



## 电力 — Drummond 公司 Mina Pribbenow 采矿场的驱动力

### 发电机组在一个哥伦比亚煤矿支持作业

近年来矿业公司为了满足全球原料需求而进行扩张的同时，经历了巨大的增长。这种快速增长会导致一些重大障碍 — 例如提供必要的清洁且可靠的电力来源，以支持采矿作业的大量需求。

这正是一家领先的煤生产商 Drummond Ltd. (DLTD) 在其位于哥伦比亚 La Loma 附近 Cesar 煤田 (Cesar Coal Basin) 的 Mina Pribbenow 露天煤采矿场所面临的情况。该矿场面临的挑战包括电力的获取、矿场与其支持设施之间的电力分配、在负荷上的大型和常规波动、再生电能、发电机组可用性 & 燃油质量。Drummond 公司向卡特彼勒 (Caterpillar) 寻求指导和技术支持以便克服这些困难。

### DRUMMOND 公司的营运

DLTD 哥伦比亚的营运包括 Mina Pribbenow、一个位于加勒比海岸 Santa Marta 附近名叫 Puerto Drummond 的海港以及多个煤运输和处理设施。DLTD 用铁道车在哥伦比亚国家铁路系统 (Colombian National Railroad System) 的翻修部分上把煤从 193 公里 (120 英里) 外的矿场运往位于北海岸的 Puerto Drummond 海港用于出口。

La Loma 煤符合全球硫磺法规，而且是目前出口于哥伦比亚的含硫磺量和灰量最低的煤。由于许多世界各地的排放物法规变得越来越严格，这种产生相对低 NOx 水平的煤是用于各种被要求达到新排放物标准的用途的理想产品。

经过过去几年对生产基础设施的大力投资，DLTD 在 Mina Pribbenow 产量已经大幅增长。来自 Mina Pribbenow 的哥伦比亚煤发货量已经从 2000 年的 910 万吨 (1,000 万短吨) 增至 2007 年的 2,300 万吨 (2,530 万短吨)，增长率 253%，预计 2008 年将达到 2,600 万吨 (2,860 万短吨)。

Mina Pribbenow 仓库目前的库存量在 5.612 亿吨 (6.186 亿短吨)。加上 El Descanso 17.63 亿吨 (19.43 亿短吨) 库存量，DLTD 在哥伦比亚的总库存量超过了 23.33 亿吨 (25.72 亿短吨)。DLTD 在未来

五年中预计达到年产 4,000 万公吨，且前景明朗。为了移去煤和覆盖层，创造性的使用一个传送系统和多个带式给料机在该哥伦比亚矿场促成了这样的增长。

当 DLTD 开始作业时，它无法获得商用电力，直至今日仍无法在 Cesar 煤田获得电力。因此，DLTD 一直都是自己发电。总共 21 台柴油发电机组，包括 Caterpillar® 3516 和 3516B 机型，被安装在 Mina Pribbenow 以提供主干和备用电力。

Stan Grise，DLTD 多个柴油机发电站和产品支持维护部的助理总监，解释公司和电力工程部如何对比选择方案。他表示：“他们考虑了几个不同的选择方案，包括较小型的涡轮机和大型的柴油机和天然气发动机。每个分析都把我们带回这样的选择，那就是使用 Cat® 3516 的 2,628 匹马力发动机和 2 兆瓦电机。我们无法找到任何其它设备能够让我们获得 Cat 3516 能够产生的完全转动质量和接近的每匹马力千瓦率 (kW/hp)。尽管这些发电机组专为携带恒定负荷而设计，但是他们已经在 Marion 8750 拉铲挖掘机的循环负荷上表现出令人难以置信的出色。

当在拉铲挖掘机上处理再生电能时，这台发动机和发电机组的往复移动质量是重要的。哪怕是对于用于在拉铲挖掘机上驱散再生电能的电阻负载组，某些负功率仍然被该发电机和发动机所吸收。在一个极度挖掘条件下的完整挖掘周期中，拉铲挖掘机在这些发电机（27 兆瓦峰值需求）组上录得峰值 90 英寸 Boost 135 GPH 及 2 兆瓦输出后返回 0 Boost 0 GPH 及 0 千瓦。

## 电力分配

La Loma 有两大电力站场，其位于与新燃气轮机发电机组相邻的新电力设施配备了 15 台发电机组，还有两套用于备用紧急电力的机组保留在前煤载出设施上——即将煤分开且准备达到各种 DLTD 客户质量要求的地点。两套 Cat XQ2000 装在拖车上的电力模块为营地提供备份紧急电力，并且作为 KRUPP 传送系统拓展器 (Conveyor System Spreaders) 之一的推动器。另外还有五套 3516 B 发电机组将为启动 El Descanso 而安装，直到一条 110,000 伏高压线 (High Line) 的铺设完工为止。

由于矿场用电要求提高了，所有柴油发电站的要求也随之提高。最先的发电站在 1998 年开始运作，那时候只有两台发电机组，1999 年至 2000 年间再添加了 16 台发电机。截至 2008 年 3 月，Cat 3516 发电机组已经以每加仑 12.18 千瓦时平均 LTD 生产了 4.93 亿千瓦时的电力。1998 年与 2004 年 8 月间，该 3516 发电机组是 Mina Pribbenow 营运的唯一电源，且在 2003 年创造了高达 8,600 万千瓦时的发电量及 117,000 小时的运行时间。

2004 年 8 月，DLTD 引入在线阶段 1 的 58 兆瓦功率的双燃料（压缩天然气和柴油）燃气轮机发电机组。该套设备的添置对为用于 2006 年和 2007 年投入生产的 21 台带式给料机及三套场内传送系统中的第一套进行供电是必要的。2006 年 10 月，公司通过安装两套 LM6000 涡轮发电机组完成阶段 2。这次的添置使 DLTD 已安装的发电功率达到 196 兆瓦。截至今日，当所有系统连同带式给料机、电动铲、拉铲挖掘机及去水泵同时运作时，发电站已录得 98 兆瓦的电量需求。

2005 年 1 月，DLTD 开始将 15 套发电机组重新安置于毗邻新燃气轮机发电机组的新设施里。涡轮发电机组、110,000 伏变电站、围绕整个 Pribbenow 矿场 (Pribbenow Mine Complex) 的高压线安装以后便有必要建筑新的柴油发电站。该套柴油发电机组的电压是 4160 升至 22,900 伏，然后提升至 110,000 伏，并联合一个变电站内涡轮发电机组的电力。

Grise 解释：“涡轮机组不会在循环负荷下运行或吸收再生电能（就像那些通过拉铲挖掘机产生的一样）。为了能够继续运行拉铲挖掘机，发动机组必须在线且提供该拉铲挖掘机的循环负荷及再生条件所需的电力。”

Mina Pribbenow 最重要的采矿法之一的 60% 的电力目前都由卡特彼勒 (Cat) 发电机组提供：附有一个 87.9 组合立方米 (115 立方码) 容积铲斗的 Marion 8750 拉铲挖掘机。它要求使用矿址上产生的大量电力。作为哥伦比亚体积最大的采矿设备，该挖掘机使用高达八台 Cat 3516B 发电机组，每台额定功率

为 1,825 千瓦（主机）及 2,000 千瓦（备用机）。2008 年 1 月，挖掘机开始通过启动带式给料机挖除河流冲积层，平均每天产量 59,000 组合立方米（77,000 立方码）。该流程是如此成功，所以公司目前正在亚拉巴马州分解一台附有一个 87.9 组合立方米（115 立方码）容积铲斗的 BE 2570 拉铲挖掘机，计划将其运用在哥伦比亚的 El Descanso 矿场。添加这第二台挖掘机后，卡特彼勒发电机组的发电需求将再次提高。

哥伦比亚 La Loma 地区卡特彼勒经销商 General de Equipos de Colombia, S.A. (GECOLSA) 的现场项目经理 Sergio Maury Benedetti 说：“挖掘机对采矿作业非常关键。保持一个平稳、来源稳定的电力以便让它不停地工作，这一点非常重要。”

## 再生与谐波

再生电能是另一个已经出现的挑战，且已被克服 — 在 Mina Pribbenow 发电站按常规基础解决。“发电站受到的电力负荷变化很大，很多时候都是突然变化。拉美区卡特彼勒全球采矿部 (Global Mining) 商业经理 Joe Rad 解释：“这在很大程度上是由于挖掘机的作业程序。”

Rad 接着说：“当挖掘机在其工作周期中进行挖掘、摆动及泵送时，3516B 驱动型发电站需要通过送出每个周期所需的电力而做出快速响应，并且一般处于大额负荷状态。3516B 发电机组和发电站控制都考虑了设计和应用因素，以确保可将最佳电力质量输送至挖掘机、采矿场及营地。”

Drummond 公司的 Larry Casson 在一次与西部采矿电气协会 (Western Mining Electrical Association) 会晤中的一篇白皮书里做出了大体描述，电子控制在挖掘机作业中起着主要的作用。“Marion 8750 挖掘机能够产生 60% 的峰值监测电力。为了这个问题，安装了一个六级电阻负荷组来吸收不被其它采矿设备使用的再生电能。这些柴油机组能够吸收少量再生电能，但是必须使用负载组对较大的再生电能进行吸收。” Casson 写道。

Casson 补充说：“用负荷共享模块和可编程逻辑控制器 (programmable logic controllers, PLC) 的组合完成发电机控制。”负荷共享模块控制负荷共享量 (千瓦) 及发电机之间的电压控制 (kVAR/RF) 并且在带动额外发电机时提供同步控制。

在线带动发电机组的时间表是预先编程设定的，但是控制室内的中央 PLC 被认真监测着，如有必要，可以做一些变动。Maury 表示：“我们能够根据负荷进行隔离和在电力要求增量或减量的基础上进行调节。”

电子控制设备的安装已经节省了大量的柴油燃料。Grise 解释：“过去，发动机不管是否受负荷都将运转，但是现在只要 10 分钟后没出现耗电现象，它就开始关机发电机组。另外，挖掘机到发电厂之间有一个无线电信号，它告诉我们发电机组需要什么时候关机或启动。降低了我们的燃料消耗从而为我们节省了一大笔费用。”

Grise 和 Casson 讨论了监视、测试及各种不同的操作模式，并同意他们希望新设施能够在控制室监视所有发动机和发电机参数，同时利用卡特彼勒客户通讯系统 (Caterpillar Customer Communication system) 及 Allan Bradley RS Logix 500 来监视所有 PLC 及系统功能。这个发电厂也有能力对任何现场发电机组进行机组测试，能够以任何千瓦的功率对多台发电机进行基本负荷加载，目的是对涡轮机组进行补充而无须影响操控挖掘机的发电机组，或者在涡轮机组因故关机的情况下操控整个矿场。

## 维护以供发挥最大可用性

除了项目经理以外，还有来自 GECOLSA 公司的一名电气师和两名机械师负责维护机器确保其处于最佳工作状态和效率。来自发电机组的重要信息被发往 PLC，以便在需要进行计划外维护时对工作小组报警。例如，这些报告将显示何时需要更换不同的过滤器以及发动机或发电机内是否有什么东西无法调节。Maury

表示：“因为发电机组上的负荷总是在变化，因此依赖其生成的报告进行维护非常重要。”

一台装有卡特彼勒电子技师 (Electronic Technician) 软件的手提电脑连接于发电机组，至少每天两次下载审核后的数据。Grise 表示：“我们检查耗油量、燃油和空气限制量、故障警报、燃油及小时计读数等参数。这些参数都被导出至一个能告诉我发动机一个班次中运转小时数以及它每小时消耗了多少加仑燃油的程序。如果耗能量提高，我们知道需要做更多的测试和调节。”

“这些发电机组所有大修之间的维护都在现场完成。” Grise 解释。当发动机需要进行大修时，它将被送往 GECOLSA 公司位于哥伦比亚 Barranquilla 经过卡特彼勒认证的组件修复中心 (Cat-certified Component Rebuild Center)。“我们依照卡特彼勒指南对发电机和发动机进行所有计划内的维护和测试及调整工作，目前已经取得了很大的改善。”

Grise 说公司在过去几年来取得了非凡的成就。他表示：“目前我们用作主干发电的 19 套发电机组平均每月运作 4,500 小时。前几年我们的操作时数高达每月 9,700 小时。”当一台发动机应被更换时，卡特彼勒根据发动机已消耗的燃油加仑数对更换时间进行计算。这个矿址的加仑数为 2.8 百万升 (750,000 加仑)，而且这个量仍将变得更大，几乎为 3.4 百万升 (900,000 加仑)，超过 26,000 个操作工时。

## 燃油过滤

燃油质量在电力可用性方面担当重要的角色。燃油可能来自哥伦比亚的炼油厂，或进口自国际炼油厂。Grise 表示：“我们从来没有发现两个储油罐之间的燃油质量是一样的。”

几个因素能够影响柴油质量，如果不加强质量管理，可能对发动机造成损害。Grise 表示：“燃油处于平均温度摄氏 38 度 (华氏 100 度) 且高湿度状态，总是有冷凝的问题。就我们目前操作的设备量而言，我们的每月耗油量平均为 5 百万加仑，所以我们必须有一个良好的燃油过滤系统。”

DLTD 处处都有操作程序，以确保收到的燃油质量良好，而且还开发了一个批量燃油过滤系统。首先，燃油从油罐车内抽出送往两个 1.8 百万升 (476,000 加仑) 或三个 420,000 升 (111,000 加仑) 燃油储存罐时便被过滤。Grise 表示：“在我们的高流量过滤站，我们可以每分钟 2,270 升 (600 加仑) 的流量把油注入油罐。”由于燃油是从油罐车输入储油罐的，所以它可通过 25 微米微尘过滤器和 25 微米凝聚过滤器进行过滤。其次，两个储油设施的过滤系统都配备了定期过滤燃油的第二套高流量过滤器。其做法是持续几小时将燃油在储油罐内抽出，然后流经过滤器后返回至储油罐内。彻底完成二次过滤所需的时间取决于罐内燃油量 (4 到 24 小时)。最后，当燃油从储油罐中取出时已被过滤了。

来自储油设施的燃油是按几种不同的方法进行分配。油罐车用于将油运至矿场周围的卫星燃油站，供超载卡车机组使用。燃油车加满油后，会服务于采矿场内的采矿设备。使用地下燃油管线将油分配至煤排出上货设施以便给拉煤车、推土机及 RTD 设备机组加油。在分油前，每个燃油站的储油容器内都使用 5 微米微尘过滤器和 25 微米凝聚过滤器组件。DLTD 在其所有燃油储存点及泵送站仅使用高质量燃油过滤器。

一个 DLTD 员工小组负责照看所有燃油罐，包括每天早晨排出所有储存罐和过滤器舱内的积水，更换过滤器组件，维护压力差表、燃油泵并定期校准燃油计。

Grise 表示：“现在我们有这个高级过滤系统，能够在矿场维持足够的燃油储备。甚至当炼油厂发生故障或出现运输障碍时，我们的工作不会中断，因为我们有一个稳定的燃料源，一个给我们所有设备供给的燃料源 — 包括发电机组。”

## 展望未来

卡特彼勒 (Caterpillar) 与 Drummond 公司的关系源自73年前的美国, 那时候卡特彼勒经销商Thompson Tractor Company 为一个新采煤客户, H. E. Drummond 提供机器、更换零件及服务, 目的是让该客户开始在阿拉巴马的露天煤矿开始作业。拉美卡特彼勒全球采矿 (Global Mining) 市场部经理 Keith Malison 表示: “当营运转换至哥伦比亚的全新露天煤矿场时, 很自然地, Drummond 公司希望要求卡特彼勒从第一天就参与他们的营运。” 与 Thompson Tractor 和GECOLSA 公司的合作伙伴关系获得飞速发展以满足 Drummond 的所有需求。销售、服务及支持目前单独在哥伦比亚提供。

Grise 对其现场技术人员的质量感到非常自豪。他表示: “我有很优秀的人员。我将把他们安排在任何有发电机械或电气技术员的地方。前几年我们 18 台机组中有 16 台都是在线每周7 天每天 24 小时工作, 这些人员在这个发电厂进行了几次完整的拆卸至轴承块的大维修, 这就是为什么 CRC 能够由于他们的出色工作而得到优秀结果的原因。”

Drummond对卡特彼勒发电机组作出了大量的改进, 使其适合应用并延长发动机和发电机的寿命。Grise表示: “我们和来自 GECOLSA 公司的电气师和机械师们一起座谈, 解释我们要发电机组做什么, 他们为此画出蓝图, 和我们携手实现我们的意图。大部分这些人已经为我连续工作了至少七年而且他们就像我的家人一样。”

95% 以上用在矿场和港口设施的移动式设备和电动机都标有卡特彼勒的公司名称。Malison 表示: “事实上, 850 匹马力卡特彼勒 D11R牵引机和 240 吨卡特彼勒 793D 卡车最大集合之一正在 Mina Pribbenow 和 Drummond 的扩容项目中工作。” Grise 说公司拥有 76 台卡特彼勒 D11R — 数量多于世界上任何一家公司。2008 年末公司将拥有 145 台 793B、793C 和793D 卡特彼勒卡车。

---

## 再生与谐波

可编程型逻辑控制器作为系统总控制装置, 且提供以下方面的控制:

- 控制工作中发电机组的数量, 包括保持最小在线发电机组台数并且在矿场条件要求使用的台数多于预先设置台数时提高最小台数
- 控制负荷机组以避免由再生电能无法被发动机吸收导致的频率过高
- 提供一个维护报警系统以便在其演变成问题前确定事件
- 监测和对所有控制装置采取自动措施, 如服务开关、故障继电器、警报继电器、模拟电力数据等