

インド KORBA 発電所納 10,000 kW 火力発電設備について

10,000 kW Thermal Power Generating Equipment Supplied
to the Korba Power Station, India

佐々木 精 治* 柴 田 祐 作* 岸 野 竜 夫*
Seiji Sasaki Yūsaku Shibata Tatsuo Kishino
猿 田 義 康**
Yoshiyasu Saruta

内 容 梗 概

最近増大しつつある輸出火力発電設備の第一陣として、インド MADHYA PRADESH 州政府の KORBA 発電所納 10,000kW 火力発電設備がこのほど完成した。本設備はその立地条件、構造、性能、運転保守など各所にわたってインド向火力設備として特殊な考慮が払われており、その運転成績が今後の火力発電プラント輸出発展のために大いに貢献することが期待されている。

1. 緒 言

さきにインド MADRAS 州政府の MADURAI 発電所納 10,000kW タービン発電機およびその付属品⁽¹⁾⁽²⁾を納入し、1953 年運転開始以来、そのすぐれた運転成績はインド国内において絶大な好評を博するとともに、日立製作所の火力技術に関する認識を高めてきた。

その後における急激な火力発電設備の製作技術の進歩と輸出市場への発展のための絶ゆまぬ努力の結果、最近多数の輸出火力発電設備を成約し製作中である。

インド MADHYA PRADESH 州政府の KORBA 火力発電所納 10,000 kW 火力発電設備はこれら一連の輸出火力発電設備の第一陣としてこのほど完成し、1963 年 3 月発電開始の予定で目下現地にて据付中である。本設備は比較的小出力であるが、火力発電所の主要設備一式を取りまとめた、いわゆる典型的なプラント輸出であり、相手国の事情を詳細に調査し、その国情に適合するよう、細部にわたって慎重な考慮の下に計画製作されたものである。

本文はインド向輸出火力として特に考慮を払った点を主体として、本設備の概要を述べるものである。

2. 立 地 条 件

この火力発電設備はインド国の第二次五箇年計画による電力開発の一部をなすもので、当初は CHANDNI P. S (BOMBAY の東北方約 450km) の増設設備として発注されたものであるが、その後電力需要の伸びの関係上、地点が二転三転し、KORBA 火力発電所の増設に決定されたものである。KORBA は第 1 図に示すように JABALPUR の東方約 300 km, MADHYA PRADESH 州の西隅に位し、この付近は BIHAR 州にまたがる豊富な炭田地帯である。この発電所には最近完成した 30,000 kW 設備が 3 基実動しており、今回の 10,000kW は第 4 号機として増設されるものである。

この設備の冷却水は上記既設設備の冷却塔や冷却水ポンプの容量に余裕があるので、それから分岐して供給される。またボイラ補給水も既設の全塩脱塩設備から分与されるようになっている。

3. プラントの計画

この発電設備は後に詳述するように、蒸発量 80,000 lb/h の石炭専焼ボイラ 2 機と、10,000 kW タービン発電機 1 基を主体として構成され、そのおもな仕様は第 1 表のとおりである。

このプラントの主配管系統図を第 2 図に示す。小容量でありまた

* 日立製作所日立工場

** 日立製作所呉工場

インド共和国



第 1 図 インド共和国略図

主蒸気の圧力や温度も高くないので、その構成は比較的単純である。しかし輸出機器であり気候風土の異なる地域に設置されるものであること、運転保守などの技術面においてもわが国とはまったく異なることなど、プラント全般の計画や各構成機器の設計に当たって、従来の国内品とは異なった特殊の考慮が払われている。その二、三の点について述べる。

3.1 規格および取締法規

全設備の性能や特性は B. S. に準拠し、ボイラやその関連設備は INDIAN BOILER ACT の規定に基づき INDIAN BOILER REGULATION (I. B. R.) に準拠して設計製作された。後者はインドの国内法規であり、最近逐次改訂されつつあるが、わが国のボイラ技術基準や ASME の BOILER CODE に比べ極度にがんじょうな設計がなされるよう規定されている。

3.2 気候風土に対する考慮

この地域は日蔭にて最高 48°C に達し、また冷却水温度は最高 41

第 1 表 プラントの主要目

ボイラ	2基
形式	B & W 2 胴輻射形平衡通風式
蒸気量 (定格)	80,000 lb/h (36.3 t/h)
(経済)	64,000 lb/h (29 t/h)
蒸気圧力 (過熱器出口)	430 Psig (30.3 kg/cm ² G)
蒸気温度 (過熱器出口)	760°F (404.5°C)
給水温度 (定格時)	272.7°F (133.7°C)
燃焼方式	スプレッドストーカ式
使用石炭発熱量 (N.C.V)	9,100 BTU/lb (5,055 kcal/kg)
タービン	
形式	日立衝動式復水タービン
出力 (定格)	10,000 kW
(経済)	8,000 kW
回転数	3,000 hpm
蒸気圧力 (主塞止弁前)	400 Psig (28.1 kg/cm ² G)
蒸気温度 (主塞止弁前)	750°F (399°C)
排気圧 (10,000 kW にて)	2.57 inch Hg (65.3 mmHg abs)
冷却水温度	85°F (29.5°C)
抽気段数	2 段
タービン段数	16 段
発電機	
形式	閉鎖通風形円筒回巻線式, 空気冷却器付
	EFB ₁ WL-K
容量	12,500 kVA
電圧	6,900 V
周波数	0.8
固定子接続	50 c/s
励磁機	三相星形結線 6 本口出し
形式	閉鎖通風形他巻線式 EFBL-SP
容量	75 kW
電圧	220 V
回転数	3,000 rpm
副励磁機出力	1.5 kW

機器や弁類と配管の接続は、フランジまたはねじ継手を採用した。しかし最近急速に工業化が進みつつあるのでいずれかかる事情は改善されるものと思われる。

4. 全体配置

本館内の配置を第 3 図に示す。既設設備はボイラ 6 基、タービン発電機 3 基あり、タービン室に比べ、ボイラ室が長く突き出しており、本増設機はこれらに隣接して設置されるので、タービンとボイラは斜めに配置されている。タービンはボイラに対し T 形に配置され、両者の間に給水ポンプ、蒸気だめなどが設置されている。

熱帯地域なのでタービン室運転床には特に大きな吹き抜けを設け、通気を良くするようにした。

床高さ、タービン室やバンカー室のスパンなどは既設設備と同一になっており、クレーン、運炭設備などは既設品を共用することになっている。

5. ボイラ

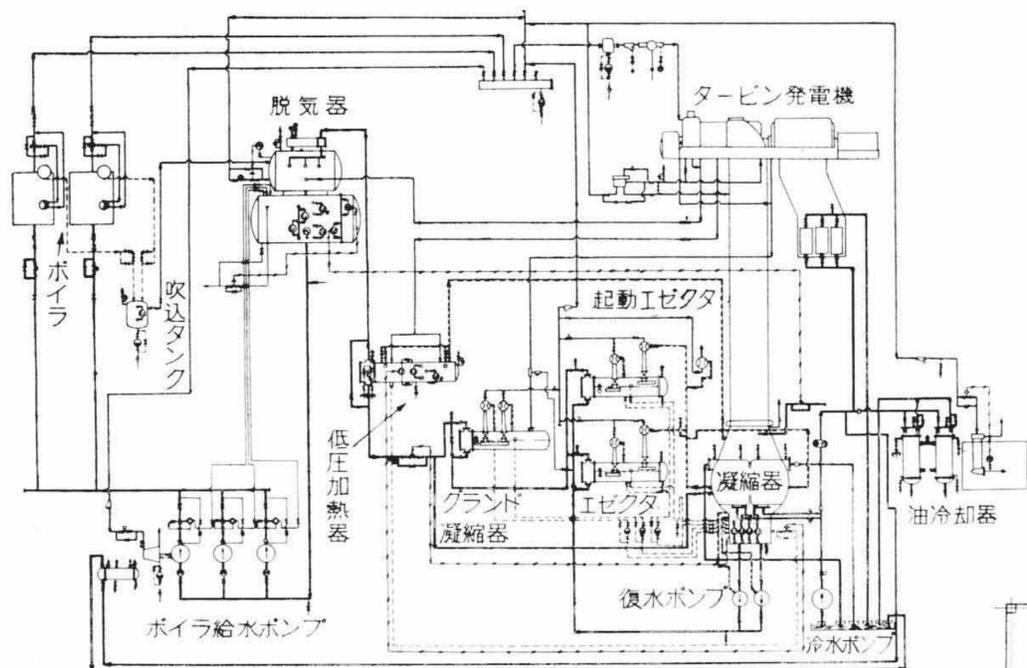
このボイラは特に過酷な運転条件下においても、安全確実な運転性能が得られることを最大眼目として計画され、その構造、強度、罐水保有量、循環などには特に十分な余裕を持たせてある。

使用される石炭は一般に灰分が多く、かつその品質も多様にわたることが考えられるので、燃焼設備には炭質の変化に対して比較的適応性が広いスプレッドストーカ方式を採用した。

5.1 ボイラ本体

第 4 図にこのボイラの構造図を、また第 5 図に汽胴、水胴および蒸気管の工場組立中の状況を示す。

節炭器管にはユージンセジュールネ法によるヒレ付管を、また水冷壁管にはスペースドチューブを使用して熱伝達の向上を図り、同時にスプレッドストーカ式ボイラにおいて、従来とかく生じやすかった炉壁へのクリンカの付着の防止を考慮した。



第 2 図 主配管系統図

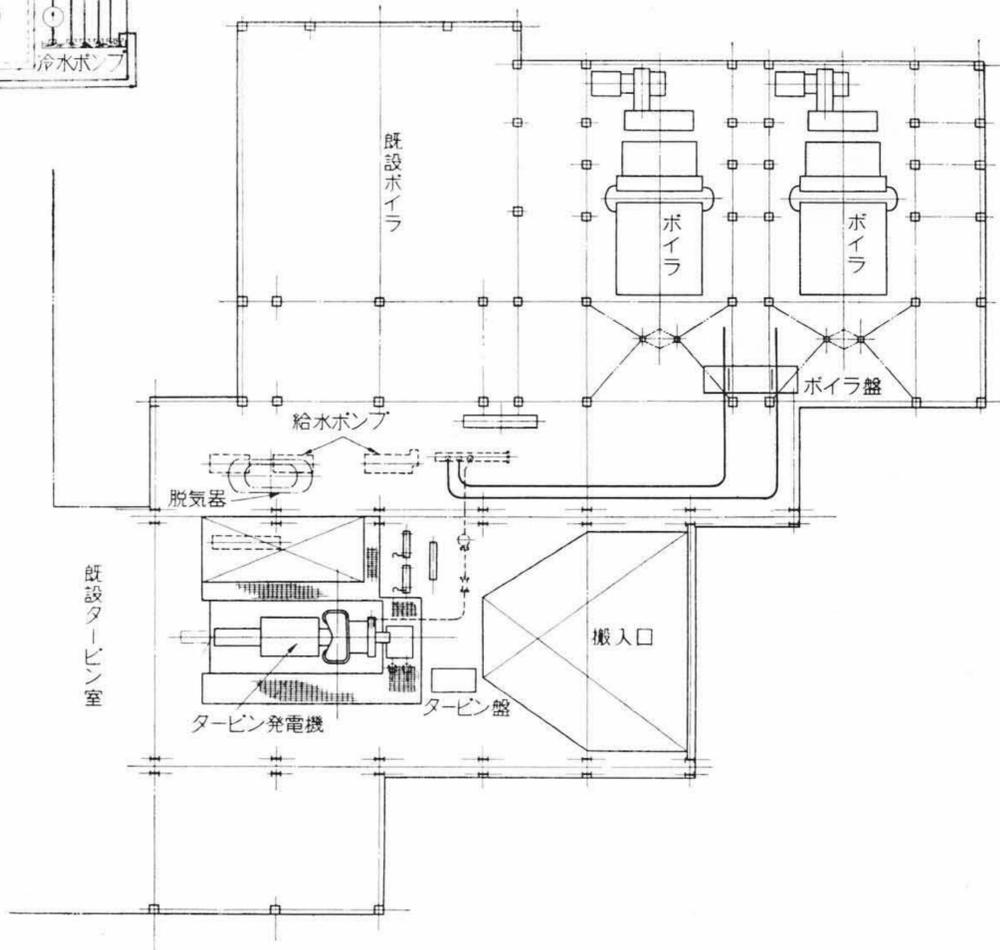
°C に達するので、復水器や油冷却器などの容量、発電機の冷却設備などには、特に十分な余裕を持たせ、酷暑時においても十分その能力を発揮し得るよう考慮されている。

3.3 各機器の余裕

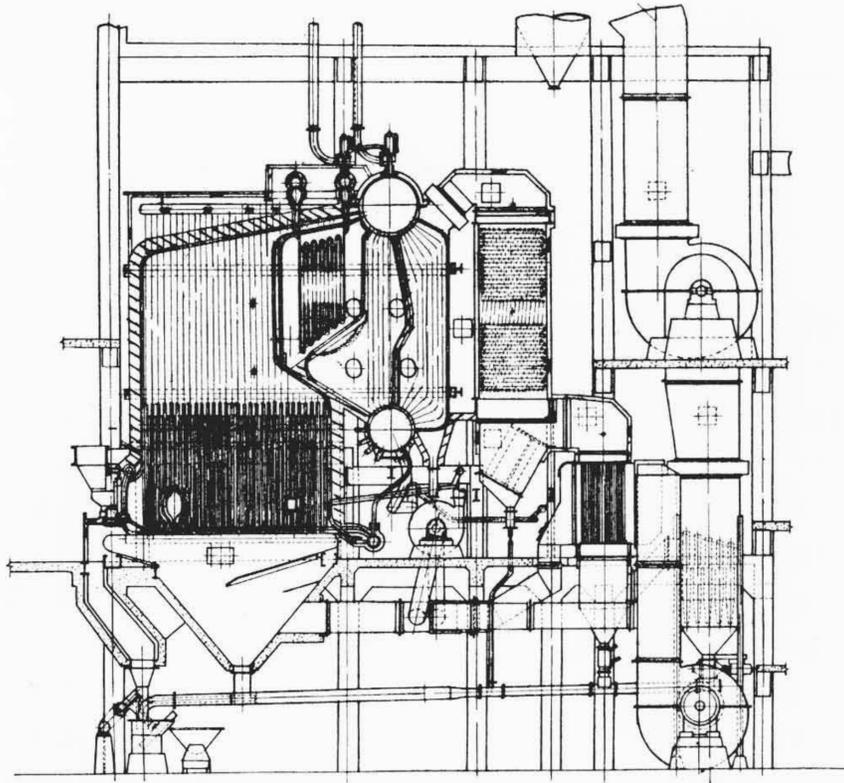
ボイラ、タービン、発電機、その他各種補機類の容量、強度などに特に大きな余裕を持たせ、いかなる過酷な条件下でも、十分安全な運転ができるよう考慮されている。すなわち前記気温水温のほか、炭質の変化、冷却水系統の堆積物発生による冷却能力の低下、補機電源の故障、熟練した運転員を容易に得られない国内事情その他わが国では予測しがたいような種々の悪条件を考慮し、主機類には約 50% の容量の余裕を持たせ、汽罐給水ポンプは電動機駆動 2 台、蒸気タービン駆動 1 台とし、おのおのはボイラ 2 基分の容量となっている。

3.4 配管

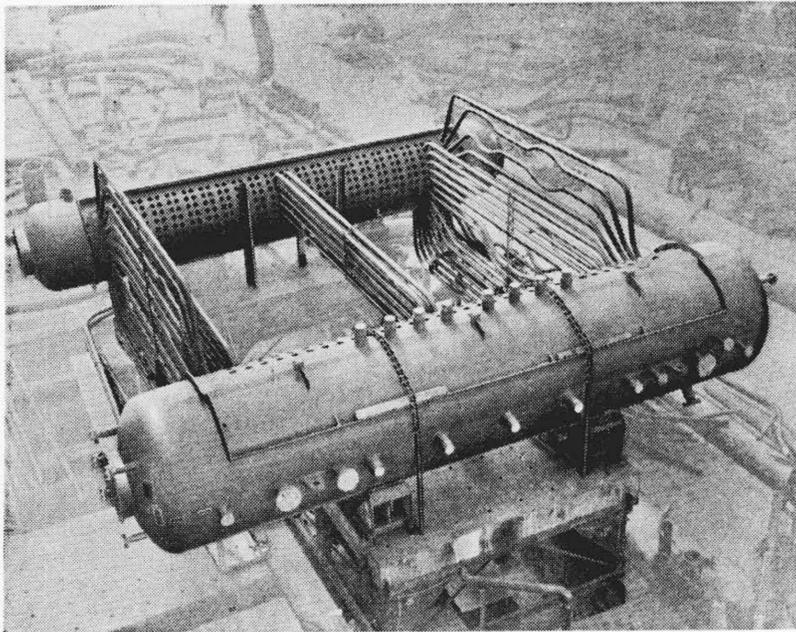
保守の際、溶接員を簡単にうるることがむずかしいという現地事情を考慮し、顧客の強い希望もあったので、各



第 3 図 KORBA 火力発電所全体配置図



第4図 36.3 t/h 2 胴輻射形ボイラ構造図



第5図 工場仮組立中の汽胴水胴および蒸発管

側壁下部ヘッダは直接火炎にさらされるので、その過熱を防止するため、その上部にチルチューブを水平に配置した。このチルチューブは前壁ヘッダへの供給管となっている。

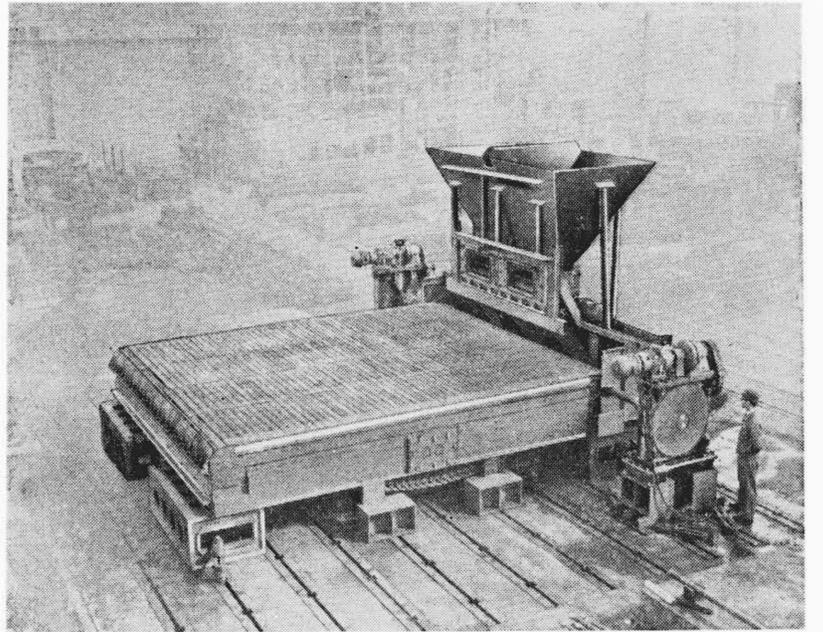
このプラントの補給水は前述のように全塩脱塩装置を通した純水を使用することになっているが、万一の場合軟化水をそのまま使用することを考慮し、サーフェス式の蒸気温度制御装置を採用した。この装置は第2図にその系統を示すように、過熱器出口に設けられた三方弁により、蒸気の一部を水胴内に設けられた表面接触式減温器に導き両者の混合端において蒸気温度が常に一定になるように三方弁の開度を主蒸気温度により自動的に加減するものである。この装置による温度の調整範囲はボイラ蒸発量 70~100% の間である。

給水量制御、燃料制御も含め、いわゆるボイラ自動制御装置はすべてペーレー社の空気作動式を採用した。

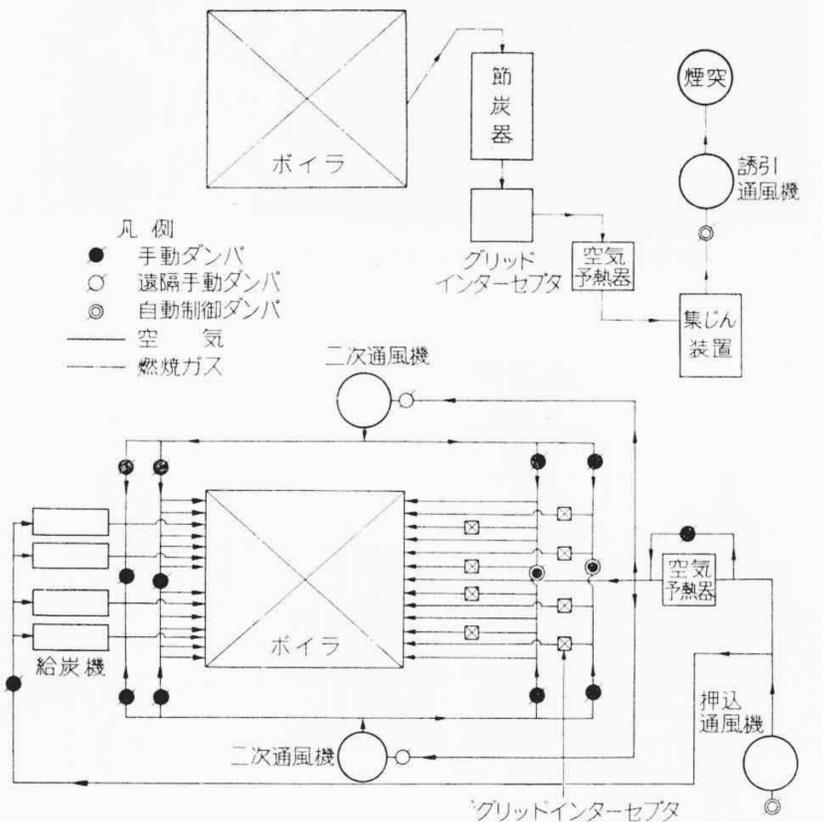
5.2 燃 焼 装 置

スプレッドストーカは第6図にその外観を示すようにオーバロー形の散布式給炭機と逆送移床式給炭機より成り、4台が並列に設備されている。

スプレッドストーカはその本質上、飛散分が多いので、これのみでは未燃損失が多くなる傾向にある。これを防止するため、未燃分



第6図 スプレッドストーカ外観



第7図 空気および燃焼ガス系統図

を回収し二次空気により火炉へ再注入する未燃分再注入装置が設けられている。この未燃分回収装置は、蒸発水管下部に設けられたホップと節炭機下部に設けられたインターセプタよりなり、飛散する未燃分の 80% 以上を捕集して火炉に戻して浮遊状態で再燃焼させ、ボイラ効率の向上を図るものである。

このボイラの空気および燃焼ガスの流路系統を第7図に示す。

6. 蒸気タービンおよび発電機

このタービンは後述する発電機とともに、前述の MADURAI 火力発電所納タービンの運転成果を折り込み、最近の進歩した設計製作技術に基づいて製作されたもので、構造、強度、運転の容易さなど機器の信頼度には特に慎重な考慮が払われている。

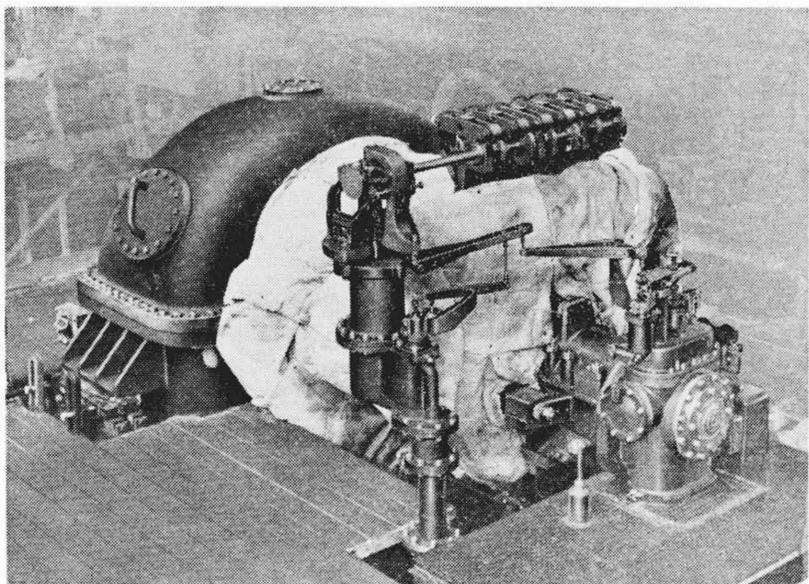
このタービンの最大出力は 10,000 kW であるが、タービンロータ、翼、車室などの構造には 15,000 kW 級の標準を採用し、過酷な運転にも耐えうるものにした。

6.1 タービンの構造

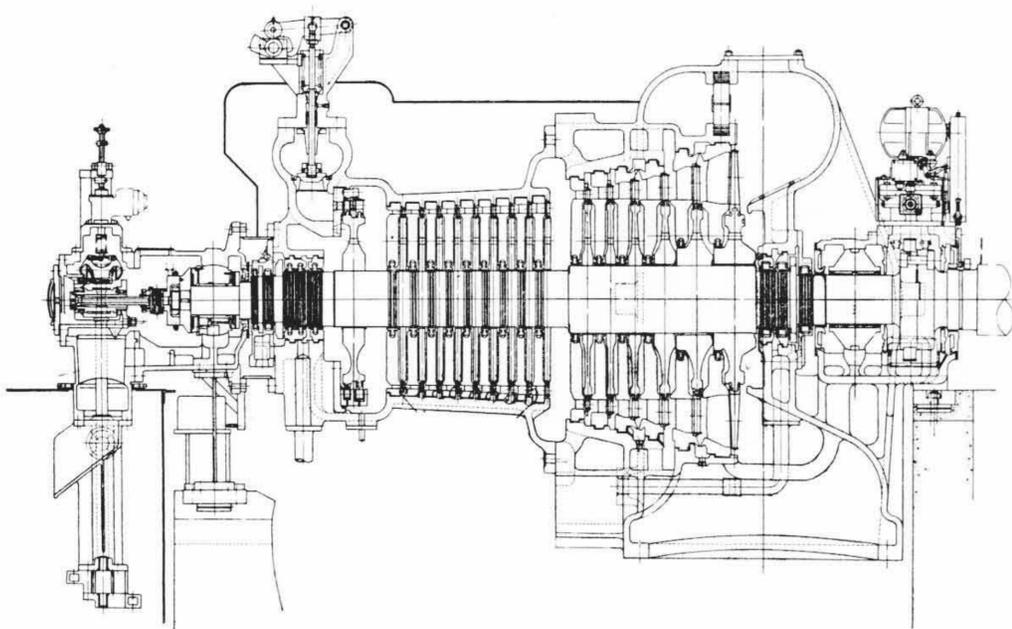
第8図は本タービンの完成外観を、第9図はその構造を示す。車室は Mo-鋳鋼製の高圧車室と特殊鋳鉄製の低圧車室に分かれており、低圧車室をタービン基礎に固定し、高圧側は前側軸下部のス

プリングプレートにより支持され、熱膨張を吸収しうる構造となっている。高低圧両車室の垂直継手面は、内部の蒸気圧力を適当に選定するとともに、継手面に特殊な蒸気シール構造を採用し、外部へは絶体に蒸気が漏れないようになっている。

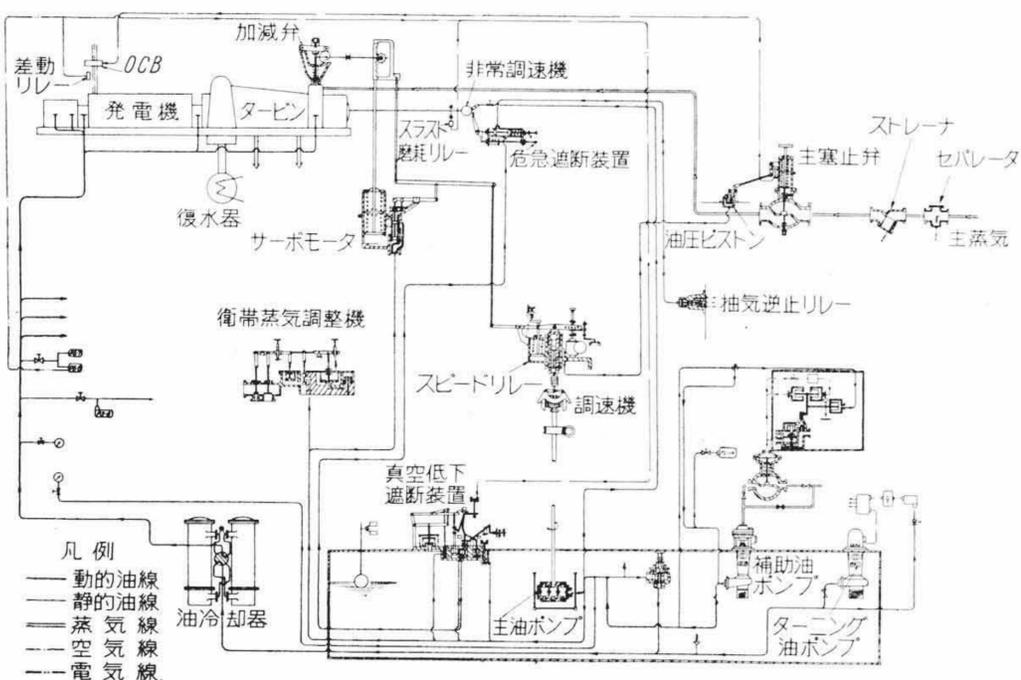
タービンロータはCr-Mo-V鍛鋼の車軸とNi-Cr-Mo鍛鋼の車盤の焼ばめ構造で、125%の過速度にも十分耐えうるよう設計されている。発電機ロータとはリジッドカップリングで結合され、低圧側軸



第8図 工場試験中の10,000 kW 蒸気タービン



第9図 10,000 kW 蒸気タービン断面図



第10図 制御系統図

第2表 振動振幅実測値

(両振幅, 単位 $\mu = \frac{1}{1,000}$ mm)

	第1軸受	第2軸受
垂直方向	3.5	4
水平方向	6	4
軸方向	3	6

受は発電機ロータと兼用になっている。すなわちタービン発電機とで合計3軸受の配置として全長の短縮を図っている。タービン翼は13Cr製で最終段翼にはドレンによるエロージョン防止のためステライト板の銀ろう付けが採用されている。

タービンロータの振動については特に慎重な考慮が払われ、危険速度はIBM電子計算機によって厳密に計算され、その結果によって最適の車軸寸法が選定された。工場試験における振動測定値は第2表に示すとおりであり、きわめて静粛な運転成績が得られた。

前側軸受には第一軸受と一体になった推力軸受があり、また调速機構が内蔵されている。主油ポンプは歯車式でタービン軸からウォーム歯車を介して駆動される。この主油ポンプは前側軸受の下部に設けられた油タンク内に浸漬される構造となっている。

シャフトパッキングには高低圧両側とも、完全な蒸気シール方式が採用されている。

6.2 制御装置

第10図に制御系統図を示す。その特長は次のとおりである。

- (1) 非常调速機は顧客の希望により、定格速度においても作動試験が可能なオイルトリップ式を採用した。
- (2) 非常调速機が作動した場合、主塞止弁のほかに加減弁も同時に遮断されるようにした。これも顧客の希望によるものである。
- (3) 主塞止弁には起動時の昇速過程および危急時の遮断用として使用される手動式主塞止弁を採用した。これは構造簡単で作動が確実であり、この種小容量タービンに最適のものである。

6.3 発電機の構造

タービンと直結される発電機は、日立産業用発電機の標準設計によるもので、構造が簡単で堅ろう、高性能であり保守運転が容易である。固定子わくは溶接鋼板製で、運転中の振動や不平衡磁気吸引力に対して十分がん強につくられている。固定子鉄心には高級ケイ素鋼板を使用し、これに一枚ごとにワニスを一様に塗布して焼き付けたものである。コイルの絶縁には日立製作所において研究開発されたSLSワニス絶縁方式が採用された。SLSワニスはワニス自体としても電気的、機械的特性にすぐれた熱硬化性ワニスである。回転子軸材には機械的特性および磁気的特性のすぐれたニッケルモリブデンバナジウム鋼の単一鋼塊を使用した。材料はいずれも厳格な試験に合格した信頼性のあるものを使用し、インドにおける特殊条件を十分に考慮して慎重に設計製作されている。

7. タービンプラント用補機

7.1 復水器

復水器はタービンプラントの中で最も地理的条件の影響を受ける部分なので、その設計には特に慎重を期した。

従来インドの発電所においては冷却管内にスケールが累積する事故が多く発生している。これを防止するため

冷却水の pH 調整も考慮されているが、冷却管の清掃は発電所の保守の最も大きな項目の一つである。よってこの復水器は小容量であるが、管渠を左右区分形とし、水室のカバーにはヒンヂ式を採用し、運転を停止するこなく、容易に冷却管の清掃を行なうようにした。

冷却管には JIS のアルミニウム黄銅を使用し、管板との固定は両端拡管の方法を採用した。

冷却水温度の上昇または冷却水の断水などによる排気温度の上昇については特別の考慮を払った。すなわち胴体の長手方向およびタービン排気室と復水器胴体間に、それぞれステンレス鋼製の柔軟な膨張継手を設け、復水器自体としてはタービンの大気放出運転に対応する排気温度にも十分耐えうるよう設計されている。

7.2 その他の補機

低圧給水加熱器は U チューブを使用した横形で、ドレンクーラを内蔵してプラント効率の向上を図っている。脱気器は圧力形の噴射トレー式で、かつ主蒸気系からのシーリングラインを設け、ひん繁な起動停止や負荷の変動に対して給水中の溶存酸素制限値を確保できるように、最も新しい設計が施されている。

空気エゼクタは二段形蒸気噴射式で単式を 2 組設けてある。またグランドコンデンサは予冷却器および後冷却器をそなえた蒸気噴射式である。

これらはすべて国内の火力発電所用として信頼度が確認されているものと同様の設計であり、高性能を発揮することが期待されている。

8. 結 言

以上インド MADHYA PRADESH 州政府の KORBA 火力発電所納 10,000kW 火力発電設備についてその要点を述べた。本設備は比較的小容量ではあるが、最近ようやく軌道に乗った火力発電設備のプラント輸出のモデルケースとして注目されており、その運転成績はインドの電気産業発展のために大いに貢献することが期待されている。

参 考 文 献

- (1) 高林, 中原: 日立評論 34, 657 (昭 27-5)
- (2) 浦田: 日立評論 34, 1045 (昭 27-9)



新 案 の 紹 介



登録新案 第 556910 号

鷺 見 哲 雄

サ ー ボ 電 動 機 の 動 作 範 囲 制 限 装 置

この考案はサーボ電動機の動作範囲の上下限にスイッチを設けて、その開閉により電動機のトルクを減少させサーボ電動機の回転で装置が破損するのを防止する制限装置に関するものである。

図は自動平衡形ガンマ線液面計に適用した場合を示すが、第 1 図でタンク 1 中の液面 2 を測定するのに、放射性同位元素 3 の放射線を検出器 4 で検出し、得られた信号は増幅器 7 にて増幅され e_1 となり基準値 e_2 との差値が電動機駆動増幅器 8 に加えられ、サーボ電動機 9 を駆動し、さらに放射線同位元素 3 および検出器 4 の位置を調整することにより行なわれる。

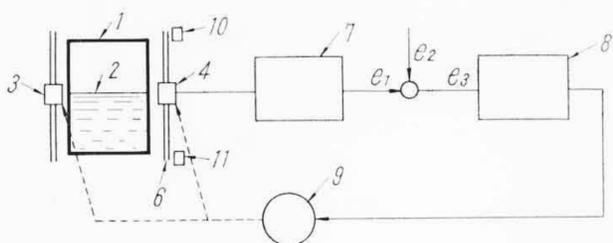
増幅器 8 の詳細は、第 2 図に示すように磁気増幅器 13, 14 の制御巻線 15, 16 に e_3 に対応した電流 i が印加されると、その出力巻線 17, 18 が差動的に接続されており、その出力により電動機 9 を回転させる。12 は変成器である。

ここで磁気増幅器 13, 14 の出力巻線 17, 18 の回路にそれぞれ抵抗

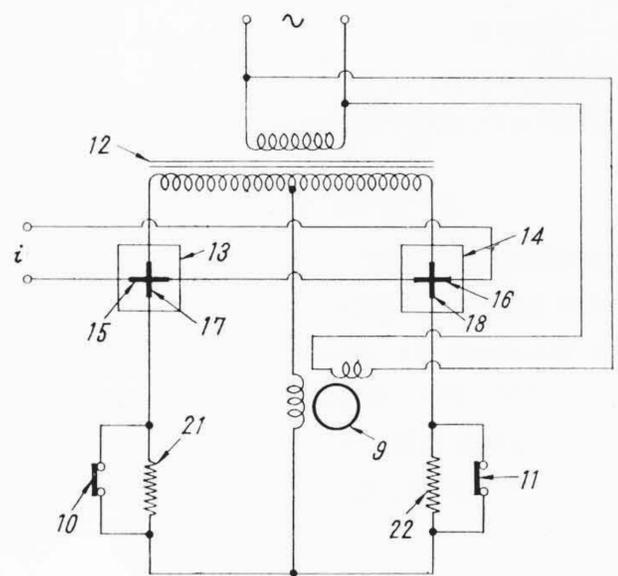
21, 22 がそう入され、レール 6 の上限および下限位置に設けられたスイッチ 10 および 11 が抵抗 21, 22 を常時短絡している。

それで液面 2 が上限または下限の位置にきたときにはこれらのスイッチ 10 または 11 が開放され抵抗 21 または 22 がはいることにより、電動機 9 のトルクが減少されストッパーとして働らく。

(手島)



第 1 図



第 2 図