

文章编号: 1671-6612 (2019) 05-486-08

两台供暖水泵并联选型引发的思考

焦宏照

(郑州大学综合设计研究院有限公司 郑州 450002)

【摘要】 在规范中,严寒和寒冷地区换热器选择时,有保障换热量的要求,但供暖水泵如何选取没有明确,首先进行理论分析,再通过分类实例选型,按照50%系统流量选取水泵,寒冷地区故障时满足率90%以上,严寒地区故障时满足率60%左右。建议选择水泵时,按照50%系统流量选取循环水泵,然后进行复核;当计算数据不足时,建议按照50%系统流量选取循环水泵,寒冷地区富裕系数取1.15~1.2,严寒地区富裕系数取1.2~1.3。

【关键词】 保障供热量; 并联; 管路特性曲线; 散热器供暖; 低温地板辐射供暖; 富裕系数; 故障时满足率
中图分类号 TU832 文献标识码 A

Thoughts on Parallel Selection of two Heating Pumps

Jiao Hongzhao

(Zhengzhou university multi-functional design and research academy Co., Ltd, Zhengzhou, 450002)

【Abstract】 In the codes, when choosing heat exchangers in cold and cold areas, there is a requirement to ensure heat transfer, but how to select heating pumps is not clear. This paper carries out theoretical analysis, and then chooses pumps according to 50% system flow through classified examples. The satisfaction rate is more than 90% in severe area and about 60% in cold area. It is suggested that the circulating pump should be selected according to the 50% system flow rate and checked. When the calculation data is insufficient, the circulating pump should be selected according to the 50% system flow rate, the coefficient of affluence in cold areas should be 1.15-1.2, and the coefficient of affluence in cold areas should be 1.2-1.3.

【Keywords】 Security supply; Parallel connection; Pipeline characteristic curve; Radiator heating; Low temperature floor radiant heating; Affluent coefficient; Failure satisfaction rate.

0 引言

根据文献[1]第8.11.3条第3款和第8.11.8条第5款,在选择换热器(或锅炉)时,应满足一台因故障停止使用时,剩余换热器(或锅炉)的设计换热量应满足保障供热量的要求,“寒冷地区不应低于设计供热量的65%,严寒地区不应低于设计供热量的70%。”在条文中也有相应的解释,“考虑到严寒和寒冷地区当供暖严重不足时有可能导致人员的身体健康受到影响或者室内出现冻结的情况,因此依据气象条件分别规定了不同的保证率。”根据文献[2]第8.1.2条及其条文解释,也强调严寒和寒冷

地区的住宅采暖设施是有利于居住者身体健康的最基本居住生活设施,是现代居家生活的重要组成部分。规范多次强调的供暖的重要性,然而供暖循环水泵如何相应选型,规范和相关资料没有明确规定和表述。

1 循环水泵选型

(1) 方法1: 循环水泵的设计流量与换热器的设计流量对应,换热器(或锅炉)按照2台设计,就是单台换热器(或锅炉)是设计供热量为总热量的65%或70%(寒冷地区保障率为65%,严寒地

区保障率为 70%)，单台水泵的设计流量也为总流量的 65%或 70%。相当于水泵流量的富裕系数为 1.3 和 1.4。

(2) 方法 2：循环水泵的设计流量与换热器的设计流量不进行对应，换热器（或锅炉）按照 2 台设计，就是单台换热器（或锅炉）是设计供热量为总热量的 65%或 70%（寒冷地区保障率为 65%，严寒地区保障率为 70%），单台水泵的设计流量按照总流量的 50%。

根据换热器(或锅炉)选型，循环水泵有以上两种方法进行相应选型。那么应该按照那种方法进行选型呢，下面我们分析方法 2 的可行性。根据文献 [3]第 27.1.1 (P621)，对于闭式供暖系统而言：

$$\begin{aligned} \Sigma h &= \left(\Sigma \frac{\lambda}{12ld^5} + \Sigma \frac{\xi}{12ld^4} \right) Q^2 \\ &= (\Sigma S_f + \Sigma S_j) Q^2 = S Q^2 \end{aligned} \quad (1)$$

式中， Σh 为管路水头损失，mH₂O； λ 为沿程阻力损失系数； ξ 为局部阻力损失系数； l 为管路长度，m； d 为管路直径，m； ΣS_f 为管路沿程阻力系数，s²/m⁵，当管材、管长和管径确定后， ΣS_f 为一常数； ΣS_j 为管路局部阻力系数，s²/m⁵，当管径和局部水力损失类型确定后， ΣS_j 为一常数； Q 为管路流量，m³/s。

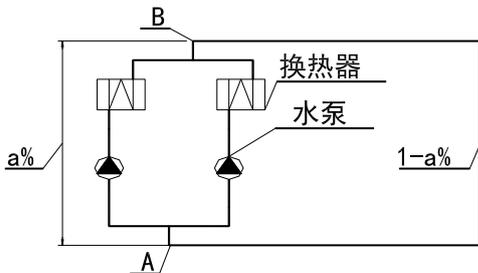


图 1 供暖系统阻力示意图

Fig.1 Resistance Diagram of Heating System

根据以上公式可知，管路的水头损失与流量的平方成正比，可以用一条顶点在原点的二次抛物线表示，该曲线反映了管路水头损失与管路通过流量之间的规律，称为管路特性曲线。如图 1 所示，把供暖系统的阻力分为两部分，A、B 两点机房侧阻力与 A、B 两点负荷侧阻力，A、B 两点机房侧阻力为 $a\%$ ，则 A、B 两点负荷侧阻力为 $1-a\%$ 。在正常使用中，A、B 两点机房侧两台机组的流量均为系统流量的 50%，A、B 两点负荷侧流量为系统流

量的 100%。假设在一台换热机组故障时，供暖系统的温差保持不变（因一台换热机组故障时，室内温度降低，末端散热设备散热能力增大，通常回水温度降低，温差变大，水泵更有利于满足要求。同时在这里我们也不考虑供暖水泵备用的问题），A、B 两点机房侧另一台机组的流量与 A、B 两点负荷侧流量均为系统流量的 $x\%$ （保障率 $x\%$ ，寒冷地区为 65%，严寒地区为 70%）。根据公式 (1)，A、B 两点机房侧阻力为 $\left(\frac{x}{50}\right)^2 \cdot a\%$ ，A、B 两点负荷侧

阻力为 $\left(\frac{x}{100}\right)^2 \cdot (1-a\%)$ ，系统阻力为

$$H_2 = \left[\left(\frac{x}{50}\right)^2 \cdot a\% + \left(\frac{x}{100}\right)^2 \cdot (1-a\%) \right] \times H_1$$

。如图 2 所示，在单台水泵运行时，单台水泵与管路特性曲线相交与“Y”点。保持流量为系统流量的 $x\%$ （即为故障流量），如果此时水泵的扬程大于系统阻力，说明系统流量的 $x\%$ 在“b”线处，则“Y”点在右侧，实际交点的流量大于 $x\%$ ，所以单台水泵可以满足系统要求。反之，保持流量为系统流量的 $x\%$ （即为故障流量），如果此时水泵的扬程小于系统阻力，说明系统流量的 $x\%$ 在“c”线处，则“Y”点在左侧，实际交点的流量小于 $x\%$ ，不能满足要求。

图 2 所示，在单台水泵运行时，单台水泵与管路特性曲线相交与“Y”点。保持流量为系统流量的 $x\%$ （即为故障流量），如果此时水泵的扬程大于系统阻力，说明系统流量的 $x\%$ 在“b”线处，则“Y”点在右侧，实际交点的流量大于 $x\%$ ，所以单台水泵可以满足系统要求。反之，保持流量为系统流量的 $x\%$ （即为故障流量），如果此时水泵的扬程小于系统阻力，说明系统流量的 $x\%$ 在“c”线处，则“Y”点在左侧，实际交点的流量小于 $x\%$ ，不能满足要求。

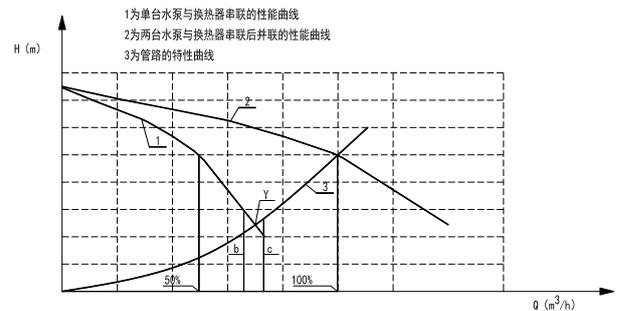


图 2 单台水泵、两台水泵并联性能曲线与管路特性曲线的关系

Fig.2 Relation between Parallel Performance Curve of Single Pump and Two Pumps and Pipeline Characteristic Curve

2 举例统计

现以某居住小区为例，按照单个系统供暖面积分别为 2 万~10 万 m²，水泵扬程 15~30mH₂O，热指标按照 30W/m²，供回水按照 75/50℃（温度散热器供暖系统）和 45/35℃（低温地板辐射供暖系

统)两种情况,以某厂家样本,选择水泵型号,在单台水泵运行时是否可以满足故障时流量和扬程原管路不变的情况下,依据水泵的运行曲线,核对的要求要求。详见表1和表2。

表1 寒冷地区散热器供暖系统校核表

Table 1 Checklist of Radiator Heating System in Cold Areas

系统面积 Wm ²	热负荷 kW	供暖系 统流量 m ³ /h	单台水泵 系统流量 m ³ /h	系统 总阻力 mH ₂ O	A、B 两点机房 侧阻力占系统 的比例 a%	保障 率 x%	故障时系 统阻力 H ₂ mH ₂ O	水泵型号	故障时水 泵流量 m ³ /h	故障流量下 水泵扬程 mH ₂ O	是否 满足
							15				是
							20	4380-40-1			是
2	600	20.64	10.32	15	25	65	11.1	50-1.1kW	13.4	14.4	是
							30	(φ120)			是
							35				是
							15				是
							20	4380-50-1			是
2	600	20.64	10.32	20	25	65	14.8	25-1.5kW	13.4	19.5	是
							30	(φ126)			是
							35				是
							15				是
							20	4380-40-1			是
2	600	20.64	10.32	25	25	65	18.5	50-2.2kW	13.4	24.2	是
							30	(φ150)			是
							35				是
							15				是
							20	4380-50-1			是
2	600	20.64	10.32	30	25	65	22.2	60-4kW	13.4	28.3	是
							30	(φ154)			是
							35				是
							15				是
							20	4380-50-1			是
4	1200	41.28	20.64	15	25	65	11.1	25-2.2kW	26.8	13.4	是
							30	(φ116)			是
							35				是
							15				是
							20	4380-50-2			是
4	1200	41.28	20.64	20	25	65	14.8	50-3kW	26.8	18.2	是
							30	(φ255)			是
							35				是
							15				是
							20	4380-50-1			是
4	1200	41.28	20.64	25	25	65	18.5	50-4kW	26.8	25.5	是
							30	(φ145)			是
							35				是

续表 1 寒冷地区散热器供暖系统校核表

系统面积 Wm ²	热负荷 kW	供暖系统流量 m ³ /h	单台水泵系统流量 m ³ /h	系统总阻力 mH ₂ O	A、B 两点机房侧阻力占系统的比例 α%	保障率 x%	故障时系统阻力 H ₂ mH ₂ O	水泵型号	故障时水泵流量 m ³ /h	故障流量下水泵扬程 mH ₂ O	是否满足	
4	1200	41.28	20.64	30	25	65	15					是
							18.4					是
							20		4380-50-1			是
							22.2		50-5.5kW	26.8	28.3	是
							24.1		(φ150)			是
6	1800	61.92	30.96	15	25	65	35					是
							26.0					是
							9.2					是
							10.1		4380-80-1			是
							11.1		50-3kW	40.2	14.3	是
6	1800	61.92	30.96	20	25	65	12.0					是
							13.0					是
							12.3					是
							13.5		4380-80-2			是
							14.8		50-4kW	40.2	20	是
6	1800	61.92	30.96	25	25	65	16.1					是
							17.3					是
							15.3					是
							16.9		4380-80-1			是
							18.5		50-7.5kW	40.2	26.3	是
6	1800	61.92	30.96	30	25	65	20.1					是
							21.7					是
							18.4					是
							20.3		4380-50-1			是
							22.2		50-5.5kW	40.2	25.2	是
8	2400	82.56	41.28	15	25	65	24.1					是
							26.0					否
							9.2					是
							10.1		4380-80-1			是
							11.1		50-3kW	53.7	13.2	是
8	2400	82.56	41.28	20	25	65	12.0					是
							13.0					是
							12.3					是
							13.5		4380-80-2			是
							14.8		50-4kW	53.7	17.1	是
8	2400	82.56	41.28	25	20	65	16.1					是
							17.3					否
							15.3		4380-80-1			是
							16.9		50-7.5kW	53.7	22.3	是
							18.5		(φ150)			是

续表 1 寒冷地区散热器供暖系统校核表

系统面积 Wm ²	热负荷 kW	供暖系 统流量 m ³ /h	单台水泵 系统流量 m ³ /h	系统 总阻力 mH ₂ O	A、B 两点机房 侧阻力占系统 的比例 a%	保障 率 x%	故障时系 统阻力 H ₂ mH ₂ O	水泵型号	故障时水 泵流量 m ³ /h	故障流量下 水泵扬程 mH ₂ O	是否 满足
8	2400	82.56	41.28	30	30	65	20.1	4380-50-2 00-7.5kW (φ170)	53.7	24.3	是
					35		21.7				是
					15		18.4				是
					20		20.3				是
					25		22.2				是
					30		24.1				是
					35		26.0				否
10	3000	103.2	51.6	15	15	65	9.2	4380-80-1 50-4kW (φ130)	67.1	12.3	是
					20		10.1				是
					25		11.1				是
					30		12.0				是
10	3000	103.2	51.6	20	35	65	13.0	4380-80-1 50-5.5kW (φ145)	67.1	18.6	否
					15		12.3				是
					20		13.5				是
					25		14.8				是
					30		16.1				是
10	3000	103.2	51.6	25	35	65	17.3	4380-80-1 50-7.5kW (φ157)	67.1	24.3	是
					15		15.3				是
					20		16.9				是
					25		18.5				是
					30		20.1				是
10	3000	103.2	51.6	30	20	65	18.4	4380-80-3 30-11kW (φ335)	67.1	28.4	是
					25		20.3				是
					25		22.2				是
					30		24.1				是
							26.0				是

表 2 寒冷地区地板辐射供暖系统校核表

Table 2 Checklist of floor radiant heating system in cold areas

系统面积 Wm ²	热负荷 kW	供暖系 统流量 m ³ /h	单台水泵 系统流量 m ³ /h	系统 总阻力 mH ₂ O	A 和 B 两点机房 侧阻力占系统阻 力的比例 a%	保障 率 x%	故障时系 统阻力 H ₂ mH ₂ O	水泵型号	故障时水 泵流量 m ³ /h	故障流量下 水泵扬程 mH ₂ O	是否 满足
2	600	51.6	25.8	15	15	65	9.2	4380-80-2 50-3kW (φ220)	33.5	14.7	是
					20		10.1				是
					25		11.1				是
					30		12.0				是
					35		13.0				是

续表 2 寒冷地区地板辐射供暖系统校核表

系统面积 Wm ²	热负荷 kW	供暖系 统流量 m ³ /h	单台水泵 系统流量 m ³ /h	系统 总阻力 mH ₂ O	A 和 B 两点机房 侧阻力占系统阻 力的比例 a%	保障 率 x%	故障时系 统阻力 H ₂ mH ₂ O	水泵型号	故障时水 泵流量 m ³ /h	故障流量下 水泵扬程 mH ₂ O	是否 满足
					15		12.3				是
					20		13.5	4380-50-1			是
2	600	51.6	25.8	20	25	65	14.8	50-4kW	33.5	19.6	是
					30		16.1	(φ140)			是
					35		17.3				是
					15		15.3				是
					20		16.9	4380-80-1			是
2	600	51.6	25.8	25	25	65	18.5	50-5.5kW	33.5	24.2	是
					30		20.1	(φ143)			是
					35		21.7				是
					15		18.4				是
					20		20.3	4380-50-1			是
2	600	51.6	25.8	30	25	65	22.2	50-5.5kW	33.5	29.5	是
					30		24.1	(φ157)			是
					35		26.0				是
					15		9.2				是
					20		10.1	4380-80-1			是
4	1200	103.2	51.6	15	25	65	11.1	50-4kW	67.1	12.3	是
					30		12.0	(φ130)			是
					35		13.0				否
					15		12.3				是
					20		13.5	4380-80-1			是
4	1200	103.2	51.6	20	25	65	14.8	50-5.5kW	67.1	18.6	是
					30		16.1	(φ145)			是
					35		17.3				是
					15		15.3				是
					20		16.9	4380-80-1			是
4	1200	103.2	51.6	25	25	65	18.5	50-7.5kW	67.1	24.3	是
					30		20.1	(φ157)			是
					35		21.7				是
					15		18.4				是
					20		20.3	4380-80-3			是
4	1200	103.2	51.6	30	25	65	22.2	30-11kW	67.1	28.4	是
					30		24.1	(φ335)			是
					35		26.0				是
					15		9.2	4380-100-			是
6	1800	154.8	77.4	15	20	65	10.1	150-7.5k	100.6	15.3	是
					25		11.1	W(φ130)			是

续表2 寒冷地区地板辐射供暖系统校核表

系统面积 Wm ²	热负荷 kW	供暖系 统流量 m ³ /h	单台水泵 系统流量 m ³ /h	系统 总阻力 mH ₂ O	A和B 两点机房 侧阻力占系统阻 力的比例 a%	保障 率 x%	故障时系 统阻力 H ₂ mH ₂ O	水泵型号	故障时水 泵流量 m ³ /h	故障流量下 水泵扬程 mH ₂ O	是否 满足
					30		12.0				是
					35		13.0				是
					15		12.3				是
					20		13.5	4380-100-			是
6	1800	154.8	77.4	20	25	65	14.8	150-11k	100.6	20	是
					30		16.1	W(φ145)			是
					35		17.3				是
					15		15.3				是
					20		16.9	4380-80-2			是
6	1800	154.8	77.4	25	25	65	18.5	00-11kW	100.6	26.2	是
					30		20.1	(φ170)			是
					35		21.7				是
					15		18.4				是
					20		20.3	4380-80-2			是
6	1800	154.8	77.4	30	25	65	22.2	00-11kW	100.6	26.2	是
					30		24.1	(φ170)			是
					35		26.0				是
					15		9.2				是
					20		10.1	4380-150-			是
8	2400	206.4	103.2	15	25	65	11.1	250-7.5k	134.2	13.7	是
					30		12.0	W(φ240)			是
					35		13.0				是
					15		12.3				是
					20		13.5	4380-125-			是
8	2400	206.4	103.2	20	25	65	14.8	290-11k	134.2	19.3	是
					30		16.1	W(φ280)			是
					35		17.3				是
					15		15.3				是
					20		16.9	4380-100-			是
8	2400	206.4	103.2	25	25	65	18.5	150-15k	134.2	22.7	是
					30		20.1	W(φ157)			是
					35		21.7				是
					15		18.4				是
					20		20.3	4380-125-			是
8	2400	206.4	103.2	30	25	65	22.2	200-18.5k	134.2	30.7	是
					30		24.1	W(φ180)			是
					35		26.0				是

续表 2 寒冷地区地板辐射供暖系统校核表

系统面积 Wm ²	热负荷 kW	供暖系 统流量 m ³ /h	单台水泵 系统流量 m ³ /h	系统 总阻力 mH ₂ O	A 和 B 两点机房 侧阻力占系统阻 力的比例 a%	保障 率 x%	故障时系 统阻力 H ₂ mH ₂ O	水泵型号	故障时水 泵流量 m ³ /h	故障流量下 水泵扬程 mH ₂ O	是否 满足
					15		9.2				是
					20		10.1	4380-150-			是
10	3000	258	129	15	25	65	11.1	330H-11k	167.7	14.5	是
					30		12.0	W (φ335)			是
					35		13.0				是
					15		12.3				是
					20		13.5	4380-150-			是
10	3000	258	129	20	25	65	14.8	330H-15k	167.7	20.9	是
					30		16.1	W (φ280)			是
					35		17.3				是
					15		15.3				是
					20		16.9	4380-125-			是
10	3000	258	129	25	25	65	18.5	200-15k	167.7	17.2	否
					30		20.1	W (φ180)			否
					35		21.7				否
					15		18.4				是
					20		20.3	4380-125-			是
10	3000	258	129	30	25	65	22.2	200-18.5k	167.7	25.6	是
					30		24.1	W (φ185)			是
					35		26.0				否

采用同样的方法，对严寒地区校核（表格从略）。表 1 为寒冷地区（寒冷地区保障率为 65%）散热器供暖系统，按照 50%系统流量选取循环水泵，在一台换热器故障情况下，单台水泵运行，100 个工况下，96 个工况能够满足故障情况下循环流量的要求，故障时满足率 96%。表 2 为寒冷地区（寒冷地区保障率为 65%）低温地板辐射供暖系统，按照 50%系统流量选取循环水泵，在一台换热器故障情况下，单台水泵运行，100 个工况下，96 个工况能够满足故障情况下循环流量的要求，故障时满足率 96%。严寒地区（严寒地区保障率为 70%）散热器供暖系统，按照 50%系统流量选取循环水泵，在一台换热器故障情况下，单台水泵运行，100 个工况下，64 个工况能够满足故障情况下循环流量的要求，故障时满足率 64%。严寒地区（严寒地区保障率为 70%）低温地板辐射供暖系统，按照 50%系统流量选取循环水泵，在一台换热器故障情况

下，单台水泵运行，100 个工况下，58 个工况能够满足故障情况下循环流量的要求。故障时满足率 58%。

3 结论

从以上数据可以总结出：

(1) 寒冷地区，无论是散热器供暖系统还是低温地板辐射供暖系统，按照 50%系统流量选取循环水泵，故障时满足率 90%以上。

(2) 严寒地区，散热器供暖系统和低温地板辐射供暖系统，按照 50%系统流量选取循环水泵，故障时满足率 60%左右。

(3) 建议选择水泵时，按照 50%系统流量选取循环水泵，然后按照图 2 所表示的方法进行复核，如果复核满足要求，则选取该水泵，否则重新选择。

(下转第 496 页)