

3 甲醇合成主要设备

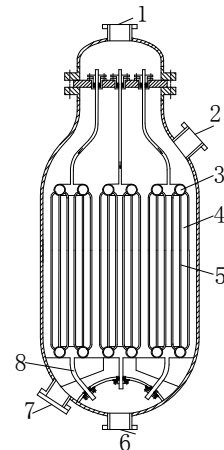
表 1 甲醇合成主要设备

设备名称	设备规格	台数
甲醇合成塔	Φ1400×8400, 催化剂: 7.5m ³	1
油分	φ1200×3400	1
预热器	Φ800, F=400m ²	1
开工加热器	700 Kw	1
甲醇水冷器	Φ900, F=250m ²	1
甲醇分离器	Φ1000×5250	1
循环热水泵	Q=45 M3/h	2
脱盐水泵	Q=4M3/h	2
甲醇循环机	2DZ5.5-14/65-61	2
闪蒸槽	Φ100×4566	1

4 低压立式水冷甲醇合成塔结构

合成塔结构简图如图 2，入塔气由气体进口 2 进入合成塔，在触媒层 4 进行甲醇合成反应后，通过气体出口 7 出塔至换热器。循环脱盐热水经过泵加压后由管口 6 经过环管 8 进入合成塔水管内 5，水在管内强循环，将管外的合成气反应热带出塔外，饱和水受热汽化形成汽水混合，通过出水管 1 在汽包中分离出中压蒸汽。触媒通过管口可以自卸。

甲醇合成塔内设有 2 组 共 10 个测温点，能够在生产过程中更好的监测触媒层温度，对甲醇合成反应了解更加全面。



合成塔结构简图2

5 低压立式水冷甲醇合成塔工艺特点

1、移热能力强

(1) 国内应用较多的管壳式合成塔，装催化剂的管子完全浸在管外饱和水里，比冷面积虽较大，但由于饱和水流动较慢，管外壁面将形成较厚的热边界层，而边界层厚度的增加是影响传热效果的关键。

(2) 水冷合成塔通过锅炉水强制循环与催化剂层换热，提高了循环水流速，边界层厚度减薄。

2、反应热利用率高，副产中压蒸汽。

高蒸汽产率和高能量利用，吨甲醇副产 2.5MPa(g)以上中压蒸汽 (210℃进水)。

3、催化剂用量小

合成塔移热能力增强，甲醇反应热不易在催化剂层积聚，催化剂层温差小，催化剂整体活性提高，空时产率高，同等能力下催化剂用量小。

4、循环比小

循环比大，有利于缩小催化剂床层温差，但动力消耗增加，合成设备生产负荷加大。循环比低，不利于传热。本项目所推荐合成塔，由于移热能力强，循环机的动力消耗和水冷器的冷却负荷降低，运行成本下降。

5、合成塔阻力小

立式水冷合成塔触媒装在管外，流通截面大，合成气在塔内阻力比管壳式要小。

6、粗醇副产物少

立式水冷合成塔能够及时将反应热移出塔外，较好的控制催化剂层温度、且温差小，因

而副产物生成少，甲醇精馏消耗降低。

7、合成塔计算模拟保证了反应性能

林达公司开发了多类型的甲醇合成塔计算模型，并用实际生产数据对模拟结果进行校核验证，实践证明模拟值和实际值基本吻合，模拟结果作为设计依据是可靠的，这也充分表明林达开发的大型均温甲醇合成塔技术无论从软硬件方面都具备了较强的水平，完全适用于大型甲醇合成装置。

6 低压立式水冷甲醇合成塔结构特点

- 1、管外装催化剂，装填系数可达~70%。
- 2、壳体与内件为分体结构。

立式水冷合成塔设计分体结构，不仅有利于设备分开制造，更利于内件单独更换，延长了外筒使用寿命，设备长远投资省。

- 3、换热内件分组连接，便于制造、安装，检修方便。

立式水冷合成塔采取“化整为零、化大为小”结构，内件为多个环管组，每组单独制造加工，管子施焊条件好，从而保证了内件制造质量，然后再进行整体组合。内件分组也便于安装和检修。

- 4、催化剂装卸方便。

催化剂的装填和卸载都很方便，可以采用通常的简便操作来进行。

7 催化剂的升温还原

甲醇合成催化剂升温还原的好坏将直接影响到其使用效果。升温还原基本原则是严格控制出水量，尽量做到低温下多出水，以便更好的发挥催化剂活性。通常要求出塔水汽浓度不超过 $3.0\text{g}/\text{Nm}^3$ ，通过将水汽浓度折成出水量控制升温还原速度。

甲醇合成催化剂的升温还原方案由林达公司、催化剂厂家及车间技术人员专门组织开会讨论，并达成如下共识：

- 1、甲醇合成触媒在 140°C 开始配氢还原；
- 2、还原前，测试配氢管线流量计的准确性，并分析合成塔出口氢含量；
- 3、氢含量要求 $<0.2\%$ ，采用间断配氢方式；把合成塔入口氢浓度、氢耗作为重要参考指标；
- 4、每半小时一次放水，并称量；小时出水量应 $<150\text{Kg}$ ，水汽浓度 $<3\text{g}/\text{Nm}^3$ ；
- 5、根据循环压缩机特点，升温还原压力控制在 1.0MPa ；
- 6、触媒还原末期温度在 $220\sim 230^\circ\text{C}$ ；触媒层温差控制在轴向 $<30^\circ\text{C}$ ，径向 $<5^\circ\text{C}$ ；
- 7、升温还原末期控制氢含量在 10% 左右，合成气置换时床层温度降至 210°C ；
- 8、还原末期热点不超过 235°C 。

升温还原自 2008 年 4 月 17 日 12:00 开始，4 月 21 日 10:00 结束，累计耗时 94 小时。升温还原过程中系统压力基本维持在 $1.0\sim 1.2\text{MPa}$ ，循环量 $\sim 8400\text{Nm}^3/\text{h}$ 。整个升温还原过程中触媒层温度分布比较均匀，平面温差 $<5^\circ\text{C}$ ，轴向温差 $<30^\circ\text{C}$ ，出水比较均匀，整个升温还原过程累计出水 1510.9Kg 。升温还原触媒层温度分布数据见表 2。

表 2 升温还原过程触媒层温度分布数据

时间	触媒层温度/ $^\circ\text{C}$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.18/22:00	154	152	143	143	138	138	136	137	136	136
4.19/14:00	215	215	204	205	199	199	198	198	197	196
4.20/11:00	182	181	203	203	226	226	224	224	220	219
4.21/10:00	188	187	224	223	235	235	226	226	220	219

备注：相邻两点为同一平面，比如 1 和 2，3 和 4……，依此类推。

8 甲醇合成塔生产运行情况

甲醇合成系统于 4 月 21 日转入轻负荷生产后，4 月 24 日开始加量生产，5 月 9 日后虽然合成压力和气量都低于设计值，但甲醇产量已超过设计计算值，操作运行数据整理如表 3：

表 3 操作运行主要参数数据

项 目		时 间 (2008 年)			
		5 月 9 日 8 时	5 月 15 日 6 时	5 月 17 日 8 时	设计值
转化气 成分 mol%	CO	8.3	8.5	9.2	9.15
	CO ₂	2.0	1.6	1.4	0.73
	H ₂	83.1	85.2	83.9	71.88
	N ₂	5.5	4.0	4.4	17.13
	CH ₄	1.08	0.72	1.07	1.11
压力 /MPa	操作压力	6.0	5.7	5.8	6.5
	蒸汽压力	1.5	1.5	1.5	2.8
触媒层 温度 /°C	1	184	186	185	220
	2	183	185	183	220
	3	203	201	199	246
	4	204	201	200	246
	5	235	232	231	258
	6	234	233	231	258
	7	231	233	233	255
	8	230	232	233	255
	9	223	224	224	245
	10	220	221	222	245
床层温差 /°C	平面温差	<5	<5	<5	<5
	轴向温差	<30	<30	<30	<30
流量 Nm ³ /h	转化气	18000	20400	20400	19925
	入塔气	56500	53650	53800	60000
产量 吨/日	精醇	60.6	54.5	59.8	56.8
	蒸汽	76.0	68.0	75.1	71.5

目前在原料气 CO 含量、入塔气量低于设计要求的情况下，日产精甲醇 58 吨。触媒层轴向温差 <30°C 是由于第 1、2 点测温点未进入触媒，可通过提高汽包压力和入塔气温度的途径使热点位置上移，缩小轴向温差。

9 林达立式水冷甲醇合成塔运行情况及几点看法

林达低压立式水冷甲醇合成塔是我国成功开发的自主知识产权的甲醇合成塔，从开车及生产运行情况可以看出该塔具有以下特点：

1、具有管壳式甲醇合成塔温度稳定，控制方便的优点，催化剂升温还原温差小，几乎为等温还原，出水均匀平稳；克服了管壳式甲醇合成塔催化剂装填系数小、投资大、难以大型化的不足。

2、与已有的国内外双套管水冷合成塔、板式塔相比，具有结构简单可靠、承受管内外压差大、循环比小、强化换热、催化剂床层温差小、催化剂空时产率高等优点。

合成触媒前期活性好，在蒸汽压力较低的情况下能把操作压力迅速提高到设计压力，合成塔水管管程、壳程操作压差 $>4.0\text{Mpa}$ ，克服了其他塔型由于内件压差大无法提高操作压力的弊端。

入塔气和转化气的循环比 <2 ，小循环比可大幅度降低循环电耗、管道投资和阻力。

3、触媒层调温手段多样化：汽包压力、预热器近路、循环量、新鲜气量和成分等，其中控制汽包压力为调节触媒层温度最灵敏、最便捷途径。

四川隆昌投运的低压甲醇合成塔为林达公司首套立式水冷型甲醇塔，在生产过程中显示出的上述特点，为林达水冷甲醇合成塔的大型化奠定了重要基础。低压甲醇醇后气通过压缩六段提压至 12Mpa ，在中压甲醇甲烷化工段净化使得 $\text{CO}+\text{CO}_2<10\sim 15\text{ppm}$ ，生产出合格的精制气送氨合成工段。