

空调机、 FAN及BLOWER

5-3. 通过对空调机除湿热管进行预冷减少夏季供冷/再热负荷

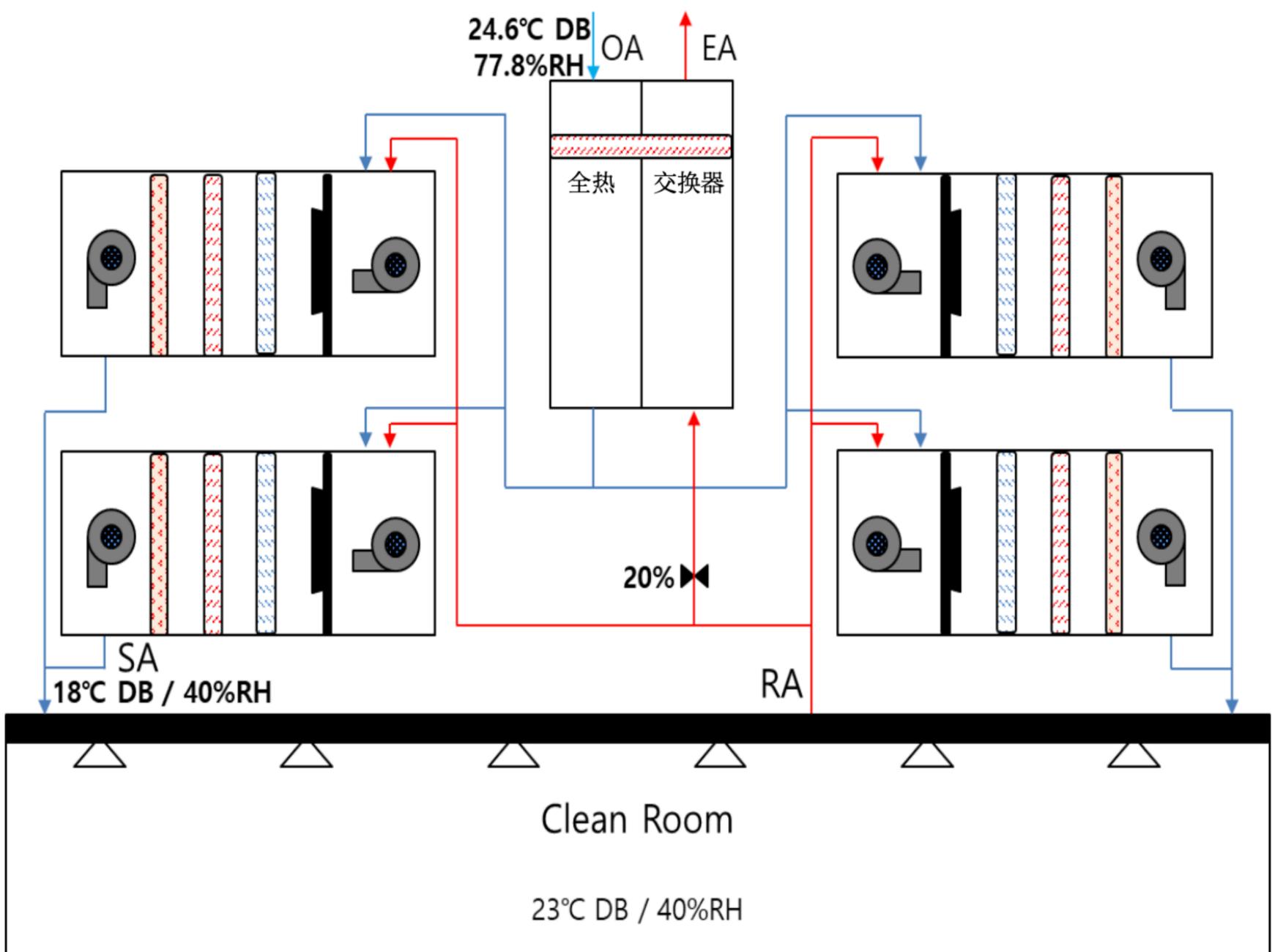
行业	汽车零部件	电气, 电子, 半导体	其他
符合		0	

5-3. 通过对空调机除湿热管进行预冷减少夏季供冷/再热负荷

一、现状及问题

本厂安装运行空调机以维持第一工厂低压及高压喷射器洁净室（clean room）的温度/湿度管理标准，即 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，40%RH。目前，第一工厂洁净室空调机通过安装在外气处理机组（OAC）中的全热交换器，对室内排气（EA）及外气进行预热后，将约 7°C 的外气供给到各空调机。

供冷热源采用冷冻机冷水，供暖热源采用热水，加湿热源采用锅炉蒸汽，特别是在温度/湿度都很高的夏季，当生产对温度/湿度敏感的产品时，为了打造适宜的生产环境，除湿/再热负荷和制冷负荷都增加，因此，供给到空调机的冷冻机消耗功率也随之增加。



[图5-1]洁净室空调机运行系统图

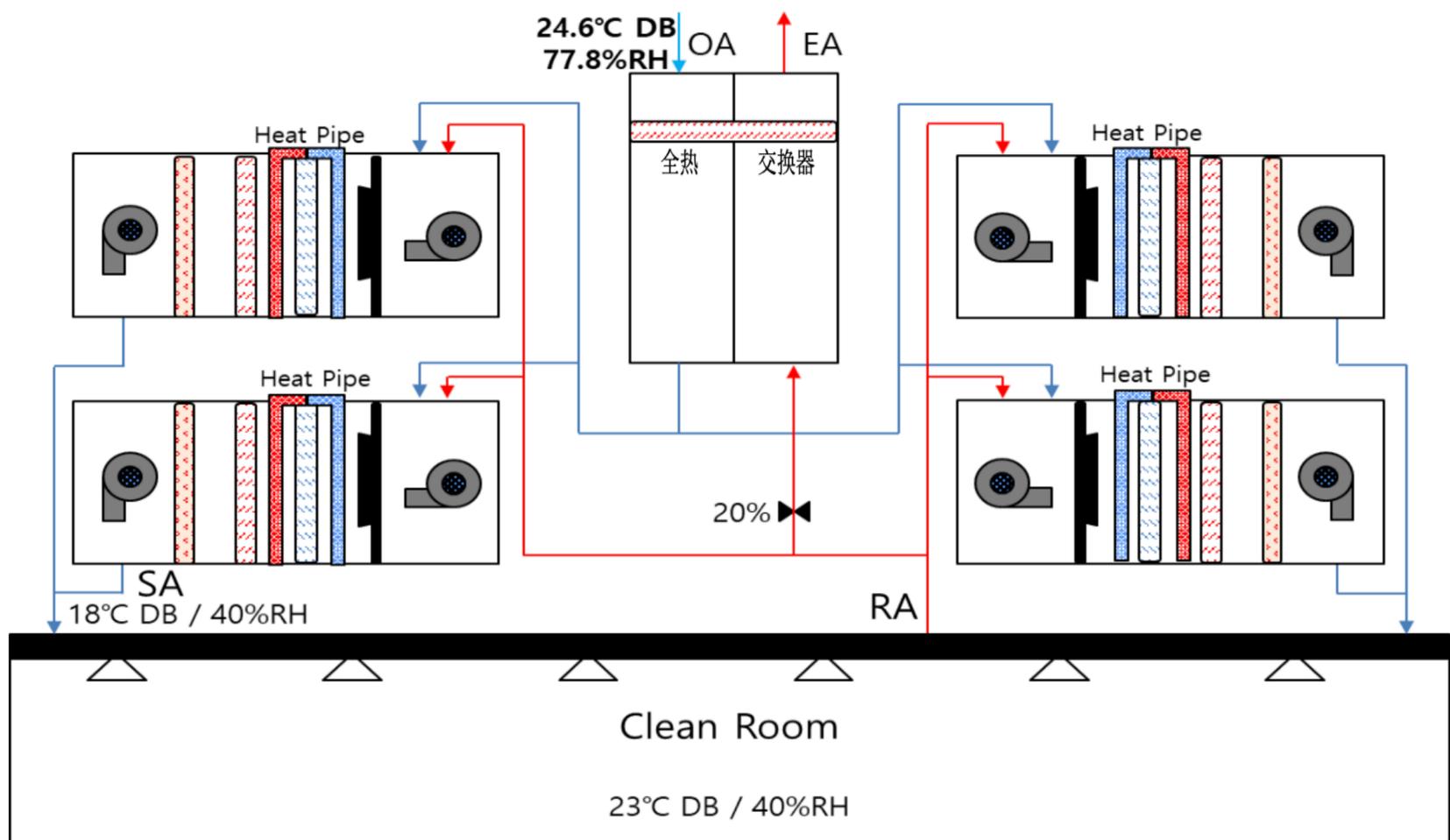
5-3. 通过对空调机除湿热管进行预冷减少夏季供冷/再热负荷

[表5-1]恒温恒湿空调机运行现状

分类	供冷能力 (kcal/h)	供暖能力 (kcal/h)	SA 风量 (CMH)	OA风门开度 (%)	OA 风量 (CMH)	管理标准		测量时是否运行		
						温度(°C)	湿度 (%)			
第一工厂	低压喷射器 洁净室	OAC	-	51,600	-	100	41,580	7.0	-	运行
		#1	205,020	77,184	33,498	-	-	23.0	40.0	运行
		#2	320,885	75,882	65,400	-	-	23.0	40.0	运行
		#3	253,650	86,630	40,680	-	-	23.0	40.0	运行
		#4	205,020	77,184	33,498	-	-	23.0	40.0	运行
	高压喷射器 洁净室	OAC	-	-	-	100	28,000	7.0	-	运行
		#1	90,000	102,000	47,000	-	-	23.0	40.0	运行
		#2	90,000	102,000	47,000	-	-	23.0	40.0	运行
		#3	90,000	102,000	47,000	-	-	23.0	40.0	运行

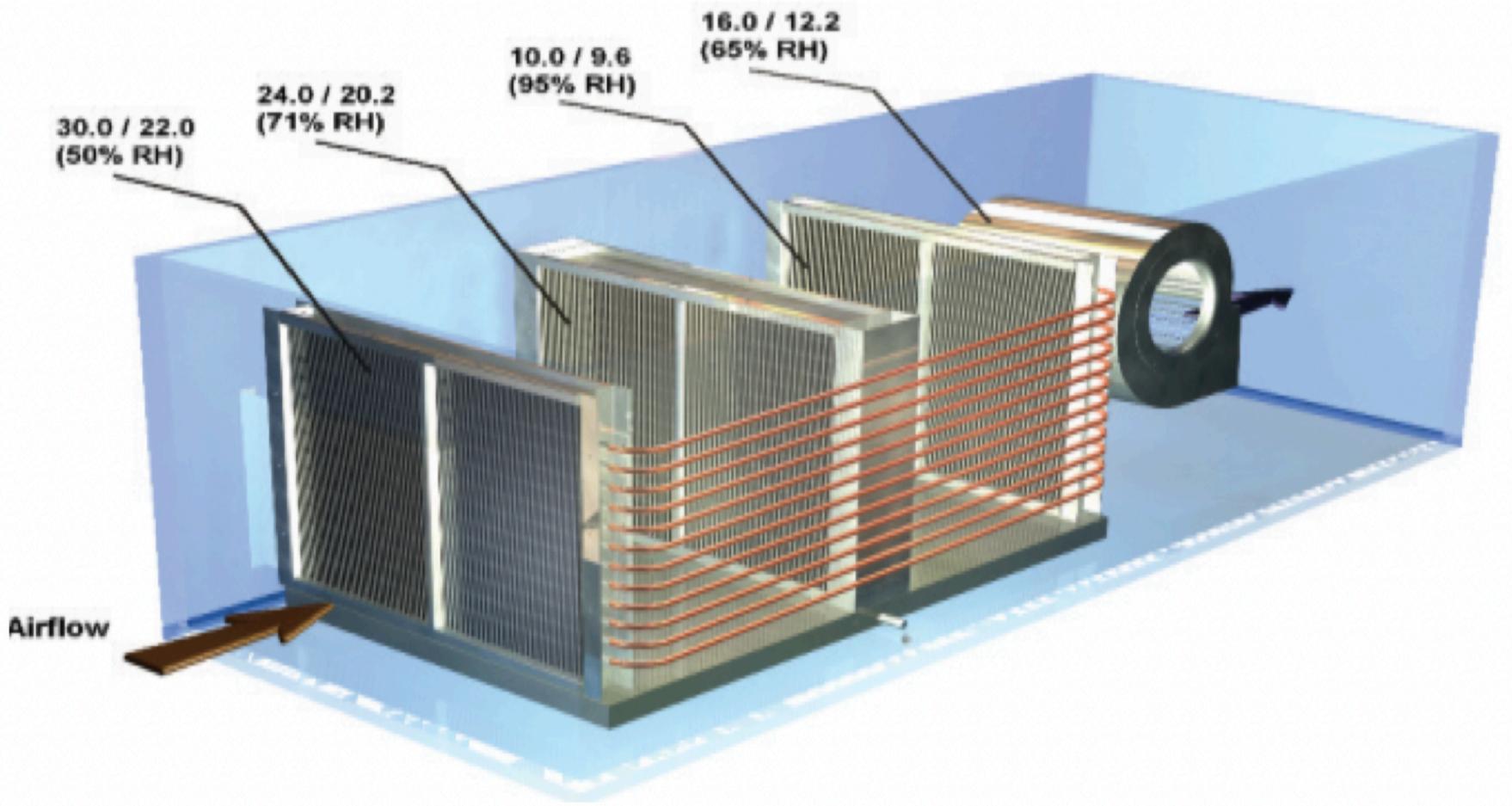
二、改善方案

通过在空调机内部安装除湿热管，夏季对高温混合空气进行预冷并将其用于再热，即可减少除湿负荷及再热负荷。



[图5-2]各空调机安装除湿热管预冷系统的运行系统图

5-3. 通过对空调机除湿热管进行预冷减少夏季供冷/再热负荷



[图5-3]各空调机安装除湿热管预冷系统的运行系统图示例



热管预冷系统安装前



热管预冷系统安装后

(1) 除湿热管运行概念

热管除湿器在吸入空气的预冷部分，通过制冷剂的蒸发来进行预冷，还通过现有的冷水线圈以露点温度（Dew Point）进行除湿，接着在热管再热部分对过冷的空气进行再热。

当采用热管除湿技术时，热管将起到预冷作用，其在用于冷却的现有冷能（供冷能源）中所占的比重为20~30%左右，因此可节约相应的冷能，而再热时，则按照冷能节约量进行相应的再热，可减少80%左右的再热负荷。

5-3. 通过对空调机除湿热管进行预冷减少夏季供冷/再热负荷

(2) 不同空调机的温度/湿度及露点温度计算

因为热管系统只能在供冷期间使用，因此，通过在夏季用热管预冷5个月，减少通常在除湿时负荷较大的供冷线圈的负荷。

夏季的平均温度/湿度分别为24.6°C DB, 77.6%RH, 因此在夏季向空调机供给外气时，其供给的空气湿度高于管理标准湿度。要供给符合管理标准的温度/湿度空气，就需要对夏季高湿度空气进行除湿。

[表5-2]2020年月份平均气温及平均湿度现状 (参考韩国气象厅数据)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均气温 (°C)	-2.4	2.2	8.1	13.5	16.5	22.5	27.7	25.7	22.6	15.6	7.9	0.7
平均湿度 (%)	67	64	72	62	77	78	77	81	75	72	74	65
焓(kcal/kg)	0.659	2.22	4.825	6.804	9.344	13.357	17.403	16.212	13.120	8.493	4.817	1.710

※ 管理标准：23°C DB / 40%RH 焓：9.714[kcal/kg]

※ 6月~9月 夏季 平均 温度/湿度：24.6°C DB / 77.8%RH

[表5-3]不同空调机的温度/湿度及露点温度计算

分类		OA			RA			混合空气		管理标准			
		温度 (°C)	湿度 (%)	采用率 (%)	温度 (°C)	湿度 (%)	风门 (%)	温度 (°C)	湿度 (%)	温度 (°C)	湿度 (%)	露点温度 (°C)	
第一工厂	低压喷射器 洁净室	OAC	24.6	77.8	100	-	-	-	-	-	-	-	-
		#1	24.6	77.8	20	23.0	40	80	23.3	49.2	23.0	40	8.72
		#2	24.6	77.8	20	23.0	40	80	23.3	49.2	23.0	40	8.72
		#3	24.6	77.8	20	23.0	40	80	23.3	49.2	23.0	40	8.72
		#4	24.6	77.8	20	23.0	40	80	23.3	49.2	23.0	40	8.72
	高压喷射器 洁净室	OAC	24.6	77.8	100	-	-	-	-	-	-	-	-
		#1	24.6	77.8	20	23.0	40	100	23.3	49.2	23.0	40	8.72
		#2	24.6	77.8	20	23.0	40	100	23.3	49.2	23.0	40	8.72
		#3	24.6	77.8	20	23.0	40	100	23.3	49.2	23.0	40	8.72

[表5-4]夏季 (6月~9月) 供冷/供暖燃料使用量

分类	6月	7月	8月	9月	合计 (m ³)
供冷/供暖 燃料(LNG)使用量(m ³)	15,591	28,156	16,322	17,306	77,375

5-3. 通过对空调机除湿热管进行预冷减少夏季供冷/再热负荷

[表5-5]不同空调机的再热温度及预冷后温度计算

分类			混合空气 温度(°C)	预冷后 温度(°C)	管理标准		所需SA温度 (°C)	再热温度 (°C)
					温度(°C)	露点温度(°C)		
第一工厂	低压喷射器 洁净室	#1	23.3	18.9	23.0	8.72	18.0	4.4
		#2	23.3	18.9	23.0	8.72	18.0	4.4
		#3	23.3	18.9	23.0	8.72	18.0	4.4
		#4	23.3	18.9	23.0	8.72	18.0	4.4
	高压喷射器 洁净室	#1	23.3	18.9	23.0	8.72	18.0	4.4
		#2	23.3	18.9	23.0	8.72	18.0	4.4
		#3	23.3	18.9	23.0	8.72	18.0	4.4

※ 所需SA温度利用比洁净室管理标准温度低3~5°C左右的温度

※ 预冷后温度 = 混合空气温度 - 再热温度

※ 再热温度 = $\frac{\text{夏季燃料使用量}[\text{m}^3/\text{年}] \times 9,290[\text{kcal}/\text{h}] \times \text{节约率} \times \text{锅炉效率}}{\text{总风量} \times \text{空气比热} \times \text{负荷率} \times \text{运行时间}}$

三、预期效果

能源节约量	节约量 [toe/年]	节约额 [百万韩元/年]	投资费用 [百万韩元]	投资回收期 [年]	温室气体 减排量 [tCO ₂ eq/年]
LNG : 74.02[千m ³ /年] 电能 : 150.66[MWh/年]	110.67	60.7	241.5	3.98	230.16

(1) 利用参数

- 第一工厂对现有的7台空调机采用除湿热管预冷系统
- 采用除湿热管的时间 : 120 (天/年) × 18 (hr/天) = 2,160 (hr/年)
- 电力单价 : 120 (韩元/kWh)
- 燃料 (LNG) 单价 : 575 (韩元/Nm³)
- 空气比热 : 0.24(kcal/kg°C) × 1.293(kg/m³) = 0.31(kcal/m³°C)
- 机房楼涡轮冷冻机利用平均COP 5.0
- 除湿运行负荷率 : 70 (%) → (热管制造商利用70~75%)
- 锅炉效率 : 利用94.2 (%)

5-3. 通过对空调机除湿热管进行预冷减少夏季供冷/再热负荷

[表5-6]不同空调机的节约量计算

分类		风量 (CMH)	预冷温度 (°C)	预冷节约 热量 (Kcal/h)	电能节约量 (kWh)	再热温度 (°C)	再热节约 热量 (Kcal/h)	燃料节约量 (Nm ³ /h)	
第一 工厂	低压 喷射器 洁净室	#1	33,498	4.4	6,398.4	7.44	4.4	33,953	3.65
		#2	65,400	4.4	12,487.2	14.52	4.4	66,289	7.14
		#3	40,680	4.4	7,765.8	9.03	4.4	41,233	4.44
		#4	33,498	4.4	6,398.4	7.44	4.4	33,953	3.65
	高压 喷射器 洁净室	#1	47,000	4.4	8,978.4	10.44	4.4	47,639	5.13
		#2	47,000	4.4	8,978.4	10.44	4.4	47,639	5.13
		#3	47,000	4.4	8,978.4	10.44	4.4	47,639	5.13
节约热量合计		-	-	59,985	69.75	-	318,345	34.27	
				预冷节约热量 + 再热节约热量 = 378,330 (Kcal/h)					

(a) #1号安装热管后，预冷节约热量计算示例：

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{预冷节约热量}[\text{kcal/h}] &= \frac{\text{风量} \times \text{空气比热} \times \text{预冷温度}}{\text{冷冻机COP}} \times \text{负荷率}[\%] \\
 &= \frac{33,498(\text{CMH}) \times 0.31(\text{Kcal/m}^3\text{°C}) \times 4.4(\text{°C})}{5.0 \times 860(\text{kcal/kWh})} \times 0.7(\%) \\
 &= 7.44[\text{kW}] \\
 &= 7.44[\text{kW}] \times 860[\text{kcal/kWh}] \\
 &= 6,398.4[\text{kcal/h}]
 \end{aligned}$$

(b) #1号安装热管后，再热节约热量计算示例：

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{再热节约热量}[\text{kcal/h}] &= \text{风量} \times \text{空气比热} \times \text{再热温度} \times \text{负荷率} \\
 &= 33,498\text{CMH} \times 0.31\text{Kcal/m}^3\text{°C} \times 4.4\text{°C} \times 0.7\% / \text{锅炉效率 } 0.942 \\
 &= 33,953[\text{Kcal/h}]
 \end{aligned}$$

(2) 能源节约量

(a) 预冷时电能节约量

$$\begin{aligned}
 &= \text{电能节约量合计}(\text{kW}) \times \text{夏季4个月运行时间}(\text{h/年}) \\
 &= 69.75(\text{kW}) \times 2,160(\text{h/年}) \\
 &= 150,660(\text{kWh/年}) \\
 &= 150.66(\text{MWh/年}) \times 0.229(\text{toe/MWh}) \rightarrow \text{电力toe换算系数} \\
 &= 34.5[\text{toe/年}]
 \end{aligned}$$

(b) 再热时燃料(LNG)节约量

$$\begin{aligned}
 &= \text{燃料节约量合计}(\text{m}^3/\text{h}) \times \text{夏季4个月运行时间}(\text{h/年}) \\
 &= 34.27(\text{m}^3/\text{h}) \times 2,160(\text{h/年}) \\
 &= 74,023(\text{Nm}^3/\text{年}) \\
 &= 74.02(\text{千Nm}^3/\text{年}) \times 1.029(\text{toe/MWh}) \rightarrow \text{燃料(LNG)toe换算系数} \\
 &= 76.17[\text{toe/年}]
 \end{aligned}$$

5-3. 通过对空调机除湿热管进行预冷减少夏季供冷/再热负荷

(c) 能源节约量合计

$$\begin{aligned} &= \text{预冷时电能节约量 (toe/年)} + \text{再热时燃料节约量 (toe/年)} \\ &= 34.5(\text{toe/年}) + 76.17(\text{toe/年}) \\ &= 110.67[\text{toe/年}] \end{aligned}$$

(3) 年度节约额

(a) 预冷时电能节约额

$$\begin{aligned} &= \text{电能节约量 (kWh/年)} \times \text{电力单价 (韩元/kWh)} \\ &= 150,660(\text{kWh/年}) \times 120(\text{韩元/kWh}) \\ &= 18.1[\text{百万韩元/年}] \end{aligned}$$

(b) 再热时燃料 (LNG) 节约额

$$\begin{aligned} &= \text{燃料节约量 (Nm}^3\text{/年)} \times \text{燃料单价 (韩元/Nm}^3\text{)} \\ &= 74,023(\text{Nm}^3\text{/年}) \times 575(\text{韩元/Nm}^3\text{)} \\ &= 42.6[\text{百万韩元/年}] \end{aligned}$$

(c) 能源节约额合计

$$\begin{aligned} &= \text{预冷时电能节约额 (百万韩元/年)} + \text{再热时燃料节约额 (百万韩元/年)} \\ &= 18.1(\text{百万韩元/年}) + 42.6(\text{百万韩元/年}) \\ &= 60.7[\text{百万韩元/年}] \end{aligned}$$

(4) 投资费用：

- 7台空调机热管安装费用：210 (百万韩元)
- 利用间接费用15%：31.5 (百万韩元)
- 总投资费用：241.5[百万韩元]

(5) 投资回收期

$$\begin{aligned} &= \text{投资费用 (百万韩元)} \div \text{年度节约额 (百万韩元/年)} \\ &= 241.5(\text{百万韩元}) \div 60.7(\text{百万韩元/年}) \\ &= 3.98[\text{年}] \end{aligned}$$

(6) 温室气体减排量

(a) 电能温室气体减排量

$$\begin{aligned} &= \text{电能节约量 (MWh/年)} \times \text{电力部门碳排放系数 (tC/MWh)} \\ &= 150.66(\text{MWh/年}) \times 0.125(\text{tC/MWh}) \\ &= 18.83[\text{tC/年}] \end{aligned}$$

(b) 燃料 (LNG) 温室气体减排量

$$\begin{aligned} &= \text{燃料 (LNG) 节约量 (千m}^3\text{/年)} \times 0.929(\text{toe/千m}^3\text{)} \times 0.639(\text{tC/toe}) \\ &= 74.02(\text{千m}^3\text{/年}) \times 0.929(\text{toe/千m}^3\text{)} \times 0.639(\text{tC/toe}) \\ &= 43.94[\text{tC/年}] \end{aligned}$$

(c) 温室气体减排量合计

$$\begin{aligned} &= \text{碳减排量 (tc/年)} \times (\text{二氧化碳分子量/碳分子量}) \\ &= 62.77(\text{tc/年}) \times (44/12)(\text{CO}_2\text{eq/C}) \\ &= 230.16[\text{tCO}_2\text{eq/年}] \end{aligned}$$