

礦山運輸

下 冊

蘇聯科學院通訊院士、工學博士
阿·奧·斯比瓦闊夫斯基教授著
北京礦業學院編譯室翻譯
北京礦業學院礦山運輸教研組審訂

燃料工業出版社

礦 山 運 輸

下 冊

蘇聯科學院通訊院士、工學博士
阿·奧·斯比瓦闊夫斯基教授著
北京礦業學院編譯室翻譯
北京礦業學院礦山運輸教研組審訂

蘇聯高等教育部批准作為高等礦業學院礦山機電專業教材

燃 料 工 業 出 版 社

本書闡述各種礦山運輸設備的理論和計算方法，研究各種礦山運輸機械的構造以及這些機械在技術上和使用上的特徵，說明其合理應用範圍、工作組織和運輸系統等。

下冊主要內容是講軌道運輸（巷道運輸）、井底車場運輸及其機械設備，地面及露天採掘場的運輸，有用礦物倉場的設置和排土場的運輸設備等方面的問題。

本書可作高等礦業學校教材，並可供礦山設計人員和技術人員的參考。

本書由北京礦業學院編譯室張式平、馬偉民、周家駟等同志合譯。

* *
*

礦 山 運 輸
РУДНИЧНЫЙ ТРАНСПОРТ
下 冊

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)1949年列寧格勒俄文第一版翻譯

蘇聯 А. О. СПИВАНОВСКИЙ 著
北京礦業學院編譯室翻譯
北京礦業學院礦山運輸教研組審訂

燃料工業出版社出版
社址：北京東長安街燃料工業部

北京市書刊出版業營業許可證出字012號
北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：胡芸非 白慧恬 校對：王壽容 王嘉瑜

書號252 * 煤99 * 787 × 1092 1/32 開本 * 15 1/2 印張 * 283 千字 * 定價23,600元

一九五四年十月北京第一版第一次印刷(1—7,200冊)

目 錄

第三編 礦井的鐵路運輸

第十二章	礦井鐵路	245
第1節	礦井鐵路的建築	245
第2節	軌路	252
第3節	軌路之銜接	257
第4節	鐵路之鋪設及維護	261
第十三章	礦車	267
第1節	總論	267
第2節	礦車各組成部分的構造	273
第3節	礦車的類型	283
第4節	礦車之修理及維護	293
第5節	礦車運行阻力	295
第十四章	鋼絲繩運輸	300
第1節	鋼絲繩運輸之類型	300
第2節	有極繩運輸	302
第3節	無極繩運輸	307
第4節	運輸用鋼絲繩	314
第5節	鋼絲繩運輸時道路上的設備	315
第6節	鋼絲繩運輸的計算	323
第十五章	鋼絲繩運輸用的絞車	334
第1節	總論	334
第2節	滾筒式絞車	335
第3節	摩擦繩輪式絞車	348
第十六章	人員的運送	361
第十七章	機車運輸	337

第1節	機車運輸的類型	367
第2節	機車牽引的計算	375
第3節	機車運輸工作的組織	381
第十八章	井底車場內的運輸工作	394
第1節	緒論	394
第2節	井底車場行車組織	396
第3節	箕斗裝載設備	402
第4節	井底車場的運輸能力	407
第十九章	水平巷道及傾斜巷道的運輸類型	412
第1節	緒論	412
第2節	水平巷道之運輸	412
第3節	傾斜巷道之運輸	418
第4節	結論	420
第四編 礦井地面及露天礦場的運輸		
第二十章	礦井地面工業設備總體及總平面圖	422
第1節	設計總原則	422
第2節	地面運輸系統	425
第二十一章	礦井地面的收礦設備	435
第1節	總論	435
第2節	箕斗井的收礦設備	436
第3節	罐籠提昇井的轉車場	437
第4節	自溜式運輸的設計	441
第5節	機械設備	443
第二十二章	礦山地面的運輸機設備	451
第1節	總則	451
第2節	運輸機設備總述	451
第3節	固定式運輸機之構造及計算	457
第4節	運輸機設備使用範圍及示例	484
第5節	給礦機及開門	486
第二十三章	貯礦場	494

第1節	用途及總論	494
第2節	使用活動設備的貯礦場	496
第3節	扒礦設備貯礦場	505
第4節	金屬礦貯礦場	516
第5節	鉀鹽礦貯礦場	519
第二十四章	裝車及鐵道業務	522
第1節	裝載方法	522
第2節	裝車設備的類型	524
第3節	鐵道業務	535
第二十五章	矸石堆	543
第1節	矸石堆的類型及其設備	543
第2節	軌道運輸之矸石堆的幾何尺寸的計算	547
第二十六章	架空索道	550
第1節	類型，一般構造，應用情況	550
第2節	架空索道主要構成部分	553
第3節	架空索道主要規格的計算	557
第4節	架空索道的運營與操作	565
第二十七章	露天採礦場的運輸	569
第1節	露天採礦場的運輸類型	569
第2節	機車運輸	570
第3節	汽車運輸及拖拉機運輸	581
第4節	運輸機運輸	584
第5節	鋼絲繩運輸	596
第6節	架空索道運輸	599
第7節	利用挖掘設備的運輸	602
第8節	水力運輸	608
第二十八章	礦山運輸工作的發展方向和任務	613

第三編 礦井的鐵路運輸

第十二章 礦井鐵路

第1節 礦井鐵路的建築

1. 基本概念

礦井鐵路是由下部建築（在地下便是運輸巷道的底板）及上部建築（即道床、枕木、鋼軌及接軌零件）所組成。

鐵道構造狀況的好壞，是決定礦井鐵路運輸能否正常工作的首要因素。要想保證運行平穩且不發生事故，不僅應當將鐵路敷設得牢固，而且還要使它具有某種程度的彈性，才能延長該鐵路的使用年限，並增高來往行駛的列車的安全性。

線路 礦井鐵路線路（在平面圖上）應力求按直線鋪設，在彎道處應儘可能採用較大的曲線半徑，但這種要求在井下往往很難作到。

縱剖面 如果把道路的中心線投影到一個垂直面上去，便可以得到該道路的縱剖面，這個剖面也應當儘量使其平坦一致。否則如果剖面十分複雜，亦即如果有很多起伏不平的地方（上坡和下坡）時，必然會增加機車運行的困難；同時巷道裏的排水工作也會因此而複雜起來。這種巷道的形成，大都是因為順波浪形礦層掘進所致，補救的辦法是採用「緩和」剖面法，將某些地點的底板加以挖低或墊高。

如果把礦井鐵路鋪設成順貨載移動的方向（向井底車場）有某種固定傾斜度的下坡，而這個坡度又恰好能使重列車（向下）運行的阻力與空列車（向上）運行的阻力相等，因此這種道路對於機車

運輸是十分便利的。但是如果按照這個方法所計算出來的傾角（即所謂等阻角^①）太小，以致無法保證通暢地排水，則此角度祇得用大於由計算而得者。

另外還有一個保證如下運輸可靠性和安全性的因素，即開掘巷道應達到一定的高度和寬度，以保持運行列車與巷道兩側和上部支架間有足夠的空隙。

2. 鋼 軌

礦井鐵路所用鋼軌的形狀，與地面正規鐵路的鋼軌相同，祇是重量較小而已（參看圖 168 和圖 169 等）。它的橫切面與工字鋼相仿，但頭部圓滑，底部寬大；這種型式即使在截面較小的情形下，也能有足夠的彎曲力矩，因而它能防止兩枕木間的鋼軌因受車輪壓力而發生之彎曲。鋼軌頭部的形狀是以車輪輪緣能在軌頭上滾動方便為出發點而製成的。軌頭故意做成粗大是有其一定理由的，因為這樣一來，即使在使用過程中有些磨損，實質上對其強度幾乎並不減小。鋼軌具有較寬底部的原因，無非是想使鋼軌有足夠的支持面積在枕木上能鋪設穩定，同時也便於將它釘牢在枕木上。鋼軌的腰部使軌頭能在枕木上超出一定的高度，並且便於進行鋼軌與鋼軌的連接。

鋼軌的尺寸既可用它的高度來表示，又可以用單位長度的重量（公斤/公尺）來表示。如果礦井鐵路上運行的列車很重，速度很大，運行次數也十分頻繁，那末此時鋪設鐵路就應當用比較重的鋼軌。重型鋼軌的優點是使用年限較長，能提高鐵路堅固性，減輕修理負擔以及列車能在很好的條件下運行。但是投資太大，這是缺點。

在主要斜巷和主要水平巷內，假如運輸量很大而使用年限也較長時，就應當鋪設地面正規鐵路所用的鋼軌。在主要大巷中通常用 24 公斤/公尺的鋼軌，運行不頻繁的巷道中則可用 18 公斤/公尺的，在通風、掘進及其他運輸量甚小的巷道內，不妨用更輕一些的鋼軌

①參閱第十三章第 5 節。

(11 公斤/公尺)。

鋼軌乃是由貝塞麥鋼或馬丁鋼所軋成。利用那些具有良好機械特性的金屬作為鋼軌材料，對提高鋼軌堅固性和使用年限有着極其重大的意義。

3. 枕 木

枕木的作用是承受由鋼軌傳來的壓力，然後將此壓力分佈到面積較大的道床上去；此外它還能將兩根鋼軌連繫在一起，使其保持一定的距離（軌距）；又因枕木本身有一部分陷入道碴，所以也能防止整個鐵路的縱橫挪動。

枕木的原料是以木材為主，用金屬或鋼筋混凝土者甚少。因為木質枕木有很多優點，如本身有彈性，與道碴（特別是碎石道碴）間有較高的阻力係數，價格低廉，鋼軌的安裝、鐵路的修理和枕木的撤換等工作都較方便。不過使用年限不長，但經浸料處理後，即可彌補這個缺點。

木質枕木以松、柏、銀松和落葉松等製造最為合宜。因為上述這些木材都相當堅韌，且有夾緊道釘的能力，不致使道釘輕易脫出，同時也不會因屢次道釘而劈裂。凡主要運輸巷道內所鋪設的枕木都必須經過浸防腐劑的處理，以延長使用年限，減少更換次數，因為這是耽誤運輸工作的因素。總之，枕木的浸料處理，在任何場合下都是有利的而無害的。

枕木的長度和截面尺寸，在全蘇標準（OCT）中都有一定的規定。其主要形狀可分為方形和板形兩種（圖 164 a 和 б）；板形枕木係是由一個圓木沿中心截鋸而成，因此，每一根圓木可作成兩個板形枕木；方形枕木却需要用一整根圓木做成，所以費用較大，但較板形的堅固而穩定。

有某種特殊斷面的鋼質枕木，在使用

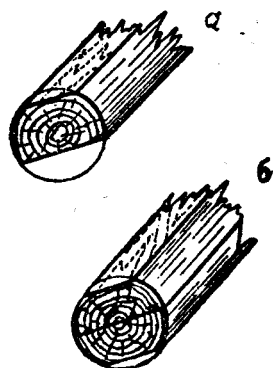


圖 164 枕木形狀

a—方形枕木；б—板形枕木。

中，有很多地方不如木質枕木，因而很少採用。即使要用它時，也多半將鋼質枕木與鋼軌固定成一體，以便用於經常需要移動的輕便鐵道上。

鋼筋混凝土枕木的缺點是缺乏韌性和彈性，並且價格昂貴，一般在不宜於鋪設木質枕木或金屬枕木的地方才採用。

枕木間距一般是由 0.75 至 0.9 公尺，尺寸的大小，究應如何採用，則須視鋼軌重量和來往行駛的機車重量而定。總之鋼軌愈重，機車重量愈小時，枕木間距就可以大些。

4. 道 床

道床的任務是將由枕木傳來的壓力分佈到面積較大的下部建築（底板）上去，並藉此阻止枕木任意移動，緩和列車行駛時之衝擊。如果底板稍有不平時，道床還可起調整枕木高低的作用。

對道床材料的要求是不應因受撞擊而粉碎，在列車行駛時要保證不生塵末，更不應存水及潮解。

根據上述要求，顆粒尺寸為 20 至 40 公厘並帶有尖銳稜角的堅韌岩石碎塊或 3 至 20 公厘的卵石，應被視為最良好的道床材料。細砂、機車爐碴、煤層夾石和頁岩碎塊等類似材料，在這兒是絕對不能用的。此外在技術操作規程中曾作了如下規定：在水平巷及 10° 以下傾角的斜巷內，道床的厚度（自枕木下量起）不得少於 10 公分。若傾角大於 10° 時，不得少於 5 公分，但此時為使枕木不致

自由移動起見，應在底板上挖些枕木溝，它們的深度大約是枕木厚度的三分之二，然後將枕木埋入溝中，並填鋪道碴。

排水溝是礦井鐵路下部建築的一個必要的部分，設在巷道的一側（圖 165），同時巷道底板向排水溝一側應有微小的坡度。如果在這巷道內有行

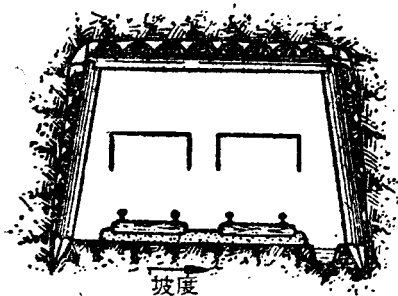


圖 165 雙軌巷道的截面圖

人來往的話，排水溝上必須用鋪板蓋好。若底板岩石軟弱並易被水流冲刷損毀，尚需用木材將排水溝的底及兩壁加以支砌（圖166）。如在混凝土砌成的巷道內，有時當然也可以用混凝土來支砌。

在縱剖面呈波浪形的巷道內，排水溝應該挖得比一般的更深些，並在此溝中填以碎石，以保持整個巷道中的水溝順流水方向有一致的坡度。

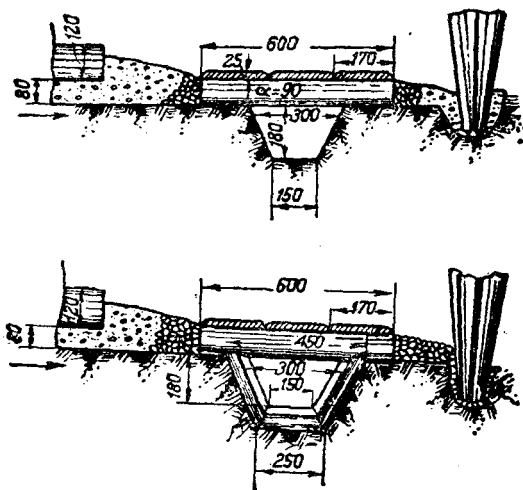


圖 166 不支砌的和已支砌的排水溝鋪設情形

5. 連接零件

鋼軌與枕木的連接器材是道釘（圖 167 a）。道釘在釘入枕木之後，它的釘帽可將鋼軌底部緊緊卡住在枕木上面。此外，鋼軌與鋼軌的連接器材是魚尾板。

為避免在釘入道釘時，枕木發生劈裂，因而減弱其夾緊道釘的能力起見，一般將釘道釘的地方，預先應該鑽好釘眼，釘眼的截面與長短均稍小於道釘。這樣一來，道釘便不是毀其纖維而強行釘入，而是撥開纖維釘入，木材纖維之彈性乃得以保全，因而便能夠將道釘緊緊夾住了。

在使用電機車和大容量礦車的場合下，鋼軌接頭處、彎道及道岔地區的鋼軌下，都應鋪設墊板，即使上述地點已經採用浸料處理過的枕木，這一要求仍不能例外。墊板的功用是加強鋼軌與枕木間的連接，並增大枕木的受壓面積（此壓力是由鋼軌傳來）。墊板可分為板形和楔形兩種（圖 167 6 和 6）。在使用楔形墊板後，鋼軌即稍微向內側傾斜，並使軌面之傾斜角與圓錐形車輪輪緣的傾斜角大致相同，這樣一來，由車輪作用到鋼軌上的力比較集中，可使鋼軌穩定性較大，鋼軌表面的磨損較小。重 24 公斤/公尺以上的鋼軌都絕對要求鋪用墊板。一般在墊板上都留有兩個到三個孔眼，以便插入道釘。同時為避免枕木劈裂，這些孔眼不應該佈置在同一橫平面上，而應當叉開分佈。

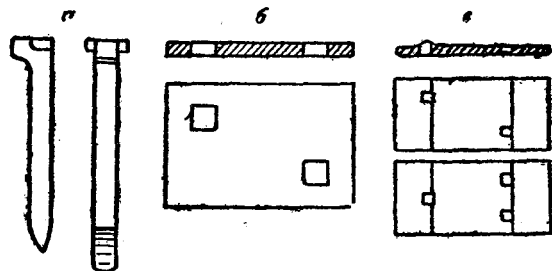


圖 167 道釘和墊板 a—道釘；6—板形墊板；6—楔形墊板。

對鋼軌接頭的要求，是要能保證在車輪自一鋼軌移動到另一鋼軌時，不發生撞擊，因而在兩鋼軌接頭處，應該沒有高低不平的情形，同時接頭空隙也應盡量減小。此外，接頭還應當容許鋼軌因溫度變化而產生之長度增減，但因礦下全年溫度變化範圍甚小，所以幾乎可不作考慮。

在某種情況下，用鉗接法接軌能得到極其良好的效果，基本上消滅了車輛接頭時的撞擊現象。但是，在礦內大氣中進行鉗接工作是受到保安條件限制的；加之，在修理礦井鐵路工作中，常常會嫌鉗接後的鋼軌太長，因而發生困難，這些原因大大縮小了這種方法的使用範圍。所以目前礦下照例還祇能用機械接軌法，這是在鋼軌腰

部立面上，鑽上幾個橢圓形孔眼後，利用魚尾板和螺絲釘連接鋼軌的方法。

鋼軌接頭按照它與枕木的位置關係來看，有兩種方式：一種是接頭坐在一個枕木上，另一種是接頭懸接在兩枕木之間。當車輪滾動於第一種方式的接頭處時，接頭下面的枕木，先後受到兩種位置的偏心撞擊負荷，不久枕木就不再緊緊依附於道碴之上。此外，這種接頭，在車輪越過它時會引起猝然的衝擊。接頭在兩枕木間者（即懸空接頭）恰好相反，它的特點是過於柔軟，所以在車輛行經接頭時常引起列車之震動。綜合上述優缺點，我們認為在大容量礦車運輸時，使用圖 168 所示的鋼軌接頭架在兩個相靠近的枕木上的方式，比較合宜。

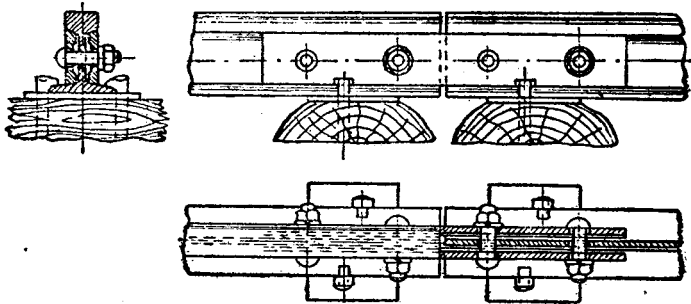


圖 168 架在兩個相靠近的枕木上的鋼軌接頭圖

架線式電機車運輸時，鋼軌兼作電流回路之用。鋼軌接頭特別是在生銹和接觸不良的情形時，鋼軌電阻可以增加得十分驚人。減少鋼軌接頭電阻的辦法，是在魚尾板內鑲以連接銅片（圖 169 所示）。但有時在礦井大氣條件允許下，也有用銅的

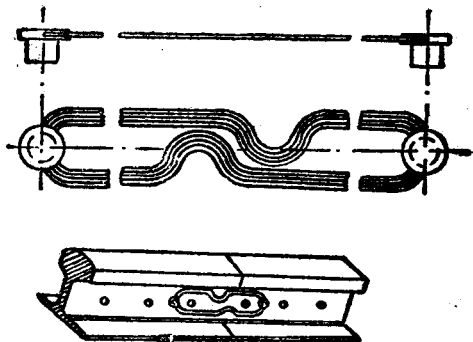


圖 169 鋼軌接頭處的連接銅片

或鐵的連接線銲上去的。

第2節 軌 路

1. 軌 距

我們必須將軌距（圖 170 中的 s_p ）和輪緣距 s_k 區別開。由於軌道在鋪設時，難免有些不精確的地方^①，同時後來也逐漸會有些變動，軌距必須稍比輪緣距大一些，其寬餘的隙距 v ，主要是用以防止車輪輪緣被鋼軌卡住，但是此隙距亦不宜太大，因為在使用中，它還可能因鋼軌向外移動或車輪輪緣不斷磨薄而增大。如果隙距過大，便可造成車身十分嚴重的橫向擺動，這現象特別在高速行車時更為顯著，所以隙距過大是禁止的。現場上所採用隙距 v 的大小為：

$$v = s_p - s_k = 10 \text{ 公厘。}$$

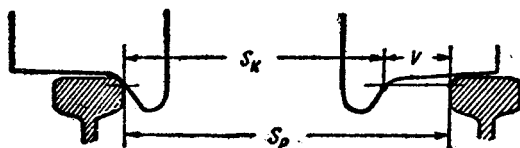


圖 170 軌距與輪緣距的示意圖

一設我們祇允許車輪的製造安裝有 ± 2 公厘誤差出入。並按照定額得知車輪輪緣每邊的磨損不得超過 6 公厘。因此實際工作中的隙距值 v 在 6 公厘 $(10 - 2 - 2)$ 至 28 公厘 $(10 + 4 + 2 + 2 \times 6)$ 範圍內變動。

煤礦所用的軌距大多是 600 和 900 公厘，金屬礦和露天礦中，有時也有用 750 公厘的軌距。在某些舊有礦井內，目前仍然允許保持舊軌距，這是不得已的事，否則將因改正軌距，更換礦車，刷大巷道而招致經濟上的損失，並使生產中斷。但是這裏要着重指出，使用標準軌距對礦車的統一和對進行大規模的礦車製造來說，是有

①蘇聯煤礦技術操作規程規定，安裝鋼軌時，實際軌距不得較原設計的軌距大 4 公厘以上或小 2 公厘以上。

極其重要的意義的。

2. 彎道部分的軌路

(a)外軌的超高 一列車或一個車在行經彎道處時，必然會發生一種能使車輪輪緣壓緊外軌的離心力。

若礦車係自溜運行，則車上僅僅受到一個橫向的離心力（圖171 a）。

有極繩運輸時，車上永遠受有一向心的分力，而此力的作用方向適與離心力相反（圖171 b）。

無極繩運輸之際（圖171 c），特別是在行車速度較小、鋼絲繩張力很大，彎道曲線半徑很小的情形下，向心力也有可能大於離心力。

機車在前拉着列車駛往彎道（圖171 e），牽引連接器上就有一個向心力。連接器上所受之拉力愈大，礦車之向心力也愈大。因此靠近機車的礦車較列車尾部的礦車所受的向心力要

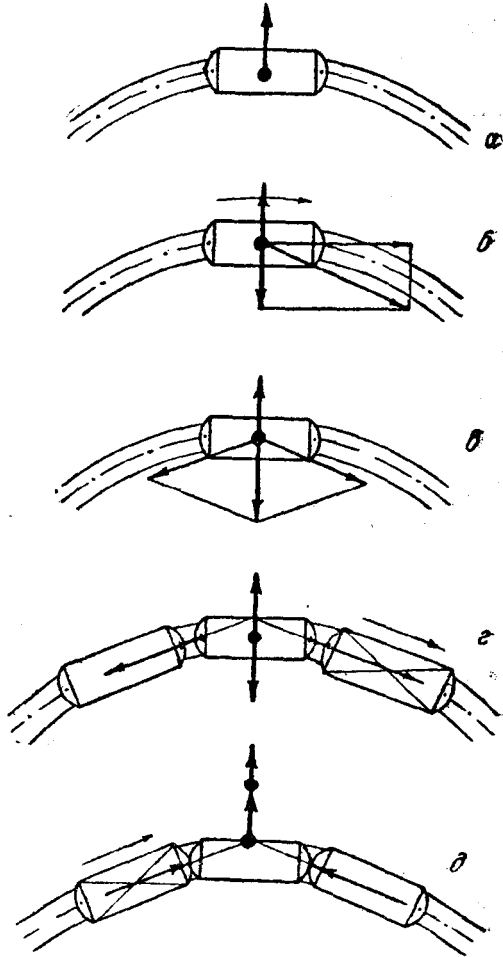


圖171 列車行經彎道所受各種力的示意圖
a—自溜運行；b—有極繩運輸；c—無極繩運輸；d—機車在列車頭部牽引；e—機車在列車尾部推頂。

大得多。這種向心力可以將離心力抵消一部分或全部，有時甚至於可以超過離心力。

相反地，如果機車在尾，頂着列車行經彎道地點，連接器都是放鬆狀態（圖171 θ ），此時在推力和離心力合併作用下，大大地助長了把礦車向外軌方面擠壓的力量。如果其他一切條件相同，在這種情形下礦車受到的向外擠壓力最大。

因此我們可以瞭解到，隨着行車方式的不同，離心力是可以一部分或全部被抵消的，有時也有仍保持原有大小或甚至反而增大的。

離心力不僅能在某些條件下造成行車不穩的危險，並且可使鋼軌和車輪輪緣的磨損以及行車阻力大為增加。克服這種缺點的方法是將外軌抬高。現在我們研究一下，要想保證在受離心力作用的礦車運行時，車輪輪緣決不會因離心力而引起任何壓力，其抬高程度應該多少，就是應使礦車重量 G 和離心力所合成的合力，垂直於鐵路路面，如圖172所示。

設 Δh 為外軌的超高值。此時由圖172中相似三角形 OAB 與 oab 中得：

$$\frac{Gv^2}{gR} : G = \Delta h : S_p \cos \beta, \quad (212)$$

$$\text{或} \quad \Delta h = \frac{s_p v^2 \cos \beta}{gR}. \quad (213)$$

假設彎道曲線半徑與軌距之比等於 K ，($R : S_p = K$)，並取一近似值 $g : \cos \beta = 10$ 公尺/秒²，同時 Δh 的單位又以公厘表示時，公式(213)就簡化成如下的計算常用公式：

$$\Delta h = 100 \frac{v^2}{K} \text{ 公厘}. \quad (214)$$

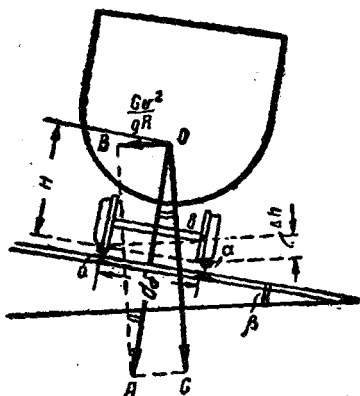


圖172 外軌超高值的計算

彎道處鋪設外軌超高的方法，是加厚該軌線下的道床。在鋪設

與彎道外軌兩端銜接的直線段鋼軌時，應將它作成0.003至0.01坡度的下坡。這段傾斜鋼軌^①的長度可由下式求得：

$$l_p = \left(\frac{1}{3} \text{ 至 } \frac{1}{10} \right) \Delta h \text{ 公尺。} \quad (215)$$

好些計算都證明了無極繩運輸不僅不需要將外軌抬高，相反地，有時為使礦車運行穩定，尚須將內軌抬高。

(6)軌距的加寬 列車在行經彎道時，機車與礦車在曲線軌道上，擺佈得像弦一樣。又因為車軸是牢固地固定在車架上的，它們不可能像迴轉軸一樣，與彎道曲線半徑取得一致方向，所以容易發生軌頭將車輪輪緣卡住以及阻力和磨損劇烈增加的現象。如果能將彎道處軌距稍微放寬，便能使這些不良現象基本消除。

機車（礦車）的兩軸相距（軸距）甚遠和彎道曲線半徑很小，軌距應當放寬。一般常用軌距放寬值的範圍是由5至15(20)公厘。

在軌距加寬處，外軌始終保持原有位置不動，僅將內軌的彎道曲線中心方向挪動一個適當的距離。放寬工作有些與外軌抬高相似，它們都是在與曲線軌相銜接的兩端直線鋼軌內逐漸進行的。在曲線段與直線段銜接的地方就已放寬到完全的數值了，這個數值在整個曲線段內始終保持一致。

(B)彎道曲線半徑 彎道上車輛所受的離心力 $\frac{Gv^2}{gR}$ ，是隨行車速度的增加和曲線半徑的減小而增加的。因擠壓車輪輪緣而生之阻力，又是因機車（礦車）軸距的加大和曲線半徑的減小而增加。因此在技術操作規程中所規定的關於礦下鐵路所許可的最小曲線半徑的實際定額，是與運行速度，軸距長短等兩因素密切關聯的。運行速度低於1.5公尺/秒時，彎道曲線半徑不得小於列車中機車或礦車的最大軸距的七倍；速度大於1.5公尺/秒時，不得小於最大軸距的十倍。如果彎道所對應的總中心角已超過90°，此時為降低阻力與減輕磨損起見，曲線半徑不得小於軸距的十倍。若由上法求得之曲線半徑不是整數時，則應將此值增加成為以公尺為單位的整數。

①這一段傾斜的鋼軌在俄文中稱為 разгон。——譯者