

某型矿用防爆柴油机冷却系统的匹配计算

周开平

(中国煤炭科工集团太原研究院, 山西 太原 030006)

摘 要: 对某型矿用防爆柴油机的冷却系统及其关键零部件进行了匹配计算, 并通过温升试验对防爆柴油机冷却系统进行验证。试验结果表明: 匹配计算与试验结果较吻合; 该冷却系统达到防爆要求; 保证了防爆柴油机在最适宜的温度范围内工作; 提高了防爆柴油机的工作可靠性。
关键词: 防爆柴油机; 冷却系统; 匹配计算; 试验
中图分类号: TK424.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2012)05-0033-03

Matching Calculation of the Cooling System for One Type of Mining Explosion-proof Diesel Engine

Zhou Kaiping

(Taiyuan Institute of China Coal Technology and Engineering Group, Shanxi Taiyuan 030006)

Abstract: Matching calculation of the cooling system for one type of mining explosion-proof diesel engine and its key components were carried out, and the explosion-proof diesel engine's cooling system was verified by temperature rise test. Test results show that the matching calculation results coincided well with the test results, the cooling system reached the explosion-proof requirements, explosion-proof diesel engine was guaranteed to work under suitable temperature, and the reliability of the engine was enhanced.
Keywords: explosion-proof diesel engine; cooling system; matching calculation; temperature rise test

0 引 言

冷却系统作为防爆柴油机的重要组成部分, 对整机的动力性、经济性、可靠性和耐久性有重要意义。防爆柴油机冷却系统在设计时, 既要保证自身正常运行的冷却需求外, 又要保证发动机排气系统等部位的可靠冷却, 从而达到对防爆柴油机表面温度和排气温度的有效控制, 满足煤矿井下防爆柴油机的防爆要求, 保证发动机在最适宜的温度范围内工作。

1 防爆柴油机冷却系统的设计

防爆柴油机冷却系统主要由发动机本体水套、水冷散热器、进排气歧管、冷却风扇、水泵、连接橡胶水管及节温器等组成。本文在设计防爆柴油机

冷却系统时, 充分考虑了柴油机本体和排气系统的冷却, 使两部分的冷却都达到理想效果。防爆柴油机冷却系统分成两路: 一路是当温度低于 79 ℃ 时, 冷却液进行内部循环, 不到散热器; 另一路是经过水散热器进入曲轴箱, 然后进入缸盖, 之后进入水泵进水口。当冷却液回水温度高于 79 ℃ 时, 第一个节温阀开始打开, 冷却液一部分进入水散热器; 当温度达到 87 ℃ 时, 第二个节温阀开始打开; 温度达到 95 ℃ 时, 第一个节温阀全部打开; 当温度达到 105 ℃ 时, 第二个节温器全部打开。

2 防爆柴油机冷却系统的匹配计算

2.1 防爆柴油机冷却系统设计常用参数
防爆柴油机冷却系统设计常用参数见表 1。

表 1 防爆柴油机冷却系统设计常用参数	
防爆柴油机功率/kW	65
燃料低热值/(kJ·kg ⁻¹)	42 500
最大燃料消耗率/(kg·(kW·h) ⁻¹)	0.25
水的比重/(kg·m ⁻³)	1 000
冷却水定压比热容/ kJ·(kg·K) ⁻¹	4.187
水-乙二醇运动粘度/(m ² ·s ⁻¹)	5×10 ⁵

2.2 散热器应带走的散热量

散热器应带走的柴油机本体散热量 Q_w 为：

$$Q_w = \eta g_e N_e H_u / 3\,600 = 0.20 \times 0.25 \times 65 \times 42\,500 / 3\,600 = 38.4\text{ kW}$$
 (1)

式中： η 为冷却系统由防爆柴油机本体传来的热量占燃料燃烧能量的百分比，对防爆柴油机 $\eta = 0.18 \sim 0.25$ ，在此可取 0.20； g_e 为防爆柴油机燃料消耗率，取 $0.25\text{ (kg·(kW·h)}^{-1})$ ； N_e 为防爆柴油机功率，取 65 kW； H_u 为燃料低热值，在此取 $42\,500\text{ (kJ·kg}^{-1})$ 。

由于煤矿井下对防爆柴油机的特殊性要求，防爆柴油机的排气系统采用了水冷式排气循环系统，根据经验：排气系统的水循环系统所带走的热量一般为总热量的 25% ~ 45%，考虑到井下的特殊性，本柴油机取 45%，即排气系统的水循环系统所带走的热量为柴油机本体的 0.818 倍。因此，散热器应带走的排气系统散热量 Q_p 为：

$$Q_p = 0.818 Q_w = 29.6\text{ kW}$$

所以散热器应带走的总热量：

$$Q = Q_w + Q_p = 65.9\text{ kW}$$

考虑到防爆柴油机实际运行工况，防爆柴油机的扭矩储备系数通常为 1.1 ~ 1.3，本文取 1.1，因此防爆柴油机冷却系统的散热总热量为 $65.9 \times (1 + 10\%) = 72\text{ kW}$ 。

根据防爆柴油机对材料的要求，以及工作时的环境、工况，选用铜管铜片式散热器。考虑防爆柴油机在无轨运输车辆的安装空间及维护方便等因素，经计算后选型的散热器外型尺寸为长 700 mm，宽 560 mm，散热面积 17 m^2 。

3 防爆柴油机冷却系统关键零部件的选择和匹配计算

3.1 水泵的技术参数设计

由散入冷却系统中的热量可以计算出单位时间内所需冷却水的量：

$$V = Q_w / (\Delta t \gamma_w c_w) = 65.9 / (9 \times 1\,000 \times 4.187) = 0.002\text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) = 120\text{ (L} \cdot \text{min}^{-1})$$
 (2)

式中： Δt 为冷却水在防爆柴油机中循环时的容许

温升，对强制循环水冷系统， $\Delta t = 6 \sim 12\text{ }^\circ\text{C}$ ，本文取 $9\text{ }^\circ\text{C}$ ； γ_w 为水的比重，取 $\gamma_w = 1\,000\text{ (kg} \cdot \text{m}^{-3})$ ； c_w 为水的比热，取 $c_w = 4.187\text{ (kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{K})^{-1})$ 。

水泵的容积效率一般为 $0.6 \sim 0.85$ ，在此取 0.75，则水泵流量应为： $V = 120 / 0.75 = 160\text{ (L} \cdot \text{min}^{-1})$ ，选取流量为 $160 \cdot (\text{L} \cdot \text{min}^{-1})$ （发动机转速 $2\,200 \cdot (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$ ）的水泵。

水泵的泵水压力应当保证足以克服防爆柴油机冷却系统中所有的流动阻力，并使冷却水循环有必要的流动速度。考虑系统管路中的液体阻力、散热器阻力、水套阻力等，根据经验确定水泵泵水压力 $P = 1.5 \times 10^5\text{ Pa}$ 。

3.2 风扇的技术参数设计

中、重型卡车柴油发动机一般都采用塑料材质的风扇，具有质量轻、环保等优点，但由于煤矿井下特殊环境对安全性的要求，防暴发动机采用钢制铆接风扇。

单位时间内所需冷却空气的量：

$$V_a = Q_w / (\Delta t_a \gamma_a c_a) = 65.9 / (15 \times 1.01 \times 1.047) = 4.15\text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$
 (3)

式中： Δt_a 为空气进入散热器前与通过散热器后的温差，取 Δt_a 为 $15\text{ }^\circ\text{C}$ ； γ_a 为空气的比重，可近似取 $\gamma_a = 1.01\text{ (kg} \cdot \text{m}^{-3})$ ； c_a 为空气的比热，可近似取 $c_a = 1.047\text{ (kJ} \cdot (\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C})^{-1})$ ； Q_w 为冷却水带走的热量， $(\text{kJ} \cdot \text{s}^{-1})$ 。

该防爆柴油机标定功率下转速为 $2\,200\text{ (r} \cdot \text{min}^{-1})$ ，此工况下发动机发热量最大。根据散热器高度，尽量增大风扇外径，以使其尽可能大的覆盖散热器芯部面积。选取直径 508 mm 的 6 叶风扇，风量 $5\text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$ ，静压 $1\,000\text{ Pa}$ 。

4 防爆柴油机冷却系统的温升试验

根据以上设计制作散热器，选取风扇、水泵等重要零部件后，对防爆柴油机冷却系统进行温升试验。经过 1 h 温升试验，防爆柴油机冷却水温及各表面温度数据如表 2。

表 2 防爆柴油机温升试验数据

转速 /(r·min ⁻¹)	扭矩 /(N·m)	功率 /kW	排温 /℃	水温 /℃	排气口 /℃	排气管 /℃
2 200	259	59	292	87.5	90	68
2 200	259	59	292	87.6	102	78
2 200	259	59	296	88	103	82
2 200	259	59	296	88.6	112	86
2 200	259	59	295	88.6	112	85
2 200	259	59	294	88.8	111	82

(续表)

转速 /(r·min ⁻¹)	扭矩 /(N·m)	功率 /kW	排温 /℃	水温 /℃	排气口 /℃	排气管 /℃
2 200	259	59	294	90.3	112	88
2 200	259	59	295	90.4	112	83
2 200	259	59	294	90.4	113	81
2 200	259	59	296	90.8	113	76
2 200	259	59	298	90.8	109	83

以上试验表明：该型防爆柴油机在温升试验过程中各处表面温度均低于 150 ℃，且在防爆柴油机充分预热后温度稳定，运行可靠，满足了 MT990-2006《矿用防爆柴油机通用技术条件》中温度的要求。

5 结论

综上所述，本矿用防爆柴油机冷却系统匹配计算有以下几个特点：

(1) 本防爆柴油机冷却系统匹配计算结果与实际热平衡试验结果基本吻合，所匹配的散热器和风

扇工作正常，所以该匹配计算可用于其他防爆柴油机的冷却系统设计。

(2) 根据防爆柴油机对表面温度的要求及特点，在原机冷却的基础上，采用单独的散热器、水泵对排气系统进行冷却，减少了防爆柴油机的预热时间，降低了燃油消耗，增加了防爆柴油机工作的可靠性，完全满足防爆柴油机的防爆要求。

(3) 防爆柴油机温升试验表明，设计匹配的排气冷却系统能充分满足矿用防爆柴油机对温度的要求，达到了防爆要求。

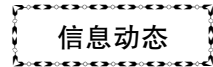
参考文献

[1] 王望予. 汽车设计[M]. 北京:机械工业出版社,2004.

[2] 杨小松. 汽车冷却系统匹配性探讨[J]. 汽车研究与开发,1999(2):24-26.

[3] 刘成峰. ZL50 装载机冷气系统的设计[D]. 山东:山东农业大学,2006.

[4] MT990-2006,矿用防爆柴油机通用技术条件[S]. 2006.



埃克森美孚的可变硫含量润滑油

埃克森美孚公司(ExxonMobile Marine)发布了低速柴油机用 Mobilgard 560 VS 润滑油，据称这种先进的可变硫含量气缸油具有杰出的性能和发动机磨损保护作用。

该公司表示，新的润滑油经过了大量的实验室和应用试验，并且已经通过了 MAN Diesel & Turbo 公司、瓦锡兰和三菱重工的严格测试，可用于目前燃用各种重油的二冲程船用柴油机。

燃料硫含量从小于 1% 到接近 4% 之间的现场试验表明，60BN Mobilgard 560 VS 能始终保持活塞洁净，即使以与美孚高性能 70BN 气缸油相同的低供给率运行时也一样。此外，对在苛刻条件下运行的船舶，如低速航行或者供给率低至 0.45 (g·(kW·h)⁻¹) 的超低速航行的试验表明，Mobilgard 560 VS 仍可最大限度地减少刮伤和磨损。

“随着北美沿岸水域于 2012 年 8 月成为地区执行 1.0% 硫的最新排放控制区(ECA)，Mobilgard 560 VS 能使船舶业主和经营者在从使用传统燃料的深海转向要求使用低硫燃料的沿海区域 ECA 时能方便地使用同样的气缸润滑油，”埃克森美孚公司地区营销经理伊恩·怀特先生说。

在各种现场试验中，许多公司使用 Mobilgard 560 VS，结合 Mobilgard 气缸工况监测程序，按照 MAN 公司原始设备制造商推荐等级以下近 25% 的气缸油供给率运行，磨损率极低。

Mobilgard 560 VS 将于 2012 年早些时候由世界各主要供货点供应，它将取代埃克森美孚目前的 Mobilgard 570 气缸油。

(思帆 编译)