

一、工程概况

本工程为都市阳台二组团 C7 地块项目地下车库人防工程，本工程位于世纪大道以南，圣井街道办事处大雷村，是结建式平战结合的甲类人防工程，人防总建筑面积 9546.43m²。平时使用功能为汽车库，战时分为 4 个防护单元；抗力级别：核 5 级常 5 级，核 6 常 6 级；防化级别：一等人员掩蔽所为乙级，二等人员掩蔽所为丙级，物资库为丁级；战时使用功能：一、二等人员掩蔽所，物资库。

二、设计依据

- 2.1 设计任务书及甲方提供的设计要求
- 2.2 《人民防空工程战术技术要求》
- 2.3 《人民防空地下室设计规范》GB50038-2005
- 2.4 《人民防空工程防化设计规范》RFJ013-2010
- 2.5 《人民防空工程施工及验收规范》GB50134-2004
- 2.6 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012
- 2.7 《人民防空工程设计防火规范》GB50098-2009
- 2.8 《人民防空工程平战转换技术规范》DB37/T 3470-2018
- 2.9 《建筑机电工程抗震设计规范》GB50981-2014
- 2.10 《人民防空工程柴油电站设计标准》RF J2-91
- 2.11 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243-2016
- 2.12 该工程平时功能建筑设计有关图纸及其他专业相关的图纸、技术资料
- 2.13 当地人防主管部门有关该工程拟建防空地下室建筑设计的批文

三、设计内容

- 3.1 防护单元一～四战时通风设计，柴油电站战时通风设计。

四、战时防护单元的通风设计

- 4.1 本工程防护单元一为物资库，防护单元二为一等人员掩蔽部，防护单元三、四为二等人员掩蔽部。取防护单元一和防护单元三为例，进行通风计算。
- 4.2 防护单元三的通风设计：战时使用功能为二等人员掩蔽部，掩蔽人数 1000 人，根据规范《人民防空地下室设计规范》GB50038-2005 第 5.2.2 条规定：清洁式通风新风量标准 $\geq 5\text{m}^3/(\text{p} \cdot \text{h})$ ，滤毒式通风新风量标准 $\geq 2\text{m}^3/(\text{p} \cdot \text{h})$ 。最小防毒通道体积为 24.0m³

在本单元中选取清洁式通风新风量标准 $5.2\text{m}^3/(\text{p} \cdot \text{h})$ ，滤毒式通风新风量标准 $2.4\text{m}^3/(\text{p} \cdot \text{h})$ 。

$$Q_{\text{清洁}}=1000 \times 5.2=5200\text{m}^3/\text{h}$$

选用油网除尘器 LWP-X，风量 $1200\text{m}^3/\text{h}$ ，共 5 块。

$$Q_1 \text{ 滤毒}=1000 \times 2.4=2400\text{m}^3/\text{h}$$

$Q_2 \text{ 滤毒}=6945.6 \times 7\%+40 \times 24.0=1446.7\text{m}^3/\text{h}$ ，综上，滤毒新风量为 $2300 \text{ m}^3/\text{h}$ 。选用 RFP-1000 型过滤吸收器 3 台。

$$\text{清洁排风量: } 5200-6945.6 \times 4\%=4922.2\text{m}^3/\text{h}$$

防毒通道的换气次数：

$$K=(Q_{\text{滤毒}}-0.04 V_0)/V=(2400-0.07 \times 6945.6)/24.0=79.7>40, \text{ 满足要求}$$

超压排气活门的数量：

$$N=(Q_{\text{滤毒}}-0.04 V_0)/Q_{\text{活门}}=(2400-0.07 \times 6945.6)/800=2.4, \text{ 选 3 个 PS-D250 型超压排气活门。}$$

送、排风系统阻力计算：

清洁进（排）风时，进风竖井、进风管道、送风管道取 $R=1.5\text{Pa}/\text{m}$ ，系统局部阻力取 50Pa ；滤毒进风时进风竖井、进风管道、送风管道取 $R=1.5\text{Pa}/\text{m}$ ，系统局部阻力取 150Pa ；取总进风系统为 100M ，总排风系统为 50M 。

悬摆活门 HK600(5)在风量为 8000 时，阻力为 100Pa ，通过计算在风量为 5200 时，阻力为 43Pa ，风量为 2400 时，阻力为 9Pa 。

油网除尘器 LWP-X 立式加固型油网滤尘器在风量为 1200 时，终阻力为 55.9Pa ，在风量为 480 时，终阻力为 9Pa 。

过滤吸收器 RFP-1000 型在风量为 1000 时，最大阻力约为 700Pa 。

$$\text{清洁送风系统总阻力}=100 \times 1.5+50+43+55.9=298.9\text{Pa}。$$

$$\text{滤毒送风系统总阻力}=100 \times 1.5+150+9+9+700=1018\text{Pa}。$$

$$\text{清洁排风系统总阻力}=50 \times 1.5+50+43=168\text{Pa}。$$

风机选型：清洁式进风机 4-72 NO. 5. A, $P=693\text{Pa}$, $Q=6064\text{m}^3/\text{h}$, $N=2.2\text{KW}$, $n=1450\text{r}/\text{min}$ ；滤毒式进风机 4-72 No.3. 2A 一台, $Q=2996\text{m}^3/\text{h}$, $P=1263\text{Pa}$, $N=2.2\text{KW}$, $n=2900\text{rpm}$ ；排风机 HL3-2A No.4.5A, $P=367\text{Pa}$ $Q=5945\text{m}^3/\text{h}$, $N=1.1\text{KW}$, $n=1450\text{r}/\text{min}$ 。

滤毒室体积为 153.9m^3 ，换气次数： $2400/153.9=15.6>15$ ，满足要求。

4.4 电站防毒通道体积为 22.1m^3 ，电站所在人员掩蔽单元最小防毒通道体积为 13.6m^3 ，电站所在人员掩蔽单元超压排风量为 $1168.8\text{m}^3/\text{h}$ ， $1168.8/(22.1+13.6)=32.7 \text{ 次}/\text{h}<50$

次/h，电站防毒通道与所在人员掩蔽单元防毒通道不同时使用，电站防毒通道换气次数为防毒通道换气次数分别为 $1168.8/22.1=52.9$ 次/h >50 次/h， $1168.8/13.6=85.9$ 次/h >50 次/h，满足要求，分别设置两个超压排气活门。

4.5 防护单元一的通风设计：战时使用功能为物资库，根据规范《人民防空地下室设计规范》GB50038-2005 第 5.2.2 条规定：物资库清洁通风量按清洁区换气次数 1-2 次/h 计算。清洁区容积为 13952.3m³，清洁式通风量按照 1.1 次/h 计算

$$Q_{\text{清洁}}=13952.3 \times 1.1=15347.6\text{m}^3/\text{h}$$

选用油网除尘器 LWP-X，风量 1200m³/h，共 15 块

送风系统阻力计算：进风竖井、进风管道、送风管道取 $R=1\text{Pa}/\text{m}$ ，取总进风系统为 150M；油网除尘器 LWP-D 立式加固型油网滤尘器在风量为 1200 时，终阻力为 62Pa。
清洁送风系统总阻力= $150 \times 1 + 62 = 212\text{Pa}$

4.5 各防护单元设计参数及主要计算如下：

防护单元编号	防护单元一	防护单元二	防护单元三	防护单元四
防护单元清洁区面积(防护面积)	3875.7	1711.2	1929.3	1896.4
建筑层高	3.6	3.6	3.6	3.6
战时工程内人员数量 n	5.0	500.0	1000.0	1000.0
清洁区容积 V_0 (m ³)	13952.3	6160.1	6945.6	6826.9
最小防毒通道面积 S (m ²)	0	3.78	6.67	7.82
最小防毒通道体积 V (m ³)	0.0	13.6	24.0	28.2
清洁新风量标准 q1	1.1	10.2	5.2	5.2
清洁设计新风量 $L1=q1 \times n$	15347.6	5100.0	5200.0	5200.0
清洁设计排风量 $Lp=L1-0.04 \times V0$	0.0	4853.6	4922.2	4926.9
滤毒新风量标准 q2	0.0	3.2	2.4	2.4
滤毒设计新风量 LR	0.0	1600.0	2400.0	2400.0
滤毒设计新风量 LH	0.0	1111.6	1446.7	1604.0
隔绝防护前二氧化碳初始体积浓度 (C ₀) %	0.4	0.20	0.4	0.4

隔绝防护时间 t (h) 校核计算 $t=1000 \cdot V_0 \cdot (C-C_0) / (n \cdot C_1)$, 上式中: $C_1=20[L / (p \cdot h)]$ -掩蔽 人员每人每小时呼出的二氧化碳 量: C =二氧化碳容许体积浓度;	2930.0	11.1	7.3	7.2
滤毒通风时最小防毒通道可用超 压排风量 $L_c=L_2-0.07 \cdot V_0(m^3/h)$	0.0	1168.8	1913.8	1922.1
滤毒通风时最小防毒通道通风换 气次数 (次/时)	0.0	85.9	79.7	68.3
滤毒室面积	0.0	25.9	42.8	30.1
滤毒室体积	0.0	93.1	153.9	108.5
滤毒室换气次数 (次/时)	0.0	17.2	15.6	22.1
油网滤尘器个数	12.8	4.3	4.3	4.3
超压排气活门个数	0.0	1.5	2.4	2.4

五、柴油发电站通风设计计算

本工程设移动电站，内设有 1 台 120KW 的发电机组。柴油发电机房采用风冷却降温的方案，机房的设计排风温度为 35℃。

1. 发电机房热量计算

(1) 柴油机的散热量计算:

$$Q_1 = \eta_1 q_{NeB} / 3600 = 4\% \times 41870 \times 132 \times 0.23 \div 3600 = 14.1 \text{ KW}$$

(2) 发电机的散热量计算:

$$Q_2 = P(1 - \eta_2) / \eta_2 = 120 \times (1 - 0.90) / 0.90 = 13.3 \text{ (KW)}$$

3) 排烟管向周围空气的散热量:

$$Q_3 = L q_e = 6.3 \times 267.25 \times 10^{-3} = 1.7 \text{ (KW)}$$

$$q_e = \frac{\pi(t_y - t_n)}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\alpha D}} = \frac{3.14 \times (400 - 35)}{\frac{1}{2 \times 0.05} \ln \frac{0.475}{0.315} + \frac{1}{11.63 \times 0.475}} = 267.25 \text{ (W / m)}$$

式中 Q_3 ——柴油发电机排烟管的散热量(KW);

L ——柴油发电机排烟管在机房内架空敷设的长(m);

q_e ——柴油发电机排烟管单位长度散热量(W/m);

t_y ——柴油发电机排烟管内的烟气计算温度($^{\circ}\text{C}$), 可取 $t_y=400-300^{\circ}\text{C}$;

t_n ——柴油发电机排烟管周围空气温度, 即机房内温度($^{\circ}\text{C}$);

λ ——柴油发电机排烟管保温材料导热系数 ($\text{KW}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$);

D ——柴油发电机排烟管保温层外径(m);

d ——柴油发电机排烟管外径(m);

α ——柴油发电机排烟管保温层外表面向周围空气的放热系数 ($\text{KW}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$), 对架空敷设于机房内的排烟管, 可取 $\alpha=11.63 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

(3) 柴油发电站总负荷:

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3=14.1+13.3+1.7=29.1 \text{ (KW)}$$

2. 柴油机燃烧空气量

$$L_r=7 \times 132=924 \text{ m}^3/\text{h}$$

式中 L_r ——柴油机燃烧空气量 (m^3/h);

N_e ——柴油机额定功率 (KW);

7 ——燃烧空气量 ($\text{m}^3/(\text{KW/h})$)。

3. 电站进风量计算

按消除余热计算电站进风量:

$$L_j = \frac{3600 \sum Q_{yu}}{c_p \rho (t_n - t_w)} = \frac{3600 \times 29.1}{1.01 \times 1.161 \times (35 - 30.9)} = 21790.0 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

式中 $\sum Q_{yu}$ ——电站的余热量 (KW);

t_w ——夏季通风计算温度 ($^{\circ}\text{C}$);

c ——空气比热容 ($1.01 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$);

ρ ——空气密度 (kg/m^3)。

4. 发电机组机头散热风扇的风量计算

根据样本选型柴油机组 kv150 的机头排风量 $156 \text{ m}^3/\text{min}$, 等于 $9360 \text{ m}^3/\text{h}$; 储油间体积为: 76.3 m^3 , 换气次数按 6 次/h 算。排风量为 $458 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

故总送风量为: $Q=9360+458+924=10742 \text{ m}^3/\text{h}$

综上, 电站进风量为 $21790.0 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

5. 电站排风量计算

$L_q=L_j-L_r=22790.0-924=20866 \text{ m}^3/\text{h}$, 由于柴油电站内应保持微负压, 故调整排风量为

$20866 \times 1.1 = 22953 \text{ m}^3/\text{h}$, 满足最小排风量的要求。

6.设备选型

根据计算所得风量,扩散式防爆悬板活门选用 HK800 各两樘,额定通风量为 $14500 \text{ m}^3/\text{h}$, 满足风量要求。

进风机选型: 混流风机 PYHL-14A 型, No.8A $P=451\text{Pa}$, $Q=24436 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

排风机选型: 混流风机 PYHL-14A 型, No.8 A $P=451\text{Pa}$, $Q=24436 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

六、毒剂报警器探头位置计算

一等人员掩蔽部探头位置计算:

毒剂报警器的探头到进风防爆波活门的距离, 应满足:

$$L \geq (5 + \tau) \cdot V_a$$

式中: L —探头到防爆波活门的距离, m ;

τ —电动密闭阀门自动关闭所需的时间, s ;

V_a —清洁式通风时穿廊内的平均风速, 或竖井风道的平均风速, m/s 。

其中, $V_a = 5100/3600 / (4.8 \times 3.6) = 0.09 \text{ m/s}$,

所以 $(5+1.2) \cdot 0.09 = 0.558 \text{ m}$, 探头到防爆波活门的距离需大于 0.558 m 。