アスカニア油圧式制御装置と 繊維機械における応用例*

秋 山 忠 弘**

1. 緒 言

第二次世界大戦後の、わが国工業界各分野における長足の進歩は、その生産設備に、生産性の向上と製品の均一化及び経済性の向上に対する要求が増大し、各工程のオートメーション化が叫ばれるようになった。これに伴いオートメーション機器も非常な進歩を示し、かつては不可能と思われた自動化も、現在においては容易に実施し得るようになって来ている。

本稿においては自動制御の基礎について概説し、制御装置の一例として1931年ドイツ アスカニア社 Wünsch 博士により発明され、以来世界的に普及され堅実な歩みを示している、油圧ジェット パイプ コントローラについて概説し、併せて繊維機械における応用例について述べることとする。

2. 自動制御の基礎概念

自動制御とは、ある量例えば室の温度、蒸気の流量、あるいはガスの圧力等を所望の値にするように、これらの量を最も大きく左右するところ、例えば加熱蒸気流量調節弁、蒸気管に挿入した弁あるいはブロアの吸入側ダンパ等を自動的に開閉させることを云う。

(1) 制御目的の分類

自動制御を所望の値(目標値)と云うことについて分類すると、大略下記の3種類となる。すなわち

- a) 目標値が時間の経過とか、その他の如何なる条件によっても変ることなく常に一定であるもの

$$v(t) = \text{一定} \quad \text{ただし } v(t) \text{ は目標値}$$

を定値制御と云い、蒸気の減圧等は一般にこれである。

- b) 目標値が時間の経過にあらかじめ定められたスケジュールで変化するもの

$$v(t) = f(t) \quad f(t) \text{ は既知関数}$$

をプログラム制御と云い、加熱炉の温度制御等が多い。

- c) 目標値が他の任意に変化する値に対して常に一定関係を持つもの

$$v(t) = f\{g(t)\} \quad g(t) \text{ は未知関数} \\ f(g) \text{ は既知関数}$$

を追値制御と云い、燃料消費量に対する燃焼空気量の制御(空燃比)等がこれである。

なおこの他にブロアのサージング防止装置のようにブロアの吸入ガス量が一定量以下とならぬようにする等、安全運転を目的とするものもある。

(2) 自動制御系の構成

自動制御装置の構成をブロック線図で示すと第1図のようになる。

図において制御対象と記された部分が工業プロセスであり、自動制御装置は機能的に測定部、設定部、検出部(偏差検出部)、増巾部、操作部および調節部から構成される。

(第1図) 自動制御系の構成

測定部はプロセスの状態量(制御量)を測定して検出部に伝達する。

設定部では指定された希望値と測定値との偏差(作動信号)は増巾部に入力として加えられる。増巾部では制御動作を行うために後述の三つの要素、比例帯、積分時間、微分時間をプロセス特性に応じた適当な値を取るよう演算を行い、操作部を介して調節部を駆動するに必要な出力に増巾する。この場合増巾部に加えられる補助動力の種類、空気圧、油圧あるいは電気量によって制御装置を空気式、油圧式あるいは電気式と云う。また操作部は補助動力の種類に応じてダイヤフラムモータ、ピストンシリンダ、電気モータ等が使用される。調節部は操作部によって駆動され、プロセスの状態を左右する量(操作量)を修正する部分で、球形弁、蝶形弁、電気抵抗器等である。

* Askania Hidraulic Control System and Its Application to Textile Machinery.

** T. Akiyama, 東京機器工業株式会社

構造的には、制御対象に対して、測定部は一般に独立しており、検出部、設定部及び増巾部は一体となってコントローラ（制御器）を構成し、操作部は調節部と一体のもの（ダイヤフラムバルブ）も、分離しているものもある。

（3）プロセスの特性

自動制御装置を設置して、その効果を最大にするためにはまずプロセス側の特性を把握することである。既設のプロセスの場合には、制御装置を設ける以前の操作における経験及びデータはプロセスの特性を知る上に貴重な資料となる。また新設プラントに対しては既設の類似プラントにおけるデータを参考とし、特にプラントがそれぞれ何系統かの単独な系よりなる場合は、これらを個々に分析検討することが必要である。

プラントの特性で重要なことは、プラント内の一点におけるある状態変化が他の点及び他の状態に影響するのにどのような形で、どの位おくれるかである。このおくれには大別してむだ時間（distance velocity lag）と伝達おくれ（transfer lag）の2種類がある。これらの解析に利用される手法はインディシャル応答法と周波数応答法である。

すなわちプロセス制御の制御対象の多くは、操作量を単位量だけ急に階段状に変化したとき制御量の変化する状況を時間の経過と共にプロットすれば第2図のようになる。

（第2図）コンディショナル
応答

制御量の最終値の大きさを100%としたとき、制御量の変化を示し始めてから63.2%に達するまでの時間 T を時定数と云い、階段状変化を与えてから変化を示し始める迄の時間 L をむだ時間と云う。

プラントにはまた自己制御性のあるものと、ないものとがある。

すなわち第3図に示す液面系では、タンクへの流入量 q が Δq だけ増加すると液面が上昇し、このため流出孔に掛かる圧力が増大するので絞り部（抵抗） R を通る流

（第3図）自己制御
性のある液面系

出量も増え、流入量の増分と、流出量の増分とがつりあう新しい液面になって平衡状態となる。このように操作量が一定であれば、それに対応した値に制御量が安定する系を自己制御性があると言う。

これに反し、第4図のような液面系では、流出側が、

（第4図）自己制御性のない液面系と云う。

一般に自己制御性のある系は比較的制御しやすく、ないものは制御しにくい。

プロセスの制御においてはむだ時間、時定数の大なるものは比較的制御し難い。この場合プラント自身のむだ時間、時定数の他に測定機構、操作機構によるものが加算されるので、測定法、操作法の選定には特におくれの少ないものを選定する必要がある。この点リングバランス等検出容量の大なるもの、圧縮性流体を使用する空気式操作部を使用する場合は十分な注意が肝要である。

（4）制御動作

プロセス制御に使用される制御装置の動作は次に述べる4種類とその組合せ動作である。

a) 2位置動作

この制御動作はオン・オフ動作とも云い、制御量 x と目標値 v に対して第5図のように操作量 y が二つの値をとるものである。

$$y = \begin{cases} +A : x < v + h/2 \\ -A : x > v - h/2 \end{cases}$$

この動作に属する制御装置は極めて多く、家庭用電気器具に装着されているものはほとんどこれである。オン・オフ制御器は構造が簡単で安価であるが、制御量は目標値のまわりに振動をつづけ、その振巾はむだ時間 L と時定数 T によって定まる。

（第5図）2位置動作の制御
量と操作量

b) 比例動作 (P動作)

前記のオン・オフ動作では、制御量が目標値のまわりに振動することは避けられない。これは制御量と操作量との関係が不連続であることに起因している。そこで操作量 y を制御量 x に比例させると制御経過は円滑になる。

$$y = k(x - v)$$

ここで比例動作の代表的制御器として第6図のバネ式減圧弁について考えて見よう。

(第6図) バネ式減圧弁

目標値 p_2 、一次圧力 p_1 でバネの長さ a' (弁開度) となる時平衡が保たれている。バネ特性より、明らかに上式が成立することがわかる。次にこの制御性を検討するため一次圧が $p_1 + \Delta p_1$ となったとすれば、同じ弁開度では当然二次側圧力が $p_2 + \Delta p_2$ となる。ここで弁開度は Δa だけ閉じられ、二次側圧力の上昇 Δp_2 を減少させる方向に働くが、最終的に安定する状態では二次側圧力が Δp だけ上昇する。すなわち一次側圧力の変化のため目標値は Δp だけ偏倚する。このように比例動作において一次側の状態変化のため生ずる目標値よりの偏倚を定常偏差 (off-set) と云う。

比例動作は一般に安定であるが、状態変化に伴うオフセットを防ぐことはできない。

なお一般の空気式コントローラはこの比例動作を基本動作としている。

c) 積分動作 (I動作)

積分動作は制御量が目標値と異なっている間、たえず訂正動作を行うもので、制御量によって操作量の位置が定まらない点が比例動作と異なる。

油圧式コントローラにおいては、この積分動作を基本動作とするが、空気式コントローラにおいては比例動作のオフセット除去のため P 動作にこの I 動作を付加することが多い。

この動作は

$$y = \int (x - v) dt \quad \text{または} \quad dy/dt = k(x - v)$$

であらわされる。

一般の圧力、流量の制御のようにプロセスに自己制御

性がありむだ時間、時定数の小さなものに対しては、I 制御で十分な制御結果が期待できるが、温度、液面等容量遅れのある系に対しては P+I 動作が好ましい。

d) 微分動作 (D動作)

微分動作は制御量の変化の速さと操作量とが比例するもので

$$y = k \frac{d(x - v)}{dt}$$

であらわされる。

むだ時間、時定数のあるプロセス制御に当って予知動作を行うのに有効である。

e) 重合動作

以上述べた動作の二つあるいは三つを一つの制御装置に備えることができる。

例えば前述したように、オフセットを除くために P+I 動作とする外、オフセットを減少せしめるのに P+D 動作としたり、更に P+I+D 動作とすることがある。

(5) 良い制御成績を得るために

良い制御成績を得るためには、すでに記述した通り、

- a) 制御量を遅れなく、高感度、高精度で検出する
- b) 制御量はプラントの特性を最も良く代表するものを選択する
- c) 制御動作はプラント特性に最適なものを選ぶことである

一方制御対象については、系自体のおくれの外、外乱の性質、大きさ、入り場所等が制御性の難易を左右するので、これらを十分検討しなければならない。

制御の難易の判定には Merz の制御の難度 S がある。まずインディシャル応答を取り、操作量 y をその全範囲 Y_h だけ操作した時応答の最終値が X_m であって、この応答から得られるむだ時間 L 、時定数 T 、許容される制御偏差を ϵ_a とし、制御動作が T_a 時間内に収まることを望む場合、制御の難度 S は次式であらわされる。

$$S = \frac{X_m L^2 y}{T Y_h} \cdot \frac{1}{\epsilon_a T_a}$$

そして $S > 31\%$ なら 制御動作を PID

$S > 14\%$ なら " PI

が良いとしている。

又各調節器を設置する場合の最適調整値として Ziegler と Nichols は下記のように定めている。

すなわち比例動作のみの場合、比例帯を変化して遂に持続振動を起す時の比例帯を K_u 、その時の周期を T_u とすると、最適調整値は

- 1) P 動作 $k_1 = 0.5 k_u$

- 2) $P I$ 動作 $\begin{cases} k_1 = 0.45 k_u \\ s = 0.83 T_u \end{cases}$
- 3) $P I D$ 動作 $\begin{cases} k_1 = 0.6 k_u \\ s = 0.5 T_u \\ r = 0.125 T_u \end{cases}$

ただし s : 積分時間

r : 微分時間

3. 油圧式制御装置

油圧式制御装置の構成はコントローラ、操作ピストン、調節端（調節弁等）および補助動力源としての油ポンプ装置よりなり、必要に応じて手動自動切換コック、復原装置、安全装置用切換弁等の補助装置が付属する。

制御信号は一般には圧力信号（空気圧、ガス圧、液圧またはこれらの差圧）でコントローラの検出部に導かれるが、場合によっては変位、電流等の信号でも良い。油圧式制御装置の制御動作は通常積分動作（＝比例速度動作）であるが、後述の方法により比例、比例積分、比例微分および比例積分微分動作とすることができる。ただし無指示型の調節器である。

(1) コントローラの作動原理

第7図に最も基本のガス圧力コントローラの外観を示す。第8図に示すように、垂直軸 A に支持されて水平に揺動し得るジェットパイプ S に図示のごとく油ポンプよりの圧油が供給され、ジェットパイプの先端ノズルより噴出する。一方ノズ

(第7図)

(第8図)

ルに対向する面（油圧分配部 D ）には2個の小孔が水平に隣接して並んでおり、ジェットパイプノズルの位置

(第9図) ジェットパイプの特性曲線

とこれらの孔に生ずる油圧との関係は第9図のようになる。これより明らかな通り、ジェットパイプが2個の小孔の中央に位置する場合は小孔における油圧は等しいが、いずれかに偏倚すると、その量に比例して油圧差が生ずる。2個の小孔の先はそれぞれ油圧操作ピストンの両側に

導入されるので、圧力差がない場合はピストンは静止し、油圧差のある場合は、高圧側より低圧側に操作ピストンは移動する。

このジェットパイプを揺動する力は、定値制御コントローラにおいては、一方から検出信号をダイヤフラム等で受けた力が働き、他方よりこれに対抗して設定用のバネの力が働く。したがって、検出と設定がバランスすればジェットパイプは中央位置に静止し、バランスが破れれば右または左にジェットパイプは変位する。

ここで検出量を x 、操作ピストンの移動量を y とすれば、第9図に示した通りジェットパイプの変位は x に比例し、操作ピストンを流れる油量はジェットパイプの変位に比例する。したがって、操作ピストンの変位速度 dy/dt は油量に比例するから次式が成立する。

$$dy/dt = kx$$

$$y = k' \int x dt$$

これで油圧制御装置の基本動作が、積分動作なることがわかる。

検出部は前述のように圧力計に類似しているが、力を取り変位をほとんど取らぬ点が異なるのと、いずれも検出容量変化の小さい（したがって応答性が良い）ことを特長としている。

一方設定部は定値制御に使用する場合、調節可能なバネをもってするが、追値制御（比率制御）に使用する場合、バネの代りに他の制御量を受ける検出部を用いる。この場合2量の比率設定は第10図中央の比率設定部の出し入れによ

(第10図)

って行く。すなわちこの比率設定部の位置により、左側検出部の力がジェットパイプに働くトルクは変るので、右側検出部による力と平衡するための左側検出部の力の比が変えられることによる。

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{a-x}{a+x} = R$$

(2) 操 作 部

油圧の操作部としては、直線運動を取り出す直動式と、回転運動を取り出すクランク式とがあり、共にピストンの両側に掛かる油圧差により作動する方式（複動式）が一般的であるが、場合によっては一方にバネを装着し、与えられた油圧に応じた操作位置をとらせる方式（単動式）が用いられる。複動式の操作部は単動式に比し同容量のもので2倍以上の仕事を行うことができる。

a) 直線運動を行うもの

直線運動を取り出す操作部は、ピストンとシリンダとの組合せとして構成される場合、直動型操作ピストン（第11図）とダイアフラムの変位を使用する場合、ダイアフラムモータ（第12図）とがある。前者においてはシリンダを固定して、ピストンの動きにより操作を行う

(第 11 図)

(第 12 図)

場合がほとんどであるが、逆にピストンを固定してシリンダによる操作を行う場合もまれにある。しかし油圧配管上の問題からこれは得策でない。

また直動型操作ピストンはピストン軸の損傷防止を考慮しなければならない。すなわちピストン軸に付着した塵埃がピストン軸の引き込まれる際、パッキン部にまで持込まれ、パッキンおよび軸に傷を付けるので、防塵装置を施す必要がある。第12図の直動型操作ピストンには、その対策が施されている。またピストンとシリンダ内面の気密性に対しては内燃機関のようにピストンリングを使用したり、皮パッキンを使用することもあるが、多くはピストンの周囲に円周溝を二、三施す程度で十分である。しかしながら単動式として使用する場合、漏洩のないようにしなければならない。またピストン軸のパッキンの手間を省くため第13図のようにピストンを2

(第 13 図)

個使用することもある。

ダイアフラム式の場合

は、軸方向の変位を

あまり大きく取れないので、主として小型調節弁の操作に使用する。この場合は油洩れの防止には極めて容易である。

b) 回転運動を行うもの

回転運動を取り出す操作部は、第14図に示すクランク

(第 14 図)

型操作ピストンが多く用いられる。図より明らかなごとく、ピストンとシリンダとの組合せは前記直動型操作ピストンとほとんど同じであるが、油圧のパッキン部は回転軸となるので、油の洩れ止めが容易で、すぐれたオイルシールを使用したものは油洩れがない。ただしグラフィットヤーンを使用した物は、時折りパッキングランドの増し締めを行わぬと漏油の原因となる。（従来自動制御に使用されている油圧操作部の多くはこの型式である）

その他の油圧操作部としては、油ポンプの逆の働きをする油圧モータがあるが、特殊の場合にしか使用しないので、ここでは省略する。

油圧の操作部は油の非圧縮性の利点として大きな操作速度が容易に得られ、かつ可動部は油に浸漬しているので潤滑の必要のないことが第一の長所である。しかしながら漏油があると汚れるので、パッキン部および配管接手は十分注意しなければならぬ。

また使用油の性質によっては、温度による粘性変化の大きなものがあり、操作速度が変わって制御性が多少低下する。また低温度にさらされる場合は凍結により配管が破損する恐れがあり、逆に油圧配管が高温度に設置される場合は油の引火のおそれがあるが、これら使用条件によって油を吟味すればよい。

(3) 補 助 装 置

a) 手動自動切換コック

自動制御装置は種々の理由から、一時自動運動を中止

して、調節端を手動遠方動作をせねばならぬことがあるので、自動制御装置はこの目的を達する機構を有しておらねばならない。油圧式制御装置においては第15図に示

(第 15 図)

(第 16 図)

す手動自動切換コックがある。これにも種々の型式があるが、その代表的な原理を第16図に示す。すなわち本器は6路の切換コックで、自動運転の際はコントローラと動作ピストンとの油圧管路を連絡し、手動の際はコントローラよりの管路を閉じて、油ポンプよりの圧油を直接操作ピストンの開、または閉側に導入、これを駆動するかあるいは操作ピストンの管路を閉じて、操作ピストンを固定することによりその目的を達するものである。

b) 補助ピストン

油圧ジェットパイプコントローラは前述のように小孔より噴出する油のみでもかなり大きな操作速度および操作力を発揮するが、更に大きな操作力と操作速度を必要とする場合には第17図に示す補助ピストンを使用する。補助ピストンは、小ピストンと切換弁とから構成され、ジェットパイプからの油量は、切

(第 17 図)

換弁のピストンを動かすためにのみ使用される。これにより油ポンプより直接の油圧を操作ピストンに切換導入するので、その目的を達すると同時に、調節端よりの反力の影響も除去することができる。

c) 復原装置

油圧式制御装置の動作を比例動作とするためには操作量をコントローラに復原すれば良い。最も簡単には第18

(第 18 図)

図に示すごとく操作量を鋼線によりコントローラ設定部に導入する。設置条件により鋼線を使用し得ない場合は後述のトランスミッタにより、操作量に比例した空気圧として、コ

ントローラに比率型のもを使用する。(第19図) この場合復原空気信号管に絞りと容量を設けることにより復原の遅れを付ければ、比例微分動作とすることが可能である。

(第 19 図)

比例積分動作とする場合には第20図に示す油圧式復

(第 20 図)

原装置を使用する。平衡状態より制御量の変化するとジェットパイプは変位し、これにより復原ピストン P_s が働く。これにより復原レバを介してバネの力を変化し、制御量の変化に比例した復原ピ

ストンの位置となって平衡するが、操作ピストンの変位もこれに比例する。一方復原ピストンは引戻しバネと短絡管路により徐々に最初の位置に引戻され、その間の動作は積分動作となる。

この状態を式で示すと次のようになる。

$$y = k_1 x + k_2 \int x dt$$

比例積分微分3動作とする場合、多く取られる手段は、制御量を空気圧に変換する過程において必要な演算を行い、これを比例動作コントローラにより操作する方

法である。

d) 安全装置

補助動力を使用する自動制御装置においては、補助動力源に事故が生じた場合は、単に制御装置がその機能を十分に発揮し得ないのみならず、制御対象によっては調節端が不安定状態に陥り、全制御系が危険状態になることがある。その対策としては動力源に事故発生と同時に、操作端をその位置に固定するか、または操作端を全閉あるいは全開とすることである。

アスカニア油圧制御装置においては操作端を固定する

(第 21 図)

安全装置として第21図に示すカットオフバルブがある。すなわち図において油圧源に所定の油圧があれば、カットオフバルブ内の分配弁はバネに抗して右側に押され、コントローラと操作ピストンとの2本の油圧管路を連絡するが、所定圧以下となると、バネの力により分配弁は左側に押しつけ

られ、コントローラと操作ピストンとの管路はここで遮断され、操作ピストンをその位置に固定する。

一方操作端を事故時全閉または全開とする安全装置として、第22図に示すバイパスバルブがある。

バイパスバルブは操作ピストンの短絡管路に設置し、油圧が所定以上の場合は短絡管路を遮断するが、所定圧以下の場合は短絡管路を開き調節端に付けた重錘により、これを全閉または全開とする。

(第 22 図)

e) トランスミッタ

温度、流量、液面等の物理量を扱いやすい空気圧または直流電流に変換する装置がトランスミッタで、これらトランスミッタを使用すると指示、記録計器は圧力計、電流計に統一することができ、一方コントローラの検出部もダイアフラム、ベロー及びデッピングコイル検出部に整理し得る利点がある。以下代表的なものについて二、三概説することとする。

(イ) 空気式復原装置

操作端の操作量すなわち回転角をそれに応じた空気圧

に変換するものでその作動原理図を第23図に示す。操作

部の回転軸(1)に任

意の形状のカム(2)

が取付けられ、容器に

支点を有するレバ(3)

にあるローラ(4)が

カムに接している。こ

のレバの端と他のレバ

(6)との間にはバネ

(5)がある。回転軸

(第 23 図)

(1)が回転すると、レバ(3)を介してバネ(5)の張力が強まり、レバ(6)の他方のフラップ(7)はブロック(8)にある空気ノズル(9)をふさぐ。このブロックにはAより空気が供給されているのでノズルがふさがれるとダイアフラム(10)の室の空気圧が上昇し、レバ(6)を押し上げノズルからの空気の流出量を増大し、ダイアフラム室の空気圧がバネ(5)の張力、したがって回転軸(1)の回転角に相应した値となってこの系は平衡する。すなわちダイアフラム室の空気圧Bを計測

(第 24 図)

すれば、回転軸(1)の回転角を知ることができる。

この装置においてカムの形状を所定のものとすると回転角と出力空気圧との関係は第24図I, II, IIIのように所望のものとすることが

ができる。

(ロ) レベル トランス ミッタ

内圧タンクまたは大気開放タンクの液面位を空気圧に変換するものが、レベル トランス ミッタで第25図にその作動原理を示す。

フロート室(1)は液面を測定する容器に連通管で接続する。したがってフロート室とタンクの液面位は同じである。フロート(2)

(第 25 図)

はフロート室内液面位により浮力が異なって来る。浮力の変化はベロー(4)でシールされ、支点(5)を有するレバ(3)に伝えられ、更にL型レバ(6)により空気パイロット装置に伝達される。今液面位が上昇し、フロートの浮力が増大するとレバ(6)は空気パイロット装置を右方に押す。これによりニードル弁(8)は閉じ、放風路(7)にベロー室より空気の漏洩を止め、更にニ

ードル弁 (10) を右方に押しあげ A より流入する空気圧がペロー室に導入されペロー室の空気圧を高める。ペロー室の空気圧が高まるとペロー (9) は縮みニードル弁を閉じたままこのシートが左方に移動し、遂には弁 (10) を閉じレバ (6) により伝えられた力に比例したペロー室の空気圧となった時平衡する。またペロー室の内圧がレバ (6) よりの力に対して高い場合は、弁 (10) が閉じたままペローが縮むので弁 (8) は開き余剰分だけ放風路 (7) を経て空気を放出する。したがって B よりの空気圧を計測すれば、液面位を知ることができる。

低圧力を増巾する場合は前記フロートの浮力の代りにダイアフラム検出部の力を、空気パイロットに伝えることにより同様に所定の空気圧に変換することができる。その他差圧温度および回転角を空気圧に変換する場合も空気パイロットは同じものを使用する。

(ハ) カレント バランス

差圧または圧力をそれに比例または平方根に比例した直流電流に変換するトランス ミッタはドイツ アスカニア社の独特な製品で、流量計測に使用する場合の作動原理を第 26 図に示す。

1. オリフィス	9. 整流器
2. 信号導管	10. 電磁力装置
3. ダイアフラム検出部	11. デッピング コイル
4. レバ	12. 指示計
5. バランス レバ	13. 記録計
6. 励磁コイル	14. 積算計
7. 揺動コイル	15. コントローラ
8. 電子管式増巾器	

(第 26 図)

流量 Q をオリフィス (1) の差圧とし、2 本の信号導管 (2) によりダイアフラム検出部 (3) に導く。ダイ

アフラム検出部において発生する力 F_q ($Q^2 \propto F_q$) はレバ (4) を介して、バランス レバ (5) に作用し、これを回転させようとする。バランス レバ (5) の上部には揺動コイル (7) が取付けてあり、励磁コイル (6) の間を動く。このコイル (7) には、レバ (5) の中央位置よりのかたより角度 (変位) に比例した交流電圧が発生するので、小さな電子管式増巾器 (8) 及び整流器 (9) を経て電磁力装置 (10) に所定の直流電流 i を流す。電磁力装置のデッピング コイル (11) はバランス レバ (5) の下部に取付けられており、上述の検出差圧による回転力に対抗する力 F_i を発生する。電磁力装置 (10) のデッピング コイル (11) と固定コイルとは直列接続してあるので、電磁力 F_i は電流 i の 2 乗に比例する。したがって

$$Q^2 \propto F_q = F_i \propto i^2$$

となることから電流を測定することにより、流量を知ることができる。

受信器—指示計 (12)、記録計 (13)、積算計 (14) 及びコントローラ (15) —は電磁力装置 (10) に直列接続される。

この特長として

- 1) 機械的の開平機構なしに流量が電流計で等間隔目盛で読み取れる。
- 2) 積算は連続積算で、従来の間欠積算と異なり精度が高い。
- 3) 2 流量以上の合計または差引流量計測には特別の加算器 (トータライザ) を必要とせず、結線を行うのみで足りる。
- 4) 力平衡型計器であるのと検出容量の小さなことから全系統の時定数が極めて小さい。(応答が早い)
- 5) 遠距離電送性にすぐれ、配線を選定すれば何 km でも精度を落さず電送し得る。
- 6) 本器を圧力または液面の計測に使用する場合は電磁力装置 (10) の固定コイルの代りに、永久磁石を使用するのみで圧力または差圧に比例した直流電流とすることができる。

その他微小電圧を $0 \sim 120 \text{ mA}$ の直流電流に変換するトランス ミッタとして、前記カレント バランスに類似のテルモワグがある。

以上概説した制御用各機器の他に種々の自動切換弁、電磁弁、及びタイマ、リミット スイッチ、リレの組合せによりほとんどあらゆる制御、操作が可能である。

4. 油圧制御装置の応用例

油圧制御装置は前記のように極めて多種類の構成機器を有しているため、一般に知られている以上に広範な応用範囲がある。ここでは特に繊維機械関係の応用例について、その主なものについて述べることにする。

(1) ボイラ自動燃焼制御装置

ほとんどの産業の基礎となる蒸気動力発生装置ボイラは、近年大型のみならず中型、小型に至るまで、制御装置を設置するようになって来た。アスカニア油圧式制御装置の発展の基礎もこのボイラ自動燃焼制御装置 (Automatic Combustion Control 略して A.C.C. と云う) にあるので、ここではその概説と極めて一般的な制御系統図について説明する。

ボイラ A.C.C. の目的は、ボイラを高能率に、安定に移動せしめ、かつ良質の蒸気を得ることにある。

したがって出力エネルギー (蒸気流量) と入力エネルギー (燃料供給量) のバランスを保ち、燃料を完全に燃焼させるに必要な過剰空気率を保持し、かつ安定な燃焼を行うため、炉内圧力を一定に保つことにある。

このためにまず負荷 (蒸気流量、圧力) を計測することが必要で、一般には負荷を取扱いやすい物理量 (空気圧) に変換し、この出力信号 = 主制御信号を各制御系の制御信号とする。この作用を行う装置を主制御装置と云い、2 罐以上の並列運転の場合でも主制御装置は 1 組で良い。

次に負荷に応じた熱量を効率高く供給することが必要であるが、燃料供給量を調節するものを燃料制御装置、燃焼空気量を調節するものを燃焼空気制御装置と云う。また炉内圧力を一定に保持するためには、発生する廃ガス量と、排出量とのバランスを取ることであるが、この目的を達するものが炉内圧制御装置である。

これらの調節方法には位置式制御方式と、測定制御方式の 2 型式がある。

位置式制御はコントローラがダンバ、弁等の位置を定めるだけであるから、外乱とか、調節端の特性等により送風量、燃料供給量が変化し、燃料—空気の比率を所定の値に保つことができないので、比較的負荷変動の少ない小型ボイラにしか用いられないことがない。

測定制御は各コントローラが、それぞれの支配する制御量 (例えば燃料量、空気量等) を計測して、それが所定の値となるように調節端を操作するので、外乱や調節端の特性等に影響されることがない。現在のボイラ A.

C. C. はほとんどこの型式で、本稿もこの型式について述べる。

測定式制御を更に分類すると、直列式と並列式とに分けられる。

直列式は第 27 図に示すように、マスタ コントローラ

(第 27 図) 直列制御方式

は空気 (または燃料) のみを調節し、空気量 (または燃料量) によって燃料量 (または空気量) を調節する方式である。この場合は安定であるが、両者の操作に時間的ずれを生ずる場合がある。しかしながら油圧式制御装置においては、ほとんど操作の時間的ずれの恐れはない。

並列式は第 28 図に示すように、空気量制御と燃料制

(第 28 図) 並列制御方式

御とはそれぞれ主制御信号を受けて個々に作動する。この方式にしたがう場合は、時に空気—燃料の比率がくずれることがあるので、必要に応じて廃ガスの O_2 または CO_2 値による再調整を行う場合がある。

アスカニア油圧式制御装置においては、直列式、並列式のいずれの方式も可能である。

1) ボイラ各部の制御

ボイラ A.C.C. は一般に次の制御装置によって構成される。

- A 主制御装置
- B 燃料供給制御装置
- C 燃焼空気量制御装置
- D 炉内圧制御装置

この他に給水制御、蒸気温度制御があるが、これらは一般に A.C.C. から除外されているので本稿においても特に言及しないこととする。

以下に各制御装置について概説する。

A 主制御装置

蒸気主管の圧力は、過熱器及び管系における摩擦抵抗によって蒸気流量の増大と共に罐胴圧よりの圧力降下量が増大する。この圧力降下量は蒸気流量 (負荷) の 2 乗に比例する。

負荷すなわち蒸気流量のみをもって主制御信号とするならば、主管にオリフィスを設けて、その差圧を計測することが簡単であり、また確実な方法であるが、負荷と供給燃料との比が一定に保たれたとしても汽缶の特性が非直線的であること及び燃料の発熱量の異なることを考えると、蒸気圧力の変動は避けられない。すなわち主制御信号としては、負荷及び蒸気圧力の複合信号を用いなければならぬ。

イ) 缶胴圧力一定方式

負荷を前記圧力降下量により検出し、これに缶胴圧を検出すると第29図のようになる。

この図より缶胴圧を一定に保つことを考えるならば、缶胴圧はバネまたは重錘により置換することができる。

(第29図)

上記の作用を行う主制御装置により、信号空気圧を発生せしめ、これにより燃料量または燃焼空気量を比率制御させると「負荷と供給熱量との比率の不適合」は缶胴圧の低下(上昇)を来し、したがって同一負荷に対して主管蒸気圧力も低下(上昇)するので、見掛け上の負荷の増大(減少)として検出される。すなわち負荷と缶胴圧との複合検出を行った信号空気圧を得ることができる。

ロ) マスタ コントローラ

アスカニア油圧式制御装置において、主制御信号を発生する装置は、第30図に示すマスタ コントローラである。

(第30図)

すなわちベロー室に導入された主管蒸気圧力はベローを介してレバに力を加え、缶胴圧を設定するバネの張力とつり合うように働く。設定値との偏差による不平衡力はリンクを介して、ジェットパイプに伝えられ、これを偏位させる。この場合ジェットパイプには空気を供給し、受流孔には偏位に応じた出力空気圧を発生せしめて、これをダイヤフラムに受け、前記の不平衡力と力平衡を保つ。この時の出力空気圧が主制御信号となる。(空気圧の代りに空気流を主制御信号にとることもあるが、その場合はダイヤフラムに主制御信号導管にそう入したオリフィスの差圧をとる)

一方マスタ コントローラの比率設定部は、これを調整することにより、負荷の検出量と出力空気圧との比率を変更することに使用される。

ハ) 主管蒸気圧力一定方式

(第31図)

前述のように缶胴圧を一定に保つべき供給熱量に相応した信号空気は、負荷に比例した主制御信号を缶胴圧で再調整することであったが、ここで再調整のための信号に主管蒸気圧力とその設定値との偏差を取れば、主制御信号は主管蒸気圧力を一定に保つためのものとなる。この場合蒸気流量を計測すれば、負荷変動を最も早く知ることができるので、ある平衡状態からの負荷変動に応じた燃料量にいち早く調整する。したがって主管蒸気圧力の変動のための補正用信号としては比例動作と、比例動作のオフセットを消す積分動作との複合信号とすることにより行われる。

ニ) 近似的主管蒸気圧力一定方式

前記した缶胴圧一定方式を換言すると、この方法もまた主管蒸気圧力を一定に保持するように作動するのであるが、主制御装置が比例動作であるため、負荷によってオフセットを生ずる。一方ボイラ固有の、負荷による缶胴圧に対する主管蒸気圧力の圧力降下がある。そこでオフセット量と圧力降下量とを合すると主管蒸気圧力を制御するにかかわらず、缶胴圧が一定となるのである。したがって、オフセット量を減少せしめるようにすれば、主管蒸気圧力を近似的に一定とすることができる。

これを行うためには、マスタ コントローラの比率設定部を調整し、第32図左のような特性を、第32図右の

(第32図)

ように缶胴圧が負荷と共に直線的に増大する特性とすればよい。

本法は簡単確実であるから、ボイラ特性または主管蒸気圧に対する許容誤差範囲によっては有効な手段である

B 燃料制御装置

燃料コントローラは、主制御信号または燃焼空気量を検出して、この制御信号と一定比率の燃料供給量となるように燃料調節装置を作動する。

燃焼装置の構造により、調節方法及び燃料量の測定方法は種々異なるが一般的には第1表のようになる。

C 燃焼空気制御装置

燃焼空気コントローラは、燃料量信号または主制御信号を受け、これに比例した燃焼空気量とするように作動する。したがってコントローラは比率型のものを使用する。

燃焼空気量の計測には、空気予熱器前後の空気圧力差を利用することが最も良く利用されるが、空気予熱器のない場合、または他の系より計測されない不定量の冷風が流入するようなボイラにあっては、火炉内2点の差圧を取り、廃ガス量を計測して代用することがある。この場合はすすの付着による火炉内の状態変化、スートブロによる影響を考慮して検出点の選定には十分な注意を必要とする。なお特殊の場合には、送風管に絞りのあるいはベンチュリをそう入することがある。

一方風量の調節は送風機のダンパ、ベーンを操作するのが一般であるが回転制御（モータ変速抵抗、タービンの蒸気量調節等）を行うこともある。この場合ダンパ、ベーンによる操作の応答は早く積分制御が適するが、回

転制御の場合は送風機の慣性を考慮しなければならぬ。またダンパ、ベーンと回転制御とを連動することもできる。（電気的方法と油圧のみの場合とがある）

2種以上の燃料を使用するボイラにあっては、燃料によって過剰空気率が異なるので、その場合は、各燃料量に必要な空気量に比例した空気流を演算コントローラによって作り（比率コントローラを使用する）この演算空気流を1本の管にまとめて計測し、燃焼空気コントローラの制御信号とする。

D 炉内圧制御装置

炉内圧力を一定に保持することは、焔の噴出する危険を防止し、一方炉壁その他よりの凝洩、冷風の侵入を防いで炉の冷却を防止し、燃焼を安定と共に炉の効率をあげる等の効果がある。油圧式制御装置は検出おくれがなく、かつ大きな操作速度を有しているので、空気式とは異なり、各制御系とは独立して行う。

火炉容積の極めて大きなボイラ及び廃ガスの通路に種々の抵抗があって炉内圧制御系にむだ時間の大きなもの等にあつては油圧式復原装置を付して比例積分動作とするか、炉内圧コントローラに主制御信号を導くことがある。廃ガスの排出量調節は燃焼空気制御の場合と同様に行う。

2) 制 御 例

スプレッドストーカ焚ボイラに対する燃焼制御の例を第33図に示す。

a) 主 制 御 装 置

(第 1 表)

燃 料 の 種 類		調 節 端	制御量の計測法 コントローラへの復原信号
(1)	ガ ス	弁 ダ ン パ	オリフィス等の絞り前後の差圧
(2)	重 油 そ の 他 燃 料 油	弁 アスカニア定流量弁 “フルクサ”	a) 流量トランスミッタよりの空気圧 b) “フルクサ”の弁開度（空気式復原装置よりの空気圧） c) 還油側弁前の圧力
(3)	ス ト ー カ	駆動モータの変速機 炭 層 の 厚 み	a) メジャリング プロアの空気圧 b) メジャリング コンプレッサの空気流 c) 変速機のレバ位置（空気式復原装置よりの空気圧） d) 堰の位置
微 粉 炭	(4) 中央貯炭倉	給 炭 機 変 速 機	(3) a), b) に同じ
	(5) 直結ミル	給 炭 機 変 速 機 排 炭 機 ダ ン パ 排 炭 機 回 転 数	(3) a), b) に同じ ダンパ位置（空気式復原装置よりの空気圧） (3) a), b) に同じ 一次通風量（オリフィス）

注 1. 蒸気噴霧重油燃焼の場合は噴霧蒸気圧力制御を必要とする

2. 微粉炭燃焼の場合はミルの制御として、ミルドラフトミル出口温度及びコールレベル制御を必要とする

(第 33 図)

マスタコントローラ 1a) は蒸気溜圧力を検出し、設定値との偏差に比例した空気圧を発生する。本制御は缶胴圧一定方式である。

b) 全空気制御装置

全空気コントローラ 2a) は主制御信号を受け、これに相応した全空気量となるよう、操作ピストン 2b) により、強圧通風機ダンバを操作する。

c) 燃料制御装置

燃料コントローラ 3a) は全空気量に相応した燃料供給量となるよう操作ピストン 3b) により給炭量調節レバを操作する。給炭量は調節レバ位置に比例して変化するので、レバ位置を空気式復原装置 3d) により空気圧とし、コントローラの復原信号とする。

d) 二次空気量制御装置

二次空気コントローラ 4a) は全空気と二次空気との流量比率を一定に保つよう、操作ピストン 4b) により二次通風機ダンバを操作する。

一般に石炭燃料に対しては二次空気の制御を行うことが極めて効果的である。

e) 炉内圧制御装置

炉内圧コントローラ 5a) は誘引通風機ダンバを操作ピストン 5b) により操作し、炉内圧力を一定に保持する。

以上の外、給水制御装置が設置される。

(2) 布張力制御装置

繊維機械の布の各種処理工程において布の張力を一定に保つことは製品の均質、保全のため重要なものである。これと同様のことは製紙、製鉄関係にも見られ、種々の制御方法があるが、操作の確実な油圧式の一例について、その系統図を第 34 図に示し作動を概説する。

張力の検出方法として、本図ではテンションローラ

(第 34 図)

(A) を設け、布の張力 (T) によってテンションローラに生ずる力 (F) を圧力変換器 1d) により油圧 (p) に変換する。

この場合もちろん下式が成立する。

$$F = T \cos \theta, \quad F \propto p$$

ただし、テンションローラの自重等はバネによりあらかじめ補正して置くこともできる。

ここで θ は一定であるから布の張力は変換された油圧 p に比例する。したがってコントローラ 1a) は油圧 p を制御信号として、これを一定に保つように張力を調節する部分を操作すれば良い。一般に張力を支配するものは駆動ローラのモータ速度である。そこで、コントローラよりの制御信号により操作ピストン 1b) はモータ変速装置の変速レバ 1e) を操作する。

一般にモータ変速は慣性による遅れが多いので、コントローラの制御動作は比例積分動作として、安定かつオフセットのない制御結果を得る。

1c) は手動、自動の切換と手動操作を行うための手動、自動切換コックである。

(3) 布の乾燥度制御装置

布の連続処理工程において、その最終段階における乾燥度を一定に保持することは極めて重要である。ここではローラドライヤによる布の乾燥装置における制御について第 35 図に系統図を示し概説する。

ここで最大の要点は連続にかなりの速度で走っている布の湿度をいかに測定するかにある。

一般に考えられることは、湿度と電気伝導度の関係であるが、これは常に布に接触せねばならず、かつ布の厚み、品質による誤差を受け、また計測用の各機器が繊細であることからあまり好ましくない。

また製品の湿度を測定してから、乾燥装置の調整を行っても、乾燥機を出た布の湿度は如何ともし難い。となれば、乾燥機に入る布の湿度を測定し、それによって乾燥機の調整を行うことが必要である。

本制御においては直接湿度を測定せず、間接的に測定する方法を示す。

すなわち、任意のパイロット ロールを選び、このローラ内の蒸気圧力を常に一定に保つように流入蒸気量を調節する。布の湿度によってローラ表面より奪われる熱量が定まり、この奪われる熱量とローラ内に生ずる凝結水量とが対応する。この凝結水の多寡により、ローラ内圧力を一定に保持するための蒸気流量が変化することは明らかである。

すなわち、布の湿度は蒸気流量に変換されるわけである。ここで制御装置としては、パイロット ロールに流れる蒸気流量に比例して、残りのローラに供給する蒸気量を調節すれば良い。

本方法によれば、計測は圧力と流量と云う極めて応答の早い一般的なものであるから、制御装置は単純化される利点がある。

(第 35 図)

図においてコントローラ 1a) はパイロット ロールの圧力を計測してこれを一定に保持するように、操作ピス

トン 1b) により、蒸気圧力調節弁 1d) を操作する。かくすることによりパイロット ロールにおける布の湿度が高い程パイロット ロールに流入する蒸気量は増大する。一方この布を最終段階において一定の湿度とするためには途中のローラにおける乾燥度を大とせねばならない。

そこでコントローラ 2a) はパイロット ロール流入蒸気量をオリフィス プレート 2e) により検出し、残りの乾燥ローラにおける蒸気圧力が、蒸気流量と一定比率に保たれるごとく、操作ピストン 2b) により、蒸気圧力調節弁 2d) を操作する。

なお一般に、この種工場における元蒸気圧力は、他のバッチ プロセス工程の影響を受け、変動が大きい。そこで乾燥制御装置の制御系を安定にするため、蒸気圧力制御装置を付けることが望ましい。

コントローラ 3a) は蒸気主管の圧力を検出しこれを一定に保持するよう、操作ピストン 3b) により圧力調節弁 3d) を操作する。

乾燥ローラが多数あり、これらが数群に分れている場合は、第1段加熱ローラにおける凝結水をフラッシュタンクにより減圧して再蒸発せしめて、次段の加熱ローラの熱源に使用して熱経済を計ることがある。

(4) 布のエッジ ポジション制御装置

布の染色工程の後における伸子機の伸子針が布の耳端より一定の距離に連続的に植えられるようにすることは布の品質上重要な問題である。

また染色、印刷等の工程においても、布の耳を印刷機より一定の位置にあるようにすることもしばしば要求される。

この制御装置において問題となることは、第1に布の耳端位置の検出であり、第2に調節端の位置と検出位置との関係である。

端位置の検出方法としてはかなりの速度で走っている布であるから、直接機械的方法により測定することは困難である。この場合最も良く行われる方法は、空気ジェットによる方法と光電管による方法とがある。

後者は第36図に示すようにスリットを通して光を投射し、これを光電管で受けるのであるが、この装置を固定して、投光器と光電

(第 36 図)

管との間に布を走らせれば、光電管の受光量を検出する

ことにより、布の耳端位置を検出することができる。この場合布の走行方向と直角方向の変位に対する感度を高めるために、その方向に細長いスリットを設け光源よりの光束を整える。

この光電式は感度が良いが、検出後の処理方法が複雑となり、一方布の光に対する透過率、検出部付近の照度の変化等に対する補償を必要とする。

空気式方法は、空気噴出管より空気を噴出し、これを同様な空気管に受けるが、電気式と同様に2個の空気管の間に布を走らせる。この場合噴出部の形状が、円形とスリットとがあり、噴出口に対する耳端の位置と受流空気圧の関係は第37図

図より明らかなように、円形の場合は比例帯が狭いので、耳端位置の少しの変動に対しても受流圧が大きく変動するので耳端の変動

の多いものにはハンチングを生ずる恐れがあるので、この検出部は耳端がうねりのように長い周期で変動するものに適する。一方スリット型は円形と逆で、耳端が短周期で変動するものに適する。

コントローラは上記、布の耳端位置に比例した空気圧を受けこれを一定値に保つように操作ピストンにより調節部を操作する。

(第38図)

第38図は検出部1d)を装置に固定し、この検出部に対して一定関係の位置を布の耳端が走るようにコントローラ1a)よりの操作信号により操作ピストン1b)が巻取られる側のローラを移動するものである。この方法により耳端位置の $\pm 25 \text{ mm}$ の変動のあるものを $\pm 0.5 \text{ mm}$ 以内の変動に収めることができる。この場合の走行速度は約1.5

(第39図)

第39図は布の乾燥に際して布巾を一定に保ちかつ伸子張効果を出す機械において、伸子針が布の耳端より常に一定距離に針を植えるようにするための制御装置である。

本伸子張機は、数本の針を有するブロックAが多数、無限軌道式に連り、これが矢印の方向に連続的に移動する。これらは回転中心Xを軸として回転することができる台Bに取付けられている。この無限軌道は2組で一式となり、その間隔は布の入り口 W_1 より出口 W_0 の方が広く、ここで布を所定の巾に張り、その巾で乾燥機に送入するのである。

したがってこの場合、検出部は台Bに取付けられ、これが布の耳端より一定距離にあるように、台Bを移動すればよい。

図において1d)はスリット型空気式検出部でこれよりの空気圧を受けたコントローラ1a)はこの空気圧を一定に、すなわち布の耳端位置と一定関係位置にあるように操作ピストン1b)により台Bを操作する。これは左右独立して個々に行う。

(第40図)

m/s である。

京都市内某染色工業における制御結果を第40図に示す。

5. 結 言

以上自動制御の基礎概念より、油圧式制御装置の概説とその応用例の一部を述べたが、制御装置はほとんどあらゆる制御が可能であるので、制御の目的とそれに要求する精度を明確にし、かつ保守の容易なものを選定することが重要である。

従来繊維機械には、簡単な自力式制御装置を採用して来たため、所要の目的を達し得られなかったことが多々あったように見受けられる。本稿が今後の自動化に多少とも参考となれば幸である。

参 考 文 献

- 1) 寒川：自動制御の理論と実際
- 2) 伊沢：自動制御入門
- 3) A. J. Young, 増潤訳：プロセス制御系の設計
- 4) G. Bünsch: Das Regel-Einmaleins Askania-Warte NR. 46~48
- 5) H. Conzen: Regler für Papiertrocknung und Sieblauf bei Papiermaschinen Askania-Sonderdruck R 1292
- 6) H. B. Koch: Gleichlaufregelung von Mehrmotorenantrieben an Papiermaschinen Askania-Sonderdruck R 1293

海 外 資 料 研 究 部 会 員 募 集

海外文献の抄録紹介は少なからず見受けられるが、理論的な又実際のにとまった研究の翻訳紹介は非常に少ない。本会はこの点に重点を置いて「海外資料研究部会」を設置し、毎月「海外繊維技術文献集」を刊行、各種繊維原料から染色仕上に至るまで多数の論文を紹介し、斯界に好評を博しております。この際御入会をお薦めします。

★ 会 費 1ヶ月 180円

★ 入会手続は本会にお問合せ下さい

第 6 9 号 (1957-7) 内 容 目 次

セルローズ誘導体の汙過の研究	Ann. Scient. Text. Belges, 1956-3
インストロン引張試験の始動停止時の振動	J. Text. Inst., 1956-2
梳毛オープン練条および精紡の検討	国際羊毛研究会議録, 1955
梳毛工程特にカードおよびコーマにおける繊維のフック	国際羊毛研究会議録, 1955
デクロンの染色におけるキャリヤの作用	Text. Res. J., 1957-5