

ボイラ給水ポンプ設備の計画と保守について

Planning and Conservation of Boiler Feed Pumping Equipment

田原晴男*

Haruo Tahara

内 容 梗 概

ボイラ給水ポンプは火力発電所とともに、高圧大容量化してきているので、ポンプ自体に最高の技術が要求されることは勿論であるがポンプを確実に運転するための補助的問題に対しても十分な注意が払われねばならない。ここでは、ポンプ設備としてポンプ周辺の配管の計画と、その運転保守に関連して軸受給油方式と起動時における注意について述べてある。日立製作所では最近、東京電力新東京発電所の75,000 kW ボイラ用としてボイラ給水ポンプ3台を納入したが本文はこのポンプの場合について主として述べたものである。

〔I〕 緒 言

火力発電所におけるボイラ給水ポンプの地位は、発電所の近代化大容量化につれていよいよ重要なものとなってきた。発電所の大容量化とともにボイラ給水ポンプはますます高温高圧化して、大馬力のものが使用されてきたためポンプ自体の製作技術に最高の水準が要求されることはもちろんであるが、ポンプを含めたボイラ給水ポンプ設備をポンプの機能を十分に発揮できるように計画することと、その運転保守に慎重を期することは非常に重要な問題である。

日立製作所では最近東京電力新東京発電所（出力75,000 kW）に下記仕様のボイラ給水ポンプを納入したが、このポンプを中心として設備計画と保守に関連した問題に触れたいと思う。

東京電力新東京発電所納ボイラ給水ポンプ

台 数	.....	3 台
型 式	.....	パーレル型多段タービンポンプ
段 数	.....	11
吸 込 口 径	.....	200 mm
吐 出 口 径	.....	160 mm
給 水 量	.....	150 t/h
全 揚 程	.....	127 kg/cm ²
吐 出 圧 力	.....	133 kg/cm ² g
押 込 圧 力	.....	6 kg/cm ² g
回 転 数	.....	2,970 rpm
電動機出力	.....	900 kW

ポンプの外観を第1図に示す。

〔II〕 配 管 計 画

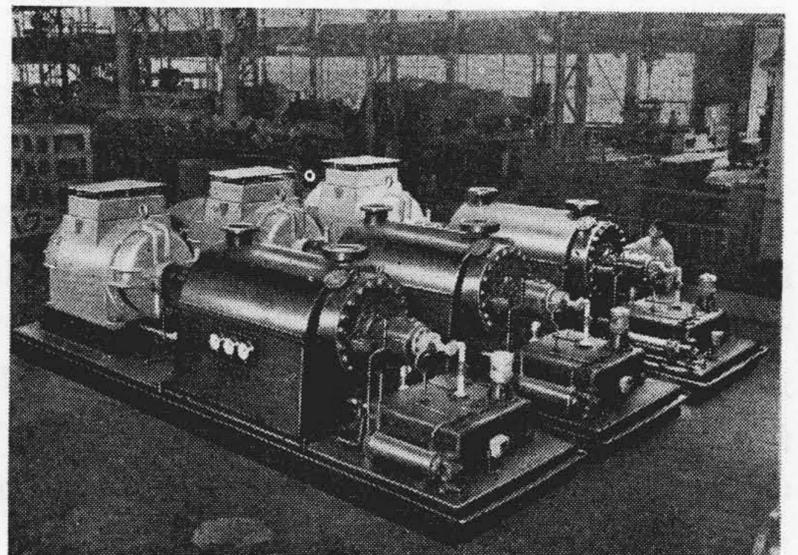
東京電力新東京発電所のボイラ給水ポンプの配管設備の系統を第2図に示す。大容量の発電所ではポンプ3台をもつて1組とし、2台常時運転、1台を予備とするのが普通である。図に示したのは、No. 1およびNo. 2ポンプが運転中で、No. 3ポンプが停止し予備となつてい

る状態である。

給水ポンプ周辺の配管は、脱気器からポンプの吸込口に至る吸込配管、ポンプ吐出口からボイラに至る吐出配管、給水量過少時に吐出配管から脱気器へポンプの吐出水の1部を戻す過熱防止装置配管、吐出側各弁をバイパスして予備ポンプを暖機するウォーミング配管、およびバランスジスクからの漏洩水を脱気器へ戻すロータバランス用配管から成っている。ボイラ給水ポンプがその機能を十分に発揮するためには、これらの配管は各自の機能を満たすと同時に、相互に有機的に結合する必要がある。

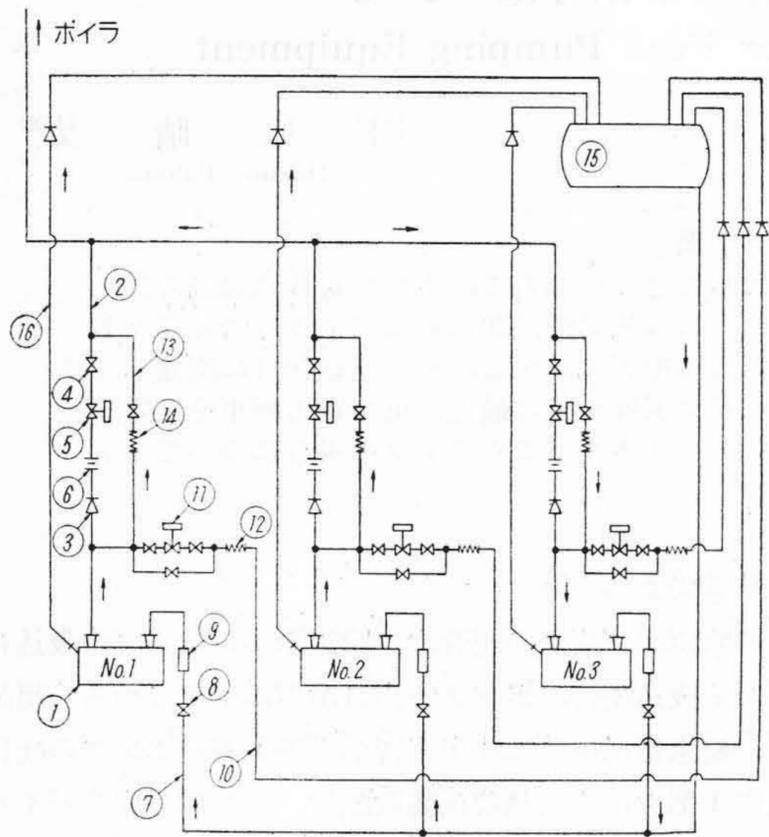
吸込配管はポンプの吸込口に給水の温度に対して安全で十分な吸込圧力を供給するのがその役目である。ポンプの吸込口の圧力を上げるためには脱気器の高さを上げればよいが、なるべくその高さを低くとりうるため、吸込管の口径を適当に選んで、配管の損失を少なくすることが必要である。ポンプの吸込口の直前にはサクシヨンストレーナをおくが、これは発電所の建設当時の配管内のスケールなどがポンプの内部に侵入して、事故の原因となることを防止するためである。吐出配管は、ポンプで圧力をあげた給水をボイラへ導くもので、この配管の口径は吸込管に比べると小さくてよい。

過熱防止装置配管は、ポンプの吐出量が少なくなるとポンプ内の水力損失によつてポンプが過熱することを避



第1図 160 mm パーレル型ボイラ給水ポンプ

* 日立製作所亀有工場



- | | |
|--------------|--------------|
| ① ボイラ給水ポンプ | ⑨ サクションストレーナ |
| ② 吐出配管 | ⑩ 過熱防止装置配管 |
| ③ 吐出側チェックバルブ | ⑪ 制御弁 |
| ④ 吐出側スルースバルブ | ⑫ マップルドオリフィス |
| ⑤ 給水量加減弁 | ⑬ ウォーミング配管 |
| ⑥ 水量測定ノズル | ⑭ マップルドオリフィス |
| ⑦ 吸込配管 | ⑮ 脱気器 |
| ⑧ 吸込側スルースバルブ | ⑯ ロータバランス用配管 |

第2図 ボイラ給水ポンプ配管系統図

けるためにボイラへの給水量が少ないときに吐出管から脱気器へ戻す通路を開いて、ポンプの吐出量が最低限度以下になることを防止する配管である。この配管の開閉は吐出管に設けられた給水量測定ノズルによりボイラへの給水量を検出して自動的に行われる。

ウォーミング配管は予備ポンプを予熱しておいて、不時の起動に備えるためのもので、吐出配管の高圧水を利用して吐出水の1部を予備ポンプに通すものである。またこのポンプはバランスジスクを使用しているので、バランスジスクからの漏洩水を脱気器へ戻すロータバランス配管が必要である。この配管には誤つて閉鎖されることがないようにチェックバルブ以外の弁類は取付けないのが普通である。

〔III〕 許容温度上昇と最低給水量

前節において述べたように、過熱防止装置はポンプの給水量の過少になることを防いで、ポンプの過熱を防止する装置であるが、この装置の計画には、第一に安全に運転できる最低給水量を決定せねばならない。概略の数値を決定するためには簡便法も使用されるが、ポンプの容量が大になり給水温度が高くなると慎重な検討が必要である。

ポンプが運転しているときには、ポンプの入力のうち

水に与えられる仕事および機械的損失以外は損失として水を加熱する。給水量が多いときはポンプの効率がよい上に、熱を持ち去る水量が多いために、温度上昇は少ないが、給水量が少ないときは急激に上昇温度が増大する。このためポンプの給水量が少ないときは、水温上昇のため水の飽和圧力が上昇し、その値が与えられた NPSH によつて決る限度をこすと蒸発が起り、1 段目羽根車入口でキャビテーションを起すようになる。

給水温度 $t^{\circ}\text{C}$ における飽和蒸気圧力を $P_{vp(t)}$ kg/cm^2 abs, 水の比重を γ , このとき利用しうる NPSH を h m , ポンプが必要とする NPSH を h_r m , 許容温度上昇を $\Delta t^{\circ}\text{C}$ とすると,

$$P_{vp(t)} + \frac{\gamma}{10}(h - h_r) = P_{vp(t + \Delta t)} \dots\dots\dots (1)$$

この関係から、給水温度と NPSH が与えられると許容温度上昇が求められる。給水量のごく少ないときの所要 NPSH は規定給水量のときの約 $1/2$ と考えてよく、この給水ポンプの場合には 4.6 m となる。また給水温度 150°C , 押込圧力 $6 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{g}$ であるから,

$$t = 150^{\circ}\text{C}, \quad \gamma = 0.917$$

$$h = 23.5 \text{ m}, \quad P_{vp} = 4.86 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{ abs}$$

であつて,

$$P_{vp(t + \Delta t)} = 4.86 + \frac{0.917}{10}(23.5 - 4.6) = 6.59 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{ abs}$$

$$\therefore t + \Delta t = 161.5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 11.5^{\circ}\text{C}$$

許容温度上昇は NPSH の余裕のいかんにかかわらず 15°C 以上になることは好ましくなく、このポンプの場合は、最低給水量における最高温度上昇を 10°C に定めた。

ポンプの入力が、水に与えられる仕事と水の温度を上昇させる仕事との和に変換されるものとする

$$\frac{100}{\eta} 0.163 \gamma QH = 0.163 \gamma QH + \frac{10^3}{14.35} \Delta t \gamma Q \dots\dots\dots (2)$$

ただし

Q = 給水量 (m^3/min)

γ = 比重

H = 全揚程 (m)

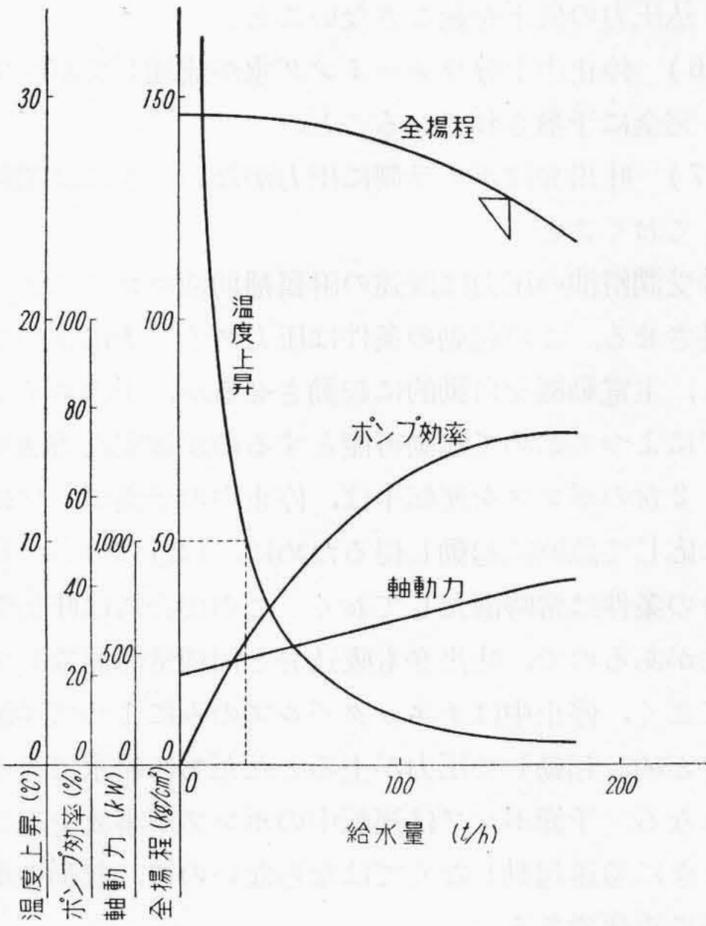
η = ポンプ効率 (%)

(2) 式を簡単にすると

$$\Delta t = \frac{(100 - \eta)H}{427 \eta} \dots\dots\dots (3)$$

すなわち、温度上昇は全揚程とポンプ効率だけから簡単に計算できる。

ポンプの特性曲線を基にして Δt を Q の函数として求めておくと、許容温度上昇に相当する給水量が最低給



第3図 ボイラ給水ポンプの特性曲線

水量である。第3図は東京電力新東京発電所納ボイラ給水ポンプの特性曲線に温度上昇を図示したものであつて、許容温度上昇を10°Cとすると、最低給水量は30 t/hとなつた。

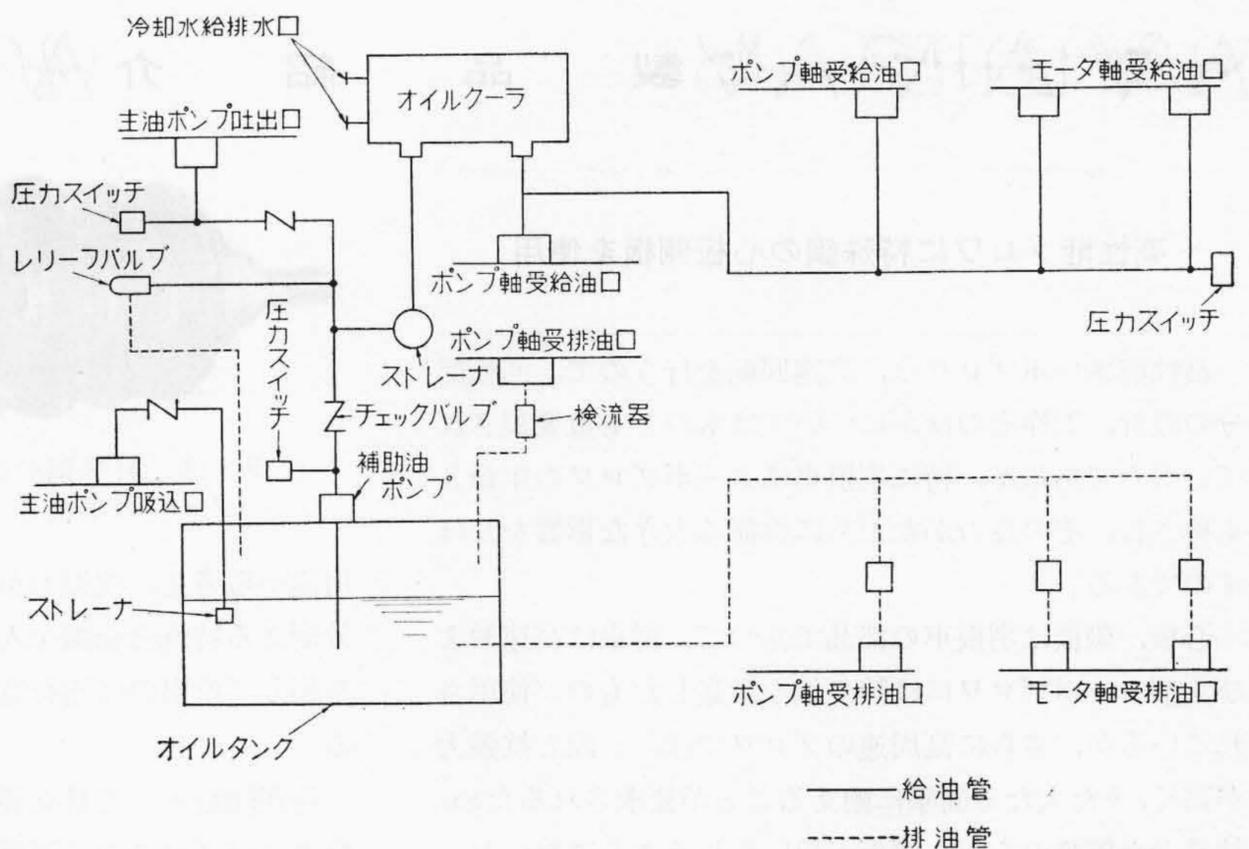
〔IV〕 予備ポンプの暖機

運転中のポンプが事故を起したときに、予備ポンプを急速に起動させるためには、停止中の予備ポンプの中に熱水を通して、予熱しておく必要がある。これは水の流通がないとポンプ内で部分的に温度の差ができて元来きわめて狭い運転間隙部の寸法が変わり、その状態で起動すると焼付などの大事故の原因となるからである。暖機に要する水量は0.7～1.5 t/hといわれていて、大容量発電所のボイラ給水ポンプの場合にはその上限近くを選定するのがよい。新東京発電所の場合は1.5 t/hとして計画した。この暖機水量はウォーミング配管の途中に設けられたオリフィスによつて制限される。130 kg/cm²g 以上にもなる吐出圧力を吸込圧力まで減圧するため、この

オリフィスには過熱防止装置配管と同様に多段のマッフルドオリフィスが用いられ、減圧に基く音響、振動などの問題を除去している。ウォーミング配管を経て、運転中のポンプの圧力水が確実にポンプの内部を通つて吸込配管に至るためには、停止中のポンプの過熱防止装置配管を閉鎖しておく必要がある。このためには、給水ポンプの電動機と過熱防止制御弁を電氣的に連絡し、主電動機の停止中は制御弁を閉鎖するようにならなければならない。

〔V〕 軸受潤滑油の給油方式

軸受潤滑油の給油は、大発電所のボイラ給水ポンプのように高速大馬力の場合には、ポンプも電動機も強制給油が行われる。潤滑油供給装置の系統を第4図に示す。図に示すように給油は主油ポンプと補助油ポンプによつて行われる。主油ポンプは主ポンプの軸端に直結されたスクリュウポンプで、補助油ポンプは別置の小型電動機によつて駆動される縦型の油ポンプを使用している。主ポンプが運転されているときには、主油ポンプも同時に運転されていてポンプおよび電動機の軸受に潤滑油を送るが、これに反して補助油ポンプは主ポンプの運転とは関係なしに圧力油の供給のできることに特長で、主ポンプを起動する準備のために給油系統の圧力を上げるためと主電動機のスイッチを断つた後、主ポンプの減速につれて主油ポンプの油圧が低下したときに働いて圧力を下げないために主として使用される。また主油ポンプが事故のときにもその代用として使用されることもある。油ポンプから吐出された圧力油は、油ストレーナ、オイル



第4図 潤滑油供給装置

クーラを経て軸受に供給される。

ボイラ給水ポンプの軸受潤滑油の供給はポンプの安全運転に関して重要な問題の一つとなるため、次のような保安装置が設けられている。

(1) 油圧低下警報

軸受へ供給する油の配管の圧力が減少すると、警報を発するとともに補助油ポンプを自動的に起動する。

(2) 軸受過熱警報

軸受に事故があるか油の供給が少ないと軸受潤滑油が過熱する。このポンプでは、これを警報するため軸受の排油側に接点付温度計を設けて排油の温度が上昇すると警報を発する。

以上のような警報が発せられたならば、運転者はただちに予備ポンプを起動して、事故の原因を調査しなければならない。

[VI] ボイラ給水ポンプの起動

ボイラ給水ポンプを事故を起すことなく運転するために特に重要なのは、起動の方法である。前述の暖機装置や軸受潤滑油の供給方式を完備するとともに、起動には十分慎重であることが必要である。ボイラ給水ポンプが起動し得る条件は次のとおりである。

- (1) 軸受潤滑油給油の圧力が規定値以上に上つていること。
- (2) 軸受潤滑油の冷却水が通じていること。
- (3) スタヒンボックスの冷却水が通じていること。
- (4) 吸込配管の圧力がポンプ吸込口において規定値以上になつていること。
- (5) 吸込配管の弁は全開して、起動と同時に吸

込圧力の低下を起こさないこと。

- (6) 停止中十分ウォーミング水が流通してポンプは完全に予熱されていること。

- (7) 吐出弁はボイラ側に圧力がないときには閉鎖しておくこと。

軸受潤滑油の圧力は既述の附属補助油ポンプによつて上昇させる。この起動の条件は圧力スイッチによつて検出し、主電動機を自動的に起動させるか、圧力スイッチ動作によつて始めて起動可能とするのが確実な方法である。2台のポンプを運転中は、停止中の予備ポンプは必要に応じて急速に起動し得るために、(2)(3)(4)(5)(6)の条件は常時満たしておく。この場合には吐出管に圧力があるので、吐出弁も吸込弁と同様常時開放しておくてよく、停止中はチェックバルブのみによつて逆流をせきとめ、起動して圧力が上るとただちに給水できるようになる。予備ポンプは運転中のポンプが事故を起こしたときに急速起動しなくてはならないので、起動の準備が特に重要である。

[VII] 結 言

以上述べたのは、主として東京電力株式会社納のボイラ給水ポンプの場合についての設備計画の概略であるが、日立製作所ではこの新東京発電所の3台のボイラ給水ポンプを始めとして、合計30台余の高温高圧用バーレル型ボイラ給水ポンプを製作中または据付中である。今後ますます火力発電所の容量が大型化しボイラが高温高圧化するに伴い、ボイラ給水ポンプ設備計画は十分な検討と慎重な用意が必要になり、その運転保守はさらに大きな問題となつてくるものと思う。



製 品

紹 介

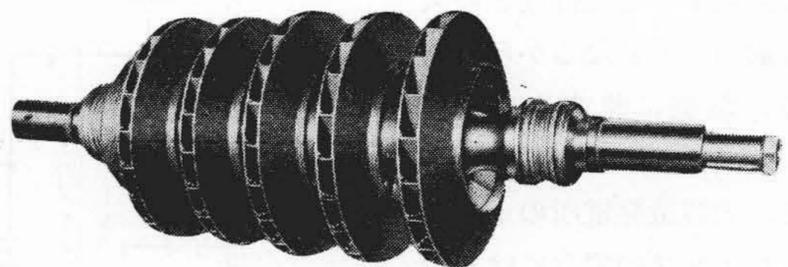


高性能ブロワに特殊鋼の心板側板を使用

高性能ターボブロワは、高速回転を行うので、回転部分の設計、工作そのほかについてはもつとも重要視されているのであるが、特に羽根車はターボブロワの生命とも称され、その良否がただちに性能に大きな影響を及ぼすのである。

心板、側板は羽根車の部品であつて、従来は高速および大型ターボブロワには特殊鋼を鍛造したものが使用されているが、さらに高周速のブロワでは、一段と抗張力が高く、また大なる衝撃に耐えることが要求されるため、特殊合金鋼製の心板、側板が用いられるようになった。

日立金属工業株式会社安来工場ではこの心板、側板の



第1図 特殊鋼の心板側板を使用したターボブロワの羽根車

用途から考え、抗張力がきわめて高いと共に高衝撃に十分耐える特殊合金鋼を入念に鍛造し、かつ特殊な熱処理を施して所望の性能を遺憾なく発揮するよう配慮している。

現在陸続として日立製作所川崎工場へ納入されて、各種ターボブロワの羽根車部品として使用され、絶大な好評を得ている。