



地下深处作业设备的翻新

卡特代理商为嘉吉公司的卡尤加盐矿提供维护解决方案

在美国纽约州有一个美丽如画的湖泊，嘉吉除冰技术公司的卡尤加盐矿就位于这个湖泊下面701米（2,300英尺）的地下深处。把配件和机器运进这座盐矿是一项极具挑战性的工作。实际上，到了维修或者更换大件设备时，必须首先在地面上把它们拆卸开来，然后在矿场中重新装配。

在卡尤加盐矿寻求提高其卡特®R1700G井下铲运机（LHD）车队的绩效时，代理商密尔顿卡特公司开发了一种使卡尤加盐矿的井下铲运机更加多产、更加可靠的解决方案——花费的成本大约是购买新机器的60%。并且，他们不需要把机器从地下矿场中运走就可以做到。

这个解决方案就是实施卡特认证的设备翻新（CCRs），充分利用置入卡特井下铲运机中的“第二次生命”。并且，设备翻新将有史以来首次在地下完成——这个挑战已经证明可以实现，它现在已经成为其他地下采矿设备队伍的公认解决方案。

生产冬季道路安全用盐

嘉吉除冰技术公司是嘉吉公司的子公司，嘉吉公司是一家国际性的食品以及农业、金融和工业产品与服务的生产商和销售商，总部位于美国明尼苏达州明尼阿波利斯市。嘉吉除冰技术公司提供批量的除冰用盐、先进的除冰装置、自动化盐水生产系统和其他用于提高冬季驾驶安全性的冬季维护设备。

卡尤加盐矿主要生产道路用盐，它们主要是每年的11月至次年的3月在美国的东北地区销售。1919年，卡尤加石盐公司开始在这里采矿。1969年，嘉吉公司购买了这座盐矿，现在独家拥有这项业务。

卡尤加盐矿位于风景优美的纽约州指状湖群地区，就在纽约州伊萨卡以北大约9.7公里（6.0英里）的卡尤加湖正下方。卡尤加湖全长64公里（40英里），是指状湖群中最长的一个湖。卡尤加盐矿位于卡尤加湖的东南端，最宽处达4.8公里（3.0英里）。采矿作业就在卡尤加湖下方701米（2,300英尺）处进行。

在地下深处寻找盐矿

卡尤加盐矿位于卡尤加湖深处的沉积矿床中。沉积矿床所在的椭圆形盆地面积很大，延伸到东北和中西部各州的许多地区。卡尤加盐矿是西半球最深的盐矿，靠近盆地的中心位置，矿床厚度达2,135米（7,000英

尺)。沉积层略微朝中心倾斜，越是靠近盆地中心的位置，沉积层越厚。沉降程度大约为每公里42米（每英里85英尺）。页岩和砂岩占了沉积层的大部分，也会遇到石灰石、白云石和志留纪盐。盐区的厚度范围是从盆地边缘的61米（200英尺）到盆地中心的350米（1,150英尺）。

盐层深度在594和835米（1,949和2,741英尺）之间。这些盐层在不断蒸发的海水下面已经沉积了大约6亿年；盐层本身就称作蒸发盐。

卡尤加盐矿包含八个盐床或者盐层，嘉吉公司目前正在第六层开采——这是一个相对平坦的盐层，接近沉积层序的最底层，估计剩下40年的开采寿命。在卡尤加盐矿的整个开采寿命中，已经有了三个作业层——第1层，第4层和第6层，于1969年开始开采。它是一个平坦的地层，厚度范围是2至4.5米（7至15英尺），朝东南方向略微倾斜。周围的地质和盐层的形状类似于煤层，非常适合房柱式开采。卡尤加盐矿每年产量为230万公吨（250万吨），拥有200多名员工，日生产为8,160公吨（9,000吨）。

它的生产系统是一个大约10公里（6英里）长、3米（10英尺）高、12米（40英尺）宽的走廊。第6层以有组织、高度机械化的方式开采。采矿正在卡尤加湖的下方向北进行。主要的行走和空气通道由北向西修建，生产巷道向东和西延伸。

三个竖井只用于在矿场和地面之间运输盐、工人、物资和新鲜空气。1号竖井的尺寸为2.7×6.4米（9×21英尺），从地面通至588米（1,930英尺）深处的4号平巷；该竖井仍然充当卡尤加盐矿的生产竖井和排气通道。3号竖井于1976年修建，是唯一延伸到701米（2,300英尺）深处6号平巷的竖井。它的直径为3.7米（12英尺），在已经修建的竖井中，它是最深的。该竖井采用混凝土衬砌，用于运输工人和物资，以及充当新鲜空气的通道。卡尤加盐矿没有把1号竖井修建到6号平巷，而是采用两个斜巷连接两个平巷。这两个斜巷向下倾斜的角度为15度。一个斜巷用于运输工人和设备，另一个斜巷借助传送带把最终产品运输到4号平巷，然后在4号平巷中存储起来，准备随时提升到地面上。

开采作业每天三个班次

卡尤加盐矿每天作业三个班次，每周五至六天，所有三个班次都是开采除冰用盐。除冰用盐在一系列工作面中进行开采，每个工作面宽10米（32英尺），高3米（10英尺）。

作业循环从“剥落”新修建巷道上的岩皮开始。采用一种配置可伸缩大臂的机器刮拭巷道顶板，取下松动的护板。剥落岩皮之后，每个工作面上方的顶板都用锚杆钻机打眼，然后用螺栓固定，为矿工创造安全的工作条件。下一步是在工作面上钻孔，接着是掏槽，修建一个不开采的辅助工作面，把开采的矿石破碎到里面去。在这个过程中，使用机器在工作面中切割一个15厘米（6英寸）高的狭缝，贯穿工作面9.8米（32英尺）的宽度。

该作业循环的下一步向每个炮眼中气动装载炸药。每个炮眼都用非电雷管引爆。为了保证能够在工人重新进入工作面之前把爆破产生的烟雾清除干净，爆破作业在每个班次结束时进行。最后是利用卡尤加盐矿的卡特井下铲运机队伍把盐运离工作面。这些机器为低矮、前置式转载机，配置容积为9.5立方米（12.5立方码）的铲斗，用于清理工作面。井下铲运机把物料直接卸载到給料破碎机上，給料破碎机作为一种主要破碎设备，把物料直接进给到传送带系统上。接着，矿盐直接进入筛选机，按照尺寸大小分拣，并清除粉尘。然后，把矿盐传送到竖井中，以14.5公吨（16吨）为单位运输到地面上。最后，把矿盐装作为散货装载到敞篷货车上，每年都会把100,000吨的产品装到18千克（40磅）的袋子中堆积起来，然后利用卡车运输出去。

维护机器车队

卡尤加盐矿的维护车间位于地下，离采矿现场大约4公里（2.5英里）。“因为在地面和地下之间运输设备

非常困难，所以必须拥有装备齐全的维修车间和大量能够处理作业中所涉各种问题的设施，”嘉吉除冰技术公司维护规划师Frank Caswell说。“这些设施包括储存室、机器维修车间、再制造车间、电气系统维修车间和液压系统维修车间。”

卡尤加盐矿拥有一个35至40人的维护部门，采用先进的技术维修和维护其设备车队。尽管拥有如此强大的维护能力，但是卡尤加盐矿仍然需要代理商密尔顿卡特公司对其R1700G井下铲运机车队实施计划内的维护。这家代理商的总部靠近美国马萨诸塞州波士顿市，在距离纽约州宾厄姆顿市卡尤加盐矿大约113公里（70英里）的地方拥有一个分支机构。密尔顿卡特公司的业务范围覆盖美国东北地区，包括纽约州、罗得岛州、缅因州、马萨诸塞州、佛蒙特州和新罕布什尔州。

“将我们自己的时间和资源用于对这些设备的维护并不是最佳工作模式”卡尤加盐矿负责人Shawn Wilczynski说。密尔顿卡特公司可以随时提供配件供应、技术支持和专家意见，他说，“但是，我们与代理商员工的关系是密尔顿卡特公司带来的最重要的东西。”

嘉吉除冰技术公司在2001年和2003年之间购买了四台井下铲运机，在2007年购买了第五台。这些机器的驾驶室结构做了改动，可以适应盐矿不同矿层的高度。为了把井下铲运机运到矿场中，必须拆卸，分成两半。“在把井下铲运机拆卸开来之后，我们对每一个部件拍照，接着包裹好放进箱子里，然后贴上标签，把照片粘在箱子上，”密尔顿卡特公司的服务经理Sebastian “Buster” Fiacco说。“小块的零部件分开包裹起来，然后一起装在箱子里，并且我们在箱子的外面贴上一张照片目录。”这些零部件沿着竖井进入矿场，并在地下重新装配。

每台R1700井下铲运机每年工作大约3,000小时。由于每台机器都已经工作20,000至21,000小时，所以为了提供嘉吉除冰技术公司实现生产目标所需的可用性和可靠性，即使最周全的计划内维护也是不够的。“我们需要提高我们的生产能力，”Caswell说。“我们在五个工作面上采掘盐矿，为了满足生产目标，我们总是争取每天爆破六次。如果停工时间太多，您就无法实现生产目标。”

机器工作时间超过20,000小时之后，维护和维修成本通常就会变得高昂，Fiacco解释说。“卡尤加盐矿已经开始出现零部件使用寿命以及发动机和变速箱故障问题，”他说。“它们的生产员工正在抱怨故障停工时间。计划外的维修和故障正在变得更加常见，并且成本无法预知。我们的目标是减少这些棘手的问题，让维护和维修变得更加顺利，更加具有可预测性。”

寻找解决方案

当矿场的设备处理问题变得更加明显时，密尔顿卡特公司提供大量选项：

- 1、购买一台新的R1700G井下铲运机
- 2、实施认证的动力系统翻新
- 3、实施卡特认证设备翻新（CCR），翻新除机架和铲斗之外的整机，排除提升臂更换需求
- 4、实施完整的卡特认证设备翻新，翻新整机和机架，为铲斗喷砂，安装新的提升臂

嘉吉除冰技术公司逐个研究了四个选项之后，指出了每个替代方案的缺点。虽然购买一台新的R1700G井下铲运机会为矿场提供所需的可用性和可靠性，但是成本和14至16个月的交货时间使其无法成为一个可行的解决方案。实施卡特认证的动力系统翻新可以帮助提高机器性能和可靠性，但是机器的其他系统仍然需要维修。不包括机架、铲斗和提升臂的卡特认证翻新也不会消除故障停工情况的继续出现。提升臂每年都需要维修，与之有关的停工时间至少一个月。

密尔顿卡特公司确信完整的卡特认证设备翻新是最佳的解决方案。“为了让他们考虑卡特认证翻新服务，

我们已经努力了三年，” Fiacco说。“我们告诉他们，‘要想以您需要的成本获得您需要的可靠性，卡特认证翻新就是可行之路。’”

卡特认证翻新是一个完整的翻新程序，只有经过认证的卡特代理商才可以实施。按照新机器的技术规格对机器进行翻新，只采用原装的卡特配件。关键的工程更新都应用到机器中，并且经过卡特认证翻新之后，它们的性能甚至比刚出厂的时候更好。经过卡特认证翻新之后的机器都拥有新的序列号和保修期。

“我们把最新的工程更新融入到机器中，但是成本只是新机器购买成本的一小部分，” Fiacco说。“卡特认证翻新包括由350多次测试和检查构成的彻底评估以及自动更换大约7,000个配件。”

卡特认证翻新只有经过培训的代理商专业服务人员才可以实施，并且全部采用原厂设备配件。“卡特彼勒制定了翻新指南，我们必须遵守他们的规章制度，” Fiacco说。“不能在配件问题上讨价还价。检查程序和所有其他规章制度都是必需的。”

对于嘉吉除冰技术公司的设备车队，卡特认证翻新建议包括新的重型盐矿系列提升臂、更好的HID照明系统和可以在不到60秒钟的时间里排空大多数柴油发动机油槽、在不到20分钟的时间里更换所有的发动机润滑油和过滤器的Quick-EVAC系统。

设定目标

在嘉吉除冰技术公司同意实施卡特认证翻新之后——首先对卡尤加盐矿的一台R1700井下铲运机实施——他们设定了大量的目标，并要求密尔顿卡特公司实现它们：

- 在预算之内——翻新机器的成本大约是新机器的60%。
- 在12周内完成翻新。
- 使嘉吉除冰技术公司更好地控制维护和维修预算，在三年或者6,000小时之内不增加预算。
- 减少设备故障停工时间，提高可靠性。

Fiacco向嘉吉除冰技术公司保证翻新将使机器拥有像新机器一样的性能状况，并且翻新成本只稍微超过新机器成本的60%。

这一方案还包括为期三年、6,000小时的无磨损故障保证——嘉吉除冰技术公司提出的要求。

“我们希望把动力系统和液压系统的保修期延长三年或者6,000小时，” Caswell说。“当机器还是新的时我们没有购买这种服务。让密尔顿卡特公司呵护所有主要零部件并提供服务将让我们如愿以偿地保持预算的稳定。”

除了满足这些重要目标之外，嘉吉除冰技术公司还向密尔顿卡特公司提出了另外一个挑战：在地下完成翻新。

密尔顿卡特公司实施过多次卡特认证翻新，但是它们都是在地面上针对各种型号的机器完成的。“我们公司是首次对这些R1700井下铲运机实施卡特认证翻新——并且是世界上首次在地下实施的卡特认证翻新，” Fiacco说。“我们必须组建一个团队来确定如何报价以及如何实施和交付翻新工程。我们没有历史数据，因为以前从没有在地下实施过完整的翻新。”

规划和评估

密尔顿卡特公司实施了大量的战略性规划和评估，为翻新做准备。他们必须作出大量的决定，例如由哪些

密尔顿技术人员实施翻新，翻新对矿场运营有何影响，以及零部件从机器上拆卸下来之后哪个分支机构最方便实施翻新。

“我们的规划程序包括评估矿场和机器，” Fiacco回忆说。“我们谈到了拆卸、零部件、翻新策略、重新装配和试运转。我们努力考虑将要面对的每一个障碍并提出克服它们的解决方案，使其成为一个高效率的程序。

大量的时间用于评估机器。“我们必须确保自己知道整个程序中计划做的和/或需要做的各种事情，” Fiacco说。“如果忘记任何一部分，您就无法实现目标。翻新开始之前四至六周，由卡特技术人员和产品支持销售代表进行详细的系统评估。从所有舱室中抽取油样。它们都是旧机器。它们发生过碰撞和刮擦。我们知道必须有人进行焊接、镗孔、喷砂和喷漆操作。”

嘉吉除冰技术公司的代表也大量参与了规划过程。“我们不提供人员做这一切，但是我们尽力提供帮助，” Caswell说。

最需要考虑的事项之一是矿场的生产计划。“我们的目标之一是保证实现我们的生产目标，” Caswell说。“我们共同努力，不仅寻找使密尔顿卡特公司更有效地实施翻新程序的方法，而且考虑翻新将会如何打断我们的正常运营。例如，我们必须计划好密尔顿卡特公司利用竖井把配件和零部件运入和运出矿场的时间，同时考虑我们的日常供应和开采周期。”

密尔顿卡特公司必须考虑矿场的生产计划对翻新程序的影响。

“如果我们有东西要在周一运进矿场，就不能在周三或者周四把它运到维修车间去，” Fiacco说。“我们不想耽误矿场的生产。但是，我们也不想让我们的伙计站在那儿等待。”

维修车间的位置——距离矿场入口4公里（2.5英里）——也必须纳入到完成时间里。另外，维修车间的能力也导致了一些障碍的产生。嘉吉除冰技术公司为翻新指定了一个配件储存区，但是由于地下维修车间的空间有限，所以在适当的时间交付配件至关重要。

实施卡特认证翻新

密尔顿卡特公司决定让两名技术人员实施大部分工作，并安排他们住在附近的宾馆里，保证他们与矿场的距离尽可能最近。最初是安排他们每个班次工作8小时，但是到了维修车间之后，为了充分利用有限的时间，他们改为每个班次工作12小时。

第一步是拆卸，把零部件从机器上拆卸下来，只留机架。零部件在主维修车间里仔细拆卸，然后在送走进行翻新之前加以评估。机架和其他结构件在地下维修车间里翻新。

“我们借助密尔顿卡特公司的多个分支机构完成翻新工作，” Fiacco说。“我们把零部件运输到不同的地点，所以我们是在不同的地点同时翻新众多的零部件。”

在矿场中开辟了一个专门的喷漆区，在里面对零部件进行磨砂和喷漆。

同时为所有的零部件喷漆，形成更加专业的外观。

在重新装配期间，首先把机架部分运回到主维修车间中，然后重新装配线束、液压软管和一些动力系统零部件。接着，实施零部件的技术更新和编程，然后，装配机架部分。技术人员利用新的线束和仪表盘安装驾驶室；安装新的轮轴和轮胎；以及Quick-EVAC系统。然后，为机器加注全新的油液。最后，安装新的铭牌，上面印有新的机器序列号。

到了试运转时，启动机器，进行预热，再次检查油液。监控并根据需要调整发动机、变速箱和液压系统的

温度和压力，检查发动机的性能水平。然后，利用机器做一些清理作业，并再次检查压力。

管理配件

一个完整的卡特认证翻新过程需要更换大约7,000个配件——由于它们是在地下矿场中更换，所以在物流方面是一大挑战。“通常来说，向客户交付配件不是一件困难的事情，”Fiacco说。“但是，如果您的客户是在地下701米（2,300英尺）的地方，与交付配件的升降机有数英里的距离，规划就成了一个大问题。”

密尔顿卡特公司的配件和服务部门携手实施翻新，配件部门为翻新项目专门指定一名配件零售专家。这名专家和配件经理与矿场的技术人员一起，根据工作环境共同制定最佳方案。

“例如，实施特殊的包装和配件编码程序，保证技术人员不会在寻找配件上花费过多的时间，”Fiacco说。“配件部门在及时订购和交付方面进行协调，所以，在需要使用之前，不会有过多的配件堆放在我们身边。”

“协调配件的重要性怎么强调都不为过，”Fiacco继续说。“为了帮助提高翻新程序的效率，我们在地面上有一个临时储存区。”

成功配件程序的另外一个关键是卡特配件系统。“没有一个制造商能够在交付配件方面比卡特彼勒做得更好，”Fiacco说。“今天订购的配件明天就可以到达。我们不知道还有哪个制造商能够做到这一点。并且，为了保证按时完成任务，配件和服务之间的相互配合是不可缺少的。”

依托良好的沟通

在整个翻新过程中，密尔顿卡特公司和嘉吉除冰技术公司共同寻找方法，保证作业过程更加顺利、确保成功。两家公司均认为坦率的沟通是关键。

“沟通无限，”Fiacco说。“我们倾听客户的意见，客户也倾听我们的想法，我们携手取得了成功。有时候，你碰到的问题微不足道，但是如果让它们累积起来，情况就大为不同。”

Fiacco举了例子：一名矿工开发出一个解决方案，大大简化了翻新期间的软管更换程序：“每台机器都需要大量的软管，它们被包裹起来放在箱子中，技术人员必须在指定的时间内从它们中找出需要的软管。嘉吉除冰技术公司架设了一根绳索，供技术人员悬挂软管，这样他就可以根据长度立即找出需要的软管。”

嘉吉除冰技术公司的技术协调员还帮助翻新技术人员与地面上的同事和供货商保持联系。他们有笔记本电脑和无线上网卡，这些东西在地下无法使用。所以，难以通过在线方式订购配件。嘉吉除冰技术公司的技术协调员开发了一种解决方案，可以为翻新技术人员接通互联网服务。

“我们在公司内和矿场中有全套的支持，这是互联网服务奏效的原因，”Fiacco说。

庆祝合作关系

迄今为止已经完成了两次翻新作业，第三次正在进行中。嘉吉除冰技术公司和密尔顿卡特公司的代表都认为他们的长期合作关系——通过翻新程序进一步加强的合作关系——是卡特认证翻新成功的关键。

“这是一个伟大的合作范例，”密尔顿卡特公司的区域服务经理Frank D' Ambrosio说。“在不利情况下，我们通过承诺和良好的计划展示了我们之间牢固的合作关系。结果，我们为客户提供了更高的可用性和更低的成本。”

D' Ambrosio说他希望密尔顿卡特公司和嘉吉除冰技术公司已经完成的翻新程序成为其他代理商和客户的榜样。“我们希望看到其他地下矿场及其代理商做我们已经做过的事情，” D' Ambrosio说。“它展示了代理商——客户合作关系的强大力量。并且，它也展示了卡特产品的实力。”