

揭秘发电机组功率分级

Ray Marfell

电力部门市场顾问

引言

发电机组必须能够以每年可以预期但未知的运行小时数提供所需的必要功率，以确保可靠发电。在此类参数范围内，相关发电机组可能在每年较少时间内提供更高的电力，或者连续提供较低电力。

制造商为其设备制定了标准分级定义，以满足功率和运行时间标准。制造商分级定义旨在方便正确选择机器以及指导顾问和最终用户。国际标准组织 (ISO) 制定了公用分级定义指南，而许多发电机组制造商使用了

不同的规格。

因此，让制造商之间的设备比较更加困难，因为某些已公布的分级定义可能比较激进。由此可能造成许多供应商的机器性能更高的假象，从而导致市场上存在困惑和误用的情况。

本文将澄清某些关于分级的困惑，分享标准分类并讨论其中的重要考虑因素，以帮助您在设计和指定设备时做出明智的决策。

分级和现实世界

在深入讨论分级和标准之前，首先了解一下到底什么是分级。从发电机组的角度来看，分级就是批准的产品应用方法。换言之，不同分级的机器不一定是不同的机器。在大多数情况下，发电机组对于不同分级使用相同的铁，仅应用不同（有时是发动机软件不同）。必须谨记，大多数分级考虑因素均基于发动机，但也必须考虑发电机端的特性，例如发电机组运行时间和负载所允许的发电机温度升高值。

ISO 制定了一套标准的分级定义。具体而言，ISO 8528 专为燃气和柴油发电机组而设计，适用于陆地和船用发动机驱动型发电机组。该标准旨在实现制造商和行业之间的一致性，并改善制造商和客户之间的沟通和理解。

ISO 8528 应视为所有发电机组分级的最低标准。如果制造商确定产品性能高于分级所示性能，则ISO 会任由制造商确定最终分级定义。

这会导致制造商之间分级定义的细微变化，并可能造成客户选择分级更多地基于感知的市场需求，而不是实际市场需求和运行条件。

此外，一些行业组织设有自己的特定于行业或应用的分级标准。通常，此类分级会考虑最坏情况下的运行方案，并导致要求与真实环境中的实际需求不同。此类理论应用倾向于极端情况，可能促使发电机组制造商指定比通常情况下为客户提供的更大的发电机组，从而增加设计成本。必须了解此类行业特定标准对于成本的影响，并权衡潜在的利益。

实际上，许多设计在创建时考虑了最坏情况下最大可能的未来负载要求。替代解决方案（包括灾难规划和租赁准备计划）可以提供更好的分级应用和价值，同时仍然确保正常运行时间和可靠性。除非与电网并行，否则100%时间100%负载并非现实需求。以下示例说明了这点。在一天的不同时间和不同的环境温度下存在显著的负载波动。

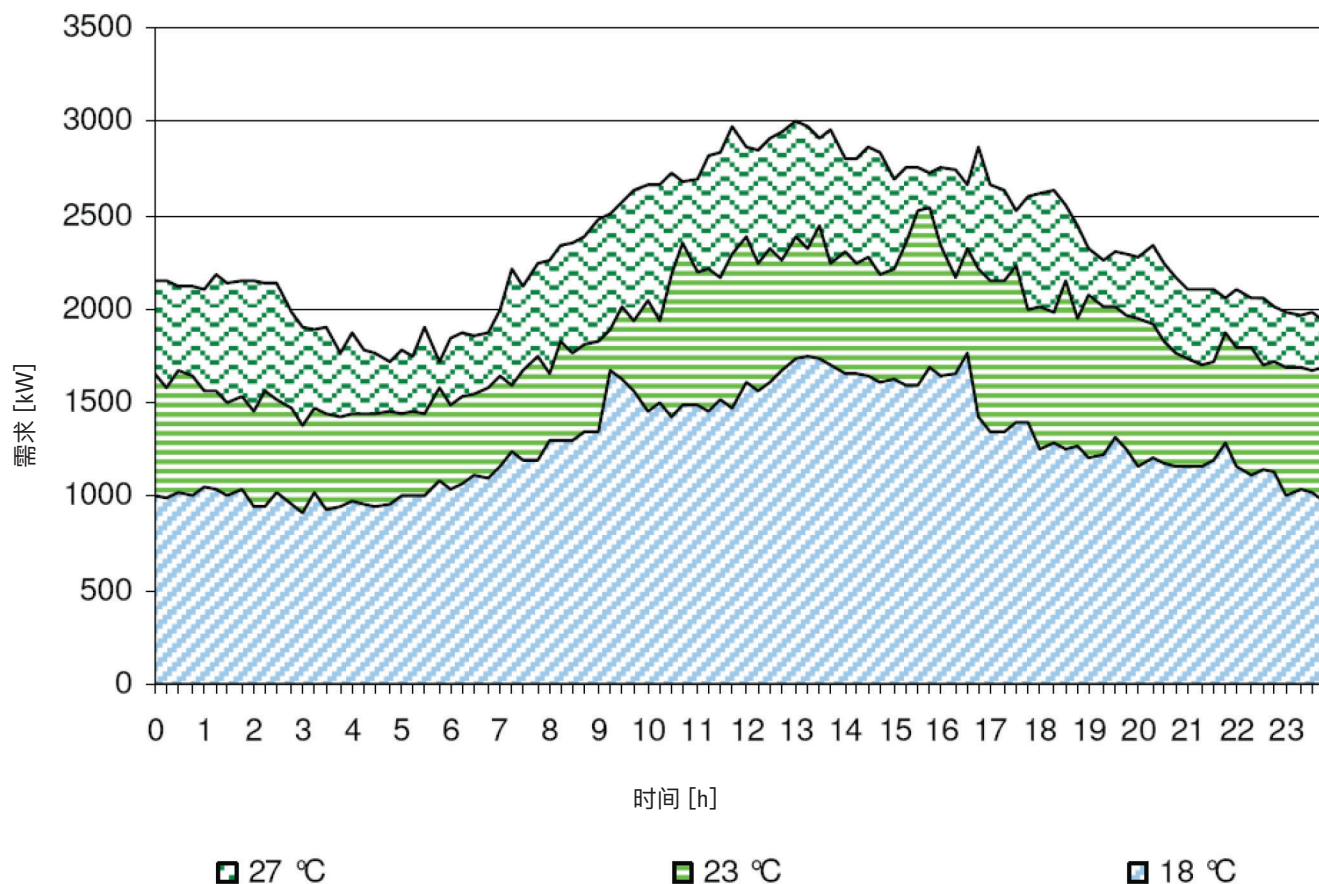


图1：医院负载样本 — 资料来源：IEEE explore

数据中心通常基于恒定负载和最差环境条件设计和指定，无法反映实际运行情况，并将导致指定了过多的设备。对于数据中心，UPS 系统支持大部分负载。在UPS 系统充电时，额外电力（通常在几分钟内为5%到10%）用于为能量存储系统充电。在能量存储系统充电完成后，将不再需要此类电力消耗。此外，即使轻微的自然环境变化，总需求功率也会波动。随着此类环境变化远离最大环境设计，将以积极的方式影响发动机性能。

因此，在指定日、周或月的严重长期停电期间，无论站点如何，环境都将在系统的最大设计环境下波动。在考虑负载发动机/发电机组性能和能力时，应考虑将此波动

与负载变化一起纳入考量。籍此可以从发电机组获取最大化的价值。“100%运行时间下100%负载”的另一考量在于客户对实际运行及其对于产品维护和大修寿命影响的理解。基于产品维护要求的原因，任何铭牌额定功率理论上的“无限制”运行均不可行。建议换油时间表因场地和应用类型而异，但是对于在较高小时数的应用中运行的产品，通常遵循500小时（或每年）的间隔时间表。如果未遵守分级准则运行发电机，将缩短换油时间间隔。对于设计阶段的规定以及了解实际运行条件时，应考虑到这一要求和其他维护要求。简而言之，针对长期停电制定特定场地计划比发电机铭牌额定功率更为重要。

如果用户真正需要无限运行时间，则备用分级发电机组肯定不是合适的选择。但是，如图2所示（其中显示了实际运行数据），大多数“真实世界”备用运行设备都很符合备用分级。该数据显示了数据中心站点2.5 MW 分级发电机组样品的实际运行情况。数据中包括几乎所有站点的高负荷、高小时数调试测试。所有此类数据中心的实际负载情况都适用于任何应用，包括备用。

对于关注推动平均负荷系数限制的用户，负载管理分级对于他们可能是更好的解决方案。此表中显示的数据并非旨在告诉用户应如何设计项目或运行设备。但

是，所示数据可以作为真实示例，通过数据证明传统的备用（ISO）分级可以很好地为现实世界的应用提供服务。

集成电力系统中的组件还受到负载的影响。例如，UPS负载对发电机要求有影响。在发电机组负载不足时，相关UPS产品也是如此。此类负载不足的UPS产品会增加谐波含量，同时需要更大的发电机组端，从而反过来导致系统成本增加。这是另一示例，表明正确设计整个系统并选择能够进行所有此类权衡的供应商合作伙伴可以提供显著的成本和设计优势。

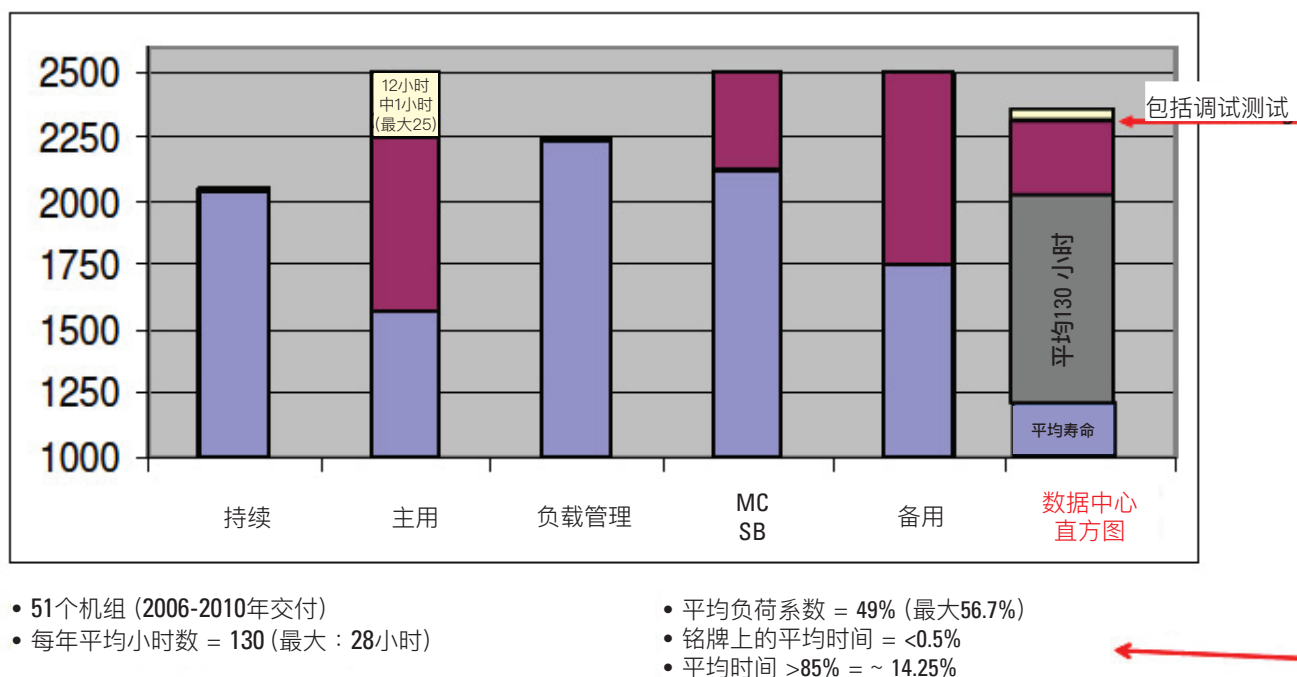


图2：考虑实际或“真实”运行数据

分级定义

分级通常根据可用最大功率、平均负荷系数、每年使用小时数、峰值需求和典型应用进行定义。该广泛定义旨在涵盖广泛的工业和商业用途。基于其可变性，卡特彼勒等某些制造商选择以最保守的形式采用标准定义，以最大限度地降低设备误用的风险。

许多发电机组制造商对于分级设有不同的名称或变体，因此需要了解此类分级与ISO标准的比较。例如，卡特彼勒定义了五种基本的发电机组分级：应急备用功率（ESP）、备用（不存在相关ISO标准）、关键任务备用（不存在相关ISO标准）、持续和主用。Cat®发电机组分级在某些方面与ISO 8528-1定义的分级不同，但始终符合标准规定的最低标准。ISO-8528确定了四个分级：

- 持续功率
- 主用功率
- 限时运行功率（LTP）
- 应急备用功率

持续功率（COP）在该应用中，发电机组能够每年以无限限制小时数为不变负荷提供电力。发电机组平均功率输出为额定功率的70-100%。该分级设计为在100%的运行时间下提供100%的额定功率。

典型持续分级应用包括与公用设施和热电联产运行并行的基本负荷。

在此定义中需要注意的一件重要事项是持续应用的相对“稳定负载”要求。应确保不存在大量的负载波动，因为主用分级可以为负载波动提供更好的匹配性和更高的峰值输出。

主用功率 (PRP) 主用分级发电机组能够以每年无限制小时数为可变负载提供电力。主用分级发电机组能够在一段时间内提供全部的铭牌额定功率，但平均负荷系数不得超过主功率的70%。在紧急情况下允许超载百分之十，但在12小时内不得超过1小时，且每年不超过25小时。主用分级可用于市电并行或单独应用。

对于该分级，应注意是为供应变化较大的负载，但是会考虑平均负荷系数，因此并不完全等同于持续分级。虽然表面上看似提供100%负荷系数的持续分级更好一些，但在存在一定负载波动的情况下，主用分级可以提供最高的价值。

某些制造商再次与ISO标准稍有不同，以提供感知利益。虽然这些通常只是制造商声明ISO标准的表面差异，但各制造商分级的超载能力之间也可能存在差异和权衡。

限时运行功率 (LTP) 在限时运行功率指南下应用的主用分级发电机允许主用分级发电机组与公用设施并行使用。在限时运行功率指南下的主用分级发电机组每年最多可运行500小时。该发电机组具有与主用分级机组相同的铭牌额定功率，但允许高达100%的平均负荷系数。限时运行功率指南不允许10%的超载能力。

Cat® 发电机组相关分级为负载管理分级。该分级提供了折中方法，适用于希望拥有持续分级产品的负荷系数性能 (100%主用分级) 和每年仅仅很短一段时间 (预计不到500小时) 主用分级产品铭牌能力的情况。

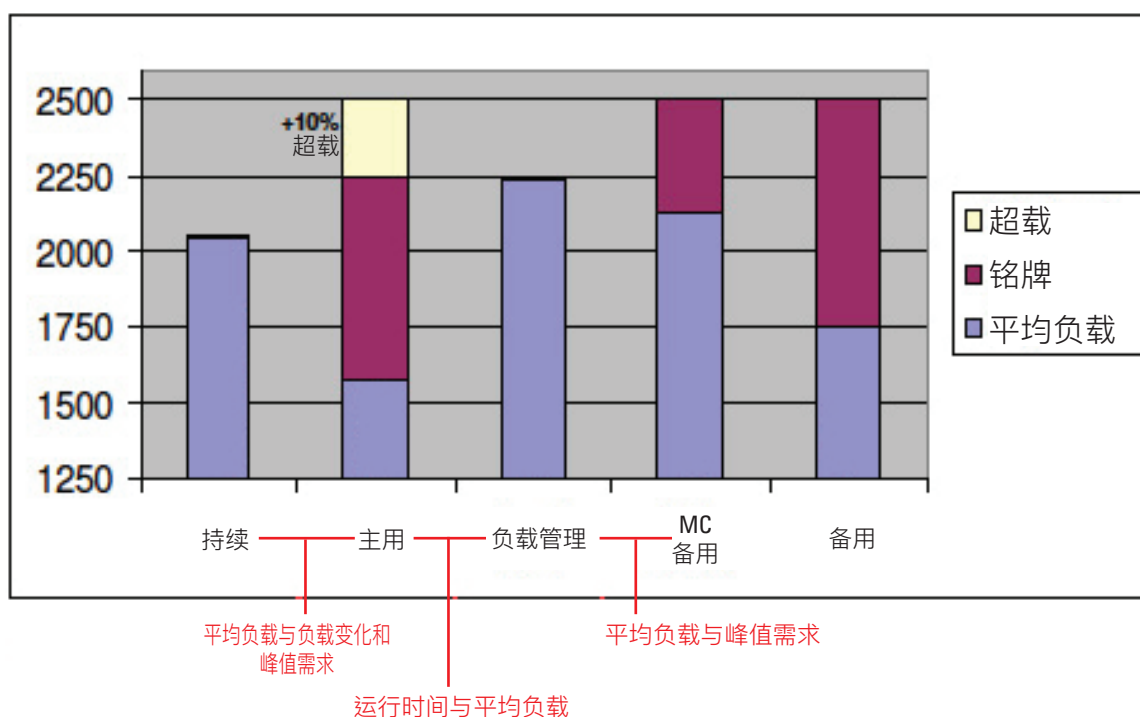


图3：分级权衡

图3显示了铭牌 (各条形图顶部) 与平均负荷系数 (蓝色) 的对比，并列出了各个分级的所有小时限制。红色内容显示了各个分级之间的权衡。

在该示例中，我们研究了备用分级2.5 MW发电机组的权衡。如果此发动机在负载管理应用中运行，则运营商将运行小时数换为平均负载能力。

应急备用功率 (ESP) 应急备用功率分级允许在70%的平均负荷系数下每年最长运行时间200小时。

在此分级下，除非发动机制造商另有协定，否则

24小时运行期间允许的平均功率输出不应超过ESP的70%。ESP与传统备用电源不同，并非由ISO定义，但是某些制造商表示两个分级相同。藉此，可以实现更自由的产品设计，但如果在传统备用应用中运行ESP分级发电机组，则可能对拥有和运营成本产生负面的长期影响。

紧急备用电源发电机额定设为以70%输出功率运行，运行时间较短 (一般为每年50至200小时)，且存在负载变化。备用电源提供相同的输出和负载特性，但在备用分级因素方面每年最多可运行500小时。

另外两个分级包括：

关键任务备用是卡特彼勒正式批准的新分级。该分级允许更高的平均负荷系数，已成为市场需求（特别是在数据中心）。另外，还可确保用户监控铭牌上的时间，从而最大限度地延长维修间隔并最大限度地降低成本。

该分级与可与已公布的**85%**负荷系数的竞争对手抗衡，该竞争对手也将铭牌上的时间限制为**5%**。再一次在未改变发动机材质的情况下，展现出性能方面的与众不同。

分级的的重要性

在评估发电机组时，分级十分重要，因为根据所选发电机组的使用方式，分级会直接影响发电机组的效率和效力。如果发动机分级激进，可能导致加速磨损和意外停机，而分级过于保守则无法提供最佳值。

详细了解具体应用非常重要，有助于选择合适的分级。具体而言，应考虑以下因素：

- 平均负荷系数是多少？
- 所需的最大负载是多少？
- 典型的负载变化是什么？
- 通常情况下发电机组每年运行多少小时？

结论

发电机组分级指南基于一系列设计限制，用于确保设备在广泛的应用范围内满足所需的可靠性和耐用性目标。存在无数可能的分级。如果使用范围定义更窄，并且条件范围受到更严格的控制，可以开发特定应用的分级，让设备运行更加接近其全部能力，同时将对于热效应、结构或磨损因素的影响以及停机风险降至最低。少数已公布的分级仅仅是ISO 和制造商努力把握绝大多数市场的运营要求。

参考资料

1. ISO Standard 8528-1 (2005)，往复式内燃机驱动交流发电机组
2. 出版物LEXE0047，了解发电机组分级

备用功率在此应用中，发电机组能够在停电期间以铭牌额定功率提供应急备用功率。备用分级发电机组平均负荷系数不应超过铭牌额定功率的**70%**，并且适用于可变负荷。备用发电机组每年最多可运行**500**小时。正常备用分级不适用于市电并行应用，而是用于自然变化的负载，考虑到自然变化特性，卡特彼勒声明该分级用于在停电期间提供电力。

- 发电机组与市电分开或并行运行？
- 在长期停电期间，维护和应急计划是什么？

务必了解应用的具体细节，因为在许多情况下，如前所述，相同的发动机材质可以符合不同的分级要求。这有时会导致与某些项目规范混淆，可能需要多个分级。例如，规格表可以显示：“发电机应为备用分级**2 MW**，主用**1825 kW**。”在这种情况下，发动机铁相同，但同一产品不能应用于两种应用类型。这种说法具有误导性，因为分级应具体说明设备的预期应用是什么——备用或主用？

卡特彼勒提供了一系列发电机组分级，旨在提供从一般到特殊用途的应用，以最大化拥有者价值。

发电机组分级有助于确保满足客户的电力需求，并保护发电设备以防过早磨损，适用于任何应用。通过选择正确的分级，能够在运行时间、峰值负载和平均负载之间进行适当的权衡。另外，还可以获得安装成本和长期拥有成本的最佳组合。

卡特彼勒，全球实干家的强大伙伴

LCXE0549-00 2014 年1月

© 2019 Caterpillar。保留所有权利。CAT、CATERPILLAR、LET'S DO THE WORK 及其相应的徽标、“Caterpillar Yellow”、“Power Edge”和“Cat Modern Hex”商业外观以及本文所使用的企业 and 产品标识是 Caterpillar 的商标，未经许可，不得使用。

CATERPILLAR®