

齿轮

实现协同制造

除提供变速箱保养和维修服务外，该公司使新齿轮原始设备制造商的两个不同部门进行协同制造而获利。

文 | Russ Willcutt



更多精彩请扫描二维码

在商业领域，当一个部门变得太狭隘，就会很少和拥有他们可以获益且有见解的其他领域同事的沟通，即形成了一个无形的屏障。这种情况可能发生在齿轮生产车间，不同部门都太关注自身的目标，而忽略了分享结果和专业知识或未能创建良好的沟通渠道，以至于不能有益于整体业务的发展。在大多数情况下，每个部门将受益于这种无形屏障的消失。

Cincinnati Gearing Systems (CGS) 公司因设计和制造新齿轮及变速箱修复服务而闻名，其在这两个不同活动领域之间有着密切的联系。部分 OEM 部门的成功策略是保持齿轮制造的领导地位，无论是在生产或设计更轻、更强齿轮组的新材料，还是在研发最新加工技术方面。其中，服务部门负责维护和修复用于不同目的和不同工作环境的旧齿轮，而机械操作人员得到了交叉培训，使得操作人员可以在任一设置上操作，不仅创造了在人力资源方面的灵活性，同样使得员工有机会在旧和新齿轮组上工作，在他们建造的齿轮和修复的变速箱上使用新技术和新材料。通过和他人分享在每个领域获得的知识，CGS 公司能够简化其内部操作，同时将不断发展和扩大机构的知识深度并提供给用户。

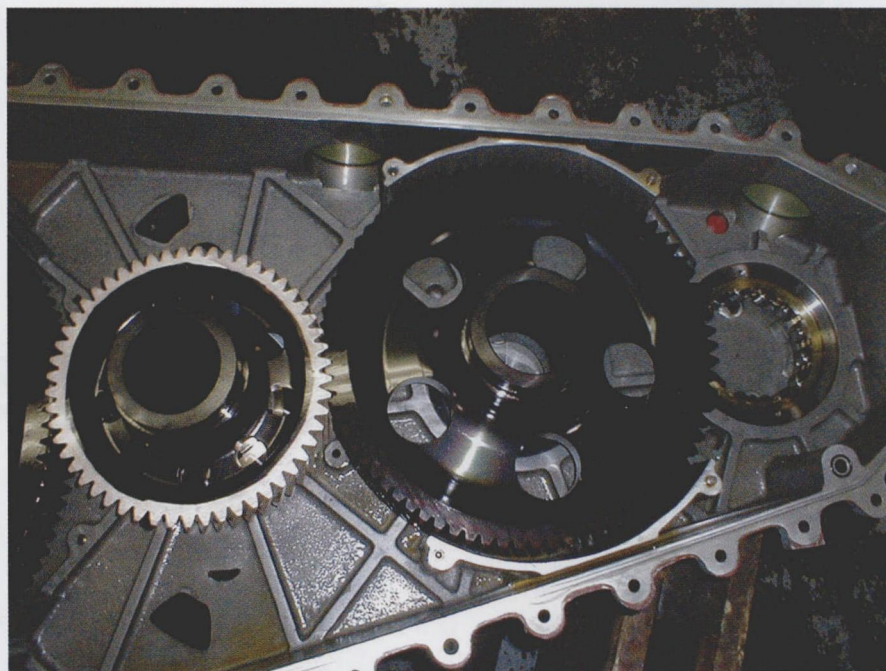


图 1 一旦打开外壳，可以看到齿轮处于原始状态，显示 CGS 原始工作的质量和精度

部门简介

CGS 成立于 1907 年，由坐落于 Ohio 的三个不同工厂组成，并根据这三个工厂命名。除为航海、工业和军事制造精密传动组件和密封驱动器外，CGS 的变速箱维修服务对象包括其多年前设计与制造的装置以及其他品牌的变速箱。

尽管 OEM 齿轮传动部门和变速箱维修服务是两个不同的部门，但它们仅

相隔几英里远，两个部门之间的互动很频繁。“如果你和新齿轮组的用户合作，通常有时间讨论用户所需的不同材料、设计、加工方法、热处理方法，此为系统性方法。”公司董事长 Rob Rye 说道，“但如果用户的变速箱发生故障，则为紧急情况，需要我们快速启动并运行，因为用户负担不起停工责任。”举例来说，与医学类比，定期去看医生和受伤后立

即送往急诊室是完全不同的情况，每种情况都需要采用不同的方法处理病人。

提供选项

在用户打电话寻求齿轮维护服务时，CGS 必须确定的第一件事就是用户想要其变速箱修复到什么程度。快速修复需要尽快运回公司以便全面重建，也许使用新齿轮组和轴承将花费更多时间，但可以让驱动装置更安静、更平稳地运转，因此增加使用寿命。“这完全取决于用户。” 服务部经理 John Terry 说道，“我们提出不同的选项让用户选择，同时说明每种选项的风险和好处。”

最快、最便宜的方法修复破损轮齿到可用程度，或重装需要替换的轴承，要明确这是一个临时补救的方法，以便用户可以继续生产，但可能带来更严重和更昂贵的故障。CGS 列出了所有可能的解决方案的详细报告，包括让变速箱回到优质工作条件所必要的维修首选方法，最优方法可能包括在损坏齿轮组中替换松动齿轮或整个齿轮组以及齿条、轴和轴承。

在传统制造中，避免变速箱故障最

好的方法是开发一个预防性维护计划，要么在内部制定计划，要么和服务提供商签订合同，定期振动分析以及检查轴对齐和轴承状况可以帮助避免故障的发生。如发生这种故障，CGS 将立即开始研究解决方案，根据 Terry 所述，他列举了某公司发生变速箱故障的一个事件，这家公司首要考虑的当然是修复变速箱并尽快投入生产。Terry 和他的团队提供了将变速箱立即恢复到 50% 功能性的替代方法，但同时涉及加工一个全新齿轮组以便在完工时安装，这种方法不能使该公司立即恢复全部生产能力，而在等待新齿轮传动时可以让车间继续运作。此外，CGS 交付的新齿轮是由较坚固的材料制成，具有较高功率密度，新齿轮允许对变速箱的重新设计，以便可以承担较重负载，改良的打磨技术同样让新齿轮拥有了较好的表面粗糙度。

“他们仅损失了几天时间，而不是 12 周灾难性故障导致的停产。” 根据 CGS 销售和服务代表 Rodger Kahrs 所述，“之后我们去了他们的现场，安装新齿轮，以最快速度、满载运转齿轮，检查变速



图 3 这里，可以看到随着时间的推移，密封轴上出现了小槽，修复解决方案涉及在接触点上附着一个坚固材料带

箱两侧的支撑设备，因为这通常正是问题实际发生的地方。有时候，为将螺栓放置到变速箱中对应的孔内，人们甚至试图使用蛮力保证对齐，殊不知这将损坏齿轮。”

领先优势

在 CGS 修复服务与拆卸老变速箱（许多都是 CGS 制造）的同时，回顾性能力和反思过时设计的绝佳机会就出现在眼前，OEM 部门正在不断地学习最新制造齿轮的切削工具、软件、材料和加工流程，以便让公司在拥挤的领域中保持竞争力，这种想法已经引导了重大的资本投资，包括 Giddings & Lewis 的立式车削加工中心、Johnford 的水平轧机、Amara-Seiki 的立式车床、Reishauer 和 Gleason 的高速成型磨床以及 Usach CNC 的外径磨床。根据销售和工程副总裁 Kenneth Kiehl 介绍，CGS 已经掌握了先进新技术和可靠“旧铁”的平衡，可以满足用户要求的任何允许容差，并且可以制造出直径在 3/4 in (1 in = 25.4 mm) 到 4 m 的齿轮，并满足美国齿轮制造商协会规定的 Q15 质量水平。

Kiehl 继续描述公司在加工过程中使

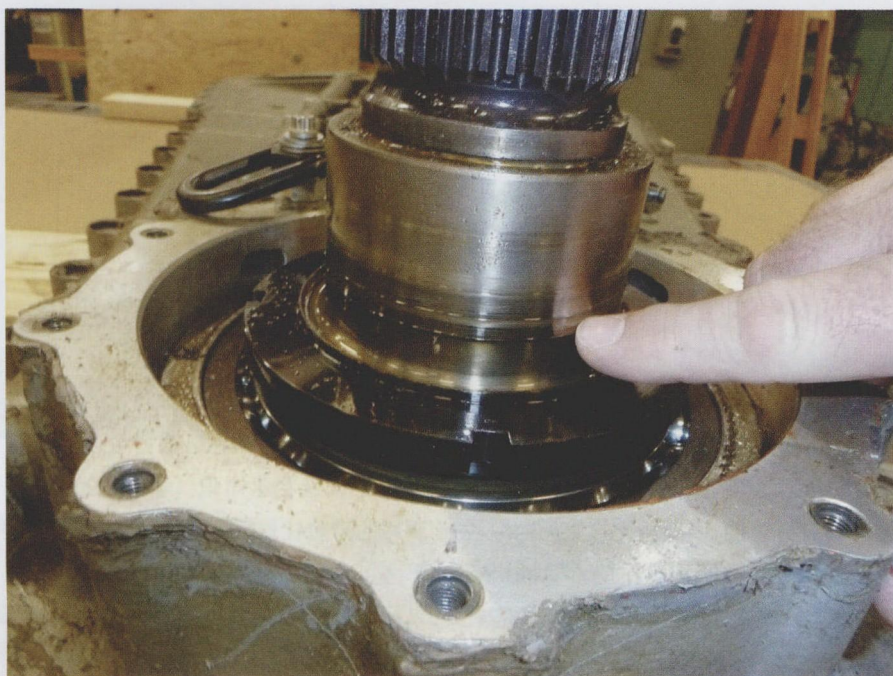


图 2 用于军事航海的变速箱于 20 多年前在 Cincinnati Gearing Systems 设计、制造和组装并运出

用的先进技术，这些技术保证新齿轮的质量更高、加工更快、制造更容易，并在变速箱重建操作中可以更好地修复齿轮。就铣削而言，新技术可以让变速箱外壳，在材料改良之前所不能触碰的区域内进行拆除与制造，可以保证外壳更轻并且留给齿轮组更多空间，这种技术甚至可以在原始变速箱设计的相同外部尺寸内让齿轮组“重新调节比例”，从而令承担更重负载成为可能，并且这些齿轮（无论是新或重新研磨过的）可以从改良的研磨机和粘附到齿轮的研磨剂中获利，这让齿轮更安静、更顺利、更长久地运转。同样有可能进行第二或第三次操作，如去除毛刺和“机械”去角斜切，去除许多情况中的额外设置。

正如任何机床操作人员所知，切削工具在不断进化，但 Kiehl 说，CGS 拥有获得准确工具的独特方法，也就是一位经验丰富的切削工具工程师。“在这位工程师需要特定加工流程工具时，他将从我们的供货商那里预订最接近这种工具的工具，之后进行细微修改，将工具处理成预期机床和流程所需的工具。”

另一个不断需要改进的制造需求是具备可用性的 CAD/CAM 软件，且该类



图 5 再修复变速箱需要安装新齿轮、轴承和密封圈，这时，在使用密封胶前，将螺母仔细收紧在螺栓上

软件在一旦有手动调整要求时，能够自动地简化许多流程。CGS 使用 SolidEdge 软件用于 CAD 设计、SmartCAM CNC 软件用于加工。使用 SolidEdge 开发的 3D 模型 step 文件用于在切割芯片前加工建模部分，经常在重建方面使用的是“未知齿轮测量计划”，可以迅速确定未知齿轮的几何形状和尺寸。

齿轮服务部门注意的最后一个领域是支撑组件（如轴承和密封圈）上做出改良，以便重建变速箱，以优于最初制造的运行状态返还给用户。如果轴承不圆，可以再修复，如来自 SKF 的新产品 CARB 的环形滚子轴承结合了球形滚子轴承的自动对准功能和圆柱滚子轴承的轴向位移功能。轴承制造商表明，这些轴承拥有紧凑的横截面和滚针轴承的高负载承载能力。尽管现在的密封圈是由更耐用的材料制成，最后依然会在小齿轮和轴上磨损出凹槽。在一些情况下，CGS 通过增加比轴更坚硬的材料制成的轴环解决问题，可以保护轴不和密封圈接触。

尽管两个 CGS 部门之间的通信频繁并具有持续性，回顾所交换知识的“反复”性质依然具有建设作用。Kiehl 认为从 OEM 转移到维修部门的价值是：为 OEM 采购的新机床拥有更高的允许容差，提高用于变速箱修复的齿轮质

量；投资于先进机床，以允许维修部门投身于之前不能投标的工作中；证明了 OEM 的知识和经验，这是很好的营销策略。从修复转移到 OEM 部门的价值是：帮助 OEM 改良新齿轮组设计，每天修复所有制造和类型的变速箱成就了经验丰富的齿轮修复专家，可以和 OEM 操作人员分享其丰富经验；通过变速箱修复和客户建立关系，通常引发投标新齿轮组设计的机会。

Kiehl 将变速箱修复服务比作为汽车维修服务：“我们设计、制造和装配整个变速箱，包括轴、齿轮、轴承、密封圈和润滑系统，所以将您的变速箱交给 OEM 就像将您的车交给经销商而不是独立技工。”

内部资源

正如成功的齿轮制造商不断寻求外部资源（培训、贸易展览、OEM 开放参观日）来改良工艺一样，公司同样寻求内部资源帮助，如在公司内可以在不同平台上学习专业知识、学习制造新的、更好的齿轮让修复部门进步，同时回顾那些可以识别设计缺陷的旧变速箱，可以帮助提出更新、更好的设计、改良材料、快速的加工流程，从而获得更好的驱动系统和组件。MM

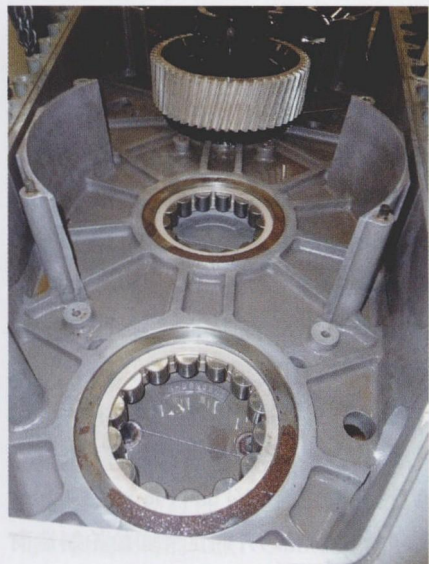


图 4 轴承周围的变色是由于海水渗透导致，可以轻易解决