



## ポンプの自動運転, 自動制御 (その1)

### (1) 自動運転

生 駒 進\*

#### I. ポンプの自動運転とは

最近, 各地でまた各分野でポンプが多く使用されてきたが, 作業人員の不足と, 作業全体の能率から考えて, ポンプ設備の操作要員も当然減らす必要が出てきた。そこで, 今まで, 人手で操作していたポンプも, 機械で自動運転を行なうようになった。

自動運転の立場から, ポンプの操作を分類すると, 一つは呼び水系統の自動運転(呼び水連動), 一つは流量制御というふうに分けて考えられる。

呼び水の自動運転とは, 呼び水操作および運転までに必要な準備動作を順序を決めて, 機械的電氣的に動作を確認しながら呼び水の連動動作を行なう。電動機が運転に入ると順次動作が自動的に操作してポンプが正規運転の状態となる。また停止する場合も正規運転より停止まで動作が自動的に動作する。

流量制御とは, 元来ポンプは水を送水する機械であるから, 揚水ポンプでは, 使用する水量に見合うように, 必要なポンプの台数を決めるとか, 弁の開度を調節するとか, あるいは配管の長さ, 使用目的によっては回転数を変更して圧力を調節することである。また排水ポンプの場合には流れてくる水量に見合うように, ポンプの運転方法を決めることである。

自動制御方式では, これらの調節作用をそれぞれ必要な計器を使用して, 自動的に運転状態を調節して行く方法である。

なお自動運転に関して一人制御方式, 遠隔制御方式, 全自動方式などの言葉が使用されている。

##### 1. 一人制御方式(ワンマンコントロール)

ポンプ機場の操作室や配電盤室にある操作盤または, 配電盤の操作スイッチを一動作するだけで, ポンプの起動, 停止操作を行なうもので前記の呼び水の自動運転を行なうものである。また運転中は各種の保護装置, 計器の指示により, 操作員が各種の機器を操作, 監視する。

\* 久保田鉄工株式会社 ポンプ技術部

なお, この場合現場には, 試運転, 調整, 補機の単独運転のできるように現場操作盤を置くのがふつうである。このようなケースは, 流量の制御については自動とならず人による手動操作である。しかし, 一人制御の場合でも一部にフィードバックを伴う自動調節操作, すなわち自動制御を組入れる場合もある。

##### 2. 遠隔制御方式

内容については1人制御方式と同様であるが, ポンプ場は無人で遠方より操作する方法である。

##### 3. 全自動方式(ノーマンコントロール)

人による操作, 調節がなく, すべて機械が行なうものをいう。先の呼び水関係を自動的に行なうばかりでなく, 送水する流量の制御に関する諸調節をも計器によりフィードバックして完全に自動化したものである。

しかし, この全自動方式でも, 小形のポンプでは簡単な運転方法がある。また切替えにより1人制御, 単独運転もできるようにする。

##### 4. 保護装置

自動運転を行なうに当たっては, 各種の保護装置が必要である。

(1) 起動条件 ポンプの種類, 原動機の種類などにより異なるが一般には表-1に示すような起動のインターロックが必要である。

表-1 起動条件

条 件	横 軸		立 軸
	吸込み	押込み	
補水ソウ水位が規定以上のこと	○		
他のポンプが起動中でないこと	○	○	○
起動装置が起動位置にあること	○	○	○
吐出制水弁が全閉であること	○	○	○
封水および潤滑水が確保されていること	○		○
ポンプ吸込み水位が規定以上あること	○	○	○
保護継電器が作動していないこと	○	○	○
ポンプが満水していること	○	○	

(2) 故障対策 故障の種類もポンプ形式, 原動機の種類により異なるが, ポンプ系統または電気系統に重大

な故障が発生し、ただちにポンプを非常停止しなければならぬ重故障と、非常停止する必要はないが保守員に警報を発生し注意を喚起する軽故障に分けられる。

故障の一般的なものを次に掲げる。

表-2 主ポンプ関係故障

項目	故障の種類	横軸		立軸	警報
		吸込み	押込み		
重故障	吸水位異常低下	○	○	○	ベル
	起動渋滞	○	○	○	
	無送水 (空運転)	○			
	軸受温度異常上昇 軸受潤滑水断水			○ ○	
軽故障	吸水位低下	○	○	○	ブザー
	補水ソウ水位低下	○			
	高架水ソウ水位低下	○	○		

表-3 原動機関係故障

項目	故障の種類	横軸	立軸	警報
重故障	過電圧 (過負荷)	○	○	ベル
	低電圧 (停電)	○	○	
	軸受潤滑水断水		○	
	軸受温度異常上昇		○	
エンジン	過速度	○		ベル
	冷却水断水	○		
	冷却水温度異常上昇	○		
	潤滑油圧異常低下 起動渋滞	○		
減速機	軸受温度異常上昇		○	ベル
	潤滑油圧異常低下	○	○	
軽故障	減速機潤滑油温度上昇	○	○	ブザー
	空気圧縮機圧力低下	○	○	
	燃料小出ソウ油面低下	○	○	
	圧油ソウ圧力低下	○	○	

II. 機種別の呼び水自動運転

1. フート弁のあるポンプ

フート弁を設けて満水状態にするものの中、小形ポンプ設備に多く用いられるが、それには次のような方法がある。(図-1)

1) バイパス管を設けて吐出管内の水で満水する方法

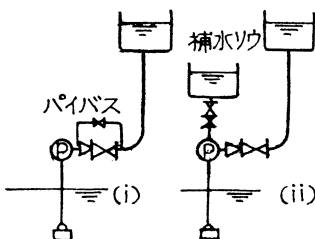


図-1

2) 補水からの水で満水する方法

(1) バイパス管により満水する方法 この場合は、吐出し側に水が必ずあることが条件となるので、ポンプ停止中でも、ポンプのグランド部やフート弁のシートに吐出し側の静止圧が働き、それらの損傷を早めることがあるので注意を要する。

(2) 補水ソウによる方法 グランド封水用とも兼用でき、数台のポンプがある場合でも一つの水ソウにまとめられる。

補水ソウへの給水はボールタップを介して、水道水を用いるとか、吐出し管からとるか (多段ポンプなどでポンプの吐出し圧が高い場合は、ボールタップの耐圧に注意) もしくは別置の給水ポンプを用いる。

満水用補水ソウの設置高さは、ポンプの最高部から、補水管路の抵抗分だけ高くすればよい。

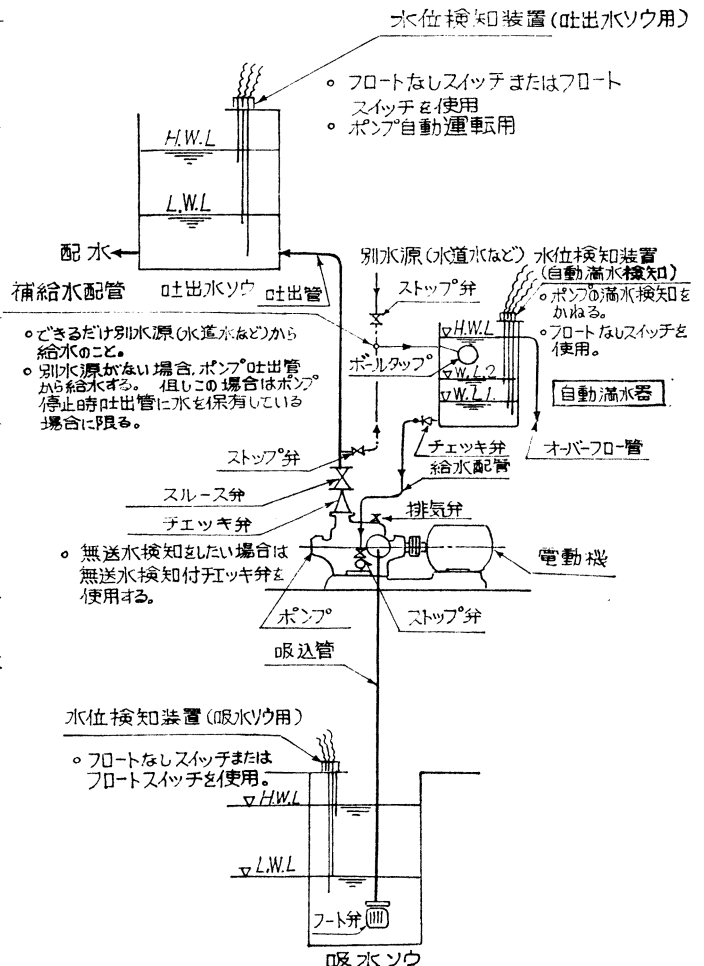


図-2 給水の自動運転 (吐出しソウ水位による自動運転)

(3) フローシート 次にフート弁のあるポンプの1人制御のフローシートの一例を示す(図-2)。

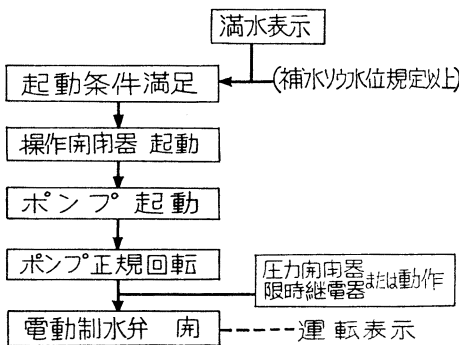
動作の順序

- (a) 起動(補水ソウ水位が規定以上あること。満水表示)
  - イ 起動条件が満足していることにより「起動条件満足」表示灯点灯。
  - ロ 操作開閉器を「起動」側に投入。(以下自動)
  - ハ ポンプ起動
  - ニ ポンプ正規回転。限時継電器により一定時間自己保持させるか、または圧力開閉器により締切規定圧力検知。
  - ホ 電動制水弁開→全開
- (b) 停止
  - イ 操作開閉器を「停止」側に投入。
  - ロ 電動制水弁閉→全閉
  - ハ ポンプ停止。補水ソウ水位規定以上あること。
- (4) 作動図 作動順序を図示すると、図-3のようになる。

2. フート弁のないポンプ

(1) ポンプの呼び水について 横軸両吸込みポリュームポンプ、横軸斜流および軸流ポンプなど、中大形ポンプは通常吸水面より高い位置に据付られることが多いので、ポンプの起動に際しては呼水装置が必要になる。横軸両吸込みポリュームポンプと横軸斜流ポンプの呼

起動



停止

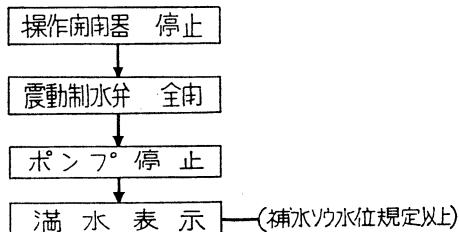


図-3

び水方法は大体同じであるが、軸流ポンプはその特性上吐出弁の締切運転ができないので、吐出弁は開放のままポンプの起動停止を行なう。したがって吐出弁を開放のまま呼び水操作が行なえるよう吐出管端にはフラップ弁を取付け、吐出し水ソウには水タメを設けてフラップ弁の気密を完全に保持できるよう考慮しなければならない。

(2) 呼び水装置について 主ポンプの呼び水には回転式水封真空ポンプが多く用いられる。真空ポンプには補水ソウが設けられ、真空ポンプの補水と冷却を行なう。自動運転を行なう場合は、補水ソウにボールタップを設け、別水源から導水して常時規定の水位を保たせるようにする。

また補水ソウには液面リレーを取付け、万一補水ソウ水位が規定以下になった場合は、警報を発生し運転ができないようインターロックする。

(3) 注水ポンプについて 400φ程度以上のポンプでは、起動時グラウンド部に注水を行ない、空気の侵入を防止する必要がある。また軸斜流ポンプのような低揚程ポンプでは、主ポンプ起動後も自圧水に切替えることができないので、常時注水ポンプが必要となる。ただし、水道水など別途圧力水が得られる場合は、注水ポンプは不要である。

注水ポンプの運転は、注水ポンプ用高架水ソウを設け高架水ソウ水位による自動運転を行なうか、または、水中ポンプとして、主ポンプと連動して起動停止させる方法でもよい。

(4) 吐出弁 吐出弁には制水弁が多く使用されるが、軸斜流ポンプには蝶形弁もよく用いられる。

手動運転の場合は、吐出弁も手動操作でよいが、口径が大きくなると開閉に時間がかかるので、手動運転の場合でも電動式とする。

遠方操作の場合は、電気式開度計を取付けて操作盤に弁開度を表示するようにする。

(5) ポンプの運転操作

1. 手動運転 ポンプの運転操作は、大別すると、(イ) 呼水操作、(ロ) 電動機の運転、(ハ) 吐出弁操作に分けられる。

手動運転では、これらの操作を各操作開閉器により、単独に操作を行なうものである。

2. 1人制御(連動運転) 1人制御方式では、操作開閉器を1回操作するだけで、呼び水操作、電動機の運転操作、吐出弁操作を自動的に連動して行なう。

次に横軸ポリュームポンプ1人制御のフローシートの一例を示す(図-4)。

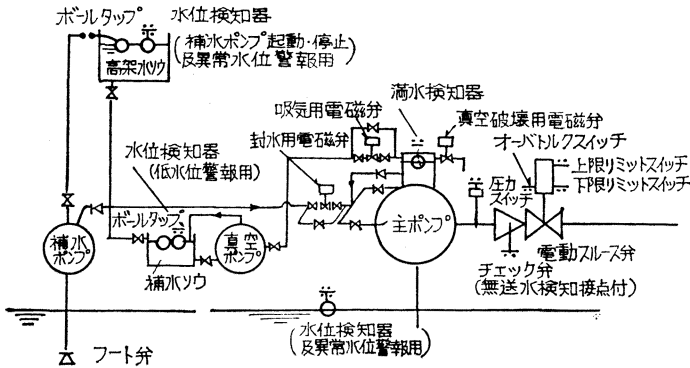


図-4 中大型ポンプの系統図

起動順序

- (イ) 起動条件満足により, 表示灯点灯
- (ロ) 満水表示灯確認の上, 運転操作開閉器 入
- (ハ) 真空ポンプ起動
- (ニ) 吸気用および封水用電磁弁 開
- (ホ) ポンプ満水により, 満水検知器 作動
- (ヘ) 主ポンプ起動 (巻線形電動機の場合は, 電動式起動制御器の作動, 短絡装置の作動, 刷子引上装置の作動が, 順次自動的に行なわれる。また籠形電動機の場合は, 一△スイッチ, リアクター, あるいは, 起動補償器などが作動する。)
- (ト) 主ポンプ全速回転
- (チ) 真空ポンプ 停止
- (リ) 同時に吸気用電磁弁 閉 (グラント封水が自圧水切替の場合は, 封水用電磁弁が閉になり, 自圧水側の逆止弁が開いて自動的に自圧水に切替る。)
- (ニ) 規定の締切圧により, 圧力スイッチ 作動
- (ロ) 吐出電動弁 開
- (イ) 送水

停止順序

- (イ) 運転操作開閉器 切
- (ロ) 吐出電動弁 全閉
- (ハ) 主ポンプ 停止
- (ニ) 別途水源によるグラント封水の場合 封水用電磁弁 閉
- (ホ) 起動器が起動位置に復帰

非常停止の場合 (主ポンプ停止と同時に, 吐出弁が閉の方向に作動する。)

停電の場合 (停電によりポンプが停止した場合は, 電源復帰後, 吐出電動弁が閉の方向に作動

するとともに, 主ポンプ用電動機の起動器が起動位置に復帰する。)

3. 立軸ポンプの自動運転

立軸ポンプの形式は大きく分けて, ① ソウ内型立軸ポンプ ② ソウ外型立軸ポンプ に分けられる。① の形式はもっともよく使用される形式であり, 軸流形の低揚程から多段にすることにより 100m 以上の高揚程の用途にも使用される。② の形式は下水道, 上水道, 工業用水道などに最近よく使用されている形式で, 羽根車, ケーシングなどの主要部

が水没しないので, 保守点検が容易, 軸受が水中にないため軸受寿命が長いなどの長所があるが, 土木構造が複雑, スペースを大きくとる点が欠点である。

運転方法を①②の2種類に分けて述べる。

(1) ソウ内型立軸ポンプの自動運転

1) 起動順序

- イ ポンプ起動指令 (起動条件満足により以下の順序で自動起動する)
- ロ 給水ポンプ起動→給水電磁弁開
- ハ 流水継電器作動
- ニ 限時継電器作動
- ホ 主ポンプ起動→全速運転
- ヘ 電動吐出弁開→全開

2) 停止順序

- イ ポンプ停止指令
- ロ 電動吐出弁閉→全閉
- ハ 主ポンプ停止→起動器起動位置に復帰
- ニ 限時継電器作動
- ホ 給水電磁弁閉→給水ポンプ停止

水中軸受潤滑方法には水と油の二つの方法があるが, 油は水にくらべ信頼性の点で劣るので, ここでは水潤滑の場合について述べる。なお水潤滑の場合に揚水がきれいな水であれば, 起動時のみ他水源の水を使用し, 運転中は自己潤滑とすることができる。

軸流ポンプの場合に注意すべき点は

1) 締切り運転ができないので, 吐出弁を全開した上で起動しなければならない。

2) 軸流ポンプは低揚程の場合が多いので, サイホン配管において, ポンプ起動時にサイホンを形成するだけの揚水を確保する必要がある (目安として計画水量の70% 以上必要)。

もし不足すれば床面を下げるか、または真空ポンプで満水した後ポンプを起動する必要がある。

3) 起動条件、保護装置については前項参照のこと。

## (2) ソウ外型立軸ポンプの自動運転

### 1) 起動順序

- イ ポンプ起動指令（起動条件満足により、以下の順序で自動起動する）
- ロ 封水ポンプ起動→封水電磁弁開  
（揚水が清水の時は不要）
- ハ 主ポンプ起動→全速運転
- ニ 電動吐出弁開→全開

### 2) 停止順序

- イ ポンプ停止指令
- ロ 電動吐出弁閉→全閉
- ハ 主ポンプ停止→起動器起動位置に復帰
- ニ 封水電磁弁閉→封水ポンプ停止

## III. ディーゼル機関掛の自動運転

ポンプの原動機はほとんどが電動機で、商用電源がない場合とか、洪水時に活躍する排水ポンプの場合にはディーゼル機関を使用せざるを得ない。ポンプとの連結は横軸ポンプとは直結あるいは減速機掛け（偏心形または遊星形）、立軸ポンプとは傘歯車減速機掛けにて行なう。運転方法の内ポンプの運転方法は前項で述べているので、ここでは、ディーゼル機関の自動運転方法について述べる。

ディーゼル機関の起動方式には

圧縮空気式、電気式の2種類がある。

このうち圧縮空気は6気筒以上の機関によく使用される。電気式は5気筒以下の小馬力の機関に使用され、起動が容易で機構が簡単な点に特徴がある。

### 1. ディーゼル機関用補機

ディーゼル機関の運転には次のような補機が必要であり、排水ポンプなど停電時にも運転しなければならない場合には、補機を駆動するための自家発電設備が必要である。

(1) 空気圧縮機（圧縮空気の場合） ディーゼル機関始動用の圧縮空気を供給するもので、運転は空気ソウの圧力により起動停止して自動的に充填する。

(2) 燃料移送ポンプ ディーゼル機関の燃料を屋外重油ソウから室内の燃料小出しソウへ輸送するもので、運転は小出しソウ油面により、起動停止して自動的に補充する。

(3) 冷却水ポンプ ディーゼル機関の冷却水を供給するポンプで、機関の運転と連動して運転する。このポ

ンプは冷却水源が押し込みで供給される場合は機関内蔵のポンプで間に合うので不要である。機関出力が大きくなり、冷却水（清水）が大量に確保できない場合には、清水冷却器を設けて、1次冷却水（清水）は循環して使用し、2次冷却水は河川水などを使用すれば長時間の運転ができる。この場合は2次冷却水供給用のポンプが必要となる。

(4) 直流電源 直流電源は ①停電時にも確実に作動させるための操作電源用 ②電気始動の場合の電源用 ③起動性能を向上させるための機関予熱用、などのために必要で、直流電源は常に規定電圧を確保するよう自動充電させておく。

(5) 減速機起動時潤滑油ポンプ 原動機がディーゼル機関の場合には、ポンプとの間に減速機を使用することが多い。減速機が強制潤滑の場合には起動前に歯面、軸受に潤滑するため起動時潤滑油ポンプを設け、主ポンプと連動して運転する。

## 2. 圧縮空気始動

### (1) 起動順序

- イ 機関起動指令（起動条件満足により以下の順序で自動起動する）
- ロ 始動用高圧空気電磁弁が開き、注油筒を作動させ、機関各部へ潤滑油を行きわたらせる。
- ハ 冷却水電磁弁開
- ニ 機関が着火し、回転数が250~300rpmに上昇すると、速度継電器の作動により高圧空気電磁弁を閉じ、始動空気の補給をシャ断する。
- ホ 機関が規定回転数に達し、起動完了。

なお始動用高圧空気電磁弁が開き、一定時限経過しても機関が着火せず回転数が300rpmに達しない時は高圧電磁弁を閉じ、故障表示、警報を行なう。

### (2) 停止順序

- イ 機関停止指令
- ロ 燃料シャ断ソレノイド励磁し、一定時限燃料をシャ断し、機関を停止させる。

### (3) フローシート（図-5）

## 3. 電気始動

### (1) 起動順序

- イ 機関起動指令（起動条件満足により以下の順序で自動起動する）
- ロ 冷却水電磁弁開
- ハ 燃料シャ断用ソレノイドを励磁し、燃料供給を一定時限シャ断する。
- ニ ハと同時にセルモーターを一定時間作動させ、機関各部へ潤滑油を行きわたらせる。

