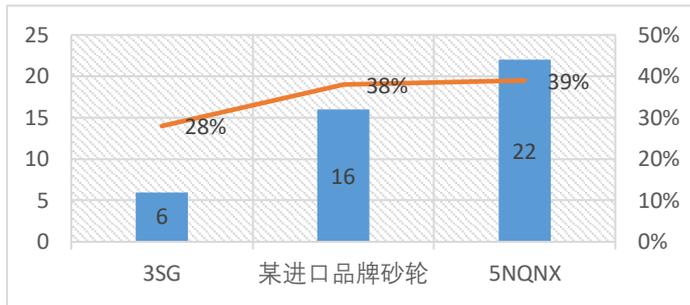
### 案例

加工工件: 18CrNiMo7-6 齿轮, 硬度 HRC58~62 模数=15.2 齿宽 420mm, 压力角  $20^\circ$

对比标准 3SG 诺顿常规砂轮和某进口品牌砂轮，测试规格：5NQNX80H20VTX2, 加工参数如下：

	粗磨径向进刀量	粗磨冲程	Q'w	V'w
3SG	0.09	4000	6	900
某进口品牌砂轮	0.174	5500	15.95	1600
5NQNX	0.203	6500	21.99167	2200

\*注：蓝色柱状为 Q'w，折线为功率百分值



测试结果：

- 测试中，5NQNX 在粗磨第一步 Q'w 可以达到 22mm<sup>3</sup>/mm\*s,第二刀齿面全部接触时可以到 18mm<sup>3</sup>/mm\*s, 同时功率控制在 39% (功率值为第二刀)
- 在高效磨削的同时，V'w 值可以达到 2200m<sup>3</sup>/mm, 进一步延长了修整间隔，提高了砂轮使用寿命，减少了滚轮修整损耗
- 磨削后光洁度为 Ra0.32, 酸洗后无烧伤问题

\*上述比较结果基于随机抽取的诺顿产品和竞品的样品的对比测试，仅供参考，并不承诺比较结果在任何特定情形下均适用。