

# 防空地下室战时移动电站 通风与降温设计

济南军区司令部工程设计研究院 刘英义<sup>☆</sup>

解放军理工大学 马吉民

总参工程兵科研三所 王洪泳

**摘要** 探讨了防空地下室战时移动柴油电站的通风降温方式,详细分析了风冷通风降温系统的组成、特点、设计方法及需要注意的问题。

**关键词** 防空地下室 移动电站 战时通风 风冷

## Ventilation and cooling design of mobile power station in civil air defence basement in wartime

By Liu Yingyi<sup>★</sup>, Ma Jimin and Wang Hongyong

**Abstract** Discusses the wartime ventilation and cooling modes of the mobile diesel power station in civil air defence basement. Analyses in detail the system composition, characteristics, designing method and problems concerned of the air cooling mode.

**Keywords** civil air defence basement, mobile power station, wartime ventilation, air cooling

★ Institute of Engineering Design & Research of Jinan Military Area Headquarters, Jinan, China

①

### 0 引言

按照有关规范的规定,下列工程内应设置柴油电站:1)中心医院、急救医院;2)救护站、防空专业队工程、人员掩蔽工程、配套工程等防空地下室,建筑面积之和大于 5 000 m<sup>2</sup>。柴油电站又分为固定电站和移动电站两类。固定电站是指发电机组固定设置,且具有独立通风、排烟、储油等系统的柴油电站;移动电站是指具有运输条件,发电机组可方便设置就位,且具有专用通风、排烟系统的柴油电站。移动电站与固定电站相比,造价低、占用空间小,其设备平时可暂不安装,所以在人防地下室设计中,设置移动电站的工程越来越多。笔者根据近年来设计多个移动电站所积累的经验以及在审查人防工程施工图所发现的共性问题,对移动电站通风设计的有关问题进行探讨与分析。

### 1 移动电站通风设计主要施工图

为方便柴油发电机组的运输,移动电站一般应设置在防空地下室有坡道的出入口附近,且有独立的进风、排风和排烟系统。其建筑平面布置应以柴油发电机组为中心,由发电机房、储油间、进风竖

井、排风竖井、排烟竖井、防爆波活门、扩散室等组成。与主体清洁区的连通处还应设防毒通道,通道内设简易洗消设施。

现以设置 1 台功率为 120 kW 的柴油发电机组的移动电站为例进行探讨与分析,其建筑及通风平面示意图见图 1,剖面图见图 2,3。

### 2 柴油发电机组的主要结构

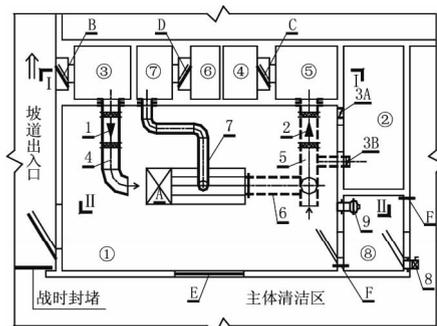
移动电站内的核心设备是柴油发电机组,其主要结构包括发电机和柴油机两部分。柴油机工作时,柴油燃烧产生高温烟气,运动部件相互摩擦散发热量。为使柴油机汽缸等部件保持正常的工作温度,冷却系统必须带走受热部件的部分热量。目前人防工程中使用的柴油机内部冷却一般采用闭式循环的水冷方式,这种闭式循环方式又分为闭式风冷和闭式水冷两种。移动电站内的柴油发电机

①☆ 刘英义,男,1963 年 4 月生,硕士,高级工程师  
250002 济南市英雄山路 21 号济南军区司令部工程设计研究院

(0531) 51686029 (0) 15153135995

E-mail: Lyy1963@tom.com

收稿日期:2010-03-09



① 发电机房 ② 储油间 ③ 进风扩散室 ④ 排风竖井  
⑤ 排风扩散室 ⑥ 排烟竖井 ⑦ 排烟扩散室 ⑧ 防毒通道  
⑨ 排风排烟合用竖井 A 120 kW 发电机组 B 进风防爆波活门  
C 排风防爆波活门 D 排烟防爆波活门 E 密闭观察窗  
F 气密测量管 1 进风机 2 排风机 3 防火风口 4 送风管  
5 排风管 6 排风导风管 7 排烟管 8 手动密闭阀门  
9 自动排气活门 10 不锈钢波纹管

图1 移动电站建筑及通风平面示意图

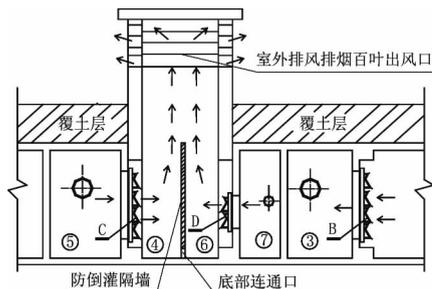


图2 I-I剖面图

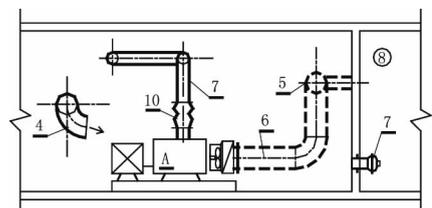


图3 II-II剖面图

的功率一般较小,大多采用设备简单、运行方便的闭式风冷方式进行冷却。这种柴油机的冷却水在由柴油机前部的表面式空气-水换热器和柴油机内部的冷却系统(包括汽缸冷却器、润滑油冷却器和水泵等)组成的封闭管路内循环,换热器与柴油发电机组成一个整体。由柴油机带动风扇将空气送入空气-水换热器中对流经换热器的冷却水进行降温,达到循环再利用的目的<sup>[1]</sup>。由空气-水换热器排出的空气温度较高(一般在 50℃ 以上),含有很大的热量,如果这部分热量(称为柴油机冷却排热量)直接进入机房中,将会导致机房内的温度急剧上升,不利于机房内降温。为此,空气-水换热器的外端有一排风口,通过排风导风管(图 1,3 中编号为 6)将排风口与机房的排风管连接,直接将高温

空气经过排风管排至机房外,这部分热量则可不计入机房余热中。此种机组的主要结构示意图见图 4。

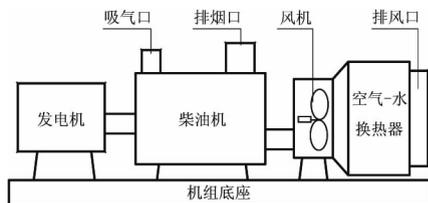


图4 柴油发电机组主要结构示意图

### 3 柴油电站通风设计过程及方法

柴油发电机组运行时,会向机房内散发大量的热量和一定的有害气体,为保证柴油发电机正常工作,柴油电站机房内的温度宜为 35℃,不应超过 40℃。柴油电站机房有风冷、水冷以及风冷与蒸发冷却相衔接三种冷却方式。利用室外温度较低的进风带走机房内柴油发电机组散发的热量以降低室内温度的方式称为风冷。这种方式适用于取水困难而室外空气温度较低的地区。其优点是用水、系统简单、操作方便、柴油机燃烧所需要的空气通过吸气口直接从室内吸取,不需要设置专用的吸气管,但是由于进风量大,不利于电站的防护,战时通风时会造成机房内染毒严重。战时城市供水水源难以保证,因此移动电站大多采用风冷方式。移动电站风冷降温的通风平面布置示意图及主要设备材料见图 1。下面对移动电站采用风冷方式的通风设计过程及方法进行详细介绍和分析。

#### 3.1 余热量计算<sup>[1]</sup>

柴油发电机组在运转过程中,机组和排烟管向机房内散发大量的热量,机房的余热量( $Q_u$ )应包括柴油机的散热量( $Q_1$ )、发电机的散热量( $Q_2$ )和排烟管的散热量( $Q_3$ ),其他设备、人员、照明的散热量以及围护结构的传热量,因其数值相对较小,可忽略不计。

$$Q_u = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (1)$$

##### 3.1.1 柴油机的散热量

$$Q_1 = 0.278N_e B q \eta_1 \quad (2)$$

式中  $N_e$  为柴油机的额定功率, kW;  $B$  为柴油机的耗油率, kg/(kW·h), 一般为 0.20~0.24 kg/(kW·h), 可查产品样本获得;  $q$  为柴油的热值, 取 41.87 MJ/kg;  $\eta_1$  为柴油机散至室内的热量百分比, 一般取 4%~6%。

### 3.1.2 发电机的散热量

$$Q_2 = P \left( \frac{1}{\eta_2} - 1 \right) \quad (3)$$

式中  $P$  为发电机的额定功率, kW;  $\eta_2$  为发电机的效率, 通常为 80%~94%, 具体数值可查产品样本。

### 3.1.3 排烟管在机房内的散热量

柴油机的烟气由柴油机汽缸经排烟管排至机房外, 排烟温度一般在 400~600 °C 之间, 机房内的排烟管一般采用架空敷设后接入排烟扩散室, 为了减少排烟管散入机房内的热量, 应对排烟管进行保温隔热处理, 保温层表面温度不应超过 60 °C。单位长度保温排烟管的散热量用式(4)计算。

$$q_3 = \frac{t_y - t_n}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{D\pi\alpha}} \quad (4)$$

式中  $q_3$  为保温排烟管单位长度散热量, W/m;  $t_y$  为排烟管外壁面温度, °C, 一般取 300~400 °C;  $t_n$  为机房内空气温度, °C, 一般取 35~40 °C;  $\lambda$  为保温材料的导热系数, W/(m·°C);  $D$  为排烟管保温层外径, m;  $d$  为排烟管外径, m;  $\alpha$  为保温层外表面的表面传热系数, W/(m<sup>2</sup>·°C), 一般取 8.141 W/(m<sup>2</sup>·°C)。

排烟管在机房内的总散热量为

$$Q_3 = \frac{q_3 l}{1\ 000} \quad (5)$$

式中  $l$  为排烟管在机房内架空敷设的长度, m。

常用的国产柴油发电机一般都直接提供  $Q_1$  与  $Q_2$  的数值, 可查产品样本等资料获得。

## 3.2 进风系统设计

### 3.2.1 设计进风量

移动电站设置通风系统的目的, 除了用于满足降低机房内温度、排除有害气体的需求外, 还应满足柴油机燃烧、储油间的通风换气以及空气-水换热器的排风需求。一般情况下, 只要能满足降低温度的需求, 就可满足排除有害气体的需求, 但不一定能满足柴油机燃烧、储油间的通风换气以及空气-水换热器排风三者之和的需求。为此, 电站的设计进风量应按照式(6)计算。

$$L_j = \max\{(L_r + L_y + L_s), L_u\} \quad (6)$$

式中  $L_j$  为电站进风量, m<sup>3</sup>/h;  $L_r$  为柴油机燃烧空气量, m<sup>3</sup>/h, 查样本或根据柴油机额定功率取经

验数据 7 m<sup>3</sup>/(kW·h) 计算;  $L_y$  为储油间的通风换气量, m<sup>3</sup>/h, 按换气次数  $K \geq 5$  h<sup>-1</sup> 计算;  $L_s$  为柴油机空气-水换热器的排风量, m<sup>3</sup>/h, 查样本或根据柴油机额定功率取经验数据计算, 一般约为 60~100 m<sup>3</sup>/(kW·h), 个别机型的排风量有时可达到 130 m<sup>3</sup>/(kW·h);  $L_u$  为按消除余热计算的进风量, m<sup>3</sup>/h, 按式(7)计算。式(6)表明电站进风量  $L_j$  应取  $(L_r + L_y + L_s)$  和  $L_u$  中数值大者。

$$L_u = \frac{3\ 600 Q_u}{c_p \rho (t_n - t_w)} \quad (7)$$

式中  $c_p$  为空气的比定压热容, 取 1.01 kJ/(kg·°C);  $\rho$  为空气的密度, 取 1.1~1.2 kg/m<sup>3</sup>;  $t_w$  为夏季室外通风计算温度, °C。

### 3.2.2 其他需注意的问题

当进风量确定后, 需要根据进风量选择进风防爆活门的型号、进风机的型号以及布置机房内进风管及送风口等。

为保证进风的清洁, 进风口与排烟、排风口之间的水平距离不得小于 15 m 或高差不得小于 6 m。

所选用的进风机参数、型号等应适宜, 由于进风系统的阻力较小, 应优先选用风压较低、便于吊装的轴流、混流或斜流等管道式风机。

发电机和柴油机是主要的散热和散发有害气体的设备, 应将送风口设在发电机一侧, 这样可保证大部分新风直接送至发电机和柴油机附近, 然后由风机将流经发电机和柴油机的空气排入排风管中, 尽量避免热量和有害气体向四周扩散。

## 3.3 排风、排烟系统设计

### 3.3.1 设计排风量

根据风量平衡原理, 设计排风量应为

$$L_p = L_j - L_r \quad (8)$$

式中  $L_p$  为电站排风量, m<sup>3</sup>/h。

由于柴油电站机房是产生有害气体的房间, 机房内应呈微负压, 实际排风量应比计算排风量略大, 设计时可取 5%~10% 的附加系数。

### 3.3.2 其他需注意的问题

储油间空气中的油蒸气达到一定浓度后, 易发生火灾或爆炸, 因而需要定时排风, 排风支管可并入电站的总排风管中, 排风换气次数应不小于 5 h<sup>-1</sup>, 进、排风管上应加 70 °C 自闭的防火阀或防火风口。如果采用侧墙进风, 进风口应采用防火风口。进风口应位于较低的位置且与排风口保持一定的距离,

排风口一般设在较高的位置。在很多工程设计中,设计人员往往遗忘了进风口,使得储油间排风时无新风补入。为保证储油间的安全,严禁柴油机房的排烟管、通风管、电缆、电线等穿过储油间。

机组排风导风管的作用是将通过空气-水换热器的高温空气直接排入排风管道中。个别设计人员由于对柴油发电机组的结构不了解,没有设置机组排风导风管,热量直接散到机房中,致使机房降温效果达不到设计要求。排风导风管的尺寸一般与机头散热器尺寸相同,如有多台发电机组并联,每个排风导风管上应装止回阀。

因排气温度较高,排风机宜选用耐高温的消防排烟风机。

### 3.4 防毒通道的超压排风

电站战时是染毒区,为此有关文献规定:柴油发电站与控制室之间应设置不少于一道防毒通道;防毒通道换气次数不应小于  $40 \text{ h}^{-1}$ ,控制室内超压值不应小于  $30 \text{ Pa}$ 。当移动电站与二等人员掩蔽部毗邻设置时,大多不设控制室,操作人员在人员掩蔽部中通过密闭观察窗监视发电机组的运转。防毒通道内应设置超压排风设施,并保证换气次数的要求,超压排风设施由手动密闭阀门和自动排气活门组成;防毒通道的门框墙上应设置气密测量管。

### 3.5 排烟系统设计

排烟系统的作用是将柴油机燃烧时产生的高温(一般在  $400 \sim 600 \text{ }^\circ\text{C}$ )烟气由机房内排至工程外。其流经途径为:柴油机的排烟口通过不锈钢波纹管与排烟管道连接,沿排烟管道进入排烟扩散室,出排烟防爆波活门后进入排烟竖井,最后经排烟竖井顶部的排风排烟口排至室外。由于烟气温度高,排烟防爆波活门只能选用钢制悬板式防爆波活门。

#### 3.5.1 设计排烟量

柴油机的排烟量应从产品样本等技术资料上查得,然后根据排烟量、排烟管道内的最大允许速度计算确定排烟管道的尺寸和排烟防爆波活门的规格。当查不到排烟量时,建议按燃烧空气量的 2.5 倍左右计算。

#### 3.5.2 其他需注意的问题

排烟支管(是指排烟口与排烟干管间的局部管道)内的流速可按  $20 \sim 25 \text{ m/s}$  设计,排烟干管内的流速可按  $8 \sim 15 \text{ m/s}$  设计。排烟管材应能满足抗

冲击波余压值和防腐蚀要求,一般选用标准的焊接钢管。钢管的壁厚为:小于或等于  $\text{DN}300$  的不小于  $3 \text{ mm}$ 、大于  $\text{DN}300$  的不小于  $4 \text{ mm}$ 。

当连接 2 台或 2 台以上机组时,排烟支管上应设置单向阀门。

室内排烟管应采用架空明装的敷设方式,尽量减少管道转弯和缩短管道长度,保证排烟系统的总阻力(含排烟管、排烟扩散室、排烟活门等的阻力)小于  $2500 \text{ Pa}$ ;排烟管与排烟扩散室的连接处,应将排烟管预埋在扩散室的混凝土墙壁中,按照国家建筑标准设计图集 07FK02-48《防空地下室通风设计》中的 I 型处理,预埋管的钢板厚度不小于  $4 \text{ mm}$ ,排烟钢管与预埋管之间采用焊接连接;排烟管之间的连接应采用焊接,防止漏烟;排烟支管与干管连接时应采用斜接(交角  $45^\circ$ )异径或等径三通;排烟管的水平部分应有  $0.5\%$  的坡度坡向排烟扩散室,以便管内积水顺烟气流方向排入扩散室中。

安装排烟管前应对其内外表面进行除锈,并用耐高温的防锈漆作防腐处理,同时排烟系统的防爆波活门也应采用耐高温的防锈漆作防腐处理。排烟管的室内部分应作隔热处理,所选隔热保温材料应耐高温,隔热处理后的表面温度不应高于  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 。有关内容可参考供热管道防烫伤保温方面的标准设计图集。

## 4 结语

移动电站战时通风系统的作用相当重要,如果设计不当必将导致电站不能正常工作,难以保证防护工程对电源的需求。然而在实际设计工作中,部分设计人员对移动电站通风系统的设计不重视或不熟悉,有关数据的计算不准确甚至不计算,造成设备或材料选用不当;图纸内容过于粗疏,由于电站内的通风设施平时不安装,施工图技术交底过程中施工单位也不关注图纸的质量,这些问题的存在必将导致战时施工安装的困难,难以临战前完成安装任务,后患无穷。笔者认为只要设计人员认真学习和理解有关规范和资料,按照上述的有关论述,就能设计一套合理的、符合规范要求的移动电站的通风系统,从而确保战时防空地下室的供电安全。

### 参考文献:

- [1] 马吉民,朱培根,耿世斌,等.人民防空工程通风空调设计[M].北京:中国计划出版社,2006