

矿井低压电网
过电流保护
技术问答

彭 华 编

中国工业出版社

U1719
P177

矿 井 低 压 电 网

过 电 流 保 护

技 术 问 答

彭 华 编

中 国 工 业 出 版 社

本书重点介绍了矿井低压电网的电动机、变压器、开关、电缆等过电流保护装置的方式、结构、整定计算及校验方法；对熔断器和热继电器的保护特性、优缺点及使用范围也作了比较详细的叙述；介绍了用图表法及简易分析法计算短路电流的简便方法，并举有实例。内容具体实用，通俗易懂。可供煤矿电气工人和技术人员学习参考。

矿井低压电网过电流保护技术问答

彭 华 编

煤炭工业部编辑室编辑（北京东长安街煤炭工业部大楼）

中国工业出版社出版（北京东黄城根路四10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

开本 $737 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $2\frac{3}{4}$ ·字数53,000

1965年6月北京第一版·1965年6月北京第一次印刷

印数0001—7,640·定价（科二）0.26元

统一书号：15165·3966（煤炭-283）

目 录

一、 矿井低压电网过电流保护的重要性和应用范围	1
1. 矿井低压电网为什么必须装设过电流保护?	1
2. 什么叫过电流保护装置? 矿井低压电网常用的 过电流保护装置有哪些?	1
3. 熔断器、热继电器、过电流继电器各负什么保护任务? 分别装在那些设备中?	2
4. 过电流保护装置应具备那些技术要求?	2
5. 矿井那些低压电气设备必须装设过电流保护装置?	3
6. 选择过流保护前, 低压电网和保护设备应注意那些问题?	3
二、 熔断器	4
(一) 名词解释和使用范围	4
7. 矿井低压电网为什么以熔断器作主要保护?	4
8. 什么叫熔断器的额定电流?	4
9. 什么叫熔断器的极限电流?	5
10. 什么叫熔件的额定电流?	5
11. 什么叫熔件的熔断电流?	5
12. 熔断器有那些优缺点?	5
13. 矿井那些设备适合用熔断器保护?	6
(二) 熔断器工作的物理过程和保护特性	7
14. 熔件的熔断过程是怎样的?	7
15. 为什么熔件熔断时会产生电弧?	7
16. 熔件熔断后, 产生电弧能量的大小和那些参数有关?	8
17. 熔断器内采取那些措施来熄灭电弧?	8
18. 什么叫熔断器的保护特性和熔化系数?	9
19. 怎样选用熔化系数?	10

20. 銅、銀、鉛錫合金等熔件的熔化系数是怎样选用的?10
21. 用什么方法簡便估算熔件的熔断电流或直径?11
22. 为什么相同截面的銅熔件, 它的額定电流和熔断电流
都比鉛錫合金熔件大得多?12
23. 銅、銀、鋅和鉛錫合金熔件各有那些优缺点?13
24. 为什么井下不能使用銅絲代替熔片?13
25. 什么叫熔件的冶金效应? 它有什么作用?14
26. 为什么相同截面和质量的熔件, 短的比长的、
扁的比圆的熔断电流要大些?15
27. 为什么两根熔絲并用不一定能代替相同截面的一根熔絲?15
28. 为什么相同的熔件, 由于安装环境温度不同, 熔断电流
就会有差别?16
- (三) 矿井現用低压熔断器的結構和性能16
29. 目前矿井低压电网使用的国产熔断器有那些型号?16
30. RM 型熔断器的纖維紙熔管有什么作用?17
31. RM 型熔断器为什么要用鋅质熔件?17
32. RM 型熔断器的鋅片为什么要做成不同数目的寬窄部分?18
33. 国产RM₁、RM₂型熔断器在性能上有什么相同和
区别之处?19
34. RM₁ 型熔断器主要技术特征有那些?19
35. RM₂ 型熔断器主要技术特征有那些?19
36. RM₂ 型熔断器长管和短管性能上有什么不同?19
37. 为什么鋅熔件的分級不按 5 或 10 的整数增加?20
38. RM 型熔断器有那些优缺点?21
39. RM 型熔断器的纖維熔管經常容易从那里损坏?
經三次短路大电流烧伤后, 为何要降級使用或更換?22
40. 使用熔断器时, 应注意那些問題?22
41. RTO 型熔断器的构造是怎样的?23
42. RTO 型熔断器內为什么要装石英砂等作填料?24
43. RTO 型熔断器为什么要用多根熔件分散并联?

不用单熔件?	21
44. 继电保护装置日益发展后, 熔断器是否会被淘汰?	25
(四) 熔断器保护的整定计算	26
45. 保护干线时, 熔件的额定电流怎样整定计算?	26
46. 保护支线时, 熔件的额定电流怎样整定计算?	27
47. 保护照明负荷时, 熔件额定电流怎样计算?	27
48. 保护总线型和直流电动机时, 熔件的额定电流 怎样整定计算?	27
49. 保护低压照明变压器时, 熔件的额定电流怎样整定计算?	28
50. 保护电钻变压器时, 熔件的额定电流怎样整定计算?	28
51. 怎样校核熔件的灵敏度?	28
52. 为什么要用被保护设备或线路的最小短路电流校核熔件的 灵敏度?	29
53. 校核熔件灵敏度时, 为什么必须满足4~7的 熔断系数? 又怎样确定4~7的用法?	30
54. 熔件的额定电流为什么还要与电缆的截面配合? 又怎样 配合?	31
(五) 熔件的试验、标定和选用	31
55. 怎样才能使熔断器动作具有选择性?	31
56. 国产QS8和QC8系列的起动机中各装用 那些规格的熔断器?	33
57. 熔件额定电流是怎样标定的?	33
58. 校验熔件的额定电流时, 应如何接线和操作?	35
三、热继电器	37
59. 双金属热继电器的动作原理是怎样的?	37
60. 根据加热方式不同, 双金属热继电器有那几种? 各有什么优缺点?	37
61. 国产JR1(PT)型双金属热继电器是怎样构造的?	39
62. JR1型双金属热继电器有那些特点?	40
63. 什么叫热继电器的安秒特性?	41

VI

64. 用热继电器保护电动机时应考虑那些问题?41
65. 用热继电器作电动机过负荷保护时应如何整定?42
66. 热继电器的双金属片一般包含那些合金?42
- 四、 低压防爆开关的过流保护装置43
67. DW81 型自动馈电开关的任务是什么? 主要
 技术特征有那些?43
68. 用自动馈电开关保护干线时, 过流装置怎样整定计算?44
69. 用自动馈电开关保护支线时, 过流装置怎样整定计算?45
70. 为什么自动馈电开关的过流装置也要校验灵敏度?
 又怎样校验?45
71. 校验馈电开关过流装置的灵敏度时, 为什么要满足
 1.5 的灵敏系数?46
72. 怎样使馈电开关的动作具有选择性?47
73. 起动 110 千瓦鼠笼型电动机带动水泵时, 为什么 QC83-225
 型磁力起动器比 AΦB-1531 型自动馈电开关好用?47
- 五、 电动机的保护47
74. 电动机使用寿命主要决定于什么因素? 又怎样来延长
 电动机的使用寿命?47
75. 什么叫电动机的安全曲线?48
76. 电动机的安全曲线和保护装置的安秒曲线应该怎样配合?48
77. 为什么熔断器只适于保护鼠笼型电动机的短路,
 不能保护过负荷?49
78. 为什么热继电器能保护电动机的过负荷? 有何缺点?50
79. 三相电动机发生单相运行后, 为什么还能继续运行,
 但停机后为什么就不能再起动?51
80. 三相电动机发生单相运行后, 为什么当定子线卷是
 Y 接法时, 多烧坏两相? Δ 接法时, 只烧坏一相?51
81. 为什么用热继电器保护电动机时, 还要用熔断器保护?52
82. 什么叫电动机的两段保护? 使用时应注意那些问题?53
83. 什么叫电动机的三段保护? 为什么要采用它?54

六、電纜的過流保護	55
84. 保證電纜安全運行主要應從那幾方面着手?	55
85. 運行中的電纜, 從電氣方面應採用那些保護方式?	55
86. 電纜的連續允許負荷能力主要根據什麼確定?	57
87. 為什麼鎧裝電纜額定電壓愈高, 連續允許負荷能力愈小?	58
88. 井下各型電纜運行中外皮最高允許溫度應不超過 多少為合宜?	58
89. 三芯鎧裝油浸紙絕緣電纜各種截面的連續允許負荷 電流各為多少?	60
90. 礦用橡膠軟電纜(UH型)各種截面連續允許負荷電流 各為多少?	62
91. 為什麼鎧裝和橡膠兩種電纜不得直接連接? 如要連接, 應該怎樣處理?	62
七、短路電流的計算	63
92. 礦井低壓電網為什麼必須進行短路電流的計算?	63
93. 怎樣運用圖表法計算礦井低壓電網最小短路電流值? 有什麼優缺點?	64
94. 怎樣運用簡化分析計算法計算短路電流?	68
計算實例	71

一、矿井低压电网过电流保护的 重要性和应用范围

1. 问：矿井低压电网为什么必须装设过电流保护？

答：煤矿井下低压供电系统的保护包括：过电流保护、漏电保护及接地保护三种。《煤矿保安暂行规程》第453条中规定：“……井下电动机和由采区变电所或配电点引出的馈电线，至少要装设短路电流或过电流的保护装置。……”为什么要这样呢？因为井下供电系统中，如电缆、变压器等常会发生短路及过负荷故障，使电流急剧增加。特别是在发生短路故障时，故障点的电流或电弧，足以烧坏设备及电缆，引起井下火灾或瓦斯煤尘的爆炸。由于短路电流的长时间通过，设备发热超过允许限度，将会引起绝缘物的损坏。

为了保证井下可靠的供电、保护电气设备及人身的安全、限制故障范围、避免由于短路电弧引起瓦斯煤尘的爆炸，必须装设短路电流或过电流保护，以便可靠地把故障迅速切除。

2. 问：什么叫过电流保护装置？矿井低压电网常用的过电流保护装置有那些？

答：过电流保护装置是继电保护装置中的一种，它是当被保护设备的电流超过预先整定的数值时，能发出指示信号或切断设备和线路的装置。常用来保护设备的短路或过负荷。

在煤矿低压电网中，目前使用的短路和过流保护装置有以下三种：

- (1) 熔断器；
- (2) 双金属热继电器；
- (3) 瞬时动作的过电流继电器。

3. 问：熔断器、热继电器、过电流继电器各负什么保护任务？分别装在那些设备中？

答：(1) 熔断器：常用来保护设备的短路或过负荷。目前一般使用的有RM1及RM2型两种（ΠP型）。安装在国产QC8系列（ΠMB及ΠMBP系列）矿用防爆磁力起动器中，和QS8系列（ΠPB及ΠB1系列）矿用防爆手动开关中。（Q——防爆；C——磁动；S——手动；8——矿用。）

(2) 热继电器：常用来保护电动机的过负荷。目前国产的双金属热继电器为JR1型（ΠT型）。安装在QC83-120（ΠMB-1355）型矿用防爆磁力起动器中。

(3) 过电流继电器：常用来保护低压电缆线路的短路故障。安装在DW81-200及350（AΦB-1522及1532）型防爆自动馈电开关及QC83-225（ΠMB-1365）型磁力起动器中。

4. 问：过电流保护装置应具备那些技术要求？

答：过电流保护装置应具备以下三项技术要求：

(1) 选择性好。保护装置只切除故障部份，其他正常部份仍能继续工作。

(2) 动作迅速。故障时动作迅速，才能缩短故障切除的时间，减少因短路时电压降对设备正常运行的影响，以减轻设备的损坏程度；

(3) 可靠性强。设备在起动和正常运行时，不应误动作。当设备发生严重过负荷或短路时，能保证可靠的动作。

在高压方面使用阻抗型的过电流继电器，具有灵敏度高

的特点，它对小于正常电流的故障电流也能即时切除。

以上各点，就是过电流保护装置应具备的主要技术要求。

5.问：矿井那些低压电气设备必须装设过电流保护装置？

答：矿井下列低压电气设备，必须装设过流保护装置。

(1)采区变电所或配电点引出的馈电线，都要装设短路保护装置。使用自动馈电开关时，必须采用瞬时动作的过电流继电器；使用磁力和手动开关时，多用熔断器。

(2)在电缆分支线路上，如果干线上一级开关不能同时保护分支线路时，靠近分支点要加装短路保护。

(3)电动机必须用熔断器作两相或三相短路保护（绕线型电动机，可用过电流继电器保护）。对重负荷起动的电动机，或经常有过负荷可能、有单相运行可能的电动机，须用熔断器和热继电器组成多相短路和过负荷保护。

(4)照明变压器和电钻变压器的高压侧可用熔断器保护。

6.问：选择过流保护前，低压电网和保护设备应注意那些问题？

答：应注意三个问题。

(1)对低压电网。应在正常运行和起动状态下，检查它的发热情况和电压损失，判断电缆截面够不够大。

(2)对保护设备（各型低压开关），必须按正常电压、长时间负荷以及保护设备出口处发生最大短路电流（三相短路电流）等条件下，来考虑开关工作触头的极限遮断电流值，此数值必须大于开关出口处的最大短路电流值，以免遮断能力不足，将工作触头烧熔，造成事故和损失。

(3) 必須考慮熔斷器的極限遮斷電流值，要大於安裝點的最大短路電流值，以免遮斷容量不足，引起熔管爆炸，或把兩端的載流部份燒壞，造成事故。對熔件的靈敏度，要用最小短路電流（兩相短路電流）值來校核，保證它在事故情況下能可靠的動作。

二、熔 斷 器

(一) 名詞解釋和使用範圍

7. 問：礦井低壓電網為什麼以熔斷器作主要保護？

答：由於它具有經濟、簡便、可靠、動作迅速、形體較小、又可利用纖維管或填料熄弧等特點，適合裝在低壓開關中，故成為目前煤礦低壓防爆磁力起動器和手動開關中的一種主要保護裝置。

在國產RM型熔斷器中，有額定電流為15~600安六個等級的熔管，可以裝用額定電流為6~600安十九個等級的熔件；還有RTO型各級熔斷器，可供我們選用。

8. 問：什麼叫熔斷器的額定電流？

答：熔斷器的額定電流，一般是指熔管的額定電流，它是熔管兩端的載流部份，在正常工作下，所能容許長時間通過的電流，叫熔斷器的額定電流。

在目前國產的RM型纖維管無填料式的熔斷器中，額定電流分為：15安；60安；100安；200安；350安；600安六個等級，每級只允許裝用小於或等於熔管額定電流的熔件，不準裝用大於熔管額定電流的熔件，以免熔件熔斷時，電弧燒

坏纖維管，甚至发生爆炸引起相间或对地閃弧，造成严重事故。

9.問：什么叫熔断器的极限电流？

答：熔断器切除故障电流后，熔管本身不被烧坏变形，更换熔件后，又能繼續正常工作，熔断器所能切除的最大故障电流，就叫熔断器的极限电流。

若故障电流大于熔断器的极限电流，就可能使熔管爆炸，或两端载流部份烧坏，造成极危险的后果。选用时，必須考虑这点。

10.問：什么叫熔件的額定电流？

答：“熔件”就是熔断器中的熔片或熔絲。它的額定电流，是指长期容許在熔件上工作的电流，随环境温度、安装状态等外界因素而改变，不是十分固定和准确的数值，当用来保护較重要的设备时，最好进行一次通电試驗，校核熔件額定电流的准确程度，才能保証动作准确可靠。一般手册中提供的数据，只能参照使用。

11.問：什么叫熔件的熔断电流？

答：熔件的熔断电流，也叫熔件的极限电流，它是使熔件开始熔化的最小电流，也和熔件的額定电流一样，随外界因素变化，不是十分固定和准确的数值，用在保护較重要的设备时，最好也先进行一次通电試驗。校驗方法見“58”問。

12.問：熔断器有那些优缺点？

答：优点：

(1) 和其他过流保护装置比較，它价格便宜，使用方便，接綫简单。

(2) 比各型继电器結構简单，尺寸較小。在不便或不必装用继电器的低压开关内，可用相应的熔断器保护。

(3) 对短路电流的遮断时间，比油开关快，它能在 7 ~ 100 毫秒内熔断。比一般快速油开关的动作时间——200 毫秒还短。

(4) 动作可靠。只要故障电流达到熔件的熔断电流时，保证熔断，不发生拒绝动作的故障。

缺点：

(1) 额定电流容易受外界影响而变化。如熔件两端接头的松紧程度、熔件与熔管受到震动、熔件长期受热陈老和氧化等等，都能影响额定电流发生变化。

(2) 对被保护设备轻微的、长时间的过负荷，保护作用不大。尤其对鼠笼型电动机，为了满足起动要求，根本不能保护它的过负荷。额定电流较小的熔件，能长期承受 150% 的过负荷，因此有可能在电动机因长期过负荷烧坏时，熔件还未熔断，不能起到保护作用。

(3) 和各型继电器比较，动作后，恢复供电的时间较长，更换费用也较大。

(4) 熔件的熔断电流和熔断时间，不能随我们的需要来调节，也难校正准确。

13. 问：矿井那些设备适合用熔断器保护？

答：由于熔断器具有以上的优缺点，矿井高低压电气设备中，适合用熔断器保护的有以下方面：

(1) 保护电缆线路局部的或小部地区的短路，隔离干线路上的各段短路及保护支路上的短路。

(2) 保护低压电动机、电钻变压器及照明变压器的短路。

(3) 保护绕线式电动机及直流电动机的过负荷。

(4) 保护地面临时线路及照明线路等。

(5) 如果地面断路器遮断容量不足时, 可在断路器受电端串接熔断器, 可以保护断路器, 免受短路电流的威胁。

(6) 地面使用的10千伏560千伏安以下的和35千伏1000千伏安以下的电力变压器, 可使用高压熔断器保护短路或过负荷。

(二)熔断器工作的 物理过程和保护特性

14. 问: 熔件的熔断过程是怎样的?

答: 平时我们看到熔件的熔断好象很简单, 只是发生个电弧就熔断了。实际上是经历了以下几个过程。

(1) 当通入的电流达到熔件的极限电流时, 使熔件发热到熔化温度。

(2) 固态的熔件开始熔化, 变为液态, 再蒸发为金属蒸气。

(3) 熔件熔断, 产生电弧。

(4) 电弧熄灭。

15. 问: 为什么熔件熔断时会产生电弧?

答: 熔件熔化时产生高温, 使周围空气的中性分子(不显电性的分子)受高热产生“热游离”, 分解成带正电和负电的离子, 电子(负离子)大量流动, 就产生了电弧, 这是“热游离”的结果。

在高压电场的作用下, 能使空气的中性分子产生“电游离”, 同样能分解成正负离子, 形成电弧。我们在作阀型避雷器火花间隙或球间隙等的击穿试验所产生的电弧, 就是“电游离”的结果。

16. 問：熔件熔断后，产生电弧能量的大小和那些参数有关？

答：熔件熔断后产生电弧能量的大小，和以下三项参数有关：

(1) 电路电压愈大，熔件熔断时，引起的过电压也愈高，电弧能量就愈强。所以我們在地面用隔离开关断开空载的高压变压器时，产生电弧的能量，就比断开同容量的空载低压变压器大些。

(2) 熔件的截面愈大，熔断时产生的金属蒸气愈多，这种蒸气能导电，产生电弧的能量也愈强。

(3) 熔件的电流密度愈大，电弧的能量也愈强。

只有在熔件长、冷却条件好、电弧間隙可能增大及电弧电阻增高的情况下，电弧能量才能减弱。有人曾作过試驗，240毫米长的熔件熔断后，能引起7倍的过电压，产生强烈的电弧。

由于电弧的产生，有可能因飞弧造成相間短路，引起严重的事故。如某厂曾誤将6千伏熔断器的熔件装在熔管外边，当熔件被熔断时，造成相間飞弧短路，加以高压油开关拒絕动作，使强大的短路电流将35千伏的主变压器损坏。因此我們必須注意熄灭电弧的問題。

17. 問：熔断器內采取那些措施来熄灭电弧？

答：熔断器熄弧一般可采用以下三种方法：

(1) 利用熔断器的纖維熔管，在高温电弧作用下产生气体。由于纖維熔管两端密封，管内气体压力增大，限制了中性分子的游离，增加了弧柱电压梯度，以削弱电弧的能量。

注：弧柱电压梯度：是沿弧柱方向单位长度的电压降。由于电压降增加，电弧电路的电阻也增加，故易熄灭电弧。

(2) 利用填料冷却电弧。在熔管内装石英砂等作填料，使高温电弧穿入填料内被冷却，削弱电弧能量，使它熄弧。

(3) 利用短弧熄弧的原理，将电弧分成若干短弧，分别冷却，来削弱电弧能量。如RM型熔断器的锌片熔件，60~100安以上的，都作成4个窄部，其目的就是把电弧弧柱切短，以便熄弧。

18. 问：什么叫熔断器的保护特性和熔化系数？

答：熔断器的保护特性，就是熔件的反时限特性。一般用熔件的安秒曲线来表示，见图1。当电流通过熔件时，熔件的温度逐渐升高，通过电流愈大，温度上升愈快，温度愈高，熔件愈易熔断。也就是说通过熔件的电流愈大，熔断时间愈短，这种特性就叫反时限特性。也就是熔断器的保护特性。

根据熔件熔断的电流和经过的时间，画成相应的曲线，就叫“安秒曲线”。

这种曲线常由制造厂供给，或由电工手册中查得，但都不很准确，只能参考使用。

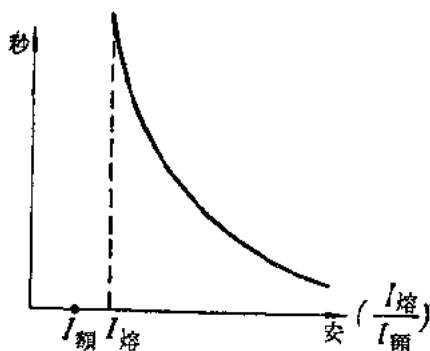


图 1 熔断器安秒曲线