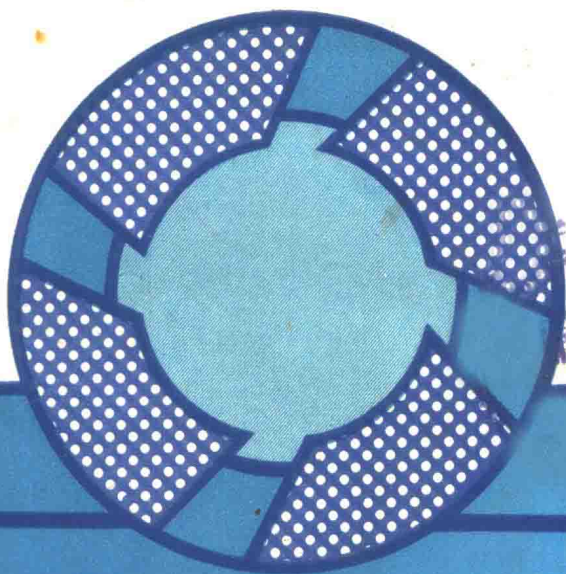


74.28
QEN

金刚石钻探的 电力传动和电气装置

〔苏〕Г·В·切尔尼克 著



地质出版社

金刚石钻探的 电力传动和电气装置

〔苏〕 Г. В. 切尔尼克 著

朱栋梁 节译

韩军智

刘士迈 审校

地 质 出 版 社

ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ УСТАНОВОК АЛМАЗНОГО БУРЕНИЯ

Г. В. ЧЕРНИК

Издательство «Недра» 1978

金刚石钻探的电力传动和电气装置

〔苏〕 Г. В. 切尔尼克 著

朱栋梁 节译

韩军智

刘士迈 审校

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：冯士安

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：2¹/₂ 字数：51,000

1982年8月北京第一版·1982年8月北京第一次印刷

印数：1-1,606册 定价：0.45元

统一书号：15038·新859

前 言

本书是根据苏联《Недра》出版社1978年出版的金刚石钻探技师丛书《Электропривод и электрооборудование установок алмазного бурения》一书节译的。主要阐述金刚石钻探的电力传动和电气装置，特别是可控硅可调电力传动装置的原理和特点。书中介绍了钻探电气设备的新系列、控制仪器和测量仪表的特性曲线和线路图，并论述了无电网地区柴油机传动和电力传动的效率问题、以及在不同勘探条件下的供电方案和电气安全设施。

本书供从事金刚石钻探的机电和钻探工程技术人员参考。

本书由朱栋梁同志翻译，韩军智同志节编，刘士迈等同志审校。

由于水平所限，书中存在缺点错误，请读者批评指正。

目 录

第一章 钻探设备的不可调电力传动装置	(1)
一、概述	(1)
二、异步电力传动装置	(4)
三、同步电力传动装置	(8)
第二章 钻探设备的可调电力传动装置	(12)
一、无级调速的优点	(12)
二、钻探设备传动装置的调速方法	(16)
三、可调电力传动装置中整流器主线路	(20)
四、可控硅直流传动	(22)
(一) 全苏电力传动科学研究所研制的ЩГЛ-3505 可控硅装置	(22)
(二) СВА-500和ЗНФ-650型钻机的ВИТР 电力传动装置	(23)
(三) УКБ-1200/2000型钻机的СКГБЭ 电力传动装置	(26)
(四) БС-500/800型钻机的НИОГР电力传动装置	(30)
五、交流可调电力传动装置	(33)
(一) 交-直流电气串级调速	(33)
(二) 交-直机械串级调速	(34)
(三) 可控硅变频器	(38)
(四) 整套可控硅变频电力传动装置	(40)
(五) 可调电力传动的给定装置和电动机	(41)
(六) 可调电力传动装置的安装和调试	(45)

第三章 无电网地区钻探设备的传动..... (46)

一、钻探设备用柴油机传动和用

电力传动的比较..... (46)

(一) 钻探设备用柴油机传动存在的问题..... (46)

(二) 钻探设备电力传动的优点..... (48)

二、钻探工程中的发电站..... (49)

第四章 钻探设备的电器和自动装置..... (52)

一、电力传动装置的控制仪器..... (52)

(一) 钻探设备常用的电气设备..... (52)

(二) 钻探设备的检查测试仪器..... (52)

二、电力传动装置性能的检测..... (53)

(一) 交流电压的测定..... (53)

(二) 交流电流的测定..... (53)

(三) 交流电动机负载电流均方值的测定..... (54)

(四) 直流电流的测定..... (54)

(五) 绝缘电阻的测量..... (54)

(六) 钻探设备电功率的测定..... (54)

(七) 直流功率的测定..... (55)

(八) 钻进过程参数的综合检测..... (55)

三、钻探设备的其它电器..... (56)

(一) УКБ 钻探设备..... (56)

(二) УКБ-4Π型钻探设备的电器..... (58)

(三) УКБ-5Π型钻探设备的电器..... (58)

(四) УКБ-7Π型钻探设备的电器..... (61)

(五) СБА-500和ЗИФ-650М型钻机的电器..... (63)

(六) ЗИФ-1200М和ЗИФ-1200МР型钻机的电器..... (63)

第五章 钻探工程的供电..... (66)

一、根据矿床类型和勘探期限选择供电方案..... (66)

二、提高功率因数的方法..... (67)

三、高山地区钻探工程的供电特点.....	(68)
四、钻探工程中的电气安全装置.....	(69)
(一) 接地装置.....	(69)
(二) 避雷装置.....	(70)
结束语.....	(72)

第一章 钻探设备的 不可调电力传动装置

一、概 述

电力传动装置，是一种电力和机械相组合的装置，能使操作过程电气化和自动化。它由整流器、电动机、传动装置和控制部分等组成。绝大多数现有的钻探设备，没有整流部分。动力部分包括电动机（通常是异步电动机）和传动装置（以机械能传给工作部分）。控制系统包括操作台和防护设施。目前运用最广的是组合式的电力传动装置。机械设备中的某些部分（立轴、卷扬机、油泵）是由一个电动机带动的。在CKB新系列钻机中，采用多电动机传动，即分别带动钻机的液压系统和卷扬机制动器的液压系统。立轴和卷扬机为组合式传动。

自动电力传动装置，除能完成其主要的功能（带动工作机械）外，还能保证钻进工艺参数的合理性，完成自动加速、减速和倒转，以及在一定的负载变动范围内，保持电动机的转速不变。

根据电动机的转矩 M 等于电动机的阻力矩 M_c ，即 $M = M_c$ 的基本规律，主轴转速 ω 改变时， M_c 增加动力分量 M_{π} 得： $M = M_c \pm M_{\pi}$ 。

M_c 取决于传动机械的性能，这种性能是根据机械特性曲

线，即转速 ω 和阻力矩 M_c 的关系来确定的。传动装置的机械特性曲线，最好是同电动机的特性曲线相一致。

岩心钻机由一个动力机带动两个主要机械部分：能短期重复工作的卷扬机和能长时间运转的回转器。回转器的阻力矩，取决于钻孔的深度和结构、破碎岩石工具的直径和类型、以及岩石的物理机械性质和钻具的润滑情况等。

全苏勘探技术研究所(ВИТР)的试验表明，回转器的阻力矩，在其它方面均相同的条件下，它同钻杆的转速关系不大，可以认为是不变的(图1a)。卷扬机的阻力矩，与其它类型的大部分提升机械相同，在提升每一个立根的时间内，变化是很小的。但当钻具的长度变短时，它便很快变小(图1б)。

根据不同硬特性，即根据负载力矩由0变为100%时，电动机转速变化的程度



图1 钻机回转器(a)和卷扬机(б)的机械特性曲线

($\Delta\omega$ 以百分比计)，特性曲线分为下列各类(图2)：

- (1) 绝对硬， $\Delta\omega = 0$ (同步电动机)；
- (2) 硬， $\Delta\omega = 1 \sim 10\%$ (他激直流电动机)；
- (3) 工作段硬($\Delta\omega = 1 \sim 5\%$)，非工作段软(异步电动机)；
- (4) 软， $\Delta\omega > 10\%$ (串激直流电动机)。

钻探用的卷扬机，同大部分提升机械一样，最好具有软的传动特性曲线。根据保持电动机最大功率的条件， $P = M_c \omega = \text{常数}$ 来调节升降速度。当力矩大，载荷重时，提升速度慢；

载荷轻时,提升速度便加快。

对回转器的传动,有着不同的要求。为防止发生卡钻时,钻杆遭受破裂折断,要求它有软特性的传动,以便在发生事故时,能够急速地降低钻杆的转速。另一方面,钻进工艺则要求在力矩发生变化时,转速要稳定,否则便不能保证最佳的工作规程和高的生产效率。因而电动机的转速,要根据扭矩为常数的条件进行调节:

$$M = P / \omega = \text{常数}。$$

早先,装有蒸汽机的钻机,其传动部分具有软的机械特性曲线。改用柴油机和异步电动机后,就必须安装能变换扭矩的变速箱,结果AB线上的每一小段是硬特性曲线。但就整体来说,仍是阶梯形的软特性曲线(图3a)。

这类特性曲线的缺点是:

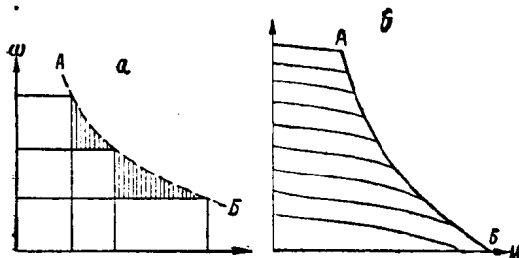


图3 钻机分级调速时的机械特性曲线(a)和无级调速时的机械特性曲线(b)

(1) 额定的传动功率得不到充分利用(图3a的阴影

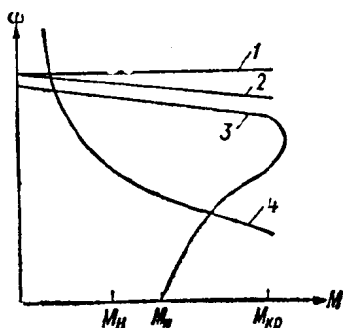


图2 电动机的机械特性曲线

1—同步电动机绝对硬特性曲线;2—他激直流电动机硬特性曲线;3—异步电动机工作段的软特性曲线和非工作段的软特性曲线;4—串激直流电动机软特性曲线; M_H —额定力矩; M_{Σ} —起动

矩; M_{KP} —临界力矩

部分)；

(2) 转速选择性有限，不能满足钻进工艺的要求；

(3) 离合器和传动箱较复杂，而且可靠性亦较差。

显然，钻机传动的最理想特性是用无级调速法，使转速在最小至额定扭矩范围内为硬特性，同时接近似恒功率线 AB 线限制扭矩大小即某一转速时的最大扭矩为软特性，如图3-6所示。具有这种特性曲线的电动机，其功率将能得到充分利用，可提高钻机的钻进效率和提高有效的升降能力，并能防止在最大扭矩时，发生钻杆破裂折断事故。只有采用无级调速的自动电力传动装置，才能获得这种特性曲线。

二、异步电力传动装置

目前苏联按国家标准ГОСТ19523-74生产4A型新系列电动机。

4A系列电动机的功率和规格同经互会成员国(СЭВ)的同类系列相一致。4A系列包括17种规格的电动机。旋转轴的高度为50~355毫米，功率范围为0.06~400千瓦，转速为3000~500转/分。有两种防护形式：封闭式(1P44)，安装结构形式多样，从M100到M300；防护式(1P23)，安装结构为M101。电动机配有输出装置，可将电源线引入瓦斯管、金属软管、电缆等。

同AO系列的电动机相比较，4A系列电动机比同类规格的AO电动机的功率高2~3档。旋转振动频率比AO2系列低1~2级。4A系列电动机的平均寿命为15年(可运转40,000小时)。电动机的电压为220、380、660，以及220/380和380/660。可用三角形连接起动电动机。

现已开始生产农用系列的电动机，它比普通工业所用的电动机更适用于钻探工程。在地质勘探工程中，大量采用有防护结构的A 2系列异步电动机传动装置和功率为0.4~125千瓦，转速为3,000、1,500、1,000、750和600转/分的AO 2系列封闭式电动机。

根据功率，正确选择电动机，不仅能保证电力传动装置工作状态可靠，而且也会大幅度地节约电能。有许多公式可以用来确定钻进时电力传动的功率，即Б·М·波留斯公式，B·C·费道洛夫公式，B·E·齐涅科和B·H·基尔察诺夫公式等。

全苏勘探技术研究所钻探设备设计室，在测定钻进时线路功率 P 值的试验基础上，提出了下列公式：

$$P = (A_{c.д} + B_{c.д}\omega) + K_1 (K_2 + C\omega) L\omega + \alpha_0 P_0\omega$$

式中：第一被加数——钻机电动机的功率消耗，

第二加数——钻具的空转功率，

第三加数——孔底的消耗功率，

$A_{c.}$ ——电动机和钻机传动部件的功率损耗（与立轴的转速无关。ЗИФ钻机的 $A_{c.} \approx 2$ ）；

$B_{c.}$ ——与立轴转速有关的电动机和钻机的传动部分功率损耗系数。（约为 0.4×10^{-2} ）；

K_1 ——包括钻进条件方面的系数， $1 \leq K_1 \leq 2$ ；

K_2 和 C ——钻杆的功率损耗经验系数（ $K_2 = 0.6 \times 10^{-5}$ ，对СБТ-50型钻杆 $C = 0.5 \times 10^{-7}$ ，对ССК-59钻杆， $C = 0.4 \times 10^{-7}$ ）；

α_0 ——孔底功率损耗经验系数（直径为59毫米的金刚石钻头 $\alpha_0 = 0.5 \times 10^{-5}$ ）；

L ——钻孔深度（米）；

ω ——钻具的转速（转/分）；

P_0 ——钻头的轴向负载（牛顿）。

钻探设备的最大负载提升力，取决于钻具的最大重量和钻具提升阻力系数 $\beta = 1.3 \sim 1.5$ 。

选择普通常用的电动机时，可用下列公式进行计算：

卷扬机的电动机功率（千瓦）：

$$P = \frac{(Q_{\max} + Q_0) v}{1000 \eta}$$

式中： $Q_{\max}$ 和 Q_0 ——被提升负荷和复滑车的重量（牛顿）；

v ——提升负荷时的速度（米/秒）；

η ——提升机械效率。

泵用的电动机功率（千瓦）：

$$P = \frac{\gamma \cdot Q (H + \Delta H)}{1000 \eta \eta_n}$$

式中： H ——吸水高度（吸压高度总和）（米）；

ΔH ——管路中的压力降（米）；

η 和 η_n ——传动效率和泵的效率；

γ ——泵入液体的比重（牛顿/米³）；

Q ——液体流量（米³/秒）。

电动机的合格证或铭牌上所列的数据（功率、电流、电压及转速等），为电动机工作的额定值。但在实际工作中，电动机可在超标的状态下进行运转。偏离额定工作值时，应严格遵守有关规定。

在额定负载下长时间工作时，电源线路电压允许偏离额定值的范围为 $-5 \sim +10\%$ 。

电源线路电压下降超过5%时,定子绕组中的损耗已不能补偿。为防止这种现象发生,必须减小电动机主轴的负荷,使其低于额定值。

当电源电压比额定电压高10%时,由于磁感应增加,铁芯的温度将有一定程度的提高。

电源线路频率的误差,允许长期处于 $\pm 5\%$ 范围之内。

在实际工作中,在短时间内(不超过2分钟),允许频率大于电动机铭牌上所列最大值的20%。此时并不会损坏电动机,也不会使其内部的部件发生永久性的变形。

当线路电压和频率同时偏移额定值时,如果其偏移绝对值总和不超过10%,电动机仍将具有其额定功率。

滚动轴承的最大允许温度不得超过 100°C 。在大部分情况下,滚动轴承的温度比最大允许温度低得多。

电动机振动不应超过下列数值:电动机转速(转/分)为3000、1500、1000、750……,轴承的允许振幅(毫米)为0.05、0.10、0.13、0.16……。

振动值超过允许范围时,对电动机轴承和绕组均不利,会造成轴承磨损和紧固件松动。在许多情况下,强烈振动会使转子和定子卡住,损坏主轴以及绕组断线等。

除直接冷却的电动机外,0.5千瓦以上的异步电动机,其定子电流的短时过载(2分钟之内)不大于50%。功率小于0.5千瓦的异步电动机,其一分钟内的定子电流短时过载不大于50%。

异步鼠笼式电动机的启动电流,比额定电流大5.5~7倍。启动电流是在电压进入电动机定子绕组的一瞬间产生的。实际上,一直到转速急增到额定值的85~90%时,电流也不会减小,当转速接近额定值时,电流才降到额定值。

冲洗泵在大约2~4秒钟内,能很快地进行启动。但装

有飞轮机构的机械，其启动时间大约为15~20秒。

三、同步电力传动装置

在进行岩心钻探的地质勘探部门中，很少采用同步电力传动装置。因为到目前为止，工业部门实际上还没有生产这种小功率的电动机。有些地质队，作为合理化建议，把报废的活动发电站的同步发电机，当作无功功率的电动机和补偿器进行使用。这类电动机的起动，同异步电动机一样，直接接入电源即可。为了防止低于同步速度时出现停运现象，起动时应在电动机激磁绕组线路中接入一个80~120欧姆的电阻。该电阻在电动机加速后，可自动进行分路。同步电机经常用来补偿长线路中的无效功，稳定电压和提高钻机异步传动的效率。

目前拉脱维亚苏维埃社会主义共和国科学院物理能源研究所设计和制造了CДБ系列无换向器同步电动机。其主要技术规格列于表1。

表 1

电动机型号	额 定 负 载				重 量 (公斤)
	功 率 (千瓦)	转 速 (转/分)	定子电流 (安)	η (%)	
CДБ-31-4	1.5	1500	2.9	78.0	53
CДБ-41-4	3.0	1500	5.2	87.0	91
CДБ-51-4	5.5	1500	9.6	88.0	136
CДБ-71-4	11.0	1500	18.8	89.0	245
CДБ-81-4	20.0	1500	33.4	91.0	396
CДБ-91-4	40.0	1500	66.8	91.5	500
CДБ-81-6	17.0	1000	28.8	89.7	396

注：1、 η 值包括激磁损耗；2、各种型号电动机的过载性能为 $M_{max}/M_{额定} \geq 1.5$ ；3、各种型号电动机异步启动时 $I_{启动}/I_{额定} \leq 3$ ， $M_{启动}/M_{额定} \geq 0.8$ ， $M_{同步}/M_{额定} \geq 0.25$ 。

有复绕系统的CДБ型同步电动机, $\cos\varphi = 1$ 时, 不论负载多大, 便开始运转。线路为额定电压时, 复绕电动机的过载能力不小于2。电压突然下降时, 复绕电动机用超前电流工作, 并使电源线路稳定。电源电压升高时, 同步电动机本身就是无功功率消耗器, 并使线路电压稳定。装配一定数量的有复绕系统的同步电动机, 能使地质勘探电路中所需要的电压稳定,

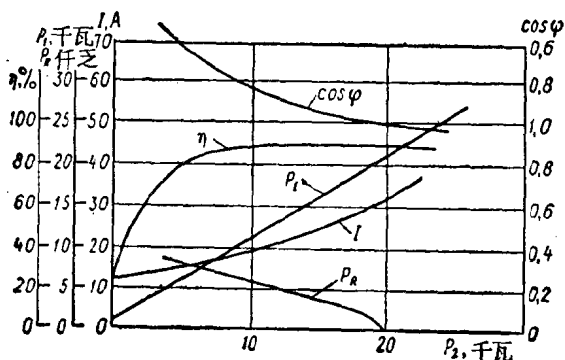


图4 CДБ电动机的工作特性曲线图

图4是CДБ-81-4型电动机的工作特性曲线。从图4中可见, 当激磁电流值不变, 电动机主 轴 负载 P_2 小于额定值($P_H = 20$ 千瓦)时, 电动机向线路输出无功功率。这样当冲洗液泵的负载 $P = 0.5P_H$ 时, 电动机将以 $\eta = 0.88$, 超前 $\cos\varphi = 0.84$ 工作, 同时向线路输出大约6000乏的无功功率 P_R , 以补偿异步电动机(约为10千乏)的无功功率。此时, 钻探设备的 $\cos\varphi$ 值增大, 降低线路的无功功率, 使线路稳定性提高。

由于能量指标(η 和 $\cos\varphi$)高, 电动机空转性能好, 以及在轻载时能给线路输出无功功率, 所以地质勘探部门使用CДБ型系列无换向器同步电动机是比较经济的。

СДБ系列无换向器同步电动机,比АО2系列鼠笼式异步电动机稳定性高。它比较经济,特别在电费高昂的地区进行工作时,采用СДБ系列电动机,可以取得特别好的经济效果。

全苏勘探技术研究所对装有冲洗液泵用的同步传动装置(СДБ)和异步传动装置的СБА-50型钻探设备进行了试验。能源数据测量结果列于表2。从表2中可以看出,钻探设备配有同步传动装置后,可大幅度地改变能源指数。

表 2

工作状态	I (安)	P (千瓦)	Q (千乏)	S (千伏安)	cosφ
配有现用冲洗液泵传动装置 (异步的)	70	22	33	36	0.61
	28	9	18	15.6	0.57
	56	18	21	28	0.64
	70	26	29	38	0.69
配有冲洗液泵用同步装置 (СДБ)	45	23	9	25	0.94
	29	18	0	18	1
	26	15	1.5	16	0.87
	53	29	1.6	19	0.98

СДБ电动机的优点:

(1) СДБ电动机的启动电流,比异步电动机小 2~3 倍。这对于电源功率有限的地质勘探供电系统来说是重要的;

(2) СДБ电动机的扭矩与电压成正比,即对线路中的电压波动的敏感性比异步电动机小;

(3) 电压偏低于额定值时,СДБ电动机可利用转子飞轮的惯性向线路增加无功功率的瞬间输出,可改善小功率