

# 第十篇 森 铁 机 车

## 第一章 森铁蒸汽机车

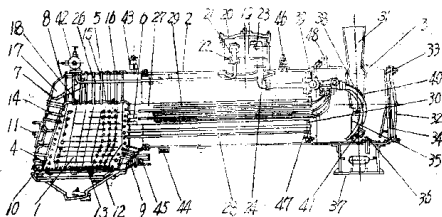


图10-1-1 森铁28吨蒸汽机车锅炉

- 1—火箱 2—锅筒 3—烟箱 4—内火箱后板 5—内火箱顶板 6—火箱管板 7—外火箱后板 8—外火箱顶板 9—喉板 10—底圈 11—炉门 12—灰箱 13—炉床 14—侧排 15—顶排 16—活动炉排 17—角格排 18—易格排 19—汽包 20—汽包盖 21—汽水分离器 22—防水板 23—到盛网 24—直立管 25—干燥管 26—蒸汽管 27—大烟管 28—小烟管 29—过热器 30—烟箱管板 31—烟筒 32—烟筒门 33—烟箱前板 34—防护板 35—蒸汽吸咀 36—除尘孔 37—烟箱后板 38—火箱网 39—过热器 40—上蒸汽管 41—乏汽管 42—蒸汽管 43—安全阀 44—洗炉管 45—放水阀 46—锅炉止回阀 47—洗炉管 48—进风阀

### 第一节 锅炉简述

#### 一、锅炉与机车功率

锅炉的燃煤量以 $B_b$ 表示，则机车功率 $N_w$ (马力)与燃煤量的关系：

$$N_w = \frac{B_b Q_L \eta}{632}$$

式中： $Q_L$ —煤的低位发热量，卡/公斤；

$\eta$ —机车效率 $=\eta_b \cdot \eta_{se} \cdot \eta_{as}$ ；

$\eta_b$ —锅炉效率 $=\eta_c \cdot \eta_{hs}$ ；

$\eta_c$ —燃烧效率；

$\eta_{hs}$ —传热效率；

$\eta_{se}$ —汽机效率 $=\eta_t \cdot \eta_j \cdot \eta_m$ ；

$\eta_t$ —循环效率;

$\eta_j$ —相对指示效率;

$\eta_a$ —计算机车附件用汽的系数。

每小时燃煤量  $B_h = R \cdot y$ , 公斤/小时。

式中:  $R$ —炉床面积, 米<sup>2</sup>;

$y$ —燃烧率, 公斤/米<sup>2</sup>·小时。

将  $B_h$  代入机车功率公式得:

$$N_e = \frac{R \cdot y \cdot Q_L}{632} \eta_a \cdot \eta_h \cdot \eta_t \cdot \eta_j \cdot \eta_m \cdot \eta_a$$

## 二、机车锅炉的构造因素

### 1、炉床面积

炉床面积依燃煤量、煤的发热量、锅炉效率及汽机效率而定。它是计算机车功率的主要参数。据研究, 在同一燃煤量下, 炉床面积增加40%, 约可增加10%的锅炉效率。

### 2、火箱容积及火箱受热面积

欲使挥发物燃烧良好, 必须先使之与高温空气良好混合, 因此, 要求锅炉有足够大的火箱容积, 使可燃气体与空气的混合良好, 在进入钢管前能完全燃烧。根据试验, 火箱容积增加10%可提高燃烧率3%或锅炉效率2.5%。

增大火箱容积, 也就增大了火箱受热面积, 能吸收大量的辐射热, 而且可以降低燃气温度, 避免煤渣大量贴粘在后管板及过热管上, 防止烧损钢管卷边。但火箱吸热多, 过热器吸热将过少, 就要影响过热温度, 所以不宜过度增加火箱受热面积, 以进入钢管温度不高于1400°C, 不低于1,000°C为宜。一般火箱容积为炉床面积的1.35倍以上, 火箱受热面积为炉床面积3.32倍以上为宜。

### 3、拱砖装置

拱砖装置除保持高火箱温度外, 还有增长燃气行程, 使燃气与空气得到较好的混合作用。根据试验, 有拱砖装置的锅炉效率较无拱砖装置的高7~15%。

### 4、钢管受热面积

在同一管板面积上容置的管数多, 可以增加钢管受热面积、燃气通过面积及钢管的蒸发量。但增多管数, 钢管间隔小, 蒸发较困难(管径愈小愈困难)。还要视水质而定, 水质好钢管短时, 间隔可用16~17毫米。

钢管长度与蒸发量不成直线关系; 短管的蒸发率远较长管的高。

炉床面积与锅体的燃气通过面积, 必须保持一定的关系; 同时, 管径、管数与管长间也须保持一定的关系。一般管长与管径之比以不超过110~120为宜, 钢管受热面积约在火箱受热面积的88~90%, 火箱受热面积不小于炉床面积的50~60倍。

### 5、锅体的燃气通过面积

在高燃烧率下, 燃气通过锅体的速度高(有的竟高达90米/秒), 需要很高汽缸反压力, 很不经济; 但燃气速度也不可过低, 否则会影响钢管蒸发率(燃气速度增加一倍可提高钢管蒸发率90%); 所以燃气速度不可过高和过低。过剩空气比 $\alpha$ 小, 则燃气速度低, 也是决定燃气通过面积应考虑的因素。一般燃气通过面积为炉床面积的9~12%, 高燃烧率高效率的锅炉燃气通过面积较大, 为炉床面积的12~15%。

## 6. 炉床的空气通过率

炉床的空气通过率对燃烧率高低影响很大,根据烟箱燃气的分析,炉床空气通过率可取为30~40%或更低。严格地说,空气通过率应依燃料的类别来决定,在普通通风强度下,燃烧多灰而且灰熔点高的煤时,空气通过率以25~35%为宜;燃烧长焰烟煤时,以18~24%为宜;燃烧半烟煤或无烟煤时则以7~15%为宜。

灰箱风门的空气通过面积以炉床面积的18~20%为宜。

## 7. 过热面积

过热面积(以燃气侧面积计算,不包括过热管在烟箱内的一段面积)应不小于锅炉受热面积(火箱受热面积与锅管受热面积之和,以水侧面积计算)的0.4~0.5倍为宜。过热温度除受过热面积与锅炉受热面积之比影响外,还受锅管长度、过热器型式、 $\frac{\text{焰管数}}{\text{烟管数}} \times \left( \frac{\text{焰管直径}}{\text{烟管直径}} \right)^2$ 、

$\frac{\text{焰管直径}}{\text{过热器直径}}$ 、有无给水加热器等主要构造因素的影响。

# 第二节 锅炉零部件及其强度

## 一、火箱及锅筒

### 1. 火箱板厚度

根据多年经验,机车锅炉火箱板的厚度当汽压 $\leq 18$ 公斤/厘米<sup>2</sup>时,可以采用下列尺寸(表10—1—1)。

表10—1—1

| 名 称         | 内侧(顶)板 | 内后(喉)板 | 后管板   | 外侧板   | 外后板   | 外喉板   |
|-------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 尺 寸<br>(毫米) | 10     | 12~14  | 14~18 | 13~19 | 15~18 | 20~26 |

### 2. 螺撑

活动螺撑与固定螺撑的合成应力比较(图10—1—3)。

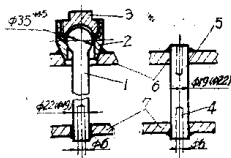


图10—1—2 螺撑结构型式

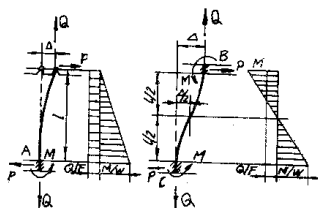


图10—1—3 固定螺撑与活动螺撑的弯曲应力比较

活动螺栓合成应力:

$$\sigma_{s1} = \frac{Q}{0.785d^2} + \frac{3}{2} E \frac{d}{L^2} \Delta, \text{ 公斤/厘米}^2.$$

固定螺栓合成应力:

$$\sigma_{s1} = \frac{Q}{0.785d^2} + 3E \frac{d}{L^2} \Delta$$

式中:  $d$ —螺栓直径, 厘米;

$\Delta$ —螺栓端移动量  $= \frac{pL^3}{3EI}$ , 厘米;

$L$ —螺栓长度, 厘米;

$E$ —弹性模数, 公斤/厘米<sup>2</sup>;

$I$ —惯量矩, 厘米<sup>4</sup>。

由上式可知, 螺栓的弯曲应力与直径成正比, 与长度平方成反比; 活动螺栓的弯曲应力约为固定螺栓的  $\frac{1}{2}$ 。

火箱板厚度与螺栓节距的关系:

$$\delta = \sqrt{(a^2 + b^2) \frac{p_b c}{S_{\mu}}} \quad (\text{毫米})$$

式中:  $\delta$ —火箱板厚度, 毫米;

$a, b$ —螺栓节距, 毫米;

$p_b$ —锅炉汽压, 公斤/厘米<sup>2</sup>;

$c$ —系数,  $c=0.735$  (固定螺栓);

$S_{\mu}$ —火箱板的抗拉强度, 公斤/毫米<sup>2</sup>。

螺栓的安全系数:

$$n = \frac{S_{\mu} F}{Q} (\geq 7)$$

式中:  $S_{\mu}$ —螺栓抗拉强度,  $S_{\mu}=3200 \sim 4000$  公斤/厘米<sup>2</sup>;

$F$ —螺栓断面积, 厘米<sup>2</sup>;

$Q$ —螺栓承受的牵拉载荷, 公斤。

在汽压不超过18公斤/厘米<sup>2</sup>的锅炉上, 螺栓节距为85~115毫米 (平均为100毫米)。

### 3. 锅筒

电焊锅筒板厚度:

$$\delta = \frac{P_b D}{2R_z Z} + 0.1, \text{ 厘米,}$$

式中:  $Z$ —系数, 人工电杆  $Z=0.8$ , 自动电杆  $Z=0.9$ ;

$R_z$ —许用应力,  $R_z = \frac{S_{\mu}}{n} = 800 \sim 900$  公斤/厘米<sup>2</sup> (普通碳素钢);

$S_{\mu}$ —抗拉强度,  $R_z = 3800 \sim 4000$  公斤/厘米<sup>2</sup> (普通碳素钢);

$D$ —锅筒内径。

锅筒上的孔径  $> 4 \frac{1}{2}$  板厚时, 补强衬板厚度应不小于锅筒板厚度的75%, 衬板断面积应不小于孔的断面积 (图10—1—16), 亦即:  $2\sigma_1 a \geq D\delta$

汽包钢板厚度，一般采用13~20毫米。

汽包盖应力可依下式校验：

$$\sigma = \frac{P_b R}{\delta} \quad (\text{当 } R = 900 \text{ 公斤/厘米}^2 \text{ 时})$$

厘米<sup>2</sup>时)

式中：P<sub>b</sub>—锅炉汽压；

R—盖的凸出半径，厘米；

δ—盖厚度，厘米。

汽包盖裁丝应力可依下式校验：

$$\sigma = \frac{2P_b F}{f n} \quad (\text{当 } R = 900 \text{ 公斤/厘米}^2 \text{ 时})$$

式中：P<sub>b</sub>—锅炉汽压，公斤/厘米<sup>2</sup>；

2—收紧系数；

F—汽包盖受压力的面积，厘米<sup>2</sup>；

f—裁丝断面积，厘米<sup>2</sup>；

n—裁丝数，裁丝距离不准超过80厘米。

#### 4、烟管与焰管

28吨机车烟管与焰管尺寸：

烟管尺寸见表10—1—2。

表10—1—2

| 外径<br>(毫米) | 内径<br>(毫米) | 管厚<br>(毫米) | 重量<br>(公斤/米) | 内圆断面积<br>(厘米 <sup>2</sup> ) | 受热面积(外圆)<br>(米 <sup>2</sup> /米) |
|------------|------------|------------|--------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 44.5       | 39.5       | 2.5        | 2.59         | 0.001552                    | 0.1396                          |
| 51         | 46         | 2.5        | 2.99         | 0.002027                    | 0.1597                          |
| 57         | 51         | 3.0        | 3.68         | 0.002565                    | 0.1795                          |

焰管尺寸见表10—1—3。

表10—1—3

| 外 径<br>(毫米) | 内 径<br>(毫米) | 管 厚<br>(毫米) | 重 量<br>(公斤<br>/米) | 外圆断面积<br>(米 <sup>2</sup> ) | 内圆断面积<br>F <sub>1</sub> 米 <sup>2</sup> | 装 过 热 管 后         |                   |                   |                                                 | F <sub>2</sub> | 受 热 面 积<br>(外圆)<br>F <sub>3</sub> 米 <sup>2</sup> /米 |
|-------------|-------------|-------------|-------------------|----------------------------|----------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------|
|             |             |             |                   |                            |                                        | 过 热 管 管 径<br>(毫米) | 直 燃 管 管 径<br>(毫米) | 气 体 流 速<br>v(米/秒) | 流 体 摩 擦 半<br>径 F <sub>2</sub> (米 <sup>2</sup> ) | F <sub>1</sub> |                                                     |
| 89          | 82.5        | 3.25        | 6.87              | 0.00822                    | 0.005346                               | 4                 | 24                | 0.003548          | 6.31                                            | 0.663          | 0.2792                                              |

#### 5、锅炉水压试验

锅内注满温水(水温>70°C)，水压增至锅炉正常工作压力的133%或增加5公斤/厘米<sup>2</sup>，保持五分钟，减至正常工作压力，继续检查。将锅水放至正常工作水位后，升火将锅内汽压升高至锅炉正常压力的118%。每次试验发现漏泄，应及时修好。

## 二、锅炉的辅助、附属装置

### 1、炉床及灰箱

炉条啮合后间隙两侧约16毫米，两端约20毫米。摇动时篦式炉条最大倾斜角应达30°~40°，

条间最大开口以 $\leq 100$ 毫米为宜。

灰箱风门开度面积，可按下式求得：

$$F = \frac{V}{W}$$

式中：W—空气通过风门速度，约为3米/秒；

$$V = \frac{L_o \alpha \mu \beta_b V}{3600} \text{ 米}^3/\text{秒}；$$

$$V = \frac{RT}{P} = \frac{29.27 (273 + t_b)}{10330} \text{ 米}^3/\text{公斤}；$$

R—气体常数；

$t_b$ —空气平均温度，约为 $5 \sim 10^\circ$ 。

拱砖铺设：长度约为炉床43~50%；拱砖顶点燃气通路不小于炉床面积的15~20%；或小于锅炉燃气通过面积的180~200%。

## 2、易熔塞

充填材料：90%Pb与10%Sn合金。熔点 $270^\circ \sim 280^\circ \text{C}$ 。塞顶须高出火箱顶25毫米。

## 3、锅炉安全阀

计算公式：

$$nd = \frac{H}{P_b h}$$

式中：n—安全阀数，应 $\leq 2$ ，但也 $\geq 3$

d—安全阀直径，厘米；

H—锅炉受热面积，米<sup>2</sup>；

$P_b$ —锅炉汽压，公斤/厘米<sup>2</sup>。

各安全阀的开启压力应按下列标准校定：第一阀为工作压力+0.20公斤/厘米<sup>2</sup>；第二阀为工作压力+0.35~0.40公斤/厘米<sup>2</sup>；关闭时压力可较开启时压力低0.25公斤/厘米<sup>2</sup>。

安全阀弹簧钢的成份：

0.6~0.7% C、0.9~1.2% Mn、0.17~0.37% Si；P $\geq$ 0.04，S $\geq$ 0.045。

处理后，抗拉强度 $\geq 100$ 公斤/毫米<sup>2</sup>。

## 4、注水器计算

蒸气经蒸气喷嘴喉部时的速度：

$$V_t = 0.85 \times 91.53 \times \sqrt{(q_{sat} + r_{sat} X_{sat}) - (q_t + r_t X_t)} \text{ 米/秒}$$

式中：q—液体在饱和温度下的含热量，大卡/公斤；

r—蒸气潜热，大卡/公斤；

X—蒸汽干度；

sat—指锅炉，t—指喷嘴喉部；

0.85—速度系数；

$$X_t = 0.5 + (X_{sat} - 0.5) \frac{147 + t_t}{147 + t_{sat}}$$

蒸气流量:

$$S = \frac{\omega_1 V_1}{v_1} = \frac{\omega_1 V_1}{r_1 \mu_1 + \delta(1 + X_1)}, \text{ 公斤/秒。}$$

式中:  $\omega_1$ —喷嘴喉部断面积, 米<sup>2</sup>;

$\mu_1$ —干饱和蒸气的比容, 米<sup>3</sup>/公斤;

$\delta$ —液体比容, 米<sup>3</sup>/公斤;

$V_1$ —蒸汽经喷嘴喉部时的比容,  $V_1 = X_1 \mu_1 + \delta(1 - X_1)$  米<sup>3</sup>/公斤。

蒸汽由喷嘴喷出时的速度:

$$V = 0.85 \times 91.53 \times \sqrt{(q_{1,t} + r_{1,t} X_{1,t}) - (q_1 + r_1 X_1)}, \text{ 米/秒};$$

式中:  $q + r_1 x_1 = i_1$ —蒸汽离喷嘴时的含热量, 大卡/公斤。

吸入水量:

$$W = \frac{S(i_1 - q_2)}{q_2 - q_0}$$

式中:  $q_2$ —汽水混合物的含热量, 大卡/公斤;

$q_0$ —水箱内水的含热量, 大卡/公斤。

水在吸水管内的速度通常为1.0~1.5米/秒。水流入混合喷嘴时的速度:

$$V_1 = \sqrt{[10(P_0 - P_1) - h]} 2g, \text{ 米/秒}$$

式中:  $p_0$ —大气绝对压力, 公斤/厘米<sup>2</sup>;

$p_1$ —吸入室内绝对压力, 公斤/厘米<sup>2</sup>;

$h$ —水箱水面至注水器的高度, 米。

汽水混合物离开混合喷嘴的速度(假定汽水混合物已全部凝结):

$$V_2 = a \frac{SV + WV_1}{S + W}, \text{ 米/秒}$$

式中:  $a=0.75 \sim 0.80$  (动能损失系数)。

汽水混合物经止回阀时的速度:

$$V_3 = \frac{\omega_2 V_2}{\omega_3}, \text{ 米/秒}$$

式中:  $\omega_2$ —送水喷嘴喉部断面积, 米<sup>2</sup>;

$\omega_3$ —止回阀面积, 米<sup>2</sup>。

$V_2$ 与 $V_3$ 的关系为:

$$V_3^2 - V_2^2 = \frac{2g(P_2 - P_1)}{\gamma}$$

式中:  $p_2$ —送水喷嘴喉部处汽水混合物绝对压力 $\cong p_1$ , 公斤/厘米<sup>2</sup>;

$p_1$ —上回阀处汽水混合物绝对压力, 公斤/厘米<sup>2</sup>;

$p_1$ —临界压力,  $P_1 = p_{s,t} \left( \frac{2}{K+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$  公斤/厘米<sup>2</sup>;

$p_{s,t}$ —锅炉绝对压力,  $p_{s,t} = p_0$  公斤/厘米<sup>2</sup>;

$\gamma$ —送水喷嘴内汽水混合物重度, 公斤/米<sup>3</sup>。

水在送水管内的速度不宜超过1.5~2米/秒。

### 第三节 汽机的效率

#### 一、绝对指示效率 $\eta_{ai}$

表示进入汽机的热量有多少变为有效功。

$$\eta_{ai} = \frac{Q'_1}{Q_o} = 23.42 \frac{V_o P_i}{\mu (i_1 - q)}$$

近代蒸汽机车 $\eta_{ai} = 0.09 \sim 0.15$ 。

绝对指示效率也可由汽耗率 $\frac{D}{N_i}$ 求得：

$$\eta_{ai} = \frac{632}{\frac{D}{N_i} (i_1 - q)}$$

欲提高 $\eta_{ai}$ ，必须减小 $\frac{D}{N_i}$ 。

#### 二、汽机的实际效率 $\eta_{se}$

$\eta_{se}$ 表示汽机传到动轮的功。

$$\eta_{se} = \eta_{ai} \eta_m$$

式中： $\eta_m$ —机械效率， $\eta_m = \frac{F_k}{F_i} = \frac{N_k}{N_i} = 0.9 \sim 0.95$

$F_k, F_i$ —轮周牵引力和指示牵引力，

$N_k, N_i$ —轮周功率和指示功率。

#### 三、汽机的热效率 $\eta_t$

表示理想汽机的热力性质。

$$\eta_t = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - q}$$

式中： $i_2$ —汽机在绝热膨胀终点的焓，大卡/公斤；

由于汽机汽力循环不完善，近代机车汽机的 $\eta_t = 0.22 \sim 0.23$ 。

#### 四、相对指示效率 $\eta_{ri}$

判定汽机实际工作过程较之理想工作过程的完善程度。

$$\eta_{ri} = \frac{AL_o}{AL_m}$$

式中： $AL_o, AL_m$ —实际工作和理想工作过程的有效功， $AL_o = i_1 - i_3$ ， $AL_m = i_1 - i_2$ ，

式中： $i_3$ —蒸汽在排汽管内的终点焓，大卡/公斤；

$$\eta_{ri} = \frac{i_1 - i_3}{i_1 - i_2}$$

$$\eta_{ai} = \eta_t \eta_{ri}$$

$$\eta_{se} = \eta_t \eta_{ai} \eta_m$$

## 五、锅炉效率 $\eta_b$

$$\eta_b \approx \frac{D_m (i_s - q)}{B_b Q_L}$$

式中： $D_m$ —汽机耗汽量，公斤/小时；

$i_s$ —过热蒸汽焓，大卡/公斤；

$q$ —给水焓，大卡/公斤；

$B_b$ —燃煤量，公斤/小时；

$Q_L$ —煤的低位发热量，大卡/公斤。

近代机车 $\eta_b = 0.5 \sim 0.65$ 。

## 六、管路效率 $\eta_{mp}$

$$\eta_{mp} = \frac{i_1 - q}{i_6 - q}$$

近代机车的管效率 $\eta_{mp} = 0.98 \sim 0.99$

## 七、机车总效率 $\eta$

$$\eta = \eta_b \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_{ls} \cdot \eta_m$$

近代机车总效率约为 $0.07 \sim 0.09$ 。

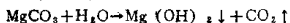
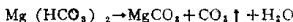
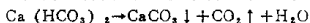
# 第四节 机车锅炉用水的处理与除垢

## 一、锅炉的结垢

### (一) 水垢的生成

水在锅炉中之所以形成水垢，主要是因为水中含有结垢的物质——钙、镁等盐类。它们的结垢过程是：

1、水受到加热后，重碳酸钙、重碳酸镁受热分解，生成难溶的沉淀物，即：



2、水温升高后，某些具有负溶解度的盐，如 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{CaSiO}_3$ 等的溶解度下降，当达到一定程度（饱和浓度）后，便沉淀析出。

3、水不断蒸发、浓缩，含盐浓度增大，当达到饱和后，便要析出沉淀物。

所析出的沉淀物可有两种形式出现：一是牢固地粘结在受热面内壁上，形成坚硬的水垢；一是悬浮在水中，形成沉渣（泥渣或水渣）。沉渣有两种：一是流动性沉渣，它可以用排污的方法消除；一是粘着性沉渣，这种沉渣容易沉积在水速较低或管子倾斜度较小的地方，形成“二次水垢”。

### (二) 水垢的化学成分

1、碳酸盐水垢。其成分主要是钙和镁的碳酸盐，以碳酸钙为主。在碱性介质中它很松软，在非碱性介质中则坚硬。这种水垢主要在水未沸腾处出现。如给水管道和交换器中为多。在锅炉

本体中由于炉水碱度大，且水沸腾后扰动比较强烈，所以它多为松软沉渣而随排污放出。

2、硫酸盐水垢。主要是硫酸钙（ $\text{CaSO}_4$ ）。这种水垢坚硬密实，主要在锅炉中生成。

3、硅酸盐水垢。主要是硅酸化合物（如 $\text{CaSi}_3\text{O}_8$ 和 $\text{MgSi}_2\text{O}_5$ 等）。这种水垢最坚硬，导热性也最差，容易在受热最强的部位形成。

4、混合水垢。系为各种水垢的混合物，无法辨别哪种为主。

### （三）水垢的危害

1、水垢是热的不良导体，导热系数较钢板低30—50倍。当锅炉内火箱各受热面生成水垢时，会降低锅炉效率，浪费能源（每产生一毫米水垢的厚度多消耗原煤3%左右）；导致炉饭过热，降低炉饭强度，引起炉饭烧损、变形。

2、过热管内部，特别是弯头处结垢时，将导致管内流通截面减小，蒸汽流动阻力加大，严重时会造成破坏锅炉水循环的可靠性，甚至发生过热管弯头被烧损。

3、结垢会促使电化学腐蚀作用加强，容易发生“垢下腐蚀”，加速受热面的损坏。

## 二、水处理要求

机车水处理及化验工作，是森铁机务工作的重要组成部分。机车水处理及化验工作的目的，是改善机车用水的质量，减少水中杂质的沉积，使锅炉受热面保持清洁，避免传热体的腐蚀、变形，防止蒸汽机车和内燃机车发动机工作状态恶化，从而保证机车正常安全运行，减少燃料消耗。

机车水处理及化验工作主要包括：锅外水处理、锅内水处理、除垢清洗和日常化验检查工作。

机车水处理，要坚持贯彻执行以防结垢为主，除垢为辅的方针和有关机车水处理规章制度，根据不同水质条件，积极做好防垢除锈。为此，对机车水处理及化验工作，除应设置化验室，配备专职化验员，配备必要的器皿、仪器等设备，及时供应必需的试剂、防垢药品外，要依靠技术进步，积极采用先进地科学技术成果、经验和方法，使这一工作逐步达到现代化水平。

## 三、锅外水处理

### （一）锅外水处理方式

现时机车锅外水处理主要采取：钠型、氢钠型、阴阳离子交换和永磁软化四种方式。

1、钠型离子交换树脂软水。这种方式适用于碱度较低的水质，其碱度在1.8毫克当量/升以下时采用的。交换后出水硬度又不得大于0.05毫克当量/升，氯离子含量较原水不得大于3—5毫克/升。

2、氢钠型树脂一般不单独使用，必须与钠型树脂联合使用，并保持剩余碱度0.8—0.15毫克当量/升。再生时，氢钠型树脂须分别处理。氢型用4—5%的盐酸溶液，钠型用8—10%的食盐溶液。

3、阴阳离子交换树脂软水。这种方式只采用阴、阳串联或阳、阴混床串联。再生时，阴阳离子分别处理，混合床采用反冲方法分离的盐酸溶液再生。

4、永磁软水。这种方式是将永磁软水器安装在贮水塔的出口上，出水硬度不得超过3毫克当量/升，每处理500吨水检查一次，并清除滤网内和磁铁上的杂质及水垢。

### （二）离子交换软水应注意事项

1、离子交换软水，必须坚持每日对交换罐的出水，按规定项目和要求进行化验。

2、离子交换罐交换剂的再生期，应根据交换罐出水的质量情况决定。再生时，应按工艺规程进行，并须做好记录。

3、再生液必须经过澄清，防止有悬浮物。溶盐池的结构，其外壳用钢板焊接，内衬用塑料粘贴后，再涂上防腐漆制成。

4、废水不准随地放出，以防污染环境，并严禁将废水流回水源井。对排除的废液中的食盐浓度大于2%时，应采取措施进行回收。

5、树脂的保管，应以不冻、不腐为原则。若无保温条件时，可将树脂存放在食盐溶液中保存。食盐溶液的浓度按存放地点的最低温度选择如下：

表10—1—4

| 食 盐 溶 液 % | 比 重 (10°C) | 冰 冻 点 (°C) |
|-----------|------------|------------|
| 10        | 1.0742     | -7.0       |
| 15        | 1.1127     | -10.6      |
| 20        | 1.1525     | -18.3      |
| 23.5      | 1.1797     | -21.2      |

对树脂的保管过程要注意防止挤压或接触铁锈、油污、强氧化剂等。

### (三) 化验分析

为准确地掌握与处理各给水点的水质，须按季对各给水点的水质进行化验分析。分析项目如下表所示。

表10—1—5

| 硬 度<br>(毫克当量/升)                 |                                |                                | 阳 离 子<br>(毫克/升) |    |    | 阴 离 子<br>(毫克/升) |    |                 | 气 体<br>(毫克/升)   | 其 他<br>(除PH值和总碱度均为毫克/升) |                 |                  |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|----|----|-----------------|----|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|------------------|
| H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | Ca              | Mg | Fe | AL              | CL | SO <sub>4</sub> | NO <sub>3</sub> | SiO <sub>3</sub>        | PO <sub>4</sub> | HCO <sub>3</sub> |
|                                 |                                |                                |                 |    |    |                 |    |                 |                 |                         |                 |                  |
|                                 |                                |                                |                 |    |    |                 |    |                 |                 |                         |                 |                  |

化验结果碱度以不超过下列数值为宜：

表10—1—6

| 名 称   | 范 围           |
|-------|---------------|
| 总 硬 度 | 不 大 于 3毫克当量/升 |
| 氯 离 子 | 不 大 于 50毫克/升  |
| 硫 酸 根 | 不 大 于 20毫克/升  |
| 硅 酸 根 | 不 大 于 25毫克/升  |
| 耗 氧 量 | 不 大 于 5毫克/升   |
| PH值   | 不 小 于 5       |
| 总 碱 度 | 不 大 于 3毫克当量/升 |

#### 四、锅内水处理

##### (一) 锅内水处理的意義及水质的选择

对机车锅内水质的处理,系采用软水药剂方法使水垢软化爲泥状沉淀,并通过放水排污将沉淀物排出锅外,从而达到防止锅内结垢,影响传热效率和腐蚀受热面的目的。

##### (二) 水质化验及锅炉水质标准

爲制定锅炉水质标准,确定计算放水率和浓缩倍数,配制和投放软水药剂的依据,每季需对各交路的水质进行化验。对给水质量的化验分析数值,也可从同季度的天然水分析记录中摘取。

机车锅炉水质标准,可根据机车运行交路的水质和耗水量等情况不同,由化验室制定。在一般情况下,须达到下列标准。

- 1、蒸发残渣 $\leq 2000$ 毫克/升;
- 2、碱度爲8—12毫克当量/升;
- 3、PH计10.5;
- 4、硬度 $\leq 0.2$ 毫克当量/升;
- 5、含油量 $\leq 15$ 毫克/升。

上述标准的1—2项为检查的依据,4—5项为参考值。但使用软化水时,在消除硬度的原则下,碱度可以降低。

##### (三) 锅内水处理用药

1、软水剂。主要成份是:氢氧化钠、碳酸钠、磷酸三钠、六偏磷酸钠、栲胶等。其成分含量不应小于95%,氯根含量不应大于0.1%。

2、降低给水碱度。采用磷酸、磷酸二氢钠、胺盐等。如果给水碱度高于1.8毫克当量/升时,应进行降低碱度,使剩余碱度不小于0.8毫克当量/升。

3、缓蚀剂。主要成分有亚硝酸钠、亚硫酸钠、重铬酸盐等。

4、消沫剂。主要成分爲二硬脂酰乙二胺。

5、除油剂主要成份有活性炭或粒度2—3毫米的木炭。每吨水可投20克活性炭或30克木炭。使用时注意排污,以防止水位表通路堵塞。

##### (四) 软水剂的投入量

1、碳酸钠、氢氧化钠用量可按下式计算求得:

$$X = \left( H_{\text{非}} + \frac{AP}{100} \right) K$$

式中: X—消除硬度保持剩余碱度时,需投入的碳酸钠或氢氧化钠用量(克/吨);

H非—给水非碳酸盐硬度(毫克当量/升);

A—钠水碱度标准(毫克当量/升)锅水碱度标准(毫克当量/升);

P—放水率;

K—当量系数,氢氧化钠爲40,碳酸钠爲53。

碳酸钠和氢氧化钠同时使用时的比例值应根据情况不同而定,其用量可按比例关系求得。

2、磷酸钠的用量。按总硬度(H总)每毫克当量/升,每吨水投5—9克。硬度大于3毫克当量/升时,为防止注水通路堵塞,可使用六偏磷酸钠和碳酸钠,而不用氢氧化钠。六偏

磷酸钠的使用量为1.5—2.5克/吨水。

3、橡胶使用量。采用松针橡胶每吨水投5克；橡胶碗胶按总硬度每毫克当量为2克。

水中二氧化硅含量较高时，可单独使用橡胶碗胶；碳酸盐水质，配合碳酸钠、磷酸钠使用；非碳酸盐水质，必须配合碳酸钠、氢氧化钠和磷酸钠使用。

4、机车大、中或洗修点火前，应向锅炉内投入一定量的软水剂，以消除锅炉水硬度。

#### (五) 对水质化验的要求

为正确掌握水质状态，提高软水处理质量，除按乘务班次对机车锅水进行规定项目化验外，并须对每台运用机车的锅内水质，按季进行一次全面化验分析。对每台机车的水垢，每年进行一次化验分析。

### 五、机车锅炉清洗

#### (一) 清洗方法

为经常保持机车锅炉内部状态良好，须按《森林铁路技术管理规程》规定的机车走行公里，按时进行锅炉清洗。清洗可用温水洗、酸洗、碱洗、橡胶碗胶除垢四种方法。

1、温水洗炉。机车在中修、轮修前须按《森林铁路蒸汽机车检修规则》有关规定进行。

2、酸洗。系用盐酸清洗机车锅炉受热面上的水垢。为防止盐酸腐蚀锅炉及产生氢脆不良后果，必须严格遵守以下规则：

(1) 酸洗条件。锅炉水垢平均厚度超过0.5毫米，并且锅炉无严重腐蚀及惯性泄漏者。

(2) 机车在一个大修期间内，最多只能酸洗一次。

(3) 酸洗药品中的酸主要采用盐酸；清除硅酸盐水垢时，可添加氢氟酸；缓蚀剂采用浓波五、砷盐（三氧化二砷或三氧化砷）。

使用剂量：盐酸浓度5—8%；清除硅酸盐水垢的酸液浓度，氢氟酸不能大于总酸度1%，加入氢氟酸时，用水稀释到4%；三氧化二砷为纯氯化氢的0.08%，使用三氯化砷为纯氯化氢的0.15%。

药品质量，盐酸含硫酸根 $>0.01$ ，缓蚀剂效果 $\leq 98\%$ 。

(4) 酸液温度为50—55℃。酸液浓度及温度必须在酸池中调整，严禁向锅炉直接投入酸液或加热。

(5) 配制酸液加水、加缓蚀剂、投酸量、调整温度、以及测定浓度时，须有二人参加，便于共同确认，退出误差。

(6) 酸洗作业时，先用温水清洗锅炉内的泥垢及垢渣，上好洗炉堵，确认各部无泄漏后注入酸液，注入量以超过锅炉顶板50—100毫米为宜。进酸要在20分钟内完成。酸浸时间为90—120分钟左右。在酸浸泡过程中，须每隔15分钟检查一次酸液浓度，待酸液的浓度没有显著变化，而达到稳定时反应完毕。酸浸完毕后收回酸时，亦应在20分钟以内完成，然后用温水冲洗底圈残酸，注入温水与碱液。水位约为水位表的五分之一处时，将碱液调整均匀，中和2小时。中和后的碱度不应少于15毫克当量/升。碱液中的含碱量，氢氧化钠为2.5公斤和磷酸三钠为4公斤。中和后须用温水彻底清洗锅炉。

(7) 机车酸洗后须及时点火投入运用。在第一个洗检期内，炉水碱度须保持8—14毫克当量/升。

3、橡胶碗胶除垢。对碳酸盐和硫酸盐水垢可采用橡胶碗胶处理。当水垢厚度达2.5毫米时，投橡胶碗胶4—8公斤/吨水；投碳酸钠与橡胶量的三分之一（碳酸盐）和二分之一（硫酸

盐)；磷酸钠占橡胶的五分之一；PH小于8.5时使用温度不高于180°C。

## (二) 水垢评定

水垢厚度是评定机车技术状态的主要指标之一。评定水垢，是检查水处理效果和考核机车技术状态的一项重要工作。因此，在机车进行中修、轮修洗炉前（包括酸洗），应对水垢进行全面检查和测定，其评定方法是按总平均水垢厚度评定等级。即：优良机车不得超过0.2毫米以下，良好机车不得超过0.3毫米，合格机车不得超过0.5毫米。超过上述标准的机车，即使其它部位再好，亦不能列为该等级的机车。

总平均水垢厚度按下列公式计算：

$$C_0 = \frac{35A_1 + 25A_2C_2 + 6.1A_3 + 2.3A_4 + 4.6A_5C_5}{100}$$

式中：A—占附面积比率(%)；

C—水垢厚度(mm)其中顶侧板的厚度取顶板和侧板平均值。

## 第二章 森铁内燃机车

森铁内燃机车包括发动机与底盘两大部分。发动机一般选用柴油机通用系列产品，有关柴油机方面的内容，已有专门书籍介绍，本处从略。

### 第一节 内燃机车的传动装置

传动装置是介于柴油机和轮对间的传动部件的总称。传动装置如图10—2—1所示。由液力变

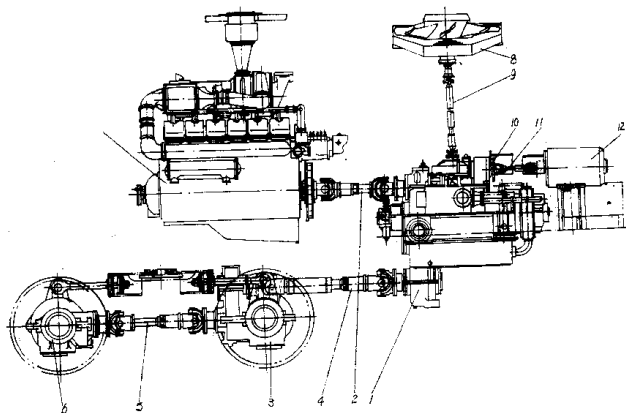


图10—2—1 内燃机车传动装置

1—液力变速箱 2、4、5、9、11—万向轴 3、6—车轴齿轮 7—柴油机 8—风扇 10—弹性联轴器 12—启动发电机

速箱、车轴齿轮箱、万向轴等组成。变速箱具有改变柴油机的转速和扭矩作用，是传动装置中的重要部件，其性能好坏决定机车牵引经济性能。车轴齿轮箱和万向轴只起传递作用。

传动装置在内燃机车上的作用，可以从机车牵引性能和柴油机的特性来进行分析。

机车的牵引性能：从机车的运行要求来看，应有一定的工作速度范围。范围越大，机车的适应性越强。

从牵引要求来看，当列车起动时阻力较大，需要较大牵引力。随着速度的提高，机车牵引力应相应地减小。为使机车在整个工作速度范围内做到充分发挥动力装置的额定功率，轮周牵引力  $F_K$  与速度  $V$  之间应满足如下公式：

$$\frac{F_K V}{270} = (N_e - N_i) \eta_c = \text{常数}.$$

式中：  $N_e$ —机车额定功率，马力；

$N_i$ —辅助装置消耗功率，马力；

$\eta_c$ —传动装置总效率。

上式说明机车的理想牵引力曲线应为双曲线。

机车在起动和低速范围内的牵引力受粘着牵引力的限制。因此机车的理想牵引性能曲线应为图10—2—2所示。

柴油机只能在一定的转速范围内工作。低于最低转速时发动机熄火，且需要在无载荷的条件下启动。这和机车启动时要求有较大牵引力不相适应。从柴油机外特性看，也满足不了机车牵引性能要求。从柴油机外特性图(如图10—2—3)看出，柴油机只能在最低转速  $n_{\min}$  和最高转速  $n_e$  之间正常工作，这个比称为弹性系数  $\delta$ 。

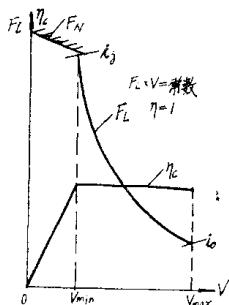


图10—2—2

机车理想牵引特性曲线

$F_K$ —轮周牵引力  $F_L$ —粘着牵引力  $\eta_c$ —传动装置总效率  $V$ —速度  $i_G$ —列车在平直运行阻力  $i_G$ —列车在限制坡道运行阻力。

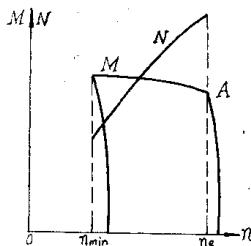


图10—2—3 柴油机外特性曲线

$N$ —柴油机输出功率  $M$ —柴油机输出扭矩  $n$ —柴油机转速  $A$ —柴油机额定工况点  $n_e$ —柴油机额定转速  $n_{\min}$ —柴油机最低工作转速。

$$\delta = \frac{n_c}{n_{\text{max}}}$$

弹性系数一般只有2左右,且在此范围内扭矩M基本不变,这和机车牵引性能要求也是不相适应的。此外,柴油机主轴为单向旋转,而机车要求既要前进,也要后退。

综上所述,传动装置的功用,就是把柴油机的扭矩特性,转变为接近双曲线规律的牵引性能。

## 第二节 液力变速箱的结构

380马力内燃机车的液力传动装置结构如图10—2—4所示。

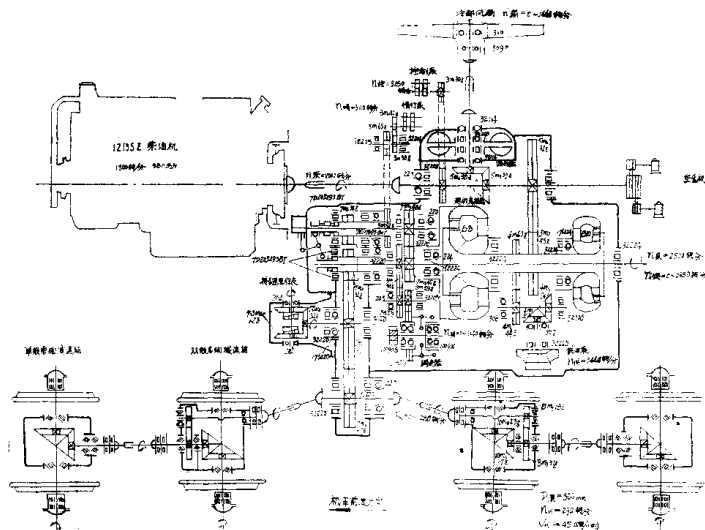


图10—2—4 380马力内燃机车液力传动装置

### 一、液力变速箱的结构

变速箱内装有两个不同液力性能的变扭器,同装在一根轴(外空心、内实心)上。由柴油机通过轴和齿轮对,将功率传给安装变扭器泵轮的空心轴,当一个变扭器充油工作时,功率便由安装

变扭器涡轮的实心轴通过齿轮对输出。一个变扭器B8有较高的变扭比和较低的传动比，称为起  
动变扭器；另一个变扭器B10，变扭比小，而传动比较大，称为运转变扭器。这两个变扭器交替  
工作，以适应机车不同运行工作情况的要求，使变扭器在较高效率下工作。由于两个变扭器特性  
的相互配合，才使内燃机车具有双曲线的牵引特性。变扭器工作的充油与不工作的排油，依靠自  
动控制系统来实现。由于机车的动力传递和变速基本上是液力的，没有冲击并很平稳，变扭器交  
替工作的充油，有短时间重叠，换挡时无明显的牵引力中断现象。

液力变速箱内还有用齿轮对传动的辅助装置：

驱动供油泵：供油泵是变速箱的主要供油部件。它供给变扭器工作油，还向控制泵和润滑点  
供油。柴油机工作供油泵就供油。

驱动控制泵及主动排空泵：分前、后两泵，装于同一泵体。后泵供给换挡控制系统的控制  
油，前泵是排空变速箱底箱内的积存润滑油的。柴油机工作时，两泵都泵油。

驱动惰力泵及从动排空泵：两泵同轴，装在同一泵壳中，为双向齿轮泵。惰行泵由变速箱从  
动部分带动，上述供油泵由主动部分带动，当变速箱主、从动部分都在旋转时，两泵都在工作，  
但只允许一个泵供应润滑油，车速低时，供油泵供给润滑点润滑油；车速提高后，改由惰行泵供  
油。从动排空泵作用与主动排空泵作用相同。

驱动换挡反应器：换挡反应器是反映机车运行速度的，只在机车运行时工作。

驱动风扇离合器：向风扇离合器充油时，涡轮带动冷却风扇旋转。

液力变速箱中还有换挡装置、自动换挡系统及供油润滑系统。

## 二、液力变速箱内部构件

在液力变速箱中，传递柴油机动力至输出轴的各轴，称主传动轴，通过主动轴带动各辅助部  
件的称传动轴。主动轴有第一轴、第二轴、换向轴、第三轴、第四轴；传动轴中有惰行泵传动  
轴、换挡反应器驱动轴。主传动轴各轴基本相似，由轴、轴承、齿轮等组成。轴承和油封一起装  
在轴承套内，轴承套装在轴承座中。在两个轴承间多以锥度静压配合装置着齿轮。第一轴和第四  
轴端装置着法兰，通过万向轴与柴油机和车轴齿轮箱相连。

换挡反应器传动轴和惰行泵轴的结构一样，小齿轮与轴做成一体，大齿轮用锥度静压配合装  
在齿轮轴上。

齿轮是液力变速箱中传递动力改变传动比的主要机械零件。把主动齿轮齿数做分子，被动  
齿轮齿数做分母，所得值称齿数的传动比，大于1时为增速，也叫增速比；小于1时，叫减速  
比。如第一轴和第二轴上的为增速齿轮，以增高变扭器泵轮转速，减少变扭器尺寸；涡轮轴以后  
到第四轴的全部齿轮对，都是减速齿轮，以保持机车一定的构造速度。变速箱中的齿轮，特别  
是主传动齿轮，在高速、重载的情况下工作，要求啮合性能好、传动平稳，冲击噪音小，工作安  
全可靠，有较高的寿命。主传动齿轮采用公制渐开线斜齿轮，辅助传动齿轮采用公制渐开线直齿  
轮，螺旋伞齿轮要求有一定的接触斑点。由于转速高，组装前应进行动平衡试验。

高速重载齿轮要求齿面硬度高，弯曲强度大，而芯部又有足够的韧性，以便于承受较大的冲  
击载荷。主传动齿轮采用低碳合金钢20CrMnTi锻造，渗碳淬火，最后精磨，齿面渗碳层深1~  
1.5毫米，硬度为HR<sub>58~63</sub>，芯部硬度HR<sub>30</sub>左右。辅助齿轮采用合金钢40Cr锻造，齿坯经  
调质处理，硬度为HB225~285，切齿后作高频淬火，硬度为HR<sub>50~55</sub>，淬火层深度大于1  
毫米，最后精磨。

轴是变速箱内的栋梁，所以机械零件都直接或间接的安装在轴上。变速箱的齿轮轴，根据重