

7800 车汽车运输船冷却水系统增压泵的选型

叶财增 张震
(扬帆集团股份有限公司 浙江 舟山 316100)

摘要: 7800 车汽车运输船冷却水系统低温冷却水泵布置机舱下平台 (4 甲板), 而居住区域的水冷中央空调、厨房和医务室空调以及 RO-RO 泵站布置在 13 甲板, 低温冷却水泵的压力不能满足需求, 则系统设冷却水增压泵以满足设备对冷却水进机压力的要求。
关键词: 阻力; 摩擦阻力; 增压泵; 流量

1 概述

7800 车汽车运输船冷却水系统增压泵的选型扬帆集团股份有限公司自主研发的 7800 车汽车运输船, 总长约 199.9m, 垂线间长 187.25m, 型宽 36.45m, 主甲板高度 15.335m, 上甲板高度 34.275m, 设 12 层汽车甲板用于装载汽车。
船上设中央冷却水系统, 系统由 2 台中央淡水冷却器、3 台海水冷却泵 (2 台工作, 1 台备用)、3 台低温冷却水淡水泵 (2 台工作, 1 台备用)、2 台冷却水增压泵 (1 台工作, 1 台备用)、1 台主机润滑油冷却器、1 台主机缸套水冷却器、2 个三通温控阀 (1 个温度设定: 10℃, 1 个温度设定值: 36℃) 以及柴油发电机组、空压机、中央空调机组等设备组成。
2 设备的布置位置
需要水冷却的设备大部分布置在机舱内, 如中央淡水

冷却器 (机舱下平台, 距基线高度: 7.065m)、海水冷却泵 (机舱底层)、低温冷却水泵 (机舱下平台, 距基线高度: 7.065m)、主机润滑油冷却器、主机缸套水冷却器、空压机等; 中央空调机组、厨房空调、医务室空调及 RO-RO 设备泵站布置在 13 甲板 (距基线高度: 34.275m)。
3 系统原理图
7800 车汽车运输船冷却水简要系统原理图如下:
4 增压泵的由来
船舶冷却水系统中水冷设备的冷却水进机压力要求一般在 0.18 ~ 0.3MPa 之间, 所以系统中低温冷却水泵的压力选取一般在 0.25 ~ 0.35MPa 之间。7800 汽车运输船低温冷却泵的参数: 380m³/h, 0.3MPa, 数量: 3 台 / 船, 2 台工作 1 台备用。低温冷却水泵的压力能满足机舱内大部分水冷设备对冷却水进机压力的要求, 淡水船上的中央空调机组、

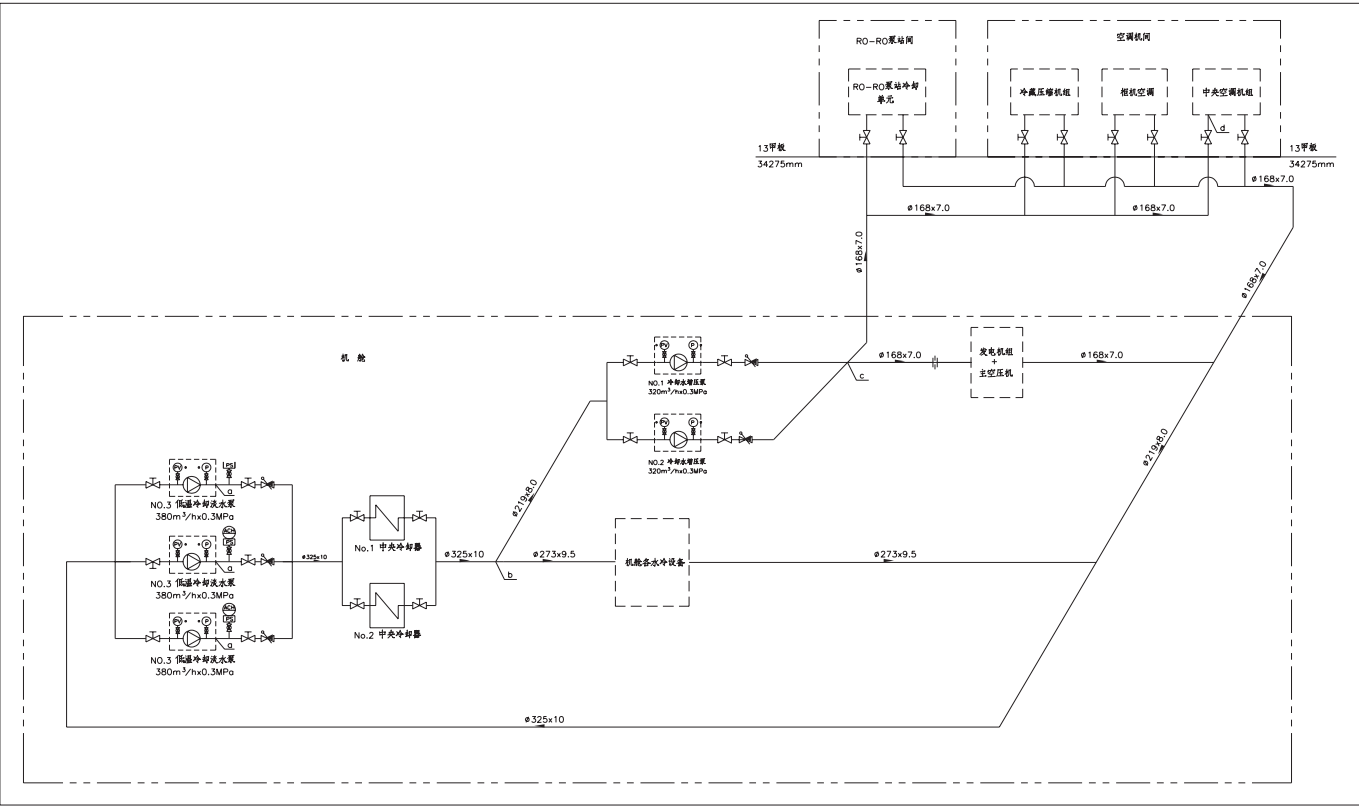


图 冷却水简要系统原理图

厨房空调、医务室空调及 RO-RO 设备泵站布置在 13 甲板与低温冷却水泵的高度差 27.21m，换算成管子阻力大约：0.27MPa。低温冷却水泵的压力不能满足设备的要求。所以冷却水系统需要设增压泵。

5 增压泵的选型

5.1 增压泵的流量选型

根据系统设计增压泵服务于发电机组、主空压机、上建空调及 RO-RO 泵站单元，其流量需要满足最大工况下冷却设备对水量的要求。其中，发电机组 3 台 / 船，每台所需冷却水流量为 45m³/h；主空压机组 2 台 / 船，每台所需冷却水流量为 3.4245m³/h；厨房柜机空调 1 台 / 船，每台所需冷却水流量为 6.3m³/h；医务室柜机空调 1 台 / 船，每台所需冷却水流量为 5.0m³/h；中央空调压缩机组 2 台 / 船，每台所需冷却水流量为 58m³/h；冷藏压缩机组 2 台 / 船，每台所需冷却水流量为 8.4m³/h；RO-RO 泵站冷却器 1 台 / 船，每台所需冷却水流量为 4m³/h。因此，增压泵的流量按上述设备最大工况同时运转的计算流量总和为：

$$Q_z = Q_1 + \dots + Q_n = 3 \times 45 + 2 \times 3.42 + 6.3 + 2 \times 58 + 2 \times 8.4 + 4 = 289.94(m^3/h)$$

增压泵选取的流量在理论流量的基础上预留大约 10% 的余量，最终取值：320m³/h。

5.2 增压泵压头的选取

管子总阻力 = 各直管段摩擦阻力之和 + 所有附件的局部阻力之和 + 垂直高度差阻力

(1) 低温冷却水泵出口至最高处 13 甲板中央空调机组：直管段摩擦阻力：

$$P_1 = 0.5\lambda \times \frac{l}{d_i} \times V^2 \times \rho$$

式中 p1 ---- 直管摩擦阻力 (Pa) ；
λ ---- 管子摩擦阻力系数；
l—管段长度 (m) ；
d_i—管子内径 (m) ；
V—管内流体流速 (m/s) ；
g—重力加速度 (9.81m/s²) ；
ρ—密度 (kg/m³) 。
各直管段阻力如表 1

表 1 各直管段阻力参数表

管段序号	管子内径 (m)	管子长度 (m)	管中流量 (m³/h)	管中流速 (m/s)	雷诺数 Re	摩擦系数?	管段阻力 Pa
a-b	0.305	15	760	2.89	1241890.3	0.015	3082.7
b-c	0.203	35	281.52	2.43	691166.5	0.017	8564.1
c-d	0.154	170	159.5	2.38	516189.8	0.02	62520.5

各直管段摩擦阻力之和：
P1=3082.7+8454.1+62520.5=74167.3(Pa)≈0.074 (MPa)

(2) 管子附件局部阻力
管子附件的局部阻力计算

$$P_2 = 0.5\zeta \times V^2 \times \rho = \zeta \times \frac{V^2}{2g}$$

式中：p ---- 直管摩擦阻力 (Pa) ；
ζ ---- 局部阻力系数；
g—重力加速度 (9.81m/s²) ；
ρ—密度 (kg/m³) ；
V—流体流速 (m/s) ；
各管段中局部阻力如表 2 所示：

表 2 各管段中局部阻力参数表

管段序号	流速 (m/s)	局部阻力系数				管段局部阻力 (Pa)
		局部阻力名称	数量	单个 ζ	Σ ζ	
a-b	2.89	1D-30° 弯头	2	0.12	5.16	21556.8
		1D-90° 弯头	4	0.55		
		蝶阀	3	0.24		
		止回阀	1	2.00		
b-c	2.42	1D-30° 弯头	1	0.12	4.32	12661.5
		1D-60° 弯头	5	0.18		
		1D-90° 弯头	3	0.22		
		3 通	1	0.15		
		蝶阀	2	0.24		
c-d	2.38	止回阀	1	2.00	2.17	6151.5
		2D-30° 弯头	3	0.08		
		2D-60° 弯头	5	0.12		
		2D-90° 弯头	8	0.14		
		3 通	3	0.15		
		蝶阀	1	0.24		

各段管子附件摩擦阻力之和：
 $P_2 = 21556.8 + 12661.5 + 6151.5 = 40369.8(Pa) \approx 0.04(MPa)$
(3) 低温冷却水泵至 13 甲板中央空调的高度差
 $P_h = 34.275 - 7.065 = 27.71(m) \approx 0.27(MPa)$
(4) 管子总阻力
 $P_z = P_1 + P_2 + P_h = 0.074 + 0.04 + 0.27 = 0.384MPa$
(5) 增压泵压力的选取

根据预估计算得到的管子总阻力：0.384MPa，低温冷却水泵的压力：0.30MPa，以及中央空调冷却水进机压力要求：0.18MPa，增压泵的压力选取：0.3MPa。

6 结语

综上，针对扬帆集团股份有限公司自主研发的 7800 车汽车运输船冷却水系统增压泵的选型，确定为立式离心泵，流量为 320m³/h，压力为 0.3MPa。

参考文献：

[1] 中国船舶工业总公司 . 船舶设计使用手册 (轮机分册)[S]. 北京：国防工业出版社 ,2013.