

矿井设备故障 与技术决策

孙庆超 编

煤炭工业出版社

矿井设备故障与技术决策

孙庆超 编

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 提 要

本书共分三章。第一章设备故障,介绍设备故障的概念和产生因素,故障诊断和故障的预防;第二章故障的分析与判断,介绍机件的失效分析与判断;第三章技术决策,介绍技术决策的含义及类型,技术决策的要求和程序;技术决策中应注意的问题。

本书可供从事矿井机电设备使用、维修的工程技术人员和管理干部参考。

矿井设备故障与技术决策

孙庆超 编

责任编辑:顾建中

煤炭工业出版社

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm^{1/32} 印张4

字数86千字 印数1—1,030

1994年6月第1版 1994年6月第1次印刷

ISBN 7-5020-0940-X/TD·839

书号 3706 G0292 定价 6.20元



前 言

矿井机电设备在生产过程中，由于维护、管理、安装及设备质量等因素的影响，会出现有各种不同类型的故障。这些故障的产生，每年都给矿井产量带来不应有的损失，对设备的使用寿命及效率的发挥亦产生了很大的影响，特别是随着矿井机械化程度的提高及装备能力的加大，这些设备故障对生产的影响亦在加大。针对不同类型和不同性质的故障，现场常采取不同的处理方法，但如何能决策出最佳的故障处理方案，使生产及设备受到的影响被限制在最小的范围之内，就有一个对故障正确的分析判断和决策的方法问题。本人根据多年的矿井机电技术工作体会，将其总结出来，提供给矿井机电技术人员参考。由于经验及水平所限，错误难免，诚望指正。

作 者

1993年

ABA/93

目 录

第一章 设备故障	1
第一节 设备故障及产生因素	1
一、设备故障	1
二、故障产生因素	6
第二节 故障诊断	13
一、失效的基本因素	13
二、故障的分类	18
三、故障的诊断	21
第三节 故障的预防	34
一、合理使用	34
二、维护检修	36
第二章 故障的分析与判断	44
第一节 机件的失效	44
一、失效规律	44
二、失效形式	48
三、零件失效	54
第二节 分析与判断	73
一、分析方法	73
二、判断方法	84
三、注意事项	89
第三章 技术决策	93
第一节 技术决策的含义及类型	93
一、技术决策的含义	93
二、技术决策的类型	95

第二节 技术决策	96
一、对决策的要求	96
二、决策程序	100
三、对决策效果的估计	104
四、注意事项	106
第三节 困难的决策	109
一、风险决策	109
二、规定限制	117
三、客观因素干扰	119
参考文献	122

第一章 设备故障

第一节 设备故障及产生因素

一、设备故障

设备故障的含义是指设备本身或其所属构件，在运行中丧失了其应有的功能。矿井机电设备在运行中，由于各种原因，如操作维护、使用管理、安装质量和设备本身功能因素的影响，在其不同部位上会经常产生不同类型的故障。

1. 故障与事故

矿井机电设备的故障与机电设备的事故，在程度上虽然有所不同，但在性质上是关联着的。正确地说，设备的故障是指设备在运行中，某一部分发生了不正常的现象，达不到应有的功能，表现出声音的不正常、温度升高、运行失稳、出力不足、气味反常等，这些现象反映在仪表上，会出现电流指示突然增大、压力指示突然增高或降低、仪表指针剧烈地颤动等情况。若这些现象得不到尽快消除，就要导致故障加剧、范围扩大、机件损坏，从而造成设备不能继续运行，即所谓发生事故。根据煤炭工业部发布的（82）煤生机字第63号文件，对机电事故给予了下述定义，即：在煤炭生产过程中，机电运输设施遭到意外灾害或损坏的情况。设备发生事故，除因操作失误或由于外来因素的影响（如因卡罐引起的提升机断绳或因顶板冒落将设备砸坏等）外，一般设备本身在事故发生以前均曾有过故障的存在。因此、设备出现故

障时，若能及时诊断、正确决策、做好处理，就不一定导致事故的发生。所以说，对机电设备故障所做出的技术处理决策的正确与否，将会直接关系到设备的使用寿命、效能的发挥和生产的顺利进行。

例如：某矿在利用铁谱监测技术对AM-500型采煤机进行工况监测时，发现了有较大的形状异常颗粒产生，就此向采煤队发出了事故预报，由于定量分析得出的磨屑数量不多，未能引起队组的注意，随后就发生了油泵断轴事故，使生产受到了较大的影响。经检查，异常形状颗粒是从轴上密集的疲劳裂纹处剥落下来的“细块”。这就是故障已经产生但未得到及时处理发展成为事故的实例。在同一台采煤机上，另一次铁谱监测中发现有铜屑产生，采煤队吸取了前一次的教训，接到预报之后立即安排检查，结果发现其截割滚筒的行星传动机构的铜套磨损，经处理后就未发展成事故。

2. 故障与失效

设备的失效是指一台设备（或者是其零部件）在运行期间丧失了它的基本功能，它在含义上与故障大体相同（故障在英语中为Fault，也可以译成失效，另一词Failure译成失效与故障均可，无严格区分），只是侧重面上稍有差别。故障出现后设备功能上并不一定完全丧失，在某种情况下尚能维持一段时间的工作，而失效则强调的是机件完全失去了性能，无法再维持运行。失效与事故也是紧密关联，但从概念上讲，事故强调的是“后果”，即造成的损失及危害，而失效是强调设备本身的功能状态。机件的失效，在概念上亦不同于报废，失效一般发生在规定的寿命期限之内，若经过一定的工艺修复和处理后机件尚有可能恢复其原来的功能。报废的机件是指它本身没有任何修复的价值或可能，一般应发

生在规定的寿命期限之外。

机电设备中的某个或某几个重要的机件失效,就可能导致整部机器的失效和事故的发生,但也有这种可能性,就是个别零部件的失效、只是加重了机器中的相关零件的负担或者整机的负荷加重了,而不致于导致整机的立即失效和发生事故。例如:一台采煤机的减速器中的轴承失效、会立即导致整个减速器系统的失效,使采煤机不能继续运行;而当采煤机上的对口连接螺栓中的某一条发生了松动或断裂时,这时只能加重其余螺栓的负荷,却不致于立即引起整机的失效,采煤机仍可坚持一个相当时间的正常运行,而不会失去其整机的功能。下面的故障实例即为滚动轴承损坏后引起整个减速器损坏的情况:故障发生在MCLE350-Dr6565型采煤机上,故障现象是运行中发现空心套外端密封处漏油。一段时间之后、摇臂运行颤动的幅度加大,最后截割滚筒停止了转动,减速器内发出机械的异响。拆开侧面端板检查发现摇臂空心套的RS-4868E₄轴承损坏、滚柱由油孔窜出(图1)。解体检查后得知,G₃和G₄齿轮的齿被掉落下的滚柱咬入啮合处,将齿咬伤(图2),轴发生弯曲,空心套小端轴承RS-4856E₄和轴承密封损坏。分析其原因是RS-4868E₄轴承的强度不足。开始是隔离架先产生损坏,使轴心不能保持稳定造成密封损坏漏油;随后轴承的内圈和外圈因冲击负荷而开裂,使传动中摇臂的振动幅度加大,最后滚柱脱出进入传动系统,将故障的范围扩大。齿轮间咬入了滚柱,使齿损轴弯。因为大端轴承损坏,起不到支撑的作用,导致小端的轴承(RS-4858E₄)负荷增大而损坏。该轴承后来改为含油滑动轴承,运行效果良好,再未发生同类事故。

3. 故障与生产

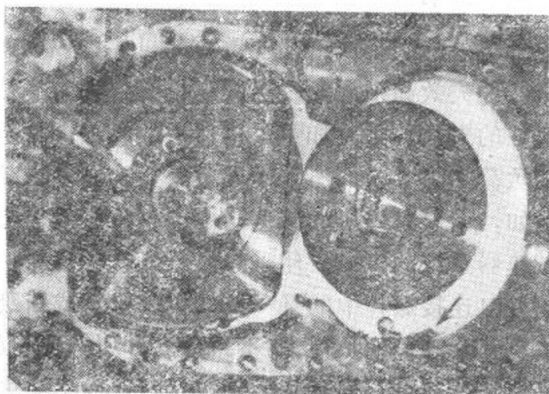


图 1 轴承损坏后滚柱窜出图

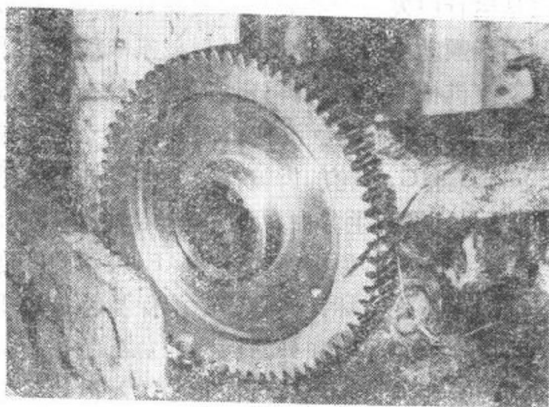


图 2 G_1 齿轮的轮齿被咬伤图

设备故障若得不到妥善处理、必然会导致事故，对生产造成较大影响。

按煤炭工业部的规定，根据机电事故的轻重程度和性质，

将其分为三类，即：重大、二类和一般机电事故。一般机电事故是指一次停止运转30min以上或一次影响产量50t以上，或者设备的直接损失在500元以上者；重大机电事故是指全矿井停产8h以上或全矿井停电30min以上或者设备的直接损坏价值在5万元以上或因机电事故造成三人以上死亡者，均为重大机电事故；二类机电事故主要指大型机械设施或电气设施发生事故，其影响生产时间及设备损坏的价值均不构成重大机电事故，但其性质、情节较为严重者，例如主提升设备断绳、断轴、过卷、蹲罐等，均做了具体的规定。对机电事故的统计做了如下解释：①影响时间是指由于设备发生事故而停止工作的小时数，即从发生事故时算起至恢复正常工作或改用设备投入运行为止；②影响产量是指：影响时间 $\times$ 平均每小时的计划产量；③机电事故率是指：机电事故影响的产量与计划产量之比的百分数。

矿井的机械化程度越高，设备事故对生产所造成的影响就会越大。这主要是在单位时间内的产煤量是随着机械化程度的提高而相对增高之故。根据对一个管理水平比较好的矿务局的生产统计数字得知：其年度的采煤机械化程度已达98%，综采机械化程度已超过85%，年机电事故率约为0.4%，由于机电事故造成的产量损失为14万余吨，且近10余年来，由于机电事故损失的产量平均每年均在20万t以上。在机电事故中，刮板输送机事故约占整个矿井机电事故的50%，其中断链事故又占刮板输送机事故的80%左右；采煤机的事故约占矿井机电事故的20%以上，其中液压系统的事故就占了采煤机事故的80%，对生产的影响是相当大的。因此，为了消除机电事故，提高矿井产量，就必须对设备在未发生停运之前的故障现象做出正确的分析判断，采取正确的

处理决策，消除隐患、避免事故发生，使生产受到的影响被限制在最小的程度和范围之内，这就是技术决策的意义所在。

二、故障产生因素

矿井机电设备由于种类繁多、结构复杂，运行条件差异较大，故障产生的原因也不尽相同。其中有设备本身的问题，如设计结构的合理性、加工制造的质量等；亦有使用和维护的问题，如安装不当、操作失误和过载运行以及维修不当等。总的来讲，一般故障都寄寓于它的导发因素之中。可以将影响机电设备的安全运行与故障产生的因素用一个四边形的合力图来加以说明，如图 3 所示。从该图中可以看出，设备是否能够处于安全运行状态或发生故障，可以由这个四边形的合力大小来决定。任何设备在运行中都会存在有故障的导发因素（如发热），这些因素既可以通过人的因素或设备本身的设计及制造因素加以克服，达到安全运行，亦会通过人的因素或设备本身的因素造成故障。设备设计的合理，制造的质量好是保障设备不出故障，安全运行的必要条件；相反，若设计上有错误、加工质量差，设备的功能得不到保证、就会导致故障的产生。使用设备人员的素质高，操作维护和管理条件好，就可以保证设备的安全运行；反之，就有可能促使故障的产生。从图 3 中可以看出，设备的设计和制造因素正确，人的因素优良，这两个因素的“合力”就是保证设备安全运行的重要基础，相反就是促成故障发生的重要根源。若二者之中只要有一个不好，故障产生的可能性就不能消除。如果人的因素优良，可以对设备存在的不合理处及存在的隐患，通过改进或改造纠正其缺陷及不足，使这个因素由错误变成正确，从而消除故障，达到安全运行的目的。人的因素在防止设备故障产生方面是甚为重要的，因而在实际工作中，

必须强调使用、操作和维护机器人员的素质，提高他们的技术业务水平、管理水平和责任心。对所使用的各种设备都应制订出完善的操作、维护和管理规定及规程，并严格遵守。下面的故障实例、说明了人的因素和设备固有的导发因素相互作用，结果导致了事故的发生。

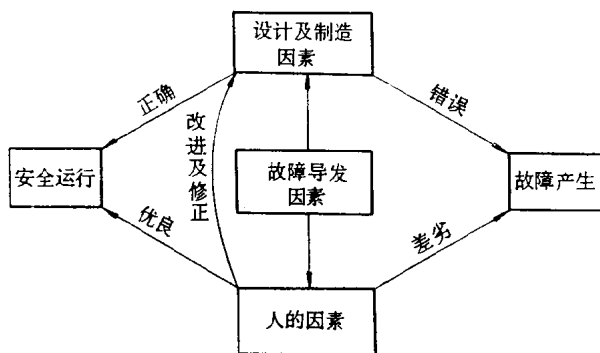
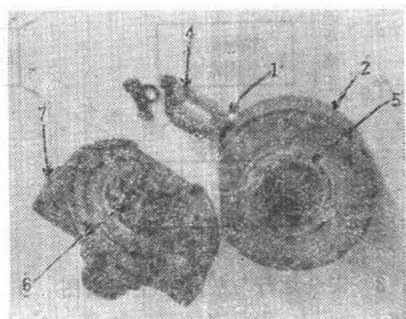


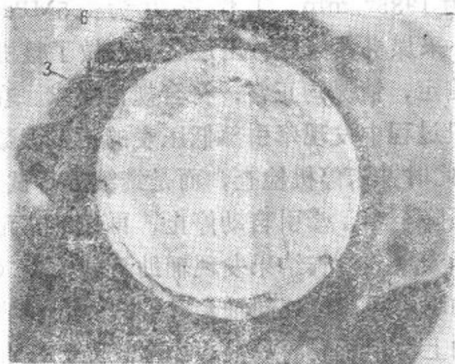
图 3 安全运行与故障产生因素图

故障发生在MLS₃-170型采煤机牵引部的摆线转子泵上，该泵的转速为1985r/min，工作压力为1.5MPa，流量为22.5L/min。采煤机大修后、出厂之前已做了整机试运行和各项参数的测定，情况均正常，符合规范要求。在投入生产运行前的试机过程中发现牵引部低压表的指示读数超限（达3.5MPa），此时并未停机检查，而是继续进行试运转，继而发现表压力下降至零，牵引自动停止，再起动亦无牵引，低压表针仍指示为零。检查结果发现辅助泵的轴1（图4a）由泵壳2内的轴承中间部位连同轴套3（图4b）一起断裂（轴套已“抱”在轴上），断裂面靠轴心部位较光亮，卡爪4已全部断裂，且与泵轴未装到位（差1.5mm），偏心套内所挂的

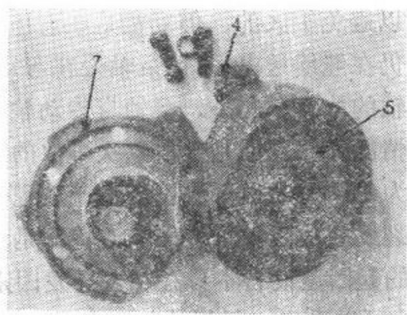
低熔点轴承合金5已熔化，并与外转子凝为一体和溢流到两侧（图4c）。泵内有碎铜细渣，摆线内转子和圆弧线外转子均有研磨痕迹。内转子6的端头变色发蓝，泵的左端与泵盖7盲孔底部磨损深度达1.5mm。检查机内其它元件情况正常，位置正确，液压油呈凝态。事故的原因分析认为：试运行补油压力上升，说明主油路补油的单向阀未开启，而压力超过了低压安全阀的整定压力（25bar），表明安全阀没有起到作用，泵处在高负荷状态下运行。但轴的断面与轴线垂直。



(a)



(b)



(c)

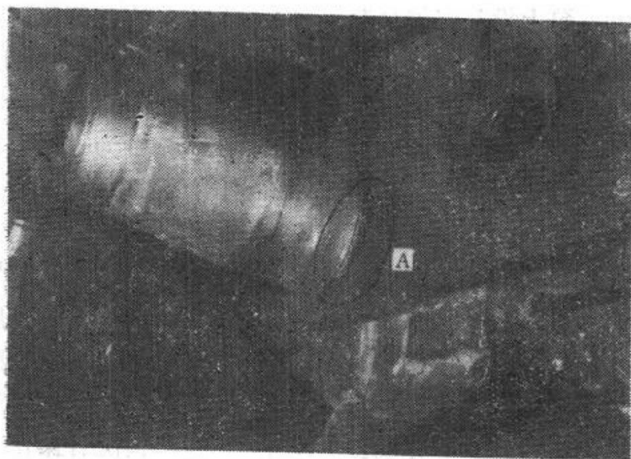
图 4 辅助泵损坏图

1—轴；2—泵壳；3—轴套；4—卡爪；5—轴承合金；6—转子；
7—泵盖

而不是斜面，表现了被弯断的特征，不是由于超负荷引起的扭断。结论认为：结合子的装配工艺不正确是主要的，给设备埋伏下了故障的导发因素。因为该泵的侧隙仅有 $0.020 \sim 0.025\text{mm}$ ，泵上没有定位台阶，右端的结合子未装到位，运行中势必向左推动，直到轴的左端与泵壳盲孔底部压紧为止，但右端向左的推力不减，泵轴在弯曲的趋势下运行，引起了在铜套与轴颈之间产生高热，使轴与轴套“抱”为一体。在出厂前的24h试机过程中轴因疲劳在周围出现了裂纹，但尚未达到断裂程度，所显示出的整体试机参数均属正常，按规范规定，该部又不属出厂检查内容，致使隐患未能消除。采煤机在入井之前已在 -10°C 以下的露天中放置了数日，使液压油呈凝态，而新的工作面气温较低，短时间内不可能使液压油化开，冷凝的油使安全阀及单向阀不宜开启，是造成井下试机时低压表显示压力上升过限的原因。这一情况若操作人员的技术业务素质高些，马上会采取立即停机检查的手段，

事故是完全可以避免扩大的，但问题是在表压力已显示出不正常的情况下仍在继续送电运行。泵轴处在弯动状态下运转，造成了最后断轴的故障。此外，泵轴与传动轴之间的轴线可能有不重合的情况存在，亦是导致这次事故的一个因素。

图 5 所示为 AM-500 型采煤机在生产过程中曾多次发生的摇臂空心轴裂纹的故障，这种故障的特征是该部位机壳温度过高，故障的起因是设备本身存在着导发因素，从图 5b 中的裂纹“A”处可以看出，断裂处的圆角较小（R30），容易形成应力集中，且此处厚度仅为 45mm，强度明显不足，滚筒在实际工作中又常在缺齿和齿有严重磨损的情况下运行（图 6），强行过载牵引的结果，促成了该处的裂纹。故障本身既有设备的质量问题，亦有使用不当等人为因素。空心轴裂纹之后，常导致机壳的摇臂轴承损坏，并与外壳“镶”到一起（图 7）使故障扩大化。对这种故障的处理、开始是将裂



(a)

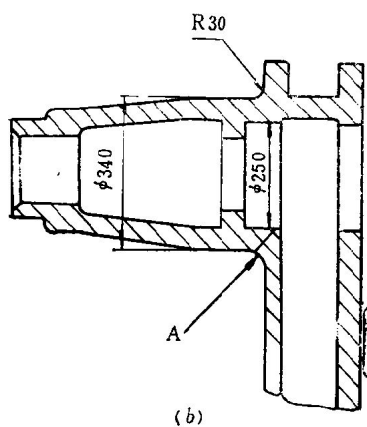


图 5 摇臂空心轴裂纹故障图

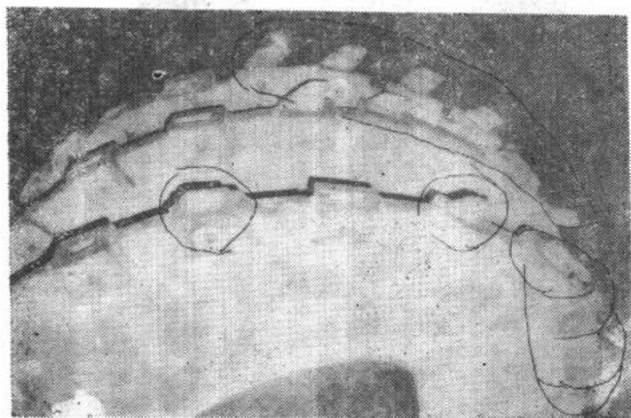


图 6 滚筒截齿缺损图