

箱形結構橋式電動起重機

設計和計算部份

П. А. Милехин

著

李 成 磯

譯

重 工 業 出 版 社

651
16

箱形結構橋式電動起重機

設計與計算手冊

沈 嘉 興 著

中 國 鐵 道 出 版 社



重 工 部 局 藏 書

箱形結構橋式電動起重機

設計和計算部份

(在鞍鋼黑色冶金設計公司講課提綱)

И. А. Милехин 著

李 成 磯 譯

鞍鋼工程技術編委會編印

內 容 簡 介

本書是我在鞍山鋼鐵公司黑色冶金設計公司講課的簡要提綱。它作了廣泛應用於機器製造工業中，起重量由 5 噸到 50 噸一般用途的橋式電動起重機的說明。

書中載有新型橋式電動起重機設計資料及設計常識。此外，尚有橋式電動起重機中大車車架和各機件的設計範例。

本書不僅可作起重機設計人員及工程技術人員參考之用，亦可作為高等學校及機械製造業中中等學校的教材用。

П. А. Милехин 1954年2月19日於鞍山

箱 形 結 構 橋 式 電 動 起 重 機 設 計 和 計 算 部 份

著 者： П. А. Милехин

譯 者： 李成磯 校 閱： 史桂藩 編 校： 蔣菱君

重工業出版社（北京東交民巷 26 號）出版

鞍鋼工程技術編委會編印 新華書店總經售

25 開本、共 115 面、定價 8,000 元

印數—— 4000 冊、一九五四年四月旅大人民日報印刷廠印

譯 者 的 話

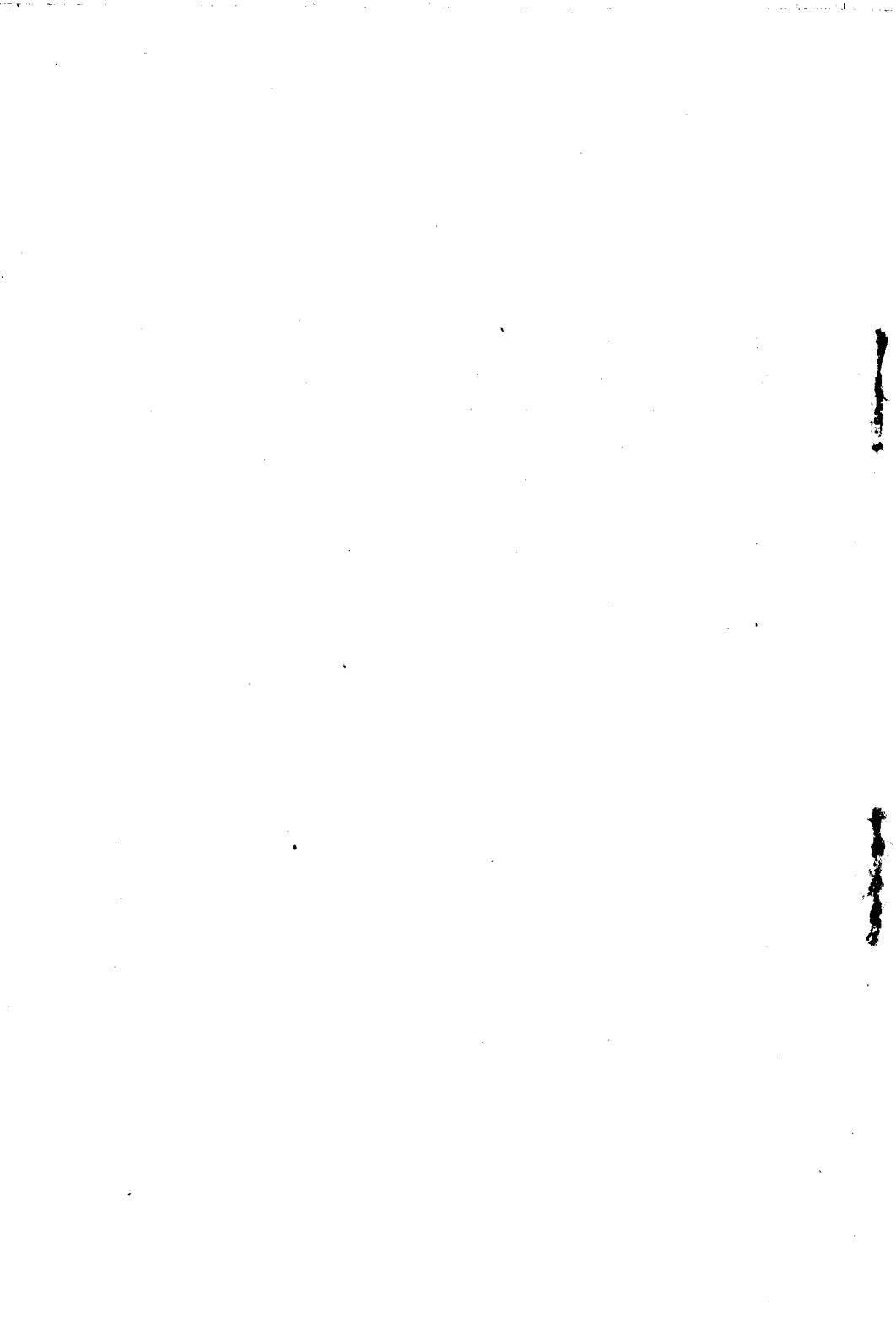
蘇聯起重機專家米列亨（П. А. Милехин）同志來到中國之後，就感到起重機設計方面的書籍非常缺乏，爲了幫助我們培養這方面的人材，開始在鞍山鋼鐵公司黑色冶金設計公司進行了橋式電動起重機設計講座。同時米列亨同志爲了在開始講授以前，使譯者有充分的準備，以便通順的傳達出來，就日以繼夜地趕寫講課提綱，並在我國五三年國慶節放假的時間內，將提綱全部寫完。在此僅向米列亨同志這種高貴的友誼和熱情致以敬意。

目前在中國專門介紹橋式電動起重機設計的書籍還很少，米列亨同志爲我們所寫的提綱是他淵博的學識和多年的經驗結晶，將對我國橋式電動起重機的製造和設計起重大的作用。

由於譯者的俄文水平和技術水平很低，錯誤在所難免，尙希讀者指正。

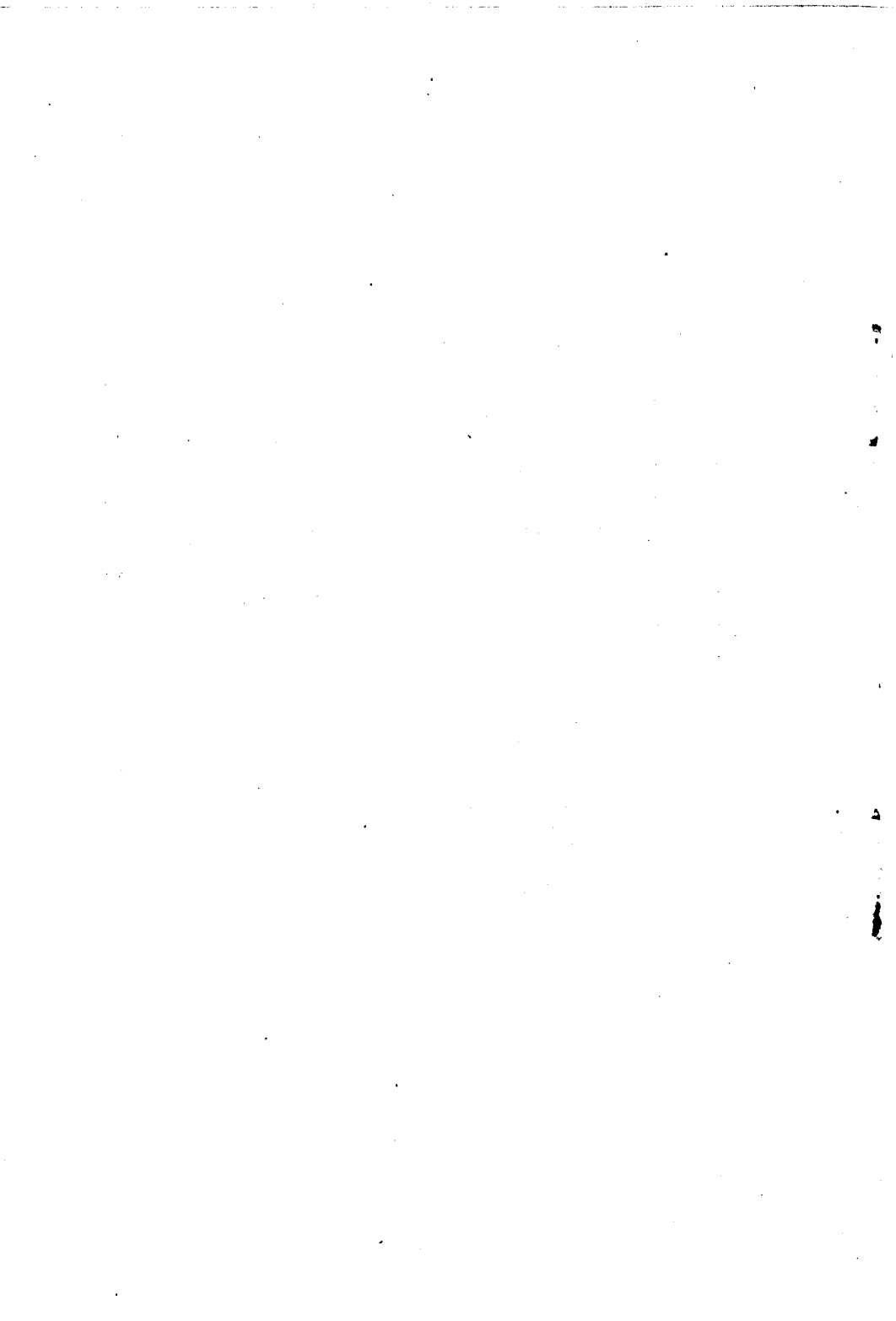
翻譯過程中蒙鞍山鋼鐵公司機械安裝工程公司吊車組全體同志大力協助，謹此致謝。

1954年2月20日



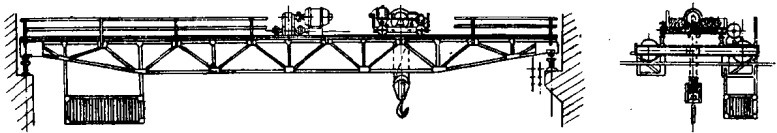
目 錄

譯 者 的 話.....	1
結 言.....	5
第 一 章 箱形結構橋式起重機大車架.....	9
第 一 節 大車架的選擇和箱形結構橋式起重機的評價.....	9
第 二 節 箱形結構橋式起重機大車架的特點和設計前提.....	10
第 三 節 箱形結構橋式起重機主樑的計算.....	14
第 四 節 箱形結構橋式起重機大車架中端樑的計算.....	24
第 五 節 箱形結構橋式起重機大車架計算（例題）.....	32
第 二 章 箱形結構橋式起重機中大車所採用的行動機構.....	40
第 六 節 橋式起重機中所採用的各種不同行動機構的比較.....	40
第 七 節 箱形結構橋式起重機大車行動機構的計算.....	45
第 八 節 起重機上的緩衝裝置.....	67
第 九 節 箱形結構橋式起重機行動機構之計算（例題）.....	70
第 三 章 橫行小車.....	83
第 十 節 小車類型的選擇及其構成上的概述.....	83
第十一節 小車中起重機構的設計.....	86
第十二節 小車行動機構計算.....	99
第十三節 小車車架.....	99
第十四節 起重機構設計（例題）.....	100
附 錄	111



緒 言

起重機製造業中，到目前為止，製有兩種結構的橋式起重機。第一種結構的橋式起重機的特點為：（圖1）



1 圖

- 一、大車車架為桁梁的和板梁的（桁梁和單腹板的板梁起重機）；
- 二、採用啓開的齒輪傳動裝置；
- 三、大車和小車的車輪均裝在固定的軸上（大車走行機械設備中，車輪軸固定於端梁上和小車車輪軸固定於小車支持梁上）；
- 四、採用滑動軸承；
- 五、採用重物制動的長衝程電磁制動器（制動器即抱閘）；
- 六、採用帶有橡皮或皮彈性體的彈性聯軸接；
- 七、用未經熱處理之材料來製造主要部件中的齒輪、車輪、制動器中的制動輪、短軸和長軸；
- 八、機械設備不是成組裝置，機械設備中之部件不是裝在已經經過加工的車架上。

這種結構的橋式起重機（桁梁起重機）在使用中有很大的缺陷。安裝得不好就造成了機械設備歪斜，並由於某些機械零件未經熱處理，因此在使用中易於磨損。

第二種結構的橋式起重機，使用比較方便，而且堅固耐用，其特點為：（圖2）

- 一、大車車架為箱形斷面兩腹板式的形式；
- 二、所有齒輪傳動裝置均處於密封的有着潤滑油的減速箱中；
- 三、大車和小車的車輪均裝於易於拆卸的軸承箱內之滾動軸承上；
- 四、採用彈簧制動短衝程式的電磁制動器，大車行動機械中的制動器由在

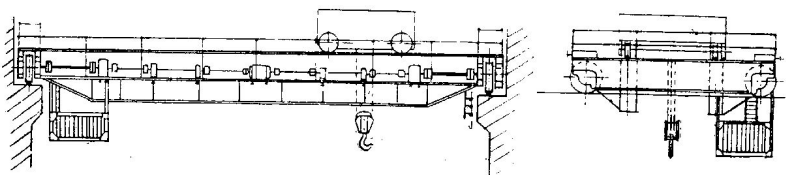


圖 2

駕駛室的機構來操縱；

五、採用堅固耐用的齒輪聯軸接；

六、用高質量的材料來製造某些零件；零件工作面必須熱處理到一定的硬度，以延長零件的使用期限。

蘇聯在1937年以前，將橋式起重機製為上述第一種類型（即桁樑結構式），其後製造為混合結構的橋式起重機，即大車行動機械為第一種類型中所採用的，小車行動機械為第二類結構起重機中所採用的。其後即從根本上製訂了蘇聯橋式起重機製造設計中發展的基本原則。基本原則中規定：

一、大車車架製為箱形斷面（圖6）（載重量由5噸到50噸，在蘇聯國家標準ГОСТ3332—46規定為箱形斷面的大車架）；

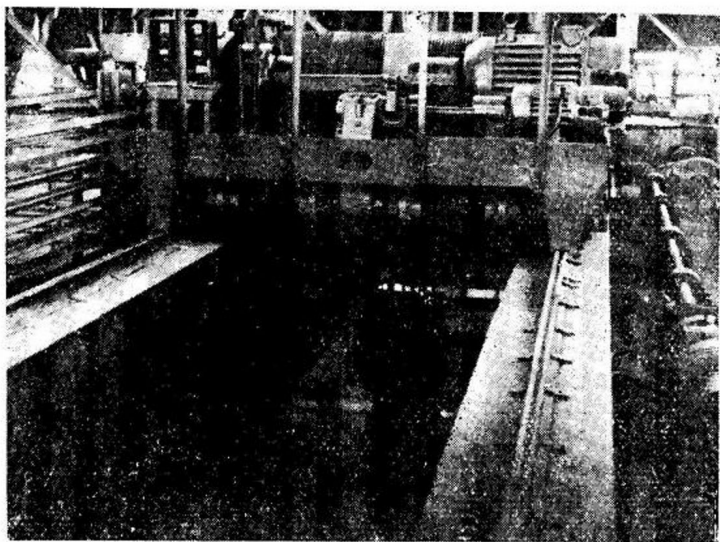


圖 3 現代的箱形結構橋式起重機全圖

二、爲減輕安裝和使用中的保養工作，將起重機中部件和構件規格統一，使機械設備成組裝置，並在專門工廠中採用流水作業法進行機械和零件的生產；

三、所有減速機之齒輪均需經過熱處理，以增加齒輪工作強度和修理工作上的方便；

四、所有軸均裝於滾動軸承上；

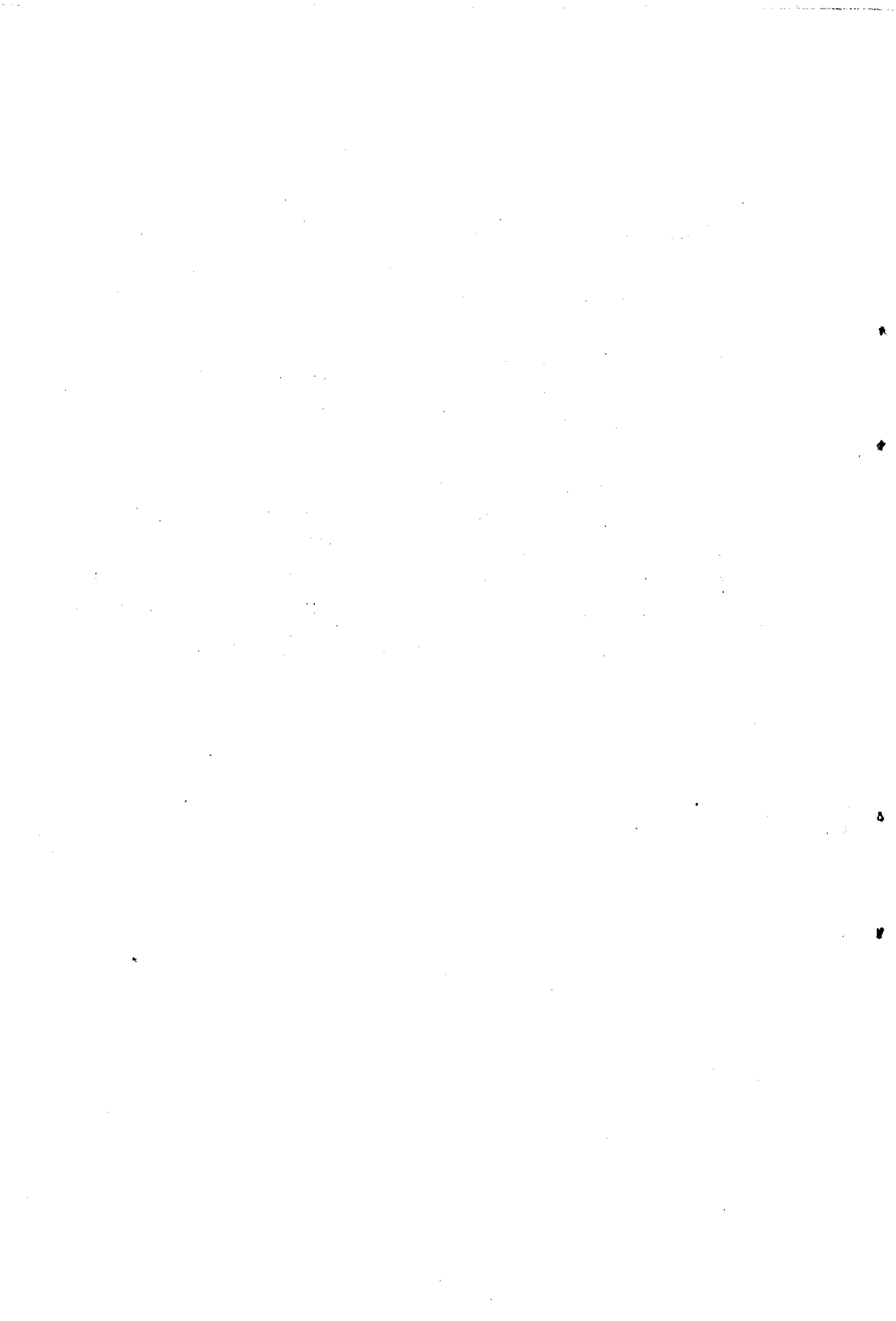
五、採用堅固的小車車架，在車架面上機械設備座落的地方須經過加工；

六、採用彈簧制動短衝程電磁制動器（大車行動機構中採用油壓傳動電磁制動器）；

七、採用堅固耐用的齒輪聯軸接；

八、用質量較高的材料製造某些零件；車輪工作面、制動器中制動輪的工作面、齒輪聯軸接、短軸和長軸的工作面必須進行熱處理。

近代橋式起重機結構中，特別注意了起重機保養工作的簡便；齒輪傳動裝置、軸承和滑輪維護工作的簡便；起重機機械設備潤滑工作的方便和駕駛方便等問題。並在載重量較大的起重機中，日益廣泛地利用着中心潤滑裝置。



第一章

箱形結構橋式起重機大車架

第一節 大車架的選擇和箱形結構橋式起重機的評價

起重機中大車架型式的選擇，一般是在設計整個起重機以前，應首先決定的主要的原則性問題。在詳細敘述箱形結構起重機和桁梁結構起重機中行動機構的特點及其評價的同時，可瞭解和比較一下這兩種結構的大車車架的優缺點。

關於使用的牢固性，則箱形結構起重機的大車架和桁梁結構起重機的大車架是不相上下的。從大車車架自重來看，則箱形結構起重機的車架較重，特別在起重量較小，跨度較大的起重機中更為顯著。在有着可推卸拿出的車輪和裝有軸承箱的箱形結構起重機中，其行動機構亦較桁梁結構起重機中採用的行動機構為重。由於上述原因，因而箱形結構起重機的大車車輪在軌道上的壓力，有時在個別的情況下，較桁梁結構起重機大車車輪在軌道上的壓力大到將近20%，這就首先影響到起重機軌道板梁和廠房梁柱堅固度的問題。雖然箱形結構起重機有着較大的重量，但從起重機價值和製造時間上來看，是較桁梁結構起重機有着絕對的、無可置疑的優點。因為箱形結構的起重機梁是實腹兩腹板式的板梁，而桁梁結構的起重機梁是由四個桁架聯成的空腹的桁梁，而桁架又由很多構件拼成，因此兩者比較一下，前者在製造上要簡單得多。當採用鉚接車架時，特別是採用自動電鉚機來鉚接箱形結構起重機大車架中兩腹板式主梁時，這個優點更為顯著。從使用的眼光上看，箱形結構起重機亦有着桁梁結構起重機所沒有的優點。由於箱形結構起重機大車車輪可裝於滾動軸承上；軸承又可裝在可推卸拿出的軸承箱中，故可以不採用易於磨損的啓閉式齒輪傳動裝置。所有這些都大大地改善了箱形結構起重機中行動機械的工作和簡便了車輪的拆換工作。在桁梁結構起重機中，將車輪裝在軸承箱上是不可能的事情，因為固定於端梁上的輔助梁阻碍着車輪的推出，同時在沒有軸承箱的情形下，在桁梁結構起重機車輪處採用滾動軸承，並將車輪固定於端梁的軸上是很困難的。起重機

使用中優點愈多，則在連續工作和縮短小修時間上有着愈高的要求；事實證明參加連續性生產的起重機，其停歇數小時而造成的損失是經常超過起重機本身的價值的（例如煉鋼廠中的鑄錠起重機等）。

在上述兩種不同結構的起重機車架評論中，尚需補充一下兩種不同結構起重機車架的外形尺寸的特點問題。在一般桁樑結構起重機中，主樑上弦桿與端樑上部是齊平的；而在箱形結構起重機中，主樑上弦桿經常高於端樑上平面。此外，在車輪可推卸拿出的箱形結構起重機中，其端樑較桁樑結構起重機的端樑距大車軌道為高，因此造成箱形結構起重機中小車軌道和大車軌道的距離，較桁樑結構起重機中大車和小車軌道距離大一些。在從地面到廠房房頂拉勁距離相同和重物起高揚程一樣的時候，箱形結構起重機大車所行走的軌道，一定較桁樑結構起重機所行走的軌道來得低些。若將大車車輪裝於滾動軸承上和將滾動軸承裝於軸承箱中時，從大車車輪中心線到大車最外一點的距離，較從桁樑結構起重機大車輪的中心線到大車最外一點的距離更多。因此，首先就要要求箱形結構起重機從起重機軌道中心到廠房柱子處有着頗大的距離。

根據上述條件，因而造成很難將箱形結構起重機，安裝於按桁樑結構起重機外形尺寸而設計的廠房中。

總之，箱形斷面兩腹板式的大車架是最新式的大車車架。在蘇聯，載重量由5噸到50噸的箱形結構起重機外形尺寸和主要資料已被規定，並載於國家標準ГОСТ3332—46中。

另外，大車車架型式應根據以上比較的各點，按下列原則進行選擇。

箱形結構起重機→單腹板的板樑起重機→桁樑結構起重機

第二節 箱形結構橋式起重機大車架的特點和設計前提

箱形結構起重機大車架的特點是採用不需要特殊輔助樑的結實的兩腹板式板樑。主樑應用 Ст3 鋼製造。為了使應力平均地分佈到主樑上去（使彎曲力矩減少），箱形結構起重機的主樑其全長可製成為交雜斷面的主樑。由於箱形結構起重機中沒有輔助樑，因此將主樑下弦桿製成所希望的型式，較之將桁樑結構起重機中主樑下弦桿製成所希望的形式容易一些。

箱形結構起重機的上弦桿，一般其全長做為直斷面（不製為交雜斷面），而下弦桿則做為拋物線形（圖4a），或者為梯形（圖4б和圖6）。圖中傾斜處的

長度 l 應取為 $\frac{1}{10}$ 到 $\frac{1}{15} L$ ，在一般情況下 l 為 2 米到 3 米。

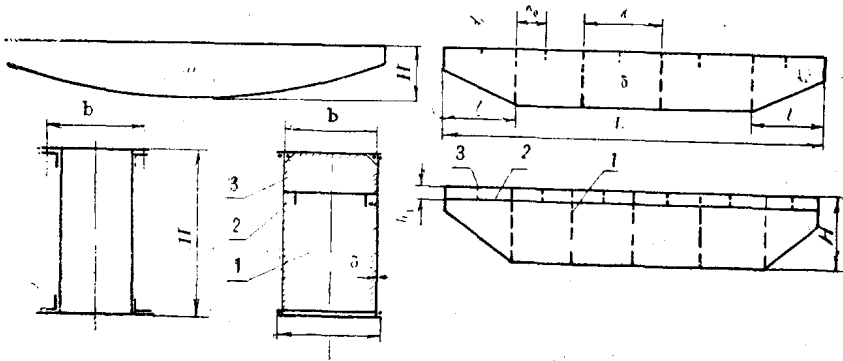


圖 4

根據起重機下撓度的要求，主樑高度應在 $\frac{1}{15}$ 到 $\frac{1}{20} L$ 範圍之內，即 $H = (\frac{1}{15} \div \frac{1}{20}) L$ 。在載重量較大而跨度較小的起重機中，主樑應做得高些；

在載重量較小而跨度較大的起重機中，主樑則可做得低些。兩腹板式板樑的寬度應使大車車架保有必需的水平強度。起重機跨度 L 和板樑寬度 b 之比不得大於 60 即 $\frac{L}{b} \leq 60$ ，樑高 H 和板樑寬 b 之比，最大不得超過 3.5，一

般最好不大於 2 到 3，即 $\frac{H}{b} = 2 + 3(3.5)$ 。在決定兩腹板式鉚接樑寬度

時，尚應考慮到在板樑裡面翼緣鉚接的可能性，鉚接樑板的蓋板寬度應取為 $B = (60 + 70) + b$ （單位為公厘）。主樑的腹板應儘可能選用得薄一些。腹板的高 h 和腹板厚 δ 之比，在近代結構中可達到 180 到 220 更有達到 240 即 $\frac{h}{\delta} = 180 \div 220(240)$ ，而且腹板的厚度不應少於 6 公厘。薄的腹板用鋪於整

個主樑全高的加勁板 1 來使自己保有一定的穩定性。加勁板若在起重機靠近端樑部份支承處時，其彼此之間的距離 λ 約為 $1.0h$ ($\lambda \leq 1.0h$)，上述 h 為腹板高度；大車中部加勁板的距離 λ 可以取為 $1.5h$ 到 $2h$ ，即 $\lambda = (1.5 + 2)h$ ，但兩加勁板間的距離不能多於 3 米。為避免主樑腹板發生彎曲，故在馬達構件支架、減速機和傳動機械中聯軸接在主樑固定的地方，一般均按主樑整個

樑高設置加勁板，這些加勁板不但使腹板有足够的穩定性，還能使箱形樑斷面中附有外扭轉力矩的整個斷面緊密連接起來。當 δ 和 h 之比大於 140 到 160 即

$\frac{h}{\delta} \geq 140 + 160$ 時，必須在距離上蓋板 $0.21h$ 到 $0.23h$ 即 $h_1 = (0.21 + 0.23)h$ 的

地方，設置水平加勁板或設置加勁角鐵（見圖 4 中 2）。除了按樑板整個高度設置加勁板之外，爲了能將車輪輪壓傳到板樑腹板處，尙在主樑中設有很短的加

勁板 3（圖 4）。短加勁板位於板樑腹板 $\frac{1}{3}h$ 的地方；而一般的短加勁板是

鋪於大加勁板之間，短加勁板之間的距離 λ_0 最好根據使起重機上的小車軌道有可能完全承受由車輪而產生的彎曲力矩的影響而定，因而起重機上小車所行走的軌道，應有足够的堅固性，並且尙應計算一下起重機上小車所行走軌道的力矩。小車軌道的力矩爲：

$$M = \frac{P_1 \times \lambda_0}{6} \quad (\text{公斤公分})$$

小車軌道的應力爲：

$$\sigma_p = \frac{P_1 \times \lambda_0}{6W} \quad (\text{公斤/公分}^2)$$

式中：

P_1 爲小車車輪最大輪壓（公斤）；

λ_0 爲加勁板之間的距離；

W 爲小車軌道的最小斷面係數（公分³）。

上述公式中，小車軌道所採用的許可應力，應與用 Cт3 鋼製成的樑中所採用的應力一樣。根據上面所說，在腹板式板樑中，上翼緣板不承受由帶有負荷的小車車輪輪壓而產生的集中輪壓；而加勁板則受着由小車車輪輪壓而產生的壓力。

爲了減少由於鉚接影響而引起的樑板中細小構件的歪斜，最好用斷續鉚縫（點鉚）將大加勁板 1（圖 4）鉚於腹板和蓋板上，將水平加勁板 2 鉚於腹板上，加勁板的上緣經過修理後固定於主樑上翼緣上。必須用由車輪輪壓而產生的剪力來驗算一下鉚接加勁板的鉚縫。最好用斜頭鉚縫來鉚接兩腹板式主樑的接頭。

箱形結構起重機中的端樑（即兩端的樑）亦做成與箱形斷面主樑相同的式樣，而且在端樑中可用加勁板將端樑腹板連接起來。按照整個起重機的強度來看，端樑應特別結實堅固，而主樑與端樑的連接處亦必須很結實。

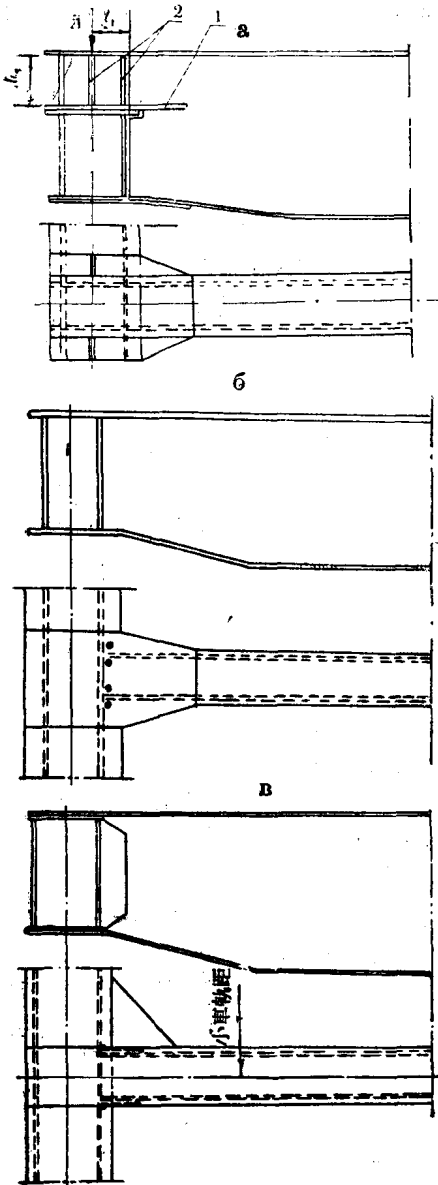


圖 5

當主樑端部有着突出部份，而主樑即用這突出部份擱於端樑上時（圖5 a），主樑與端樑連接的上部份用位於端樑腹板兩頭的加勁連接板 1，或者用垂直着的加勁板 2 來連接（圖5a），使連接有着足夠的強度，而主樑和端樑連接的下部則用較寬的連接板來連接。一般來說主樑與端樑的連接是在起重機進行安裝時，用“安裝接頭”來連接的。一般我們將端樑製為不可拆開的式樣，並且將在支承處承受着由最大反作用力 A 而產生的剪切應力和由力矩 $M = A \times l_1$ 作用而產生的應力的腹板有着足夠的高度 h_2 ，這樣來使主樑與端樑連接有着足夠的強度。（上述 $M = A \times l_1$ 中， l_1 為從端樑中心到主樑腹板切口頭處的距離）。

當主樑中沒有突出部份而與端樑平齊相連接時（圖5 b、B），不僅在主樑和端樑連接處的下部需設置整塊的、寬的連接板，而且在連接處的上部，亦需設置連接板。

主樑和端樑的連接，最好採用圖 5 a、B 所示的兩種方法。

由於上述主樑與端樑的連接方式有着足夠的結實性，所以一般不再進行兩腹板式起重機樑穩定性驗算。

由於起重機在歪斜狀態下工作時（例如車輪卡住等）會產生很大