

礦井設備綜合自動化

蘇聯 姆·阿·安托諾夫斯卡婭等著

燃 料 工 業 出 版 社

本書請原譯者修訂後寄
還本社俾在再版時修正

礦井設備綜合自動化

蘇聯 姆·阿·安托諾夫斯卡婭 伊·伊·巴熱諾夫 合著
格·波·沙微里也夫 葉·斯·斯勒果夫斯基 柏·姆·契特維羅夫

北京礦業學院編譯室譯

北京礦業學院礦山電工教研組校訂

燃料工業出版社

本書敘述了礦內機械遠距離控制，井下電車頭運輸的調度檢視和 L 信集閉系統所用的器械及其他電氣設備的技術特性以及使用方法。

書內着重介紹了全蘇煤礦技術研究所在使用自動化系統的實驗中所取得的新材料。

本書可供煤礦工業生產部門、設計部門和運用礦井自動化的工作人員在實際工作中的參考。

本書係北京礦業學院張鳳書同志翻譯，並經姚承三、楊仲平二同志校閱。

* * *

礦井設備綜合自動化

КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1950年哈爾科夫俄文第一版翻譯

蘇聯 М. А. АНТОНОВСКАЯ И. И. БАЖЕНОВ 合著
Г. П. САВЕЛЬЕВ Е. С. СНАГОВСКИЙ Б. М. ЧЕТВЕРОВ

北京礦業學院編譯室譯

北京礦業學院礦山電工教研組校訂

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：陳楓 祁娥

書號427煤162

850×1092 $\frac{1}{4}$ 開本 * 5 $\frac{3}{4}$ 印張 * 108千字 * 定價一元一角

一九五五年五月北京第一版第一次印刷(1—2,600冊)

原 序

礦井生產過程自動化的問題，佔煤礦工業技術革新計劃中重要地位之一。

很多科學研究和設計機構(全蘇煤礦技術研究所、頓巴斯煤礦技術研究所、南方礦井設計局、運輸信號通信設計局)，以及莫斯科近郊煤田煤礦管理局生產工作人員等，在最近幾年中，都在研究解決煤礦工業生產過程自動化技術方法的問題。

1948年全蘇煤礦技術研究所在創始和推行礦井生產過程及其機械的自動控制方法的工作(在齊良賓斯克煤田可北斯克礦務局第4/6號礦井中)上，榮獲了斯大林獎金。

研究所在這方面的繼續工作，保證了在工業方面應用更完善的遠距離和自動控制運輸機的系統，並保證了創造和在工業方面應用礦井「信集閉」(ЦКБ)裝置^①和系統，以及瓦斯礦井用調度檢視儀表。

全蘇煤礦技術研究所、煤礦機械設計研究所和頓巴斯煤礦技術研究所關於礦井地面總佈置中生產過程自動化以及地下電車頭運輸控制的研究工作，使礦井實行自動化的可能性增大了，而南方礦井設計局設計了一些調度檢視信號的典型系統。莫斯科近郊煤田生產工作人員首先設計了中繼水泵自動化系統和擬訂了在刮板鏈或皮帶斷開時免除運輸機發生事故的保護方法。

所有這些工作，對煤礦工業自動化的發展和應用上都是很大的貢獻。

但是，另一方面，直到現在為止，擔當創建礦井自動化系統的機構還未總結自己的工作經驗，這種經驗還未為煤礦工業廣大工程技術人員所掌握。

^① 信號、集中控制和閉鎖裝置(аппаратуры сигнализации, централизации и Блокировки)簡稱「信集閉」(ЦКБ)裝置。——編者

本書是全蘇煤礦技術研究所科學工作者們編著的，其內容主要是根據全蘇煤礦技術研究所所進行的研究以及應用礦井自動化和調度各種設備的經驗來寫的。

在 1950 年初，由於實行機械的遠距離控制和個別機組的自動化，在煤礦工業部所屬礦井中計騰出 1900 名以上的工人。

本書敘述了應在礦井中推廣的礦用自動化和遠距離控制機械的系統，以及電車頭運輸方面用自動檢視信號和[信集閉]系統，還有關於這些系統用的各種儀表和器械的說明。

本書不包括礦井自動化的全部問題，因為本書主要是根據實驗工作的資料以及全蘇煤礦技術研究所在實行方面所取得的資料寫作的，其中主要包括已批准的自動化系統和已批准而且決定大量生產的儀表的構造。

作者歡迎對於本書所寫內容的一切批評，以便今後在研究和實驗工作中考慮。

目 錄

原 序

緒 言	4
-----	---

第一章 遠距離和自動控制機械	11
----------------	----

第1節 遠距離和自動控制裝置的用途和對它的基本要求	11
---------------------------	----

第2節 礦井機械遠距離控制裝置	12
-----------------	----

第3節 遠距離控制礦井機械的結線系統	32
--------------------	----

第4節 在礦井中採用遠距離控制方法的經驗	64
----------------------	----

第二章 調度自動檢視信號	67
--------------	----

第5節 自動檢視信號裝置的用途和對它的要求	67
-----------------------	----

第6節 自動檢視信號和結線系統	68
-----------------	----

第三章 電車頭運輸用「信集閉」(CLIB)裝置	92
-------------------------	----

第7節 「信集閉」裝置的用途	92
----------------	----

第8節 對礦井「信集閉」裝置的基本要求及其設計原理	93
---------------------------	----

第9節 礦井「信集閉」系統的設備	95
------------------	----

第10節 調度「信集閉」系統	138
----------------	-----

第11節 自動「信集閉」系統	148
----------------	-----

第12節 調度擴音裝置	150
-------------	-----

第13節 供電方法和電纜電網	152
----------------	-----

第14節 礦井運行調度處的組織	154
-----------------	-----

第15節 礦井使用「信集閉」的經驗	155
-------------------	-----

緒 言

爲了完成斯大林關於全國每年產煤五億噸的具有歷史意義的指示，擺在煤礦工業面前的任務是將採煤速度較以前幾年大大提高，並爭取在最近期間急劇的提高勞動生產率，至少要提高到以前水平的二倍到二倍半。

最近期間煤礦工業最重要的任務是技術改裝，由各個生產過程的機械化轉換爲所有生產過程的綜合機械化，就是由礦井工作面起到地面鐵路車輛裝煤的綜合機械化，根本改革礦井中的生產組織，按照圖表實行每晝夜一循環的循環工作制，這種循環工作制已經在頓巴斯煤田開始實行。

在最短期間內，煤礦工業應當成爲一個完全機械化的和具有高度生產技術的、組織完善的國民經濟部門。

在戰後五年計劃的幾年中，煤礦工業在發展和推行礦井機械化方面，取得了很大的成果，實際上解決了採煤方面最重要的生產過程的機械化的問題。

至 1949 年底，採煤主要生產過程機械化的水平如下：割槽和落煤——98.4%；回採工作面運送——99.3%；大巷運輸——93.0%；鐵路車輛裝煤——99.1%^①。

由於進行了新機器的設計、製造和試驗等工作的結果，1949 年在生產方面就廣泛地採用了一系列的新機器以使笨重的工作機械化：「頓巴斯」型聯合採煤機，БІІМ-1 型截煤裝煤機，能力大的鏈板運輸機及其他機械。

煤礦工業大規模的技術改裝，是根據主要和輔助生產過程的全部機械化的原則而實行的。所謂全部機械化並不是如何增多機械數量，而是如何運用機械技術；運用機械技術時，按照生產技

① 阿·弗·查夏吉珂著：「如何保證在礦井中按每晝夜一循環圖表改善工作組織」，蘇聯雜誌「煤」1950 年第 8 期。

術順序並在生產力與運輸能力相適應的條件下實現生產過程及各種作業的機械化。

應用聯合採煤機和裝煤機，使採煤工作在技術和組織的質的方面起了根本的變化。

用截煤機割槽和人工裝煤時，如果割槽、裝煤和由工作面往外運煤這些過程在生產過程上不是聯系着的，各過程還可以單獨完成工作；而聯合採煤機的工作則不然，所有在割槽、落煤和裝煤以後的工作過程，必須是同時動作的，而且須符合聯合採煤機所要求的速度和工作方式。運輸機任何緣故的停止，都會引起聯合採煤機的停止，以致整個工作面工作的停止。在運輸方面須及時地向工作面裝煤地點供給煤車以便裝煤，及時地由工作面將重載車運送至井底車場等等。

十分明顯，當生產技術過程中擁有大量的機器，則控制時就很難達到生產各環節工作中的協調一致。爲了這一目的，應用信號和通信的方法，乃是治標的辦法，因爲這種辦法並不能解脫工人操縱機器的工作和消除工作中的主觀因素。

所以礦井全部機械化這一任務，除創建自動的機器之外，同樣重要的還須創建機器和生產過程控制的自動化。

藉自動化可以省去在一系列非生產方面作業（機器的起動和停止）的工人，把他們轉移到採煤方面去，或者擴大他們看管機器所負責任的範圍。

裝煤場出入煤車用絞車，若遠距離控制就沒有規定絞車工定員的必要了。這種遠距離控制職務由裝煤場倒車工執行，倒車工職務中並包括控制自動化的運輸機路線。

地下運輸應用號誌，集中控制和閉鎖裝置，就可以廢除道叉工和號誌工這類工種。

礦井中生產過程的自動化，應當是整個機械化不可分的一部分，把它提高到發展的高級形式。只有及時的實現採煤過程的整個機械化和機械控制的自動化，在勞動生產率的提高上始可得到最大的效果。

礦井中實行自動化，可以得到直接的經濟效果，如節省勞動力，增加機械的生產率，也可以得到間接的技術經濟效果，如改善全部生產技術過程或其各個環節，增加採煤量，提高礦井中勞動生產率，減少以至消滅事故和工傷。

無論何時，自動化須符合以下三個主要條件，即保證提高礦井中的工作安全性，增大機械運轉的可靠性，提高勞動生產率和機械生產能力的利用率。

煤礦工業部的決議和命令，關於在現有礦井實行整個機械化和設計及建設新井的基本方向中，明確規定要廣泛應用自動化和調度技術制。在頓巴斯煤礦已經開始的礦井生產組織改革即按圖表改採煤場子工作為一日一個循環，對生產的控制和檢視也需要充分利用自動化這一技術。

對煤礦工業自動化的意義和在礦井中實行自動化計劃的範圍之大，在煤礦工業技術發展的五年計劃中充分表現出來了。

在礦井中實行自動化對國家是一個重大的問題，但就煤礦工業來說，目前它還是一個新的技術，還需要進行很多調查、研究、設計和實驗工作。

所以，根據在最近期間內在技術方面的可能性，規定礦井自動化的主要種類，規定礦井自動化首要目標，和計劃煤礦工業實行和發展自動化未來工作的方向，是很重要的工作。

對具有現代機械化條件的礦井來說，自動化應當包括以下各項：

遠距離控制運輸機，絞車，推車器，翻車器，以便騰出看管這些機器的工人；

遠距離控制聯合採煤機，截煤機和裝煤機，以及電鑽，以便提高安全性和增大運轉的可靠性；

聯合採煤機和截煤機移動速度調整的自動化，以便提高其生產率和減輕對它們的控制；

採掘區中繼水泵，主排水泵和主通風機的自動化，以便提高工作的可靠性和安全性；

空氣壓縮機和壓氣站和地下設備運轉的自動化，以便提高它們工作的可靠性和安全性。

除此以外，爲了改善礦井和地下運輸整個工作組織，尚包括電車頭運輸之 CLB（號誌，集中控制和閉鎖裝置）和自動調度檢視號誌。

自動調度檢視號誌是用以加速給礦山調度員搜集並傳達回採工作面和預備工作面工作進行情況，礦井貨載運輸情況和主要礦井機器動作完好情況。

號誌是幫助調度員經常檢視礦井生產各環節工作情況以便及時給以指導的方法。

當按照一日一循環進度表組織工作時，調度自動檢視和統計是有頭等意義的，在管理生產過程上，它可以保證嚴格的順序。

礦井和地面機械以及運煤過程控制的自動化，可以收到最大的技術經濟效果，顯著的增大勞動生產率。同時實行並發展調度檢視和統計這一技術的方法，按照一日一循環進度表，可以加速礦井工作組織的改革。

按照用以控制機器，機組和生產過程的各種裝置的種類和它們的用途，自動化可以分爲以下各種：

（1）自動檢視機器的工作或任一生產過程的情況和自動統計各種指數；

（2）對過負荷，錯誤合閘等的自動閉鎖和保護；

（3）自動控制機器或機組；

（4）按規定運轉方式自動調整機器的工作。

直到現在，礦井中的機電設備，僅僅裝配有一種自動裝置，即保護及閉鎖裝置。目前在礦井中也開始採用其他各種自動化裝置。

很明顯，一個設備或一個機組採用數種自動化裝置，可以保證該設備或機組更可靠更有效的工作。

在某一生產過程或整個企業的一個複雜的設備上或一些設備上，把各種自動裝置彼此結合起來，稱之爲綜合自動化。

對煤礦工業來說，可以列舉以下綜合自動化的例子，例如：
截煤機自動化包括有遠距離控制起動器，自動調整截煤機移動速度，自動檢視接地心線的狀態，對過負荷自動保護，自動記錄機器的工作等。在礦井電車頭運輸之 CLIS 系統中包括有：自動檢視電車頭所在地和運行的方向，自動檢視道路號誌和道叉的位置，自動閉鎖有撞車危險之路線的信號和道叉的合閘，自動或集中控制道叉，自動統計煤車等。

綜合自動化是生產技術裝備最完好的形式。

但是，由於與煤產地礦山地質的特點、工作地點不斷的移動和遵守勞動保安規程特殊的要求等有關之礦井特殊條件，在一個機組上或一組機器上實行綜合自動化，還不能決定是否可能實行整個礦井工作的全部自動化。所以，現在只是解決個別機器或個別生產過程控制自動化的問題。同時運煤所有過程和作業是實行自動化的首要目標，因為在這方面實行自動化在短期內可以得到很大的經濟效果，原因是可以騰出數萬工人。

用什麼自動化器械在最近期間來裝備煤礦工業，這種自動化技術能否滿足對它所提出的運轉上的要求？

為了實行遠距離控制工作面機械，運輸機，絞車和其他礦井設備，防爆構造之磁力起動器是最重要的器械。電力工業製造礦井用起動器有很多型式（ПМБ-1344 型，額定電流為 80 安，用以在遠距離控制運輸機，水泵和其他機械，其電動機的容量不超過 30 瓩，電壓為 380 伏；ПМБП-1441 型，額定電流為 80 安，用以在遠距離控制絞車和其他可逆轉的機器；ПМБ-1356 和 ПМБП-1451 型，額定電流為 120 安，用以在遠距離控制截煤機，裝煤機和聯合採煤機；ПМБ-1365 型，額定電流為 240 安，用以在遠距離控制大容量的截煤機和聯合採煤機；MPB-1 型，額定電流為 10.5 安，用以在遠距離控制架柱式電鑽）。

上述起動器尚不能完全滿足控制機器自動化在技術上的要求，同時利用它們在有瓦斯和煤塵爆炸危險的礦井中進行遠距離控制是有困難的。

電力工業正在大力進行研究工作，以求根本改善防爆式磁力起動器，首先研究並組織成批的製造帶有防火花之控制回路的磁力起動器，以及試製帶有輔助繼電器結線的金屬配電盤上的磁力起動器。

爲了提高電氣保護裝置的效能和可靠性，電氣工業正在研究以自動開關和溫度繼電器改善電纜和變壓器的短路保護裝置。自動開關帶有過電流繼電器和可熔保險器，裝於電動機，工作面機械以及向電動機供電電纜用起動器和過熱保護裝置方面。溫度繼電器裝於電動機機殼方面，當電動機達到危險過熱溫度時，該繼電器可以斷開磁力起動器的回路。

目前計劃以裝配有過電流及熱動保護裝置之自動開關，來保護運轉方式經常不變的固定設備的電動機。除此以外，並研究採用防止電力設備向大地漏電的保護裝置，這種保護裝置是藉助於帶有漏電繼電器之自動開關於絕緣電阻降低到容許值以下時自動斷開電網。

各種型式電磁起動器的構造都加以改變。起動器裝有引入配件，以便聯接帶有適當數量引入或引出裝置之軟電纜或鎧裝電纜。

爲了解決將礦井所有運輸機設備改變爲遠距離自動控制的問題，現在正進行着爲自動控制運輸機而製造儀器的研究和實驗的工作，當運輸系統的機械部分或電氣部分發生任何故障時，這些儀器可以保證保護設備免於事故。

工業上能够掌握這些儀器，在礦井中就可以廣泛地實行運輸機的自動化。

現在已經應該對礦山機械製造業和電氣工業提出以機組爲單位來解決礦井電力傳動自動化的問題，意思就是說，聯合採煤機，截煤機，運輸機或其他機器之電力傳動裝置的構造必須保持它的各元件的自動化，也就是該機組的自動保護，自動控制，運轉方式自動調度，自動檢視工作和統計工作。運輸機工作用之所有自動控制儀表及其保護裝置，應當成套的製造和成套的供應，

並且在構造上得與運輸機電力傳動裝置是聯系着的。礦井排水水泵須有自動向水泵注水、自動檢視水位和自動開閉水泵等裝置。

礦井固定設備(提昇機、主通風機、主排水泵、壓縮空氣機)自動化這一問題，只有綜合地研究所有設備的構造，同時研究自動化的方法，並把自動裝置與設備的機電部分有機地聯繫起來，才有可能徹底解決。

當實行自動化的時候，在有可能實現的地方，各種發送機必須採用無接點的系統，無接點的繼電器，電磁增強器和防火花的控制回路，尤其對於有瓦斯或煤塵危險的礦井，這一點更為重要。

通信器材工業部和機械與儀表製造工業部為煤礦工業研究製造調度檢視和統計的儀表和器械，其中包括：檢視壓縮空氣壓力用遠距離測量壓力表，遠距離測量水位表，檢視空氣和軸承溫度的儀表。

在礦井電車頭運輸用 CLB 方面，對於有瓦斯和煤塵危險礦井 CLB 系統和器械構造一些工作，現在正在完成階段中，最近將來礦井就可以得到首批 CLB 新式器械。

為了自動化這一目的；改善和創作新的器械，是擺在科學研究，設計等機關以及製造工廠面前的頭等任務。

在煤礦工業方面實行自動化，也需要擴大安裝器械的生產(電纜箱，插銷式和分支式接續器等)。

對礦井來說，應當製造 1—50 條心線的專用弱電電纜，這種電纜的每一條心線都應當加以膠皮絕緣，整個電纜則覆以鋼帶。

為了廣泛實行礦井自動化，必須不斷的擴充技術基礎。

同時尚須進行礦井設備自動化運轉經驗的總結工作，分析自動化的特點，發現缺點，以便將來改善儀表和器械的構造，目的在於以生產過程全部機械化為基礎，由個別機械的自動化漸漸的過渡到整個生產過程的自動化。

第一章 遠距離和自動控制機械

第 1 節 遠距離和自動控制裝置的用途和對它的基本要求

煤礦工業利用遠距離和自動控制機械這一現代技術，首先是可提高安全性，簡化機械的運轉和對它的維護，保證必要的保護方式，增大機械工作的生產率 和可靠性，簡化對機械的控制過程，最終減少工作人員，當實行自動控制時，則完全解脫看管機械的工作人員。

遠距離控制首先應當用於回 採和準備工作機械（截煤機、聯合採煤機、電鑽），裝煤和裝岩石機械，掘進聯合採煤機以及運煤機（運輸機、運輸和調車絞車）方面。根據對機械供電方式的總的要求和根據保安規程，遠距離控制結線系統應當符合下列基本要求。對採煤機械和準備工作機械：

- （1）合閘和開閘應當直接由機械側進行（利用磁力起動器）；
- （2）當工作機械電動機逆轉時，應當避免控制器工作接點發生火花的可能性；
- （3）控制回路應當是防火花的，以及供給無發生電擊危險之電壓；
- （4）已經斷開的電動機，其電纜不應帶有工作電壓；
- （5）應當預計有電動機短路時過電流和長時間過負荷等零電壓保護裝置，以及接地不良的檢視裝置。

在運輸機遠距離控制結線系統中，除上述第 3 和 5 項外，尚須完成以下條件：

- （1）運輸機的起動和停止，須按一定順序進行，這種順序須避免向不運轉的運輸機上供煤的可能性；
- （2）當停止某一運輸機時，應當停止向該運輸機供煤的所有其他運輸機；
- （3）必須保證單獨起動任一運輸機，而不受閉鎖作用的影

響：

(4)應當保證除操作人外，由裝有運輸機巷道的任何地方都能停止運輸機；

(5)應當預計到，當運輸機刮板鏈斷開或者運輸機皮帶斷開或空轉時，能自動的將電動機由電網拉開；

(6)生產號誌裝置應當是遠距離控制運輸機系統必要元件之一，它可以保證自各個工作地點向中央控制地點發送信號。

本章敘述我國工廠製造的遠距離控制器械的構造，動作原理，電氣結線系統，以及利用這些器械而實行遠距離控制機械的結線系統，須適應煤礦的條件。

本章還研究器械和結線系統的缺點，並提供改善的方向。

第2節 礦井機械遠距離控制裝置

電力和煤礦各工業部目前都能够大批的製造遠距離控制礦井機械用之各種新型的防爆器械。

例如，哈力可夫電機工廠製造 ПМВ-1344В 和 ПМВ-1355 型磁力起動器。克減洛夫電機工廠製造 ПМВ-1344Р, ПМВ-1356, ПМВР-1441, ПМВ-1365 和 ПМВР-1451 型磁力起動器。煤礦機械總局靠諾托坡電機工廠能够製造 МРВ-1 型防爆式磁力起動器和裝有起動器的遠距離控制電鑽用的變壓器。下面就講解這些器械。

ПМВ-1344 型防爆式磁力起動器

ПМВ-1344 型礦山防爆式磁力起動器及其變形者（標誌有 В、В 和 Р 之記號），用以在遠距離控制容量 30 瓩，電壓 380 伏的鼠籠式三相感應電動機。起動器額定持續電流為 80 安。

現在哈力可夫電機工廠只製造變形起動器 ПМВ-1344В（代替變形起動器 ПМВ-1344В），而克減洛夫電機工廠只製造變形起動器 ПМВ-1344Р（代替 ПМВ-1344 型起動器）。

因為礦井中有各種不同變形的起動器在運轉，下面我們研究這種型式起動器的各種變形起動器。

ПМБ-1344 型起動器的全圖見圖 1。起動器電氣結線圖的安裝圖和展開圖見圖 2。

在帶有閉鎖門之蓋的起動器銲接鋼外殼內，裝有絕緣盤，在盤上裝有控制和保護裝置。

1. 三極接觸器，用以開閉電力回路。接觸器上裝有兩個閉鎖接點，是控制和閉鎖回路應用者。以電磁線捲 K 閉合接觸器，電磁線捲是按電壓 48 伏計算的（線捲的工作電流為 1.5—1.8 安，起動電流為 12—15 安）。

2. 非逆轉三極斷路器，是用以切斷配電盤正面器械與電網的聯系者，斷路器的把手與起動器的蓋互相閉鎖着，當起動器在合閘狀態下它的蓋是取不下來的。

3. ПР-1 型可熔管狀保險器 II ，當發生短路時，用以保護電纜免受過電流的危險。保險器直接裝在兩相上斷路器之下。

4. 變壓器 TP ，是將電壓由 380 伏降低為 48 伏，用以向接觸器控制回路和接觸器線捲供電者。

5. 裝在起動器外殼上的按鈕〔起動〕和〔停止〕，用以由起動器安裝地點來控制它。

起動器裝有兩個小箱，其中的一個是引入箱，位於起動器的上部，另一個是引出箱，位於起動器的側面。

上部箱中有三個端點 $И_1$ ， $И_2$ 和 $И_3$ ，用以聯接電網電纜之電力心線者；端點 9, 13 和 3 用以聯接閉鎖裝置和接地裝置回路補助心線者。去向電動機之電纜心線與起動器側面小箱中的端點 C_1 ， C_2 和 C_3 聯接；端點 1, 2, 3 和 3 用以聯接控制回路補助心線，電鈕盤和接地裝置。

用起動器可以進行對零電壓的保護，對短路電流損壞設備的保護，並能經常地檢視接地心線的完整性（掌子面用機械不能採用這種方法檢視接地心線的完整性，因為可能發生危險的火花）。

電網電壓不低於額定電壓的 85%，可以保證起動器之接觸器可靠的合閘。在合閘以後，電壓為額定電壓的 75%，就可以可靠地保持着合閘的狀態。

