

发电机组负载 不足的影响

Brian Jabeck

电力部门市场开发和设计工程顾问

引言

从关键任务数据中心到邻近杂货店的各个设施的备用和主电源解决方案，系统健康和可靠性至关重要。发电机组属于电力系统的关键部件，且正确运行和维护对于长期系统可靠性至关重要，从而确保可用性和正常运行时间。

在运行、应用和负载情况方面，电力系统根据目的和复杂程度而有所不同，但所有电力系统均旨在实现共同的

目标：提供可靠的电力，并最大限度地提高系统效率。要实现这些设计目标，重要的是了解系统运行、负载情况和方案以及所需维护。本文将重点介绍在低负载情况下发电机组的运行情况以及在超过参数的情况下使用时会产生结果。

发电机组额定负载

首先，必须了解发电机组是为运行而设计，具体而言是为在负载下运行而设计。这看似微不足道，但正确加载发电机组对于可用性、健康的发动机运行和延长发动机使用寿命至关重要。

各发电机组的理想运行目标取决于应用和分级。一般而言，备用和主用分级柴油发电机组设计为在全部铭牌额定功率的50%至85%之间运行，而持续分级柴油发电机组在70%至100%负载之间达到最优。天然气和沼气发电机组与应用和分级无关，设计为在铭牌额定功率的70%至100%之间运行。

制造商保养间隔和预计部件寿命基于在上述范围内的运行情况，以提供产品性能、功率密度和长期运行寿命的理想组合。这使设计阶段显得至关重要，以确保发电系统的尺寸正确，能够在制造商建议的负载水平内运行，同时满足设施要求。如果以在负载不足情况下运行较长时间的方式误用发电机组，将影响产品性能、运行情况和正常运行时间，同时增加意外事件和停机的风险。

柴油发电机组

如果长时间以低于额定输出30%的负载水平运行柴油发电机组，会对设备产生负面影响。最普遍的后果是发动机排气口滴液，也称为排气歧管滴液或柴油堆叠。发动机滴液是一种黑色油状液体，由于长时间低负载或无负载情况，可能会从排气歧管接头处漏出。在负载较低或无负载的情况下以高怠速运行会减少气缸中的热量，从而让未燃烧的燃料和油沉积物通过排气滑动接头泄漏。

如果发现滴液，并不一定表明发动机存在问题，但指示了可能存在负载不足问题、环境温度过低或夹套水温度

过低的情况。在大多数情况下，发动机滴液虽然不太雅观，但不会立即损坏发动机。然而，滴液属于负载不足的迹象，并且可能指示其他负载不足的后果。长时间轻载可能导致活塞环后面堆积沉积物、在气缸内产生沉积物，并且在极端情况下可能发生气缸套抛光。此类情况可能导致功率损失、性能不足和部件加速磨损，从而造成维护成本增加以及意外停机或故障。

燃气发电机组

1000 kW 以上燃气发电机组通常用于负载曲线稳定且负载水平较高的主用功率和非应急备用应用。燃气发电机组的最佳运行条件范围为额定负载的50%至100%。卡特彼勒建议不要在任何低于额定负载50%的应用中装载天然气发电机组，且理想运行范围为70%及以上。

燃气发动机通常不会滴液，但低负载运行还有其他影响。在低负载时，燃气发动机没有足够的气缸压力以维持气缸中的油控。从而，让油液通过活塞环进入燃烧室，导致积灰。此类沉积物可改变压缩比，从而减少爆震余量。如果爆震余量充分降低，则可能发生爆震。爆震会缩短发动机的寿命，损坏部件并导致意外停机或故障。

后处理

柴油机氧化催化剂 (DOC)、选择性催化还原 (SCR) 组件和柴油微粒过滤器 (DPF) 等后处理组件在许多位置和应用中均比较常见，并且都会受到低负载操作的影响。如果未经正确设计和规划，低负载运行将对所有后处理组件产生影响，导致错失排放目标并最终导致发动机停机。

如果DOC或DPF在低于最低排气温度的情况下运行，可能导致背压限制在短时间内达到临界水平，并导致发电机组停机。在分布式或模块化系统中，该问题更加重要，因为其中不存在并行功能以在多个单元之间共享负载并确保发电机组未长时间在低负载下运行。

燃气发电机组与柴油发电机组类似，如果在低负载下运行时间过长，可导致沉积物积聚在气门、火花塞和活塞环后面。在极端情况下，气缸中的沉积物会有所发展，导致气缸套抛光。

此外，天然气发动机在低负载下运行良好，以维持燃烧并确保发动机不会失火。如果空燃比较高，将导致发动机偏离预期的排放水平，可能导致不符合规定的排放法规。此外，如果空燃比较高，还将提高温度并加速部件磨损。

燃气发电机组与柴油发电机组情况一样，所有此类条件均会导致功率损失、性能不足和部件加速磨损，从而造成维护成本增加和意外停机或故障。

在配备SCR系统的应用类型中，符合最低温度要求也是至关重要的。如果SCR系统未达到最低工作温度，系统将不会开始将柴油机排气处理液 (DEF) 加入排气流中，导致排放水平高于预期并影响联邦或当地的现场许可。

某些SRC系统可能需要配备额外的排气加热器，以帮助满足最低排气温度要求。这可能有助于保持温度需求，但是需要额外的负载以便运行，从而增加了系统的复杂性、成本和维护，并且未解决负载不足对于发动机的影响。比较有效的方法在于确保各个发电机组满足其最小负载目标，以实现更高的长期系统可靠性和耐用性。

低负载管理

如果维护得当，柴油和燃气发电机组可以在轻负载下长时间运行而不会产生有害影响。在低负载水平下运行后，各个受影响的发电机组应在更高负载下运行，以提高气缸温度和压力，从而清除燃烧室中的沉积物。此外，如果预计定期进行低负载运行，则需要更加积极的维护计划，以帮助确保不会出现过多的部件磨损，并且可以最大限度地降低意外停机的可能性。

对于低负载管理，首要考虑因素在于：如果建筑负载不足或者客户不希望使用关键负载进行发电机组维护，如何向系统添加负载。此问题可通过访问已安装系统负载库或快速连接系统（允许负载库轻松连接到电力系统以进行测试或维护）解决。在设计阶段考虑这些要求可以将解决方案无缝融入系统中，相比在施工和安装完成后改造现场更具成本效益。

卡特彼勒建议对柴油和天然气发电机组进行测试。对于柴油发电机组，卡特彼勒建议，在每轻负载运行4 小时后将发电机组加载到至少**30%**负载运行约**30** 分钟。在涡轮之前的排气歧管或在涡轮之后的排气短管中对排气温度进行测量，以确认在运行期间满足建议的排气温度。

天然气发电机组的要求略有不同。首先，卡特彼勒建议积极致力于限制天然气发电机组的负载不足现象。关于天然气发动机低负载运行的时间限制，请参见下文表1。在达到减载运行的时间限制后，发动机应以至少**70%**的负荷系数运行至少两个小时。遵循上述指导原则可让发动机维护保持最低水平，并提高产品的长期健康和耐用性。

关于发电机组维护和测试的更多信息，请联系当地Cat代理商或参考操作和维护手册。

发动机负荷	时间限制
0 至30%	1/2 小时
31%至50%	2 小时
51%至100%	持续 ¹
¹ 对于持续运行，歧管空气压力必须大于大气压力。	

表1：天然气发电机组低负载运行的时间限制。

结论

如果电力系统负载不足，将影响许多单个组件以及整体系统性能。简单的解决方案在于确保运行负载超过发电机组铭牌的50%，但实际现场条件、现场要求和站点扩展并不总是符合初始系统设计计划。因此，让系统负载

不足的情况在发电市场中普遍存在，特别是在备用市场中。要尽可能降低负载不足的影响，关键是要制定运行和维护计划，以保持整个系统和发电机组的健康和可靠性。

卡特彼勒，全球实干家的强大伙伴

