

油气管道工程站场电气负荷计算研究

刘 凯 (华东管道设计研究院有限公司, 江苏 徐州 221008)

刘继奇 (徐州港华燃气有限公司, 江苏 徐州 221008)

摘 要: 国家管网集团的成立一年来, 油气管道建设更加专业化, 发展速度不断加快。现有油气管道行业的设计规范、设计手册, 没有标准化的、具体的电气负荷计算方法。国家管网集团设计与工程建设准则《油气管道供配电技术规定》只中给出了负荷计算的基本原则。为此, 在负荷计算的经典算法基础上, 参考石油、石化行业标准计算方法和其他相关的研究成果, 结合油气管道行业特点和实际工程经验, 给出简洁实用的负荷计算方法, 在涵盖油气管道用电设备、建构筑物、生产区域的基础上, 减少计算层级, 简化计算过程, 减少计算量。在实际工程项目应用中, 计算的深度和精度能够满足油气管道项目从方案、可研, 到初步设计的要求。

关键词: 油气管道; 负荷计算; 需要系数; 年电能消耗

油气管道工程前期研究论证过程中, 电气专业的负荷计算, 对整个项目用能情况、经济效益核算, 以及工程节能降耗, 都有很重要的意义。目前油气管道行业的设计规范、设计手册, 没有标准化的、具体的负荷计算方法。负荷计算最常用的是需要系数法、二项式法、利用系数法、单位产品耗电量法、单位面积负荷密度法^[1], 还有很多改进算法, 如新需要系数法等。在工程领域, 以前的二项式法, 以及未推广的 ABC 法等趋于淘汰^[2]。

在国家管网集团设计与工程建设准则《油气管道供配电技术规定》(DEC-OGP-G-EL-001-2020-1)(以下简称准则)中给出了负荷计算的基本原则, 在 5.2 中规定: 负荷计算宜采用需要系数法。对于建筑照明, 可研、初步设计阶段可采用功率密度法进行估算。输油泵、压缩机负荷计算应采用轴功率法, 轴功率为额定转速下的设备轴功率。准则中并未给出具体计算方式。

需要系数法是比较简便明了, 其原理源自于负荷曲线的分析。设备功率乘以需要系数得出需要功率, 多组负荷相加时, 再逐级乘以同时系数^[2]。油气储运设备主要用在油田储运、中长输配管道, 长、中、短距离储运、运输与配给, 站场的高电压、大功率, 长期运行的压缩机、输油泵占比很大, 站场的总设备类型相对较少。一个独立的中间站场供电, 其规模相当于石化厂区的一个区域变电所。供电方式一般为地区公共电网供电, 在站场内设置 110kV 及以下变电所作为站场供电中心。

以国家管网《油气管道供配电技术规定》为依据, 在经典需要系数算法的基础上^[1-4], 参考石油

化工企业用电负荷计算方法^[5]、油气田变配电计算标准和其他相关的研究成果, 结合油气管道工程实践经验, 总结出简洁实用的需要系数法负荷计算方法。与石化厂区供电计算方法相比, 简化了从不同装置(单元)分组, 再到区域变电所的计算, 最终总和到全厂总用电负荷的方式。也不按照油气田配电计算方法, 将单台用电设备与辅助生产设施分别计算, 再经乘以需要系数后相加。其特点是将站场作为一个整体, 对压缩机(主输泵)等高压设备按同类分组, 低压辅助生产、生活设施按同类分组, 得到其计算功率后, 分别选取需要系数, 再经过乘同时系数, 得到总和。

下面, 从用电单元的计算容量确定、变压器损耗, 到供电电源侧负荷确定, 最终计算出年耗电量, 给出完整的计算方法和计算过程。在工程前期阶段, 油气储运工程项目的单相负荷估算值远小于计算负荷的 15%, 不需要换算。另外为了突出研究的重点, 略去电容补偿和站场配电线路损耗内容。

1 设备计算负荷的确定

1.1 连续工作的主设备

主输油泵、压缩机负荷应采用额定转速下的设备轴功率确定。用于负荷计算时的有功功率按下式计算:

$$P_F = P_s / \eta \cdot K_s \quad (1)$$

P_F —输油泵、压缩机用于负荷计算的有功功率(kW); P_s —输油泵、压缩机轴功率(kW); η —电动机效率; K_s —综合系数, 可取 1~1.1。

1.2 周期工作制电动机

辅助生产系统的空压机、污油泵、生活水泵等

设备,宜按照下式将额定功率换算到负载持续率 100% 时的功率。

$$P_r = P_s \sqrt{\varepsilon_r} \quad (2)$$

ε_r —电动机额定负载持续率。

1.3 短时工作制电动机

短时工作制电动机的设备功率是将功率换算为连续工作制的有功功率。可把短时工作时工作制电动机近似的看做周期工作制电动机,再用公式(2)换算。0.5h 工作制电动机可按 $\varepsilon_r \approx 15\%$ 考虑, 1h 工作制电动机可按 $\varepsilon_r \approx 25\%$ 考虑。

1.4 其他生产辅助设施

除以上设备外,其他生产、生活辅助设施计算功率,采用其铭牌额定功率。

1.5 站场内建构筑物、室外区域

站场内单体建构筑物用电负荷的统计,一般不只有照明用电,还包括动力用电,如检维修、空调、通风等设备。所以在可研、初步设计阶段不宜按准则给出的照明设备功率密度法仅对照明用电进行估算,应参照《工业与民用供配电设计手册》(第四版)的 1.3 给出的“单位指标法求计算负荷”的方法计算。对综合楼、变电所、消防值班室等这种人员较集中或用电持续的建筑,负荷密度取 $100\text{W}/\text{m}^2$,对于经常处于间断用电的建筑,比如各类库房、维修间、车库等,负荷密度取 $40\text{W}/\text{m}^2$ 。站场内泵棚、阀组区,以及室外生产区域,通常只有照明用电,取值在准则基础上,结合相应规范确定。泵棚、阀组区、收发球区等需要按时巡检、操作、检维修的区域,功率密度取 $6\text{W}/\text{m}^2$,生产区道路、罐区等区域的普通照明,功率密度取 $2.5\text{W}/\text{m}^2$ 。

2 负荷计算

站场负荷计算采用需要系数法。备用设备功率不计算。消防负荷启动时,切除的非消防负荷大于启动的消防负荷,故不计消防负荷。

2.1 总用电负荷计算

$$P_c = \sum K_c P_r + \sum K_x P_a \quad (3)$$

$$Q_c = \sum K_c P_r \tan \phi_r + \sum K_x P_a \tan \phi_a \quad (4)$$

P_c 、 Q_c —计算负荷的有功功率(kW)、无功功率(kvar); K_c —单台主输泵、主输压缩机的需要系数; P_r —单台主输油泵、主压缩机的有功功率(kW); P_a —辅助生产设备、单体建筑物的估算有功功率(kW); K_x —辅助生产设备、单体建筑物的需要系数; $\tan \phi_r$ 、 $\tan \phi_a$ —单台输油泵(压缩机)功率因数正切值、辅助设施功率因数正切值。

常用设备的需要系数选取见表 1。

2.2 变压器损耗计算

油气管道站场变压器负荷率小于 85%, 变压器损耗可以简化估算^[3], 计算公式如下:

$$\delta P_T = 0.01 S_c \quad (5)$$

$$\delta Q_T = 0.05 S_c \quad (6)$$

δP_T 、 δQ_T —变压器的有功、无功损耗; S_c —变压器计算负荷。

2.3 变配电系统电源侧用电负荷计算

$$P_j = K_p \sum P_c + \delta P_T \quad (7)$$

$$Q_j = K_q \sum Q_c + \delta Q_T \quad (8)$$

P_j 、 Q_j —变配电系统的计算有功功率(kW)、无功功率(kvar); K_p 、 K_q —有功功率、无功功率同时系数; K_p 宜取 0.8~0.9, K_q 宜取 0.93~0.97。

2.4 站场年电能消耗量按照下列公式计算

$$W_y = \alpha_{av} P_j T_n \quad (9)$$

$$V_y = \beta_{av} Q_j T_n \quad (10)$$

W_y 、 V_y —年有功电能消耗(kW·h)、年无功电能消耗(kvar·h); α_{av} 、 β_{av} —年平均有功负荷系数(0.7~0.8)、无功负荷系数(0.8~0.9); T_n —年实际工作小时数。

年耗电量是参照《油气田变配电设计规范》4.3.3 项而来。需要注意的是这里采用的是 P_j 、 Q_j (变配电系统计算有功功率、无功功率),而非规范中的 P_c 、 Q_c (计算负荷的有功功率、无功功率)。年实际工作小时数,输油泵、压缩机可采用 7200h~8760h。生产辅助设施,可采用 380h~4200h。

3 计算实例

国家管网集团某原油管道复线工程的一个中间分输泵站。站场新建 6kV 配电所,两条 6kV 进线引自一期工程的 35kV 变电所。配电所内分别设置中压和低压配电系统,2 台配电变压器容量为 400kVA。下面按照本文负荷计算方法完成负荷统计计算。主输油泵、辅助设施负荷确定、各类参数选取及计算结果见表 2。

4 结论

本论文是对国家管网工程建设准则《油气管道供配电技术规定》的负荷计算原则,给出的具体计算方法。是经典需要系数算法的基础上,参考相近行业标准方法,吸取相关研究成果,结合油气储运行业特点,总结既往实际工程经验,得出简洁实用的负荷计算方法。在全面涵盖油气管道用电设备、建构筑物、生产区域的统计内容基础上,给出各参数的具体取值,减少计算层级,缩小统计范围,简化计算过程,减少计算量。计算的深度和精度能够

满足油气储运工程项目从方案、可研，到初步设计的要求。

参考文献：

[1] 钢铁企业电力设计手册编委会. 钢铁企业电力设计手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
 [2] 中国航空规划设计研究总院有限公司. 工业与民用供配电设计手册 (第四版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2016.
 [3] 焦留成. 供配电设计手册 [M]. 北京: 中国计划出版社, 1999.

[4] 石油和化工工程设计工作手册编委会. 油气田与管道公用工程设计 (上) [M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2010.
 [5] SH/T3116-2017. 石油化工企业用电负荷计算方法 [S]. 中华人民共和国工业和信息化部, 2018.

作者信息：

刘凯 (1968-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事供配电设计与研究工作。
 刘继奇 (1995-), 男, 助理工程师, 主要从事城市燃气生产运营及抢维修工作。

表 1 常用设备需要系数

设备组名称	需要系数 K	设备组名称	需要系数 K
工艺泵 (连续运行)	0.75~0.85	行吊电动葫芦等机修	0.2~0.3
年运行小时数低于 1000h 的泵	0.3~0.6	起重机	0.1~0.15
年运行小时数低于 100h 的泵 0.1	0.3~0.6	搅拌器	0.2 (运行要求调整)
电动阀	0.2 (运行要求调整)	电伴热	0.9
空压机	0.8~0.9	仪表设备	0.8~0.9
空冷器	0.8	通讯设备	0.9
空调	0.75	阴极保护	0.8
风机	0.75	水泵	0.6~0.8
单体建筑	综合值班用房 (楼)	宿舍	0.6~0.8
	生产厂房	库房	0.5~0.7

表 2 负荷统计计算表

序号	名称	设备容量			台数		计算系数			计算负荷			备注
		轴功率 (kW)	选择电 机容量 (kW)	计算 容量 (kW)	安装 台数	工作 台数	需要 系数 (K)	功率 因数 (cosφ)	功率因数 正切值 (Tanφ)	有功 功率 P (kW)	无功功 率 Q (kvar)	视在 功率 S (kVA)	其他计算 参数选取
高压侧负荷 (6kV)													
1	输油泵	2012	2400	2096	2	1	0.85	0.85	0.62	1781.6	1104.6		η 取 0.96, K _s =1
2	输油泵	1108	1400	1154	2	1	0.85	0.85	0.62	980.9	608.2		η 取 0.96, K _s =1
3	转油泵	475	560	237.5	1	1	0.85	0.85	0.62	201.9	125.2		持续 1h 工作制, ε _r =25%
	合计	Σ K _c P _r , Σ K _c P _r tanφ _r								2964.4	1838	3488	
低压侧负荷 (380V)													
1	污油泵		22	8.5	2	2	0.4	0.8	0.75	6.8	5.1		ε _r =25%, 100h
2	电动阀门		1.5	0.6	35	35	0.3	0.8	0.75	6.3	4.7		ε _r =25%, 100h
3	仪表通讯			10			0.9	0.85	0.62	9	5.6		
4	输油泵棚	1350m ²		8			0.8	0.8	0.75	6.4	4.8		6W/m ²
5	门卫	16m ²		0.64			0.8	0.8	0.75	0.5	0.36		40W/m ²
6	6kV 变电所	229.4m ²		23			0.8	0.8	0.75	18.4	13.8		100W/m ²
7	车库及维修间	2270m ²		91			0.8	0.8	0.75	72.8	54.6		40W/m ²
8	室外照明	约 2000m ²		5			0.8	0.8	0.75	4	3		2.5W/m ²
	合计	Σ K _x P _a , Σ K _x P _a tanφ _a								124.2	92	154.6	
总用电负荷													
	总用电合计	P _c = Σ K _c P _r + Σ K _x P _a , Q _c = Σ K _c P _r tanφ _r + Σ K _x P _a tanφ _a								3088.6	1930	3642	
变压器损耗													
	配电变压器 6/0.4kV		400kVA	154.6kVA	2	1							
		δP _T =0.01S _c , δQ _T =0.05S _c								1.2	6.2		
配电所电源侧用电负荷													
	总用电负荷	P _j =K _p Σ P _c +δP _T , Q _j =K _q Σ Q _c +δQ _T , K _p =0.9, K _q =0.95								2781	1840	3335	
年电能消耗量													
	年电能 消耗电量	W _y =α _{av} P _j T _n , V _y =β _{av} Q _j T _n α _{av} =0.8, β _{av} =0.85, T _n =8400h								1869×10 ⁴ kW.h, 1314×10 ⁴ kvar.h			