

周伯寅 賈茂春 錢樹功 趙耀昌編著

煤矿井下660伏供電

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本書介紹我國利用 660 伏電壓工業試驗采區的工作情況，由 380 伏改為 660 伏換電的過程，所採取的安全措施及設備的改制。最後進行了 660 伏電壓工業試驗的技術合理性與經濟效果的比較。

本書可供礦山井下機電工程技術人員、研究人員及井下電工閱讀，也可供礦山機電專業的師生參考。

1484

煤礦井下 660 伏供電

周伯寅 賈堯春 錢樹功 趙耀昌編著

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 084 號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

開本 787×1092 公厘 $\frac{1}{32}$ 印張 2 $\frac{5}{16}$ 字數 39,000

1960年4月北京第1版 1960年4月北京第1次印刷

統一書號：15035-1110 印數：0,001—3,000冊 定價：0.32元

第一章	緒言	3
一、	我國煤礦機械化電氣化的簡況	3
二、	礦井低壓供電網路存在的問題	5
三、	我國對 660 伏電壓供電的研究及試驗	7
第二章	660 伏供電的新型安全技術措施	9
一、	保護接地安全措施	9
二、	漏電保護安全措施	11
三、	電纜故障信號箱	13
四、	礦用不燃性屏蔽電纜	13
五、	加強設備維護檢查	15
第三章	660 伏電壓電氣設備的改制工作	16
一、	電動機的改制	16
二、	變壓器的改制	26
三、	漏電繼電器的改制	31
四、	AΦB 型饋電自動開關的改裝	36
五、	防爆磁力啟動器的改制	38
第四章	利用 660 伏電壓工業試驗采區工作情況	40
一、	試驗采區概況	41
二、	采區供電系統及電氣設備的布置	46
三、	采區電氣設備的安裝	47
四、	電氣設備運行情況與安全技術運用情況	51
第五章	從工業試驗中所驗證的技術合理性與 經濟效果	54
一、	技術上的合理性與優越性	55
二、	使用 660 伏供電的經濟效果	64
第六章	結束語	72

第一章 緒 言

一、我国煤矿机械化电气化的簡况

解放以来，煤炭工业在党的正确领导下，取得了輝煌的成就。煤炭生产飞跃发展，企业管理水平迅速提高，技术面貌日新月异，所有这一切使得我国煤炭工业从根本上改变了原有的落后面貌。在采煤技术方面，进行了一系列的采煤方法的改革，普遍采用了各种新采煤法，基本上消灭了残柱和高落式等旧采煤法。随着采煤方法的改革与采煤技术的提高的同时，党提出了必須相应地使各个主要生产过程机械化。这个方针对于协调各个生产环节，改善安全劳动条件，解放笨重劳动，提高劳动生产率，保证产量迅速地增长，具有决定性的意义。因而十年来煤矿机械化装备的发展是前所未有的。回采机械化程度（包括康拜因、截煤机、风镐、水枪等）以1951年为100，则1952年为197，1953年为361，1954年为459，1955年为688，1956年为811，1957年为879，1958年为1269。其他的机械化程度逐年提高如下表：

项 目	年 份							
	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
1. 回采工作面运输机械化 (%)	51.56	69.62	82.94	85.8	89.54	92.32	92.02	91.16
2. 主要运输巷道机械化 (%)	60.79	77.9	73.87	77.65	80.94	84.34	85.04	88.63
3. 铁路装车机械化 (%)	58.56	55.16	68.61	66.69	68.63	90.41	90.78	90.08

在推行生产过程机械化的同时，我們不但掌握了现有的机械，而且还积累了許多經驗。如蛟河在各种困难的地質条件下，創造了多种使用截煤机的操作方法；大同在各种采煤法上采用各种方法使用康拜因；阜新在水砂充填的工作面上使用截煤机和康拜因。对于机械构造也进行了不少的改进。如淄博改装截煤机成为薄煤层康拜因；双鴨山在頓巴斯-1型康拜因上改装双破碎杆；辽源富国矿将頓巴斯-1型康拜因截高1米改为1.9米；淄博、蛟河、鶴西、开灤等矿务局將截煤机改为截煤装煤机等。此外，全国各煤矿及矿山机械制造厂还創造和試制了許多新的煤矿机械：如采高1.4~2.0米高截盘采煤康拜因及东风-1型浅截多循环的采煤康拜因、运柱机、潜水泵、单回路自动无极繩、皮带岩石轉載机等。所有这些都是煤矿机械化程度发展的結果。

由于大力推行机械化以及机械化程度的迅速提高，我国絕大部分煤矿几乎都以电力作为动力。一般矿井均有变电、变压及配电的各类地面变电所，有的矿井还有自备发电厂。一般井下設有中央及采区变电所及工作面配电点。电气化的水平在我国重点煤矿中达80%以上。主要設備如提升、排水、通风和压气机械，除极个别的外，均以电为动力。很多矿井并对工作面运输机或回柱絞車实行了远距离操縱；对小型絞車、水泵和扇风机实行了自动化和半自动化。井下平巷运输也大多采用各类电机車运输。通訊信号方面各类电话，信号、集中閉塞装置及其它电气声光信号在矿井中普遍使用着。

在开采工作方面，絕大部分以电动截煤机、康拜因、

手持电锯代替了解放以前的手镐刨、人工打眼放炮等笨重落后生产工具。各种电动装煤机械、刮板式输送机、振动式输送机、皮带输送机及运输绞车代替了人工搬搬、以筐携煤及人力推車等。在掘进方面，掘进康拜因、电动装岩机及鑽孔机等也在大量发展着。

解放以后，我們还从头开始建立了煤矿电气设备的制造业。现在各种采矿机械所有的传动装置、操縱控制装置、防爆电动机、变压器、防爆开关及磁力起动器、电机車、照明用具及矿用电纜等均有专门工厂制造，而且产量年年迅速增长。

在所有新建与改建的矿井中全部以电力作为动力，在旧矿井中也除了极个别外均以电力代替了蒸汽动力。同时在电气化大力发展的基础上，并为生产过程进一步实行远距操縱及自动化开辟了广阔的道路。因此使得煤矿的劳动生产力得以无限的发展，从而根本上改善了工人的劳动条件。

二、矿井低压供电线路存在的问题

如前所述，由于我国煤矿机械化与电气化的迅速发展，工作面电动机的数量与容量均在不断增加，大多数工作面电动机的功率要比以前提高一倍以上。过去在鑽孔爆破的工作面，电动机功率仅10~31瓩，而使用截煤机后增加到100瓩，使用采煤康拜因后增加至150~170瓩，这样一来在煤矿井下就大量的建设了各种变电所、配电点，并敷设了相当数量的电纜，对井下供电提出了复杂的要求。各

前历年使用采煤康拜因及割煤机的經驗証明，使用380伏电源供电时，起动力矩很大，約为500~600安培，造成井下电纜網路的电压降很大，因而大大地减少了实际的起动力矩。这个起动力矩有时就不能克服电动机軸的阻力矩，因此經常发生电动机起动力困难；并且在工作时，由于电压降过大引起急剧的温升，使截煤机或采煤康拜因不能連續运行，影响了劳动生产率的提高。为了提高工作面机械设备的效率，各矿井都采用了一系列保持井下低压电網必需电压的措施，如大同矿务局就曾采用以下四种方法：

- (1) 在井下及井上利用升压器来升压；
- (2) 采区变电所随工作面的移动而經常移动（一般一个工作面要移动两次变电所）；
- (3) 利用两根饋电纜以增大电纜之截面；
- (4) 提高变压器的端子电压。

其它煤矿也有采用另外一些措施来解决电压降問題的，如用下列方法：

- (1) 增加饋电电纜数量，来增加电纜的截面积；
- (2) 采用容量較大的变压器。

但这些措施不能根本保証电动机所必需的端电压，采煤康拜因及截煤机仍不能发挥最大效率。随着煤矿生产的发展，采煤工作面机械設備容量加大了。现在“頓巴斯-1”型康拜因的容量已不能滿足生产的需要，故曾嘗試将“頓巴斯-1”型康拜因的电动机两台并联使用。截煤机的截盘也有由1.6米增加至4.2米的，故有用两台电动机驱动一个截盘的。在工作面中为了解放体力劳动，已开始使用各种型式

的装煤机，但在高产工作面中一台装煤机解决不了装煤问题，需要使用多台装煤机；所以也造成工作面机械容量的日益上升。因此 380 伏网络的电压降问题就更加严重了。在工作面电机设备逐渐增加的情况下，如果要使网络电缆的截面符合于经济上和技术上合理的原则时，则 380 伏电缆网络已经不能满足要求。同时采煤和掘进工作面中大容量电动机的增加，采区的扩大，工作面长度的加大以及掘进速度的提高，所有这些都要求提高井下低压配电网络的运行电压。这样，解决供电电压对保证生产跃进，促使煤矿机械化程度的提高，更有其现实意义了。因此，我们进行了矿井低压网络使用 660 伏供电的研究。

目前在国际间的情况是：苏联研究成功了 660 伏供电，英国也正在研究 650 伏，美国的电压标准为 600 伏，他们也都着手解决由于采区机械化程度日益增高而带来的供电上的新问题。

三、我国对 660 伏电压供电的研究及试验

在党的正确领导下，抚顺煤炭科学研究院于 1957 年开始了煤矿井下应用 660 伏电压供电的研究。首先着手解决的是在电压改变和提高后如何加强安全保护装置及制造和试制必要的电气设备。以后又根据我国的具体条件，以多快好省的精神对现有设备的改造利用进行了研究，到 1958 年上半年，共试制与试制了下列设备：

1. 接地电阻检测继电器；
2. 安全型矿井电气设备故障信号箱；

3. 660伏漏電繼電器；

4. 127伏漏電繼電器；

5. 矿用1000伏不燃性可曲屏蔽電纜 ППНЧШ-1000；

在此期間，並進行了矿井工作面粉用電氣設備的改造，企圖利用現有380伏設備過渡到660伏，其進行了下列電氣設備的改造、設計和試制工作：

1. ТМ-180型變壓器（其內部接續及構造與ТМН-180型同）；

2. ТОН-4/0.5型變壓器；

3. ТОН-2.5/0.5型變壓器；

4. JB-12-4型電動機（СКР-11型運輸機用）；

5. JB-22-6型電動機（圓柱絞車用）；

6. МАД-191/10型電動機（КМН鼓煤機用）；

7. МАД-6型電動機（頓巴斯-1型采煤攆拜因裝煤用）；

8. НМБ-1344型磁力起動器；

9. НМБ-1365型磁力起動器；

10. НМБР-1441型磁力起動器；

11. АФБ-1532型饋電自動開關；

在完成了必要的技術研究和上述各種設備的試制和改造後，我們與大同礦務局合作，在大同二礦6號井D₁采煤工作面建立了我國第一個採用660伏電壓的試驗采區。

1958年9月27日開始在運輸機上使用660伏電壓，並在9月30日該回采工作面全部設備使用660伏電壓。經過三個月的試驗，證明回采工作面使用660伏電源是安全可靠，供電質量良好，能保證起動力矩及提高勞動生產率。

降低煤的成本，减少电纜的截面，节约了銅料，增长了送电距离，因此受到广大工人及干部的欢迎。这个工业試驗，証明采区使用660伏电源是今后煤矿供电的方向，821工作面使用660伏电源只是我国煤矿使用660伏电源的开始，今后我們要加倍努力，使660伏电源在各地普遍开花結果。

第二章 660伏供电的新型安全技术措施

在我們的660伏供电的研究及工业試驗中，由于电压的提高，考虑了一系列的新型安全技术措施，以確保人身安全避免触电事故的发生，及由于电火花点燃瓦斯或煤尘爆炸危险，茲分別略述如下：

一、保护接地安全措施

(1) 采用带有接地芯纜的四芯鍍装电纜来代替一般380伏电網用的三芯鍍装电纜，因为利用鍍装电纜外壳作为接地回路不能保証接地电阻值，同时其連續性也不可靠，因此我們采用了CB-1000的 $3 \times 50 + 1 \times 25$ 平方毫米的四芯鍍装电纜，額定电压达1000伏，以保証接地电阻值达到最低限度及保护接地回路的連續性。

(2) 采用接地檢視繼电器，其接纜系統(圖1)，其作用原理系应用桥式电路在平衡条件下不产生电位差，在不平衡条件下产生电位差之原則，將接地回路当作一个2欧姆的电阻并联于桥路之一臂，使其保持平衡。在桥路中間串接一灵敏繼电器，如接地电阻值在2欧姆或以下时电位差极小，繼电器不动作，在超过額定值的一定范圍时，則

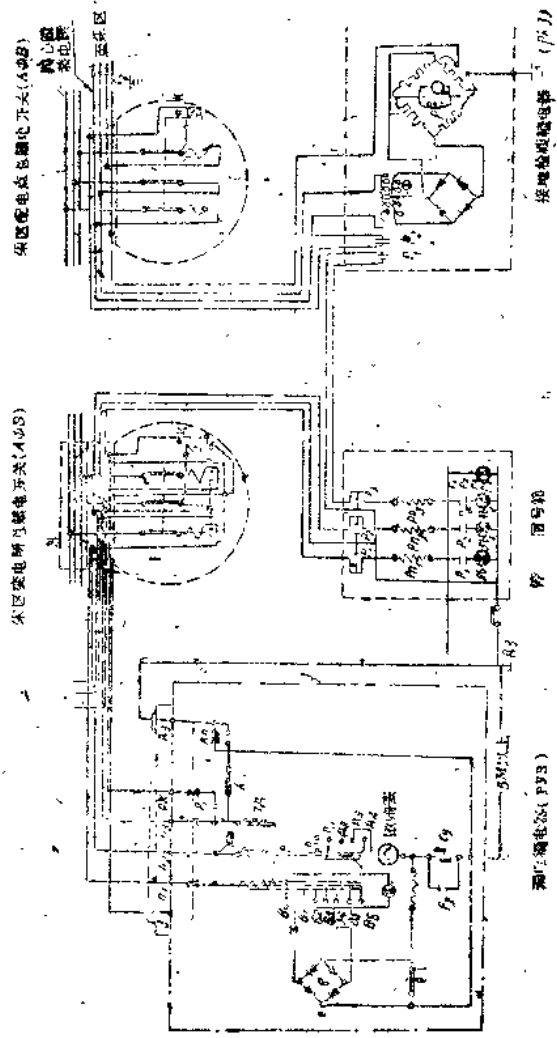


图 1 安全保护结构图

AB_1 表示PYB出故障; AB_2 表示A的B出故障; AB_3 表示PVC出故障; AB 表示整个回路安全运行。

管 道号 10

和1端电压(PVS)

产生足以使继电器动作之电位差，继电器即动作。此继电器有两对常开接点，其中一对闭合AΦB饋电自动开关上的OK脱扣线圈使其跳开，一对闭合故障信号箱中的接地故障信号继电器，使发出接地故障的红色信号灯光，并切断绿色安全信号灯光。

(3)加强保护接地，在采区变电所硌室四周装设接地带，总接地极使用0.75平方米的板形接地板。工作面配电点及顺槽运输均用接地棒安设就地接地。工作面配电点用直径35毫米、长1.5米的铁管两根并联；顺槽运输机的电动机用一根。

二、漏电保护措施

(1)采用660伏漏电继电器，使其在电网绝缘电阻值低于11,000欧姆时立即动作，其切断电网最大时间为0.23秒，是在允许切断电网持续时间0.25秒内。同时该漏电继电器有补偿线路对地电容的作用，如电网电缆为 $0.63 \times 50 + 1 \times 25$ 平方毫米长800米，其对地电容为0.24微法时，当不接漏电继电器时其漏电电流为0.083安，在接通漏电继电器时，其漏电电流为0.048安。

(2)采用127伏漏电继电器，用以保护工作面127伏电网。因为根据苏联调查127伏供电方面所造成的事故约占井下电气事故的31.5%，但所用的127伏电气设备的数目仅占10%而已。可见对127伏电网进行漏电保护是非常迫切需要的。127伏漏电继电器有一对常闭接点接到防爆磁力启动器中间继电器PII的回路中（或接到主线圈K的回

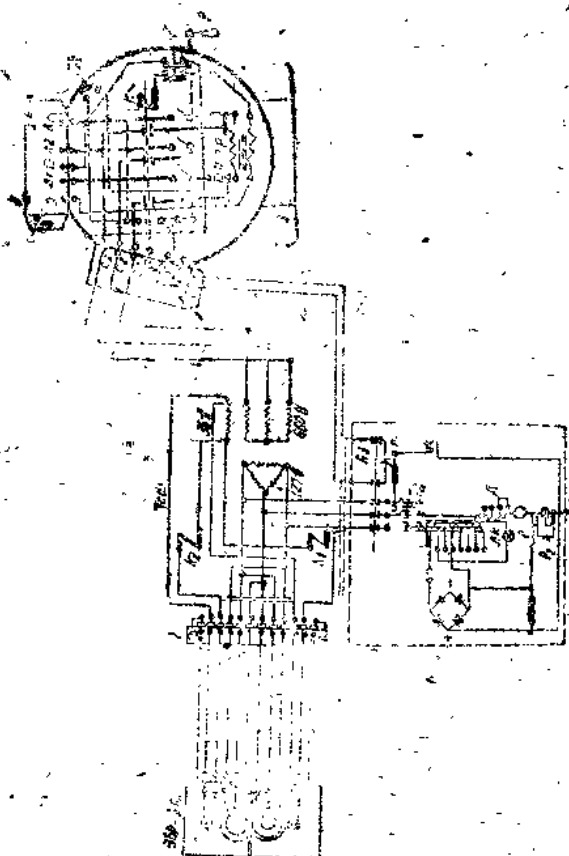


图 2 127伏调电保护系统图

路中)，当电網絕緣电阻降至1100欧姆时，此常閉接点打开，使磁力启动器跳闸切断 TCH 变压器一次側电源，从而切断127伏电網电源其连接系統見图2。

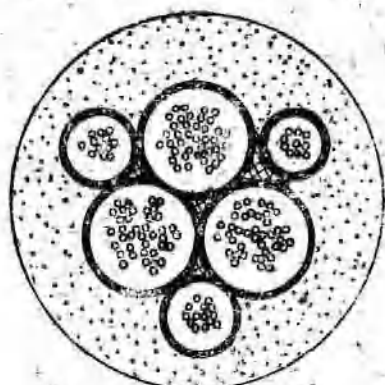
三、电纜故障信号箱

在 660 伏供电的保护措施中，有接地檢視、漏电保护及过载短路保护，但此三种保护措施最終均为使饋电自动开关跳闸切断电源，因此同一跳闸很难辨別到底由于接地回路故障或纜路漏电或过载短路所引起。因此我們采用了故障信号箱，此故障信号箱如图 1 所示，系带有三个中間繼电器，每个繼电器带有兩对常开接点一对常閉接点，分別接向接地檢視繼电器、漏电繼电器及 AQB 饋电自动开关的过载短路繼电器的常开接点中，当任一繼电器动作，常开接点閉合时，則其相应的中間繼电器线圈通电，使兩对常开接点閉合，因为这三个中間繼电器的常閉接点是串联接向綠色信号灯的，因此与此同时，任一接点打开，綠色信号灯熄灭。我們就可根据那一紅灯亮就表明是那一种故障，此信号箱內部装置为 127 伏中間繼电器三个，紅色信号灯三个及綠色信号灯一个。

四、矿用不燃性屏蔽电纜

目前使用的一般矿用 IPHC-500 型的橡胶电纜存在着机械强度不够，主芯綫絕緣厚度及質量均不够好，以致容易发生电纜损坏及可燃性等缺点。因为它的橡皮外套机械强度不够，所以經常发生破損，以致矿水通过破損点进入

電纜內部，使絕緣電阻值顯著下降，容易發生人身觸電，甚至產生電火花與電弧點燃瓦斯或煤塵爆炸。此外還有占全部斷面30%的堅硬核心，顯著地降低電纜的柔軟性，容易發生折斷事故的缺點。為消除橡膠電纜的上述缺點，我們與瀋陽電纜廠共同合作，試制成功了ГРПШСНЭ-1000型不燃性可曲屏蔽電纜。該電纜是由三根主芯纜（工作芯纜）、兩根輔助芯纜和一根半導體芯纜所組成，在主芯纜與輔助絕



符号說明

-  銅線
-  絕緣橡皮
-  半導體橡皮
-  電纜屏蔽
-  絕緣橡膠心子

圖 3 電纜結構圖

線芯纜表面包以涂半导体的橡皮带，接地芯纜是由半导体橡皮包制而成。此半导体橡皮之絕緣电阻系数不超过 5×10^8 欧姆-厘米；当電纜在使用过程中，絕緣芯纜受到机械損伤时，絕緣电阻便急剧降低，漏泄电流增大至1.57毫安以上，經半导体橡皮带传至半导体芯纜使漏电繼电器动作切断电路，这样就保证了人身设备安全，从而也保证了安全生产。所有的芯纜，均匀对称排列，围绕直径較大的圓垫芯进行成纜，成纜后用氯化橡胶挤制护套，这样就保证了電纜的不燃性。其結構图如图3所示。

此電纜主要优点是：

(1) 由于使用了半导体橡胶絕緣，联动漏电繼电器，当電纜发生故障时不致产生人身触电及点燃瓦斯煤尘爆炸等危险。

(2) 橡芯断面較IPHC-500型電纜大为减少。

(3) 橡套外壳为不燃性的，即使内部发生短路故障，也不会使電纜燃烧。

五、加强设备维护检查

在使用660伏井下供电时，尚須改善下列工作：

(1) 采区变电所及工作面配电点峒室均須用不燃性材料建設，用水泥糊牆或白鉄薄板建成。

(2) 实行定期检修并加强日常运行维护質量。

(3) 对各种660伏电气设备的絕緣質量及防爆性能，必須經常地注意。