

燃气电厂施工用电分析方法

汪家兴, 覃兆仲, 朱成余

(中国机械工业第二建设工程有限公司, 湖北 武汉 430056)

摘要 本文对如何合理确定施工用电供电方式进行探讨,以阿尔及利亚凯斯CCPP-1266WM燃气电站工程为例,介绍一种更为准确和实用的施工用电负荷计算方法——需用系数算法。拟解决目前用电分析中发电机台班产量无明确规定、无有效办法的问题。在供电方式选择上,用电量、工期、变压器或发电机容量的选择相互关联、相互制约,使该方法更具合理性。

关键词 施工用电;需用系数法;柴油发电机

中图分类号: TM6

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)04-0094-03

本文根据燃气电厂工程的特点和现场的施工条件进行分析,认为用电布置应按照专业划分及相对空间位置进行供电配置。根据平面布置,可将施工现场按ACC、余热锅炉、燃机和汽机、加工组合场、外围施工区域(含BOP、钢结构等)划分为五大用电区域及燃汽机区域的电厂自带天车用^[1]。

各用电区域的施工相对独立且用电负荷大,拟根据施工需求按关键工作配置相应发电,发电机在各施工区域分开设置,分散供电。输电线路采用铜芯电缆,沿地、建筑物敷设或做部分临时支护架。现场的主要施工用电设备为电焊机和热处理设备,二者用电量达到整个施工用电需求量的约90%,因此以焊机和热处理设备的用电需求作为发电机配置的主要依据^[2]。

施工现场分区域将各区域的用电设备进行统计,其中电焊机按需求高峰的投入最大数进行用电配置。具体见表1。

1 负荷计算

1.1 空冷岛区域用电量计算

一是查表得电焊机3相380,负载持续率 $e=60\%$, $\cos\phi=0.93$, $\tan\Phi=0.39$,电焊机需要系数取 $k_x=0.5$ 。

先将电焊机的设备功率换算为100%(负载持续率)的设备有功功率:

$$P_e = S_r \cdot \cos\phi \cdot \sqrt{e} = 18.4 \cdot 8 \cdot 0.93 \cdot \sqrt{0.6} = 106.09 \text{ kW}$$

$$\text{计算负荷: } P_{js1} = k_x \cdot P_e = 0.5 \cdot 106.09 = 53.04 \text{ kW}$$

$$Q_{js1} = P_{js1} \cdot \tan\phi = 53.04 \cdot 0.39 = 20.69 \text{ Kvar}$$

二是其他小型电动工具, $\cos\phi=0.6$, $\tan\Phi=1.33$,需要系数取 $k_x=0.5$ 。

$$P_{js2} = k_x \cdot P_r = 0.5 \cdot 0.7 \cdot 10 = 3.5 \text{ kW}$$

$$Q_{js2} = P_{js2} \cdot \tan\phi = 3.5 \cdot 1.33 = 4.66 \text{ Kvar}$$

因电焊机总容量远大于其他小型电动工具, K_p ——有功功率、无功功率的同期系数,取1。

$$\text{有功功率 } P = K_p \cdot (P_{js1} + P_{js2}) = 1 \cdot (53.04 + 3.5) = 56.54$$

$$\text{无功功率 } Q = K_p \cdot (Q_{js1} + Q_{js2}) = 1 \cdot (20.69 + 4.66) = 25.35$$

$$\text{视在功率 } S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 61.96 \text{ kVA}$$

$$\text{总的计算电流: } I = S / (1.732 \cdot U) = 61.96 \cdot 1000 / 1.732 \cdot 380 = 94.1 \text{ A}$$

选择发电机:空冷岛的计算功率为61.96kVA,负载为额定功率60%~70%时,发电机的运行工况最佳且耗油量最低,并考虑裕量故拟配置一台100kVA的发电机对空冷岛施工供电^[3-4]。

供电敷设区域:空冷岛。

1.2 余热锅炉区域用电量计算

一是查表得电焊机3相380,负载持续率 $e=60\%$, $\cos\phi=0.93$, $\tan\Phi=0.39$,电焊机需要系数取 $k_x=0.5$ 。

先将电焊机的设备功率换算为100%(负载持续率)的设备有功功率:

$$P_e = S_r \cdot \cos\phi \cdot \sqrt{e} = (18.4 \cdot 7 + 8.6 \cdot 4) \cdot 0.93 \cdot \sqrt{0.6} = 117.57 \text{ kW}$$

$$\text{计算负荷: } P_{js1} = k_x \cdot P_e = 0.5 \cdot 117.57 = 58.79 \text{ kW}$$

$$Q_{js1} = P_{js1} \cdot \tan\phi = 58.79 \cdot 0.39 = 22.93 \text{ Kvar}$$

二是其他小型电动工具, $\cos\phi=0.6$, $\tan\Phi=1.33$,需要系数取 $k_x=0.5$ 。

$$P_{js2} = k_x \cdot P_r = 0.5 \cdot 0.7 \cdot 20 = 7 \text{ kW}$$

$$Q_{js2} = P_{js2} \cdot \tan\phi = 7 \cdot 1.33 = 9.31 \text{ Kvar}$$

因电焊机总容量远大于其他小型电动工具, K_p ——有功功率、无功功率的同期系数,取1。

表 1 各区域用电分配表

一、空冷岛区域									
序号	名称	型号	数量	额定功率	总功率	kx	Cos Φ	tan Φ	e
1	电焊机	ZX7-400STG	8	18.4kVA	147.2kVA	0.5	0.93	0.39	0.6
2	电动工具		10	0.7kW	7kW	0.5	0.6	1.33	1
				合计:	147.2kva+7kW				
二、余热锅炉区域									
序号	名称	型号	数量	额定功率	总功率	kx	Cos Φ	tan Φ	e
1	电焊机	ZX7-400STG	7	18.4kVA	128.8kVA	0.5	0.93	0.39	0.6
2	电焊机	WSW-300A AC/DC	4	8.6kVA	34.4kVA	0.5	0.93	0.39	0.6
3	电动工具		20	0.7kW	14kW	0.5	0.6	1.33	1
				合计:	163.2kVA+14kW				

有功功率 $P=K_p \cdot (P_{js1}+P_{js2})=1 \cdot (58.79+7)=65.79\text{kW}$
 无功功率 $Q=K_p \cdot (Q_{js1}+Q_{js2})=1 \cdot (22.93+9.31)=32.24\text{kVA}$
 视在功率 $S=\sqrt{(P^2+Q^2)}=73.26\text{kVA}$
 总的计算电流: $I=S/(1.732 \cdot U)=111.3\text{A}$

选择发电机: 余热锅炉区域用电设备的计算功率为 73.26kVA, 负载为额定功率 60%~70% 时, 发电机的运行工况最佳且耗油量最低, 并考虑裕量故拟配置一台 100kVA 的发电机对余热锅炉施工供电。

供电敷设区域: 余热锅炉。

1.3 燃机、汽轮机区域用电量计算

一是查表得电焊机 3 相 380, 负载持续率 $e=60\%$, $\text{Cos } \phi=0.93$, $\text{tan } \phi=0.39$, 电焊机需要系数取 $k_x=0.5$ 。

先将电焊机的设备功率换算为 100% (负载持续率) 的设备有功功率:

$$P_e=S_r \cdot \text{Cos } \phi \cdot \sqrt{e}=18.4 \cdot 8 \cdot 0.93 \cdot \sqrt{0.6}=106.09\text{kW}$$

$$\text{计算负荷: } P_{js1}=k_x \cdot P_e=0.5 \cdot 106.09=53.04\text{kW}$$

$$Q_{js1}=P_{js1} \cdot \text{tan } \phi=53.04 \cdot 0.39=20.69\text{Kvar}$$

二是其他小型电动工具, $\text{Cos } \phi=0.6$, $\text{tan } \phi=1.33$, 需要系数取 $k_x=0.5$ 。

$$P_{js2}=k_x \cdot P_r=0.5 \cdot 0.7 \cdot 20=7\text{kW}$$

$$Q_{js2}=P_{js2} \cdot \text{tan } \phi=7 \cdot 1.33=9.31\text{Kvar}$$

三是便携式智能温度控制箱, $\text{Cos } \phi=0.8$, $\text{tan } \phi=0.75$, 需要系数取 $k_x=0.6$ 。

$$P_{js3}=k_x \cdot P_r=0.6 \cdot (90+10 \cdot 2)=66\text{kW}$$

$$Q_{js3}=P_{js3} \cdot \text{tan } \phi=66 \cdot 0.75=49.5\text{Kvar}$$

K_p ——有功功率、无功功率的同期系数, 取 0.9。

有功功率 $P=K_p \cdot (P_{js1}+P_{js2}+P_{js3})=0.9 \cdot (53.04+7+66)=113.44\text{kW}$

无功功率 $Q=K_p \cdot (Q_{js1}+Q_{js2}+Q_{js3})=0.9 \cdot (20.69+9.31+49.5)=71.55\text{kVA}$

$$\text{视在功率 } S=\sqrt{(P^2+Q^2)}=134.12\text{kVA}$$

$$\text{总的计算电流: } I=S/(1.732 \cdot U)=203.7\text{A}$$

选择发电机: 燃机及汽机区域用电设备的计算功率为 134.12kVA, 负载为额定功率 60%~70% 时, 发电机的运行工况最佳且耗油量最低, 并考虑裕量故拟配置一台 180kVA 的发电机对燃机及汽机区域施工供电^[5]。

通过以上计算可知, 余热锅炉计算负载 73.26kVA, 配置一台 100kVA 发电机可满足需求; 燃机和汽机计算负载为 134.12kVA, 余热锅炉和燃、汽机机房相邻, 综合考虑可在余热锅炉和燃、汽机区域放置一台 250kVA 发电机供电。

$$\text{二者总视在功率 } S=S_{\text{锅}}+S_{\text{机}}=73.26+134.12=207.38$$

$$\text{计算电流: } I=S/(1.732 \cdot U)=315.9\text{A}$$

主电缆选择: 根据《工业与民用配电设计手册》第三版表 9-34, 铜芯线截面 70mm^2 在 40°C 环境温度下明敷安全载流量 224A; 所以本项目临时用电发电机到一级箱采用双拼 70mm^2 铜芯电缆, 出线采用 16mm^2 及 10mm^2 铜芯电缆向二级箱敷设。

1.4 加工组合场地用电量计算

一是查表得电焊机 3 相 380, 负载持续率 $e=60\%$,

$\cos \phi = 0.93$, $\tan \Phi = 0.39$, 电焊机需要系数取 $k_x = 0.5$ 。

先将电焊机的设备功率换算为 100% (负载持续率) 的设备有功功率:

$$P_e = S_r * \cos \phi * \sqrt{e} = 18.4 * 6 * 0.93 * \sqrt{0.6} = 79.5 \text{ kW}$$

$$\text{计算负荷: } P_{js1} = k_x * P_e = 0.5 * 79.5 = 39.79 \text{ kW}$$

$$Q_{js1} = P_{js1} * \tan \phi = 39.79 * 0.39 = 15.52 \text{ Kvar}$$

二是其他小型电动工具, $\cos \phi = 0.6$, $\tan \Phi = 1.33$, 需要系数取 $k_x = 0.5$ 。

$$P_{js2} = k_x * P_r = 0.5 * 0.7 * 10 = 3.5 \text{ kW}$$

$$Q_{js2} = P_{js2} * \tan \phi = 3.5 * 1.33 = 4.66 \text{ Kvar}$$

三是空压机, $\cos \phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, 需要系数取 $k_x = 0.75$ 。

$$P_{js4} = k_x * P_r = 0.75 * (2 * 3 + 4 + 30) = 30 \text{ kW}$$

$$Q_{js4} = P_{js4} * \tan \phi = 30 * 0.75 = 22.5 \text{ Kvar}$$

四是门式起重机, $\cos \phi = 0.7$, $\tan \Phi = 1.02$, 需要系数取 $k_x = 0.15$, 负载持续率 $e = 40\%$ 。

先将起重机的设备功率换算为 25% (负载持续率) 的设备有功功率:

$$P_e = P_r * \sqrt{e} / \sqrt{0.25} = 2 * P_r * \sqrt{0.4} = 2 * 15 * 0.63 = 18.9 \text{ kW}$$

$$P_{js5} = k_x * P_e = 0.15 * 18.9 = 2.835 \text{ kW}$$

$$Q_{js5} = P_{js5} * \tan \phi = 2.835 * 1.02 = 2.89 \text{ Kvar}$$

五是剪床, $\cos \phi = 0.7$, $\tan \Phi = 1.02$, 需要系数取 $k_x = 0.75$ 。

$$P_{js6} = k_x * P_r = 0.75 * 4 = 3 \text{ kW}$$

$$Q_{js6} = P_{js6} * \tan \phi = 3 * 1.02 = 3.06 \text{ Kvar}$$

六是电动卷板机 $\cos \phi = 0.8$, $\tan \Phi = 0.75$, 需要系数取 $k_x = 1$ 。

$$P_{js7} = k_x * P_r = 1 * 2 * 7.5 = 15 \text{ kW}$$

$$Q_{js7} = P_{js7} * \tan \phi = 15 * 0.75 = 11.25 \text{ Kvar}$$

七是焊条烘箱, 需要系数取 $k_x = 0.7$ 。

$$P_{js8} = k_x * P_r = 0.7 * (6 * 1 + 2.4 * 2) = 7.56 \text{ kW}$$

K_p ——有功功率、无功功率的同期系数, 取 0.9。

有功功率 $P = K_p * (P_{js1} + P_{js2} + P_{js3} + P_{js4} + P_{js5} + P_{js6} + P_{js7}) = 0.9 * (39.79 + 3.5 + 30 + 18.9 + 3 + 15 + 7.56) = 106 \text{ kW}$

无功功率 $Q = K_p * (Q_{js1} + Q_{js2} + Q_{js3} + Q_{js4} + Q_{js5} + Q_{js6} + Q_{js7} + Q_{js8}) = 0.9 * (15.52 + 4.66 + 22.5 + 2.89 + 3.06 + 11.25) = 0.9 * 59.88 = 53.89 \text{ kvar}$

$$\text{视在功率 } S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 118.91 \text{ kVA}$$

$$\text{总的计算电流: } I = S / (1.732 * U) = 180.7 \text{ A}$$

选择发电机: 燃机及汽机区域用电设备的计算功率为 118.81 kVA, 负载为额定功率 60%~70% 时, 发电机的运行工况最佳且耗油量最低, 并考虑裕量故拟配

置一台 150kVA 的发电机对加工组合场施工供电。

供电敷设区域: 加工组合场地。

选择电缆导线: 根据《工业与民用配电设计手册》第三版表 9-34, 铜芯线截面 50 mm^2 在 35°C 环境温度下明敷安全载流量 175A; 所以本项目临时用电发电机到一级箱采用 50 mm^2 铜芯电缆, 出线采用 16 mm^2 铜芯电缆向二级箱敷设。

配电箱配置: 加工组合场地范围 $95 \text{ m} \times 25 \text{ m}$, 划分为现场仓库, 组合场地和喷砂区。在组合场地区域考虑配置 2 台二级配电箱。

通过以上计算可知, 余热锅炉计算负载 73.26 kVA, 配置一台 100kVA 发电机可满足需求; 燃机和汽机计算负载为 134.12 kVA, 余热锅炉和燃、汽机机房相邻, 综合考虑可在余热锅炉和燃、汽机区域放置一台 250kVA 发电机供电。

二者总视在功率 $S = S_{\text{锅}} + S_{\text{机}} = 73.26 + 134.12 = 207.38$

$$\text{计算电流: } I = S / (1.732 * U) = 315.9 \text{ A}$$

主电缆选择: 根据《工业与民用配电设计手册》第三版表 9-34, 铜芯线截面 70 mm^2 在 40°C 环境温度下明敷安全载流量 224A; 所以本项目临时用电发电机到一级箱采用双拼 70 mm^2 铜芯电缆, 出线采用 16 mm^2 及 10 mm^2 铜芯电缆向二级箱敷设。

2 结语

通过以上计算出来的各施工区域配置发电机容量可以清楚地看出, 采用需用系数算法虽然计算过程比较麻烦, 但计算结果更准确、实用符合工程应用情况。

参考文献:

- [1] 尹国燕. 核电土建施工现场施工用电管理探讨 [J]. 居业, 2021(10):89-91.
- [2] 王刚, 史宝平, 王伟, 等. 大型水电站施工用电系统设计问题分析与预防措施 [J]. 水电与抽水蓄能, 2018, 04(03):91-93.
- [3] 杨勇. 基于需用系数法的水电站电力线路改造研究 [J]. 电子技术与软件工程 2015(07):234.
- [4] 王永佳, 石光, 郑玉成. 液压式柴油发电机转速控制系统应用 [J]. 中国新技术新产品, 2022(02):61-64.
- [5] 徐斌, 张永生. 施工用电的节能降耗技术应用 [J]. 集成电路应用, 2021(07):156-157.