

井下電機車牽引網路

蘇聯 維·恩·斯塔休克著

李 樹 人譯



燃料工業出版社

井下電機車牽引網路

蘇聯 維·恩·斯塔休克著

李 樹 人譯

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書闡明了礦井井下電機車牽引網路的設備問題，介紹了有關牽引網路安裝和運行的資料，此外，並舉例說明了牽引網路各部分的電氣計算方法。

本書可供負責井下運輸的工程技術人員和礦井設計人員參考。

* * *

井 下 電 機 車 牽 引 網 路

ТЯГОВАЯ СЕТЬ ЭЛЕКТРОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА В ШАХТАХ

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1951年哈爾科夫俄文第一版翻譯

蘇聯 В. Н. СТАСЮК 著

李 樹 人 譯

燃料工業出版社出版

地址：北京東長街鐵屑工廠對

北京市書刊出版業營業許可證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：王華瑩 校對：陳風 海冰

書號354-煤131 * 850×1092 1/32開本 * 4 1/2印張 * 97千字 * 定價8,400元

一九五五年二月北京第一版第一次印刷(1-3,000冊)

目 錄

作者序	3
緒言	4
第一節 井下電機車運輸的發展	4
第二節 井下電氣化鐵路運輸用的架線式電機車的類型	5
第一章 牽引網路的供電及架設的主要問題	11
第一節 礦山電機車牽引用的電壓	11
第二節 供電	11
第三節 接觸網路的分段（劃分區間）	14
第四節 接觸線的吊掛法	14
第五節 接觸線張力的調節	17
第六節 接觸線吊掛界限及「之」字形的構造	21
第七節 接觸線之跨距	22
第八節 漏電流（雜散電流）及其防止方法	23
第二章 牽引網路用的主要材料及裝置	24
第一節 接觸線	24
第二節 鋼線及鋼索	25
第三節 吊線器	26
第四節 絕緣子	33
第五節 調節裝置及固定用裝置	35
第六節 接觸網路的特殊部分	39
第七節 饋電電纜和回流電纜及導線	45
第八節 軌道電氣連接線	49
第三章 牽引網路的結構法	50
第一節 井下巷道接觸線的吊掛法	50
第二節 接觸線的拉線	56
第三節 饋電點及回流點裝置	58
第四節 接觸網路分區點裝置	62
第五節 饋電電纜及回流電纜的敷設	63

第六節	井下運輸信號裝置	65
第七節	地面接觸網路的電桿	69
第八節	地面牽引網路的架設	74
第四章	牽引網路的安裝	80
第一節	牽引網路安裝的準備工作	80
第二節	運輸巷道限界的檢查	81
第三節	接觸線吊掛點的劃分	81
第四節	橫吊線的安裝	83
第五節	放線、掛線及緊線工作	87
第六節	夾線工作（把接觸線放在夾子裏）	93
第七節	線路設備的安裝	95
第八節	電纜線的安裝	98
第九節	地面牽引網路安裝概述	101
第十節	安裝好的接觸網路及軌道電路的試驗	106
第五章	牽引網路的運行	110
第一節	接觸線的正常工作條件	110
第二節	線路設備的巡視及檢查	111
第六章	在接觸網路上進行工作時的技術保安	116
第一節	概論	116
第二節	接觸網路安裝工程的主要保安規程	116
第三節	在運轉的接觸網路上工作的主要規程	117
第七章	牽引網路的計算	120
第一節	牽引網路的工作特性	120
第二節	牽引網路電氣計算簡述	121
第三節	電機車負荷電流的計算	122
第四節	牽引網路的電氣計算	124
第五節	根據短路電流驗算牽引網路	126
第六節	牽引變電所，饋電點及回流點的數量的確定	128
第七節	牽引變電所負荷的計算及整流設備數量和類型的選擇	130
第八章	牽引網路計算示例	131

作者序

現代礦井的工作，如果沒有可靠的井下電機車運輸，將是不堪設想的。井下電機車運輸的主要環節之一，就是牽引網路。

本書論述了牽引網路的結構，並提供了有關牽引網路安裝和運行的資料。爲使讀者能恰當地選用牽引網路的主要部分，本書有數章簡要地論述了各部分的電氣計算。因爲在某些情況下，井下運輸與地面線路有接軌，所以本書也論及有關地面牽引網路的架設問題。

本書可作爲煤礦井下運輸工程技術人員和設計機構工作人員的實用參考書。

作者把自己的作品看作是一部討論井下運輸牽引網路的嘗試性的創作，不敢奢望能把牽引網路的問題完整無缺地闡述清楚，如蒙對於本書的缺點予以指正，作者是十分感激的。

緒 言

第一節 井下電機車運輸的發展

在任何一種採礦企業裏，礦石的運輸工作都是主要生產過程之一。革命前的俄國，井下運輸幾乎全部使用人力，僅只在寥寥可數的幾個採礦企業裏採用了電機車運輸。

在偉大的十月社會主義革命以後，井下運輸逐漸走上大規模機械化。特別是在幾個斯大林五年計劃的年代裏，當礦山機械製造廠展開井下運輸設備的製造（特別是電機車的製造）後，井下運輸機械化的範圍乃更擴大。

至 1950 年末，煤礦工業中井下運輸機械化已臻完善，而鐵礦中的井下運輸機械化也漸近於完善。

由於大規模採用了電機車，井下運輸機械化和電氣化就逐漸地發展起來。例如：1931 年在各採礦工業中，大約共有 150 台電機車工作，到 1940 年，僅在煤礦工業中的電機車數已增加到 1855 台，其中蓄電池式電機車 1009 台，架線式電機車 846 台^①。

在敵人佔領頓巴斯和莫斯科近郊礦區的時期，雖然在遭到法西斯侵略者破壞的礦井中有大量電機車被毀，但到 1946 年 1 月 1 日止，煤礦工業中工作的電機車總數幾乎已經恢復到戰前水平，而在戰後斯大林五年計劃的末年採礦工業中工作的礦山電機車總數已超過戰前水平數倍。

在架線式電機車的電氣化鐵路運輸工作中，牽引網路起着相當重要的作用，其主要組成部分，即是接觸線和軌道電路。

正確地架設和安裝牽引網路，是保證井下運輸工作正常進行的必要條件，從而亦保證了有益礦物開採工作的進展。

① 詳見斯·阿·瓦洛克夫斯基著《礦山電機車牽引》，蘇聯國立煤礦技術書籍出版社，1950 年出版。

第二節 井下電氣化鐵路運輸用的架線式電機車的類型^①

礦井內使用蓄電池式和架線式電機車。兩者比較，後者（架線式電機車）具有很多優點。它的優點是：生產能力（牽引力）較大，運輸成本低。因此，蓄電池式電機車只能在有瓦斯或煤塵爆炸危險的煤礦礦井中採用（按保安規程規定，在上述情況下是禁止採用架線式電機車的）。

蘇聯製造的架線式電機車的主要技術規格列在第1表。

在有瓦斯或煤塵爆炸危險的礦井中，架線式電機車只可在主要運輸巷道內採用，而在其它採區中，必須採用為適應這樣礦井的需要而生產的一種架線-蓄電池式電機車。這種電機車裝有聚電器（引電弓子），另外還裝有蓄電池組。此種電機車在鐵礦和銅礦的礦井中也可採用，因為在溜礦口下裝車的地方不可能架設接觸線。

除運輸工作外，在組織列車方面電機車還須擔任配車、調車（即裝卸車時推頂礦車）等工作。這種工作採用重型電機車（黏着重量7—10噸）頗不適宜，因而生產了一種調配車用的電機車（黏着重量3噸）。

蘇聯最近應用着一種裝有容電器電動機（容電分相電動機）的交流礦井用電機車^②。這種KЭ-2型容電器電機車是根據11-TP-2型直流電機車的機械部分製造的，此外，並沿着車軸裝有兩台容電器電動機（容電分相電動機）。旋轉傳動使用兩段減速器，轉速比為11。

容電器電動機是兩相感應電動機，此電動機由單相接觸網路

① 本節所述僅是對電機車作一般性的介紹；詳見：斯·阿·瓦洛夫夫斯基所著的《礦山電機車牽引》，蘇聯國立煤礦技術書籍出版社，1950年出版；阿·布·沙布洛夫和阿·伊·尤森柯合著的《11-TP和KO-10型礦山架線式電機車》，蘇聯國立煤礦技術書籍出版社，1949年出版。

② 詳見奧·阿·涅克拉少夫著《KЭ-I型礦山容電器電機車》，蘇聯國立煤礦技術書籍出版社，1949年出版。

架線式電機車的主要技術規格①

第1表

規 格 名 稱	單 位	電 機 車 類 型		
		II-TP-2 II-TP-3	IO-10-600 IO-10-900	IV-TP-4
軌距	公厘	550,600 和750;900	600,750; 900	900
全長	公厘	4070	4260	4810
全寬	公厘	1044/1544	1070/1370	1320
高度	公厘	1500	1450	1500
主軸數	個	2	2	2
固定軸距	公厘	1100	1100	1650
最小曲線(迴轉)半徑	公尺	7.0	7.0	10.0
車輪直徑	公厘	650	650	760
轉速比(齒輪比)	—	6.92	6.9	6.08
電量	噸	5,6/7.0	10	14.0
小時(短時)容量	瓩	41.2	41	92.0
小時(短時)牽引力	公斤	1460	1450	2680
小時(短時)運轉速度	公里/小時	10.3	10.3	12.4
連續牽引力	公斤	370	370	660
連續運轉速度	公里/小時	16.0	16.0	19.0
牽引電動機台數	台	2	2	2
電動機類型	—	ДК-80IA	ДК-80IA	ДК-802A
電壓	伏特	250	250	250
小時(短時)運轉電流	安培	95	95	210
連續運轉電流	安培	34	34	84
聚電器有效高度:				
最小高度	公厘	1650	1620	1710
最大高度	公厘	2030	2500	1580
聚電器數	—	1	1	2

① 根據蘇聯國家標準 ГОСТ 5048—49 規定, II-TP-2 和 II-TP-3 型電機車均用新牌號 7KP-300、7KP-750、7KP-900 代表, IO-10-600 和 IO-10-900 型電機車用 10KP-600、10KP-750 和 10KP-900 代表, IV-TP-4 型電機車用 14KP-900 代表。上述符號中的第一個數字代表電機車黏着重量的噸數, 字母 [KP] 代表礦井架線式電機車, 最末數字代表軌距數(公厘)。

供電。

電動機的定子上有兩組極數不同 ($2P=12$ 和 $2P=6$) 而又獨立的線圈，因而使電機車有兩種速度。其中一組線圈（主線圈）直接與接觸網路相連；另一組線圈則與容電器串聯。因有電容的關係，固定子兩線頭的電源產生相角差。如使兩組線圈位置作相對的移動，就可產生與三相感應電動機相同的旋轉磁場。

KЭ-2 型容電器電機車的技術規格如下：

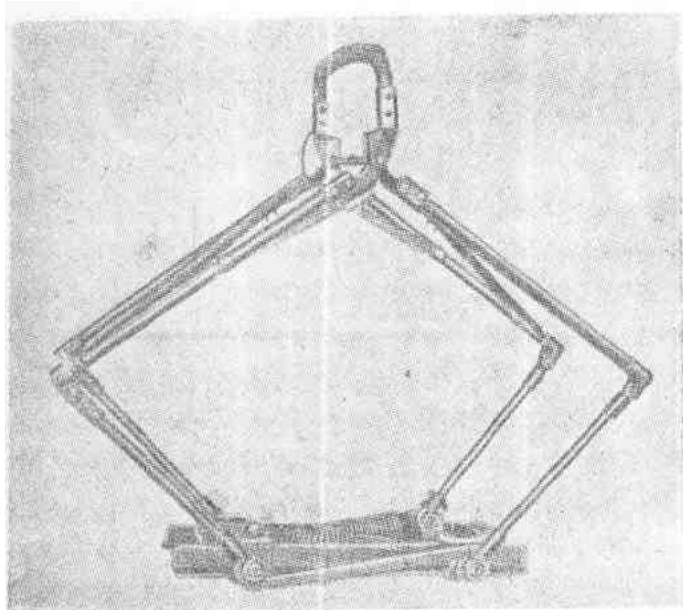
每秒 50 週波時，接觸線的電壓，伏	380
黏着重量，噸	7
軌距，公厘	550; 575; 600
固定軸距，公厘	1100
車輪直徑，公厘	680
運行速度，公里/小時：	
第一速度	5.5
第二速度	11.0
牽引電動機型式	MAK-61-6/12
電動機台數	2
電動機小時（短時）運轉容量瓩：	
第一速度	12
第二速度	23
電動機連續運轉容量瓩：	
第一速度	7.9
第二速度	15.0
容電器（共 5 台）	MM-06-300
起動電容，微法拉	900
工作電容，微法拉	240
過負荷電容，微法拉	540

為了與接觸線接觸以通過電源起見，在電機車上裝有聚電器。聚電器共有兩種：一種是沿接觸線滾動的；另一種是沿接觸線滑動的。

第一種聚電器的滑接部分是一個小輪，小輪安裝在一個小軸上，可沿接觸線自由滾動。利用彈簧把滾輪壓接在接觸線上。

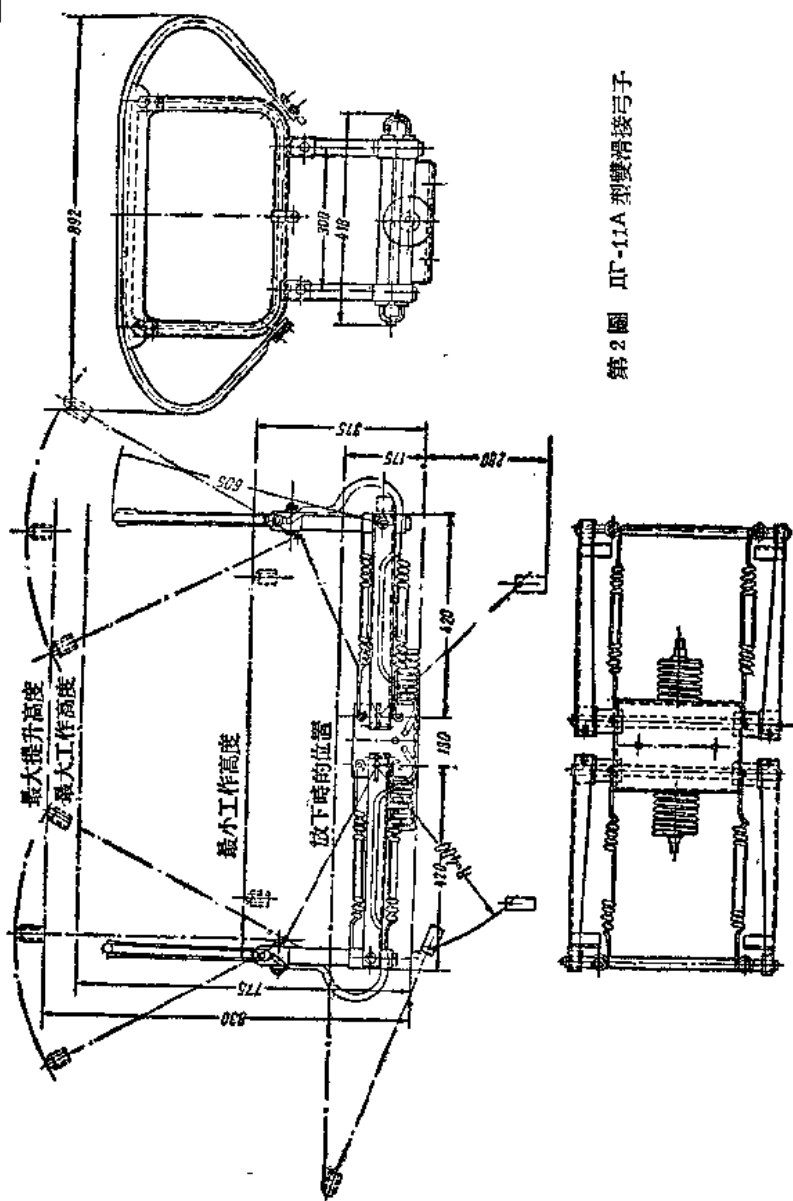
在礦山裏，最常用的是第二種聚電器（通常是滑接塔架），這種聚電器沿接觸線滑動，並用弓形或橢形滑接部分（橢形的滑接面比弓形大）與接觸線滑接。

滑接塔架也是利用彈簧把滑接部分壓接在接觸線上。這種滑接塔架，儘管接觸線吊掛高度有任何變化，也經常與接觸線保持接觸；這一點對接觸線和滑接塔架都有良好作用。因此和滑接式聚電器比較，這是一個最大的優點。除此而外，即使行車方向變更時，滑接塔架也不必像滑接輪或聚電弓子那樣必須變更其位置。



第1圖 ДГ-10Б型聚電器

兩種聚電器對接觸線的磨損幾乎相等。必須說明：雖然滑接輪對接觸線的下部磨損程度較弓子輕，但滑接輪的側面滑接觸線，因此，接觸線的側面也受到磨損。由於這種關係，必須考慮滑接輪的材料對接觸線磨損程度的影響。滑接輪通常用青銅製成，內襯一定量的黃銅，以減少對接觸線的磨損。滑接輪聚電器的優點如下：採用這種聚電器時，接觸線可以安裝保險裝置以防外



第2圖 ИТ-11А 型變滑接弓子

界觸碰；另外，可不沿線路中心線而在線路的某一側吊掛接觸線。上述兩種可能性，在巷道高度不大的條件下是具有很大大意義的，因為這樣就可保證巷道內步行人員的安全。

滑接輪聚電器的主要缺點是：滑接輪時常由於震動關係而脫離接觸線；線路分岔時，需要安裝架空支線器（架空道叉）和信號裝置，這種工作是很複雜的。一條線路上吊掛兩條接觸線時，不宜採用滑接輪聚電器。

滑接式聚電器的優點是：架線簡單；安裝信號和道叉也很簡單；並且因使用兩個弓子和接觸線滑油裝置，可減少火花的產生。

現在，礦井用電機車主要裝用 ДГ-10Б 型（第 1 圖）聚電器和 ДГ-11А 型雙弓子聚電器（第 2 圖）。

第一章 牽引網路的供電及架設的主要問題

第一節 礦山電機車牽引用的電壓

井下電機車牽引，可使用 600 伏以下的直流電源，或者使用 400 伏以下的交流電源。

目前極大多數的礦井中均採用 250 伏直流電源。

最近，礦山電機車牽引已經開始採用標準週波（50 週波）、380 伏電壓的單相電流，作為容電器電機車的電源。

由於運輸量特別大的礦井均採用了大型電機車（黏着重量 14 噸電機車），以至於必須擴充牽引變電所的容量，因此，對牽引網路也有了一系列的要求。牽引網路供電電壓問題研究的結果^①證明，要想增大 14 噸電機車的負荷電流，又要保持線路的電壓降不超過允許限度，則必須採取下列某一項措施：縮短變電所間的距離，大大地加大導電線的截面以及提高線路的電壓。

第一項措施，需要增設變電所，這樣則需要增加投資額，增加經營費和操作人員等。第二項措施，大大地增加了銅的消耗量。比較最經濟的還是第三種措施。但是，採用第三種措施，必須嚴格的執行保安規程。

第二節 供 電

使用水銀整流器或電動發電機組，把交流電變成直流電，以供直流電機車使用。

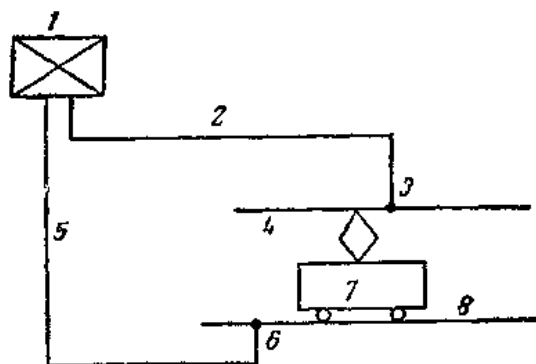
但容電器電機車則不需要任何變流設備，只使用普通的三相或單相的變壓器供電即可。

接觸網路由牽引變電所（直流或者交流）的饋電線供電。電流經聚電器而進入電機車的牽引電動機，然後沿鋼軌和與鋼軌相

^① 參閱蘇聯《煤》雜誌 1947 年第 7 期所載的維·姆·葉菲莫夫的論文《礦山重型電機車運輸的電源採用 250 伏，還是 550 伏？》

連的回流線，返回牽引變電所。

於是，井下運輸線路以及與井下運輸線相連的地面運輸線的牽引網路，都是由下列各主要部分組成的(第3圖)：



第3圖 牽引網路系統圖

1—牽引變電所；2—饋電線；3—饋電點；4—接觸線；
5—回流線；6—回流點；7—電機車；8—軌道。

(1) 饋電線 電流由牽引變電所沿饋電線流至接觸網路饋電點；

(2) 接觸線 電流由接觸線流向電機車的聚電器；

(3) 軌道電路及其電氣連接線 電流經過電機車電動機後，沿軌道流至回流點；

(4) 回流線 電流由回流點沿回流線流回牽引變電所；

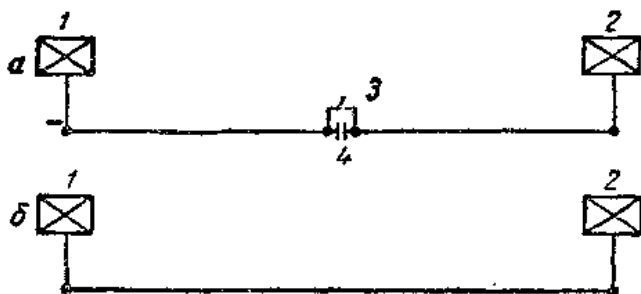
(5) 加強線(輔助線) 是與接觸線平行吊掛的，並使用聯線，每經 150—200 公尺與接觸線相連^①。加強線只在地面線路上採用，因在井下架設這種加強線是特別困難的。

採用容電器式電機車牽引及三相變壓器時，三相變壓器的兩相與接觸網路的各個互相分割開的區段連接作為供電相，第三相與軌道網路連接。

為保證牽引網路的供電，將接觸網路劃分成數個區段，各區段由單獨的饋電線供電。各饋電線由牽引變電所引出，並且在各

^① 加強線(輔助線)不是必要的組成部分，僅在必要加強接觸線的導電能率時使用。

饋電線上裝置線路自動遮斷器，當過負荷或者發生短路時，以便遮斷事故區間。



第4圖 接觸網路供電系統圖

α—單獨供電系統；δ—並聯供電系統；1—一號牽引變電所；2—二號牽引變電所；3—分區開關；4—分區絕緣子。

牽引變電所位置及數量的選擇，必須以技術、經濟計算為基礎，並根據線路的負荷及電壓而決定。採用直流電源，電機車台數不多（約2—4輛），由井底車場算起，最大運輸距離又不超過1—1.5公里，在這種情況下，可建立一座牽引變電所，並且它經常和井下中央變電所（總變電所）合併。

如果根據線路電壓降計算，一座牽引變電所不能滿足負荷需要時，則再建幾座輔助的牽引變電所。

如果以交流供電時，為保證運輸工作及足夠的起動力矩，由一台變壓器供電的一端供電線的最大長度為500—700公尺。即一台變壓器可保證在長1000—1500公尺的區段內的供電。

牽引變電所可以兩種方式供給接觸網路以電源：單獨供電和並聯供電。

第一種情形是用分區絕緣把整個線路分成數個區段，使其互相絕緣，而每座變電所只供電給其中的一個區段（第4圖，α）。

第二種情形是不分區段而由兩座牽引變電所由線路兩端並聯供電（第4圖，δ）。兩端並聯供電較單獨供電經濟，因為兩端供電可平均分担負荷（平衡負荷），並可大大地降低接觸網路的電壓降及電力損失。但是，對於井下運輸來說，由於供電區的互相獨立

性，在操作上有許多優點，這些優點可以抵消單獨供電的缺點，因此可以不考慮單獨供電的不經濟，而在井下運輸中幾乎完全採用單獨供電。

第三節 接觸網路的分段（劃分區間）

為保證接觸網路的供電和便於操作起見，可將整個線路劃分為數個區段，即把線路劃分成數個單獨的供電區。各區段之間互相絕緣，並且亦可使用分區開關將其互相接通。這樣，必要時，則可能切斷任何一區段的電源，而不影響其鄰近區段的運輸工作。

供電系統及電氣鐵路的分段，包括下列主要原則：

（1）使用分區絕緣子把電氣化鐵路的整個接觸網路劃分成數個由單獨饋電線供電的區段。由牽引變電所供電的數個這樣的區段，則構成了該變電所的供電區域；

（2）根據操作上的要求，在需要分區的接觸網路區段上（如上所述），裝設有分區絕緣子和正常合閘的分區開關。安裝絕緣子的地方，必須標以特殊標誌；

（3）附有分區開關的分區絕緣子安裝在接觸線上，絕緣子之間的距離不超過 500 公尺；

（4）接觸線的支線（分線）上也需要安裝分區絕緣子和分區開關；

（5）分區開關不直接安裝在絕緣子（礙子）上，而裝在特製的須用鑰匙啓開的金屬箱內。金屬箱本身則必須接地；

（6）複線區間線路的接觸線的架設，須考慮兩線的並聯供電。與此同時，也必須具有切斷的可能；

（7）井底車場和電機車庫線路的接觸網路必須為獨立的，並且在必要時又可能與區間上的接觸網路相連。

第四節 接觸線的吊掛法

現在在電氣化運輸中採用兩種主要接觸網路系統：即接觸線