

業余技術學校教材

# 金屬 材料學

(初稿)

機械工業出版社



業余技術學校教材

# 金屬材料學

(初稿)

王健安編 何遠榮校訂

機械工業出版社

## 出版者的話

本書是根据业余技术学校的金属材料学教学大纲編寫而成的。

本書敘述了鋼鐵的冶煉，金屬和合金的性質和結構以及鋼的熱處理。此外，還扼要地介紹了金屬和合金的研究和檢驗。

本書可供业余技术学校作为教材試用本，也可供在职工段長、值班工長輪訓班的教材試用本。

NO. 1296

---

1956年9月第一版 1957年5月第一次印刷

787×1092 1/32 字數 79 千字 印張 39/8 定價 0.40 元

机械工业出版社(北京东交民巷27号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店發行

---

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定價(9) 0.40 元

## 說 明

自1955年開始，各企業都陸續開展業余技術教育，設置了業余技術學校，招收具有高小畢業文化程度並學過基礎技術知識（或具有同等程度）的技術工人入學。這些技術工人經過兩年半業余學習後，可以成為工段長或值班工長，其中部分專業的工人可以成為調整工或高級工。

為了解決業余技術學習缺乏教材的問題，本司組織了一部分技術人員和學校教師編寫一套業余技術學校使用的教科書（初稿）。

但是因為編審時間短促，加以編審人員能力有限，教科書中可能存在一些缺點和錯誤，希望各校師生多多提供修正和補充意見。

這套教科書除作業余技術學校的教材以外，也可供在職工段長（包括值班工長）輪訓班作為教材。

第一機械工業部工教司

一九五六年六月

# 目 次

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 緒 言 .....             | 5   |
| 第一章 黑色金屬的冶煉 .....     | 8   |
| 1. 煉鐵 .....           | 8   |
| 2. 煉鋼 .....           | 11  |
| 第二章 金屬的性能及試驗 .....    | 21  |
| 1. 金屬的性能 .....        | 21  |
| 2. 金屬的機械試驗 .....      | 26  |
| 第三章 金屬及合金的結構 .....    | 41  |
| 1. 概論 .....           | 41  |
| 2. 鐵碳平衡圖 .....        | 46  |
| 第四章 鋼的熱處理 .....       | 55  |
| 1. 概論 .....           | 55  |
| 2. 退火及正火 .....        | 59  |
| 3. 淬火及回火 .....        | 63  |
| 4. 化學熱處理 .....        | 69  |
| 第五章 黑色金屬 .....        | 74  |
| 1. 鋼及合金鋼 .....        | 74  |
| 2. 生鐵 .....           | 91  |
| 第六章 硬質合金 .....        | 102 |
| 1. 鑄造硬質合金 .....       | 102 |
| 2. 金屬陶瓷硬質合金 .....     | 103 |
| 3. 粉末冶金 .....         | 104 |
| 第七章 有色金屬 .....        | 106 |
| 1. 有色金屬及其應用 .....     | 106 |
| 2. 有色金屬合金 .....       | 107 |
| 第八章 金屬及合金的研究與檢驗 ..... | 115 |
| 1. 成分的分析 .....        | 115 |
| 2. 合金結構及均勻度的檢驗 .....  | 117 |

## 緒 言

要使國家工業化、國防現代化，發展機器制造工業是个非常重要的關鍵，而制造各种金屬切削机床、联合採煤机、电机、軋鋼机、拖拉机、汽車、精密的科学儀器及其他机器等都需要大量金屬材料。常用的金屬材料有鋼和生鉄、銅合金、鋁合金、軸承合金及其他合金。因此，生產以上各种金屬的冶金工業为現代工業的基礎。

我國勞動人民自古以來在冶煉和使用金屬方面就有巨大的貢獻。远在夏朝（公元前 2205—1766 年）時代，我國人民即開始应用銅及其合金制出各种物品——銅劍、銅鼎、銅鐘等。我國在春秋時已經能从礦石中提煉鉄；生鉄最先是在中國煉得的。在鍛造和熱处理方面，在歷史上我國人民也有很多創造，例如能制造出外部很硬而中心較韌的刀斧以防其折斷，制造鎚鍊時也会应用鍛接法將其接合为一体。

但是，这些偉大的發明創造，在長期的封建統治下，不但沒有得到应有的發揚，反而被漠視及扼殺。近百年來，由於帝國主义的侵入，在反動統治下，使我國成为一个半封建、半殖民地性的社会，因而在工業上得不到应有的發展，远远落在其他國家的后面。解放前，我國的工業生產是非常落后的，工業產值僅佔工農業總產值的 10% 左右；而在極少的工業中，輕工業又多於重工業；在重工業中，則原料工業、修理裝配工業多於機器制造工業，不能形成一个独立自主的工業。

中華人民共和國成立后，在中國共產黨及人民政府的領導下，我國人民發揮出巨大的創造力量，學習了蘇聯先進經驗，幾年來獲得了偉大的成就。在 1949～1952 年短短的三年時間內，就恢復了被反動派嚴重破壞后的工業生產，並由 1952 年起開始了第一個五年計劃。根據已經公布的資料，在第一個五年計劃完成后，生鐵、鋼、鋼材的產量將比 1952 年增加三倍。在五年計劃期間，我國將興建許多巨大的工廠，如鋼鐵聯合企業、電站、機器制造廠、汽車制造廠及拖拉機制造廠等，並將生產出各種以前從未生產過的各種機器及設備。1955 年末到 1956 年初，我國掀起了一个社會主義建設的新高潮，農業及資本主義工商業的社會主義改造有了迅速的巨大的進展；全國工人及技術人員也掀起了提前完成五年計劃的社會主義競賽。在第一個五年計劃建設的基礎上，在全國人民的積極努力下，不久的將來我國即將完全擺脫貧困與落后，以一个具有高度文化及科學技術水平的新國家出現於世界。

俄國及蘇聯的學者們，羅蒙諾索夫（М. В. Ломоносов）、阿諾索夫（П. И. Ансов）、切爾諾夫（Д. К. Чернов）、庫爾納可夫（Н. С. Курнаков）、巴甫洛夫（М. А. Павлов）等，在研究金屬方面和在金屬的冶煉方面，都有着偉大的貢獻及創造。由於他們的傑出工作，給現代的關於金屬的科學奠定了良好的基礎。目前，蘇聯人民正在勝利地建設共產主義社會。蘇聯在科學理論實際生產等方面都是世界上先進國家之一。蘇聯首先建立了原子能發電站，並將放射性同位素應用於工農業生產，同時正在順利地進行許多複雜而巨大的技術工作。因此我們必須認真的、虛心的向蘇聯學習，早日將我國建設成爲一个強大的社會主義國家。

金屬材料是現代工業的基礎，為了在制造中能正確地使用各種材料，首先我們必須了解它們的各種性能，知道這些性能是決定於什麼，和怎樣才能改變這些性能等。學習金屬材料學就是要解決這些問題。在金屬材料學內，將要大致的介紹最常用的材料——鋼和生鐵的冶煉方法，金屬的性能及結構，改進金屬性能的方法——熱處理，以及常用的各種金屬和合金的成分和應用。學習本課程後可獲得有關金屬材料的一般的及系統的知識。如要進一步的學習，可以選讀其他適當的金屬學書籍。



# 第一章 黑色金屬的冶煉

## 1. 煉 鐵

工業上应用的材料可分为金屬材料及非金屬材料兩類。金屬材料由於具有良好的机械及工藝性能，因此应用較廣。在金屬材料中，又可分为黑色金屬及有色金屬兩類。黑色金屬為鐵及其合金，其余的金屬均为有色金屬。黑色金屬在工業上应用最为廣泛。

### 1) 煉鐵用原料

生鐵是鐵與碳的合金，其中所含的碳由 1.7 % 到 6.67 % (通常約為 3 % )，此外，生鐵中还存在有許多雜質：硅 Si、錳 Mn、硫 S 及磷 P 等。

煉鐵用的原料有鐵礦，其中主要是鐵及氧的化合物和不含鐵的廢石。常用的鐵礦有：1) 磁鐵礦，主要化學成分為  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  並具有磁性；2) 赤鐵礦，主要化學成分為  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ；3) 褐鐵礦，主要化學成分為  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  和 4) 菱鐵礦，主要化學成分為  $\text{FeCO}_3$ 。

為了使鐵和氧分開，必須加入燃料使其燃燒而產生高溫，並形成還原劑使鐵礦還原成鐵，常用的燃料為焦炭。

鐵還原後，應使它同廢石分開。為此，必須要加入易使廢石熔化成渣的熔劑，常用的熔劑為石灰石。

### 2) 高爐及高爐熔煉過程

生鉄是在高爐中熔煉而成的。高爐的構造如圖1所示。鉄矿、焦炭、石灰石由爐頂裝入爐內，熱空氣由風口鼓入，为了使爐子能承受高溫及其他的化學與機械作用，必須在爐內砌築耐火材料，如常用的耐火泥磚等。巨型的高爐每晝夜能煉生鉄1500~2000噸。

鼓入高爐內的空氣中的氧與焦炭中的碳化合而形成一氧化碳(CO)氣體，這種氣體奪去了氧化鉄(鉄矿)中的氧，并使其还原成为純鉄：

例如磁鉄矿的还原，  

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} \rightarrow 3\text{FeO} + \text{CO}_2$$

鉄矿还原所获得的純鉄溶解了碳、硅、錳、磷、硫之后就轉变为生鉄。

生鉄在高爐中的熔煉过程簡述如下：在爐頂分層將焦炭、鉄矿及石灰石裝入爐內。由于爐缸中風口附近的焦炭被燒掉，

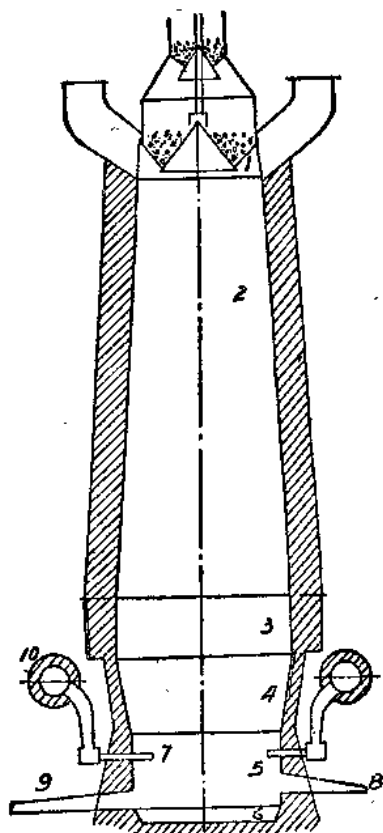


圖1 高爐剖面圖：

- 1—爐頂；2—爐身；3—爐腰；4—爐腹；  
 5—爐缸；6—爐底；7—風嘴；8—出渣口；9—出鉄口；10—風管。

以及爐子下部鉄水及爐渣的生成及放出，爐頂的爐料逐漸下沉，与爐料下沉迎面上升的是焦炭燃燒后的气体產物；焦炭的燃燒是依靠吹入的空气中的氧進行。在溫度較低的高爐上部，爐料開始預熱，並蒸發而除去水分。在下一層溫度較高處，焦炭不完全燃燒所形成的一氧化碳，奪去了礦石中的氧而獲得了純鉄；再下降到溫度更高處，純鉄使磷和其他雜質（硅、錳、磷等）劇烈地溶於鉄內，同時並熔合成液体生鉄而下滴到爐缸，廢石与熔剂作用后熔合成渣，下滴后積聚在爐缸中鉄水的上部，經一定時間后即可由出鉄口放出鉄水（ $1400\sim 1450^{\circ}\text{C}$ ），由出渣口放出爐渣（ $1450\sim 1500^{\circ}\text{C}$ ）。

### 3) 高爐產品

高爐中所熔煉成的生鉄，按其用途可分为：白生鉄（煉鋼生鉄）、灰生鉄（鑄造生鉄）及高爐鉄合金。

白生鉄性硬而脆，主要用途是煉鋼。灰生鉄中含矽較多，鑄造性好，多用以澆注各种形狀的零件。高爐鉄合金有：硅鉄——含 Si  $10\sim 13\%$ ；錳鉄——含 Mn  $10\sim 25\%$ ；錳鉄——含 Mn  $70\sim 75\%$ ，它們主要用在煉鋼中作为加入料及脫氧剂。

在現代的高爐生產中，煉鋼生鉄約佔  $80\%$ ，鑄造生鉄約佔  $20\%$ 。

高爐煤气是高爐生產的副產品，高爐煤气的成分大致如下：

$\text{CO}_2$ :  $8\sim 12\%$      $\text{H}_2$ :  $2.5\sim 3\%$      $\text{CH}_4$ :  $0.2\sim 0.4\%$   
 $\text{CO}$ :  $25\sim 28\%$      $\text{N}_2$ :  $57\sim 58\%$

其中的  $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$  全是可燃气体，因此高爐煤气可作为工業上的燃料。一个高爐每晝夜能生產大量的高爐煤气，可

供应全冶金联合企业之用。爐气在使用前必須預先清除其中的爐灰。

爐渣和爐气一样也是高爐生產的副產品，根据爐渣的化学成分的不同，爐渣可用以制造水泥、渣板、渣磚及鋪路路渣等。为了加工及运输上的便利，常將熾熱的爐渣倒入水中以使其破碎。

## 2. 煉 鋼

含碳在1.7%以下的鉄碳合金叫做鋼。除碳以外，鋼中还含有常見的雜質：硅、錳、磷、硫。

生鉄和鋼都是鉄碳合金，它們都有相同的雜質，其區別在於其中各元素的含量不同，生鉄与鋼的成分如下：

| 生鉄            | 鋼             |
|---------------|---------------|
| C——3~3.5%     | C——0.08~1.3%  |
| Si——0.9~1.5%  | Si——0.3~0.4%  |
| Mn——1.5~2.5%  | Mn——0.3~0.6%  |
| S——0.03~0.07% | S——0.03~0.05% |
| P——0.15~0.20% | P——0.03~0.04% |

鋼在高温下具有良好的可鍛性，而生鉄則不能鍛造，鋼还可以用熱处理的方法改变其性能。

由上面的化学成分可知，用生鉄煉鋼須要減少碳和其他雜質的含量，減少的方法是把这些雜質氧化成气体或氧化物（爐渣）而除去。因此煉鋼与煉鉄不同，煉鋼是氧化过程，而煉鉄是还原过程。

現代常用的煉鋼方法有：1) 轉爐法；2) 平爐法（馬丁爐法）；3) 电爐法。

## 1) 轉爐煉鋼法

轉爐煉鋼法的實質是：把空氣吹入熔化的生鐵中，利用空氣中的氧使生鐵中的雜質如碳、硅、錳等被氧化除去而得到鋼。同時這些元素的氧化反應可放出大量的熱，使鉄液溫度得到提高，保證煉得液體的鋼，因此不須加入其他燃料。

轉爐的構造如圖 2 所示。轉爐是由梨形鋼壳 1 構成，內砌耐火材料 2；根據耐火材料的不同，轉爐可分為貝士麥爐及托馬斯爐兩種。轉爐裝在由齒條 5 帶動的、可以旋轉的構架上，由液壓、汽壓汽缸或電動機帶動，壓縮空氣經空心軸頸（用接頭連接於通風管 4）及爐底 3 進入爐內。常用轉爐的

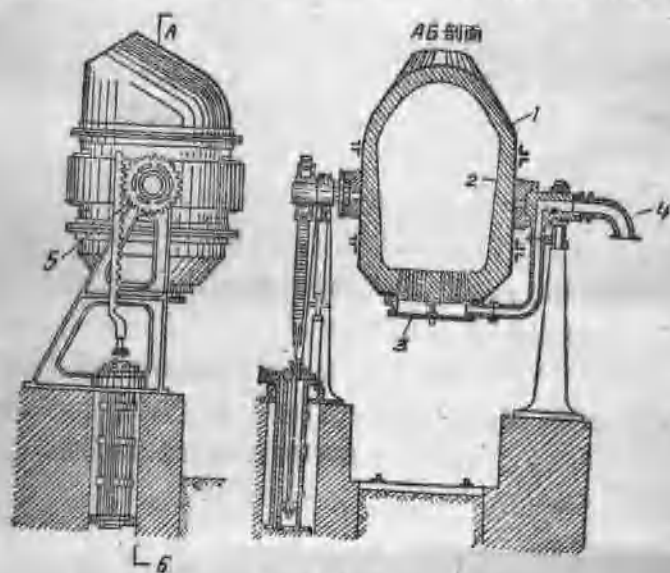


圖 2 轉爐構造。

容量 15~25 噸，最高可達 60 噸。

工作時，轉爐轉成適當角度（圖 3），用盛鐵桶將  $1200\sim 1250^{\circ}\text{C}$  的鐵水注入，使鐵水裝滿爐內凹下部分，然後開始鼓風，同時把爐子轉成垂直位置。空氣穿過

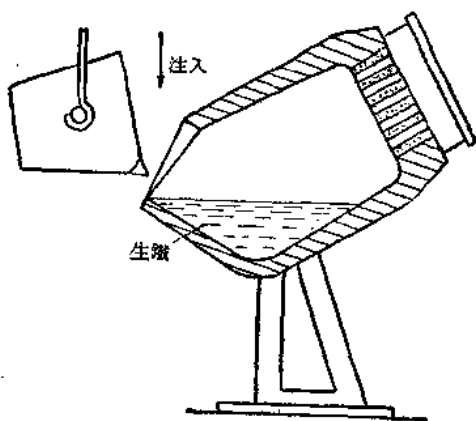
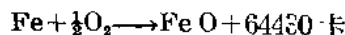
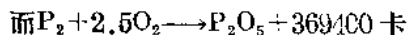
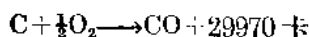
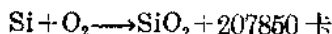
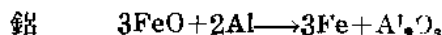
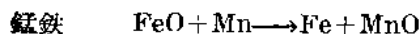
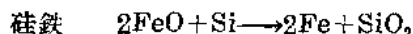


圖 3 鐵水注入前轉爐的位置。

生鐵液時，空氣中的氧與生鐵中的各元素發生反應，將各元素氧化成氣體及氧化物而除去，這些反應大都放出大量的熱量，放出的熱量將鋼液溫度升高到  $1600\sim 1650^{\circ}\text{C}$ 。如：



轉爐吹煉完畢後，鋼液中溶有大量的一氧化鐵，影響鋼的質量，因此要加入脫氧劑，以奪取一氧化鐵中的氧。常用的脫氧劑如硅鐵、錳鐵和鋁等。脫氧按下列反應進行：



脫氧後形成的氧化物上浮進入爐渣，脫氧後即可進行燒

注。

轉爐煉鋼法的優點是：1) 生產率高（整個操作過程僅 15~20 分鐘）。例如上海鋼鐵廠每天曾吹煉 140 爐之多；2) 設備簡單，操作簡單；3) 不需供給燃料。但它也具有很多缺點，主要的有：1) 需要一定成分的鐵水；2) 金屬損失大，吹煉時一部分由爐中濺出，一部分混入爐渣內；3) 鋼中含氣體（特別是氮）和爐渣都較多，因此鋼的品質較差；4) 難於控制鋼的成分。

由於這些缺點，轉爐煉鋼法的应用不如平爐煉鋼法廣泛，但如在今後不斷的研究，找出克服這些缺點的方法，特別是降低鐵的損失和提高鋼的質量問題如果能得到解決，則轉爐煉鋼法將成為一種最好的煉鋼方法。按蘇聯巴爾金院士的意見可以使用氧氣來代替空氣，這樣能解決鋼中的含氣體問題。

## 2) 平爐（馬丁爐）煉鋼法

平爐煉鋼法是現代应用最廣的煉鋼法，圖 4 是平爐的構造示意圖。爐頂和爐底間的橫長空室是爐子的工作空間，爐頂、爐底及爐牆均用耐火材料砌成，前牆有 3~5 個裝料門，後牆有出鋼用的出鋼口。爐頂兩端為爐頭，爐頭內各有兩個傾斜通道 1 和 3，以便將煤氣和空氣送入爐內，傾斜通道經直立通道與蓄熱室 2 及 4 相連。蓄熱室是用耐火磚砌成的格子房，平爐放出的廢氣有 1500~1600°C 的高溫，廢氣通過蓄熱室時便把它加熱到 1200°C 或更高些。煤氣及空氣通過蓄熱室預熱後再進入爐內，通過換向閥的幫助可週期地變換進入爐子的方向。常用的平爐容量為 30~200 噸，最大的可達 400~500

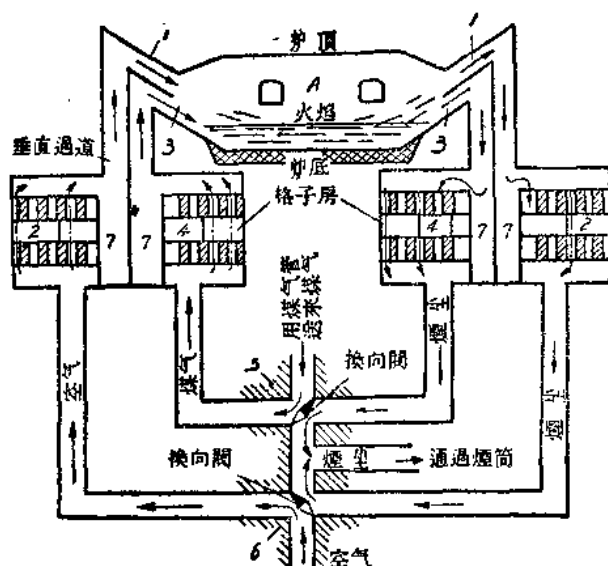


圖 4 平爐構造及爐內氣體運動示意圖。

順。

平爐所用的燃料是高爐煤氣和煉焦爐煤氣的混合氣體或發生爐煤氣，有時也可採用重油。

平爐的燃料是由外部供給的，不像轉爐煉鋼是依靠金屬內雜質的氧化來供給熱量，因此平爐爐料的成分可以在很大的範圍內變化，可由 100% 的生鐵到 100% 的廢鋼，生鐵可以用液體狀態或固體狀態裝入爐內。

平爐煉鋼法氧化過程的特點是：爐氣中的氧與渣接觸生成氧化鐵，通過爐渣然後傳到金屬液中。由於金屬液面上覆蓋着大量爐渣，爐氣中的氧不能直接氧化金屬液，必須經爐渣逐漸傳遞，因此氧化過程比轉爐慢得多。



裝入爐內的爐料有固体或液体生鉄、廢鋼、熔剂和鉄礦石。根据裝入爐料的不同，平爐煉鋼法可分为兩種：1) 廢鋼法，爐料由廢鋼和少量生鉄（25—40%）組成；2) 廢鋼礦石法，爐料由25—50% 廢鋼和80—50% 液体生鉄組成。

平爐煉鋼可採用各种成分的生鉄和廢鋼為爐料，同時在熔煉中歷時數小時，可定期地分析鋼的成分，保證煉得成分一定、品質較优的鋼。熔煉过程中金屬的損失較少，煉成的鋼中，所含的气体及渣亦較少。因此，平爐煉鋼法在目前应用最为廣泛。

### 3) 电爐煉鋼法

电爐煉鋼法是以1802年俄國學者彼德洛夫(В.В.Петров)所發現的电弧為基礎的。冶金工厂煉鋼多用电弧爐。圖5是

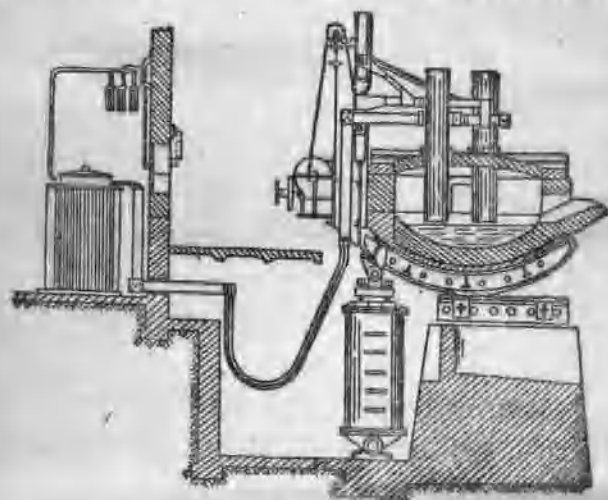


圖5 煉鋼电弧爐構造簡圖。