

坑内排水ポンプの自動運転

寺 田 進*

Automatic Running of Mine Drainage Pumps

By Susumu Terada
Kameari Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In the present article, the writer deals with several problems concerning automatic running of drainage pumps for coal or metal mine service. Those problems are directly concerned with the mechanical functions of the pump but not with its electrical phase, as listed below:

- (1) The purpose and history of automatic running of mine drainage pumps.
- (2) Some fundamental conditions for the selection of automatic running methods.
- (3) Classification of automatic running methods.
- (4) Prospect of the automatic running of mine drainage pumps.
- (5) Common problems. Under this item, emphasis is placed especially on the following points:
 - a. In mine drainage pumping, electrically operated sluice valves are not always necessary.
 - b. The use of check valve combined with slow closing bypath valve is recommended for the prevention of water hammer.
 - c. As for the prevention of nondischarge running of the pump, the writer recommends to use check valve with contact type relay.

Further, the writer expects that an ideal method of automatic running may be developed on the strength of bore hole type turbine pumps driven by underwater motors of perfect waterproof type.

〔I〕 緒 言

炭坑または金属鉱山の坑内排水ポンプの自動運転に関する問題のうち、電氣的の事柄を除いた、直接ポンプに関するることについて、少しばかり述べてみよう。

〔II〕 坑内排水ポンプ運転の自動化の目的と歴史

第1表(次頁参照)は昭和8年頃、九州の某炭坑において、1箇年以上連続して、ポンプを自動運転したときの実績である。動力費の低減とともに人件費の節約の上に効果のあつたことがわかる。

昭和の始め頃の不況のどん底において、経営の合理化に心を砕いていた関係者が、当時のアメリカの坑内排水ポンプの自動化の紹介記事などに刺激されて、国内での

自動化を計画し、水力発電所の自動化に成功していた製作所の技師達が設計を引受けて、南や北の炭坑の諸所に自動化が実施された。

しかし、この自動化の傾向は、その後はさほど発展せず、大抵の坑内では、吸水バックの水面の昇降に応ずるフロート式開閉器の働きによる自動起動ならびに停止を行うのがせいぜいの程度で、それさえも行われなような主排水ポンプも多いのが、その後現在までの実相である。

坑内排水ポンプを自動運転化する目的は、運転動力費を減らし、ポンプの故障を未然に防いで排水作業を確実にならしめ、ついで人件費の節約をも企てようというのにあるが、それを今少しく詳しく述べてみると、

(1) 運転動力費

坑内の湧水は、季節的の変化や、不時の出水の場合を除けば、時間的にはあまり変化しないから、適当な容量

* 日立製作所亀有工場

第1表 坑内排水ポンプ自動運転の効果
Table 1. Effects of Automatic Running of Mine Drainage Pumps

箇所 ポンプ	および 馬力	新中段ポンプ 30 HP	十八中段ポンプ 30 HP	二十八中段ポンプ 25 HP	坑外排水ポンプ 125 HP	坑底排水ポンプ 260 HP×2台
1日平均電力使用量 (kWh)	自動化前	460	456	121	2,120	6,552
	自動化後	330	395	88	1,620	5,740
	節約量	130	61	33	500	812
	電力節約率 (%)	28.3	13.4	27.3	24.0	12.4
	1箇年電力節約量 (kWh)	47,450	22,265	12,045	132,500	296,380
	1日電力節約額 (円)	2.60	1.22	0.66	10.00	16.24
	1日工賃節約額 (円)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
	1箇年電力および工賃節約額 (円)	1,862	1,378	1,153	4,563	6,840

の吸水バックを作つてそこに集め、平均湧水量よりも大きな排水能力を持つポンプ2台以上を据付けておいて、常時はそのおのおのをそれぞれの最高効率の点で間歇的に全力運転させれば、単位排水量当りの電力量を軽減することができる。ところが、吸水バック水面の昇降に応じた手動の起動、停止法に頼っていると、吸水バックの面積の小さいときには、その起動、停止の操作のひんぱんさその他に負けて、排水量を湧水量に一致または接近させるように、ポンプの制水弁を中途まで絞つておいて運転するようになり勝ちなのも人情のやむをえないことであろうが、結果として、ポンプを低効率のところでも運転しかつ弁で圧力を殺して使うための損失なども生じて、電力量はぐんと殖えてくる。これに反して、吸水面の昇降に応じた正直な自動運転法を採用すれば、間歇式の全力運転を確実に行うことができるので、大きな利益をうることが容易である。

(2) 保安

これは坑内機械として最も大切なことであるが、炭塵や酸性や沈澱成分などを含む悪質の湧水を扱うことの多い坑内排水ポンプは、故障の生じやすい要素を多量に持つている。馴れて熱心な運転作業員が取扱えば、各種のポンプ事故はそれらが発生してポンプの運転を長時間にわたつて停めるといふことのないうちに未然に防ぐことも容易であるが、人手が足らなかつたり、注意が不足したりすると、つい事故を生じてから気が付き、損傷を拡大してしまい勝ちなものである。たとえば、バランスジスクの磨滅量を注意していないと、羽根車と案内羽根との軸方向喰い違いが生じて、効率の著しい低下を起こすばかりでなく、ついには羽根車とマウスリングの両者の接触磨滅によつて、羽根車を短期間中に修理不能にまで到らしめさえることがあるが、後に述べるような磨滅量の危険量に達したことを警報する装置を設けておけば毎日の点検は怠つていても、事故を未然に防ぐことができるから安全である。

このように、保安運転法は、自動運転法の適当な応用

によつて確保することができるもので、かならずしも無人運転を目的とする全自動運転法の場合でなくても、環境の悪い坑内排水ポンプにおいては、運転員の作業を容易にし、確実にするための補助手段としても、ぜひ考慮すべき事柄である。

(3) 人件費

坑底主ポンプを無人運転式にするための全自動運転法は、水質その他の条件の悪い坑内排水ポンプにおいては、かえつて設備の複雑さや、各種経費の増加のために、実用に適しない不経済なものとなりやすいから、軽々しくは実現の計画を立てられないが、中段ポンプ座などの半自動運転法は実現しやすく、人件費の節約の割合も大きいものである。すなわち小さなポンプが1台ないし2台しかないポンプ座であつても、非自動運転のときには、常時それを見守る人が必要であるので、3交替制勤務として、ポンプ座1箇所毎に、最低3人の運転員を用意しなければならない。これを中央ポンプ座において数箇所の仔ポンプ座を看視のできるような方法に切換えれば、各仔ポンプ座毎に3人分宛の人件費を浮かしうることになる。この程度の方法ならば、割合に簡単な自動運転装置でも間に合う。

戦後の炭鉱ブームが収つて後、経営合理化問題が再び真剣に取上げられ始め、その一条件として簡単な方法ながら、坑内排水ポンプの運転法の自動化がぼつぼつ再実現しているのは、喜ばしいことである。20年前の方法は、前述のように、水車設計者の経験によつて生れたものであつたために、精巧、複雑に過ぎて、坑内用として長持ちしなかつた。一方戦後のものは、主として、電気機械設計者の努力に負うものが多いので、ポンプの機能を完全に果し、高度の保安の確保をするには、まだまだ不満の点が少なくない。坑内事情に精通した機械技術者の研究、努力が大いに要望されている。

〔III〕 自動運転様式の選定条件

坑内機械に共通した必須条件であるところの、簡単に

頑丈なこと、耐久性の強いこと、調整範囲の広いこと、局部的の故障が生じても全般の機能に影響しないこと、小型、軽量であることおよび運搬、分解、組立、掃除が容易であることという性質を備えた上に、特に水質に適合することがポンプ関係には必要なことであつて、鑄鉄管を5年ないし10年間も連続して使つていてもほとんど錆も生じない炭坑水のある一方、わずかに2年間も掃除を怠ると鑄鋼管の内面に厚さ25mm以上にもおよぶ不規則な凹凸のある瘤錆が硬く附いてしまうところもある。あるいは、酸性の強い湧水のために、磷青銅製の羽根車でさえも2箇月の寿命の保てない鉱山もところどころにある。切羽から流れ集まる水には、炭塵や泥土が混じりやすいが、沈澱バックの大きなものが用意されておれば、ポンプ中を流れる水は割合に清澄な場合もある。これらを、各現地についてよく吟味して、それぞれの場合に応じた最も経済的な方法を選定するのが賢明なやり方である。

しかし、坑内排水ポンプでは、運転中に所要総揚程の変化がほとんどなく、また揚水量を変化させて運転する必要もないから、自動運転様式は簡単なもので済み、起動に際して必要な呼水満水の方法をその水質や水圧の程度に応じて変化させればよい。つぎに各様式に分類しながらその選定標準を述べてみよう。

〔IV〕 自動運転様式の分類

(1) マイナスバックの時

吸水面がポンプよりも低い場合である。それで、底弁を使うか、適当な抽気装置を利用するかなどして、ポンプが起動されるときにはかならずポンプ中を満水しておかねばならない。以後各項の終りにかつこ中に入れた数字は分類番号を示している。

(第5図および第6図参照のこと)

(A) 主ポンプの満水を底弁によつて行う場合

(a) 口径が200mmまでぐらいの中小型ポンプであつて、揚程が50mぐらいまでの低圧のポンプの場合がまず挙げられる。最も簡単な例である。吐出側の制水弁を常時全開しておく。また逆止弁のバイパス弁も開いたままにして排水管側の水圧が停止中のポンプ内部および底弁にまで直接に作用するようにしておく(No. 204)。

しかし、水質が悪くて、逆止弁のバイパス通路が塞がったり、底弁の漏れが烈しくなったり、あるいはまたパッキン箱のパッキンが傷んだりするような必配の多いときには、ポンプが空のまま起動してしまう危険もある。それで、バランスジスクの排水管の途中に自動開閉弁を取付け、吸水面に浮べた起動、停止用フロート式開閉器の動きがこの自動弁の開閉をも兼ねるようにし、一方

この自動弁の出口側に流水継電器を併設する。吸水面の水位が昇つて、フロート式開閉器が回路を閉鎖しても、そのままではまだポンプは起動しない。そのときに開かれた自動弁を通つて、呼水の一部がポンプの中から溢れ出ているときに始めて流水継電器が働いてポンプの起動を許すから、空転の心配がない。ポンプが停止するときには、自動弁も同時に閉じるから、ポンプの停止中にむだな漏水がない。このような装置を施されたものが所々で使われている。(No. 208)

(b) これは、口径が200mmまでぐらいの中小型ポンプであつて、揚程が50mを超える中、高圧のものに適用される。排水管側のこのように高い圧力を、そのままポンプの中に繋いでおくと、運転中には高圧が作用しないようになっておけるパッキン箱に、停止中に限つて生の高圧が作用するために、パッキンを傷め、またパッキンが軸スリーブを強く締め付けている状態のまま、むりにポンプを起動するので、スリーブが磨滅しやすくなり、一方底弁に強い圧力が作用すると、シート面に押し付けられているゴムや革が損じやすくなるので、いろいろの故障が烈しく起こる。それで、この場合には、吐出側の制水弁は常時全開のままにしておくが、逆止弁のバイパス弁は常に全閉しておく。呼水は、ポンプ座坑道内でポンプよりも少し高いところに位置された小型の呼水槽よりポンプケーシングの圧力側に導き、その小配管の途中に小型の逆止弁を設けてあるが、ポンプの運転中には、ポンプ側の高圧力によつてその小型逆止弁は閉じており、ポンプの停止中に、ポンプのパッキン箱や底弁からの漏水のあつたときにだけ、呼水槽からポンプの方に補給されるようになっておる。呼水槽への補給は、排水管から細管で導き、呼水槽内のボールタップで自動的に行われる。停止中のポンプに作用する水圧は、呼水槽の水面の高さだけである。(No. 210)

非常に高圧であつて、呼水槽のボールタップの損じやすいときや、大型ポンプであつて大事をとるときには、呼水槽への補給をボールタップ経由で排水管側から行うと同時に、小型のポリウトポンプを併設することもある。この小型の呼水用ポンプには、底弁不要の自吸式横軸ポリウトポンプか、羽根車が吸水面以下で起動する縦軸ポンプが使われる。(No. 212 および No. 213)

これらの場合には、バランスジスクよりの排水管は、呼水槽の上部まで導いて開口させ、主ポンプ停止中の漏水を防いでいる。

(B) 主ポンプの満水を真空ポンプによつて行う場合
口径250mm以上ぐらいの大型ポンプになると、羽根車1段当りの揚程が高くなるので、1段目の羽根車を両吸込型にでもしない限り、吸込揚程が制限されてくる。

それで、少しでも吸込側の抵抗を減らすために、底弁を使わないようにすることが望まれる。満水用の真空ポンプは、水質の良否によつて、ナッシュ型の真空ポンプ、自吸式渦巻ポンプおよび小型渦巻ポンプ利用のジェットポンプなどの中から適宜に選定される。

(a) ナッシュポンプによる満水の方法

これは、揚水が割合に良質ならば最も便利なものであり、所要動力も少なくて済む。酸性や塩分や沈澱附着成分の多いときには、ポンプ本体および附属器具が錆付かないような注意を必要とする。(No. 302)

(b) 自吸式渦巻ポンプによる満水の方法

揚水中に砂泥の微量が混ざるときにはこの方法がよい。前のものよりは効率が少し劣るが、この補助ポンプは、その羽根車が磨滅してきて、排気能力が下がってきたら、その羽根車を軸方向に移動調整して、能力の再生をもたらすことのできるような構造のものを選ぶと便利である。(No. 303)

(c) 小型渦巻ポンプ利用のジェットポンプによつて満水する方法

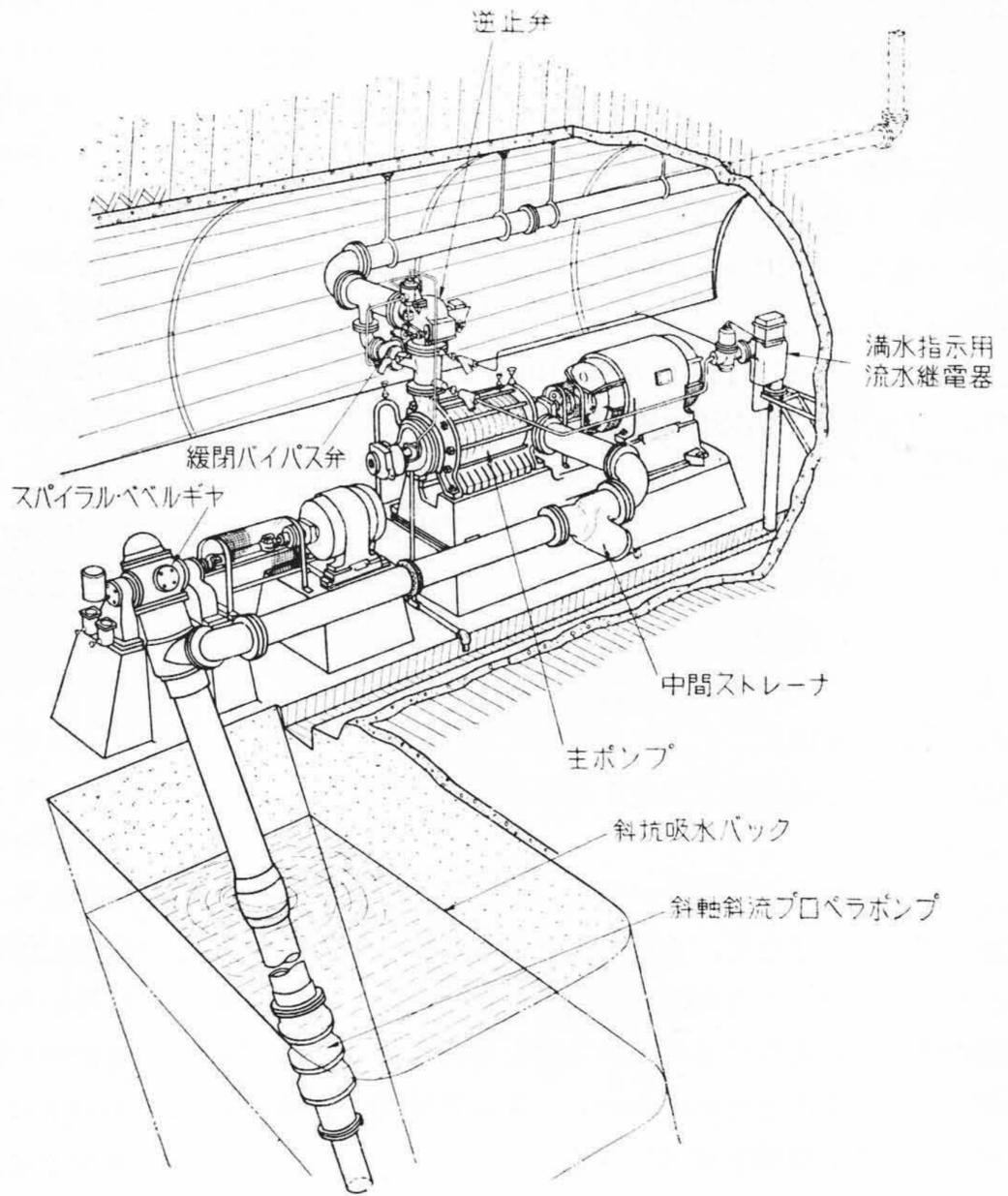
これは、渦巻ポンプの効率とジェットポンプの効率との相乗した総合効率がかなり悪いので、ナッシュポンプの場合の2倍ないし3倍の大きさの電動機を必要とするが、ナッシュポンプが傷みやすいような悪水には好んで使われる。(No. 308)

(C) 主ポンプの吸込側に押込ポンプを備える方法

数百馬力級の坑底主排水ポンプの単位揚水量当りの年間平均所要電力量を調べてみると、通常の吸揚げ運転をさせているときに比べて、吸込側にダムを作つてポンプへ押込んで運転させるときには、5% ぐらいの節約ができるとの実績を所々で聞くが、簡単にはダムの作られない場合には、この押込ポンプ方式がダム方式の代りとなる。電力量が少なくなるばかりでなく、ポンプの傷みも減るから修理費用も大いに節約される。

(a) 押込用自吸式渦巻ポンプによる方法

(B) — (b) 項のものは、真空ポンプとして使われる自吸式ポンプであるから小容量でよかつたが、ここに使われるものは、主ポンプと同一揚水量の大型のものである。その揚程は、必要な吸込揚程に5ないし10mの主ポンプへの押込揚程を加えたものとして決められる。このポンプ自身の効率が少しは悪くても、高揚程、大馬力の主ポンプの効率向上が著しいから、大きな利益がえられるとともに、自動操作が確実で、装置も簡単になるという便



第1図 斜軸斜流プロペラポンプによつて押込運転される坑内排水用自動運転ポンプ (No. 406)

Fig.1. Automatic Running Drainage Pump of Mine, Boosted by Inclined Shaft Type Semi-Axial Propeller Pump

利がある。(No. 405)

(b) 縦軸または斜軸の水中運転型斜流プロペラポンプによる方法

吸水面の変化が烈しかつたり、吸水面と主ポンプとの垂直距離が5m以上もあるようなときには、この方法がよい。第1図はその一例であつて、補助ポンプは斜軸型に作られ、斜坑バックの底面傾斜に合わせて、その傾きを自由に変えられる。このポンプの地上部には、スパイラル・ベベルギヤ装置が設けられ、通常の水平軸電動機から直角運転をされる。ユニバーサル可撓軸を使つてあるから、かならずしも正確な軸心が保てなくても差支えないようになつている。このポンプは、起動時送水量が零のときにも過負荷をしないから、軸流プロペラポンプ使用の方式に比べ小さな電動機で済む。(No. 406)

(2) プラスバックの時

前に述べたように、この方法によれば、動力費がきわめて経済的になるし、自動運転方式も簡単になつて、理想的な主坑底ポンプがえられる。数百馬力以上のものに

は特に奨めたい方法である。後に述べる深井戸タービンポンプの方法は、この一変形ともみなすことができる。

(No. 604 および No. 606)

〔V〕 共通の問題

以上のいずれにも共通の問題について考えてみよう。

(1) 電動制水弁

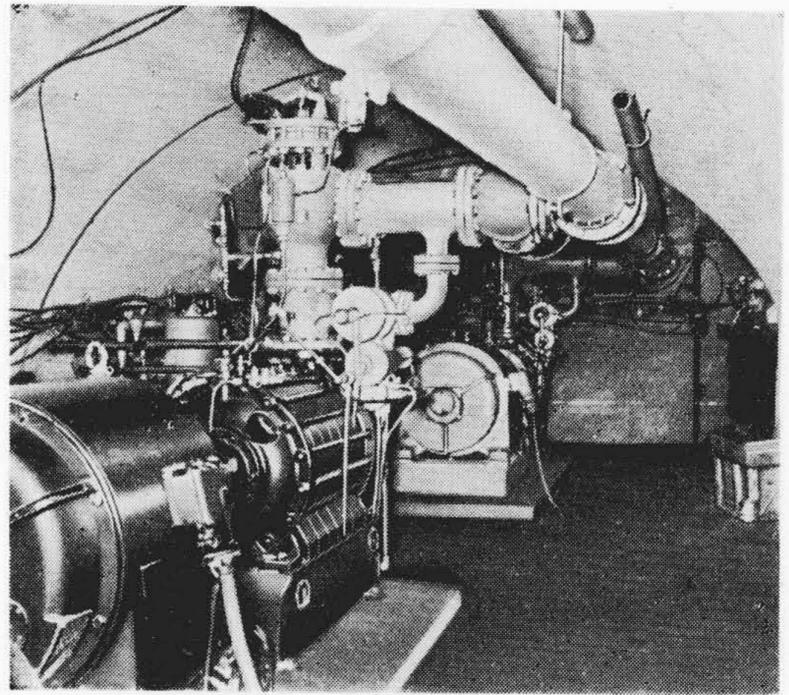
坑内ポンプとして使われる逆止弁付高圧タービンポンプは、一度でも排水運転して、排水管中に満水しておる限りでは、吐出側の制水弁を全開のまま、いかなる方法で起動しても電動機にむりが生ずるようなことはない。電動機自身の特性上要求される起動電流に応じ切れないような電源状況のときは、起動補償器など適当な装置を利用すればよろしい。ただし、その制水弁を全開のまま電源を切ってしまうと大きな水撃事故の起こることがあるから、その心配のある配管状況のときには、操作の容易な電動制水弁も取付けておいて、それを閉じてから、電源を切るようにしている例も高圧、大型ポンプには間々見られる。しかし、電源故障などによる不意の停電の場合には、電動制水弁も役に立たない。水撃防止装置を別に設けなければならないし、それがあれば、自動運転をしてもなんの心配もない。それで、ポンプの点検、修理などのときにゆつくり閉鎖のできる手動の制水弁がありさえすればよいことになる。

(2) 過負荷防止装置付逆止弁

坑底主排水ポンプの場合には、管路抵抗損失揚程は実揚程の値に比べてきわめて小さいのが普通であるから、揚水管中に満水しておる限りにおいては、いかなる運転状態にあつても、電動機に過負荷を来すようなことはないが、揚水管中に水の溜れたままで起動するおそれの多い場合、たとえば後に述べるように、停電によつて水撃防止用バイパス弁から多量の水が逆流して揚水管中の一部が空になつたつぎの瞬間に、電源が回復して、ポンプが急に再起動したときのごときには、通例の逆止弁だけであるとポンプの水が一瞬間出過ぎて、電動機に過負荷を来すこともある。そのときに使われのが、この過負荷防止装置付逆止弁であつて、管路側の圧力がいかに下がつても、ポンプの吐出圧力は常に一定圧以下にはならないように、自動調整されるようになっており、その一定圧以上になれば、その圧力のためにみずから全開してしまうから、平常の排水中には、流水には少しの抵抗をも与えない効率の高いものである。第2図のポンプの直上に見えるのがこの弁である。

(3) 水撃防止用緩閉バイパス弁付逆止弁

坑内排水ポンプに発生する水撃の原因として挙げられるものは、電源の急遮断によるポンプの停止のため管路



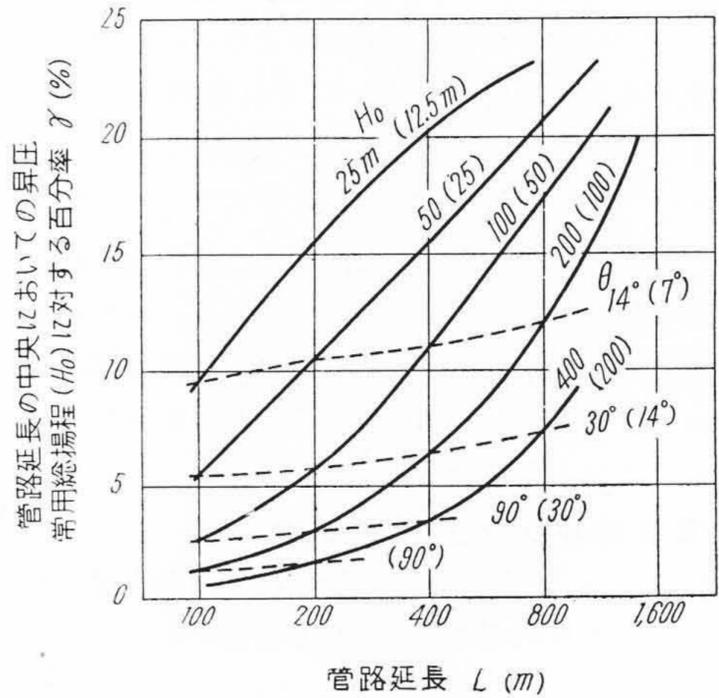
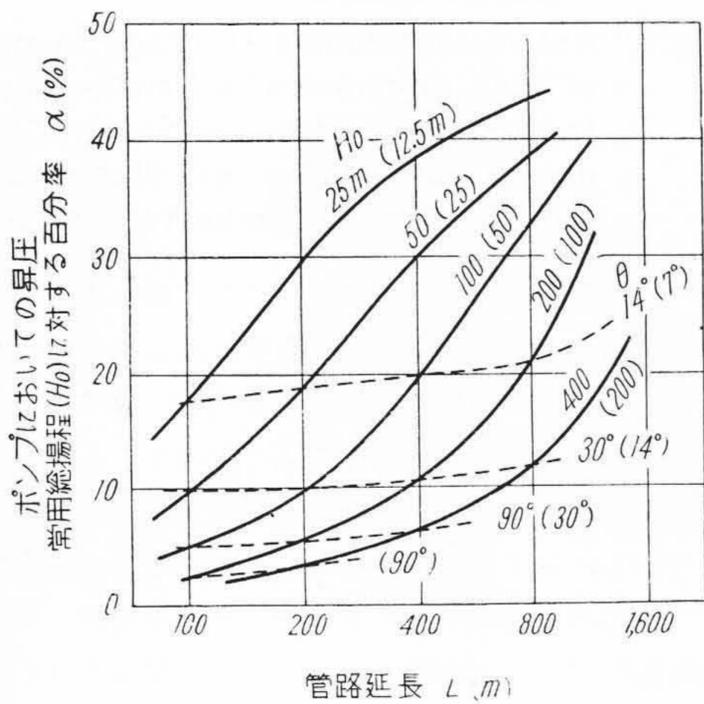
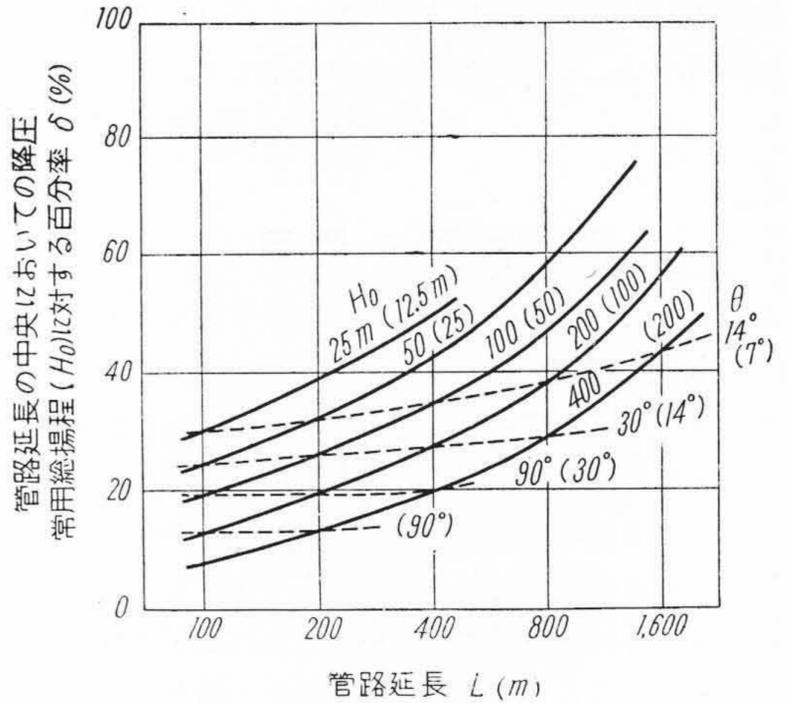
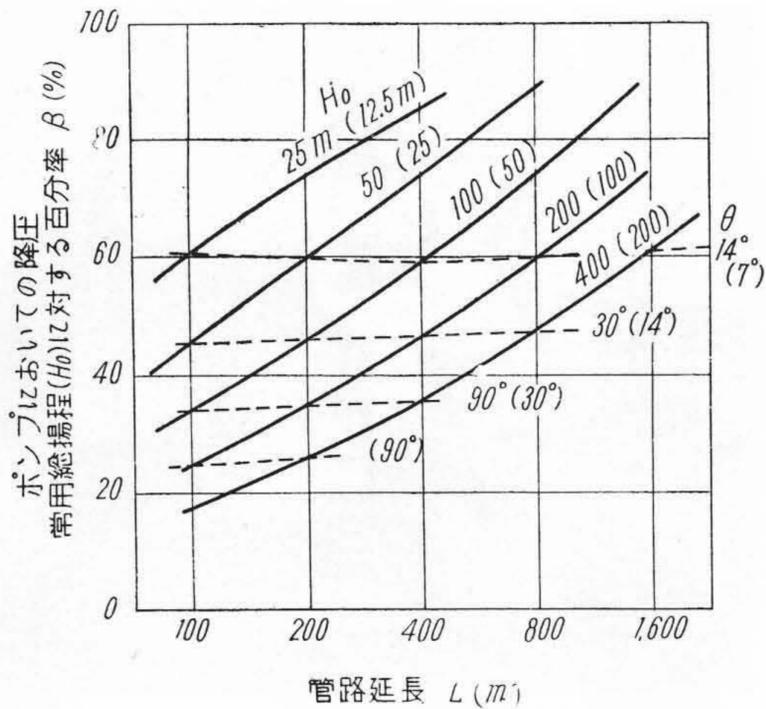
第2図 過負荷防止装置付逆止弁および緩閉バイパス弁付の坑内排水用自動運転ポンプ—雄別炭硯鉄道尺別鉱業所

Fig. 2. Automatic Running Drainage Pumps of Mine, Equipped with Non-Overload Devised Check Valve and Slowly Closing Bypass Valve—at Shakubetsu Mine of Yubetsu Tanko-Tetsudo Co.

中の (a) 昇圧と (b) 降圧およびそれに伴うことのある水柱の分離と再合の結果の (c) 衝撃圧ならびに逆止弁が急閉鎖した場合の (d) 打撃圧とであるが。第3図(次頁参照) とつぎに述べるような理由によつて、一般坑内ポンプとしては、(a) ないし (c) は心配するほどのことはまずないし、(a) をさらに減らし、(d) の発生を未然に防ぐところの緩閉バイパス弁付逆止弁を使えば、安全な自動運転を行うことができる(この項に関しては、次号において改めて詳しく述べてみたい)。第2図はこの装置を使った例である。

第3図(次頁参照)は、パーマキアン氏の図表⁽¹⁾に対して、筆者がつぎのような坑内用の中型以上の排水ポンプの一般特性を加味した数値を入れて、本論文の場合に便利のように作成した新図表である。その数値は、 V_0 (管内流速) ≈ 2.0 m/s および 1.0 m/s, a (圧力波の管路内伝達速度) ≈ 980 m/s, N_R (ポンプの回転数) $= 1,500$ ないし $1,800$ rpm, kW(電動機出力)/GD²(電動機およびポンプならびに羽根車に含まれている水など回転部分の総合フライホイール効果) ≈ 5 , 電動機出力 $30\sim 3,000$ kW, 電圧 $3,000\sim 3,300$ V などである。この図表からつぎのことがわかる。

(i) 緩閉バイパス弁なしのような不完全な逆止弁または底弁を使わない限り、 $H_0 \leq 400$ m, $V_0 \leq 2.0$ m/s, $\theta \geq 14^\circ$ 程度の坑内排水管路においては、水撃のための昇圧最高値は、常用ポンプ揚程(H_0)の30%以下に押えることができる。特に垂直堅管の場合には10%以下に収



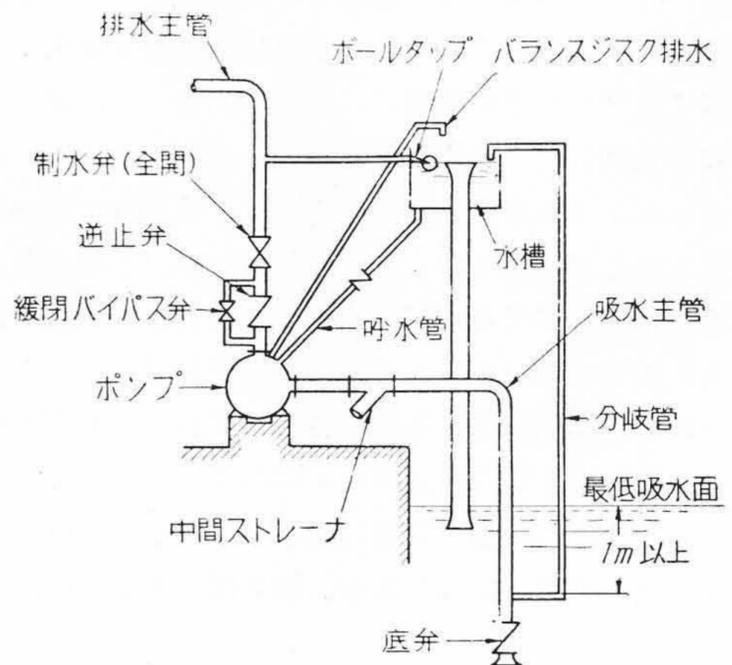
第3図 坑内排水ポンプ用水撃線図

Fig.3. Water Hammer Diagram for Main Drainage Pumps

まる。 θ は管路の中心線と水平線とのなす角度すなわち敷設勾配である。

この図表は、管路に逆止弁および底弁を一切使わないときのものである。主管を急遮閉し、バイパス弁を緩閉するような機構の逆止弁を使えば、この30%ないし10%の値を低くして上昇値をほとんど零にすることもできる(第2表参照のこと)。

バイパス弁を緩閉するには、電磁弁や電動油圧ポンプによる油圧操作弁など面倒なものを使わずに、排水管中に常に存在する高圧水を利用し、水質が悪いときには、水圧、油圧交換器によって高圧水から直接に高圧油を作つてサーボモータを動かせる。パイロット弁は、主管中の逆流現象すなわち主逆止弁の閉鎖動作を利用して動かせるのが、簡単にして確実な方法である。この方法を底弁と併用するときには、第4図のような吸込配管とし、



第4図 底弁併用時の吸込配管
Fig.4. Suction Pipings with Foot Valve for Slow Closing Bypass Valve Method

第2表 緩閉バイパス弁付逆止弁による水撃防止法の実績
Table 2. Actual Results of Water Hammer Prevention Method by Check Valve with Slowly Closing Bypass Valve

場 所	三井鉱山 三池鉱業所宮浦坑	雄別炭礦鉄道 尺別鉱業所一坑	常磐炭礦 磐城礦業所住吉坑	三菱鉱業 高島鉱業所端島坑
排水量 (m ³ /mm)	8.2	2.8	8.5	6.0
ポンプ仕様 { 総揚程 (m)	230	230	415	400
{ 回転数 (rpm)	1,770	1,460	1,480	1,470
{ 電動機 (kW)	450	175	900	600
実揚程 (m)	180	215	383	380
管路延長 (m)	525	740	400	430
管路内径 (mm)	450	200	300	250×2本併列
瞬時最大逆転数 (rpm)	1,500	1,460	25	1,500
ポンプにおける瞬時最低圧 (m)	130	—	270	300
ポンプにおける瞬時最高圧 (m)	185	230	390	390
動力遮断瞬前の圧力 (m)	185	220	390	380

最低吸水面からさらに1 m以下のところから分岐管を出し、その分岐管の先端を水面上に立て、呼水槽水面の位置まで高く上げて開放しておく。分岐管の内径は、逆止弁のバイパス管に合わせて、主排水管の3/8ぐらいにする。

(ii) 上の管路条件においては、ポンプのところの降圧量は、最大でも60%程度に収まるまら、そこでは水柱の分離は起きない。

(iii) 垂直縦管では、どの部分にも水柱分離は起きない。

(iv) 30°斜坑管路においては、 $H_0 \geq 200$ m になると、常用ポンプ揚程の30%程度の降圧が、管路延長の中央で起きるから、勾配が中高敷設になった管路の場合には、そこに水柱分離の起こるおそれもある。

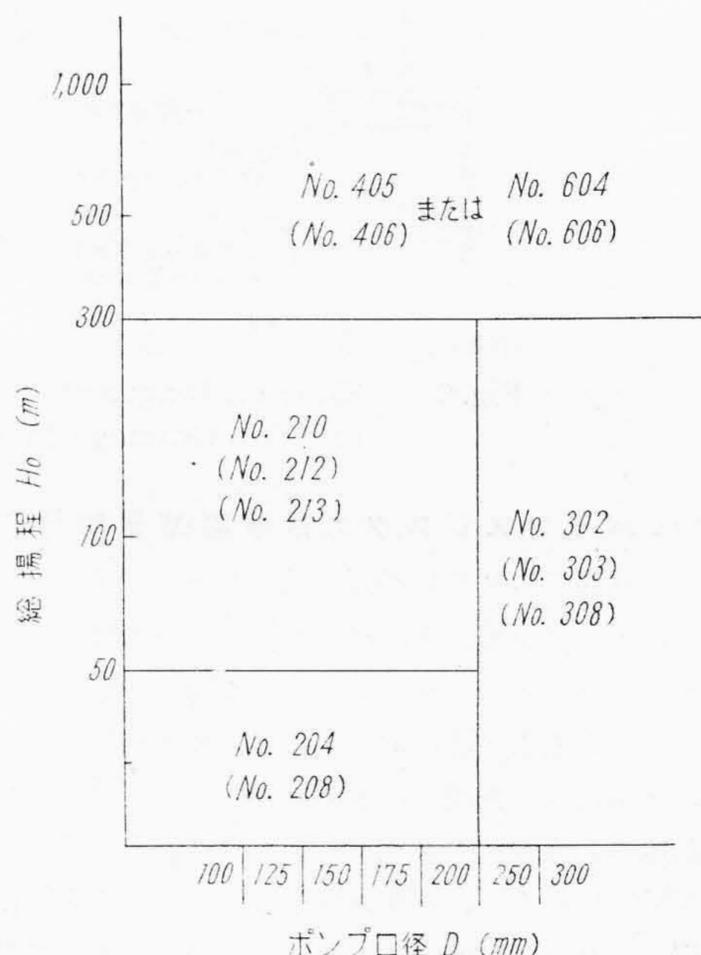
(v) 14°ぐらいの緩斜坑管路においては、 $H_0 \geq 400$ m になると、常用ポンプ揚程の50%に近い降圧が、管路の延長中央で起きるから、強い負圧のために水柱分離が生じて、管路破壊などの起こる心配もあるから、慎重に詳しい計算を行って、その部に自動空気吸込弁などの用意をする必要がある。

第3図中、かつこ外の H_0 および θ は $V_0 = 2.0$ m/s のときのものを、かつこ内のものは $V_0 = 1.0$ m/s のときのものを示している。

第2表は、緩閉バイパス弁付逆止弁を使つての最近の実績である。

(4) 無送水運転防止用電気接点付逆止弁

無送水のまま運転を続けるようになることの原因はいろいろあるが、電源の周波数の低下のために生じたときには、過小電流継電器でその状況発生の有無を検出することがむずかしいのでポンプを過熱による事故に追い込む心配がある。逆止弁の主弁の動きを利用する接点式継電器を使えば、流速の変化を直接に捕えることができるので、最も確実な方法となり、20数年来愛用されている。



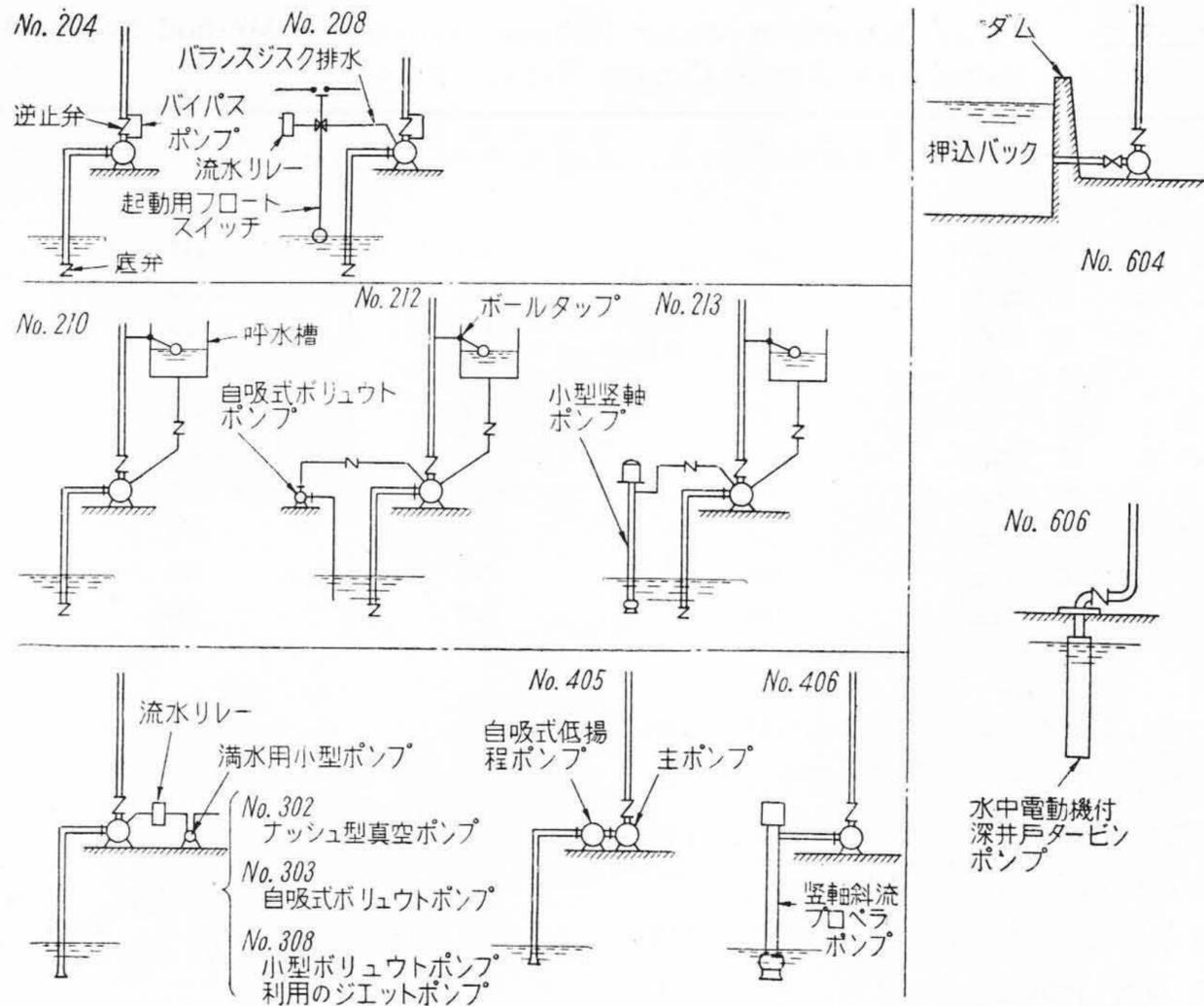
第5図 自動運転様式の分類番号と選定
Fig. 5. Classified Numbers and Selection of Automatic Running Methods

(5) 中間ストレーナ

短時間に掃除のできるように、吸込管が地表に出てからの配管の中間にストレーナを取付ける。ここに真空継電器を取付けて、掃除の必要になったことを知らせるようにするとよい。

(6) 交互運転装置

これを設けて、2台または3台のポンプが交互に運転し、かついずれかが故障のときには他のポンプが運転を始めるように、これらを自動的に行わせることは、容易であり、ポンプの寿命も延びるようになる。



第6図 各種自動運転様式の略図
 Fig.6. Skeleton Diagrams of Typical Methods for Automatic Running of Mine Drainage Pumps

(7) バランスジスクの危険磨滅量警報装置
 軸受の外端にスプリング押え式のボールベアリングを挿入し、ポンプが停止中はバランスジスクが軸方向に移動して、バランスジスクとシートとが隙いているようにすることが、悪水の坑内ポンプには、最も適切な方法として、次第に広く採用され始めたが、この方法を利用して、前述のようにこのボールベアリング部分に温度継電器を取付けておくと、バランスジスクとシートとの摺動面が烈しく磨滅した場合に、ボールベアリングが発熱してくるので、警報によつてポンプを点検、修理することができるから、効率低下のままでの運転継続や致命的事故の発生を未然に防ぐことができる。

[VI] 将来の坑内ポンプの自動運転法

以上に述べた種々の事柄は、坑内の事情の差や、自動運転法採用の目的の程度いかんによつて、いろいろと変化して組合わされ、きわめて簡単のものや、やや混み入った方法など場所に応じて使われる。

アメリカや欧州のところどころでは、坑外の地表に電動機のある普通型の深井戸タービンポンプの大型のもの多数が、排水堅坑に設置されて、深所の坑内湧水の排除に使われている。耐爆の問題も解決され、人件費の節約額はきわめて大きい。自動運転法も簡単である。

また近頃は、水中電動機付の深井戸タービンポンプの発達も緒について、かなりの大馬力のものも坑内排水用に使われ始めているようである。しかし、メカニカルシールで電動機を保護する型式のものや、電動機中に清水を貯留する型式のものは、汚い坑内水用としては、未だ耐久性に不足があると報告されている。

将来、電動機が完全に密閉、遮断されるようになったら、このものこそ、坑内排水ポンプの自動運転法を理想的なものにまで持つて行くものである。数年を経ずしてこのときが来よう。

参考文献

(1) J. Parmakian: Proc. of A. S. C. E. Vol. 79 Separate No. 361 (1953-12)
 J. Parmakian: Trans. of A. S. M. E. Vol. 75 995 (1953-8)