

# 多通道提升力自动控制系统

何师贤 王百勤 何和生

(华侨大学)

(浙江大学)

## 摘 要

本文介绍网拱或升板等重型结构,从地面整体提升时,对各机组的提升力施行自动控制的一种新方法。

## 一、引 言

建筑工程中的升板、水塔、储仓与网拱整体工程等重型结构,常采用地面制作,利用建筑的柱体或筒体进行多机提升。实际上,是施工机械与建筑结构紧密结合的一种施工方法。它具有简化工序、缩短工期、减轻笨重体力劳动、减少高空作业、利于安全生产、确保工程质量、节约大量木材等优点。

由于结构的整体重量较大,所采用的提升机组是一种多机联动的起重设备。在以往的施工中,提升机组各吊杆支点反力不同,马达转速不等,设备负荷不一等等因素,常在提升过程中造成某些吊杆受力较小,而另一些吊杆受力过大。一方面产生差异于结构不利;另外,吊杆发生拉断或扭断现象于安全不利。

目前国内在整体提升过程中,靠提升机组操纵台上的电压表和电流表,基本上是以心估目测方式来判断马达的转速和设备负荷的大小的。这种控制提升差异的方法不够科学。

本文提出了各通道提升力自动控制系统的设计方案,该方案在浙江省兰江冶炼厂,500m<sup>3</sup>钢筋混凝土倒锥壳高位水塔工程中得到了实际应用,该工程是目前国内贮水量最大的一座新型水塔,施工难度大,技术要求高,工期急。最后采用无井架液压滑升筒体,地面预制倒锥壳体,用十台提升机来整体提升倒锥壳体,重154t左右。按所设计研制的多通道提升力自动控制系统,控制各提升机组的马达,以180cm/h的速度提升,顺利地将倒锥壳体从地面提升到28.9m的设计搁置标高。在提升过程中,各机组运转正常,使倒锥壳体与水塔筒体一直保持平衡与稳定状态。

为进一步简化施工工序,提升过程中避免临时搁位的差异,停机后采用对称轮换换杆,取消了休息孔。该系统在换杆过程中可监视各机组吊杆吨位值的大小,同时可以单机进行吨位大小的调节,确保施工安全。实践证明该自动控制系统为今后整体提升的文明施工开创了

本文1987年2月16日收到。

一条新途径。

## 二、提升力自动控制系统的基本原理

系统工作原理方框图如下：

吊杆上受力的大小(见表 1)，由测力传感器把非电量(吨位)转换成电量，通过测量及放大电路，把吨位值的电压讯号输入给电子吨位开关。该开关根据设计要求进行动作。设吊杆受最大吨位为 25t，根据设计 1 t 等于相应的电压为 0.028V，因此电子吨位开关的最大输入电压为 0.7V 左右。同时要求电子吨位开关所控制的上、下吨位值可调节，且上、下吨位之差值不宜过小，否则易引起提升机组马达过于频繁的动作；如差值太大又不太安全，故选用差值为 2 t 左右为宜。

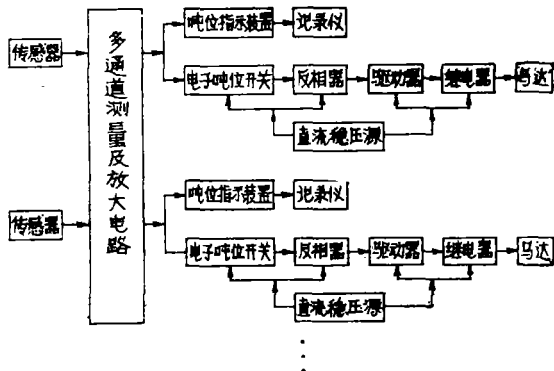


图1 系统工作原理方框图

表1 兰江冶炼厂500m<sup>3</sup>倒锥型水塔提升部分实测数据

吊杆编号	工作方法	提 升		换 杆 顺 序									
		波 动 幅 度	平 均	一		二		三		四		五	
				松	紧	松	紧	松	紧	松	紧	松	紧
1		15.61~16.63	16.12	19.40	15.13	17.99	14.92	18.75	15.10	○	15.05	18.02	15.11
2		13.55~14.61	14.12	○	17.15	20.42	16.86	20.44	16.89	21.21	16.60	19.77	16.21
3		14.66~15.08	14.87	18.03	13.76	○	14.46	17.23	14.15	17.51	14.37	17.40	12.85
4		14.32~14.97	14.62	17.70	14.00	17.40	13.30	16.31	12.58	15.66	12.73	○	17.07
5		13.75~14.77	14.22	17.62	14.07	17.09	13.31	○	15.25	18.46	14.23	17.40	13.92
6		14.46~16.92	15.69	19.62	15.65	19.21	15.36	18.50	14.78	○	15.57	18.31	14.11
7		12.85~15.15	14.00	○	15.15	18.35	13.64	16.56	13.33	17.22	13.24	16.81	13.91
8		14.88~16.94	16.10	18.94	15.50	○	15.94	19.13	15.60	19.34	15.54	20.17	16.83
9		15.85~17.55	16.70	19.65	16.39	20.01	15.69	19.37	16.20	19.63	16.38	○	15.11
10		14.68~16.41	14.62	19.31	15.60	18.91	14.57	○	15.34	19.33	14.97	19.44	16.54

注：单位：t；○——轮换之吊杆。

从以上所述设计条件可知,电子吨位开关选用具有滞后特性电压比较放大器来实现较为理想,如图2所示。

由图2可知,其输出电压 $V_o$ 是超过还是低于电压 $V_u$ 或 $V_L$ ,其输出电压 $V_o$ 将为两种可能状态之一。图2(a)所示,当 $V_i < V_u$ 时,输出电压状态 $V_o = +V_s$ ;当 $V_i > V_L$ 时,输出电压为 $V_o = -V_s$ 。而实际基准电压是 $V_R + (V_s - V_R) \times R_2 \div (R_1 + R_2)$ ,而不是 $V_R$ 。在设计中要求有少量滞后,借助选择滞后量,即应用滞后电压差值来控制上、下吨位的差值( $2t$ ), $\Delta V \approx 0.05V$ 。

在电路中加入正反馈网络,改变 $R_1$ 与 $R_2$ 之分压比,可调节滞后特性的宽度。由图2(a)中可知,输出电压经 $R_1$ 和 $R_2$ 分压, $V_o$ 的分压反馈至同相(+ )输入端而造成一可变的电压值,当 $V_o = +V_s$ 时,此电压称为高临界电压 $V_u$ 。

$$V_u = V_R + \frac{(V_s - V_R)}{R_1 + R_2} \times R_2$$

在 $V_i < V_u$ 时,同相输入端电压比反相输入端为大, $V_o$ 被恒定在 $+V_s$ ,如果 $V_i$ 增加到比 $V_u$ 稍高时, $V_o$ 的极性转变, $V_o$ 值开始下降,此时 $V_o$ 反馈至同相输入端的电压逐渐减少,导致 $V_o$ 差值的增大,并使 $V_o$ 改变状态为 $-V_s$ , $V_o = -V_s$ 时,反馈至同相输入端的电压,称为低临界电压 $V_L$ ,如图2(b)所示。

$$V_L = V_R - \frac{(V_R + V_s)}{R_1 + R_2} \times R_2$$

只要 $V_i < V_L$ , $V_o$ 将被恒定在 $-V_s$ ,一旦当 $V_i < V_L$ 时,则 $V_o$ 又改变状态为 $+V_s$ 。

图3中,以 $V_i$ 为横坐标轴, $V_o$ 为纵坐标轴,其输出特性如图所示。 $V_i < V_L$ 时, $V_o = +V_s$ ,当 $V_i > V_L$ 时,垂直线段 $aa'$ 显示出 $V_o$ 由 $+V_s$ 降至 $-V_s$ ;而当 $V_i < V_L$ 时, $V_o$ 又循垂直线段 $bb'$ 上升到 $+V_s$ 。 $V_u$ 和 $V_L$ 电压之差称为滞后电压 $\Delta V$

$$\Delta V = V_u - V_L = \frac{2V_s R_2}{R_1 + R_2}$$

设 $V_s = 12V$ ,又 $\Delta V = 0.05V$ ,则

$$\frac{2 \times 12 \times R_2}{R_1 + R_2} = 0.05$$

$$R_1 \approx 500R_2, \text{ 即 } R_2 \ll R_1$$

比较放大器输入电流会在跃变点上产生误差。输入偏置电流 $I_b$ 流经 $R$ ,使 $V_i$ 不等于放大器反相输入端上的实际电压 $V_u$ ,这两个电压之差为 $V_i - V_u = I_b R$ 。如果 $R$ 等于 $R_1$ 和 $R_2$ 并

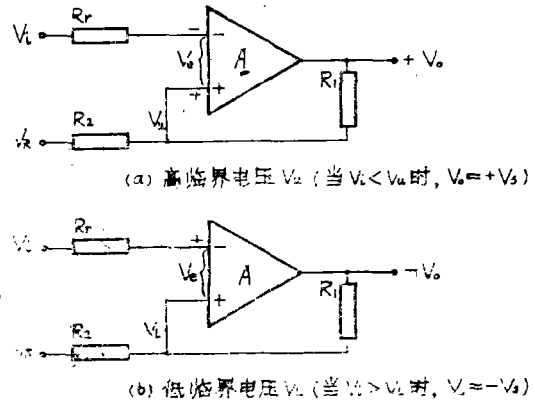


图2 正反馈网络

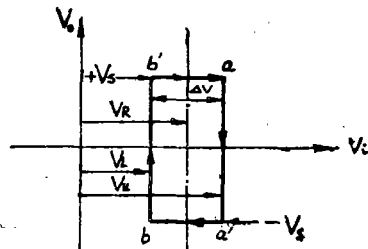


图3

联, 则放大器输入端偏置电流的影响便消除了, 此误差会减少至最小。两输入电流之差, 即输入失调电流  $I_{io}$ , 将是剩下的唯一电流误差。由  $I_{io}$  产生误差可通过调整  $R_f$  得以减少。因为两输入端  $I_b$  不一定是哪一端大, 所以  $R_f$  应该在高于到低于上述计算值的范围内可调。

比较放大器输入失调电压在跃变点上产生误差, 最坏的情况下, 它和由  $I_b$  和  $I_{io}$  引起的失调电压是相加的。  $I_{ib}$  和  $V_{io}$  相对于  $I_b$ , 极性可以相同或相反。设所有误差在相同方向上迭加, 则当  $R_f = R_2$  时, 最坏情况下  $V_i$  的失调电压为

$$V_{off} = V_{io} + I_{io} R_f$$

$$R_f \neq R_2 \text{ 时}$$

$$V_{off} = V_{io} + I_b |(R_f - R_2)|$$

在室温下, 放大器的调零端和可调的  $R_f$  能消除  $V_{off}$  的大部分, 因为  $V_{io}$ 、 $I_b$  和  $I_{io}$  都是随时间和温度变化的, 所以在某一时刻调到  $V_{off} = 0$ , 在其它的情况下,  $V_{off}$  便不是零了。因此, 当  $V_i = V_R + \Delta V/2$  或  $V_i = V_R - \Delta V/2$  时, 电平仅在一个温度上发生状态的改变。在其它情况下, 跃变点将偏离一个小电压。

由于该电路具有正反馈, 所以每当过跃变点时, 输出便突然改变状态。在两状态间发生跃变时, 只要  $V_i$  中的噪声电压小于  $\Delta V_i(\min) = \Delta V$ , 就不会使输出发生误翻转, 提高了抗干扰的能力。

综上所述, 吊杆的吨位值, 由测力传感器经测量及放大电路, 输入给电子吨位开关, 该开关电路中的基准电压  $V_R$ , 在实际电路中 (见图 4) 用一个分压网络, 根据设计的上限位值, 可调节到某个基准电压。当开关的输入电压 (即吊杆吨位)  $V_i < V_R$  (上限吨位值), 比较放大器输出正值, 反相器晶体管导通, 经驱动器晶体管为截止, 继电器释放, 因马达接在继电器常闭触点上, 所以提升机组马达在运转状态。这样接法的目的, 使马达在

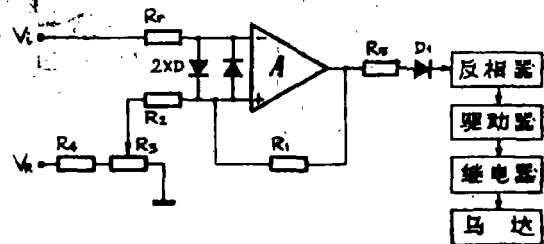


图 4

运转时, 继电器处在释放状态线圈不易发热, 同时以绿色指示灯指示马达运转正常。当输入电压  $V_i > V_R$  时, 反相器晶体管截止, 驱动器晶体管导通, 继电器吸合, 提升机马达停止运转, 并以红色指示灯报警。电路中  $R_2$  决定了对晶体管基极的驱动强度, 其值保证了将晶体管驱入饱和状态。二极管  $D_1$  起钳位作用。二极管  $2XD$  的作用是保护放大器, 避免因输入电压过高而损坏, 使 (+)、(-) 两个输入端之间的电压限制在  $0.7V$  (二极管导通压降) 以内。

### 三、结 语

整体提升是值得提倡的一种施工方法。由于结构的本身取代了机械竖向的承力部分, 因而机械可缩小、简单化, 而结构又利用机械完成自身的机械化施工形式。实际上, 在提升过程中, 结构与机械二者处于共同工作的状态, 提升机械设备性能的优劣直接影响施工的经济效益, 多年来, 由于整体提升尚存在一些问题, 因此发展缓慢。针对提升和搁置所产生的差异而引起结构内力增加、各支点处的负荷不等、设备的负荷特性以及多机联动马达同步等

等问题。本文提出的方案能在提升时,自动控制并显示各机组提升力的大小,并实现按需要的提升吨位进行自动调整,防止提升差异过大;在安装就位时可以显示各机组吊杆的吨位,并可单机调整吨位大小,以防止搁置差异,从而保证了施工的文明与安全性。

有关机组平台示意、传感器连接、吊点布置、锥壳的地面制作、提升见图5—9。

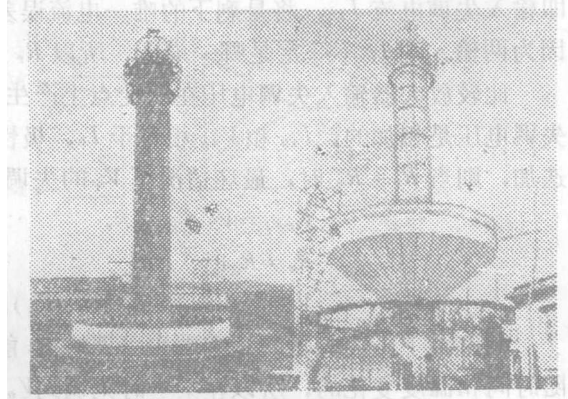


图5 地面制作

图6 锥壳提升

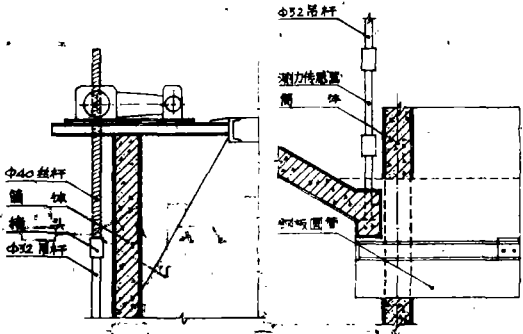


图7 机组平台示意图

图8 传感器连接图

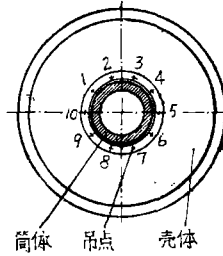


图9 吊点布置图

### 参 考 文 献

- 〔1〕(美)Shacklette, L.W.和AshWorth, H.编,张庆男译,使用数字和模拟集成电路,人民教育出版社,(1981).
- 〔2〕赵保经编著,模拟集成线路,人民邮电出版社,(1983).
- 〔3〕余安东编著,升板结构设计原理,上海科学技术出版社,(1980).
- 〔4〕宋德柱,66吨倒锥形水塔提升施工,建筑技术,12(1980).
- 〔5〕(匈)M.赫彼著,谢瑞和译,模拟集成电路,高等教育出版社,(1984).

## A multichannel Automatic Control System for Controlling the Lifting Power

He Shixian Wang Baiqin He Hesheng

### Abstract

when heavy wares such as network arch of lift slab are elevated as an overall structure from the ground, the lifting power on every assembling unit needs a harmonious control.

In this paper, a multichannel automatic control system is introduced for controlling lifting power on every assembling unit.