

集装箱式燃气发电机组通风系统设计

李圣强 李 前

淄博淄柴新能源有限公司 山东淄博 255088

摘要: 集装箱式的燃气发电机组以其布置灵活, 施工周期短, 占地面积小, 土建工程量少, 安装移机方便, 静音降噪, 全密闭安全运行, 高度集成化等优势备受用户青睐。而集装箱通风系统的优劣直接影响机组的运行性能, 本文主要介绍某项目 1000GF 集装箱式燃气发电机组通风系统的设计思路和方法。

关键词: 燃气发电机组; 集装箱式; 通风系统

Design of ventilation system for container gas generator set

Shengqiang Li, Qian Li

Zibo Zibo Chai New Energy Co., Ltd. Shandong Zibo 255088

Abstract: Container-type gas generator set, with its flexible layout, short construction period, small area, small civil engineering quantity, convenient installation, and moving machine, silent noise reduction, fully closed safe operation, highly integrated and other advantages. The advantages and disadvantages of the container ventilation system directly affect the operational performance of the unit. This paper mainly introduces the design ideas and methods of the ventilation system of the 1000GF container type gas generator unit in a certain project.

Keywords: gas generator set; container type; ventilation system

1 概述

近年来, 随着国家对环保要求的日益提高以及全国各地建设“美丽中国”的环保诉求不断增强, 燃气发电行业的发展迎来了新的挑战。集装箱式的燃气发电站以其布置灵活, 施工周期短, 占地面积小, 土建工程量少, 安装移机方便, 静音降噪, 全密闭安全运行, 高度集成化等优势备受市场关注。

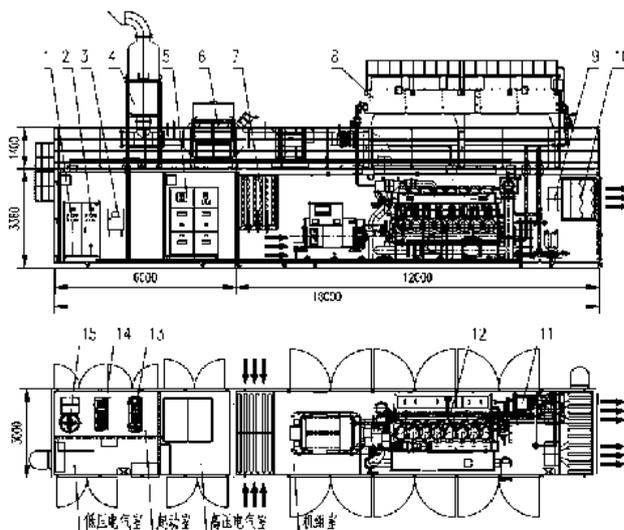
集装箱式燃气发电机组是一个高度集成化的系统设备, 在满足燃气发电机组功能性使用要求的同时, 其可操作维护性、安全性、可靠性等方面也是其设计的关键。作为全密闭运行机组, 其通风系统的设计匹配是否合理将直接影响燃气发电机组的运行性能。本文主要介绍某 1000GF 型集装箱燃气发电机组通风系统设计思路与方法。

2 集装箱式燃气发电机组介绍

本文以某 1000GF 型燃气发电机组集装箱式电站为对象, 进行通风系统设计。

2.1 电站构成及布局

该 1MW 集装箱式发电机组箱内主要包括四部分: 机组室、高压电气室、低压电气室及空压机室。其中, 机组室内布置有燃气发电机组、机油冷却模块、燃气管



1—低压配电柜; 2—机组控制柜; 3—脱硝控制箱; 4—排气消声器; 5—高压开关柜; 6—SCR 尾气脱硝设备; 7—进风消声通道; 8—风冷散热器; 9—排风轴流风机; 10—排风消声通道; 11—冷却模块; 12—燃气发电机组; 13—脱硝空压机; 14—机组空压机; 15—空气瓶。

图 1 1000GF 集装箱式燃气发电机组布置

路阀组等设备及管道；高压电气室内布置高压开关柜、互感器柜；低压电气室内布置有站用配电柜及机组控制柜、脱硝设备控制箱；集装箱顶部布置有风冷散热器、SCR尾气脱硝设备、排气消声器等设备及管道。冷却系统采用闭式循环，采用电动风冷散热器冷却，放置在集装箱顶部。集装箱式燃气发电机组布置如图1所示。

2.2 燃气发电机组主要技术参数

1000GF型燃气发电机组主要技术参数见表1。

表1 集装箱式燃气发电机组主要技术参数

项目	单位	参数
机组功率	kW	1000
机组转速	rpm	600
燃气热耗率	MJ/kW·h	9.5
排气温度	℃	≤ 525
电压	V	10500
频率	Hz	50
电机效率	%	94
冷却方式		闭式强制循环水冷
起动方式		压缩空气
运行方式		并网

3 集装箱通风系统设计

3.1 集装箱内辐射散热量计算

集装箱内辐射散热量主要为燃气发电机组运行产生的辐射散热，包括发动机本体辐射散热、发电机通风散热量、排气管辐射散热及冷却管辐射散热等部分。

根据燃气发电机组热平衡经验，机组辐射散热量约为机组燃料燃烧总量的3%~5%，本设计中按5%计算，则机组辐射散热量Q：

$$Q=P \cdot q \cdot k$$

式中：

Q——发电机组每小时散热量，MJ；

q——发电机组热耗率，MJ/kWh，q=9.5MJ/kWh；

P——发电机组单位小时功率，kW，P=1000kW；

k——辐射散热量占比，k=5%。

计算机组每小时散热量为：

$$Q=475MJ$$

3.2 集装箱机组室通风量计算

燃气发电机组运行所需要的空气量由两部分组成：一部分为机组燃气燃烧所需要空气量，另一部分为机组辐射散热通风所需要空气量。

本项目集装箱机组燃烧所需空气由空气进气管道从集装箱外单独引入，故集装箱通风空气量只需满足燃气发电机组辐射散热通风需求即可。

某地环境温度参数：集装箱内允许空气最高温度为45℃^[1]，夏季室外环境最高温度35℃。

辐射散热通风量L可通过以下公式计算得出。

$$L=1000Q/[(TN-TW) \cdot C \cdot \rho]^{[2]}$$

式中：

L——通风量，Nm³/h；

Q——发电机组单位小时散热量，MJ/h，Q=475MJ/h；

TN——集装箱内允许最高温度，℃，TN=45℃^[1]；

TW——集装箱外环境夏季温度，℃，TW=35℃；

C——空气比热容，kJ/kg·℃，进排风平均温度40℃时，C=1.01kJ/kg·℃；

ρ——空气密度，kg/m³，进排风平均温度40℃时，ρ=1.128kg/m³。

计算辐射散热通风量为：

$$L=41693m^3/h$$

通风设计余量取10%，则集装箱通风量为：

$$41693m^3/h \times 1.1=45862m^3/h$$

3.3 集装箱机组室通风系统结构设计

集装箱机组室的通风采用自然进风，强制排风的方式。如图1所示，室外空气由集装箱靠近发电机部位正面和背面两侧进入，经进风消声通道消声后，由下部进入集装箱内；集装箱内热空气由位于集装箱端面上侧的轴流式排风机引风，经排风消声通道后排出。集装箱通风采用微负压通风形式，可以及时将箱体内的废气排出箱外，保证集装箱内部的安全。

进排风通道内均设置有片式消声组件，消声组件以镀锌多孔板（φ3.2，5目）做内衬板，内部填充100mm厚岩棉（容重80kg/m³）消声材料，起到进气消声作用。

进风口设置有可更换前置空气过滤装置及导向百叶窗，有效阻挡沙尘及雨水的侵入。出风口设置有不锈钢防鼠网和导向百叶窗，可防止小动物及雨水侵入。

轴流风机安装在集装箱端面靠上侧位置，能够有效的将集装箱内热空气排出箱外。

3.4 进风面积计算

集装箱机组进气采用自然进风，根据经验，集装箱机组进风口流速v=10m/s为宜^[3]。据此设计进风口的流通面积S：

$$S=L/(3600v)=1.27m^2$$

百叶窗有效通风面积约60%计算，基于此计算百叶窗面积为：

$$S1=S/0.6=2.1m^2$$

在集装箱设计时，因进风口无法设置在集装箱端面，只能设置在集装箱正面和背面，通风阻力较端面大，百

叶窗面积实际按 3.6m^2 设置,远大于实际需要量,保证进风畅通。

3.5 通风验算

3.5.1 通风换气次数

集装箱内空间体积约为 $12\text{m} \times 3\text{m} \times 3\text{m} = 108\text{m}^3$,则计算通风量对应的换气次数为:

$$45862\text{m}^3/\text{h} \div 108\text{m}^3 \approx 425\text{次}/\text{h}$$

计算通风量对应的集装箱内空间通风换气次数为425次/h,远大于规范要求的90次/h^[4],通风量满足规范要求。

3.5.2 箱内空气流速

集装箱内的通风空气由集装箱一端进入,另一端流出,假设空气在集装箱横截面积内均匀分布,按集装箱内空间横截面积计算空气流通面积(因集装箱内布置有设备及管道,实际流通面积小于集装箱横截面积),则空气流通截面积为 $2.8\text{m} \times 3\text{m} = 8.4\text{m}^2$ (集装箱内净空间横截面积为 $2.8\text{m} \times 3\text{m}$),则箱内空气平均流速为:

$$45862\text{m}^3/\text{h} \div 8.4\text{m}^2 \div 3600\text{s}/\text{h} = 1.52\text{m}/\text{s}$$

空气平均流速1.52m/s远大于规范要求的0.5m/s^[1],空气平均流速满足规范要求。

3.6 轴流风机选型

根据安装位置尺寸及通风量需求,选用T35-11-6型防爆式轴流风机两台,单台风机通风量 $24000\text{m}^3/\text{h}$,风压295Pa,电机功率3kW。两台台风机总排气量为 $48000\text{m}^3/\text{h}$,约为计算所需排风量的113.2%。

4 集装箱其他室通风设计

4.1 电气室通风设计

高低压电气室通风设计主要以事故通风为主,散热以电空调为主。高低压室各设置有一套1P的电空调,用于电气柜散热。按照规范要求,事故通风换气次数不应小于每小时12次^[2]。

高压电气室室内净空间尺寸为 $2.3\text{m} \times 2.8\text{m} \times 3\text{m}$,通风空间体积为 19.32m^3 ,按12次/h计算通风量为 $373.3\text{m}^3/\text{h}$ 。

低压电气室室内空间尺寸为 $1.2\text{m} \times 3.5\text{m} \times 3\text{m}$,通风空间体积为 12.6m^3 ,按12次/h计算通风量为 $151.2\text{m}^3/\text{h}$ 。

风机选配时考虑通风余量,选用换气量为 $700\text{m}^3/\text{h}$,高低压配电室各配置了1套,风量远大于计算通风量要求。

4.2 起动室通风设计

起动室主要布置有机组起动的空气压缩机和空气瓶,脱硝设备运行用的储罐一体式空气压缩机。

起动室通风按自然进风强制排风的方式进行设计,通风量主要由空压机散热通风量和工作通风量两部分组成,单台套空压机工作通风量为 $1.2\text{m}^3/\text{min}$ 。散热通风量需根据空压机说明书计算公式进行计算确定,空压机说明书中通风量的计算公式如下:

$$Q_v = 0.92N/dT$$

式中:

Q_v ——空压机必需的通风量, m^3/s ;

N ——空压机的轴功率,为7.5kW;

dT ——空压机室的温升,一般取 $5\sim 8^\circ\text{C}$,本计算中取 $dT=7^\circ\text{C}$ 。

经计算,单台套空压机的通风量为:

$$Q_v = 0.92 \times 7.5\text{kW} \div 7^\circ\text{C} = 3549\text{m}^3/\text{h}$$

取1.2倍余量为 $4258\text{m}^3/\text{h}$ 。

则2台套空压机所需通风量为:

$$2 \times (1.2\text{m}^3/\text{min} \times 60\text{min}/\text{h} + 4258\text{m}^3/\text{h}) = 8660\text{m}^3/\text{h}$$

风机选用通风量 $8850\text{m}^3/\text{h}$ 的外转子轴流风机,风压190Pa。

5 结束语

1000GFT集装箱式燃气发电机组的通风系统设计对于燃气发电机组运行性能至关重要。本项目集装箱通风采用自然进风、轴流风机强制排风的通风方式,通过分析箱内机组辐射散热量,计算确定机组室所需通风量,配置合适的轴流风机,合理设计进、排风通道,保证了集装箱机组的通风。经过现场应用验证,该设计能够满足集装箱机组运行要求。

参考文献:

- [1]AQ 1077-2009煤矿瓦斯往复式内燃机发电站安全要求;
- [2]GB 50019-2015工业建筑供暖通风与空气调节设计规范;
- [3]张运峰,刘佳,姚思泽.1.6MW集装箱电站通风系统设计[J].军民两用技术与产品,2014.17(下):137~137;
- [4]JB/T 11792.4-2014中大功率燃气发动机技术条件第4部分瓦斯发动机.