

蒸汽機車工程

下 冊

孫竹生編著

公曆一九五五年四月十八日

龍門聯合書局出版

蒸汽機車工程

下 冊

孫 竹 生 編 著

龍門聯合書局出版

內 容 介 紹

本書分汽機及走行部分、車架部分及其他兩編。在前一編中，分章敘述了汽缸、汽機往復部分、搖桿及連桿、動輪對、均衡、閘動裝置、惰行運轉及反汽制動、機車特性曲線的預繪等。在後一編中，分章敘述了主車架、動軸箱、機車轉向架、彈簧裝置、簧上部分的振動、作用於鋼軌的鉛垂動壓力、曲線運轉、中間牽引裝置及煤水車、撒砂及潤滑、制動等。

本書着重於理論和計算，並介紹了蘇聯的最新成就，可幫助我們正確設計和維修機車的汽機、走行部分、車架部分等。

蒸 汽 機 車 工 程

下 冊

孫 竹 生 編 著

★版權所有★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

上海茂名北路 300 弄 3 號

新 華 書 店 總 經 售。

中 和 印 刷 廠 印 刷

上海淮安路 727 弄 30 號

開本: 787×1092 1/25 印數: 0001—1500 冊

印張: 26 4/5

1955 年 3 月 第 一 版

字數: 475,000

1955 年 3 月 第 一 次 印 刷

定價: 五元二角

目 次

第三編 汽機及走行部分

第一章 汽缸.....	512
第一節 汽缸的排列.....	512
第二節 汽缸的構造.....	514
一 汽缸 二 汽缸襯套 三 汽缸襯套 四 汽缸蓋及汽 缸蓋 五 活塞桿填料盒及閥桿填料盒 六 汽缸洩水塞門	
第三節 汽缸中心距離及車架中心距離.....	528
第二章 汽機往復部分	530
第一節 活塞及活塞桿.....	530
第二節 活塞脹圈.....	536
一 脹圈的構造 二 普通脹圈的計算和試驗 三 T形脹圈 的彈簧的計算	
第三節 汽缸襯套及活塞桿的磨耗.....	544
第四節 十字頭及十字頭導軌.....	545
第五節 往復部分的強度計算.....	550
一 活塞 二 活塞桿 三 十字頭栓 四 十字頭殼 五 十字頭銷 六 十字頭滑靴 七 十字頭導軌 八 導 軌螺栓	
第三章 搖桿及連桿	560
第一節 搖桿長度.....	560
第二節 搖連桿的構造.....	562
第三節 搖連桿的強度計算.....	571

一 搖桿體 二 連桿體 三 搖連桿端

第四章 動輪對..... 586

第一節 概述..... 586

第二節 動輪輪心..... 587

第三節 動軸..... 591

第四節 曲柄銷..... 597

第五節 輪箍..... 602

一 概述 二 輪箍的磨損 三 輪箍燒蝕率及其製作公差

四、輪箍鬆脫及輪箍斷裂的原因

第五章 機車的均衡..... 620

第一節 迴轉部分的均衡..... 620

第二節 均衡塊的形式..... 623

第三節 曲柄機構的慣性壓力..... 625

第四節 主動輪的鉛垂動壓力的均衡..... 632

第五節 主動輪對於鋼軌的動力作用..... 633

第六節 水平動壓力的均衡..... 635

第七節 伸縮振動及搖頭振動..... 638

第八節 機車均衡程度..... 644

第九節 機車無火迴送時的動力性質..... 649

第十節 主動輪的動力作用與曲柄機構的設計..... 650

第十一節 動輪均衡的校驗..... 653

一 做交錯均衡的主動輪 二 不做交錯均衡的他動輪

第十二節 多缸機車的均衡..... 655

第六章 閥動裝置..... 663

第一節 概述..... 663

第二節 汽閥的運動規律..... 664

第三節 閥動極線圖——醉納耳圖..... 665

第四節 活塞與曲柄銷的相互位置..... 669

第五節	勃里克斯法在閥動極線圖上的應用	671
第六節	閥動橢圓圖——梭赫圖	674
第七節	閥動簡諧圖	678
第八節	各種閥動圖的比較	678
	一 極線圖 二 橢圓圖 三 簡諧圖	
第九節	雙偏心機構的理論基礎	679
第十節	華氏閥動裝置	681
	一 華氏閥動機構的原理 二 汽口寬度及汽口開度 三 汽 閥直徑及閥動裝置的構造特性係數 四 新汽餘面 閥程、乏汽餘 面及導程 五 增程機構在華氏閥動裝置上的應用 六 華氏閥 動機構的設計 七 我國ПЧ-1、ПЧ-2型機車及蘇聯 ФД、HC、Л 型機車的華氏閥動裝置 八 華氏閥動機構的慣性載荷 九 華 氏閥動裝置的構件及回動裝置	
第十一節	輔助汽口	744
第十二節	多缸機車的閥動機構	748
第十三節	抽絲現象與汽口開啓面積的關係	751
第十四節	提動閥	754
第七章	機車惰行運轉及反汽制動	773
第一節	惰行運動	773
	一 進氣閥 二 旁通閥 三 惰行閥 四 特羅菲莫夫汽閥	
第二節	反汽制動	785
第八章	根據依閥動極線圖所繪的示功圖預繪新車的各種 特性曲線的方法	787

第四編 車架部分及其他

第一章	主車架	795
第一節	主車架的構造	795
第二節	由汽缸傳給主車架的力	799

第三節 主車架的強度計算	804
第二章 動軸箱、動軸箱的導板及楔板	821
第一節 動軸箱	821
第二節 動軸箱的導板及楔板	826
第三章 機車轉向架	828
第一節 機車轉向架的功用	828
第二節 機車轉向架的種類	830
第三節 機車轉向架的復原裝置	834
一 疊板彈簧式復原裝置	
二 螺旋彈簧式復原裝置	
三 搖	
擺式復原裝置	
四 搖胸式復原裝置	
五 轆式復原裝置	
第四節 機車轉向架車架及輔助輪對	846
第四章 彈簧裝置	850
第一節 彈簧裝置的用途及種類	850
第二節 荷重彈簧	853
一 彈簧的種類	
二 彈簧的彈度及剛度	
三 彈簧撓力圖	
四 疊板彈簧的內摩擦	
五 疊板彈簧的計算	
六 螺旋彈簧	
的計算	
七 軟彈簧與硬彈簧	
第三節 彈簧鞍	865
第四節 彈簧吊桿	868
第五節 平衡梁	872
第六節 獨立彈簧	879
第七節 連接式彈簧裝置	880
第八節 彈簧裝置的支點	884
第九節 三支點彈簧裝置及多支點彈簧裝置	886
第十節 彈簧裝置的剛度及撓度	889
第十一節 機車的橫向安定性	893
一 後支點無橫梁的三支點支懸的機車的橫向安定性	
二 後支	
點無橫梁的矩形四支點支懸的機車的橫向安定性	
三 後支點有	

橫梁的三支點或矩形四支點支懸的機車的橫向安定性

第十二節 機車彈簧裝置舉例..... 900

- 一 調車機車的彈簧裝置 二 兩輪前轉向架機車的彈簧裝置
三 四輪前轉向架機車的彈簧裝置 四 馬萊式機車的彈簧裝置

第十三節 以疊板彈簧為縱平衡梁的彈簧裝置..... 905

第十四節 重量的分配..... 907

- 一 重量及重心 二 蘇聯主型機車的各部分的重量 三 三支
點支懸和矩形四支點支懸的機車的重量分配的計算

第五章 機車簧上部分的振動..... 935

第一節 自由振動..... 936

- 一 浮沉振動 二 點頭振動 三 滾動振動

第二節 強迫振動..... 944

第三節 ПЧ、ПЧ_А及Ч_Т型機車從輪彈簧易於斷折的問題..... 951

第六章 機車作用於軌道的鉛垂動壓力..... 961

第一節 死重量可能引起的車輪荷重變化..... 961

第二節 機車的鉛垂動力特性曲線..... 966

第七章 曲線運轉..... 973

第一節 曲線運轉幾何學..... 973

- 一 概述 二 圖解法 三 分析法 四 無緣輪輻的寬度
五 可通過的曲線的最小半徑 六 機車轉向架在曲線上的位置

第二節 曲線運轉動力學..... 1011

- 一 概述 二 機車在曲線上的速度與橫向安定 三 輪緣力
的求法 四 曲線運轉的安全條件

第三節 車輪直徑與曲線運轉..... 1036

第八章 中間牽引裝置及煤水車..... 1040

第一節 中間牽引裝置..... 1040

第二節 煤水車	1041
第九章 撒砂及潤滑	1045
第一節 撒砂裝置	1045
第二節 潤滑油	1047
第三節 潤滑方法	1048
第四節 汽凝式給油器	1050
第五節 機械式給油器	1053
第六節 用機械式給油器集中給油的方法	1057
第七節 潤滑油量	1061
第十章 制動	1063
第一節 空氣制動機概述	1063
一 ET-6 型制動機 二 三通閥	
第二節 空氣壓縮機及主儲氣筒	1076
一 各式空氣壓縮機的比較 二 所需的空氣壓縮機容量 三 所需的主儲氣筒容積及主儲氣筒的強度計算	
第三節 制動力及制動率	1082
第四節 列車制動係數及列車減速力	1089
第五節 制動波	1090
第六節 制動時發生的四個現象	1097
一 第一現象 二 第二現象 三 第三現象 四 第四現象	
第七節 列車制動距離	1106
第八節 每百噸列車重量所需的制動瓦壓力	1111
第九節 基礎制動裝置的形式	1115
第十節 機車動輪制動瓦的位置	1116
第十一節 制動槓桿率	1118
第十二節 制動瓦與車輪踏面間的空隙	1127
第十三節 基礎制動裝置各主要構件及其強度計算	1128
第十四節 手制動裝置	1136
第十五節 反汽制動力	1138

第三編 汽機及走行部分

汽機及走行部分的主要構成部分爲(圖 I-1):

汽缸——1—3, 30—33;

往復部分——9—12;

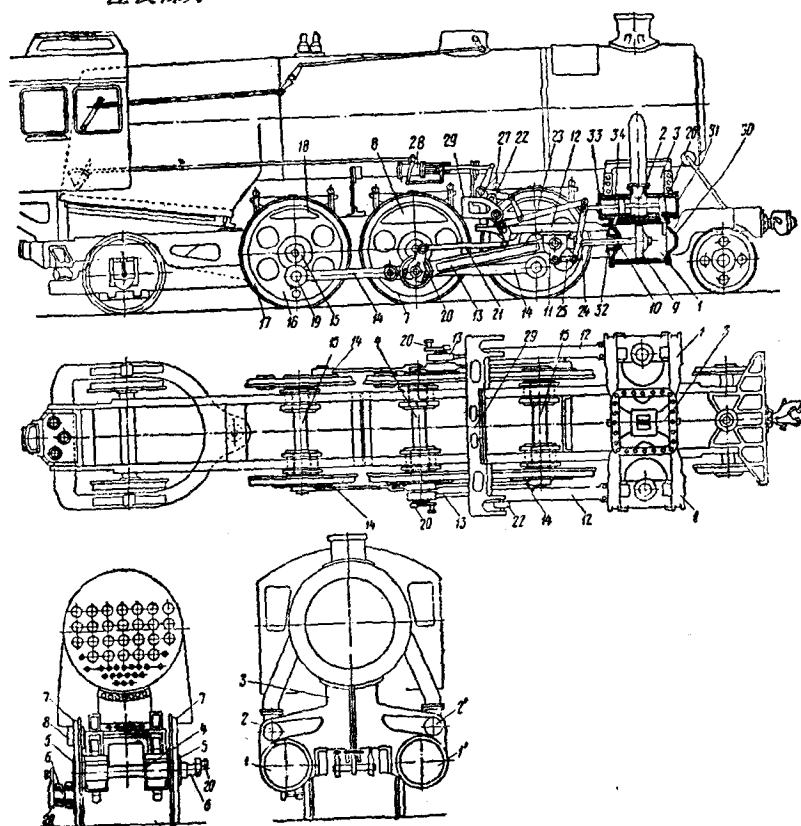


圖 I-1

搖桿及連桿——13—19；

主動輪對——4—8；他動輪對——15—19；

閘動裝置——20—29, 34。

第一章 汽 缸

第一節 汽缸的排列

兩缸單式機車(圖 I-1 及圖 I-2 a)是最普遍的機車。三缸或四缸單式機車(兩缸在車架外,其餘一缸或兩缸在車架內)(圖 I-2 b)的均衡性質及輪周牽引力勻度均較優良,故在同一許用軸荷重下,可以得到較大的黏着牽引力或限制速度;但因構造複雜(須用曲柄軸)、檢修不便,所以遠不及兩缸單式機車普遍。

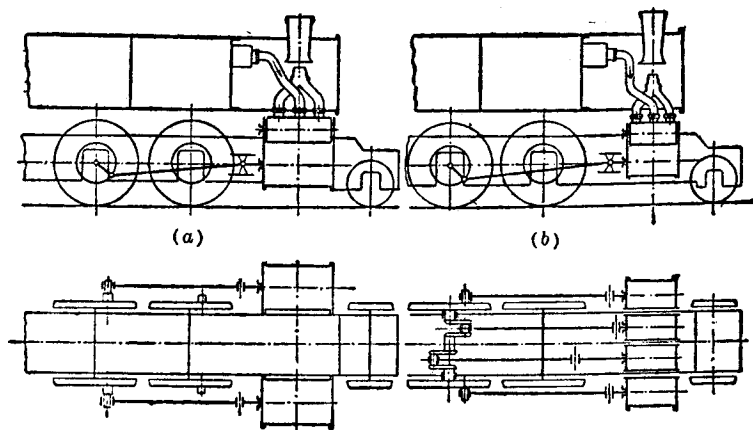


圖 I-2

這些單式機車的汽缸安裝在車架前部,與過熱器頭和乏汽噴嘴相鄰,有縮短汽管和乏汽管的優點。

圖 I-3 a 是牽引高速重旅客列車用的、四缸都安置在車架外的同車架四缸單式機車。其優點如下：

1. 活塞衝程小，活塞速度就小，故可在同一速度下得到較高的平均指示壓力；

2. 汽缸直徑小，活塞壓力就小，可以減輕傳動機構的重量；

3. 每一搖桿帶動的動軸數少，故機械阻力較小；

4. 汽缸直徑小， $\frac{\text{汽閥直徑}}{\text{汽缸直徑}}$ 可稍增，可於高速運轉時得到較高的平均指示壓力；

5. 往復部分輕、連桿裝置簡單以及活塞壓力小，可以節省機車的維護和修理費用。

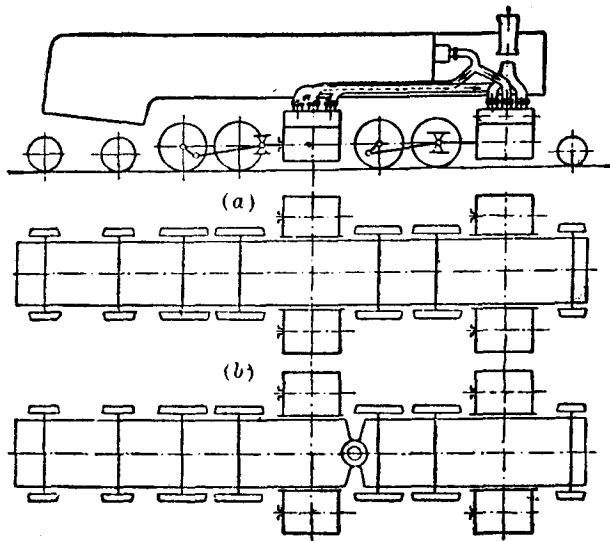


圖 I-3

圖 I-3 b 是山區內牽引重貨物列車用的分置在兩個能相互轉動的車架上的四缸單式機車（馬萊式機車）。

第二節 汽缸的構造

一 汽 缸

圖 I-4 是蘇聯 ΦA 型機車的汽缸。

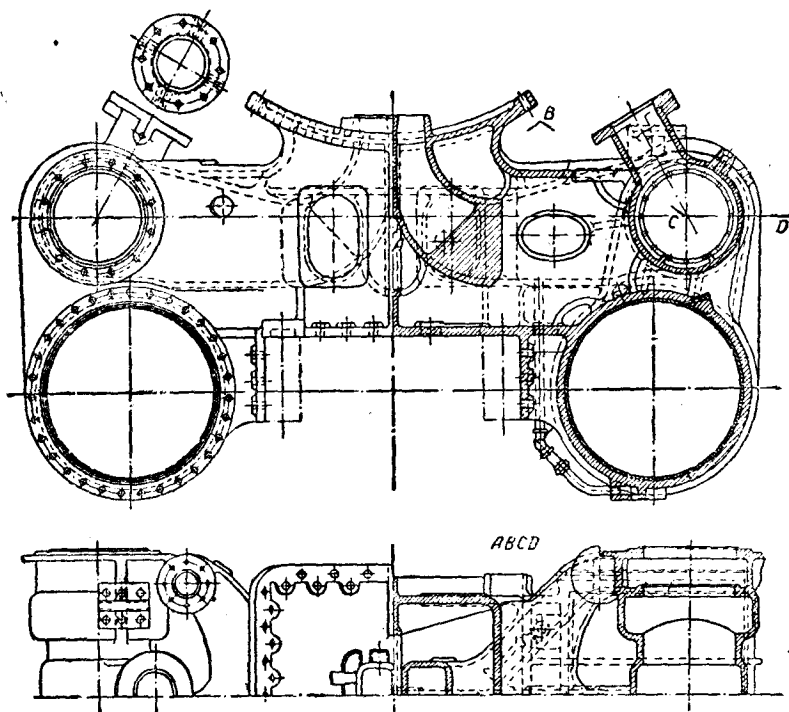


圖 I-4

汽缸由高級鑄鐵($C=3.0-3.2\%$, $C_{\text{化合}}=0.7-0.9\%$, 抗彎強度 $\geq 44 \text{ kg/mm}^2$, 抗牽強度 $\geq 24 \text{ kg/mm}^2$) 或 $0.25\% C$ 鑄鋼 (抗牽強度 $\geq 45 \text{ kg/mm}^2$) 鑄成。鑄鋼汽缸較鑄鐵汽缸約輕 20% , 且具可鍛性和韌性; 但其製造成本較鑄鐵汽缸的高。製造具有鑄鋼汽缸的機車時, 爲

減少活塞和汽缸的磨耗，缸內必須安裝鑄鐵襯套；製造具有鑄鐵汽缸的機車時，缸內可以不必要安裝鑄鐵襯套，俟缸壁磨耗至使用限度時再行安裝。

鑄鋼汽缸的缸體厚度可用厚壁圓筒公式校驗：

汽缸與襯套間的相互壓力：

$$p = \frac{e}{r_1} \cdot \frac{1}{\left(\frac{x+1}{x-1} + \frac{1}{m}\right) \frac{1}{E_s} + \left(\frac{y+1}{y-1} - \frac{1}{m}\right) \frac{1}{E_i}} \text{ kg/cm}^2 \dots\dots (I-1)$$

式中： e = 襯套嵌合裕量之半，cm，

$$x = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2,$$

$$y = \left(\frac{r_1}{r_0}\right)^2,$$

r_0 = 襯套內半徑，cm，

r_1 = 襯套外半徑或缸體內半徑，cm，

r_2 = 缸體外半徑，cm，

$\frac{1}{m}$ = 波桑係數 = 0.3，

E_s = 鑄鋼的彈性模數 = 2.1×10^8 ，kg/cm²，

E_i = 鑄鐵的彈性模數 = $(10-12) \times 10^8$ ，kg/cm²。

嵌入後汽缸內壁的切線應力：

$$\sigma_{t, sk} = p \frac{x+1}{x-1}, \text{ kg/cm}^2 \dots\dots (I-2)$$

蒸汽壓力引起的汽缸內壁的切線應力：

$$\sigma_{t, st} = \frac{r_0^2 p_b}{r_2^2 - r_0^2} (x+1), \text{ kg/cm}^2 \dots\dots (I-3)$$

式中： p_b = 鍋爐汽壓，kg/cm²。

合成應力：

$$\sigma_t = \sigma_{t, sh} + \sigma_{t, st}, \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (I-4)$$

【例】蘇聯 ΦA 型機車的汽缸直徑 $2r_0 = 670 \text{ mm}$,

鍋爐汽壓 $p_b = 16 \text{ kg/cm}^2$,

襯套厚度 $\delta_t = 2.0 \text{ cm}$,

缸體厚度 $\delta_c = 2.5 \text{ cm}$,

嵌合裕量 $2e = 0.0125 \text{ cm}$.

計入表面光滑程度,有效嵌合裕量可取為:

$$2e = 0.0125 - 0.003 = 0.0095 \text{ cm},$$

因此,
$$p = \frac{0.0095}{71} \cdot \frac{1}{\frac{15.1}{2.1 \times 10^6} + \frac{17.4}{12 \times 10^5}} = 6.2 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_{t, sh} = 6.2 \times \frac{1.145 + 1}{1.145 - 1} = 6.2 \times \frac{2.145}{0.145} = 92 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_{t, st} = \frac{67^2 \times 16}{76^2 - 67^2} (1.145 + 1) = 254 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_t = 92 + 254 = 346 \text{ kg/cm}^2.$$

加套的鑄鐵汽缸的缸體厚度可用下列近似公式校驗:

$$\sigma_t = \frac{x + 1}{x - 1} \left[\frac{e E_t}{r_1 \left(\frac{x + 1}{x - 1} + \frac{y + 1}{y - 1} \right)} + p_b \right], \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (I-5)$$

式中: σ_t = 合成應力, $< 250 \text{ kg/cm}^2$,

e = 襯套嵌合裕量之半, cm

$$x = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2,$$

$$y = \left(\frac{r_1}{r_0} \right)^2,$$

r_0 = 襯套內半徑, cm,

r_1 = 缸體內半徑, cm,

r_2 = 缸體外半徑, cm,

p_b = 鍋爐汽壓, kg/cm²,

E_i = 鑄鐵的彈性模數 = $(10-12) \times 10^5$, kg/cm²。

桁式車架的機車的汽缸與鍋爐座多為一個整的鑄件。這樣較由個別的鍋爐座、汽缸、間梁等組成者不但省料、省工(約可省 $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ 的工), 而且堅固。這一鑄件是機車前部的主要構件。如果加工設備不夠大, 左右兩缸可分為兩個鑄件, 用中碳鋼(0.3% C)製的拔梢螺栓(直徑 = 30—36 mm)連起。

汽缸與車架用 20—40 個直徑 = 28—36 mm 的中碳鋼製的拔梢螺栓(斜度 = 1:192 或 1:200; 嵌合裕量 = 0.075—0.10 mm)相連(圖 I-5); 汽缸與鍋爐用 50—60 個直徑 = 25—30 mm 的中碳鋼製的拔梢螺栓相連。在汽缸座前緣與車架之間嵌入楔塊(圖 I-6), 以減輕連接車架與汽缸的螺栓的應力。楔塊的尺寸如第 I-1 表所示。

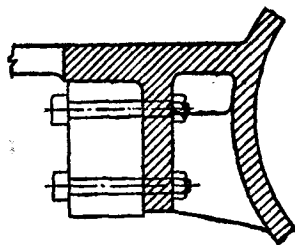


圖 I-5

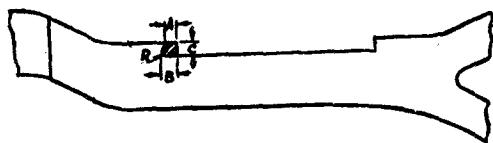


圖 I-6

第 I-1 表

汽缸直徑, mm	A, mm	B, mm	C, mm	R, mm
460—560	25	32	64	12
580—740	32	38	76	18

汽缸鑄件的構造十分複雜，各部分的厚度不易計算求得，故皆根據經驗（鑄造的需要、鑄件的剛度、震動的抵抗等）決定。汽缸各部分的厚度如第 I-2 表所示。

第 I-2 表

項 目 \ 類 別	鑄鋼汽缸	鑄鐵汽缸
汽缸厚度, mm	25—30	30—40
汽櫃厚度, mm	20—25	25—30
鍋爐座立壁厚度, mm	22—25	25—30
鍋爐座凸緣厚度, mm	40—50	45—55
車架座凸緣厚度, mm	45—60	50—75

汽櫃容積愈大愈好。為減少因鑄造而發生的內應力及因汽缸與汽櫃的溫度差而發生的熱應力，汽櫃壁必須與汽缸壁分離，而以汽道相連

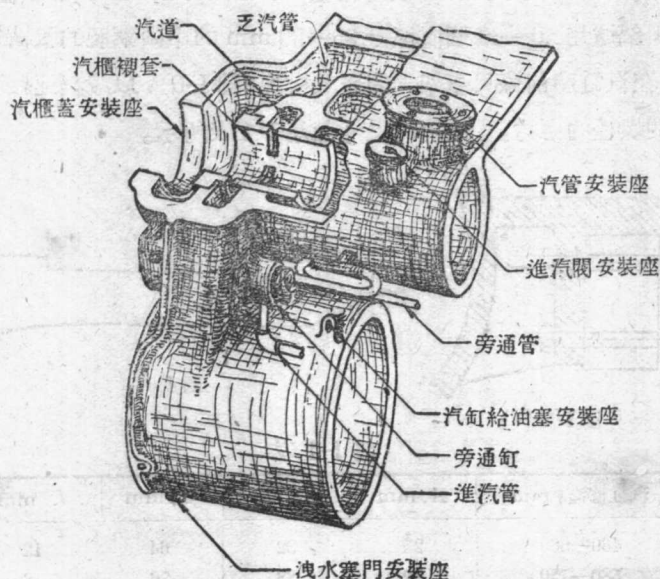


圖 I-7