

文章编号:1001-4500(2007)02-0044-04

海上自升式平台电动升降装置的研究

彭 鼎, 张 乐

(胜利石油管理局井下作业公司, 东营 257000)

摘 要:从升降系统的结构形式、控制原理、工作过程载荷分析以及升降功率容量分析等方面,较为详细地分析了海上自升式平台升降系统的设计思路。

关键词:自升式平台;升降系统;电机驱动

中图分类号:TE95

文献标识码:A

自升式钻井、采油平台及试油作业平台都有升降装置,它的主要功能是,当自升式平台移位到井位时,通过升降装置把平台升离水面,为海上作业做好准备,作业结束后,再把平台降回水面,升起桩腿,使平台重新恢复成漂浮状态,准备拖航至下一个井位作业。

据 1955 年至今的统计,在所有海上移动式平台中,自升式平台的事故占全部平台事故损失数量的 75%。分析证明了,自升式平台的事故有一半以上发生在拖航和升降平台的时候。所以对自升式平台升降系统的设计是至关重要的。

1 升降系统的结构形式

以三角型平台胜利作业一号为例,如图 1 所示,在每个角上均有一根三角形桁架型插入式电动单齿条桩腿。升降装置的传动部分为齿轮齿条传动方式,其结构形式如图 2 所示。它主要由固定在桩腿上的齿条及固定在船体上的升降船传动装置——小齿轮、减速箱、电动机和制动器所组成

每根桩腿有 3 条齿条各对应 3 套升降船装置,而每套传动装置由一台电动机、一台制动器、一台减速器、一台减速箱和一个小齿轮组成。这样,每根桩腿由 3×3 传动装置,全平台有 3 根桩腿,共有 27 套电动升降船传动系统。

每套升降装置电动机的伸出端装有电磁圆判式制动器,如图 3 所示。制动器的制动转矩不小于电动机额定转矩的 2 倍。

2 升降系统的控制原理

图 4 是胜利一号自升式钻井平台每根桩腿自动控制原理图。

2.1 操作流程

升船时,按升船按钮 1QA,正转接触器 1C 激磁,主触头 1C 闭合,电磁圆盘制动器 $ZD_1 \sim ZD_9$ 的线圈通电,制动器的动片与定片分开,同时电动机 $D_1 \sim D_9$ 正转。电动机通过减速箱带动小齿轮正方向转动,小齿

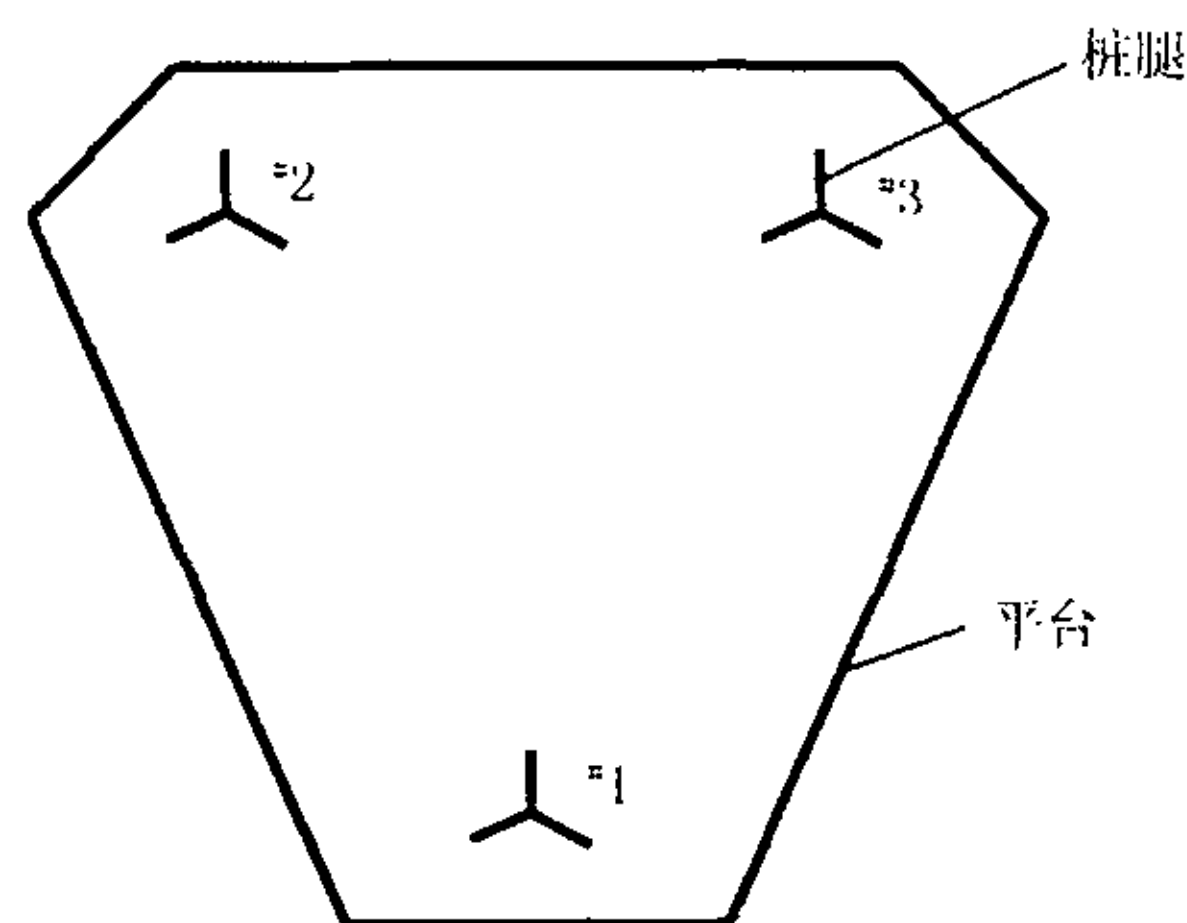


图 1 平台型式示意图

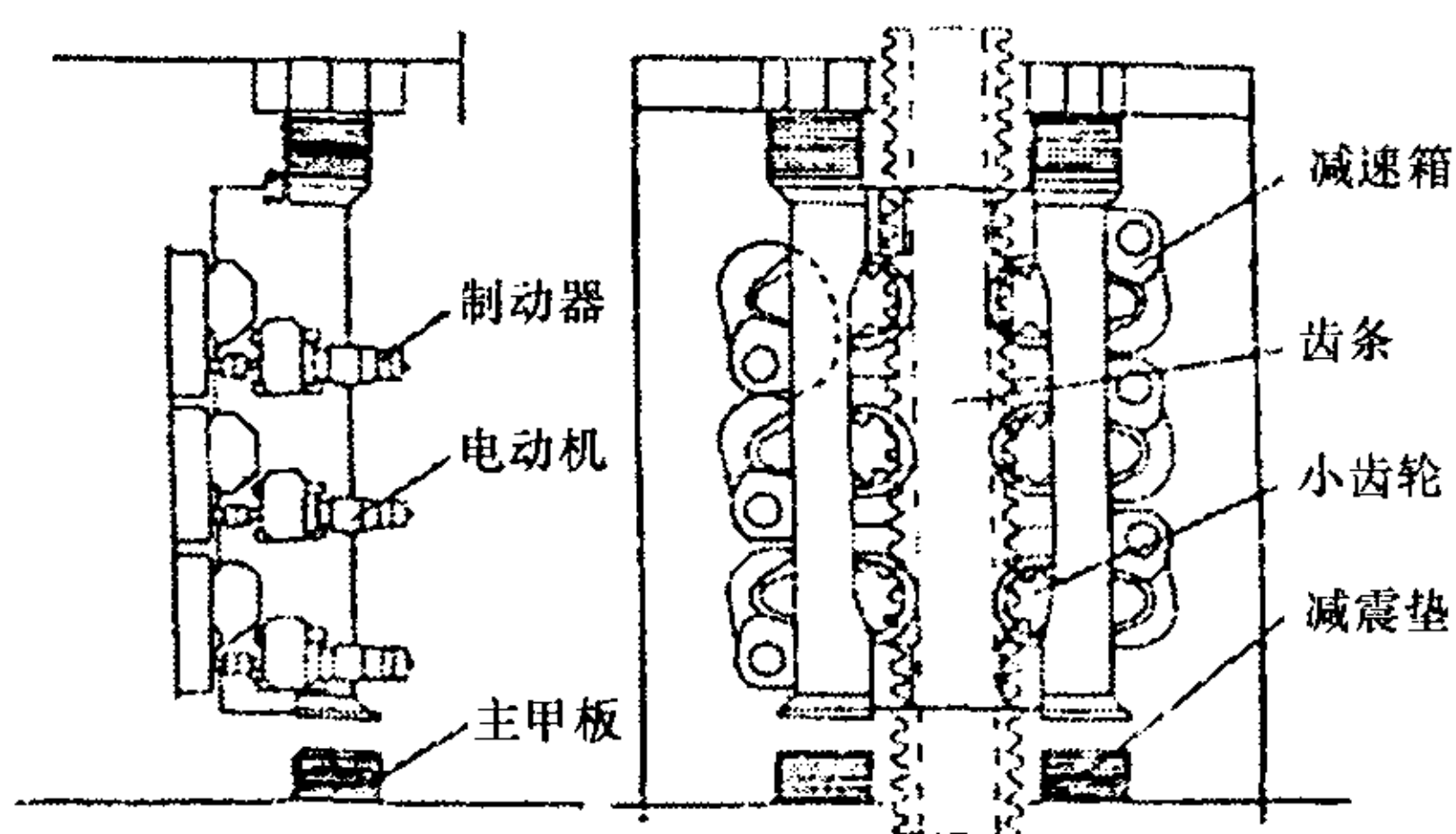


图 2 电动升降装置原理图

收稿日期:2006-03-20

作者简介:彭鼎(1973~),男,工程师,从事海洋石油工程管理工作。

轮与齿条相互啮合,由于小齿轮固定在船体上,所以它拖动船体相对桩腿向上运动,进行升船作业,达到预定升船高度按动停止按钮TA,停止升船。

欲降船按降船按钮2QA,反转接触器2C激磁,主触头2C闭合,电磁圆盘制动器ZD₁~ZD₉的线圈通电,制动器的动片与定片分开,同时电动机D₁~D₉反转。此时小齿轮拖动船体相对桩腿向下运动,进行降船作业,达到预定降船目标时按动停止按钮TA,停止降船。

电流表A₁装在升降操作台上,正常升降船时A₁与A₂值基本相等。

2.2 升降船的同步性

从图4可知,每根桩腿的3×3台电动机和制动器由同一电源,同一组正、反转接触器供电给9台并联电动机和制动器,以保证每根桩腿的3套齿轮齿条传动装置的同步性。

如果3×3台电动机或制动器,由于接触器动作失灵、主触点接触不良或电缆断芯均会破坏同步性造成整个传动装置的损坏,严重的将会损坏齿轮、齿条。

3 工作过程载荷分析

升降系统各工况负荷状况可根据图5分析如下:

第一工况(0~t₁):时间约10min。平台开始从浮动状态升船,到平台离开水面为止,一个小齿轮的受力情况是从空载逐渐加大,最后达到额定负荷,这种工况电动机和小齿轮承受一样负荷,平均值均为(890+710+800)/3=800kN。

第二工况(t₁~t₂):时间约12min。平台从海平面提升至预定升船高度,小齿轮和电动机一样,平均承受载荷800kN。

第三工况(t₂~t₃):时间约2h58min。平台开始进行预压工作,预压负载由海水泵将水打入压载舱内,所以预压负荷是逐渐加大,小齿轮平均承受最大负荷达到(1120+960+1040)/3=1040kN,但是,此时升船电动机不承受负荷,只是在必要调平时,才短时开动单桩腿升船电动机,电动机在过载情况下工作。

第四工况(t₃~t₄):时间约36h,平台经过预压工作以后,一般要经过一段时间的稳定,才开始卸去预压负荷。在这一工况下,小齿轮承受最大负荷1040kN,但是升船电动机一般不承受负荷。

第五工况(t₄~t₅):时间约2h30min。卸去预压负荷,小齿轮负荷减少到800kN,升船电动机不承受负荷。

第六工况(t₅~t₆):时间约18min。将平台升高到井下作业时所需要的高度,此时小齿轮和电动机均承受800kN负荷。

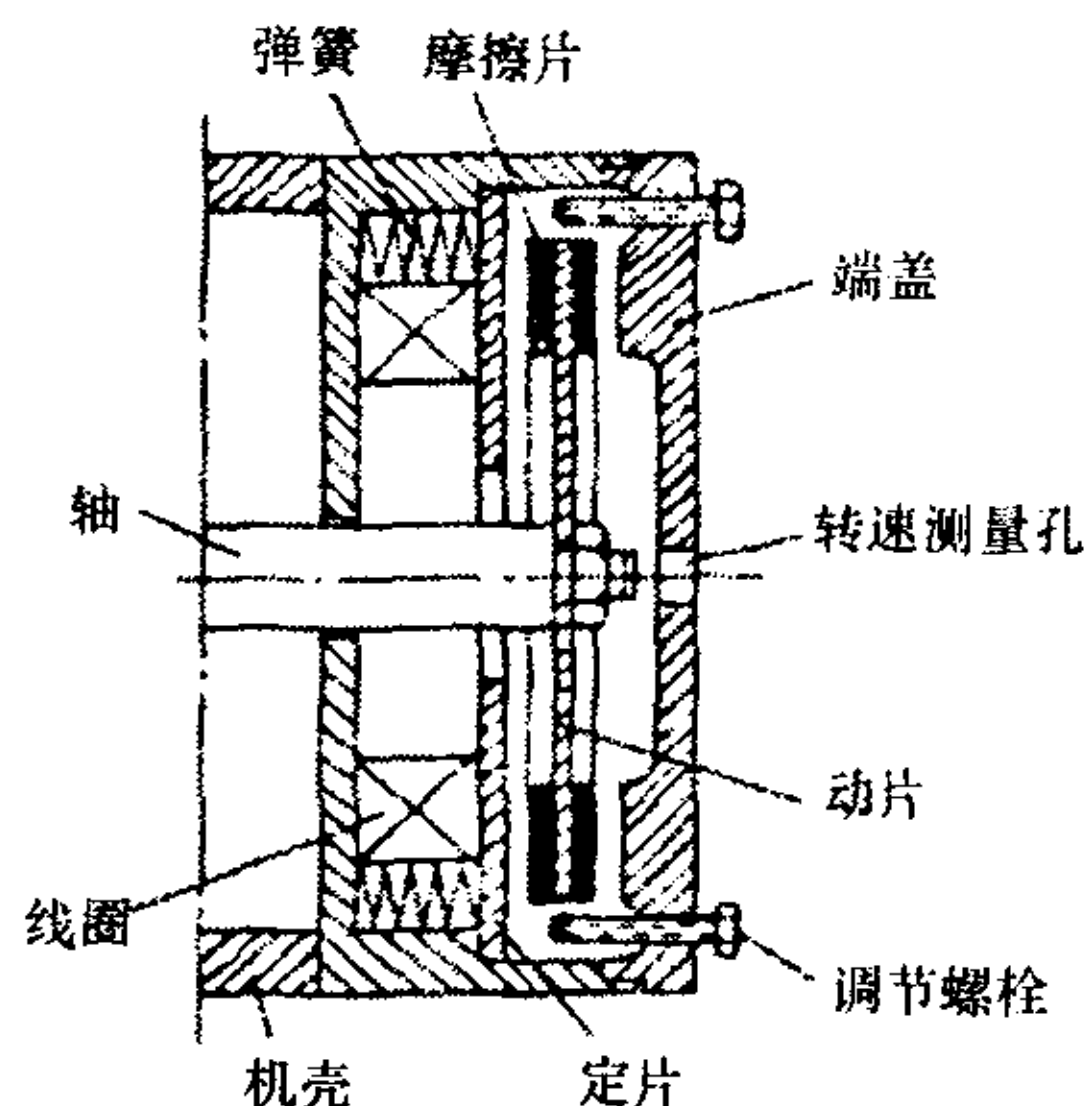


图3 电磁圆盘式制动器

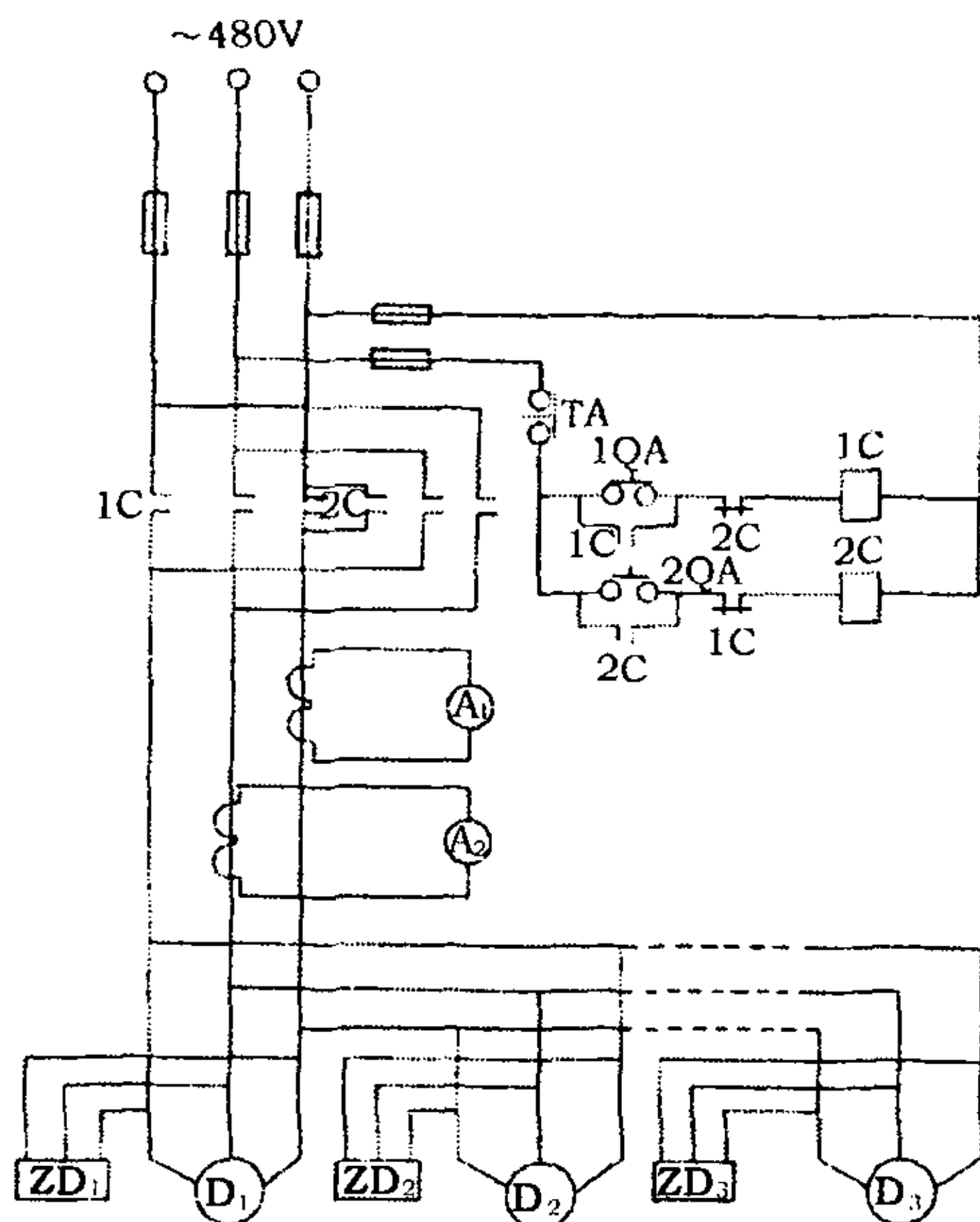


图4 桩腿自动控制原理图

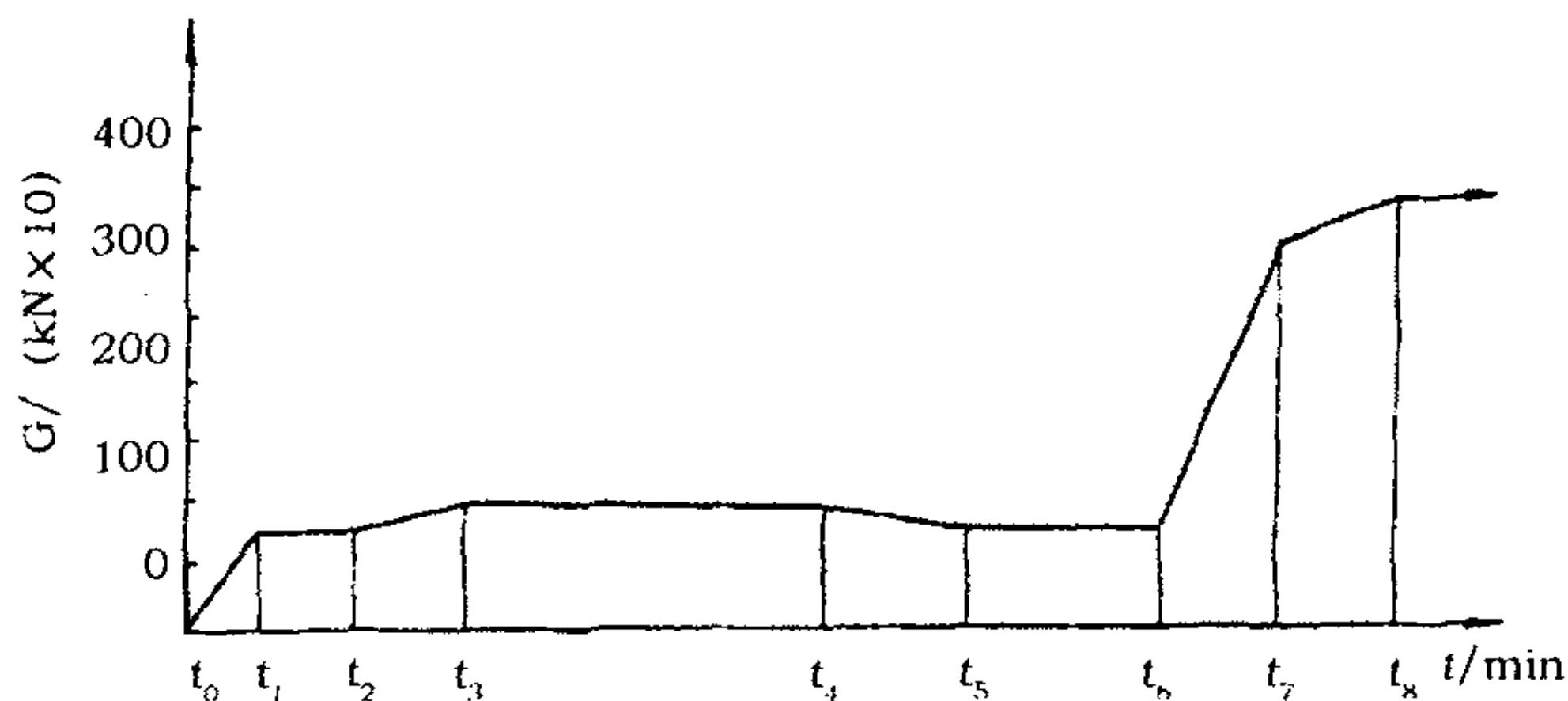


图5 升降系统负荷状况图

第七工况($t_6 \sim t_7$):加上井下作业所配工具、管材等可变载荷,此工况可称为井下作业准备工况,小齿轮承受的平均负荷约为 $800 + 9596 \times 70\% / 3 = 3040\text{kN}$,此时电动机不承受负荷。

第八工况($t_7 \sim t_8$):井下作业工况。因作业机位于平台艏部,即接近#2与#3桩腿下,大钩提升负荷按#2、#3桩承受2/3, #1桩腿承受1/3计算,此时#1桩腿小齿轮承受负荷约 $3040 + 230 = 3270\text{kN}$; #2桩腿小齿轮承受 $3040 + 460 = 3500\text{kN}$; #3桩腿同样承受 3500kN 负荷。平均每根桩腿承受负荷约 $(3270 + 3500 + 3500) / 3 = 3423\text{kN}$ 。

由上面分析可知,升船时升船电动机承受的是重复短时负荷,并且可能在预压调平时过载工作。

4 升降功率计算

4.1 升船电动机理论值计算

升船时单桩腿所需要的功率可由下式计算:

$$P_s = \frac{0.736 G v_s}{750 \eta_1 \eta_2}$$

式中: P_s 为升船时单桩腿所需功率, kW; G 为单桩腿承受的负荷, N; v_s 为升船速度, m/s; η_1 为升船电动机效率, 一般取 0.80; η_2 为机械效率, 一般取 0.75。

具体到胜利钻井一号平台, 升船时, #1桩腿承担的空船重量和可变负荷是 8000kN , 则举升功率为:

$$P_{s1} = \frac{0.736 \times 8000 \times 10^3 \times 0.305 \times 60^{-1}}{750 \times 0.8 \times 0.75} = 66.51\text{kW}$$

4.2 升船电动机实际测算

理论计算与实际消耗功率相差较大, 其主要原因是:

(1) 主配电屏指示的功率是升船电动机的输入功率, 而理论计算是电动机的输出功率, 参照上例计算电动机的输入功率为:

$$P_{s1}' = \frac{P_{s1}}{\eta_d} = \frac{66.51}{0.84} = 79.18\text{kW}$$

式中: η_d 为电动机输出功率效率。

(2) 考虑桩腿小齿轮、齿条传动装置机械结构误差、线路损耗, 升船功率增加 20%。则有:

$$P_{1s}'' = P_{s1}' (1 + 20\%) = 79.18 \times (1 + 20\%) = 95.02(\text{kW})$$

(3) 再考虑每台电动机负载不均又增加 10%, 则升船功率实际测算值为

$$P_{1s}''' = P_{1s}'' (1 + 10\%) = 95.02 \times (1 + 10\%) = 104.52(\text{kW})$$

升船电功率的理论计算值考虑上述 3 个因素后其实际测算值比较接近实际消耗的有功功率。上述测算值可以作为升降船装置电动机容量选择依据。

4.3 电动升降船的驱动源一般采用交流三相鼠笼式感应电动机, 通过齿轮齿条的啮合传动, 实现平台或者桩腿的升降运动。根据所采用电动机的控制方式有交流直接驱动方式和交流变频驱动方式。

胜利钻井一号的电动机的控制方式采用交流变频驱动。其发电机的额定功率 20kW , 额定电压 440V , 额定频率 60Hz , 额定转速 900r/min , 绝缘等级 F 级, 启动转矩是额定转矩的 3.07 倍, 电动机的特性曲线如图 7 所示。

根据计算, 一条桩腿配备的电动机的功率为: $3 \times 3 \times 20\text{kW} = 180\text{kW} > 104.52\text{kW}$, 满足要求。

5 降船逆功率分析

5.1 降船负功率

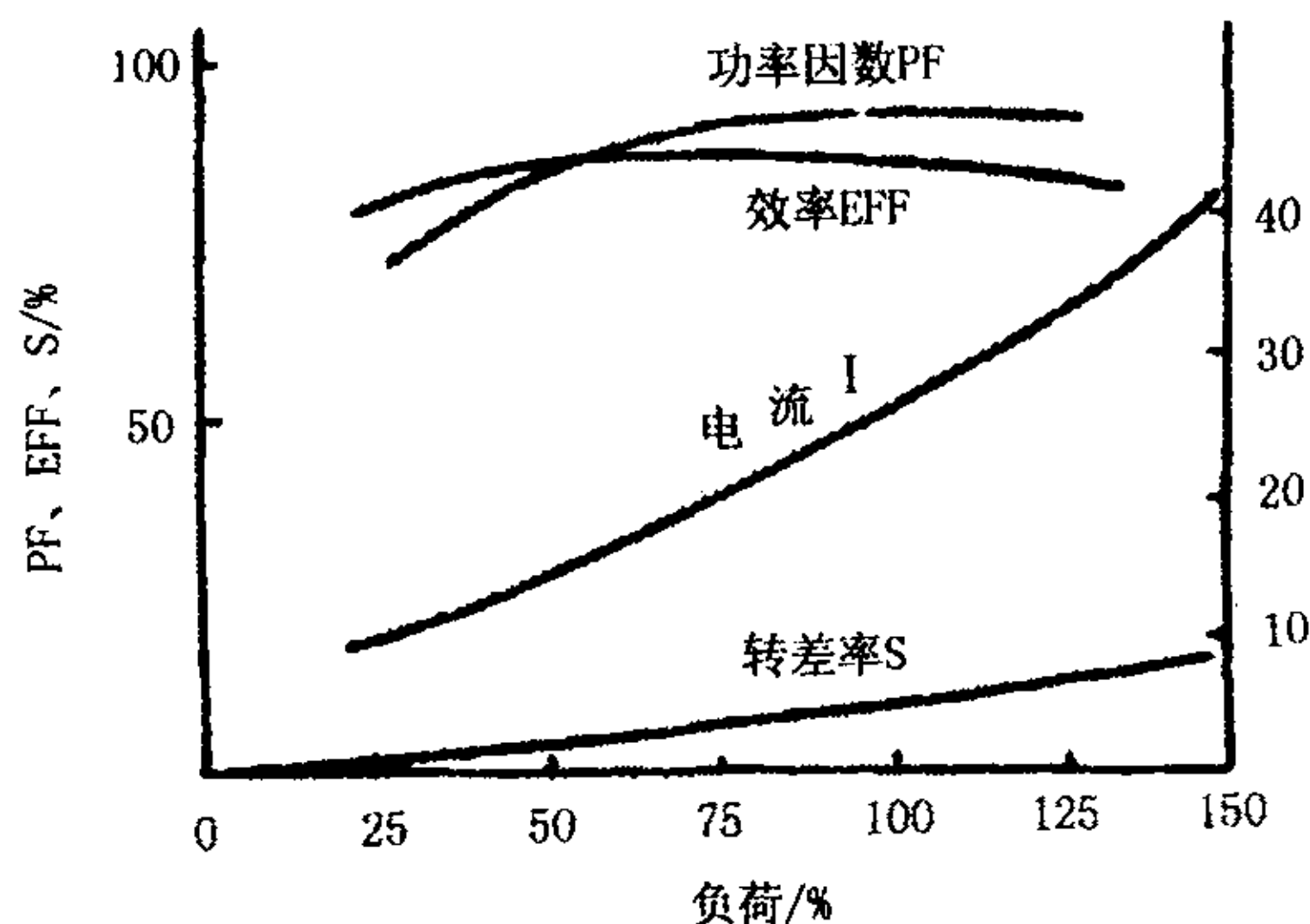


图 6 升降电动机的特性曲线图

在正常情况下降船,升降船电动机通过图4方向接触器2C通电使电动机反转,在船体自重形成的位式负载作业下电动机处于再生制动状态,这时电动机转速已超过同步转速,而把电能反馈回电动机,这就是所谓“负功率”,也称为“逆功率”。图7示出异步电动机再生制动特性。由于 $n_r > n_H$,一般取平台降船速度是升船速度的1.05倍,所以降船速度为 $0.3048 \times 1.05 = 0.32 \text{ m/min}$ 。降船电动机再生制动反馈功率“逆功率”计算公式为:

$$P_J = -\eta_1 \eta_2 \frac{G_J v_J}{750}$$

图7 电动机的再生制动特性

式中: P_J 为降船时逆功率,kW; η_1 为电动机效率,取0.8; η_2 为机械效率,取0.75; G_J 为降船时平台总重量,kN; v_J 为降船速度,m/min。

#1降船时,空船+可变载荷重量为8000kN,计算降船逆功率为:

$$P_{1J} = \frac{0.8 \times 0.75 \times 0.736 \times 8000 \times 10^3 \times 0.32}{750 \times 60} = -25.12(\text{kW})$$

同理,按升船电功率实际测算方法考虑,则有

$$P_{1J}'' = -[P_{1J}(1+20\%)](1+10\%) = -[25.13 \times 1.2] \times 1.1 = -33.15(\text{kW})$$

如果三桩同时降船,则逆功率可达到 $\sum P_J'' = -91.75(\text{kW})$

5.2 逆功率的吸收

针对降船时产生的逆功率,可根据逆功率的大小而采取不同的方法,一是根据柴油发电机组的自身逆功率吸收能力,二是安装逆功率吸收装置。

关于柴油发电机组能吸收多少逆功率,一般柴油发电机升船厂家不提供这方面的资料,根据以往经验,CAT公司升船的柴油机组成的发电机组,给出可吸收逆功率占额定功率的12%。胜利一号自升式钻井平台柴油发电机额定功率 $350 \text{ kW} \cdot \text{A}$ 、60Hz、480V,如按能吸收逆功率为额定功率的10%计算,则两台机组并车能吸收的逆功率最大值为 $350 \text{ kW} \cdot \text{A} \times 0.8 \times 0.1 \times 2 = 56 \text{ kW}$ 。故在汇流排上增加铸铁电阻作为逆功率吸收装置,在降船时通过逆功率继电器自动投入铸铁电阻将电能变为热能。

参考文献

- [1] 中国船级社. 海上移动式平台入级及建造规范[S]. 2004.
- [2] 王运安. 胜利修井平台升级系统设计[J]. 中国海洋平台, 2003(2): 32-36.
- [3] 李海瀛. 石油钻井平台电站功率计算[J]. 船电通讯, 1988(2).

THE STUDY OF POWER-DRIVEN JACKING GEAR OF OFFSHORE SELF-ELEVATING PLATFORM

PENG Ding, ZHANG Le

(Shengli Petroleum Manage Bureau, Dongying 257077, China)

Abstract: The design conception of jacking gear of offshore self-elevating platform is studied in detail including the structure, control principle, the strain analysis during running and elevation and subsidence power of the jacking gear and so on.

Key words: self-elevating platform, jacking gear, power-driven