

79.781~~32~~

G<sub>2</sub>H<sub>2</sub>B 高等学校教学用书

# 起重运输机的金属结构

理 論 及 計 算

下 册

M. M. ГОХБЕРГ 著  
彭 声 汉 译

高等教育出版社



# 起重运输机的金属结构

## 理論及計算

下 册

M. M. 哥赫别尔格著  
彭 声 汉 譯

高 等 教 育 出 版 社

---

本書系根据苏联内河运输部出版社 (Издательство министерства речного флота СССР) 出版的技术科学副博士哥赫别尔格 (М. М. Гохберг) 所著的“起重运输机的金属结构” (Металлические конструкции подъемно-транспортных машин) 1949年版译出。原书经苏联内河运输部教育司审定作为水道运输工程学院教学参考书。

译本分上下两册出版:上册叙述金属结构及其构件设计的基本原理;下册叙述起重运输机械的金属结构。

## 起重运输机的金属结构

### 理論及計算

#### 下 册

---

М. М. 哥赫别尔格著

彭声汉译

、 高等教育出版社出版 北京琉璃厂170号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第054号)

上海大東集成聯合印刷廠印刷 新华書店总經售

---

統一書号 15010·527 开本 850×1168 1/32 印張 73/16 字數 173,000 印數 1—1,000

1957年10月第1版 1957年10月上海第1次印刷 定价(10) 1.10

# 下 册 目 录

## 第二篇 起重运输机的金属结构

第八章 桥式吊車 .....	195
§ 32. 选择桥架的型式和它的主要参数 .....	195
§ 33. 單梁式桥架 .....	202
§ 34. 四桁架式桥架 .....	207
§ 35. 双梁式桥架 .....	227
§ 36. 行車道和高架桥 .....	233
第九章 半門桁和門桁 .....	237
§ 37. 一般的問題 .....	237
§ 38. 計算和構造 .....	241
第十章 裝卸桥 .....	258
§ 39. 裝卸桥的一般問題及其主要参数的选择 .....	260
§ 40. 作用力及其計算組合 .....	270
§ 41. 桥架的上部結構 .....	272
§ 42. 支承架 .....	305
第十一章 臂架結構 .....	313
§ 43. 臂架的型式和作用在臂架上的荷重 .....	313
§ 44. 平面結構的臂架 .....	323
§ 45. 空間結構的臂架 .....	325
第十二章 旋轉吊車和悬臂吊車 .....	345
§ 46. 固定的旋轉吊車 .....	345
§ 47. 运行的旋轉吊車 .....	380
§ 48. 悬臂吊車 .....	383
第十三章 支架和塔架 .....	387
§ 49. 架空索道的支架 .....	387

---

§ 50. 纜索吊車和鏈運裝備的塔架 .....	389
附录 .....	398
計算公式 .....	398
參考書目 .....	415

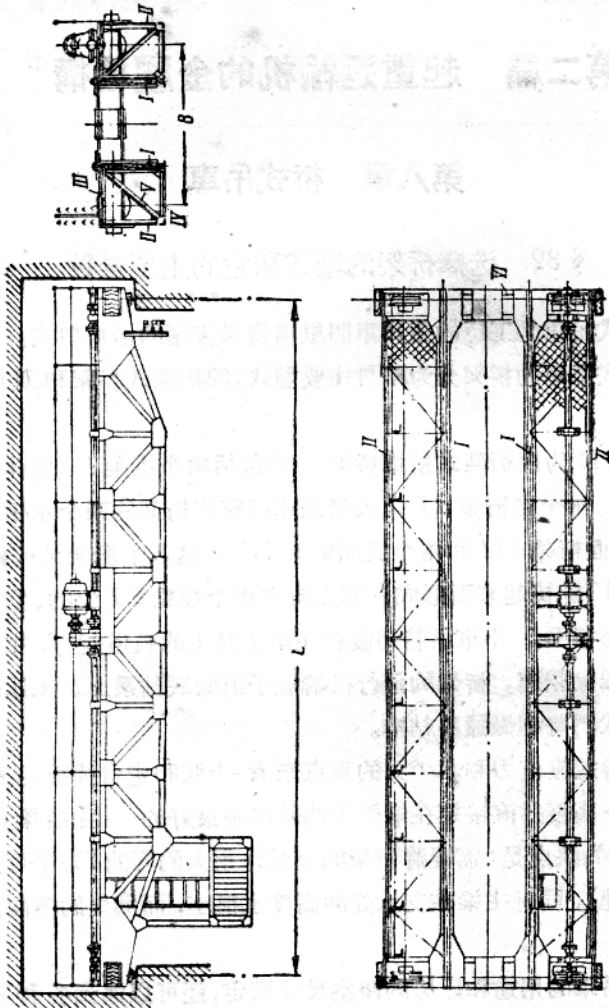


圖 111. 四桁架式吊車橋架。

高出行車軌道，而使主梁下弦須和端梁相連等等。

圖 112 為雙梁式吊車橋架。它是由一對具有足夠的空間剛度并支承于兩個端梁 *II* 上的箱型主梁 *I* 所組成的。小車沿着鋪設

在主梁上弦上的軌道运行。桥架的运行机构和看管它的走台設在与主梁相连接的悬臂上。

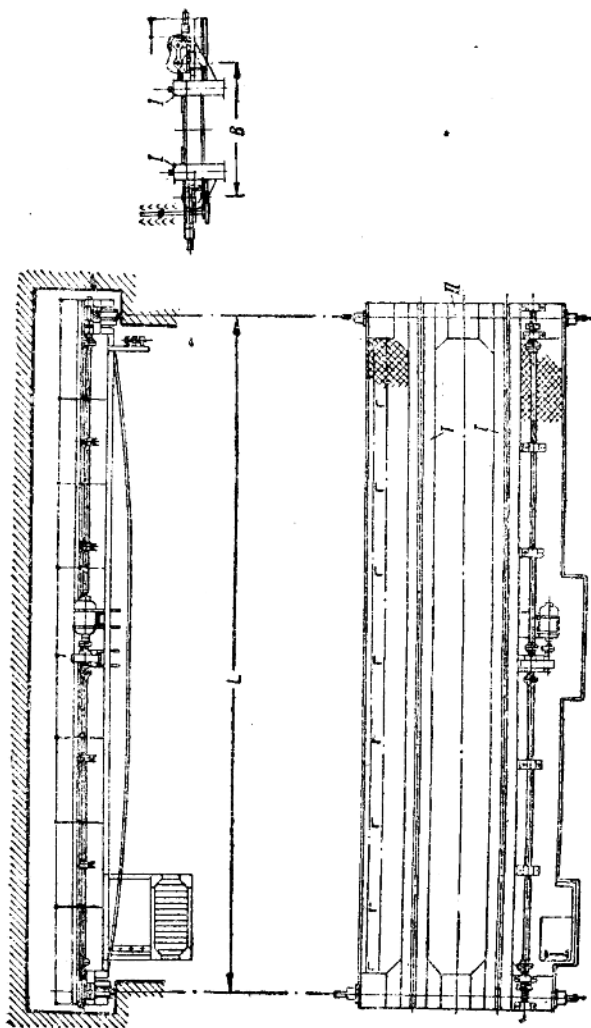


圖 112. 双梁式吊車桥架。

選擇吊車橋架的型式是一個主要的原則問題。在設計整個吊車時，一般在最初就要解決這個問題。我們不準備詳盡地討論這兩種型式的吊車機構的特性和加以評比，而只是研究並比較它們的金屬結構。

從工作的可靠性來說，可以認為四桁架式和雙梁式吊車橋架是一樣的。

從重量的觀點來看，雙梁式橋架稍遜於四桁架式橋架，尤其當吊車的起重量很小而跨度很大時。具有輾制的動輪和軸承箱的雙梁式吊車的運行機構亦較四桁架式的重些。因而雙梁式吊車動輪上的壓力在個別情況下要比四桁架式吊車的相應動輪上的壓力大20%。這也影響到廠房的行車大梁和柱。

雖然雙梁式橋架的重量稍大，但是從它的造價和製造時間說來，較之四桁架式橋架卻具有無可置辯的優點。這是因為實體雙腰鉸梁的製造要比由大量單獨杆件拼起來的四個桁架所組成的空間結構簡單得多。當採用焊接結構時，這些優點還有着更大的意義。如果可以用自動電焊來製造雙腰鉸的主梁，這些優點就更為顯著。

從使用的觀點來看，雙梁式橋架亦具有決定性的優點。因為橋架的動輪可以裝在滾動軸承和輾制的軸承箱上，這就改善了橋架的運行機構的工作並極大地簡化了動輪的更換。在四桁架式橋架中，將輾制的動輪裝在軸承箱上並不是成功的方案，因為連接在端梁上的副桁架阻止了動輪的滾動。在四桁架式橋架中，當沒有軸承箱且動輪設置在連接於端梁上的軸上時（在這種吊車中一般是這樣作的），採用滾動軸承亦是很困難的。對吊車工作的不間斷性和縮短修理期限的要求愈高，則使用上的優點所具有的意義也就愈重大。

只要指出這一點就夠了，即當吊車不間斷地工作時（譬如冶金



吊車),停工几小时的損失往往可以超过吊車本身的价值。

在对这两种型式的桥架特性作补充的評比时,还要談談它們的淨空尺寸特点。

当四桁架式吊車桥架为通用結構时,主梁的上弦和端梁的上弦同在一个水平面上。在双梁式桥架中,主梁的上弦一般比端梁的上弦为高。此外,在装有轆制動輪的双梁式桥架中,端梁距离行車軌道的高度要比四桁架式桥架中的高。所有这些,都促使双梁式桥架中行車軌道高度和小車軌道高度之間的距离大于四桁架式桥架中的距离。当地面到厂房屋架下弦的距离相同以及起升高度相同时,为了設置双梁式吊車桥架,行車軌道的高度必須比四桁架式桥架的低一些。这样,在按照四桁架式桥架的淨空尺寸設計成的車間中,就很难設置双梁式桥架。

最后,可以認為双梁式焊接箱形截面的桥架是現代化的型式。

为了减少由工業所制造的吊車的型号尺寸,对于新建的厂房,ГОСТ 534—41 制定了各种型式和起重量的桥式吊車跨度等級。

在淨空尺寸和主要数据方面,起重量在 5 到 50t 之間的單鉤或双鉤电动桥式吊車應該符合 ГОСТ 3332—46 的要求,手动双梁桥式吊車要符合 ГОСТ 1442—42 的要求,而手动單梁桥式吊車要符合 ГОСТ 1441—42 的要求。

至于在室內工作的桥式吊車以及門桁式吊車、懸臂吊車和旋轉吊車,它們的淨空尺寸应符合鍋爐檢驗局的下述要求<sup>110)</sup>⊙:

(a) 从吊車的机構或小車的最高点,到天花板或屋架下弦和可能連接在下弦上的物体的距离,以及到在它的頂上工作的另一部吊車的最低点的距离,应不小于 100 mm,在热加工車間中则不小于 300 mm;

(б) 从吊車走台鋪板到实体的屋盖或屋頂望板的距离,在最低的地方应不小于 1800 mm;

(в) 吊車端部的伸出部份到厂房的牆或柱的距离应不小于 60 mm;

(г) 吊車的操縱室和傳動裝置、電纜、机床及車間設備的其他零件之間的距离应不小于 400 mm,到行車軌道軸綫的距离不小于 1000 mm。而吊車的淨空最低点到工作地点地面的距离应不小于 2 m;

(д) 在固定的旋轉吊車中,当吊車在任何位置时,由吊車桁架到牆、柱及其他伸出

⊙ 帶方括号的数字表示参考書目的序号——編者注。

部份的距離應不小於 200 mm，而到傳動裝置部份、電纜、機床及其他設備的距離——不小於 400 mm；

(e) 當沿着行車軌道設置走台時，吊車端部的伸出部份與廠房的牆或柱之間的距離應不小於 500 mm。

按照鍋爐檢驗局的同一規程，橋式、懸臂式、龍門式及門桁式吊車的桁架以及所有各類小車和貓頭小吊車都應設置支撐零件以防車輪或輪軸發生破壞。這些支撐零件應設在與吊車或小車軌道相距不超過 20 mm 的地方，並用可能發生的最大荷重來計算。

為了防止運行的吊車、吊車的小車以及單獨工作的小車（貓頭小吊車，電葫蘆）走出指定的範圍，在軌道綫路的端部應設有阻進器。

所有的運行吊車和它的小車以及單獨工作的小車，為了緩和它們對阻進器端部可能發生的衝擊起見，都應設置彈性的緩衝器（木頭的，膠皮的，鋼制帶彈簧的緩衝器）。

沿橋式、龍門式、門桁式及其他吊車的全部長度上，在吊車的運行機構的一側，如為手動吊車應設置寬度不小於 400 mm 的走台（從小車的伸出部份到走台的欄杆），對於機械驅動的吊車則應不小於 650 mm。走台的鋪板可以是金屬的或者是具有足夠強度的密實木板，但木質鋪板只容許用在冷加工的車間內。

在所有為了看管吊車而設置的走台、平台及露台，都應設置高 1 m 的欄杆。欄杆底部在高度 150 mm 以下的部份須完全擋住，在高度 500 mm 處有一中間飯條。欄杆一般用小的角鋼製成，很少用鋼管。計算時認為它們承受 30 kg 的水平集中荷重。

關於變形方面，現在生效的是 1944 年鍋爐檢驗局的法定指示<sup>[30]</sup>。根據這個指示，當橋式吊車的桁架支撐在行車軌道的上面時，由小車、貓頭小吊車及其他的重量，連同所能起吊的極限工作貨載的重量當小車位於最不利位置時所產生的彈性撓度（撓度曲綫的矢高）應不大於：

(a) 跨度的 1:400 —— 手動吊車；

(b) 跨度的 1:700 —— 電動吊車，與跨度的大小無關。所以，在計算中決定撓度時，僅僅考慮靜力作用的有效荷重（貨載及小車的重量），並不考慮動力係數  $\psi$ 。

相應於上述的撓度規範，主梁的合理高度應取為：

$$\text{雙梁式橋架中 } h = \left( \frac{1}{15} \sim \frac{1}{18} \right) L ;$$

$$\text{四桁架式橋架中 } h = \left( \frac{1}{12} \sim \frac{1}{15} \right) L 。$$

其中，較大的高度值屬於起重量大而跨度小的吊車，較小的值則屬於起重量小而跨度大的吊車。

关于吊車的最小軸距，即端梁上动輪之間的距離的問題，由吊車橋架在行車軌道上運移時可能發生的歪斜來決定。使橋架產生歪斜的原因可以有許多種：由于行車軌道上運行阻力之不同，驅動动輪直徑的差異，驅動动輪對橋架的位置或行車軌道鋪設得不正確。如果由于這些原因中的任一原因而使橋架歪斜，則在橋架一側的动輪輪緣就和軌道接觸而產生附加的運行阻力  $W$ 。為了克服這個阻力，馬達必須發出附加的曳引力  $P=W$ ，我們將認為  $P$  力均等地分布在橋架的兩側。這樣一來，在輪緣與軌道接觸的那一側，運行阻力將較曳引力大  $W - \frac{P}{2} = \frac{W}{2}$ ，而在相對的那一側，曳引力將較運行阻力大  $\frac{P}{2} = \frac{W}{2}$ 。這樣便形成了使橋架歪斜的力矩  $M = \frac{W}{2} L$ ，而使輪緣受有  $N = \frac{M}{B} = \frac{WL}{2B}$  的壓力（圖 113）。

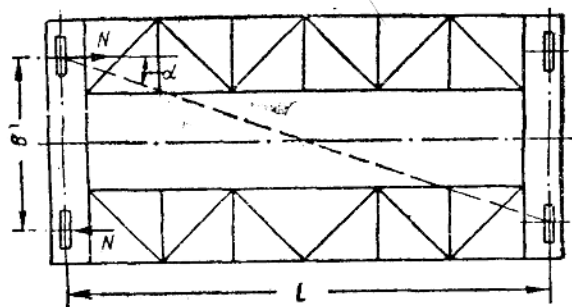


圖 113. 在歪斜力矩下橋架上作用力的簡圖。

我們現在研究極限的情形，即在反力  $N$  的影響下动輪停止轉動而發生滑動的情形。這時，為了使橋架可以移動，就應該滿足下一條件：

$$P = W > 2\mu N = \mu \frac{WL}{B},$$

由此得

$$\frac{B}{L} > \mu = \tan \rho, \text{ 且 } \alpha > \rho,$$

即大于摩擦角。

这时,取动輪与軌道之間的滑动摩擦系数为:

$$\mu = 0.1 \sim 0.2.$$

当然,吊車的軸距愈大,則它对于吊車的使用而言亦就愈佳。

根据使用吊車的經驗,对于各种型式不同的吊車所規定的吊車桥架的軸距与跨度的比值范围是較窄的。應該把这些吊車軸距的值作为当小車的軸距和吊車的整个結構不需要較大值时所采用的最小值。

### § 33. 單梁式桥架

單梁式桥架(运行的梁)是吊車桥架的最簡單的型式。

單梁式桥架有一个主梁,通常是工字形截面,載物的小車沿其下翼緣移动。主梁与兩個端梁固定住,动輪的軸就連接到端梁上。每个端梁通常由兩条槽鋼組成。如果吊車是借电馬达来移动的,則为了承受在起动的制动时所生的惯性力,在水平平面内就需要有制动桁架。

桥架的主梁應該滿足强度、剛度和穩度的条件。我們預先要指出,在选择主梁的尺寸时,后面这两点通常是決定性的条件。

主梁的强度根据由自重和載重行車所生的弯曲的計算来校核,此外还要校核在梁的下翼緣上由于小車动輪压力所生的局部弯曲。

梁的弯曲强度的一般校核这里不需要再叙述了。

校核梁的下翼緣的局部弯曲时,可作如下有足够准确度的假

設：

(a) 小車动輪的压力在数值上是相等的，并且作用在下翼緣靠外面的邊緣上，如圖 114 所示；

(б) 作用在下翼緣上的荷重离梁的支点很远；

(B) 梁支点之間的長度，比之下翼緣的寬度是無限大的。

这样的問題已为 И. Ф. 帕布可維奇所解決<sup>[31]</sup>。根据这个解答，最大弯矩（从而，亦就是危險的截面）發生在翼緣和豎直腰鈹相接的平面內；对危險截面的單位寬度而言，这个弯矩为：

$$M = -0.51P \text{ кгсм/см。}$$

这样，便出現了这么一种情况，就是虽然力  $P$  所生的力矩和翼緣的寬度成正比，但对危險截面的單位寬度而言的最大弯矩值却与翼緣的寬度無关。所以得出这样的結果是因为：由于力  $P$  的作用所引起的弯曲，沿着梁長而蔓延的翼緣区段是和翼緣的寬度成正比的（約等于翼緣寬度的兩倍）。

翼緣弯曲时的最大法向应力：

$$\sigma = \frac{3.06P}{\delta^2} \text{ кг/см}^2,$$

式中  $\delta$ —翼緣与豎直腰鈹相連处的厚度。

随起重量和結構的不同，每一台小車只可用于一定号碼的工字鋼，因为这与工字鋼的翼緣寬度和小車动輪輪緣之間的可能距离有关。相应的数据經常載明在这种型式的小車的規格上。这样，当設計桥架时，可以用作桥架主梁的工字鋼号碼的范围便是已知的了。

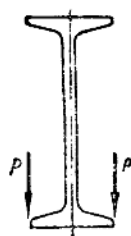


圖 114. 小車动輪压力的簡圖。

由于移动荷重的作用,在單梁式吊車中所生的最大撓度約等于(不考虑小車的輪距):

$$f_{\max} = \frac{QL^3}{48EI},$$

式中  $Q$ —小車(連同貨載)的重量。

根据容許撓度  $f_{\text{容}}$  (見第 200 頁), 便可以从这里决定梁所需要的惯性矩:

$$I = \frac{QL^3}{48Ef_{\text{容}}}。$$

虽然單梁式吊車一般仅用于不大的跨度中(在 12~14m 以下), 但是由于輾压梁的高度很小, 根据容許撓度条件所需要的梁的惯性矩常大于根据容許应力条件所需要的惯性矩。在这种情形下, 就只能不充分利用梁中的应力而采取号碼較大的工字鋼, 一直到該种小車構造所容許的最大值为止。如果这样还不够的話, 就必須用某种方法来加强最大容許工字鋼的剛度。

如果所选择的工字鋼满足了强度和容許撓度的条件, 还需要按照第六章的指示来校核它的弯曲平面內的穩度。

电动單梁桥式吊車最簡單的型式如圖 115 所示。吊車的主梁为輾压工字鋼。在工形梁上翼緣的平面內設有水平制动桁架。为了使主梁和端梁的連接具有較大的剛度, 尚置有隅支撑  $\alpha$ 。隅支撑的柔度  $\lambda \leq 120$ , 它通常与主梁的軸成  $45^\circ$  到  $30^\circ$  的角度。

單梁桥式吊車的軸距  $B$  可在比值  $\frac{B}{L} = \frac{1}{9} \sim \frac{1}{6}$  之間选择。其中較小的比值用于运行机构为手动式的吊車中, 較大的則用于运行机构为电动式的吊車中。

为了加强由一段不能滿足撓度条件的工字鋼所制成的主梁, 可以有許多各式各样的構造方法<sup>[32]</sup>。

圖 116 为用支杆来加强工字鋼主梁的方法。支杆可以是兩個

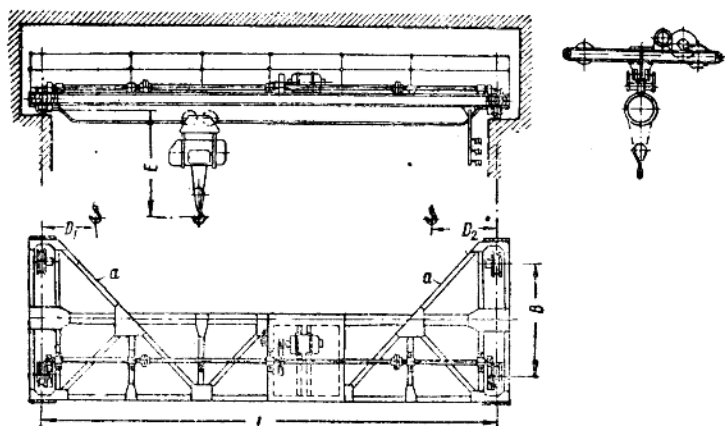


圖 115. 電動單梁橋式吊車。

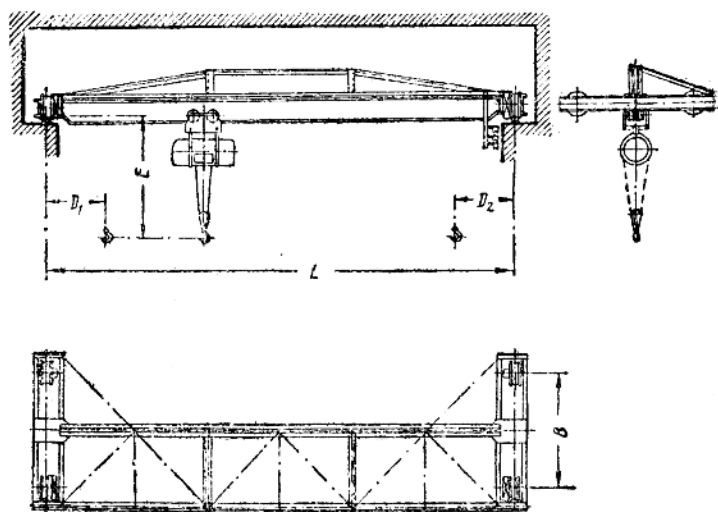


圖 116. 具有支杆的單梁橋式吊車。

角鋼或槽鋼。

在圖 117 所示的構造中，工形主梁為一排排橫向小梁所支持

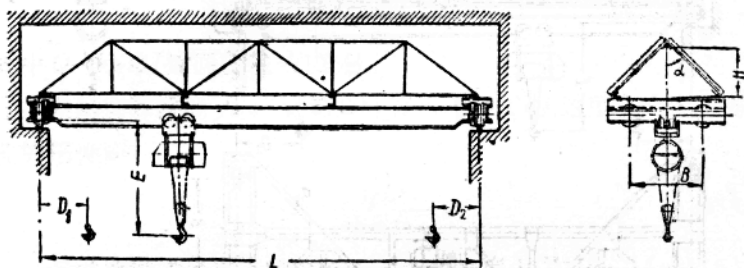


圖 117. 具有傾斜桁架的單梁橋式吊車。

住。這些橫向小梁與兩個共一上弦的傾斜桁架的下弦相連。這裡，主梁可以當作連續梁按小車動輪的局部彎曲來計算。令  $M$  為給定的橋架截面的彎矩。這時，相應下弦截面中的力將等於  $S_u = -\frac{M}{2H}$ ，在上弦截面中則為  $S_0 = \frac{M}{H}$ 。令  $Q$  為該截面的橫向力，在傾斜桁架平面內的相應橫向力為  $Q' = \frac{Q}{2\cos\alpha}$ 。一般取傾角  $\alpha$  等於  $30^\circ$ 。這種結構的缺點是製造複雜，因為在傾斜桁架的上弦角鋼中需要熱彎轉角（改彎肢之間的角度）。

除上述的吊車外，還可遇到別的單梁式吊車。在這種吊車中，主梁上的荷重經由橫向小梁傳至兩個支持的縱梁，縱梁同時又用作制動桁架的弦杆。這種結構亦有兩個豎直的副桁架，主梁的荷重經由橫向小梁傳到副桁架，如要利用標準小車起吊貨載并使貨載在水平方向移動，但由於跨度較大受到現有軋壓工字鋼的限制而不可能時，便採用這種結構。

單梁式吊車橋架的跨度通常是 6 到 14 米，很少達到 18 米，僅僅在特殊的情形下才超過 18 米。



## § 34. 四桁架式桥架

## 一般原则和作用荷重

选择桥架的结构时,首先需要解决的问题就是采用实体截面的主梁还是采用格形桁架的主梁。这个问题是根据经济的观点来决定的。

如果仅仅从重量指标的观点来考虑选择主梁型式的问题,则对于铆接结构和旧的挠度规范<sup>①</sup>而言,实体和格形主梁之间的界限如图 118 a 所示。允许制造高度较低的桥架的新挠度规范,和在重量方面使梁比桁架更经济的焊接结构的采用,都扩大了梁的合理应用范围。

但是仅仅考虑重量指标是不够的,还需要在计算中考虑到桥架的造价和净空尺寸。

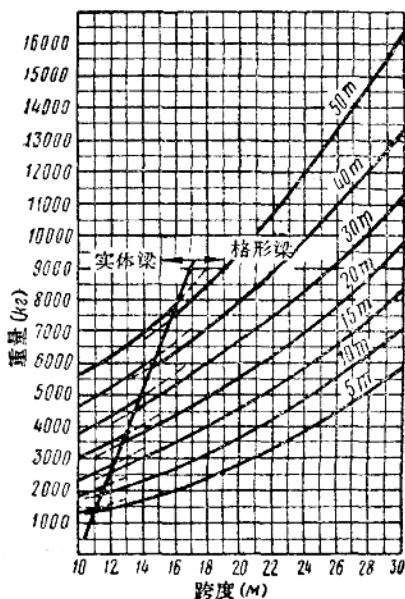


图 118 a. 一个铆接主梁的自重和吊车起重量及跨度的关系。

①  $\frac{1}{600} l$ ——手动吊车,

$\frac{1}{800} l$ ——跨度在 20 m 以内的电动吊车,

$\frac{1}{1000} l$ ——跨度大于 20 m 的电动吊车。