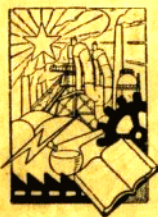


起重運輸機

陳道南 編譯
陳燕生
下冊



民智書店出版

1953

目 錄 (下冊)

第二篇(續) 起重機

第四章 橋式起重機

§ 4.1 概說	201
§ 4.2 橋式起重機的機架運行機構	203
§ 4.3 橋式起重機機架	208
§ 4.4 各種類型橋式起重機	245

第五章 旋轉起重機

§ 5.1 旋轉機構	249
§ 5.2 改變幅度的機構	268
§ 5.3 旋轉起重機的機架	277
§ 5.4 旋轉起重機的穩定性	289
§ 5.5 旋轉起重機的設計與構造	295

第三篇 運輸機

第六章 連續運輸機的組成機件

§ 6.1 機性牽引機構	301
§ 6.2 支承與轉向設備	311
§ 6.3 滑輪與星輪	315
§ 6.4 傳動機構	322
§ 6.5 拉緊設備	326

第七章 連續運輸機一般理論

§ 7.1 連續運輸機的生產率·····	328
§ 7.2 運動阻力係數·····	330
§ 7.3 撓性牽引機構運輸帶的計算特點·····	334

第八章 撓性牽引機構的連續運輸機

§ 8.1 帶型運輸機·····	345
§ 8.2 板型運輸機·····	363

第九章 非撓性牽引機構運輸機

§ 9.1 滾棒型運輸機·····	374
§ 9.2 錫桿運輸機·····	390

第四章 橋式起重機

§ 4.1 概說

橋式起重機是最常用的一種起重機，用於一切工業部門中的車間內部和倉庫內部之運輸工作。

每一個橋式起重機都由後列各項組成：（一）橋式機架——機架裝置在行輪上並沿軌道運行，軌道沿車間或倉庫在柱的支架上（或在廠房突出牆上）鋪設。（二）機架運行機構和（三）行車——行車沿橋架運行並支承運行機構和升降機構。

橋式起重機可以在空間的任何點之間轉運貨物；當然，這個空間要受到搬貨裝置上升的高度、軌道的長度以及行車運行軌道的長度（起重機橋的跨度）的限制。

根據使用的部門和貨物的種類，橋式起重機可分為吊鉤的、電磁鐵的（起重磁鐵）、抓斗的等等。

依照傳動的種類，橋式起重機可分為：（一）人力推動的，（二）由裝置在起重機外部的發動機傳動的，（三）由直接與起重機一起移動的馬達傳動的（單馬達和多馬達的電動起重機）。

圖 118 所示為一手動（用手鏈輪曳動）的橋式起重機。

以上除行車已在前章敘及外，本章將詳細介紹機架運行機構和機架之設計步驟與計算方法。最後並附有幾種不同型式的橋式起重

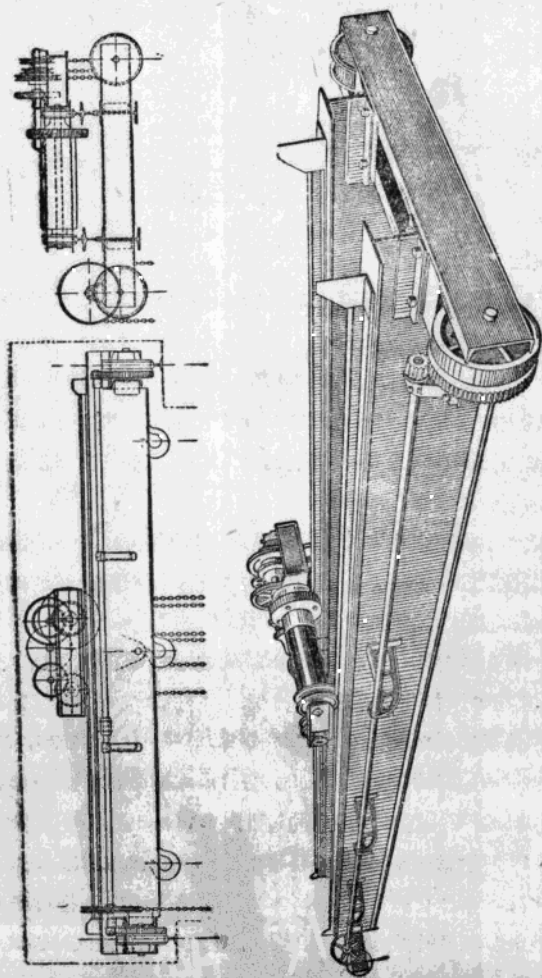


圖 119. 手動雙絲起重機

§ 4.2 橋式起重機的機架運行機構—分手動與電動兩種：

(一) 手動橋式起重機機架運行機構

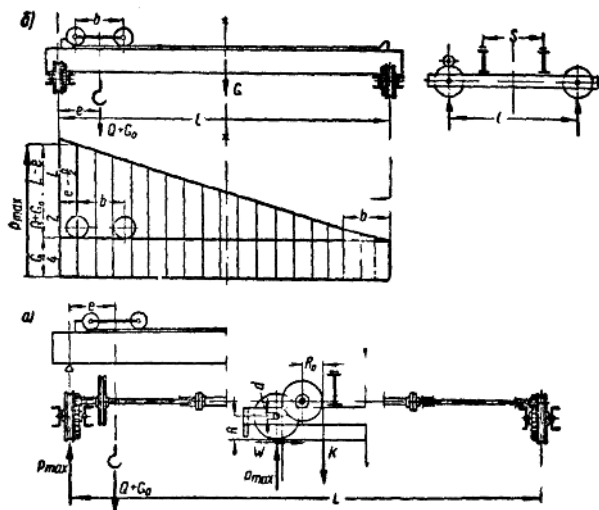


圖 120. 手動橋式起重機的運行機構

如圖 120a 所示為手動橋式起重機的運行機構。在普通情況下，其組成部分與起重機的行車運行機構相同。由主動軸上的手鏈輪經過兩組平行正齒輪，使機架兩個主動行輪轉動；而行輪係安裝在機架橫樑上。

輪壓一輪壓的大小隨行車的位置而不同。在普通四輪橋式起重機中，當滿載負荷之行車行抵所謂跨度的靜點 e 處時，則該端車輪輪壓最大。 e 是在極限位置的吊鉤中心與車輪軌道中心的距離（圖 120b）。如果以 G 示起重機自重（不包括行車）， G_0 示行車自重，則四輪起重機之最大輪壓可近似地按下式求出（圖 120b）

$$P_{\max} \approx \frac{G}{4} + \frac{Q+G_0}{2} \frac{L-e}{L} \dots\dots\dots (210)$$

手動機架運行機構的動行阻力，傳動比與速度按公式(177)——(180)計算，與手動行車運行機構同。惟公式(177)中的 $(Q+G_0)$ 必須以 $(Q+G_0+G)$ 代替，在此種情況下，係數 β 一般採用為 $\beta=1.4$ — 1.6 。

(二) 電動橋式起重機機架運行機構

圖(121)所示為電動橋式起重機機架運行機構的簡圖

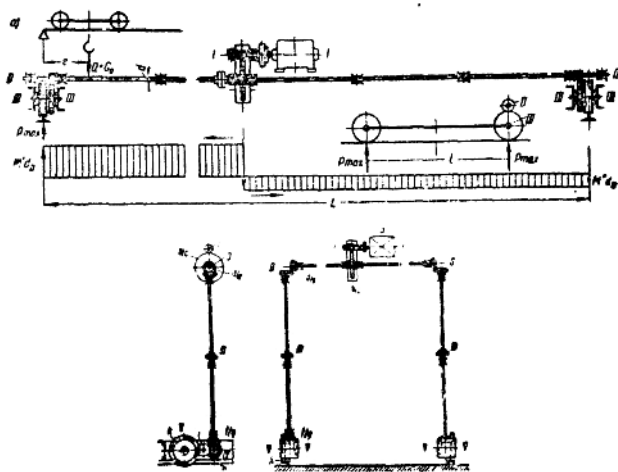


圖 121. 電動起重機的運行機構

(1) 輪壓——四輪起重機的輪壓用公式(184)求得，與手動起重機同。如起重機的吊重與跨度均較大時，輪壓亦隨之較大，則應裝置八個或更多的車輪。在此種情況下，為了消除計算輪壓時的靜力不定性，把車輪成對裝在平衡的車架上，其法如圖 122 所示。

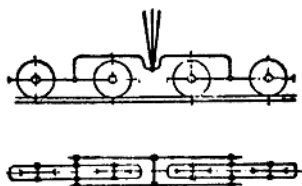


圖 122.

(2) 運行阻力用與手動式相同的方法求之如下:

$$W = \beta(Q + G_0 + G)w \dots \dots \dots (211)$$

公式(211)未計算由於逆風時所引起的運行阻力 W_A 。

當起重機在露天場地工作時,此項阻力必須計算之。

(3) 馬達功率:傳動比與車輪轉數按行車運行機構中公式(181)(182)與(183)確定之。

傳動機構的最大扭力矩,應以滿載負荷的行車,行抵跨度的靜點 e 時計算之。在四輪起重機中,最大扭力矩等於運行阻力矩的一部分,即

$$M'_{dH} = \beta \left[\frac{G}{2} + \frac{Q + G_0}{L} (L - e) \right] wR \dots \dots \dots (212)$$

(4) 驗算附着力:為避免起重機與行車運行機構的主動輪的空轉,在計算任何運行機構時必須要驗算牽引附着力。牽引附着力,或車輪和軌道的附着力即光滑接觸表面所產生之靜摩擦阻力,其大小按下式求之。

$$Z = \Sigma P f \dots \dots \dots (213)$$

式中 ΣP —同時作用在主動輪上壓力之和的最小值;

f —輪和軌道的附着係數,其平均值如下:

對於乾燥軌道 $f \leq 0.15 - 0.2$; 對於潮濕軌道 $f \leq 0.1 - 0.12$ 。

牽引附着力必須大於主動輪運行阻力，該項阻力應於總運行阻力中減去主動輪軸承中之摩阻力 ρ 。

$$\text{即 } W - \sum P \mu \frac{d}{D} < Z \quad (214)$$

實際上主動輪軸承中的摩阻力並不作用在輪周上，因為該力主要是軸承所吸收，並不影響車輪在軌道上滑動或空轉。

於是公式(213)可以化為下式即

$$Z = aW \quad (215)$$

式中 a —牽引附着力安全係數，其值為 $a \approx 1.3$ 。

如驗算行車的牽引附着力時， $\sum P$ 中應不計起重機自重 G ；阻力 W 應同樣不計算 G 。

例題 9. 確定一電動橋式起重機的機架運行機構馬達功率及其制動力矩。

已知：起重機跨度 $L_K = 14$ 公尺，起重機機架運行速度 $v_K = 104$ 公尺/分。其他條件同例(7)。

(一)機架運行機構的馬達功率：

(1) 運行阻力：起重機自重查 ГОСТ 3322—46。 $G + G_0 = 15$ 公噸

$$W = \beta(Q + G + G_0)\omega = 1.5(5 + 15)18.5 = 555 \text{ 公斤}$$

當 $D = 700$ 公厘， $d = 120$ 公厘時， w 查出為 18.5 公斤/公頓

(2) 靜功率：

$$N = \frac{Wv}{75\eta} = \frac{555 \times 100}{75 \times 60 \times 0.85} = 14.5 \text{ 馬力}$$

選取馬達：型式 KT₀¹¹⁰/1004，轉數—965。

(3) 靜阻力矩：

$$M_{\text{ст}} = 716.2 \frac{N}{n} = 716.2 \frac{14.5}{965} = 10.78 \text{ 公斤—公尺}$$

(4) 起動時的動力矩:

$$\begin{aligned} M_{\text{動}} &= \frac{8GD^2n}{375t_n} + \frac{0.975Gv^2}{nt_n\eta} \\ &= \frac{1.15 \times 1.96 \times 965}{375 \times 5} + \frac{0.975 \times 20000 \times 100^2}{60^2 \times 965 \times 0.85 \times 5} \\ &= 14.36 \text{ 公斤—公尺} \end{aligned}$$

GD^2 的算法同上例

(5) 起動時馬達的力矩為:

$$M_{\text{AB}} = M_{\text{CT}} + M_{\text{動}} = 10.78 + 14.36 = 25.14 \text{ 公斤—公尺}$$

(6) 驗算馬達過載:

$$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = \frac{25.14}{11.15} \approx 2.26 \text{ 小於 } 2.5$$

(二) 起重機的機架運行機構的制動力矩:

(1) 不計輪緣摩擦的運行阻力 (即 $\beta=1$)

$$W = (Q + G + G_0)\omega = 20 \times 18.5 = 370 \text{ 公斤}$$

(2) 靜阻力矩: 制動器裝在馬達軸上, 則制動功率為:

$$N_{\text{top}} = \frac{Wr}{75\eta} = \frac{370 \times 10}{60 \times 75 \times 0.85} \approx 9.7 \text{ 馬力}$$

$$M'_{\text{CT}} = 716.2 \frac{N_{\text{top}}}{n_{\text{top}}} = 716.2 \frac{9.7}{965} = 7.2 \text{ 公斤—公尺}$$

(3) 制動時計算到馬達軸上的動力矩: 假設制動半徑的車輪, 則制動行程

$$s > \frac{v}{70} = \frac{100}{75} = 1.43 \text{ 公尺}$$

所以制動時間

$$t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \times 1.43 \times 60}{100} = 1.72 \text{ 秒}$$

採取 $t_{\text{top}} = 2$ 秒, 則

$$\begin{aligned}
 M'_{\text{анн}} &= \frac{8GD^2\eta}{375t_{\text{top}}} + \frac{0.975G'v^2\eta}{nt_{\text{top}}} \\
 &= \frac{1.15 \times 1.96 \times 965}{375 \times 2} + \frac{0.975 \times 20000 \times 100^2 \times 0.86}{60^2 \times 965 \times 2} \\
 &\approx 26.7 \text{ 公斤—公尺}
 \end{aligned}$$

(4) 制動力矩應為

$$M_T = M_{\text{анн}} - M'_{\text{ст}} = 26.7 - 7.2 = 19.5 \text{ 公斤—公尺。}$$

§ 4.3 橋式起重機機架

在起重機的架上裝有全部工作機構, 電器設備, 原動機與操縱儀器。故機架承受由於自重、荷重、風力(起重機在場外工作時)、慣性力等所產生的外載荷, 諸如此種各項載荷通過行輪及軌道或其他途徑傳給建築物的基底或支承結構。

機架必須保證全部構造的堅固和穩定。換言之, 各部分的應力不能超過許用應力, 而變形亦必須保持在彈性限度以內。同時變形必須是相當輕微, 甚至在機架受到交變載荷時, 不論在整個機架或其各單獨部分也不致發生振動。

機架的剛性是全部工作機構的安全及不發生事故的條件之一。因此必須十分仔細進行機架的計算。

根據起重機的吊重及跨度的大小, 決定橋式起重機機架應設計為實心樑(I 字型樑或合成板樑)或桁架樑。

(一) 實心(合成)樑

帶有實心樑的橋式機架由二主樑構成, 主樑的末端固定於二橫樑上, 在橫樑上裝置行輪。輔助樑或邊樑、橫撐桿和平台墊板以及駕駛室是附加部分, 根據具體情況可有可無(在所有的實心樑機架上並

非都有這些部分)。

樑的許用彎曲應力和允許垂度是計算實心樑時的主要根據。

樑的垂直載荷—自重(固定載荷)與最大荷重時的行車輪壓。而主樑的計算自重,是由樑的自重加以運行機構(除去行輪)、橫撐桿與墊板(如果有時)等重量之半。圖(123)所示為電動橋式起重機主樑

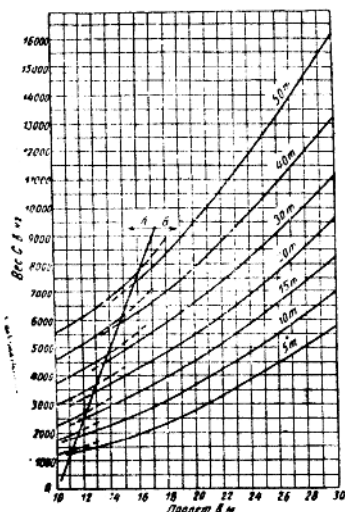


圖 123. 確定橋式起重機主樑的大概重量的曲線

的計算自重,起重量由 5 至 50 公噸,其跨度由 10 至 30 公尺。

茲示計算步驟如下:

(1) 由固定載荷所引起之彎曲力矩與剪力如圖 124, a 所示。 L 為起重機之跨度,以公尺計; G 為主樑自重,以公噸計; q 為主樑一公尺長度的自重以公噸計,距支點(A) x 處之彎曲力矩為

$$M_x = q \cdot \frac{L}{2} \cdot x - q \cdot \frac{x^2}{2} = q \cdot \frac{x}{2} \cdot (L - x) \text{ 公噸—公尺} \quad (216)$$

最大彎曲力矩(在 $x=L/2$ 時):

$$M_q^{\max} = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{G \cdot L}{8} \text{公噸—公尺} \dots\dots\dots (217)$$

根據上式可知彎曲力矩分佈在跨度 L 上的曲線為一拋物線, 其最大縱座標為 $M_q^{\max}$ (圖 124 Д)。

距離左支點(A) x 處之橫剪力為:

$$T'_x = q \cdot \left(\frac{L}{2} - x \right) \text{公噸} \dots\dots\dots (218)$$

最大橫剪力發生於支點處(即 $x=0$ 或 $x=L$ 時), 其值為

$$T'_{\max} = \pm q \cdot \frac{L}{2} \text{公噸} \dots\dots\dots (219)$$

故剪力圖如圖 124 Д 所示。

(2) 由行動負荷(行車及吊重)所引起之彎曲力矩與剪力:

當負載行車的重量平均分佈於四個行輪時, 則在每一個行輪上的輪壓為

$$P = \frac{Q + G_0}{4} \text{ (式中 } Q \text{—吊重, } G_0 \text{—行車自重)}.$$

在此種情況下我們可以認為有兩個相等的重量 P 及 P 運行於主梁之上, 其間之距離為 b 。今從左支點開始計算彎曲力矩, 當左端輪壓 P 作用在離 A 支點 x 處時, 該處之彎曲力矩為:

$$M_p = \frac{2P}{L} \cdot \left(\left[L - \frac{b}{2} \right] - x \right) \cdot x \text{公噸—公尺} \dots\dots\dots (220)$$

令 $\frac{dM_p}{dx} = 0$, 可以求出最大彎曲力矩在 $x = \frac{L}{2} - \frac{b}{4}$ 處, 即在距跨

度中點 $\frac{b}{4}$ 之處

$$M_p^{\max} = \frac{P}{2L} \cdot \left(L - \frac{b}{2} \right)^2 \text{公噸—公尺} \dots\dots\dots (221)$$

彎曲力矩沿具有最大座標 $M_p^{\max}$ 的拋物綫，分佈於線段 $L - \frac{b}{2}$ 上。同樣可以從右支點開始計算彎曲力矩，亦可得對稱的彎曲力矩曲線（圖 124, B）。故可通過 0—1—2—3 諸點，作一包括此兩拋物綫的曲線，即為行動負荷之總彎曲力矩圖（圖 124, B）。

最大彎曲力矩隨行輪之間距離增加而減少。若行輪之間距離 b （例如手動行車）與長度 L 相比之下甚小時，則作為 $b=0$ ；而由公式 (221) 得出 $M_p^{\max} = P \frac{L}{2}$ ，實際仍甚準確。

若輪壓不平均分佈於行車輪時，則可認為有 P_1 與 P_2 兩個不同重量的貨物在樑上行動（圖 121, a）；其合力為 $V = P_1 + P_2$ ，其

作用之處為 $b_1 = \frac{P_2 b}{V}$ 和 $b_2 = \frac{P_1 b}{V}$ 。

在此種情況下，當左行輪在距左支點 x 處時，該處斷面上的彎曲力矩則為：

$$M'_p = \frac{V}{L} \cdot [(L - b_1) - x]x \text{ 公頓公尺。} \dots\dots\dots (222)$$

最大彎曲力矩在距離主樑中點 $\frac{b_1}{2}$ 處。即

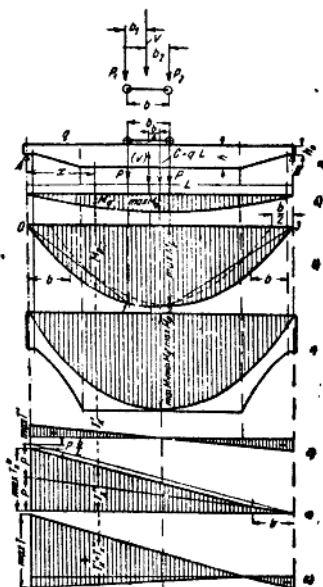


圖 124. 實心樑的彎矩圖和剪力圖

$$M_p^{\max} = \frac{V}{4L}(L-b_1)^2 \text{公噸公尺。} \quad (223)$$

公式(222)乃是沿長度 $(L-b_1)$ 而最大座標為 $M_p^{\max}$ 的拋物線。

用同樣方法可以求出,距右支點 x 處的 P_2 重量下斷面的上彎曲

$$\text{方矩爲 } M_p'' = \frac{V}{L}[(L-b_2)-x]x \text{公噸公尺} \quad (224)$$

$$M_p''^{\max} = \frac{V}{4L}(L-b_2)^2 \text{公噸公尺} \quad (225)$$

公式(224)是沿長度 $(L-b_2)$ 而最大座標為 $M_p''^{\max}$ 的拋物線。

在等重量 P 與 P 作用下,距離左支點 x 處的剪力(圖124e)

$$T''_x = \frac{2P}{L} \cdot \left[\left(L - \frac{b}{2} \right) - x \right] \text{公噸} \quad (226)$$

當 $x=0$ 時,作用於左支點之最大剪力為

$$T''_{\max} = A = \frac{2P}{L} \cdot \left(L - \frac{b}{2} \right) = 2P - P \cdot \frac{b}{L} \text{公噸} \quad (227)$$

距左支點 $(L-b)$ 處的剪力為

$$T''_b = P \cdot \frac{b}{L} \text{公噸} \quad (228)$$

剪力線圖如圖124,e所示。

在不等的重量 P_1 與 P_2 作用下,距離左支點 x 處之剪力為

$$T''^{P_1+P_2}_x = \frac{V}{L}[(L-b_1)-x] \text{公噸}$$

當 $x=0$ 時,則

$$T''^{P_1+P_2}_{(\max)} = A = \frac{V}{L}(L-b_1) = (P_1+P_2) - P_2 \cdot \frac{b}{L} \text{公噸}$$

距左支點 $L-b$ 處的剪力為

$$T_r = P_1 \cdot \frac{b}{L} \text{公噸}$$

自重及活動載荷所產生的力矩曲線相加即得合成力矩曲線(圖124,r)一有影線的面積。主樑各截面的斷面係數乘以許用應力即得

樑的強度曲線(許用力矩曲線)—圖(124.r)的外廓線。剪力合力圖示於圖124ж。

圖125所示為起重重量5至50公噸,跨度10至30公尺的橋式起重機主樑的 $M_p^{\max}$ 及 $N_p^{\max}$ 的數值曲線圖

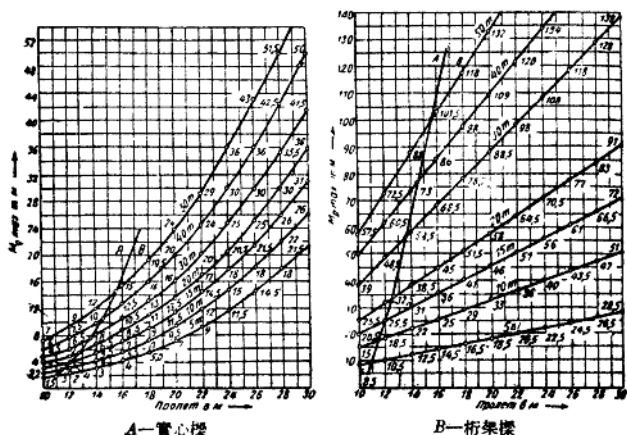


圖 125. 確定在起重機主樑上由固定和移動載荷引起的最大力矩 ($M_p^{\max}$ 和 $N_p^{\max}$) 的大概值的曲線

(3) 計算應力

1. 彎曲應力: 在主要載荷作用下:

$$\sigma = \frac{\psi M + \mu M_p}{W_{II}} \leq \sigma_{\lambda 0 II} \quad (229)$$

在主要及附加載荷作用下:

$$\sigma = \frac{\psi M + \mu M_p + \Sigma M_{\lambda 0 II \text{ и } \lambda}}{W_{II}} \leq \sigma_{\lambda 0 II} \quad (230)$$

2. 剪應力: 在主要載荷作用下:

$$\tau = \frac{(\psi T' + \mu T'') S_{0p}}{\delta J_{0p}} \leq \tau_{\lambda 0 II} \quad (231)$$

在主要及附加載荷作用下:

$$\tau = \frac{(\psi T' + \mu T'' + \sum T_{\text{дополн}}) S_{\text{бп}}}{\delta J_{\text{бп}}} \leq \tau_{\text{доп}} \dots \dots \dots (232)$$

式中的符號表示如下:

σ —法向作用應力(彎曲)公斤/公分²;

τ —切線作用應力(剪切)公斤/公分²;

$\sigma_{\text{доп}}$ 與 $\tau_{\text{доп}}$ —許用彎曲應力與許用剪切應力;

按 ГОСТ 960—46 採用:

2 號鋼, 其許可拉, 壓, 彎曲應力為

$\sigma_{\text{доп}} = 1400$ 公斤/公分², 僅考慮主要作用力;

$\sigma_{\text{доп}} = 1600$ 公斤/公分², 考慮主要及附加作用力。

其許可剪切應力:

$\tau_{\text{доп}} = 900$ 公斤/公分², 主要作用力;

$\tau_{\text{доп}} = 1000$ 公斤/公分², 主要及附加作用力。

3 號鋼— $\sigma_{\text{доп}} = 1600$ 或 1800 公斤/公分²,

$\tau_{\text{доп}} = 1000$ 或 1100 公斤/公分²;

ψ —由於固定載荷所引起之力的動力係數;

μ —由於行動載荷所引起之力的動力係數;

W_H —淨斷面係數(鉚釘孔除外);

$\sum M_{\text{дополн}}$ —由於附加作用力所引起的彎曲力矩之和;

$S_{\text{бп}}$ —各斷面上相當面積對於斷面中性軸的毛面矩(鉚釘孔不除外);

δ —斷面壁之厚度;

$J_{\text{бп}}$ —對於主軸的毛慣性矩(鉚釘孔不除外);

$\sum T_{\text{дополн}}$ —由於附加作用力所引起的剪力之和。