



自动化保证 LKAB Malmberget 矿场地下矿工的安全

地下采矿公司和设备制造商已经开始了前所未有的合作，目的是保证地下矿工的安全。这种合作很大程度上都是在计算机辅助、传感器和视频链接的帮助下，把矿工从危险区或地下环境转移至安全区。

今天，几乎每个现代采矿营运都已自动化到一定程度。但是有些只勉强获益，其他矿场则见证了由于矿体大小、结构或特征而进行的远程作业之戏剧性变革。

量身订制自动化

LKAB 公司 Malmberget 矿场自动化钻井和铲运机 (load-haul-dump, LHD) 的运作在自动化的努力上比其他任何地方都更加显著。有很多方法可以使矿体变成通过分段崩落法或机械自动化量身订制的开采。

Malmberget 矿场的拥有者和营运者是 Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag (LKAB) 公司。该公司于 1888 年开始投产，至今已经生产了超过 3.5 亿公吨 (3.86 亿短吨) 的铁矿。

Malmberget 的铁矿储量分布在一个约 5 乘 2.5 公里 (3 乘 1.5 英里) 的地下区，含矿量估计为 1.87 亿公吨 (2.06 亿短吨)。其经过测量、估计及推断，矿场内露天深度内的矿石资源共计还有 1.76 亿公吨 (1.94 亿短吨)。另外，由于其矿储量级别为含铁 43.6%，Malmberget 是世界上最纯金属矿藏之一。其目前的每年提取率超过 1,200 万公吨 (1,300 万短吨)。它位于瑞典北部的 Gallivare。矿场含约 20 个矿体，其中 10 个目前正在开采。LKAB 在 Malmberget 约雇用 1,000 人，其中约 900 人工作在采矿加工和行政岗位。

MALMBERGET 的采矿方法

它使用的采矿方法是大型分段崩落法。生产钻井 (通道级别) 由五台电动自动钻井台完成。每个钻井台每月约钻 10,000 米 (33,000 英尺) 的 11.5 厘米 (4.5 英寸) 直径的洞。每个洞平均 50 米 (165 英尺) 长，但是这些孔的方向和数量因为采矿点的矿藏结构和走向而各不相同，大部分“生产扇” (production fans) 含 10 个洞，导致将 10,000 公吨 (11,000 短吨) 的矿石炸成多个 3.0 至 3.5 米 (10 至 11.5 英尺) 的片状体。用两辆卡车把乳化炸药泵入洞底准备进行生产爆破，四辆卡车负责开发水平巷道。所有水平巷道都有顶板锚栓和喷混凝土支护。

炸出来的岩石现在位于由断裂的主体岩石形成的漏斗状采矿点，往下渗透到一系列预制型生产提取点，在这里它被 20 至 25 公吨（22 至 27 短吨）型的 LHD 装上卡车。这些 LHD 包括工作于生产分段崩落层的 Caterpillar® R2900 设备。这些矿石的矿车运输速度是每天约 50,000 公吨（55,000 短吨），运至拖运层，然后从拖运层由 120 公吨（132 短吨）型卡车运往地下破碎机站。破碎后，矿石被卷扬机运至地面进行磁法分离过程和成品发货。

这是矿体的天然特性（如杂乱和稍微倾斜），因此，在 MalMBERGET 的采矿操作（如分段崩落法）依赖钻井和 LHD 工作方面的自动化。MalMBERGET 矿场经理 Bjorn Koorem 表示：“我们用分段式崩落采矿法因为这是对矿体而言最有效率的采矿方法。但是，我们的最大惊喜也许是，在近期完工的 LHD 测试中，事实表明自动化使生产率提高了 10% 至 20%。”

自动化的演变

原来的铲运机（LHD）远程工作称为瞄准线远程作业：操作员用一台配带于胸部的控制装置控制 LHD，当它的铲斗被装满后便将它从储矿堆中移开。一旦完成这项任务后，并机器已经离开了危险区，操作员这时回到驾驶室，手动地将机器开往下货点。一旦把机器清空后，操作员再把它开回刚才的装载点。

尽管远程工作达到了将操作员从作业的最危险区转移至安全地点的多数规范要求，但在不遵守安全程序时，会不断发生事故。因此，采矿公司一致同意，自动化的目标就是避免让人员暴露于有害的地方。这个重大决定是促使开发 MINEGEM™ 系统的动力。

卡特彼勒（Caterpillar）和 Lateral Dynamics 成立了一家合资公司，目的是将 MINEGEM 自动化系统（Automation system）开发成为标准 LHD 的一个附件。该系统提供两个层次的控制：一是双导航，附有操作员协助型自动驾驶；二是自动导航，使装载机能够自动装矿石、倒矿石及返回至装载点。

该远程系统双导航模式的最初改良排除了操作员必须亲身驾驶机器。操作员位于控制室（通常在地面）内的控制台对机器在矿场平面图上的移动进行监视，同时用一个操作杆命令机器向指定的方向行驶。机器上安装了扫描仪并沿行驶道安装了无线网络，确保机器沿着安全路径进行自我驾驶。

MALMBERGET 测试

MalMBERGET 矿场被选中作为 MINEGEM 开发的地点之一，最近成功完成为期 12 个月的 Cat® R2900G XTRA LHD 使用测试。

卡特彼勒经销商 Pon Equipment AB 的技术员 Ola Soderholm 表示：“我们知道使用 MINEGEM 系统有两种主要优势。首先，把操作员从存有潜在性危险的地方调离。其次，有人体工学性优势，操作者可以坐在一间控制室内的椅子上进行工作，而不是在地下坐在不舒服的驾驶室座位上。测试目的是表明实际操作符合设计原理。我们感到不足的是那些我们目前尚未发现的其他优势：利用率和生产力的提高以及更小的机器损坏。我想我们以后会发现它们，到时候也将看到其他的优势。”

基于上述测试结果，卡特彼勒和 LKAB 之间已经建立了一个租赁协议，基于一个 12 月以上的“生产结果”（production-result）。MINEGEM 系统的下一代计划在 2009 年投放市场，也就是带全新开发软件的 Mk3.0 机型。LKAB 目前正在继续进行一些计划使它的年产量达到 2,000 万公吨（2,200 万短吨）原矿石和 900 万公吨（1,000 万短吨）颗粒状矿石。预计大部分增加的产量将通过实施 MINEGEM 系统实现。

自动导航和更多功能

MINEGEM 自动导航模式让操作员能够帮机器选择一个目标，而且使用它的自我指南系统将机器送至目标。MINEGEM 操作员的常规工作是用远程模式填满铲斗，然后把模式转到自动导航，同时把放矿设为目

标。机器接着将通过矿轨滑行至倒矿点，然后清空铲斗，然后使用它的自我指南系统自动返回至装矿点，无需操作员做任何事。

手动操作的 LHD 可能会实现比装有 MINEGEM 系统的 LHD 更高的矿轨速度，但是它这样做总会存在和矿道侧壁发生碰撞的危险。另外，24 小时生产期可用自动化 LHD 进行改进。

当在自动导航模式下操作时，一名操作员能够操作多台机器。可用选项包括交通管理、生产统计数据捕捉及数据共享。

实际硬件设置（如瞄准线天线、无线电和中继器网络、安全网关和漏泄馈线电缆）的实现非常容易。事实上，在 Malmerget 矿场，LKAB 技术员花了仅仅几天的时间，就成功地完成了用于第二个 MINEGEM 生产测试区的设置。另外，如有必要，所有设备可被搬到另一个地方重新使用。

扫描仪和激光雷达（LADAR）

1990 年代，当更快和更强大的计算机被结合到扫描技术的其他发展时，MINEGEM LHD 自动化成为地下采矿操作的真正解决方案。

卡特彼勒地下采矿部（Underground Mining）的一名产品专家 Stuart Burridge 解释：“扫描提供了决定性的‘大发现’因子，供自动化运输使用。现在我们可以在视觉上扫描和识别矿道侧壁和它们的纵剖面。”为了实现这个功能，系统采用激光雷达（LADAR，激光雷达范围感应）系统，它通过这些纵剖面和矿场地图提供的现有数据库比较给机器提供空间信息。然后对系统进行编程让它决定并给机器发出移动指令：向左、向右、前进、后退、稳定速度、加速或刹车。

Burridge 表示：“一直都是这两种互为相关的发展 — 高速计算机和扫描技术 — 使地下自动化成为现实，而且最终获得商业成功。”

“除了恒定机器状态和发动机监测以外，操作员还可收到来自机器的音频回馈。机器健康状态也会显示在远程操作员的控制台上。”

MINEGEM 的优势

MINEGEM 系统本来是为在危险地区使用而设计的。但它被证明还有其他优势：速度效率，降低对 LHD 的损坏，实际持续的设备利用，不受人员换班还有爆炸后必须清理场地以便通风的影响。估计换班速度效率的提高使生产力增加了共约 25%，同时，机器碰撞矿道侧壁导致 LHD 损坏且需要修理设备和碰撞区的情况已经消失。另外，由于矿轨运输能力的提高，无论是什么样的换班模式或爆炸时间安排，估计每天能够增加四至六小时的生产时间。

MINEGEM 系统已经在几个世界级矿场内使用，包括 Rio Tinto 的 Northparkes 矿场。系统在那里获得 95% 以上的可用性，每 12 小时班次平均作业 10 小时。

Soderholm 表示：“可预期，一些 LHD 操作员强烈反对任何变革，但其他人认为这是一个正面的改进，因为系统把他们从危险、炎热、多尘和潮湿的环境中撤离出来。对年纪较轻而有点计算机经验的人而言，习惯控制台和操纵杆的工作比较容易。就有点像在玩一个视频游戏。”

Soderholm 解释，计算机技能并不比 LHD 操作方法和知识重要。他表示：“有经验的 LHD 操作员不一定具有计算机技能，但他们确在这些方面了解得更多：机器如何工作、工作任务是什么、更重要的是，什么会出错以及出错的征兆是什么。”

“我认为，对机器如何工作的传统理解，如何让它发挥最大优势，还有地下采矿操作的极度特殊条件，这些都与远比计算机技能重要。”

下一步的开发

计算机和扫描仪常被视为两个为 LHD 自动化提供工序变革的必要工具，Burridge 预计下一大步的开发将跟随自我学习型计算机的开发和商业可用性的发展。

他表示：“一旦这种设想实现后，自动挖掘程序将会变得更有能力，那时候就会是实现完全自动化装载机的最后阶段。”

“在这之后，让 12 到 15 台机器同步在同一开挖区运作，加上设备机组管理和交通控制系统就能够让它们安全地并肩运作。”

虽然某些矿场将永远要求有人在地下工作，但是 MINEGEM 系统可以使在某些危害地点，通过在舒适和安全的远程控制室内操作 LHD 作业来完成重复性和繁重的任务成为可能。这种控制与监督 LHD 的方法已被证实为高效率、有效、以及更有生产性。这个事实只会使它更有价值。

Malmberget 矿场 测试岩石工厂概念

凭其庞大的地质形态和大量的矿储量，Malmberget 已经成为一个分段崩落采矿法的经典案例。但是，近期该矿场被选为卡特彼勒新一代地下装载机自动系统的测试场地。该系统是卡特彼勒公司最先推出的并被业界统称为“岩石工厂”（rock factory）概念的一部分。

卡特彼勒地下采矿部（Underground Mining）的产品专家 Stuart Buridge 表示：“岩石工厂概念关系到如何把目前世界上的大型露天矿场转化为未来成功地下操作的典范。今天 80% 以上世界闻名的矿体都是通过检查露出地面的岩层而发现的。一旦您到达开挖点的底部，一般要求具有从坑底到地面把矿石拉运出来的高昂成本以及为了显露越来越小量的矿石而要求清除覆盖层的额外工作量，但仍然有些矿石可通过地下作业进行挖掘。”

岩石工厂概念起源于大众再评估采矿法及其传统挖掘法。这个创新想法试图支持这样一个观点：地下矿储量生产出来的产量也能够和以前只可能通过露天矿场操作实现的产量一样。为了实现这个愿景，必须利用计算机化和计算机相关技术的力量和多功能性。尽管目前它还处在初期阶段，但是岩石工厂概念已经取得了一些巨大的成果。