

## 电力技术

## 钻机电控系统的可靠性设计与验证

张娇雨

河北省煤田地质局第二地质队(河北省干热岩研究中心)

DOI: 10.32629/jpm.v7i2.8732

**[摘要]** 随着时代的不断发展和社会进步以及工业技术的不断发展,中国在石油等资源的使用也越来越多。在对石油和天然气进行开采和使用的过程中,都会涉及到相关机器设备的利用。其中,机械钻机作为重要的工具会应用在石油勘探以及使用的工作中,这是一种大型的工业机器,并且经常会被应用到一些地势相对比较恶劣的地方。不过,往往忽略了机械钻机相应的附属系统的重要性,尤其是其中的主驱动部分。如果进行打井的过程中没有将电力驱动控制设置好,那么则会带来大量的能量耗损,从而影响到机器钻机的使用。

**[关键词]** 钻机电控系统; 可靠性设计; 系统设计

## Reliability Design and Verification of Drilling Electromechanical Control Systems

Zhang Jiaoyu

Second Geological Team of Hebei Provincial Coalfield Geological Bureau (Hebei Provincial Hot Rock Research Center)

**[Abstract]** With the continuous development of the times, social progress, and industrial technology, China's use of resources such as oil is increasing. In the process of extracting and utilizing oil and natural gas, the utilization of related machinery and equipment is involved. Among them, mechanical drilling rigs, as important tools, are applied in oil exploration and utilization work. This is a large industrial machine that is often used in relatively harsh terrain. However, the importance of the corresponding auxiliary systems of mechanical drilling rigs is often overlooked, especially the main drive part. If the electric drive control is not properly set during well drilling, it will result in significant energy loss, thereby affecting the use of the drilling rig.

**[Key words]** Drilling rig electrical control system; Reliability design; System design

## 引言:

目前,电动机已从直接控制模式向变频控制模式转变,此举不仅大幅增加了现场操作设备的数量,且单个同步电机的控制功能无法满足实际需要,同时这一变化又提出了对更高精确控制的需求。而钻井平台上为了使用几个电机协同工作以及在钻头前进的过程中,耦合系数的设定通常又不符合要求,比如在马达的速度、位置和扭矩等部分可能会受到马达的惯量、电磁和电容的限制,导致马达的动力响应和精确控制达不到预期。此外,控制信息传输也会存在噪音干扰,结果引发该控制系统的稳定性下降。因此,我们也迫切需要解耦控制方法以避免上述联合控制的意外发生。

## 1 钻机的组成及要求

## 1.1 组成

钻机作为多机群,通常为发动机、传动系、工作部件等组成的综合性机器组群,被认为是油气钻探大型机械设备。钻机具有多个子系统构成,电力驱动的控运转系统是核心构成部

分,是一项拥有高投入、高技术的高密度设备,主要包括发动机控制、全自动控制系统、主电机驱动、等等。现在,对于具有一定高级机能的大型钻机,电力钻机为主要结构、趋势。根据不同的钻孔深浅,所用钻头类型也有所不同,对机械钻头,在确立最佳电气控制系统的衔接策略的前提下,追求钻机最大化利用。某钻机系统的一些技术参数如表1所示。

## 1.2 钻机的工艺要求

在钻井工程实施中的油气勘探开发属于大型工业机器,实施作业的环境条件比较恶劣。钻井设备是一个协同配合的系统,它包含的有卷扬机、转盘台面、泥浆泵等重要部件,在不同程度不同阶段的工程项目工作中互相协同<sup>[1]</sup>。对于钻井系统的电气控制组成部分而言,当建设钻井的电气控制系统的时候就具有了必须遵守的一些规范,比如说满足用电设备的需求、实现科学集中、重视防爆节能、满足最小的配给量以及运行消耗等等基本规范。

表1 某钻机系统的一些技术参数

技术指标	参数	技术指标	参数
名义钻深范围	4500m-7000m	井架有效高度	45m
最大钩载	4500kN	立根容量	7000m (250 柱)
最大钻柱重量	220T (2200kN)	钻台高度	10.5m
钻压	0-750kN	钻台面积	13.3m×11.66m
钻速	0.1-36m/h	钢丝绳直径	Φ38mm

### 1.3 钻机采用变频传动的优势

该台电机制成设计简单、价格低廉、运行性能优异。因为它不需要像传统交流发电机一样使用换向器，在驱动过程中不会产生电气火花的燃烧，从而极大地减轻了防护方面的需要和成本支出，也减轻了复杂的养护工作量，十分适用苛刻的环境条件。而且旋转质量和变频器的反应敏捷、变频调节范围大、稳定性好。这对绞车传输系统的精确性和可操作性具有良好的帮助。比如通过速度的准确调节完成对井架的起落、钻头的装卸等动作。该变频传动系统还有不同换档的能力，目前常用的系统是将消耗型刹车机构加上制动电阻构成耗能式制动装置，不仅实现了电动机在空载静止状态下对负载的搭载，也还能稳定运行低速运行，从而增加操控性。使用这种变频传动系统，可以明显优化钻机机械结构，并且借助一体化仪表设备，大大节省企业成本支出<sup>[2]</sup>。

## 2 钻机电控系统的配置

钻机电子驱动管理系统涵盖了若干子系统，就电力来说，钻机所应用的全部设备能力为 4000kW (CAT) +400kW (备用发电机)。当钻机工作需要量增加时，就需要逐步地启用更多机器使其能够满足要求，直到 3 台 CAT 发动机同时启动供电，另 1 个作为后备电源使用。备用发电机主要是用来弥补主发动机未用或者出现问题等情况的，对于钻机的供电系统来说，该系统的目的是对柴油发电机进行控制，建立稳定的电网并调节网络里有功以及无功使用量。在电动驱动管理的驱动力上，因为考虑到卷扬机变速器结构设计特点，一般卷扬机以及泥浆泵均采用了双马达驱动形式，这种设计方式可以在运行时提升运转稳定性和可靠性。旋转臂在工作过程中需要的最大能量不超过 600kW，考虑到马达的可替换，一般都是选择同一类型的马达。对电气驱动系统管理的自动处理而言，通常使用 PLC 或者继电器组成普通的或者紧急的运行模式。在现场总线技术的基础上，可使机器进行数字化之间的沟通。系统交互模式仅仅只是硬件操作环境并且还包括了如何配置工厂监视系统<sup>[3]</sup>。电线的选型，大体上来讲使用较粗的线更好，但也要考虑到成本和实际需要，油田使用电线是根据其热效应和机械强度要求的，并遵循相关规定和作业环境特点而确定的，电线的最大使用温度不超过 60° C。

## 3 电动钻机常见的电控系统故障

### 3.1 自检测系统的故障

各个电器组件均带有自检功能，会自主检查各个自身的运行工作是否正常，发现有故障问题的存在后，会通过告警形式

表示输出结果，同时在显示屏上提示问题细节。可以通过故障诊断手册进行确定故障所在，再依据指导纠正问题。但部分问题是超出标准故障检测的，所以就要技术人员认真排查电路，全方位思考，借助丰富的经验解决问题<sup>[4]</sup>。

### 3.2 电控系统硬件故障

很多电子控制部件构成复杂电力控制系统的部件，只要其中任何一个发生故障都会对整个系统功能运行造成影响，因此对故障的准确查找一直是困扰技术工程师的难题。只有对知识进行积累和严格操作才能快速查找到故障位置。通过查找发现的故障位置之后，只要及时替换损坏故障部件就可以解决问题了。在现代化高性能的钻探机械设备的电力控制系统中存在诸多 PLC 装置，这也是常见故障之一，尤其是软故障，比如 PLC 逻辑错误。这样的软件故障，只要校正其中的有关数据就会恢复工作状态<sup>[5]</sup>。

### 3.3 变频系统故障

因为它采用的全是电子化的功能去达到调速的效果，所以才会有问题出现，其中一些的问题原因，就是由于工作量没有设定到恰当，让设备一直处于超负荷的运转状态下；而还有一种问题的由来，就是因为外部的大环境的原因，就是高温环境以及湿润的空气中会对设备内的线路的正常运转带来不好的影响，甚至会导致设备内部的内部分线出现短接问题。除此之外，设备长时间处于超负荷的状态之下，也是最容易损伤设备的部分。这种意外发生出来的问题，没有提前预料的成分，就是随机性极强，它们出现的模式也很难探寻，只有通过仔细地排查内部的线路，才可以找到问题然后解决问题<sup>[6]</sup>。

## 4 钻机电控系统的可靠性设计措施

### 4.1 做好日间的巡逻工作

在电力管理系统运转状态良好时，要认真对其做详细检查，确保其工作在正常运行模式下，并检查出现的报警信息。对一些较小的细节注意包括：保险是否熔化、电子器件是否损坏、电路线断开等问题，及各个元件外观的健康状况。此外，要加强对全部接合点的控制，注意接合点是否有颜色改变或形状扭曲等情况，并在巡查时注意是否存在异态的烟、火、声音、气味，发现问题及时关停机器并对整个装置进行彻底的检查<sup>[7]</sup>。

### 4.2 做好 PLC 控制系统的维护和维修

由于其性能稳定，故障率低，还可以实时诊断，所以 PLC 控制系统具有易修易换的特点。一旦出现故障，在模块上会有 SF 或 BF 错误提示灯进行闪烁报警，当判断出出现问题的模块后，将有问题的模块进行更换即可解决，如果出现通信问题，

则需要检查线路。在钻井工作中还发现有些情况，例如在钻井场所附近存在发电站或者电视台，就会导致 PLC 控制系统出现故障；甚至出现已经打开了一台泵，另外一台泵就会同时运转，导致 PLC 控制的通信问题经常出现的原因大多都是由于外界环境对 PLC 控制系统产生的干扰而产生。其主要可以分为三大类的干扰，其中包括电力网络方面所产生的干扰以及频率变化对 PLC 控制系统的稳定性与可靠性能产生的影响；此外是来自于信号的传输线的影响，除了能够传输有用的信息之外，还会受到外部的干扰性信号的影响。

第一是供变送器的电源或是共享信号测量工具的电源供电过程产生的电力网干扰，二是空间中电磁辐射所形成影响于信号线上的干扰，即信号线产生对其以外的响应干扰；第三则是接地影响带来的干扰：一个良好接地既能够缩小电磁干扰冲击控制系统又能够让设备本身将产生的干扰发出时最小化；反之，一个不良的接地会使得强烈的干扰信号冲入系统内部，并造成 PLC 系统无法正常运行。现代钻井大部分采用 PROFIBUS 电缆连接变速室至操作员室，考虑到 PLC 控制系统不会因为通讯出现故障，故而设置 PROFIBUS 电缆的时候要考虑到用弱化的动力电缆释放出的电磁干扰减少他们一起呈平行排列，并且与动力电缆间要保留足够的间隙，动力电缆应平行排列在电缆排列的其中一个面，而 PROFIBUS 电缆排列在电缆排列的另一个面，并使两者间加装隔离物体，如金属板；若可能则设计将 PROFIBUS 设计为高空线以使得电磁干扰影响降至最低限值。在周期性的检查中需要注意的是电缆是否有出现损坏或是电缆屏蔽层是否完整并且无其他动力线围绕着<sup>[8]</sup>。

#### 4.3 做好变频器的维护和维修

不管何种型式的变频器，其主回路的基本结构均一样。经整流桥电路将三相交流电源整流为直流电能，由限制流量电阻 R 向电容 C 提供电能以获得预设的充电量。当电容 C 的电压达到预定的 75%电压值，即触发电容 C 的电压达到预定的 75%值时，接触器 M 工作，中断电阻 R，进而无阻地持续充电至预定的电压值。当变频器的 CPU 接收到开机指令后，发出触发信号，驱动系统工作和触发 IGBT，从而实现将直流电转换为调节频率的可调控的三相交流电进而带动电机工作。因此不论对于操作还是保养以及问题解决方法而言，其大致相同。不过由于受周边的环境条件（如温度、湿度、震动、粉尘、有毒气体的干扰）的影响，变频器性能会发生变化<sup>[9]</sup>。如正确应用和正确管理就会有效地提高设备的使用周期度及减少了由于突发性故障而给企业带来的经济损失。因此定期的维护和监测是十分必要的。针对长期运行的变频器可以借助外部的人眼观察的方式去检查其运行状态。日常每天都要对变频器进行巡查检查，确保正常运行没有异常。

#### 4.4 利用检测设备进行检查

首先，结合万用表或者示波器，对主要的电子信号进行检测，确定各个电子信号的幅值、频率是否达到了相应的标准，信号波形的稳定程度有没有出现变化。若具备相关技术条件，

还可以对电路系统的逻辑功能进行测试，掌握在完成相关逻辑任务时是否有出现逻辑错误。此外，重点关注相关信号的接口，首先，要保证接口之间连接紧密。若有必要，可以用专门的测试器测试各信号接口之间的电阻值，掌握相应的状态，如果存在没有紧固、松动的接口，都应当及时修复；倘若存在接触不紧密的情况，也要更换接口<sup>[10]</sup>。

#### 4.5 及时对运行参数进行调整

尽管工厂前期已经预设了电控系统各参量，这些参量普遍适用，但并不能完全适应制造实际，在长时间的使用中将影响生产效率且增加了电控系统出现问题的可能性。因此，我们需要根据设备实际运转状态，定期对系统内所包含的电气参量做出调整，避免由于参量设置与实际操作不符产生问题。设备参量调整通常需要深入的技术知识，相对加大了调试人员难度，建议寻求专业设备专家配合完成。

#### 结束语：

综上所述，钻机作为石油开采的重要工具，一般成本比较大，所以一定要做好它的电控系统保养工作。首先就要落实定期设备维护工作以保证设备正常运行和及时发现并处理故障。当设备出现故障时要立即断电，再结合设备出现故障时所呈现的特征及正确的报警信息从而精准判断出故障位置，并予以维修处理。

#### [参考文献]

- [1]贾永斌.水平定向钻机自动化控制系统的研究[J].机械管理开发, 2023, 38(12): 200-201+204.
- [2]王施权, 刘军, 田阳, 等.石油钻机人机交互系统技术现状及发展趋势[J].机械工程师, 2023, (09): 112-114.
- [3]何玉苟.海洋模块钻机液压系统故障分析及改进[J].石油工程建设, 2023, 49(01): 67-71.
- [4]杨冬波, 毕明明.石油钻机电气控制系统功能优化研究[J].中国设备工程, 2023, (01): 107-109.
- [5]王施权, 刘冰, 钟志伟.浅谈石油钻机电气传动系统的最新发展[J].中国设备工程, 2024, (21): 108-110.
- [6]张刚.电控钻机油液系统管控功能设计研究[J].煤矿机械, 2024, 43(10): 16-18.
- [7]韩顺坤, 卫帅兵, 刘登.浅谈石油钻机的生产及智能控制系统[J].中国设备工程, 2024, (17): 26-28.
- [8]龚治滨, 芮晖, 代炳晓, 等.石油钻机固控系统抗腐蚀装置的设计与应用[J].设备管理与维修, 2023, (15): 93-94.
- [9]杨瑾.基于 PLC 的石油钻机自动控制系统与控制方法研究[J].中国石油和化工标准与质量, 2024, 42(09): 22-24.
- [10]袁宏锋.石油钻机液压盘式刹车系统工作原理与维护探讨[J].中国石油和化工标准与质量, 2023, 42(01): 113-114+117.

作者简介：张娇雨（1994，6，6），男，汉族，籍贯：河北邯郸大名县，学历：本科，职称：初级，研究方向：矿山机电。