

起重機之設計製圖

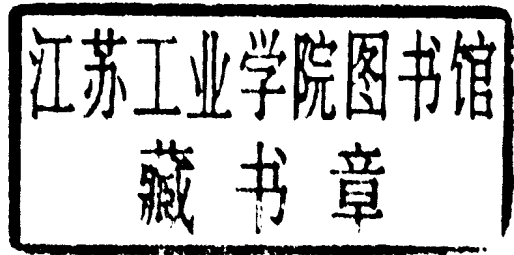
須藤敏男 著
石川七男 著
張兆豐 譯

臺隆書店

科技叢書 10

起重機之設計製圖

須藤敏男 著
石川七男
張兆豐 譯



臺隆書店出版

序

日本經濟之進展日新月異，使各種產業之間為求合理化彼此仍需要更多一層之努力，尤其對節省能源之要求為甚，在此情況之下，裝卸機械之任務自當不可忽視。

如今起重機之生產量有顯著之增加，可證明起重機貢獻於日本產業界之業績豈能埋沒。

日本之 JIS 業經制定起重機之有關規格為數不少，其利用程度愈形廣汎，又日本勞働省為求產業之安全業已規定「起重機等之安全規則」。

本書在原則上，嚴守上述之規格及所規定之材料，許用應力，負荷，強度計算，勞働安全等各項，而述及其設計及製圖。

本書出版以來，分上下為兩冊，但自今年起將其合為乙冊。

由於技術之進步，既然刪除「鉚接起重機計算基準」，「熔接起重機計算基準」，乃以 JIS B 8821「起重機鋼構造部分之計算基準」（1976）取而替代。

本書之宗旨，除起重機之設計人員外，大學工學院及工專學生，亦可作為參考書之用，不但可學習架空移動起重機，而且根據參考資料進而可設計更合理之架空移動起重機，堪稱良好之指導書亦非過言。

此次將上冊「機械部分之設計」，下冊「鋼鐵構造部分之設計」合併為乙冊。對本書尚請海內學者不吝賜教以匡不逮為幸。至於本書之出版，實在得力於 Power 社社長原田守氏之玉成，在此謹表謝忱。

1979年初冬

著者

起重機之設計製圖

目次

第一章 概論

| | |
|-------------------|---|
| 1.1 架空移動起重機之種類 | 1 |
| 1.1.1 關於煉鋼煉鐵用起重機 | 4 |
| 1.1.2 起重機之表示及稱呼方法 | 4 |
| 1.2 架空移動起重機之設計指南 | 5 |
| 1.2.1 構造與設計指南 | 5 |
| 1.2.2 設計指南 10 則 | 6 |
| 1.3 強度計算法 | 6 |
| 1.3.1 起重機之使用材料 | 8 |
| 1.4 機械部分之效率 | 8 |

第二章 基本設計

| | |
|-----------------------------|----|
| 2.1 轉動部之各種阻力 | 13 |
| 2.1.1 移動阻力 | 13 |
| 2.1.2 最大輪壓之計算 | 14 |
| 2.2 電動機所需要輸出量之計算 | 16 |
| 2.2.1 30/5t，絞盤車電動機輸出量「計算實例」 | 18 |
| 2.3 槽輪 | 19 |
| 2.3.1 槽輪各部尺寸 | 20 |
| 2.3.2 槽輪之組合 | 21 |
| 2.4 鋼絲索 | 24 |
| 2.4.1 鋼絲索之材料 | 24 |

2 目 次

| | | |
|-------|--------------|----|
| 2.4.2 | 鋼絲索之構造及選定 | 25 |
| 2.4.3 | 鋼絲索之安全率 | 33 |
| 2.4.4 | 鋼絲索之壽命 | 34 |
| 2.4.5 | 鋼絲索之扣件 | 35 |
| 2.4.6 | 鋼絲索之計算實例 | 36 |
| 2.5 | 耳 軸 | 38 |
| 2.5.1 | 耳 軸 | 38 |
| 2.5.2 | 側 板 | 39 |
| 2.6 | 吊 鈎 | 40 |
| 2.6.1 | 吊鈎之許用應力 | 41 |
| 2.6.2 | 單 鈎 | 42 |
| 2.6.3 | 雙 鈎 | 44 |
| 2.6.4 | 吊鈎之螺旋部分 | 46 |
| 2.6.5 | 30t 級吊鈎之計算實例 | 48 |
| 2.7 | 車 輪 | 54 |
| 2.7.1 | 車輪之材料 | 54 |
| 2.7.2 | 許用輪壓 | 54 |
| 2.7.3 | 車輪之裝配及其構造 | 55 |
| 2.7.4 | 架空移動起重機移動車輪 | 60 |
| 2.8 | 軌 條 | 63 |
| 2.8.1 | 軌條之形狀及尺寸 | 63 |
| 2.8.2 | 軌條之敷設方法 | 65 |

第三章 主要部分之設計

| | | |
|-------|-------|----|
| 3.1 | 絞 筒 | 67 |
| 3.1.1 | 絞筒之直徑 | 67 |
| 3.1.2 | 絞筒之壁厚 | 68 |
| 3.1.3 | 絞筒之索槽 | 69 |

| | | |
|-------|--------------------|-----|
| 3.1.4 | 絞筒之長度 | 70 |
| 3.1.5 | 鋼絲索裝配於絞筒之方法 | 72 |
| 3.1.6 | 30t 級絞盤車之絞筒計算實例 | 73 |
| 3.2 | 正齒輪 | 76 |
| 3.2.1 | 齒 輪 | 76 |
| 3.2.2 | 正齒輪之強度計算 | 78 |
| 3.2.3 | 正齒輪之構造 | 84 |
| 3.2.4 | 正齒輪之計算實例 | 89 |
| 3.3 | 螺旋齒輪 | 93 |
| 3.3.1 | 螺旋齒輪之強度計算 | 93 |
| 3.4 | 斜齒輪 | 97 |
| 3.4.1 | 斜齒輪各部之尺寸 | 97 |
| 3.4.2 | 斜齒輪之強度計算 | 99 |
| 3.5 | 蝸 輪 | 101 |
| 3.5.1 | 作用於蝸輪齒面之力 | 102 |
| 3.5.2 | 蝸輪之強度計算 | 103 |
| 3.6 | 軸 | 106 |
| 3.6.1 | 軸之材料 | 106 |
| 3.6.2 | 軸之基本設計 | 107 |
| 3.6.3 | 軸徑之計算法 | 108 |
| 3.6.4 | 機械部分之圓角及去角 | 113 |
| 3.6.5 | 關於軸徑之標準化 | 116 |
| 3.6.6 | 絞筒軸之計算法 | 116 |
| 3.6.7 | 30t 級絞盤車絞筒固定軸之計算實例 | 119 |
| 3.6.8 | 30t 級絞盤車吊重軸之計算 | 124 |
| 3.7 | 軸聯結器 | 129 |
| 3.7.1 | 分殼聯結器 | 129 |
| 3.7.2 | 撓性軸聯結器 | 130 |

4 目 次

| | | |
|-------|-------------|-----|
| 3.7.3 | JIS 撓性軸聯結器 | 135 |
| 3.7.4 | 凸緣形軸聯結器 | 135 |
| 3.7.5 | JIS 凸緣形軸聯結器 | 138 |
| 3.7.6 | 其他軸聯結器 | 138 |
| 3.8 | 鍵 | 139 |
| 3.8.1 | 鍵之計算 | 139 |
| 3.8.2 | 關於鍵之 JIS 規格 | 141 |
| 3.8.3 | 鍵 板 | 141 |

第四章 軸 承

| | | |
|-------|-------------------------|-----|
| 4.1 | 滑動軸承 | 147 |
| 4.1.1 | 對合軸承之強度 | 149 |
| 4.1.2 | 滑動軸承用襯套 | 154 |
| 4.1.3 | 滑動軸承用襯套 (JIS)(B 1582) | 155 |
| 4.2 | 滾動軸承 | 161 |
| 4.2.1 | 滾動軸承之選擇方法 | 162 |
| 4.2.2 | 滾動軸承之負荷計算 | 163 |
| 4.2.3 | 滾動軸承之壽命計算 | 167 |
| 4.2.4 | 滾動軸承之配合 | 171 |
| 4.2.5 | 30t 級絞盤車捲揚滾動軸承之計算 | 173 |
| 4.2.6 | 滾動軸承之圖及表 | 177 |

第五章 機械剎車

| | | |
|-------|-------|-----|
| 5.1 | 各部之名稱 | 191 |
| 5.1.1 | 螺旋軸 | 191 |
| 5.1.2 | 爪，棘輪 | 191 |
| 5.1.3 | 磨擦板 | 192 |
| 5.1.4 | 潤滑油 | 192 |

| | | |
|-------|---------------|-----|
| 5.2 | 機械剎車之機能 | 192 |
| 5.3 | 機械剎車之設計 | 193 |
| 5.3.1 | 旋轉體之慣性矩 | 194 |
| 5.4 | 10kW 機械剎車設計實例 | 195 |

目 次 (下 冊)

第 1 章 起重機設計計劃

| | | |
|-------|-------------|----|
| 1.1 | 起重機概要 | 1 |
| 1.1.1 | 手動式架空移動起重機 | 1 |
| 1.1.2 | 吊重器式架空移動起重機 | 2 |
| 1.2 | 桁梁構造斷面之種類 | 4 |
| 1.2.1 | 構架桁梁 | 4 |
| 1.2.2 | 板桁梁 | 5 |
| 1.2.3 | 盒形桁梁 | 6 |
| 1.2.4 | 桁梁之各部尺寸 | 6 |
| 1.3 | 鉚接起重機之基本設計 | 8 |
| 1.3.1 | 起重機各部分自重之決定 | 8 |
| 1.3.2 | 絞盤車之自重 | 9 |
| 1.3.3 | 主桁之自重 | 9 |
| 1.3.4 | 補桁之自重 | 10 |
| 1.4 | 各構架構件之接合法 | 11 |
| 1.4.1 | 鉚釘接合 | 11 |
| 1.4.2 | 絞孔螺栓接合 | 24 |
| 1.4.3 | 熔接接合 | 27 |

第 2 章 鉚接起重機計算基準

| | |
|-------------|----|
| 2.1 概 要 | 31 |
| 2.2 鉚釘接合之今昔 | 31 |

第 3 章 熔接起重機計算基準

| | |
|-------------|----|
| 3.1 概 要 | 33 |
| 3.2 熔接構造之進步 | 33 |

第 4 章 構架構造

| | |
|------------------------|----|
| 4.1 應力之算定 | 37 |
| 4.1.1 Warren 構架 | 37 |
| 4.2 Cremona 之圖式解法 | 38 |
| 4.2.1 Cremona 線圖之畫法 | 39 |
| 4.3 承受靜負荷構架構件力之決定 | 42 |
| 4.4 承受動負荷構架構件力之決定 | 43 |
| 4.4.1 依動負荷圖式解法而決定構架構件力 | 44 |
| 4.4.2 各構架構件力之決定 | 46 |
| 4.5 承受水平負荷之構架構件力 | 46 |
| 4.5.1 承受靜負荷之水平力 | 48 |
| 4.5.2 承受動負荷之水平力 | 48 |
| 4.6 斜構件之交變應力 | 50 |
| 4.7 補 桁 | 50 |
| 4.7.1 補桁構架構件力之決定 | 51 |
| 4.8 各構架構件應力總計表 | 52 |
| 4.9 構架構件之構造 | 52 |
| 4.10 架空移動起重機桁梁之設計實例 | 56 |
| 4.10.1 承受靜負荷構架構件力之決定 | 56 |

| | | |
|---------|----------------|----|
| 4.10.2 | 承受動負荷構架構件力之決定 | 60 |
| 4.10.3 | 水平構架構件力之決定 | 64 |
| 4.10.4 | 桁架對角拉條之構架構件力 | 66 |
| 4.10.5 | 上弦構件之設計 | 66 |
| 4.10.6 | 下弦構件之設計 | 69 |
| 4.10.7 | 斜構件之設計 | 70 |
| 4.10.8 | 垂直構件之設計 | 73 |
| 4.10.9 | 補桁之設計 | 74 |
| 4.10.10 | 補桁上弦構件，下弦構件之應力 | 76 |
| 4.10.11 | 構架撓曲之設計 | 77 |
| 4.10.12 | 設計之完畢 | 81 |

第 5 章 板桁構造之設計

| | | |
|-------|-------------|----|
| 5.1 | 板桁之撓曲 | 83 |
| 5.1.1 | 板桁之撓曲計算 | 83 |
| 5.2 | 板桁之彎曲力矩及剪斷力 | 85 |
| 5.2.1 | 承受靜負荷之彎曲力矩 | 85 |
| 5.2.2 | 承受移動負荷之彎曲力矩 | 86 |
| 5.2.3 | 板桁之剪斷力 | 88 |
| 5.2.4 | 水平方向之彎曲力矩 | 89 |
| 5.3 | 板桁斷面之選擇法 | 90 |
| 5.3.1 | 板桁之計算（鉚釘接合） | 91 |
| 5.3.2 | 板桁之計算（熔接接合） | 93 |
| 5.3.3 | 鉚釘直徑與腹板厚度 | 94 |
| 5.3.4 | 板桁之桁梁高度 | 95 |
| 5.3.5 | 凸緣 | 95 |
| 5.4 | 加強件 | 97 |
| 5.4.1 | 垂直加強件 | 99 |

8 目 次

| | | |
|---------|--------------------------|-----|
| 5.4.2 | 水平加強件 | 100 |
| 5.5 | 板之挫曲 | 101 |
| 5.5.1 | 板之挫曲計算 | 103 |
| 5.5.2 | 挫曲安全率 | 104 |
| 5.6 | 板桁凸緣與腹板之結合 | 104 |
| 5.6.1 | 凸緣與腹板之熔接腳長 | 105 |
| 5.7 | 承受車輪壓之鉚釘 | 106 |
| 5.8 | 桁梁之接縫 | 107 |
| 5.8.1 | 腹板之接縫 | 107 |
| 5.8.2 | 凸緣之接縫 | 110 |
| 5.8.3 | 使用剪斷板之接縫 | 111 |
| 5.9 | 板桁之設計程序 | 112 |
| 5.10 | 架空移動起重機 10t × 10m 板桁計算實例 | 113 |
| 5.10.1 | 各基本條件 | 113 |
| 5.10.2 | 主動軸邊板桁之計算 | 114 |
| 5.10.3 | 垂直方向彎曲力矩 | 114 |
| 5.10.4 | 主動軸邊實際撓曲 | 115 |
| 5.10.5 | 架空線邊桁梁之計算 | 116 |
| 5.10.6 | 垂直方向之彎曲力矩 | 117 |
| 5.10.7 | 承受彎曲之壓縮邊凸緣之計算 | 117 |
| 5.10.8 | 水平方向之彎曲力矩 | 118 |
| 5.10.9 | 架空線邊主桁合成抗彎應力 | 120 |
| 5.10.10 | 剪斷力之計算 | 120 |
| 5.10.11 | 關於腹板之挫曲 | 121 |

第 6 章 鞍座之設計

| | | |
|-----|-----------|-----|
| 6.1 | 鞍座之構造 | 123 |
| 6.2 | 鞍座最大輪壓之計算 | 123 |

| | | |
|-------|----------|-----|
| 6.3 | 各應力之計算 | 124 |
| 6.4 | 移動裝置之設計 | 125 |
| 6.5 | 扶欄及階梯之設計 | 126 |
| 6.5.1 | 扶欄之設計 | 126 |
| 6.5.2 | 階梯之設計 | 127 |
| 6.6 | 鞍座之計算實例 | 128 |

第 7 章 盒形桁梁之設計

| | | |
|-------|----------------|-----|
| 7.1 | 盒形桁梁之計算 | 133 |
| 7.1.1 | 盒形桁梁之構造 | 133 |
| 7.1.2 | 關於盒形桁梁之計算法 | 134 |
| 7.1.3 | 桁高及撓曲 | 134 |
| 7.2 | 盒形桁梁之扭應力 | 135 |
| 7.2.1 | 扭轉之基礎計算 | 136 |
| 7.3 | 盒形桁梁剪斷中心之計算 | 139 |
| 7.4 | 盒形桁梁剪斷力之計算實例 | 146 |
| 7.5 | 關於盒形桁梁扭應力之基礎計算 | 152 |
| 7.6 | 盒形桁梁之計算實例 | 153 |

架空移動起重機參考圖

- (1) 架空移動起重機裝配圖 (30/10t × 19m)
- (2) 構架桁梁設計圖：主桁、補桁 (30/10t × 19m)
- (3) 板桁設計圖：主桁、補桁 (10t × 10m)
- (4) 盒形桁梁之設計圖
- (5) 鞍座之設計圖
- (6) 架空移動起重機 (30/10t × 19m) 桁梁之構架構件力表

起重機(上冊)

第1章 概 論

1.1 架空移動起重機之種類

架空移動起重機設置於工廠或倉庫等建築物之仰頂部露樑，於建築物縱向分開敷設軌條 (Rail, die Eisenbahnschiene) 爲兩道，在此軌條上，使整體主樑可移動，在其主樑上設有捲揚機之絞盤車 (Trolly, die Laufkatze) 亦可橫行。

架空移動起重機 (Overhead Travelling Crane, der Laufkran) 之名稱，依其操作之工作目的及設置場所，其形狀既有多種其驅動方式亦各異。其名稱雖各有不同之觀點，但是就一般而言以各有適當之名稱居多。以架空移動起重機之名稱，倘能表示其形狀或性能，則堪稱上乘。於 JIS 規格 JIS B 0135 「起重機用語」 (其 1 起重機之種類)，莫不選用帶構造及形狀有關之名稱。

又於 JIS 規格 B 8801 亦制定「架空移動起重機」之規格。

| | | | |
|-----------|---|---------------|---------------|
| 架空移動起重機 | } | 迴轉架空移動起重機 | 纜車式架空移動起重機 |
| | | 吊車式架空移動起重機 | 迴轉駕移橋型架空移動起重機 |
| | | 絞盤車式架空移動起重機 | 滑動式架空移動起重機 |
| 特殊架空移動起重機 | } | 加料起重機 | |
| | | 熔 (液盛) 桶起重機 | |
| | | 鋼塊起重機 | |
| | | 爬行起重機 | |
| | | 鍛造用起重機 | |
| | | 淬火用起重機 | |

2 起重機之設計製圖 (上册)

〔堆積機式架空移動起重機〕

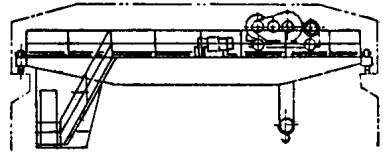
架空移動起重機 主桁上設置絞盤車，作吊上、橫行、移動之三種運動。主桁之構造有構架桁及板桁。大型主桁除備主吊車外，另備補助吊車。普通型架空移動起重機，在起重機中可佔 90 % 之普遍率。

工作頻度較小之起重機，其中亦有裝配吊車而操作之吊車式架空移動起重機。此種起重機廣泛使用於輕作業。其主桁使用 I 形鋼而有單桁及雙桁之兩種。

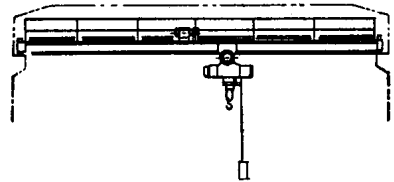
另有迴轉架空移動起重機，纜車式架空移動起重機，迴轉駕移橋型架空移動起重機，滑動式架空移動起重機等。

原料起重機 使用於煉鋼廠，煉鐵廠，在此主要原料為廢鐵而將廢鐵裝入於平爐時，自原料堆放場搬運至加料起重機間之起重機。將原料箱之挾持之狀吊上，又為防止原料箱之搖動，備有導件使其上下。有時另備補助吊車，該吊車帶電磁以便將廢鐵裝入於原料箱內，由於工作頻度大，動負荷係數為 1.4 ~ 1.9。

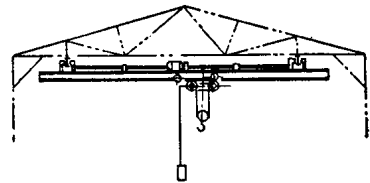
加料起重機 其構造備有裝載廢鐵之原料箱，將原料箱運至平爐內。而旋轉原料箱使廢鐵悉數落入爐中。作動有吊上、橫行



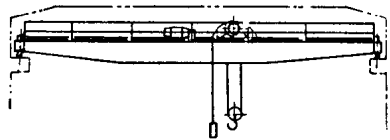
第 1.1 圖 架空移動起重機



第 1.2 圖 單軌式架空移動起重機



第 1.3 圖 吊車式懸吊起重機

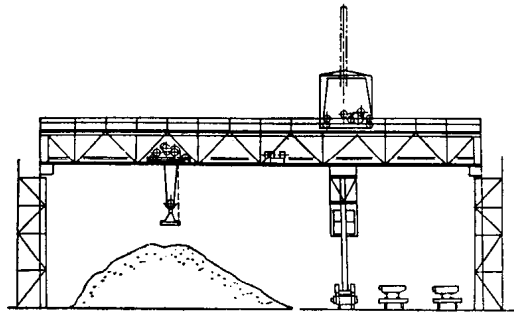


第 1.4 圖 雙軌吊車式架空移動起重機

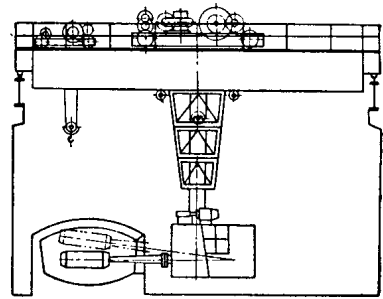
、移動、撞槌之上下
、轉動、迴轉。駕駛
室在撞槌按裝部，其
動作之頻度甚高。

熔液盛桶起重機
自平爐或電爐搬運裝
載熔化金屬之盛桶而
鑄造鋼塊或加料於轉
爐之高熱作業用起重
機。由於吊上重量物件堪稱重要
作業用之起重機。以主吊車吊熔
液盛桶，以補助吊車鈎上桶底而
傾斜盛桶將熔液倒出。

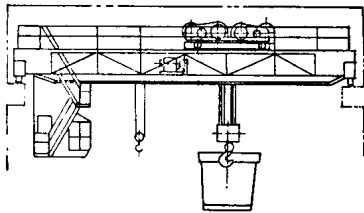
鋼塊起重機 將鋼塊自鑄模
脫拔而搬運至高熱爐，又自高熱
爐取出再搬至軋鋼機之起重機。
鋼塊起重機備具鉗鉗夾緊裝置及



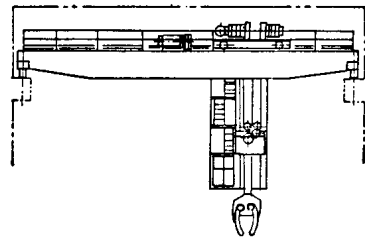
第1.5圖 原料起重機



第1.6圖 加料起重機



第1.7圖 熔液盛桶起重機



第1.8圖 鋼塊起重機

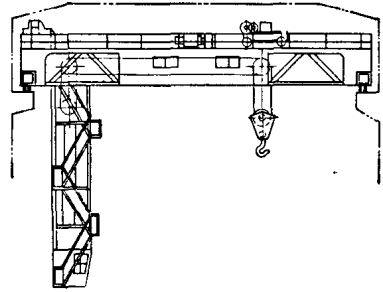
導架，作動有脫拔、迴轉、橫行、移動，其動作頻度甚高。

淬火起重機 此種起重機用於鋼材之淬火，以起重機及時將淬
火鋼材浸漬於冷卻油槽中，由於爭取時間，應使吊下速度迅速移動。
吊下機構分為電力式及油壓式。

4 起重機之設計製圖 (上册)

1.1.1 關於煉鋼煉鐵用起重機

使用於煉鋼、煉鐵之架空移動起重機，以 24 小時作業為多，於是檢討各種條件並絞盡腦汁，應設計高效率之起重機。尤其對參加連續作業之起重機，應特別加以注意。



第 1.9 圖 淬火起重機

在考慮設計時，對於全負荷運轉、衝擊、高溫、保養點檢、零件交換時間之縮短等不可不加以注意。

1.1.2 起重機之表示及稱呼方法

關於規格書或圖面之記載，需要起重機主要事項之表示。在此列舉主要用語如下：

(1) **吊上負荷** 本項所表示者係吊鉤重量及鋼絲索以下部分之重量。根據起重機之構造及材料可負荷之最大之負荷。

(2) **額定負荷** 就吊鉤式架空移動起重機而言，指可吊上之負荷。就箕式架空移動起重機而言，以箕斗可抓取之重量為準。普通對起重機之大小，均稱其額定負荷。

例 1 就吊鉤式架空移動起重機而言，一般可省略吊鉤式之字句，帶主吊車時，例如 10t，帶補助吊車時，可表示為 10/3ton。

例 2 就絞盤車式架空移動起重機而言，以所抓取之物料種類為先，諸如煤碳用絞盤車 (Crab) 式架空移動起重機，礦石用 5t 絞盤車等，應列記所抓取之貨物種類及重量。又稱呼起重機之場合不妨僅記所抓取之重量噸數。又單獨稱呼絞盤車時，可示以容量，即為箕斗之立體容量。其單位為 m^3 由機械學會規定之。⁽²⁾

(3) 跨 距

跨距係指架空移動起重機所移動車輪之軌條中心間距離，以m表示之。

(4) 稱呼方法

額定負荷 10t，跨距 20m之架空移動起重機之稱呼為，

架空移動起重機 10t × 20m

備補助吊車時

架空移動起重機 15/5t × 20m

如係絞盤車式架空移動起重機時

礦石用絞盤車式架空移動起重機 5t × 20m

1.2 架空移動起重機之設計指南

1.2.1 構造與設計指南

關於起重機之設計基準，步德英先進國之後塵，在日本由機械學會規定「起重機鋼構造部分計算基準」，進而由勞働省為求產業之安全，制定「起重機等安全規則」及「起重機構造規格」。即關於下記事項規定其設計基準。

起重機鋼構造部分計算基準……………日本機械學會

本計算基準可適用於一般起重機鋼構造部分之設計。但是根據正當之理論或實驗可證明合理時，仍可變更本計算基準所規定之數值。

起重機等安全規則……………1972年勞働省令第34號

根據勞働安全衛生法，又鑑於起重機之工作情況，以單獨法令所編之起重機等之安全規則。

起重機構造規格……………1971年勞働省告示第54號

起重機構造規格……………1962年勞働省告示第53號

(2) 絞盤車式箕斗之稱呼容量之規定，第34屆貨物裝卸機部門委員會，機械學會誌，第62卷，第481號。