



采矿车队实现 100,000 工作小时及更长服务寿命 人员和流程是关键

自由港McMoRan铜金公司的 Sierrita 露天矿山是位于美国亚利桑那州南部，距离墨西哥边境约 48 公里（30 英里）的一座低品位铜矿山。该矿山因其铜和钼生产闻名，但目前其服务寿命超长的 Caterpillar® 793 卡车车队业绩正倍受关注 — 出色的人员、流程和服务是实现这一成就的关键因素。

Caterpillar 的第一辆 793A 系列卡车于 1991 年在 Sierrita 投入使用，这是在矿山服务寿命超过 100,000 工作小时的五辆 793 型卡车之一。该卡车经历了 200 多次预防性维护服务，消耗了 1700 多万升（450 万加仑）燃油，更换了 132 次轮胎。

“没人真正预计到这辆卡车能服务那么长时间，” 矿山经理 Derek Cooke 说道。“它已经超越了甚至是最乐观的预期，而目前仍然保持出色的性能。事实上，Sierrita 准备让这辆矿用卡车再跑 50,000 个小时。我认为，我可以保守地说，这辆卡车还可以跑上几个年头。”

尽管这些因素很重要，但卡车的车况让人印象最深刻。尽管车龄和服务寿命都很长，但卡车仍然保持了高达 90.4% 的可用性。

“不仅这辆卡车与车队的其它卡车跑的时间都很长，而且这些卡车的车况与可用性都令人印象深刻”，Caterpillar 代理商 Empire Machinery 的客户经理 Steve Maracigan 说道。“出色的可用性是通过辛勤的工作、让人自豪的工艺和对结构性维护流程的秉承而实现的。”

Sierrita 的远程资产监控项目车队调度员 Connie Puckett 将卡车超长的服务寿命归结于其部门的基本维护理念。“这又说回到了基础”，她说道。“制定一个全面而出色的预防性维护（PM）计划，及时更换机油/燃油、监测设备状况及用途，并回坚守计划让设备始终保持其可能的最佳状况。”

保持主动

随着开采设备变旧，其可用性也会降低。但是，这在 Sierrita 的矿用卡车车队却不是什么问题 — 大部分原因是因为矿山制定了世界一流的预防性维护（PM）计划，同时支持其设备组的流程与程序已经到位。

“卡车车队刚建立的时候，维护理念就已经形成很久，” Puckett 说道。“我们非常幸运能在一开始就操作那么好的设备，然后又有 Empire 和 Caterpillar 为我们的维护理念提供支持。我们一直坚持我们的维护理念，在有些情况下，我们确实有能力改进这些卡车的性能。”

Sierrita 维护计划的一部分就是预防性维护 (PM) 之前的检查, 也就是在卡车按期送到维护车间之前约 5 天对卡车进行全面检查。这就确保卡车进入预防性维护区时, 所有要更换的零件、专门设备和熟练的机修工人都能到位。

“让卡车在工作时保持超过 90% 的可用性最大的挑战就是强大维护计划的可持续性,” Empire Machinery 采矿总监 Larry Kitto 说道。“维持高度专业化不是偶尔为之; 这是一种自上而下都要坚持的态度, 整个企业的每一部门都不得有丝毫松懈。”

经济分析说明了, 翻新一个车况良好并且经过合理维护的矿用卡车, 胜于让卡车报废, 然后买一辆新车。“设备的每一部分都有预期使用寿命,” Maracigan 说道, “但即使在超过预期使用寿命之后, 仍然值得进行维护, 因为更换设备的成本很高, 而且即使是新卡车, 也需要维护。”制定全面计划, 使机器保持良好状况和高可用性的那些企业现在获得了应有的回报, Maracigan 说道。

发现合适的人才

Sierrita 的维护团队在过去几年并未出现太大的变化, 这在采矿行业可不平常, 机械的高可用性诠释了他们共有的自豪感与勤劳。此团队已经开发了高度一致的世界一流标准的设备维护流程—令该矿山获得高度尊敬与赞誉。事实上, Empire、Caterpillar 和 Sierrita 对维护计划的审计发现, 已经到位的流程非常出色而且有效。

Cooke 非常清楚, 确保理想的结果取决于合适的人才。“我要说的是, 这本来就是一个复杂的综合系统及程序, 对于我们在 Sierrita 取得成功非常关键, 但最终还是需要人来执行, 才能实现理想的结果,” 他解释说。“我们的整个团队拥有出色的人才。Sierrita 维护主管 Larry Buhlke 要求很高, 并督促他的员工具备强烈的责任心, 而且始终注意纠正哪怕是最细微的问题。我们有一群出色的主管和一支出色的队伍。他们都为团队在支持卡车车队方面作出的贡献感到非常自豪—车队达到的可用性对有些采矿公司而言只是梦想。”

矿山与卡特代理商 Empire 建立合作伙伴关系非常关键。“无法预见的故障在任何矿山都是主要问题,” Empire 在 Sierrita 的项目经理 Tony Sharpe 说道。“Empire 和 Sierrita 的维护与操作保养人员紧密合作, 竭尽全力确保不发生突发故障。”机修工人与矿山的运营方建立了良好的合作关系, 这也有利于车队的整体健康运作。Sharpe 谈到, 每一个人都了解其他人的工作与职责, 而且他们对各自的工作都彼此尊重。

许多维护工作要求高水平的技术经验, 而且需要很多人工时间。Sierrita 的维护团队包括了矿山最专业的执行人员—他们聪明、热情, 而且经验丰富。Maracigan 解释说, 这些团队在感情上接纳了他们负责的设备, 而且他们对能使设备保持出色状态及在高水平性能下运转, 有着极大的自豪感。

遵循总成件更换计划

维护计划的一部分就是总成件翻新计划, 其中涉及卸除老化、破损或达到使用年限的总成件, 并使用翻新符合 Cat 耐用性和可靠性标准的翻新总成件进行更换。这些“旧”总成件被送往卡特 Empire 的总成件翻新中心进行翻新, 然后重新安装到在 Empire 区域内正在使用的其它 Caterpillar 设备上。

Sierrita 依靠 Empire 提供优质的总成件。“我们希望交付给我们并安装到设备上的总成件能按我们学到的合适及正确方法进行维护, 而且直到总成件达到其预期使用年限, 不会出现任何重大问题,” 在 Sierrita 工作了 20 多年的维护协调员 Connie Puckett 说道。

成功进行总成件管理的关键就是制定详细的计划内总成件更换 (PCR) 方案, 这需要界定总成件的预期使用年限、持续了解总成件状况、对性能及效率衰退作出合适的反应并在发生故障或极端状况下的灾难性故障之前进行更换。每一个大、小部件都按照 PCR 的间隔时间进行更换。

“总成件故障即宣告您的维护方案失败,” Sharpe 说道。“总成件翻新就是制定一个流程并始终遵循该流程。代理商知道他们通过总成件翻新计划来帮助客户取得成功, 而且他们不能走捷径, 否则只会导致在后面阶段出现问题。”

Puckett 相信, Sierrita 之所以能成功实现卡车超长服务寿命, 部分原因在于从零开始构建其计划内总成件更新 PCR 方案的能力。“在制定 PCR 方案初始, 我们能开始于全新设备并建立信息,” 她说道。“从新车引入开始, 我就一直关注这辆卡车, 并跟踪每一件事情。”

Sierrita 与 Empire 已经不再使用固定间隔“工作时间”作为更换总成件的唯一指标。“如今，我们还注意状况因素，例如累计‘耗油量’，作为引擎在其使用年限期间所完成的总工作量的更好指标，” Kitto 解释说。例如，Empire 现在并不是在引擎达到其基于小时数的目标使用寿命时进行更换，而是根据其状况，延长 500 或 1,000 小时的使用寿命—同时，监测过滤器、油况和耗油量，及总体操作性能，然后决定更换引擎的时间。

遵循状态监控流程

Sierrita 成功实现卡车超长服务寿命的另外一个关键因素就是其状态监控计划。状态监控涵盖实现早期检测到设备状况、操作或应用严重度变化的一系列常规措施。这些措施能支持对设备管理进行故障前维修，及引导对维护计划、设备操作或用途进行更改。状态监控以其最简单的形式，对机器系统与总成件状况，以及可能或已经在总体上影响设备健康及使用年限的外部因素（例如应用严重度）进行研究。

成功的状态监控计划可以：

- 减少故障次数及计划外的停机维修
- 改进设备整体操作和降低维护成本
- 推动高效利用劳动力资源
- 改进设备可靠性/可用性
- 提升产量，减少每吨成本

Sierrita 聘用了一个专业团队来监测设备各方面的操作特征，包括温度、压力和速度。“状态监控称不上一门新科学，” Kitto 说道。“但通过监测和研究这些指标，您可以进一步了解设备的操作和设备工作的环境。Sierrita 的状态监控方法有助于支持其故障前维修策略，从而优化总成件成本和设备可用性。”

与机器总成件相关的状态监控可分为三部分：

- 机器系统和总成件的主动管理
- 缺陷检测
- 应用监测和管理

状态监控流程可进一步细分成若干子流程，例如检查、液体管理、机载电子数据管理、机器系统性能测试、应用分析和故障经验教训/故障分析。

Puckett 形容她的维护协调员职责就是成为卡车车队“之母”。“我负责跟踪卡车总成件的使用寿命，润滑油变化，确保在正确的间隔时间做好一切，”她说道。“我还要记录为这些总成件提供的所有维修，所有工单。记录并保留关键或重要资料是我的工作。我必须在合适的时间安排这一工作。我不用亲自为卡车做这些工作，但我要跟踪该计划，以便使每一个人都知道，他们需要为卡车做这些工作。”

控制污染

注意污染控制也是 Sierrita 的卡车车队实现超长服务寿命的原因之一。这一可靠性和耐用性计划有助于设备持有人通过避免总成件故障，延长总成件和产品使用寿命，同时通过产品生命周期优化生产效率，从而实现卓越价值。

污染物控制包括两部分：液体分析/管理，及维护流程/环境清洁控制。

液体分析/管理涉及监测润滑油及燃油当中的污染物和微量元素。任何不属于液体本身的东西都被视为污染物。微粒污染物最常见—也最容易控制。其中包括污垢、金属、焊接飞溅物、漆片、碎纤维和密封材料。热、水和空气也被认定为污染物。他们共同作用，会破坏油的化学成分，形成油脂氧化和油酸。

“我们发现，即使润滑油里面出现少量的碎片，也会显著减少总成件的使用寿命，” Kitto 解释说。“润滑油是通过一个可以去除微粒和污染物的外接过滤系统泵入的，从而实现及维持较高的油清洁度。”

污染物控制的另一方面就是监测卡车维护环境的清洁度，以及在该环境采用的维护及维修程序。为达到最高标准，维护环境必须为无尘、与外界隔绝而且极其干净。

“污染物控制是我们非常重视的工作，” Puckett 说道。“这就像我们平常说的好的家务管理。我们使用设备时减少污染物，不仅对您的设备有好处，而且也是我们员工工作车间的一个安全因素。它为我们的员工提供更为安全的工作环境，因此管理家务在这里是一件大事。”

Caterpillar 在过去五年集中付出了可观的努力，来实施各区域的污染物控制。公司本身努力：

- 建造及交付清洁的总成件和机器
- 设计容易保持清洁的机器、引擎和总成件
- 提供工具和服务以帮助管理污染物
- 向其他人宣传污染物的起因、后果及解决方案。

Caterpillar 交易商在成功实施污染物控制计划过程中发挥了巨大作用。Empire 任命了一名污染物控制管理员，并在零部件及维修部门坚持实施已经制定的流程。员工不间断接受污染物控制培训，并掌握正确的工具使用方法及微粒计算技能。

Sierrita 同样在污染物控制方面发挥了重要作用，确保矿山的每一个人都了解污染物控制的重要性。车间和零件仓库的操作遵循制定的程序，而维护人员则确保设备在执行自行维护和维修后符合 Cat 建议的清洁度目标。事实上，Sierrita 的设施已经获得 Caterpillar 的五星污染物控制评级。

利用升级的优势

尽管 Sierrita 服务寿命超长的 793 卡车由于其原有的车价，在技术上是属于 A 系列车型，但在其服务期间经过广泛升级，如今更类似于 B 系列卡车。这些升级包括电子喷射引擎 (HD)，以及加装重要数据监测系统 - Vital Information Monitoring System (VIMS)。

Sierrita 与 Empire 坚持主动维修理念的结果是，整体维护成本降低。Sierrita 利用了 Caterpillar 为确保机器使用寿命最大化而提供的每一项适用的升级翻新；因此，矿山不必投资更换设备。这些升级翻新计划只是确保卡车车队保持高水平可用性的众多因素之一。

“我相信，这辆卡车现在的性能比它当年的新车状态时候更出色，” Buhlke 说道。“它在斜坡道上行驶的速度更快，而且比之前使用短冲程引擎时更省油—HD 引擎的使用寿命比当年原配的短冲程引擎长很多。”

“我们已经根据 Cat 的建议对卡车进行了所有车架上的改造和任何其它升级，” Buhlke 接着说道。“我们只要得到资料，就会按资料执行，以使卡车更好。”

培训员工

Sierrita 和 Empire 都积极开展操作及维护人员培训。培训是为了确保两家公司的员工具备高度专业化。

采矿公司知道，训练有素并具有技能的操作员能在各种天气及道路状况中确保安全及高效操作。Sierrita 在现场使用基于电脑的培训辅助工具和矿用卡车模拟，从而对操作员进行卡车操作基础培训，之后才被允许进入真实尺寸的卡车。

“我们从来不会让任何一个人单独操作，一直到我们觉得他们能安全操作卡车，” Sierrita 的高级培训专家 Cathy Fontes 说道。“然后，我们通常让该员工连续几天在日班单独驾驶，使其真正了解所有地点，并完全了解卡车，然后才能把他们分配到轮班部门。之后，他们要回来，并跟着另一位培训师参加夜班，因为我们强烈认为，夜间驾驶与白天驾驶有很大不同。”

此外，Sierrita 操作员还通过培训了解如何正确操作他们的机器—如果他们不正确操作，则可能出现哪些严重后果。这有助于 Sierrita 在发生严重问题之前进行维修。

“我相信，我们提供的详细培训有助于维护机器健康，” Fontes 说道。“我们甚至会在新司机轮岗约一个月之后，让他们回来。他们走进卡车车间，跟随机修工，问各种问题。也许他们不了解机械术语，但他们的驾驶时间足以理解‘感觉不对劲，闻起来不对劲和听起来不对劲’的情况。这确实有助于他们理解卡车的运行原理，从而使他们能在将要出问题的时候就意识到了。而且我相信，这也有助于我们的卡车延长使用寿命。”

Empire 建立了一个地区培训中心，用于对本公司的机修工以及客户和其他代理商商进行培训。机修工培训课程与实习课程类似。维护车间的新员工将跟随一位经验丰富的维护技术员，了解设备及其总成件。此外，机修工将参加由 Empire 集团在亚利桑那梅瑟（Mesa）的设施举办的培训课程。

维护运输道路

坚持维护程序与计划对 Sierrita 的设备使用寿命有着深远影响，但矿山运作同样发挥了重要作用。特别是 Sierrita 十分关注其运输道路，以便增加卡车和卡车总成件的使用寿命。

“运输道路是我们最关注的事情之一，” 高级工程师兼质量分析师 Gary Perry 说道。“我们有能力从我们的 Cat® 卡车取得众多数据。我们在卡车上安排了 工作人员，并观测卡车对矿区内不同区域的每一运输道路作出哪些不同的反应。我们发现，我们原来认为非常出色的运输道路其实并不那么完美。”

Perry 解释说，他们在运输道路 9 米（30 英尺）路段检测时，引擎作出了不同的反应。“我们一路过去，并且每 9 米（30 英尺）就划出轮廓。然后，我们对需要修复的路面区域排定优先顺序，” 他说道。“我们能减少岩石溢出量，我们能消除轮胎通过车辙上下的应力。实际上，最终您消除了卡车的应力，您就省了钱。”

通过减少运输道路的坡度变化，Sierrita 能够提升卡车的速度，并减少高耗能的变速器换挡次数。“这样也减少了岩石溢出的数量，因此，真正做到很好地节约了成本，” Perry 说道。“除此之外，总成件使用寿命也有显著提升。将变速器换挡次数减到最少，就减少了传动链的冲击负荷。如果载着 236 公吨的负荷（260 短吨负荷）颠簸前进，则支柱总有出现故障的时候，而且可能出现必须维修的结构性故障。卡车内的座位可能出现故障，导致员工受伤。如果您修补这些运输道路，使您可以每小时 35 英里的速度（56 千米/小时）舒适平稳地驾驶，而不会颠簸，则将延长总成件使用寿命，并减少对整个卡车的损坏，而您的驾驶员则将享受更美好的生活。”

齐心协力

尽管 Sierrita 对其卡车车队的表现非常满意，但 Perry 认为，这并不意味着矿山将停止其继续改善的步伐。一队一队的人马将奔赴其它 自由港McMoRan 矿场，继续寻求改善 Sierrita 操作的最佳实践。

“例如，我们将观察水车之类的车辆，” Perry 说道。“您如何才能更好地利用它们？水车是用于控制灰尘的必需工具，但如果使用不当，它们也能破坏道路，因此，我们应该如何正确使用？我们应使用哪些类型的添加物？”

“如果您召集来自不同地区的 10 或 15 个人，坐下来探讨您应使用哪些最佳实践，无论我们讨论卡车、运输道路、挖掘机或涉及开采操作的任何其它方面，那都将非常有意思，” Perry 继续说道。“我们近期完成的一项工作就是为所有物业配备了压实机。我们将 Cat 压实机开到了倾倒地、运输道路、挖掘坑，甚至开到了我们计划钻井的钻井工作面，以减少应力。这就是我们一直在寻找的持续改善观点。”

Perry 强调，开诚布公的交流是成功的关键。“我们的操作员和派遣系统之间持续保持交流，” 他说道。“如果出现问题，我们的操作员实际上有权力直接联系卡车车间，并与那里的人交谈，以准确、及时地交流有关信息。我们的挖掘机操作员同样如此。他们可以反复地联系操作员或维护或派遣人员。大量的交流才能确保正确行事。”

Sierrita 矿山

自由港McMoRan铜金公司的 Sierrita 矿山是位于亚利桑那州图森 (Tucson) 以南 40 公里 (25 英里) 处的一个露天铜/钼矿山。该矿山的產品輸送到一家日處理 104,000 噸 (日處理 115,000 短噸) 的硫化礦選礦廠、一家鉬礦廠、兩家焙燒廠和一家鍊加工設施。

儘管 Sierrita 的礦山早在十九世紀九十年代就具所有權了，但目前的露天礦從 1957 年才開始開採。礦山僱用了約 1,000 名員工。該礦山每年出產 7300 萬公斤 (1.6 億磅) 銅和 800 萬公斤 (1800 萬磅) 鉬。礦山有大约 11 亿吨 (12 亿短吨) 可开采储备。平均矿石品位为：铜 0.26%，钼 0.027%。

Sierrita 是美国最安全的矿山之一，曾经荣获联邦政府的权威大奖 - 安全卫士奖 (Sentinels of Safety)，以表彰矿山于 1993、1997、1999 及 2001 年在露天硬岩矿类别被评为最安全的矿山。