

海外陆用电站高速柴油发电机组选型

吴继英

中国船舶集团有限公司第七一一研究所

DOI:10.32629/btr.v3i7.3284

[摘要] 本文以吉尔吉斯某矿山项目为例,论述高速柴油机和发电机主要品牌,重点剖析ISO8528-1:2018标准、MTU、CAT和康明斯等厂家标准在高速发电机组功率、适用工况和限制条件等方面异同点,总结陆用柴油电站设计和高速发电机组选型主要因素。

[关键词] 柴油机; 柴油发电机组; 陆用电站; 高速发电机组; 海外项目
中图分类号: TU69 **文献标识码:** A

前言

大功率高速柴油发电机组(简称高速机组)具有集成度高、体积重量较小、安装快捷方便和应急响应速度快等特点,在应急供电、备用电站和临时供电等场景中广泛应用。目前高速机组市场竞争十分激烈,而高速机组功率与应用工况和限制条件等关系密切,不同制造商的标准与ISO8528-1的规定有很多不同,造成高速机组选型和参数选用中存在许多误区。

1 工程概况

吉尔吉斯某矿山项目处于中低山地貌,海拔1800m,年最低气温-34℃,最高41℃,平均积雪厚度为30cm,冻土平均深度为1m。现有一台1650kW高速发电机组,年运行时间约200h,额定电压10.5kV,频率50Hz; 矿山扩建需增加备用高速发电机组,功率因数0.8(滞后),输出功率1800kW; 新的发电机组与现有发电机组并联运行,市电停电后,发电机组立即自动运行和并网供电。

2 高速柴油机和发电机品牌

高速柴油机主要有康明斯、MTU、卡特和潍柴等品牌; 发电机主要有斯坦福、利莱森玛、中船现代、中船电气和马拉松等品牌。康明斯大功率柴油发电机组主要在武汉和重庆生产,襄阳、北京、西安、柳州和合肥等工厂生产中小马力发动机,主要用于载重汽车和工程机械等领域。卡特在天津生产3500系列柴油发

电机组; MTU国内主要有苏州、玉林和大同三个工厂,苏州厂主要生产MTU2000系列发动机,玉林厂主要生产MTUS4000系列发动机,大同厂主要生产核电应急发电机组。

3 高速发电机组标准和功率

高速发电机组主要有国际/国家标准、制造商标准和客户行业要求等标准: ISO8528族是往复式内燃机驱动的交流发电机组国际标准,向用户提供了比较不同制造商产品性能的基准,转化对应中国GB/T2820标准族,目前最新版ISO8528-1:2018规定了发电机组应用、功率和性能的不同分类; 有些制造商标准高于ISO8528要求,有些制造商标准与ISO8528的规定有不少差异; 客户行业要求是根据某一特定行业或领域(例如数据中心)的特点和需要而制定的标准。

根据ISO8528-1:2018^[1], 高速发电机组有五个功率参数: 紧急备用功率ESP(Emergency Standby Power)、限时运行功率LTP(Limit-time Running Prime)、常用功率PRP(Prime Power)、持续功率COP(Continuous Power)和数据中心功率DCP(Data Center Power)。

MTU陆用发电机组^[2]有持续功率3A(Continuous)、常用功率3B(Prime)、标准备用功率3D(Standardized Backup)、固定应急常用功率3E(Prime Power for Stationary Emergency)、数据中心持续

功率3F(Data Center Continuous Power)和调峰功率3G(Peak)六个功率参数。船舶和海上用发动机有1A、1B、1D和1DS四个功率参数,发电机组有3A(Continuous Power)、3B(Prime Power)和3C(Prime Power limited)三个功率参数^[3]。

CAT高速发电机组有紧急备用功率ESP、备用功率SP(Standby Power)、负载管理功率/额定功率(Load Management Guidelines/Prime Power Rating)、常用功率PRP(Prime Power)、持续功率COP和关键任务备用MCS(Mission Critical Standby)六个功率参数^[4]。

康明斯发电机组的功率参数^[5]与ISO8528-1的规定基本相同,分为紧急备用功率ESP、限时运行功率LTP、常用功率PRP、基荷(持续)功率COP(Base Load (Continuous)Power)和数据中心持续功率DCCR(Data Center Continuous Rating)五个功率参数。

ISO8528-1与MTU等厂家功率标准对比见表1,表中ALF为平均负荷系数(Average Load Factor); HOY为年运行小时(Hours of Operation per Year); 10%超载能力为每运行12h允许10%负荷超载1h,且每年超载运行时间不超过25h。

由表1可得,制造商产品标准在遵循ISO8528-1基础上细分应用场景和相应功率参数,主要差异在超载能力(Overload Capacity)、ALF和最大HOY等方面; MTU机组的工况和功率划分比较

表1 ISO8528-1、MTU、CAT和康明斯的功率标准对比

ISO8528-1:2018	MTU-制造商标准	CAT-制造商标准	康明斯-制造商标准
紧急备用功率 ESP 用于市电比较可靠情况下,市电断电时为可变电气负载供电;不能超载;任何24h的ALF≤70%;HOY≤200h。	标准备用功率3D 用于有可靠供电设施停电时可变负载工况;不能超载;任何24h的ALF≤85%;HOY≤500h。	紧急备用功率 ESP 变动负荷下 HOY= 50-200h;不能超载;任何24h的ALF≤70%。不适用于公用事业并网应用。	紧急备用功率 ESP 市电比较可靠情况下,市电断电时为可变电气负载供电;不能超载;任何24h的ALF≤70%;HOY≤200h。
无对应 ISO8528 工况和参数	固定应急常用功率3E 与3D工况类似提供备用供电;10%超载能力;任何24h的ALF≤85%;HOY≤500h。	备用功率 Standby 变动负荷下 HOY=200-500h;不能超载;任何24h的ALF≤70%。不适用于公用事业并网应用。	
限时运行功率 LTP 用于为恒定电气负载限时供电;未规定超载要求;任何24h的ALF可以100%;HOY≤500h。	调峰功率3G 提供额外的电网短期削峰供电(只适于50Hz市场),例如光伏或风能等可再生能源提供电力补充;10%超载能力(不适用于气体发电机组);HOY≤1000h,ALF100%时无中断供电可达500h。	负载管理功率/额定功率 Load Management Guidelines/Prime Power Rating 变动负荷下限时供电,HOY≤500h;ALF可以100%。典型应用为调峰电站。	限时运行功率 LTP 适用于为恒定电气负载限时供电;未规定超载要求;任何24h的ALF可以100%;HOY≤500h。
常用功率 PRP 用于为可变负载不限时供电;10%超载能力;任何24h的ALF≤70%。	常用功率3B 市政供电不可用或不可靠时可变负载不限时供电;10%超载能力;任何24h的ALF≤75%。	常用功率 PRP 变动负荷不限时供电;10%超载能力;ALF≤70%,ALF>70%会缩短大修周期。用于公用事业并网或孤网运行。	常用功率 PRP 用于为可变负载不限时供电;10%超载能力;任何24h的ALF≤70%。
持续功率 COP 为恒定的电气负载不限时持续供电,用于基荷电站;未规定超载要求;任何24h的ALF可以100%。	持续功率3A 作为市政供电设施,恒定负载不限时供电;10%超载能力(不适用于气体发电机组);ALF可以100%。如热电冷三联供(CHP)。	持续功率 COP 恒定负载不限时持续供电;负荷系数70-100%。以ALF100%运行100%的时间。如基荷电站或热电联产。	基荷(持续)功率 COP 为恒定的电气负载不限时持续供电,用于基荷电站;未规定超载要求;任何24h的ALF可以100%。
数据中心功率 DCP 数据中心可靠备用电源,可变或恒定负荷下不限时供电;未规定超载要求;ALF可到100%;不允许在持续加载时与市电并网。	数据中心持续功率3F 为数据中心紧急备用供电提供经济和客户友好的解决方案,符合Uptime Institute Tier III 和 Tier IV 标准;10%超载能力;ALF可到100%;有可靠电网或供电时不限时供电。	关键任务备用 MCS 变动负荷下 HOY=200-500h;不能超载;任何24h的ALF≤85%;5%的运行时间峰值负荷可到100%。不适用于公用事业并网。如数据中心和医疗设施。	数据中心持续功率 DCCR 数据中心可靠备用电源,可变或恒定负荷下不限时供电;未规定超载要求;ALF可到100%;不允许在持续加载时与市电并网。

表2 可选方案机组性能参数对比

名称	方案一 MTU	方案二 CAT	方案三康明斯	方案四康明斯
机组	20V4000DS3300	C175-16	C3300D5	2xC1675D5A
柴油机	20V4000G34F	C175-16	QSK78-G6	KTA50-GS8
转速	1500 r/min	1500 r/min	1500 r/min	1500 r/min
发电机	Marathon	CAT	Stamford	Stamford
机组 PRP	2416 kW	2180 kW	2400 kW	2*1200 kW
机组功率	3D 2640 kW	MCS 2400 kW	ESP 2660 kW	ESP 2*1340 kW
输出功率	3D 2244 kW	MCS 2040 kW	ESP 1855 kW	ESP 1876 kW
ALF	3D ≤85%	MCS ≤85%	ESP ≤70%	ESP ≤70%
HOY	3D ≤500h	MCS 200-500h	ESP ≤200h	ESP ≤200h
大修周期	16000-20000h	9000-11000h	8000-12000h	8000-12000h
机组燃油消耗	599.1L/h, 192 g/kWh(满载)	523 L/h(满载)	592 L/h(满载)	2*309 L/h(满载)
交货期	5个月	6个月	6个月	3个月
单机尺寸 mm	5760*1887*2332	7900*2786*3307	7158*2251*2535	5811*2033*2756
单机重量	干重 15819 kg	干重 23020 kg	干重 25157 kg	干重 10324 kg

复杂,相应指标和参数均高于ISO8528-1标准。另外,机组的风冷模块(Cooling Package)等辅助部件可能由第三方设计或提供,机组的铭牌功率NR(Nameplate Rating)可能未扣除风冷模块等辅助部件的用电容量,这时NR是机组总输出功率GPO(Gross Power Output),而不是净输出功率NPO(Net Power Output),机组比选应比较NPO。

4 高速柴油电站设计

陆用柴油电站设计主要遵循可靠性、经济性和可实施性三大原则,可靠性包括运行维护、运行保障、大修周期和使用寿命等方面,经济性分为初始投资和运营成本两方面,可实施性是综合考虑用电要求、工期、施工工艺、项目现有设施、环保、气候水文地质条件和当地人材机情况等因素,将永久供电和临时供电相结合,降低整个项目成本,提高项目全寿命周期经济性。

高速柴油电站主要由发电机组、电气控制系统和油罐区组成,高速电站设计主要为高速机组选型,比较适用工况的功率、燃油经济性、负荷率、最大运行时间、大修周期和使用寿命等方面。

高速机组燃油消耗量和工作小时数能准确反映机组的负载量情况,业内通常基于燃油消耗量和工作小时数确定保养周期;在正常使用情况下,机油消耗量、曲轴箱窜气量、滑油中磨损金属以及噪声和振动的增加都是择期大修的先兆。

通常同一型号机组不同功率的关系为ESP>DCP>LTP>PRP>COP,年运行时间越长,平均负荷率越高,采用的功率数值越低,大修周期越短,运维备品备件消耗越多,使用寿命越短。高速机组功率在标况下随使用工况而变化,与中速和低速发电机组明显不同,中速和低速机组的额定功率标况下是相同的,而且可以100%额定功率长期运行。

5 可选方案

根据项目紧急备用的使用要求,可选方案有:方案一1台MTU 20V4000DS3300发电机组,采用相应3D功率;方案二1台卡特C175-16发电机组,采用MCS功率满

足项目工况要求;方案三1台康明斯C3300D5发电机组,采用ESP功率;方案四2台康明斯C1675D5A发电机组,采用ESP功率。机组具体性能参数如下。

6 对比分析

MTU机组的工况和相应功率的ALF、超载能力和HOY等性能参数均高于ISO8528-1规定标准,也高于CAT和康明斯同等工况下的标准(见表1)。首先,方案一和方案二ALF可到85%,HOY可达500h,高于方案三和方案四的ALF(70%)和HOY(200h),即在相同装机容量情况下,方案一和方案二比方案三和方案四多15%的输出功率,每年可多运行300h,矿山比较偏远,环境恶劣,市政供电不稳定时为生产提供了更多保障。其次,方案一MTU大修周期明显比方案二CAT以及方案三和方案四康明斯的大修周期长;方案一比方案二和方案四油耗低,方案一与方案三油耗相当;相同运行时间MTU维护次数少,维护工作量小,可靠性较高,燃油经济性好,运营费用较低。第三,方案一和方案四为国产机组,享受出口退税政策,方案二和方案三为进口机组,设备和备品备件价格较高,供货周期长,运行保障能力一般。方案四采用2台发

电机组,比1台机组占地面积大,运维工作量较大。综上所述,选择方案一MTU机组较为合理。

7 结语

高速机组的功率参数和标准多,在比较选用不同厂家机组时容易产生误解和错误。ISO8528-1给用户和厂家提供了高速机组共同遵循的最低标准,适用于陆用和船用的气体和柴油内燃机发电机组。机组选型核心是选择适用工况的功率达到可靠性、性能和成本的综合最优。机组功率过大或者不足会造成机组大修期缩短、增加维护成本和计划外停机时间或故障,影响机组使用寿命和厂家保修甚至造成应急供电事故。

机组长时间在30%以下负荷率运行对机组也有负面影响,低负载会减少气缸中的热量,活塞环后面沉积物积聚,未燃烧的燃油和机油沉积物通过排气口滑动接头泄漏出来,严重时气缸套可能会抛光,导致功率损耗、性能下降和加速磨损组件。

在具体工程实践中应注意功率参数与使用工况的关系,综合考虑所在国市政供电可靠性和用电成本、识别项目用电需求和限制条件等方面,避免错配使

用场景以及实际性能“缺斤短两”、“小马拉大车”或机组过大等情况,减少项目用电隐患,降低运营风险。

[参考文献]

[1] ISO8528-1:2018 Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets - Part 1: Application, ratings and performance [S]. 3rd Edition 2018-02, ISO, 2018.

[2] Power Generation Solution Guide [Z]. Edition 1/20, Valid from 01/2020, MTU, 2020:2-86.

[3] Marine & Offshore Solution Guide [Z]. Edition 1/19, Valid from 09/2019, MTU, 2019:7-15.

[4] POWER TO MATCH THE CHALLENGE - C175 DIESEL GENERATOR SETS [Z]. Nov 2019, CAT, 2019:2-20.

[5] Diesel Generator set QSK78 series engine [Z]. 2007, Cummins Power Generation, 2007:1-4.

作者简介:

吴继英(1970—),男,汉族,山东省嘉祥县人,硕士,从事海外电力市场开发和电站项目管理工作。