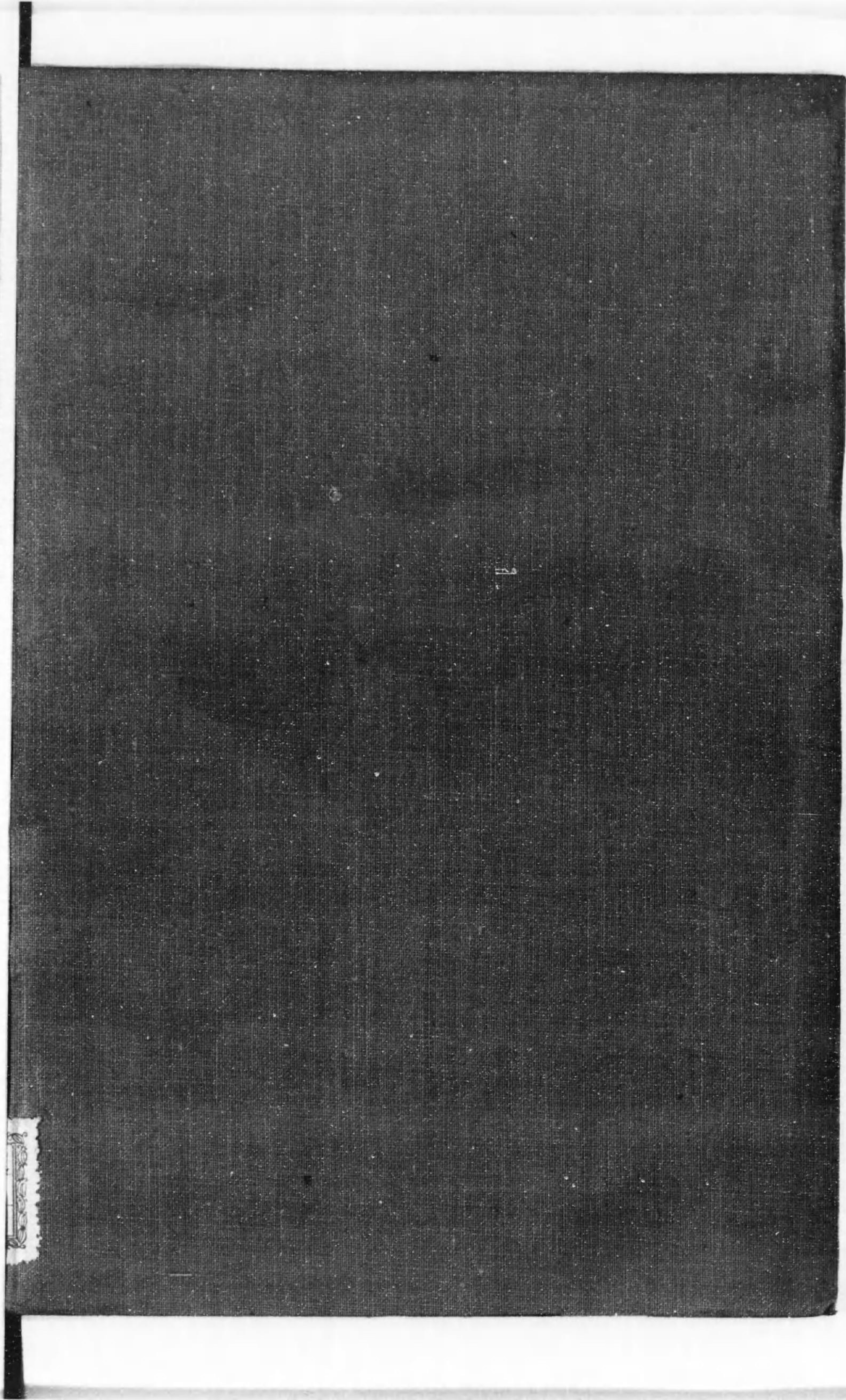


始



特214  
691



# 發電所及原動機



電教社編



大石堂出版部



## は し が き

本書は大阪公立工業学校数校の電気科各専門教諭三十名が、真摯なる教授研究の目的を以て組織する電教社の編纂になる所のもので、工業学校電気科用教科書として凡ゆる角度より最新且つ合理的なることを目標としたものであります。今其の主なる點を擧ぐれば

- 一、教科用として分量、内容、程度、廉價等に特に留意したこと。
- 一、發行に至る迄には過去數年間プリントを使用しこれに慎重なる訂正増補を加へたこと。
- 一、各章毎に問題を豊富に挿入したこと。
- 一、電気全科を十二冊の系統的連續發刊としたこと。
- 一、電教社同人が孰れも經驗に富む實際教授者であること。

等であります。果してよく所期の効果を收め得るや尙反省研鑽に努めて居ります。

幸に斯界諸賢の御批判と御指導を希つて他日一層の成果を期してゐる次第であります。

昭和十三年一月

電 教 社

## 例 言

1. 本書は一週二時間を以て一ヶ年間に教授することを目標としてゐる。
2. 本書は成るべく理論を省き實際上の事項を平易に編纂した。
3. 本書は此種の本としての生命である圖に多く力を注いでゐる。

## 發電所及原動機 目次

### 第一編 總 論

#### 第一章 發電所概論

1. 發電所の種類 ..... 1頁
2. 發電所の建設 ..... 2
3. 發電所の負荷 ..... 3
4. 負 荷 率 ..... 4

### 第二編 水力設備及原動機

#### 第二章 水力設備の概要

5. 水力發電所設置に関する要件 ..... 5
6. 水力發電所の主要素 ..... 6

#### 第三章 水 流

7. 落 差 ..... 8
8. 流 量 ..... 9
9. 水位及水量 ..... 9
10. 我が國に於ける河川濁水量の分布 ..... 10
11. 流量の測定 ..... 11

## 第四章 堰 堤

12. 堰堤の目的 ..... 13頁  
 13. 堰堤の分類 ..... 13  
 14. 可動堰堤 ..... 17

## 第五章 取入口及附属設備

15. 取入口の位置 ..... 19  
 16. 取入口水門 ..... 20  
 17. スクリーン ..... 22  
 18. 沈砂池 ..... 22  
 19. 魚道 ..... 23  
 20. 流木路 ..... 23  
 21. 餘水吐 ..... 24

## 第六章 水路, 水槽, 貯水池及調整池

22. 水路の種類 ..... 25  
 23. 水路中の水速 ..... 27  
 24. 水槽 ..... 28  
 25. 貯水池 ..... 28  
 26. 調整池 ..... 29

## 第七章 水圧管及附属設備

27. 水圧管の構造 ..... 30  
 28. 水門及瓣 ..... 32

29. 水槌作用 ..... 34頁  
 30. サージタンク ..... 34

## 第八章 水力原動機

31. 水車の分類 ..... 35  
 32. ベルトン水車の分類 ..... 36  
 33. フランシス水車の分類 ..... 36

## 第九章 ベルトン水車の構造

34. 羽根車 ..... 38  
 35. ノズル ..... 39  
 36. 水圧調整装置 ..... 39  
 37. 外被 ..... 40

## 第十章 フランシス水車の構造

38. 羽根車 ..... 42  
 39. 導羽根 ..... 43  
 40. 導羽根の開き ..... 44  
 41. 軸受 ..... 45  
 42. 速度環及ピツトライナー ..... 45  
 43. 吸出管 ..... 46

## 第十一章 プロペラー水車

44. プロペラー水車の性質 ..... 47

45. プーベラー水車の種類 …… 48頁

### 第十二章 水車の出力

45. 水車の出力と効率 …… 50  
47. 落差又は直径による速度、水量及出力の變化 …… 52

### 第十三章 水車の型式と使用範囲

48. 落差及水量の範囲 …… 53  
49. 比較回轉度 …… 54  
50. 各種水車の型式と適用 …… 55  
51. 反動水車と衝車水車 …… 57

### 第十四章 調速機と水壓調整機

52. 速度變動率 …… 52  
53. 調速機 …… 59  
54. 水壓調整機 …… 61

## 第三編 火力原動機及附屬品

### 第十五章 熱、燃料、蒸汽

55. 熱 …… 63  
56. 燃料 …… 64  
57. 蒸汽 …… 64

### 第十六章 火力設備の概要

58. 火力原動機 …… 66頁  
59. 火力發電所 …… 67  
60. 火力設備の一般配置 …… 68

### 第十七章 蒸 汽 罐

61. 一般的構造 …… 69  
62. 蒸汽罐の種類 …… 70  
63. コーニツシュ罐 …… 71  
64. ランカツシャー罐 …… 72  
65. 煙管罐 …… 73  
66. 水管罐 …… 73  
67. パブコツクエンドウイルコツクス罐 …… 74  
68. ガルベ罐 …… 76  
69. タクマ罐 …… 79

### 第十八章 汽罐の取付物

70. 水面計及驗しコツク …… 81  
71. 低水報知器 …… 81  
72. 吐出コツク …… 82  
73. 壓力計 …… 83  
74. 安全瓣 …… 83  
75. 止め瓣 …… 85  
76. 蒸汽逆止め瓣 …… 85

77. 給水逆止瓣 …… 86頁

### 第十九章 汽罐の附屬品

78. 給水ポンプ …… 87  
 79. 給水加熱装置 …… 88  
 80. 給水濾過機 …… 91  
 81. 汽水分離器 …… 91  
 82. 蒸汽トラップ …… 92  
 83. 過熱器 …… 93  
 84. 空氣豫熱器 …… 94

### 第二十章 石炭の配給及給炭装置

85. 運炭機及除灰装置 …… 94  
 86. 給炭方式 …… 94  
 87. 火焚機械（自動給炭機） …… 95  
 88. 給炭機の種類 …… 95  
 89. 微粉炭燃燒装置 …… 98

### 第二十一章 煙突及通風

90. 通 風 …… 100  
 91. 煙 突 …… 101  
 92. 人工通風或は機械通風 …… 102

### 第二十二章 汽罐容量及能率

93. 火格子面積と燃燒率 …… 103

94. 傳熱面積, 蒸發量及蒸發係數 …… 104頁  
 95. 汽罐の容量 …… 106  
 96. 汽罐能率 …… 106

### 第二十三章 蒸汽タービン

97. 概 説 …… 107  
 98. 蒸汽タービンの分類 …… 108  
 99. 衝動タービン …… 109  
 100. 反動タービン …… 116  
 101. 混式タービン …… 120  
 102. 複式タービン …… 122  
 103. 調速装置 …… 122  
 104. バツキング …… 125  
 105. 羽根, 羽根車及軸受 …… 126  
 106. 蒸汽タービンの長所 …… 126

### 第二十四章 復水装置

107. 復水装置の構成と其の目的 …… 127  
 108. 復水器 …… 128  
 109. 冷却水ポンプ …… 131  
 110. 空氣抽出装置 …… 131  
 111. 復水ポンプ …… 132

### 第二十五章 管

112. 管の種類 …… 133

113. 蒸 汽 管 ……133  
 1.4. 排汽管及給水管 ……135  
 1.5. 管の接手, 管の支持法及保温 ……136

### 第二十六章 内 燃 機 關

116. 概 説 ……137  
 117. 内燃機關のサイクル ……138  
 118. ディーゼル機關 ……141  
 119. ディーゼル機關發電 ……143

## 第四編 電 氣 設 備

### 第二十七章 電氣設備の概要

120. 電氣機器の種類 ……145  
 121. 建物の種類 ……146  
 122. 建物の各室 ……146

### 第二十八章 發 電 機

123. 發電機の型 ……147  
 124. 電 壓 ……147  
 125. 周 波 數 ……148  
 126. 冷却方法 ……148

### 第二十九章 勵 磁 機

127. 勵磁機の型 ……149頁  
 128. 勵磁方式 ……149  
 129. 運轉方式 ……150  
 130. 高速度勵磁 ……150  
 131. 容量及電壓 ……151

### 第三十章 變 壓 器

132. 變壓器容量及個數 ……151  
 133. 接續方式 ……152  
 134. 冷却方式 ……152

### 第三十一章 配 電 盤

135. 配電盤の種類 ……153

### 第三十二章 開 閉 器

136. 開閉器の具備すべき條件 ……156  
 137. 氣中開閉器 ……156

### 第三十三章 遮 斷 器

138. 氣中遮斷器 ……158  
 139. 油入遮斷器 ……159



## 第三十四章 電壓調整器

140. 電壓調整器の目的及種類 ……161頁

## 第三十五章 限流リアクトル

141. 構造 ……164  
 142. 定 格 ……164  
 143. 限流リアクトルの應用 ……165

## 第三十六章 回路方式

144. 回路の接続方式 ……167

## 第三十七章 自動水力発電所

145. 自動発電所の分類 ……169  
 146. 起動及同期化方法 ……170  
 147. 出力の調整方法 ……171  
 148. 停止方式 ……171  
 149. 保護方式 ……172

## 第三十八章 水火併用

150. 水火併用の目的及その方法 ……172  
 151. 電力 聯 系 ……174

## 發電所及原動機

## 第一編 總 論

## 第一章 發電所概論

## 1. 發電所の種類

發電所 (Power plant or Power station) とは自然界の各種の勢力 (Energy) を利用して電氣を發生する設備であつて、現在發電所用原動力として用ひられつゝあるもの、或は將來利用されようとするもの等によつて發電所の名稱を分類すると次の様である。

- (1) 河水, 湖水 ……水力發電所
- (2) 石炭, 石油, 瓦斯 ……火力發電所
- (3) 風力 ……風力發電所
- (4) 地熱 ……地熱發電所
- (5) 潮力 ……潮力發電所
- (6) 太陽熱 ……太陽熱發電所

以上の中風力, 地熱, 潮力等の利用に就ては歐米各國では相當研究され、實用に供されてゐるものもあるが、我が國では別府に極めて小規模の地熱發電所が試験的に設置されたのと、朝鮮に潮力發電所の設立計畫があるのみで他は全部水力と火力による發電所のみである。幸ひ我が國は發電水力が極めて豊富であつて最近の調査に依

れば本邦全水力は約20,000,000kw.と云はれ、今日利用されつゝあるものは僅かに3,880,000kw.位であるから將來の發展に充分の餘裕が残されてゐる譯である。然るに火力發電所は其の燃料の大部分の石炭は埋藏量に制限があつて將來大發展を望む事は困難であるが、近來は水力の利用發達と共に其の補助發電所として重要性を帯びる様になつた。

## 2. 發電所の建設

發電所を建設するにはたゞ理想的見地だけで建設せずよく其の周圍の事情を考へ合せて經濟的方面から水力又は火力の何れを選ぶかを決定せなければならぬ。其の事情の主なものゝ挙げると、

(1) 地理的事情、例へば有力な水力地點の近くに需要地があつて送配電容易な場所には水力發電所が有利であつて、電力需要地の近くに燃料が極めて安價に得られる場合には火力發電所が有利である。

(2) 資本及運轉費、水力發電所は多くの固定資本がかゝり、其の建設費も1kw當350圓乃至500圓位かゝるが、經常費即ち運轉費は非常に少なくてよい。火力發電所は其の建設にかゝる資本は非常に少く1kw當100圓乃至150圓位であるが經常費としては燃料費、人件費等に非常に多くかゝるのである。

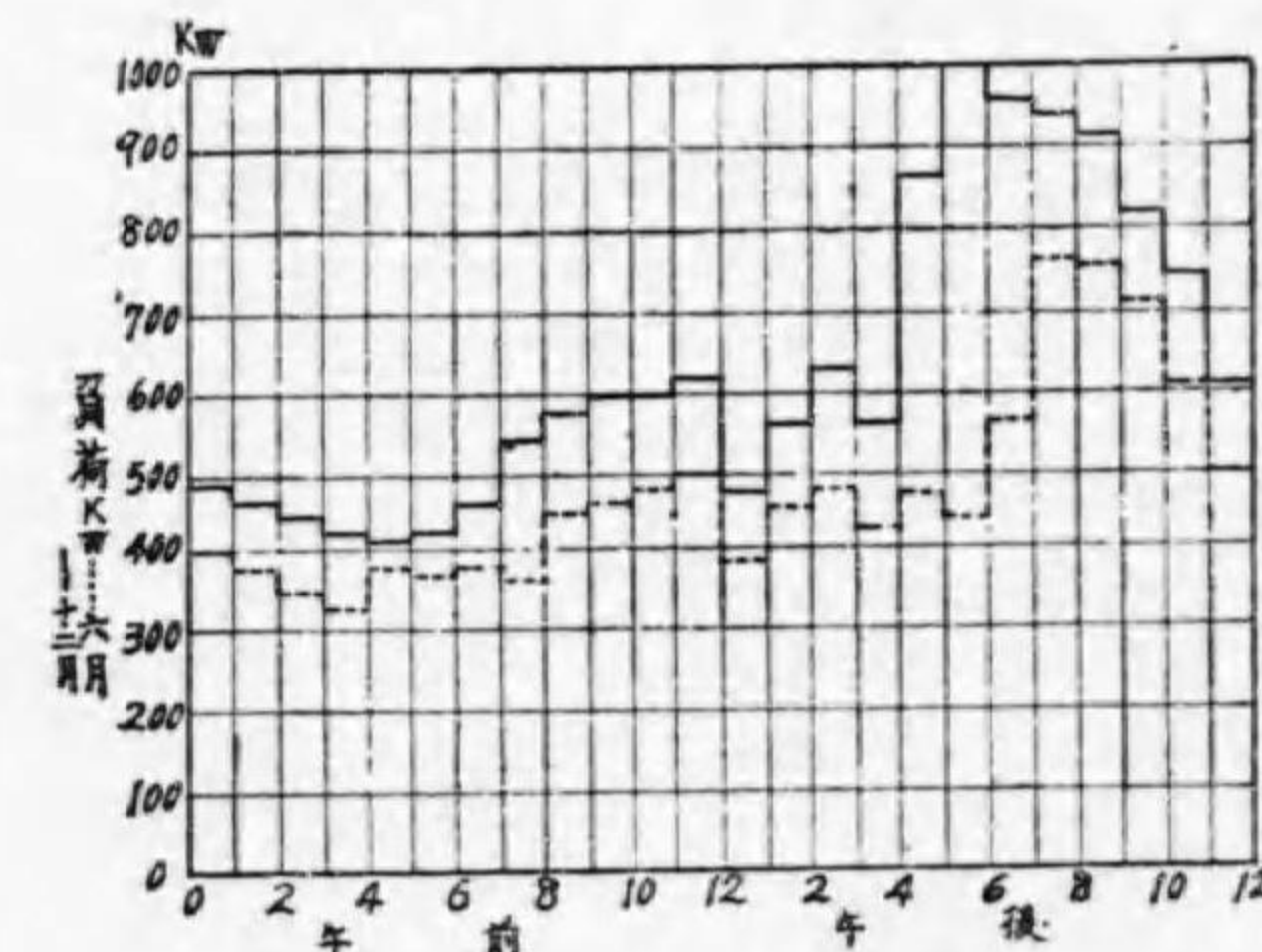
(3) 能率、火力發電所では燃料の有する勢力を電氣的勢力に変化する場合の能率は普通10%内外であつて、現今特殊の設備を施したものでも30%内外である。之に比べて水力發電所では水車、

發電機等の合成能率は70~80%位で之に送電線變電所等の能率を加算しても尙60%以上を利用する事が出来るのである。

## 3. 發電所の負荷

電力の需要は特殊の負荷の場合以外は常に一定のものではなく、従つて發電所の負荷も之に伴つて變化するのである。其の變化の状態は發電所經濟、送電線の設計及運用上に大きな影響を及ぼすものであるから、當事者は負荷状態を豫想して適當な設計をしなければならない。此の負荷の變化の状態を表はしたものを負荷曲線 (Load curve) と云ふ。普通30分若くは1時間毎に出力を求めそれを縦軸に時間を横軸に取つて表はしたものである。

第1圖は電燈及小口電力の1晝夜間の變化を表はしたもので、之れを1日負荷曲線と云ふ。此の負荷曲線は日々同一のものではなく又季節に依つても變化する



第1圖 負荷曲線(電燈及小口電力)

ものであるから、1ヶ月間或は1ヶ年間の負荷曲線を之れに依つて作るのである。然し或る負荷に對する負荷曲線の性質に依り大體豫想する事が出来るものである。例へば圖に示した様な電燈及小口電力

の負荷曲線は吾人の活動中及夜間10時頃迄は需要電力が大きくて殊に電燈負荷の多いため夜間の電力の大きい事を表はして居り、又夏季は冬季に比べて日照時間が長いから電力の最大となる時刻も遅く需要電力は降下するものである。

#### 4. 負荷率 (Load factor)

1日中の最も大きい負荷を**最大負荷** (Maximum load)と云ひ、1日中の負荷の平均を**平均負荷** (Mean load)と云ふのであつて、負荷の變化の度合を示すために或る期間中の平均負荷と其の期間中の最大負荷との比をとり之を負荷率と云つてゐる。

従つて此の期間を1日としたものを**日負荷率** (Daily load-factor)と云ひ、1ヶ月としたものを**月負荷率** (Monthly load-factor)、1ヶ年としたものを**年負荷率** (Yearly load factor)と云ふ。

$$\text{負荷率} = \frac{\text{平均負荷}}{\text{最大負荷}} \times 100 \%$$

## 第二編 水力設備及原動機

### 第二章 水力設備の概要

#### 5. 水力發電所設置に関する要件

水力發電所を設置する時調査せなければならぬ事項を挙げると次の様である。

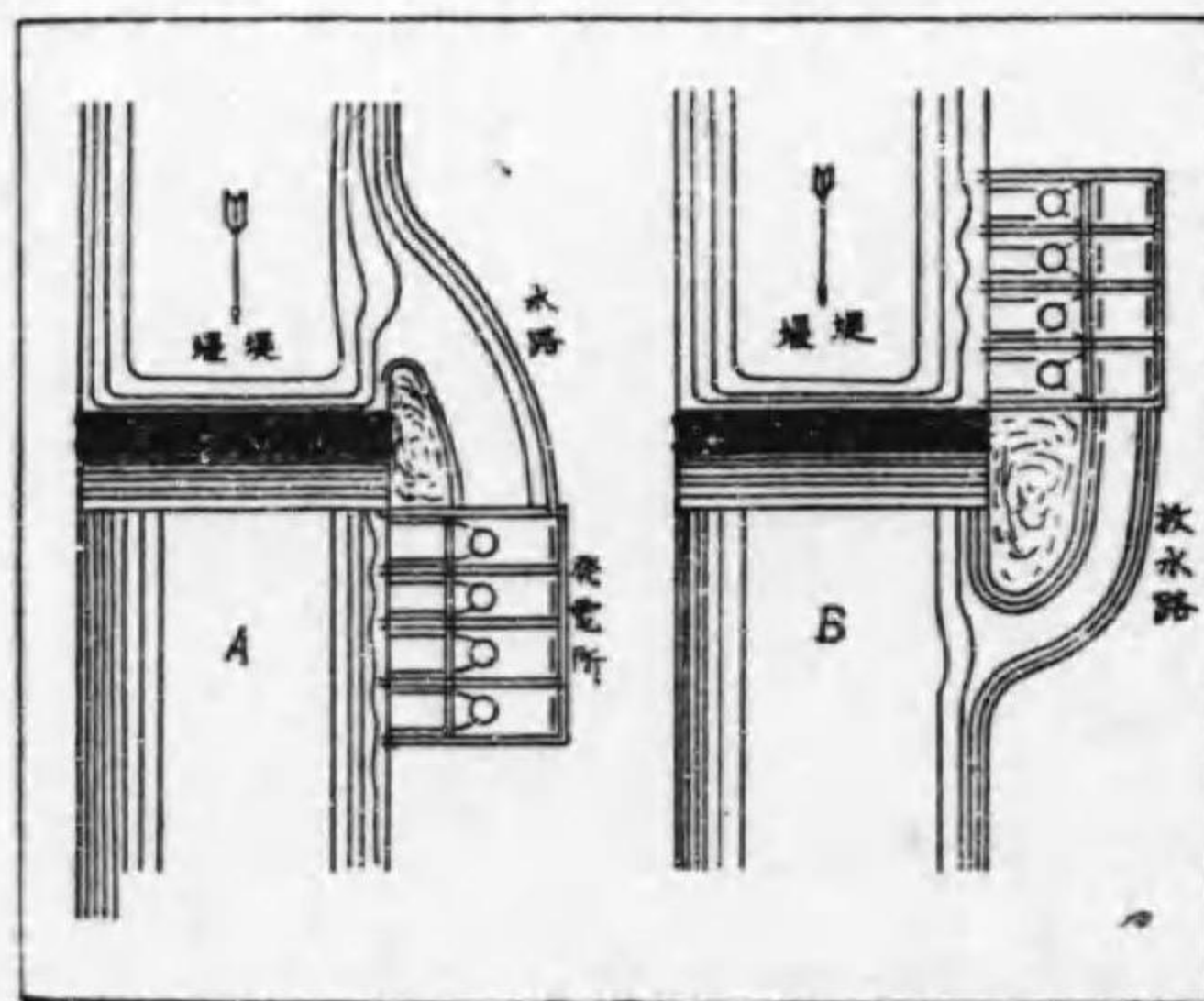
- (1) 水量が豊富であるか否か。
- (2) 水源地の植林状態。
- (3) 河川の流域面積の廣さ。
- (4) 雨量の多い少い。
- (5) 洪水面の高さ。
- (6) 最小水量。
- (7) 發電し得る電力。
- (8) 電氣を送る距離。
- (9) 水路の長短。
- (10) 需要地の電力料金。
- (11) 諸機械運搬の難易。
- (12) 工事に用材料を得る事の便不便。
- (13) 水力の利用區間の灌漑用水堰の有無。
- (14) 船舶筏等の交通及流木の有無。

(15) 流水中の土砂混合量の多少及酸, アルカリ, 硫黄, 鹽分等の含有量。

要するに水力発電所の設置に関しては水量が多くて不変である事が最も重要な問題であつて, 若し河川の最大水量と最小水量との差が甚しい場合, 或は其の河水が他の目的にも使用せられてゐる場合等には適当な方法を講じなければ最小水量以上には発電出来なくなるのである。尚以上の外需要地に於ける負荷率を調査して之れに依り最大出力及使用水量を算出して建設費を見積り販賣價格を豫想して事業の損益を考へなければならぬ。

6. 水力発電所の主要素

水を発電所まで導いて來る方法によつて水力発電所を堰堤式発電所と水路式発電所との二種に分けられる。第2圖及第3圖は各々之れを示すものである。前者は河川の下流部の様な水量が豊富で勾配



第2圖 堰堤式発電所圖

が緩かな地點に, 高い堰堤を設けて人工的に落差を作るものである。後者は水の取入地點と発電所とが離れていて, 此の間を色々な方法で水を導くものである。



- A...本流
- E, B...制水門
- C...堰堤
- D...取入口
- F...餘水吐
- G...土砂吐, スクリー  
ン, 門扉
- H...トンネル入口
- I...水路橋
- J...開渠
- K...土砂吐
- L...水槽
- M...餘水路
- N...水壓管
- O...放水路
- P...発電所

第3圖 水路式発電所圖

次に水力発電所を構成する主要なものを挙げると,

- (1) 堰堤 (Dam) 河川を或程度に堰き止めて上流の水位を高めると同時に貯水の役目をする。
- (2) 取入口 (Intake) 河流より分岐して水を適當に引き入れる箇所である。
- (3) 水路 (Water conductor) 取入口からの水を発電所へ導く人工溝渠であつて勾配の小さい事が必要である。
- (4) 水槽 (Head tank) 水路と水壓管との接合箇所では負荷の變化による水の消費量を加減する所である。
- (5) 整水門 (Head gate) 水壓管内の流水を加減するものである。
- (6) 餘水路 (Spill way or Over flow) 水槽の水位を調整し又

は水車の故障の時餘水を排除する水路である。

- (7) 水壓管(Penstock) 水槽と水車とをつなぐ導水管。
- (8) 水力タービン(Water turbine) 水力発電所の原動機である。
- (9) 吸出管(Draft tube) 放水をタービンから下水面に導く水管であつて下水面下に開口する。
- (10) 放水路(Tail race) 放水を本流に導く水路である。

以上の設備は何れの発電所にも全部備へられるものではなく、地勢、落差等の如何によつてその一部を缺くか又は以上の外の設備をする場合もある。

### 第三章 水 流

#### 7. 落差 (Head)

水力學では單位時間に單位重量の液體が流れるときに有するエネルギーを落差と云ふが、一般に水力事業では水が落下する二點間の高低の差を落差と云つてゐる。

落差は大體次の様に三種に分けられてゐる。

- (1) 天然落差 (Natural head) 取入口と放水路との兩水面の垂直距離を云ふ。
- (2) 全落差 (Total head or Gross head) 水槽と放水面との兩水面の垂直距離を云ふ。

- (3) 有効落差 (Effective head) 全落差より各部の損失落差を差し引いたもので、即ち水車に作用する有効な落差を云ふ。之を單に落差と云ふこともある。

通常落差の單位はメートルで表はす。

#### 8. 流 量 (Flow)

流量とは水流の量を云ふもので水力電氣事業では落差と共に極めて重要なものである。之を表はすには普通立方米毎秒で表はすが我が國では習慣上立方尺毎秒で表はし、特に之を個と呼んでゐる。雨量が年により又月に依つて違ふのと同様に流量も亦一定しない、然し乍ら増減の具合は大體に規則的であるとも云ふ事が出来る。此の流量が水力發生の根本であるから其の最大最小を知つて其れに適する貯水池を作り得るか否かを究める事は、發電事業上非常に大切な事である。

#### 9. 水位及水量

水位とは或る基準面から水面迄の高さであつて、水量とは河川の或る断面を一定時間内に流れる水の容積である。發電水力調査局では發電水量に關して次の様な用語を用ひることゝされた。

- (1) 渴水位及渴水量 1年を通じ10日間以上之れより下らない水位及水量。
- (2) 低水位及低水量 1年を通じ90日間以上之れより下らない水位及水量。

- (3) 平水位及平水量 1年を通じ180日間以上之れより下らない水位及水量。
- (4) 平均濁水位及濁水量, 平均低水位及低水量, 平均平水位及平水量 (1)(2)(3)の各項の水位及水量を数年の平均したもの。
- (5) 高水位及高水量, 毎年一二回必ず発生する程度の出水位及出水量。
- (6) 洪水水位及洪水量 数年間に一回起る洪水の水位及水量。
- (7) 最大濁水位, 最大洪水水位, 最大濁水量, 最大洪水量, 既往の事實, 里人の記憶等によつて判定したもの。

#### 10. 我が國に於ける河川濁水量の分布

河川の流量は降雨量の多少で違ひ, 一般に雨量の多い地方は多量で少い地方は少量であるのが普通であるが, 土地の状況によつて一様ではない。

今全國流量の變化を概説すると次表の様な有様である。

	夏期	冬期		夏期	冬期
北陸地方	2.89	2.94	北九州地方	2.05	1.79
奥羽地方	2.16	2.24	南海地方	2.35	1.55
山陰地方	1.26	1.68	東北地方	1.75	1.71
東海地方	3.32	2.00	東山地方	2.85	1.98
關東地方	3.07	1.93	内海地方	1.50	1.44
南九州地方	2.47	1.98	北海道地方	1.84	1.28

流域100平方軒當りの濁水量(立方米毎秒)

之れによつて見ると我が國の濁水量の平均は夏期は2.33で, 冬期は1.97となる。

#### 11. 流量の測定

流量の測定には大別して間接測定法(推算法)と直接測定法(實際法)とがある。前者は河川の流域面積を測つて其の地方の降雨量や土地の状況等によつて流量を推定する法であるから精密な結果は得られない。後者は實際に測定する方法で之れに次の三種の方法ある

- (1) 堰測法 (2) 流速計法 (3) 浮子法



第4圖 板堰圖

小川では堰を用ひて測定すると簡單で相當正確に測ることが出来る。此の方法は流れに直角に川幅だけの板堰(Weir)を設け, 此の堰には上部に矩形の開口(Opening)があつて, 開口の兩端と底とは第4圖の様に上流に向つて尖る様になつてゐる。開口の底を堰頂(Notch)と云ふ。堰頂は完全に水平で又兩端は完全に垂直とならねばならぬ, そして堰頂の長さは水頭までの水の深さの4倍乃至8倍とせねばならぬ。堰の上流の川幅は開口の幅の1倍半位ある様にし,

流速は毎秒10廻を越えぬ様にする。

而して堰の上流に其の堰頂の長さよりは長い位置に岸に近付けて堰頂と水平に杭を打ち、其の杭の頭に標尺を立て、水深を測つて次のフランシス (Francis) の公式に入れて流量を計算するのである。

$$Q=1.84(L-0.2H)H^2$$

但し

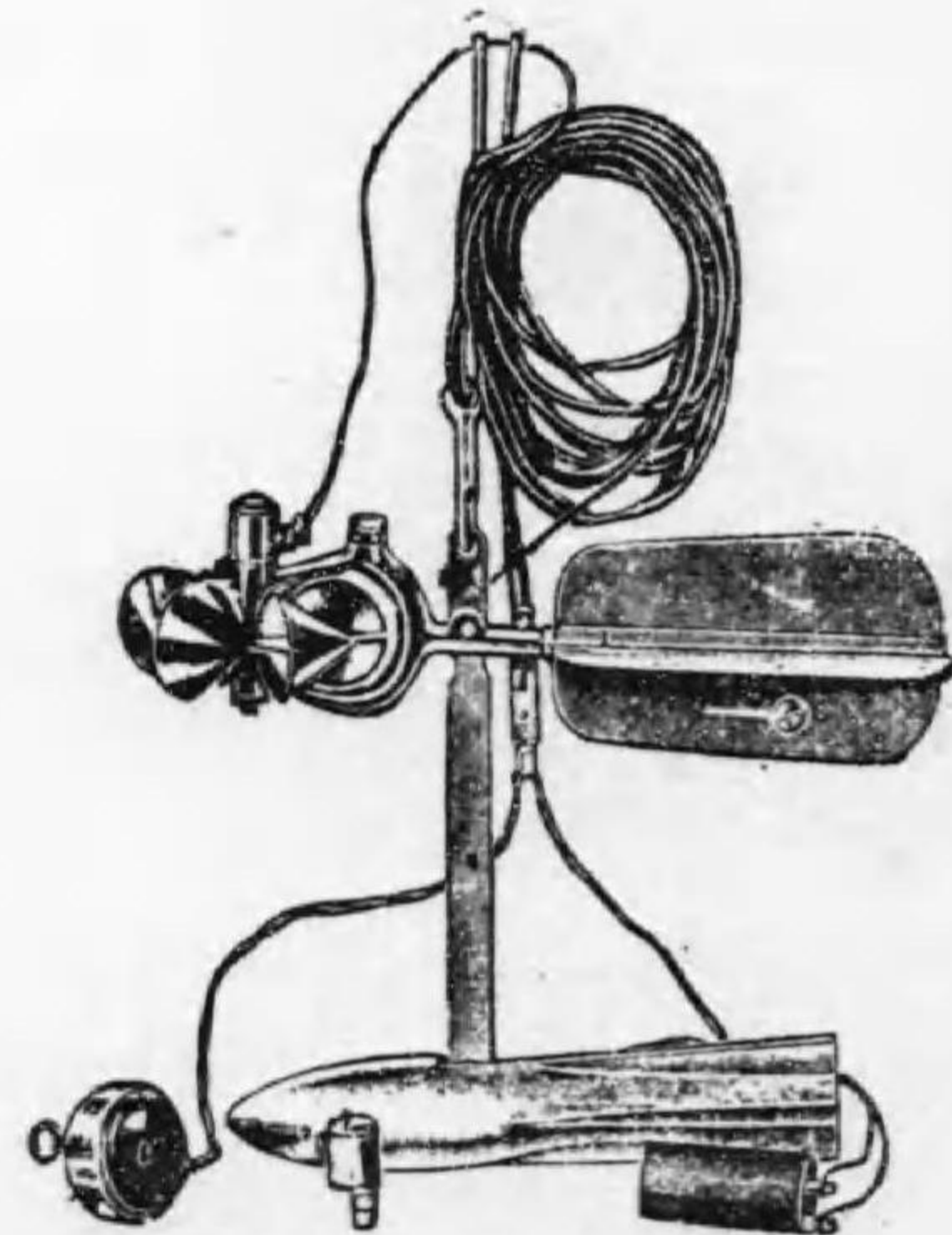
$Q$  = 測定せんとする流量(立方米/秒)

$H$  = 杭上の水深(米)

$L$  = 堰頂の長さ(米)

板堰を設ける事の出来ない場所では流速計で流水の平均流速を求めて、川の横断面とそれとの積から流量を求めることが出来る。

但し平均流速は横断面積、表面の傾斜の具合、底の性質等によつて非常に影響を受ける。又横断面積は底の凹凸及水面の波動に依つて異なる。又任意の箇所を選び水流に直角面を取り其れを數區に分けて各區分内の平均水速と區分の面積を測定して全流量を測る方法もあ



第5圖 電氣式流速計圖

る。第5圖は電氣式流速計を示すものである。

浮子法に依る時は流れの中央に浮子を流して岸に沿つて20~30米を流れる時間を計つて流速を計算し、断面と流速とから流量を算出するのである。この浮子には表面に近い部分の流速を測るものと、水中の適當の深さの流速を測るもの等があるが、若し表面の流速を測定した場合にはその80%を水流の平均速度とする。此の方法は簡単のため廣く用ひられて殊に大きい河川の流量を測定するのに用ひられることが多いが風の影響を受けるために正確には行かない。従つて此の方法によつて算出した流量も亦概算を得るだけに過ぎない

## 第四章 堰 堤

### 12. 堰堤の目的

堰堤を築造する目的は河川を堰き止め水路を變更して河水をたやすく導いたり或は堰堤によつて河川の水位を高めて、人工的に落差を作る爲であるが時としては湖水や沼、澤又は山中の平地に堰堤を築いて貯水を目的とする場合もある。

### 13. 堰堤の分類

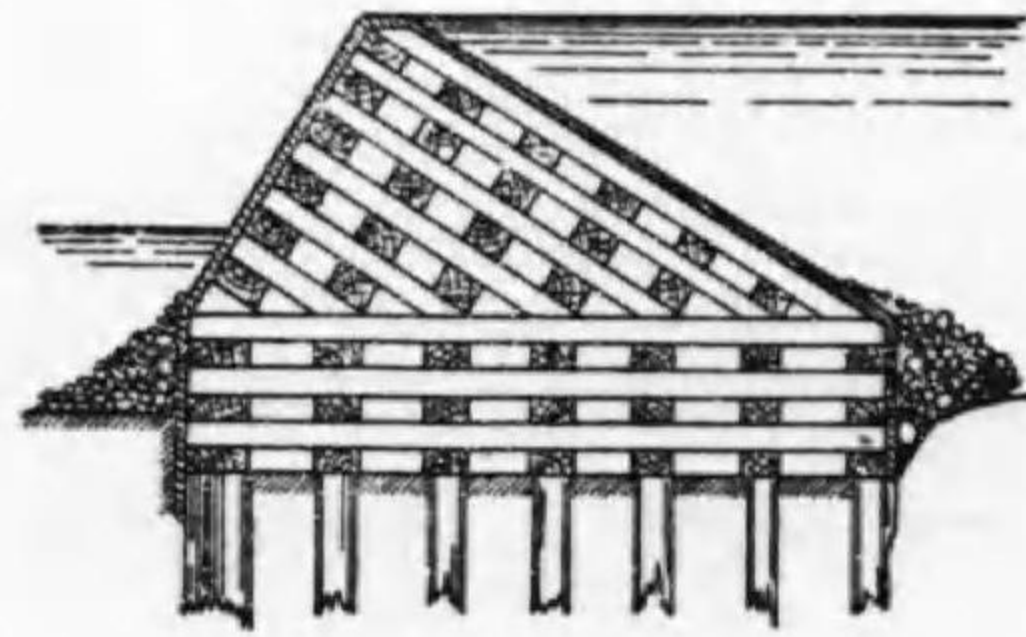
堰堤を使用材料から分類すれば

- (1) 木造堰堤 (Timber dam)
- (2) 土造堰堤 (Earth dam)
- (3) 岩造堰堤 (Rock-fill dam)
- (4) 石造堰堤 (Masonry dam)
- (5) 鐵枠堰堤 (Steel frame dam)
- (6) 鐵筋混凝土堰堤 (Reinforced concrete dam)

又應力及構造上から分類すると

- (1) 重力堰堤 (Gravity dam)
- (2) 内空堰堤 (Hollow dam)
- (3) 弓狀堰堤 (Curved dam or Arch dan)
- (4) 扶壁堰堤 (Buttressed dam)
- (5) 可動堰堤 (Movable dam)

木造堰堤は分水用或は一時的の設備の目的に用ひられる。其の構造は丸太をボルト締にして枠或は格子型に組み



第6圖 木造堰堤圖

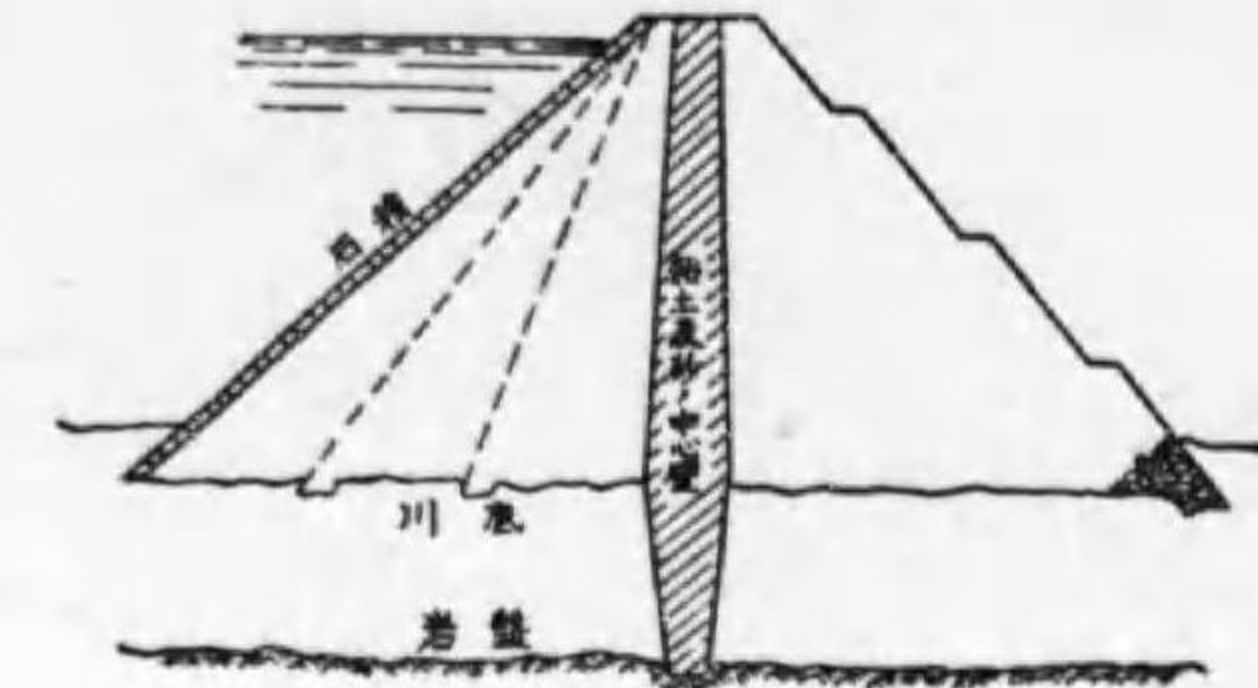
中に岩屑、砂利又は土等を詰めて傾斜面には板を張つて水の漏れるのを防ぐ。此の堰堤は溢流にも耐へ、適當な設計によ

るものは水の自重によつて堰を押しつけるから水の高さが増す程安定で洪水の時等も安全である。第6圖はそれである。

土造堰堤は我が國に古來からあるもので動水用よりも寧ろ貯水池の

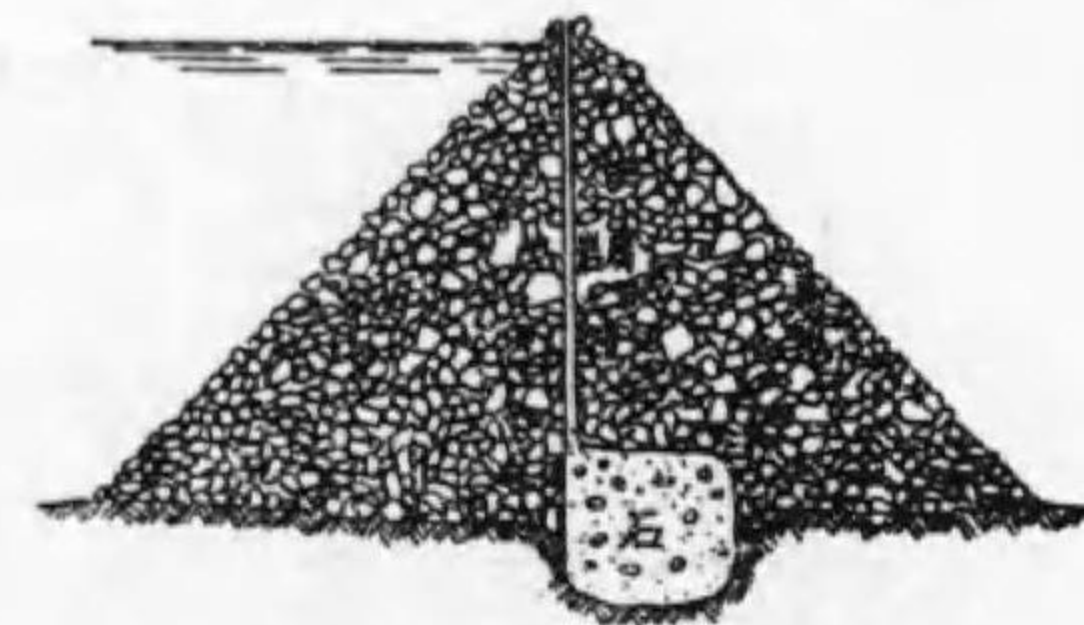
様な静水用に適してゐる。稍々粘土質の土を積み上げて梯形とし倒壊及漏水を防ぐためにその中心は岩盤迄掘り下げて粘土、混凝土又は鐵板等の心壁を築

く表面に至るに従つて耐水的に粗材を使用して表面は耐水的に仕上げをするものである。第7圖。

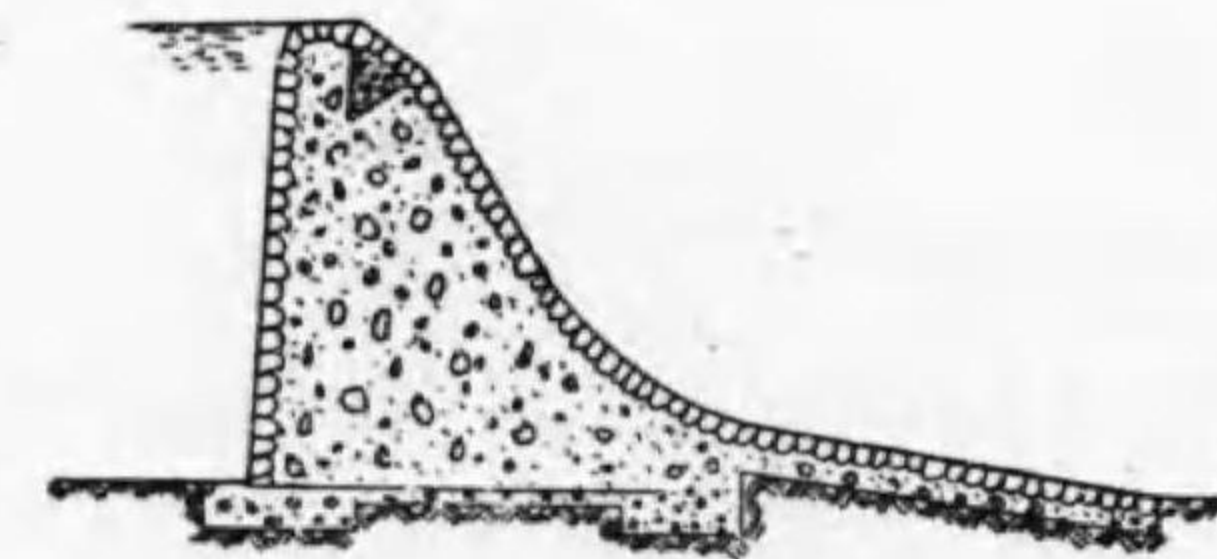


第7圖 土造堰堤圖

岩造堰堤の土造堰堤と違ふ點は土の代りに岩を詰めた點である。若し土質の悪いときは粘土又は混凝土の心壁を入れて上流側は粗石又は混凝土で固める。此の堰堤の特色は土に依つて水の滲透を防いで岩詰の部分に依つて土の部分をサポートせしめてゐるから比較



第8圖 岩造堰堤圖



第9圖 石造堰堤圖

的堅牢で溢流に對して危険も少ない。第8圖はそれである

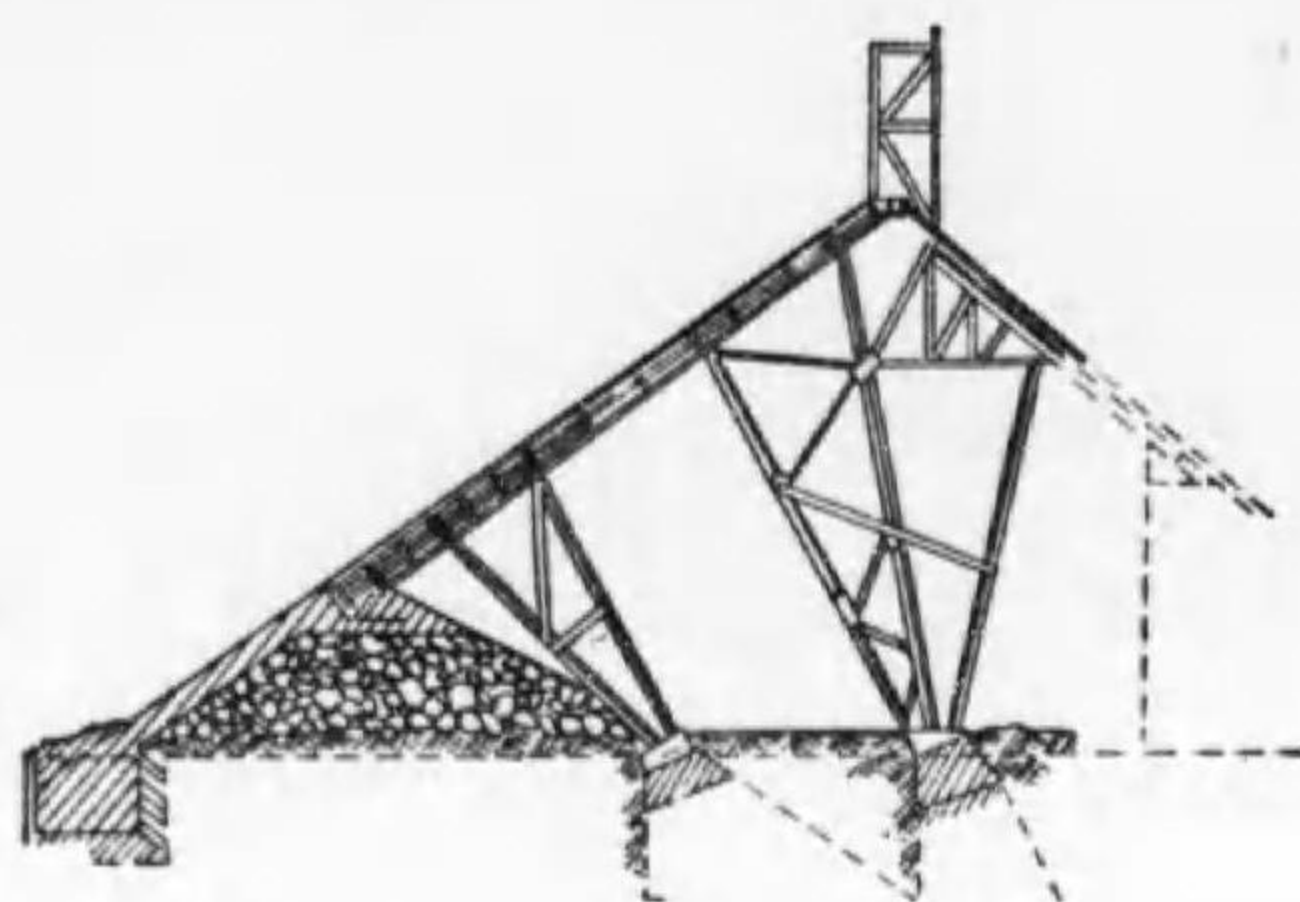
石造堰堤は單に川を堰切つて水路に水を取入れ易くする場合に洗



堰としてよく用ひられるもので内部は粗石で造り、外部は石張りにし

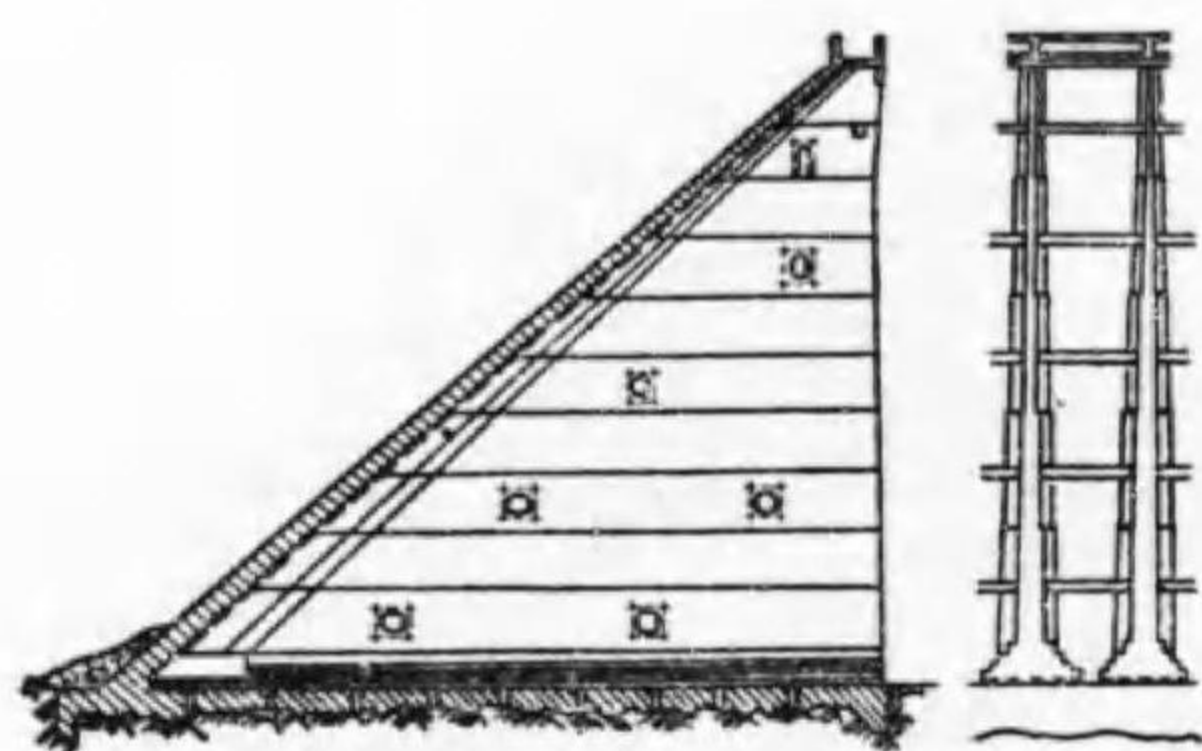
て表面はアスファルトを用ひるか又は良質の混凝土で上張りをする。

(第9圖)



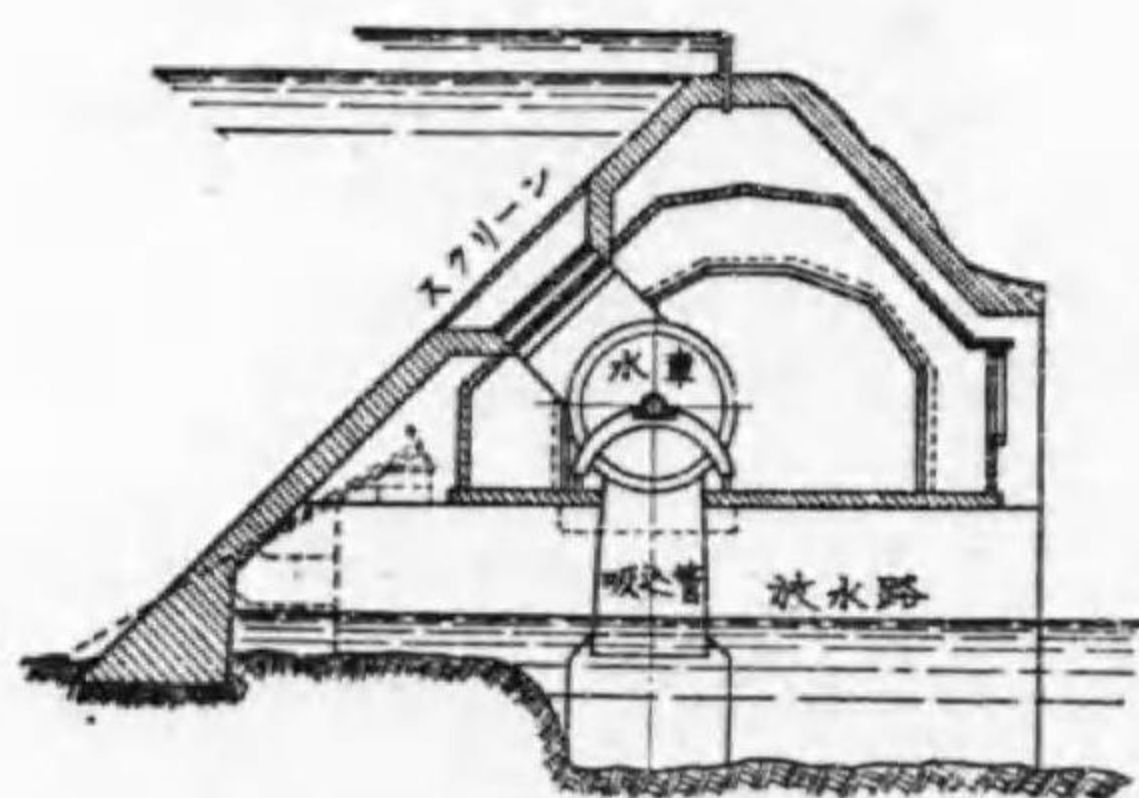
第10圖 鐵杵堰堤圖

**鐵杵堰堤**は角鐵乃至Iビーム等を組合せた鐵杵で堰堤を作つて其の表面には鐵板を張り且つ上流面の下端は堰堤が水壓のために顛覆しない様に混凝土内に埋設する。(第10圖)



第11圖 鐵筋コンクリート堰堤圖

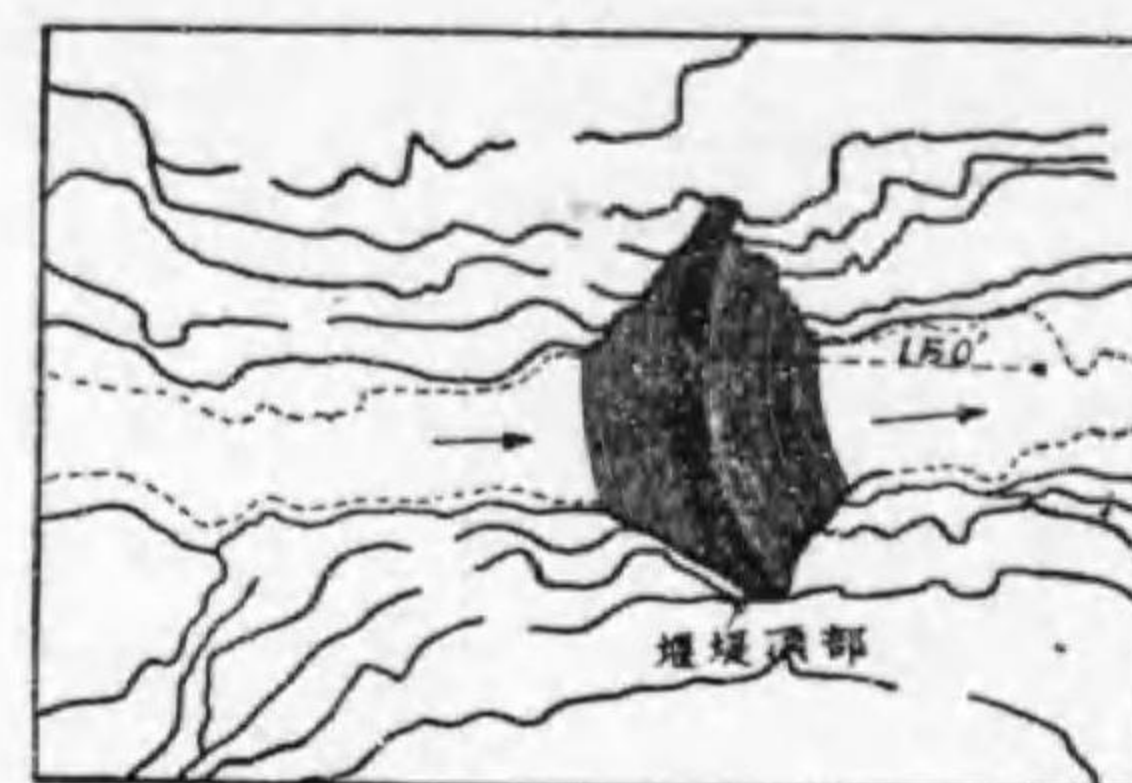
**鐵筋混凝土堰堤**は鐵筋混凝土壁を河身に對して平行に並べて相互間を又鐵筋混凝土柱で連結し、上流面は第11圖の様に角度



第12圖 内空堰堤圖

(水平面と45°以下)をもたして表面は鐵筋混凝土張りとする。そして其の面は靜水壓に比例する様に下部を厚くせねばならない。此の堰堤は多く内空堰堤であつて、第12圖の様に内部を發電所又は其の他の目的に用ふるものである。

**重力堰堤**は水壓に依つて生ずる壓力に抵抗するのに堰堤を構成してある材質の重量を用ひたものである。**扶壁堰堤**及**内空堰堤**は其々第11圖及第12圖の様なものを云ふので**弓狀堰堤**



第13圖 弓狀堰堤圖

は底深い溪谷の様な場所に設置する堰堤は屢々弓狀型にする。第13圖の様である。

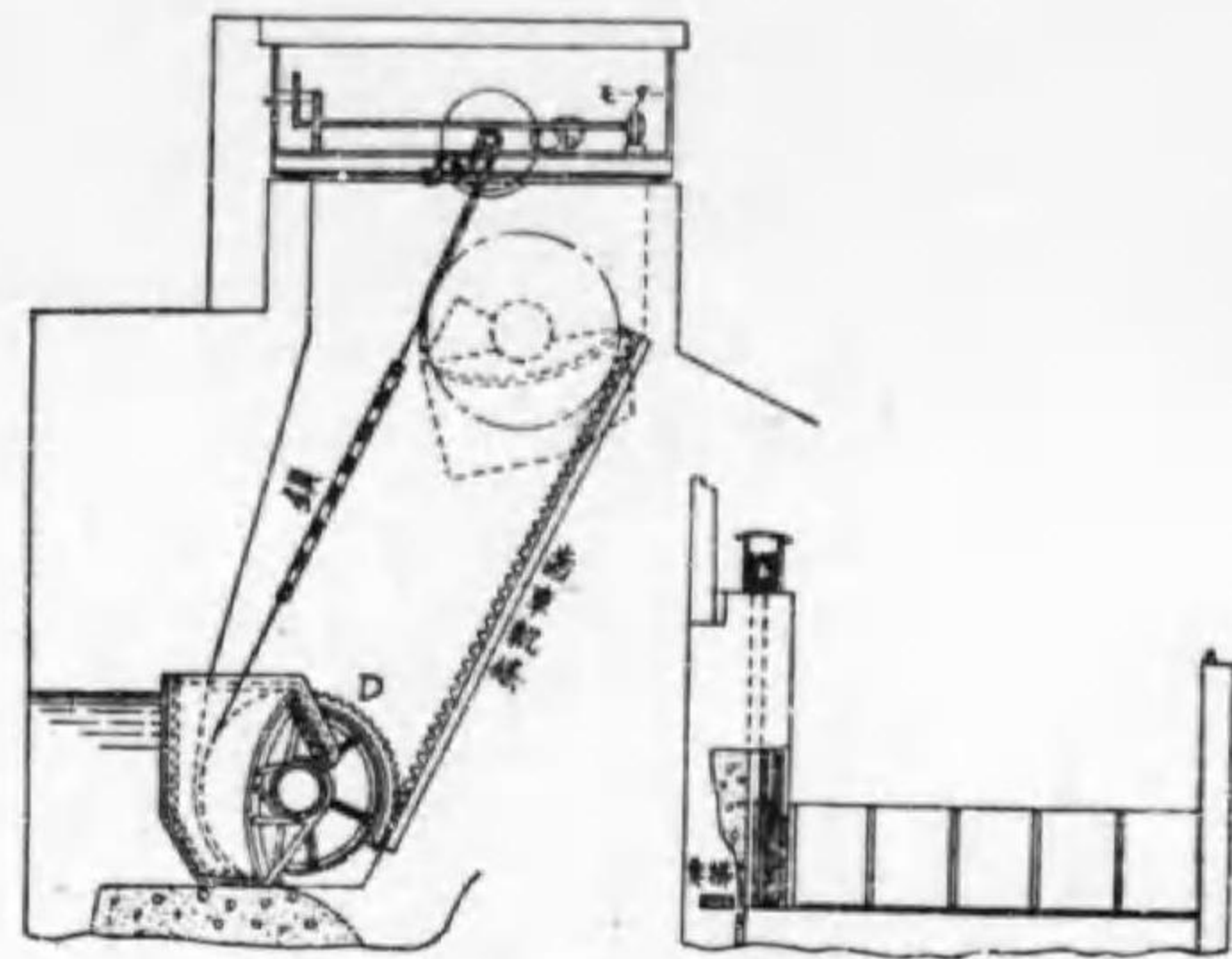
14. 可動堰堤

以上述べた各堰堤は固定的に築造するものであるから之等を固定堰堤と云ひ、固定堰堤で無いもの即ち次に述べる様なものを可動堰堤と云ふ。可動堰堤を次の二種に分ける。

- (1) 轉動堰堤(Rolling dam or Roller dam)
- (2) 自動堰堤(Automatic weir)

**轉動堰堤**は第14圖の様であつて圖中Dと云ふのは軟鋼板で出来た堰きである。此の堰の兩端には齒車が裝置されて鎖が捲き付けてあ

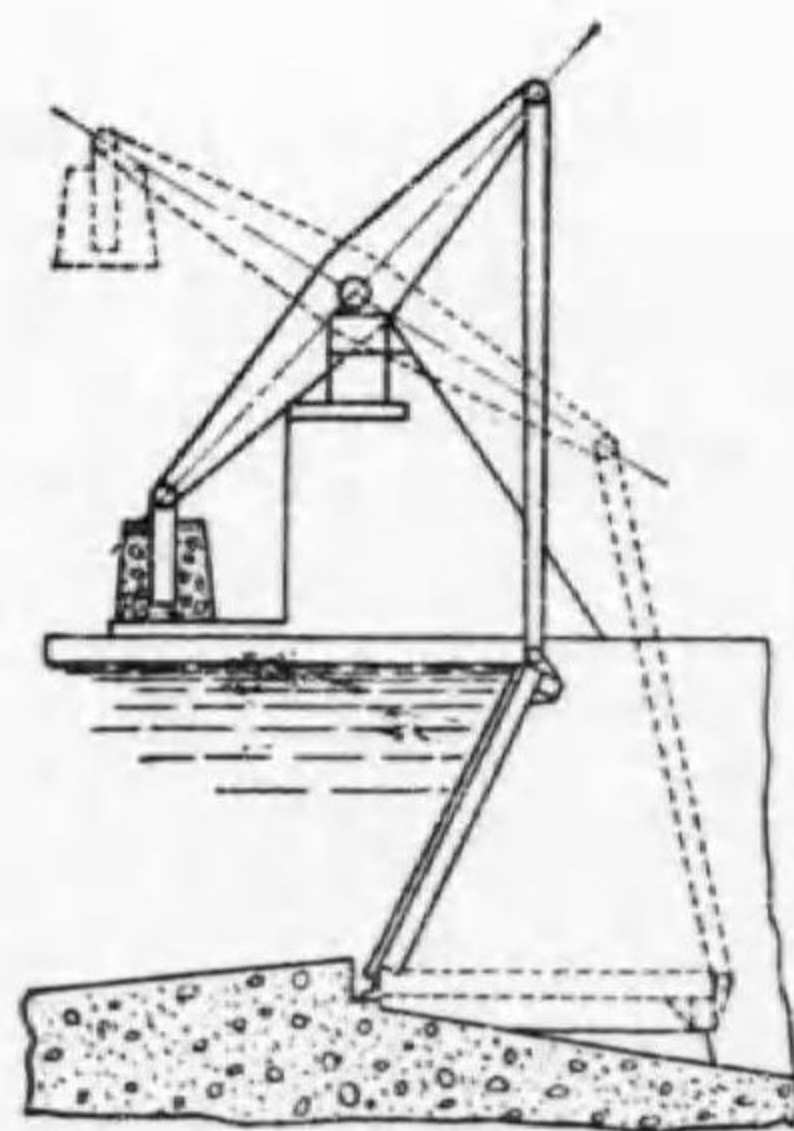
つて、之を引き上げばDは傾斜齒車軌條に沿つて上に昇り得るのである。平常此の堰堤はDの最上部が水面になる様に造られてゐて、



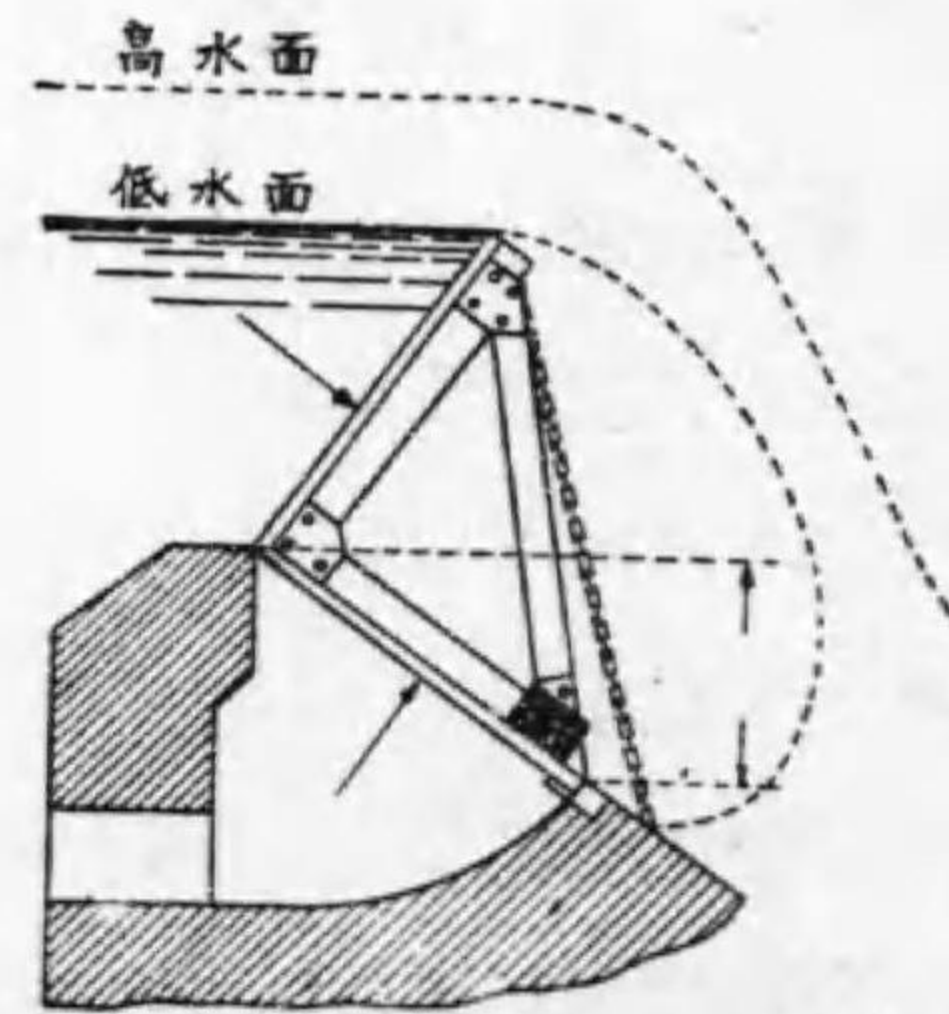
第14圖 轉動堰堤圖

洪水の時には之を捲き上げて流木、土砂等を流すと同時に水位を保つのである。以上の様に此の堰堤は上流側に土砂を沈澱さず事なく又水の多少に応じて堰を上

下して水位を保持し得る長所を持つて居る。堰の上下する速度は普通1分間に30廻位である。堰の長さは10乃至30米のものが造られる。



第15圖 ティルティングゲートダム圖



第16圖 ドラムゲートダム圖

自動堰堤は最近發達したものであつて水位の上下に従つて堰が自動的に上下しそれによつて常に水位を理想的に保つ事が出来る様になつる。この堰堤は堰自身が洪水のために害を受けないこと。土砂等が堰堤内に沈澱しないこと。監視人を要しないこと混凝土の量が少なくて従つて價格が低廉であること等の特徴を持つて居る。第15圖はティルティングゲートダム (Tilting gate dam), 第16圖はドラムゲートダム (Drum gate dam) である。

## 第五章 取入口及附屬設備

### 15. 取入口の位置

取入口は高落差の場合と低落差の場合とでは大變に違ひ、又河川の状況によつても違ふ。殆んど各發電所毎に違ふと云つてもよい。従つて之には種々必要に應じた設備が要るが其の位置の選定に關しては大體次の條件を満足すればよい。

- (1) 河の流心 (水流の中心線) が直線である部分
- (2) 水面勾配が緩やかな所
- (3) 土砂の沈澱せぬ所
- (4) なるべく岩盤の露出してゐる所
- (5) 兩岸の斜面が丈夫な所
- (6) 工費が安價で堅固な設備が出来る所

等である。次に取入口として一般に必要な設備は大體は次の様なものである。

- (1) 堰堤
- (2) 整水門 (Sluice gate) 及土砂吐門 (Sand trap gate)
- (3) 角落 (Stop log)
- (4) スクリーン (Screen)
- (5) 沈砂池 (Settling pond)
- (6) 餘水吐 (Over flow)
- (7) 魚道及流木路 (Fish way and Log chute)

等であるが、地勢其他の條件に依つてその中の幾つかを省く事が出来る。

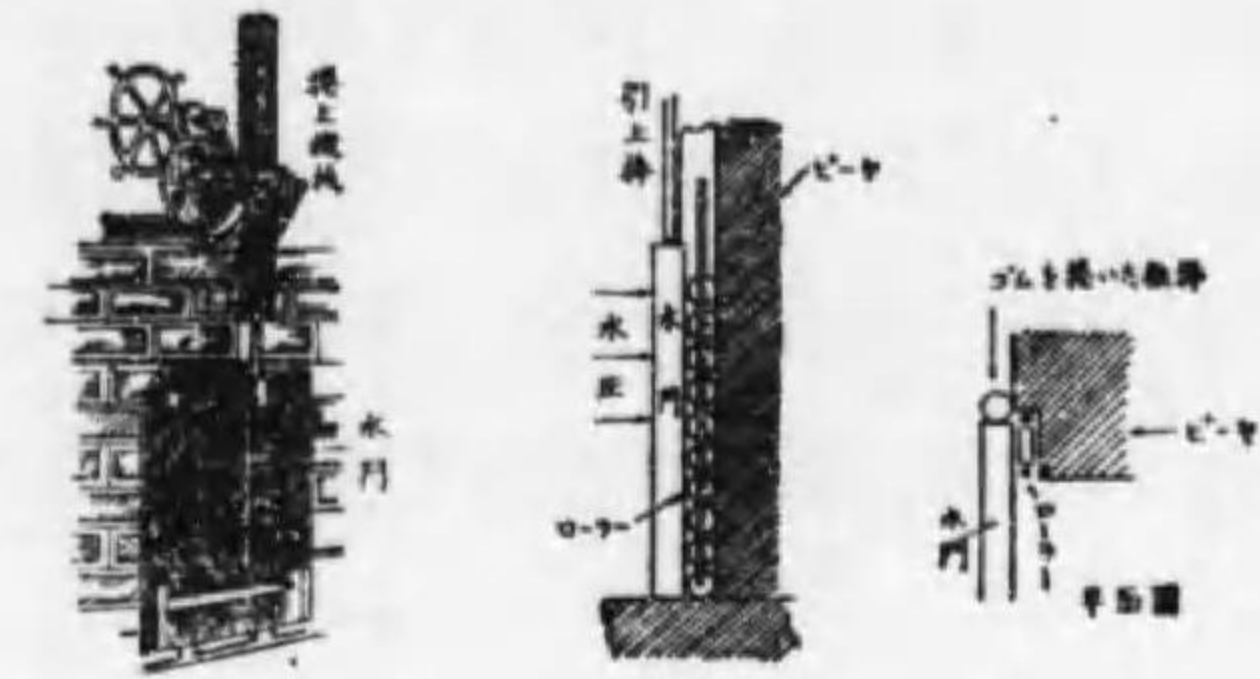
### 16. 取入口水門

堰堤に依つて水位を高められた水を安全に導入する爲めに取入口には水門を設けて発電所の要求に應じて流量を調節する。今水門の主なものを挙げれば、

- (1) 摺戸門 (Sliding gate)
- (2) 扇戸門 (Tainter gate)
- (3) 捲上戸門 (Rolling gate)
- (4) 角落 (Stop log)

であるが、水路式発電所の取入口には摺戸門又は之れに似たものが多く、堰堤式発電所では之の他に扇戸門、捲上戸門、蝶番等も用ひられる。

摺戸門は摩擦型と捲軸型との二つに分ける。捲軸型は又ストーンニーゲート (Stoney gate) とも云ふ。

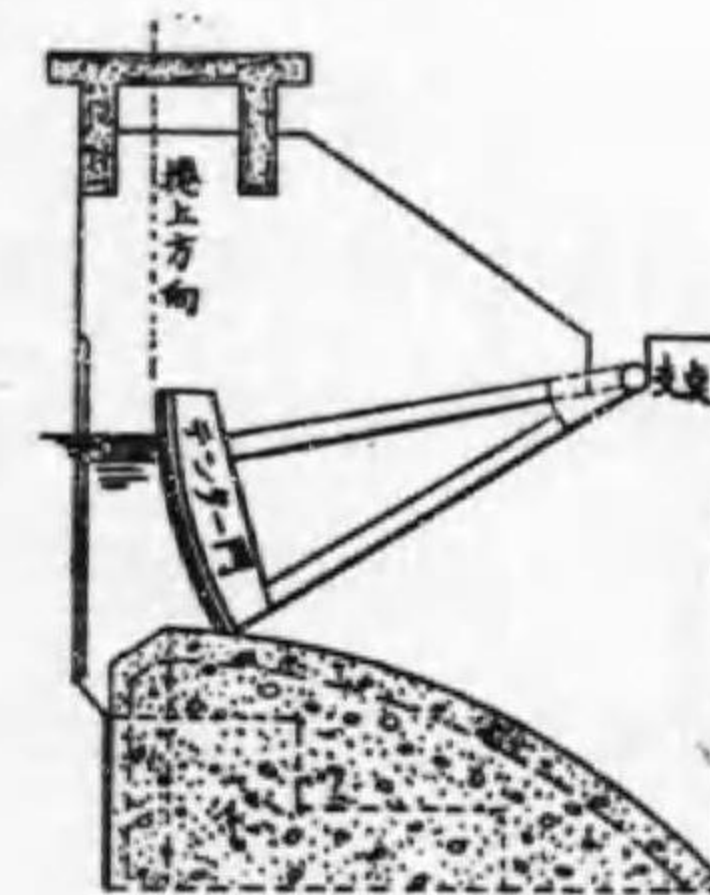


第17圖 捲軸型摺戸門圖

摩擦型摺戸は扉に取

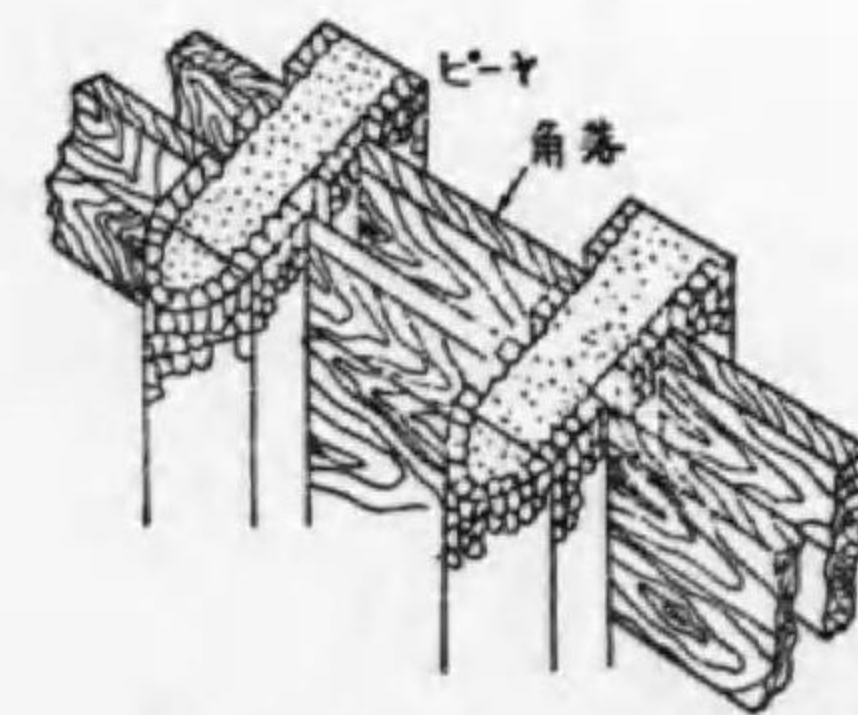
付けた齒車軌條を電動機に連結したる齒車によつて上下するものであり、小型のものでは電動機の代りに手動ハンドルで動かす。流量が

大きくなると扉の面積が大きくなつて従つて摩擦型では上下が困難となるから扉の摩擦面にローラを入れて摩擦を少くする。之れが即ち捲軸型である。第17圖はそれである。



第18圖 扇戸門圖

扇戸門は鋼鐵板を以て圓弧状に造られ扇の要に相當する部分を中心として捲き揚げる様に出來てゐる。捲き揚げる際の摩擦の少いのが此の水門の特徴である。此の水門は低落差発電所の取入口又は水槽等に用ひられる場合が多い。第18圖は即ち之れである。



第19圖 角落

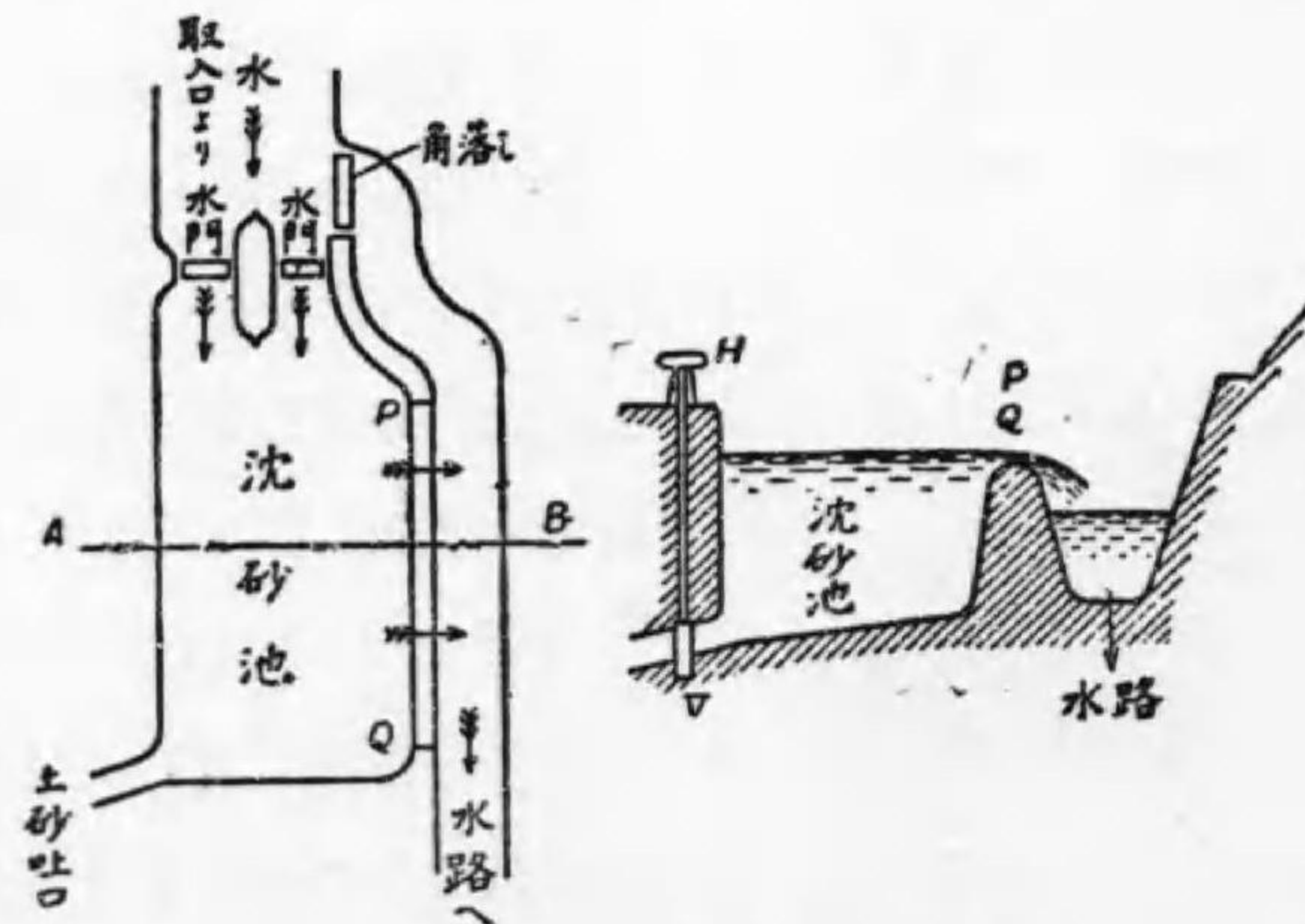
捲上戸は轉動堰堤と同様の構造である。

角落しは水門の前に設けて水門の修理等の爲に使用する。第19圖の様  
に堰柱に角鐵の溝を作つて、その中に25種位の角材を積み重ねて適宜其の  
數を増減して水位を加減するものである。

17. スクリーン (Screen)

取入口或は水槽に装置するスクリーンは水面に浮いてゐる木片或は木葉、塵芥等を引き上げるのに便利な様に使用する。其の取付位置は通常水門の前である。そしてスクリーンには昨今は殆んど幅6~10種厚さ約1種  
の平鐵を水流の方向に5~8種位の間隙に並べるのである。スクリーンは掃除其他便利の爲に數箇に分けて取外しの出来る様にし上流に向つて40°~60°の角度に取付けるのが適當である。

18. 沈砂池 (Settling pond)



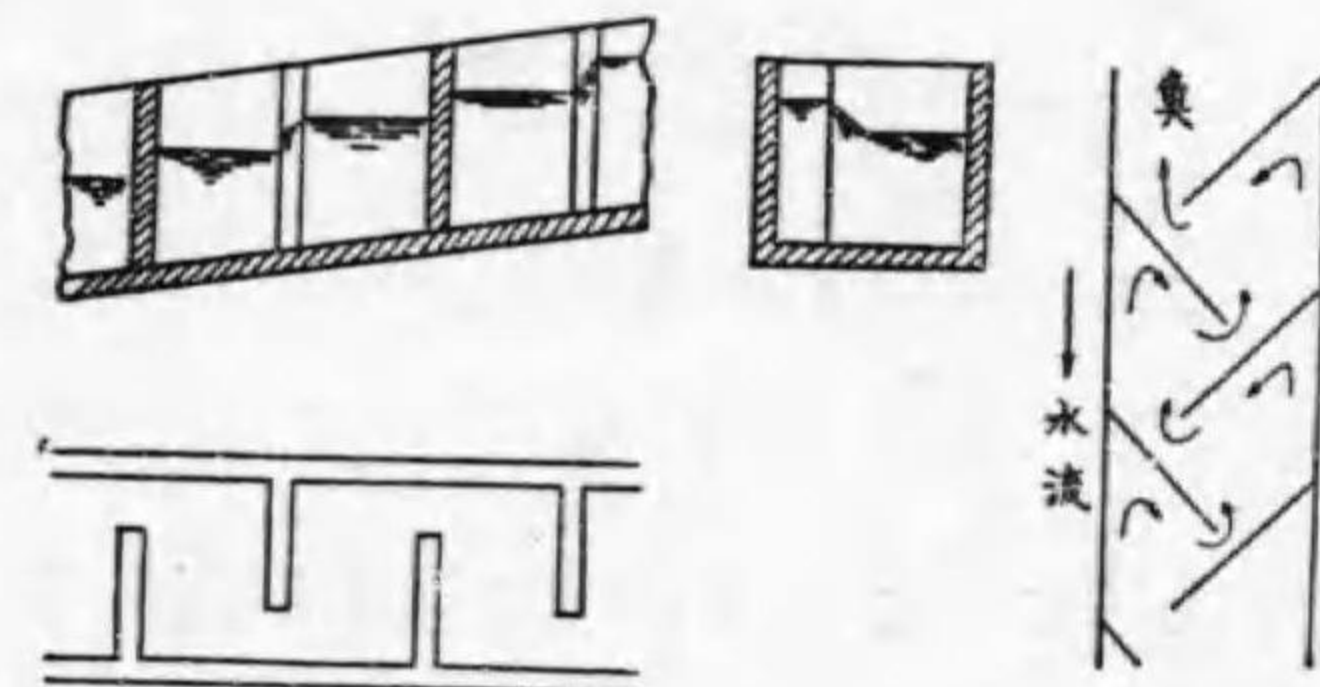
第20圖 沈砂池の位置を示す圖

流材其の他大きな塵芥は取入口のスクリーンで除去することが出来るが、洪水時に砂や小石が流れて来るのはスクリーンでは取り去ることは困難である。之の様な砂石を除くために取入口のすぐ下流又は水路の途中に沈砂池を設ける。

その構造は第20圖の様には水は取入口より沈砂池に流れて来て其の上層の水のみ水路へ落ちる様になつてゐる。沈砂池に砂が溜れば沈砂池水門を閉ぢて水を直接水路に導いて土砂吐門Vを開いて砂を流す様に出來てゐる。

19. 魚道 (Fish ways)

水力事業の發達につれて關係河川の魚族の繁殖を妨げることが甚だしいから河川を横切つて堰堤を設けた場合には、その堰堤の一部に魚類が泳ぎ昇る事が出来る様に階段を設ける、之れを魚道又は魚梯 (Fish ladder) と云ふ。魚道の傾斜は大體1:4位として水速は毎秒3米以内とする。



第21圖 魚梯圖

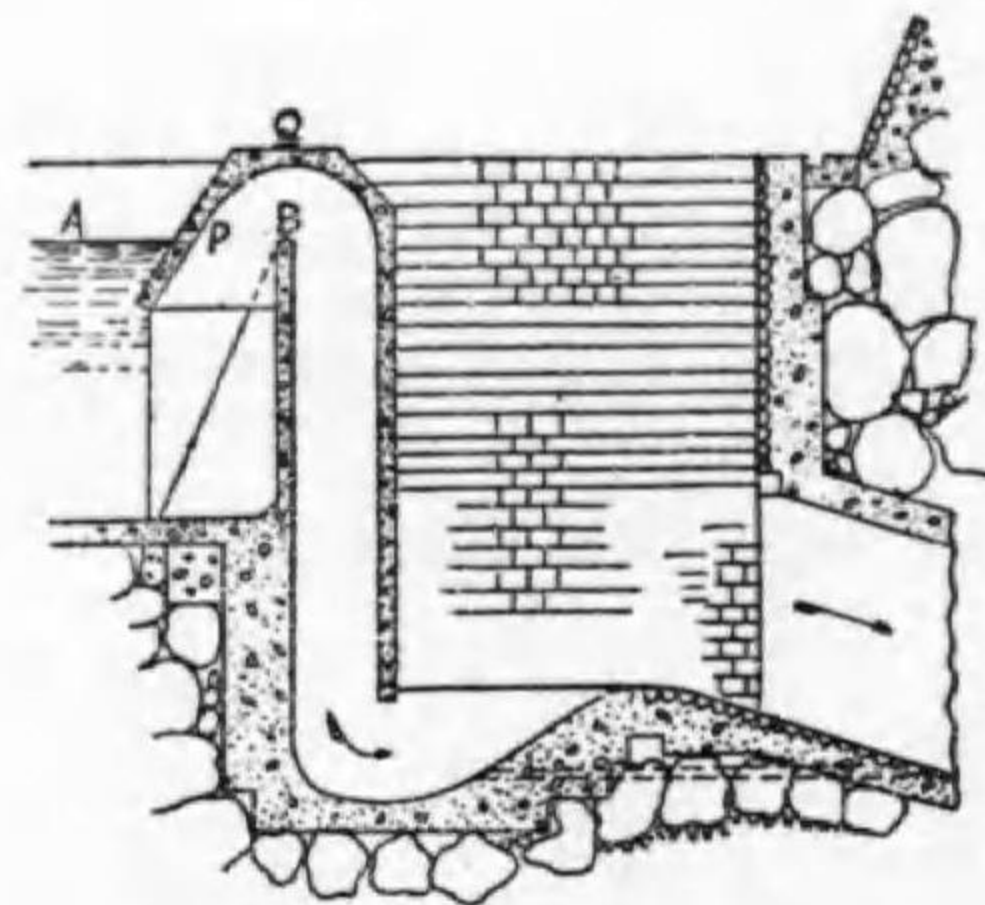
20. 流木路 (Log chute or Log way)

流木、流筏等は堰堤の爲に通る事が出来なくなるので、此等の爲

に設けた水路を流木路と云ふ。取入口の反対側に之を設けて此方向に流木を導く爲に丸太を鎖で連ねた浮柵を作つて置くのである。

### 21. 餘水吐 (Spill way or Over flow)

發電所の負荷が急に減つたが爲に多くの水が餘る時、之を堰堤を越して放流さすか又は安全に本流へ放水さす爲めに餘水吐を設ける。



第22圖 サイフォン餘水吐圖

其の例として第22圖に示すものはサイフォン (Siphon) の理を應用したもので、圖中Aは平水面で平水面の所にサイフォンに通る空気管Pがある。従つて平水面が高くなると水の爲に此の空気管が閉ざされてBなる溢流堤に相當する部分を越えて次第にサイフォン中に餘水が落ちる。其の後は空気管が閉ざされてゐるから漸次排氣されて遂に完全なサイフォン作用を越す事になる。又此の作用を停止せしめ様と思へば頂部Qにある空気弁を開くのである。此の餘水吐をサイフォン餘水吐と云ふ。

## 第六章 水路、水槽、貯水池及調整池

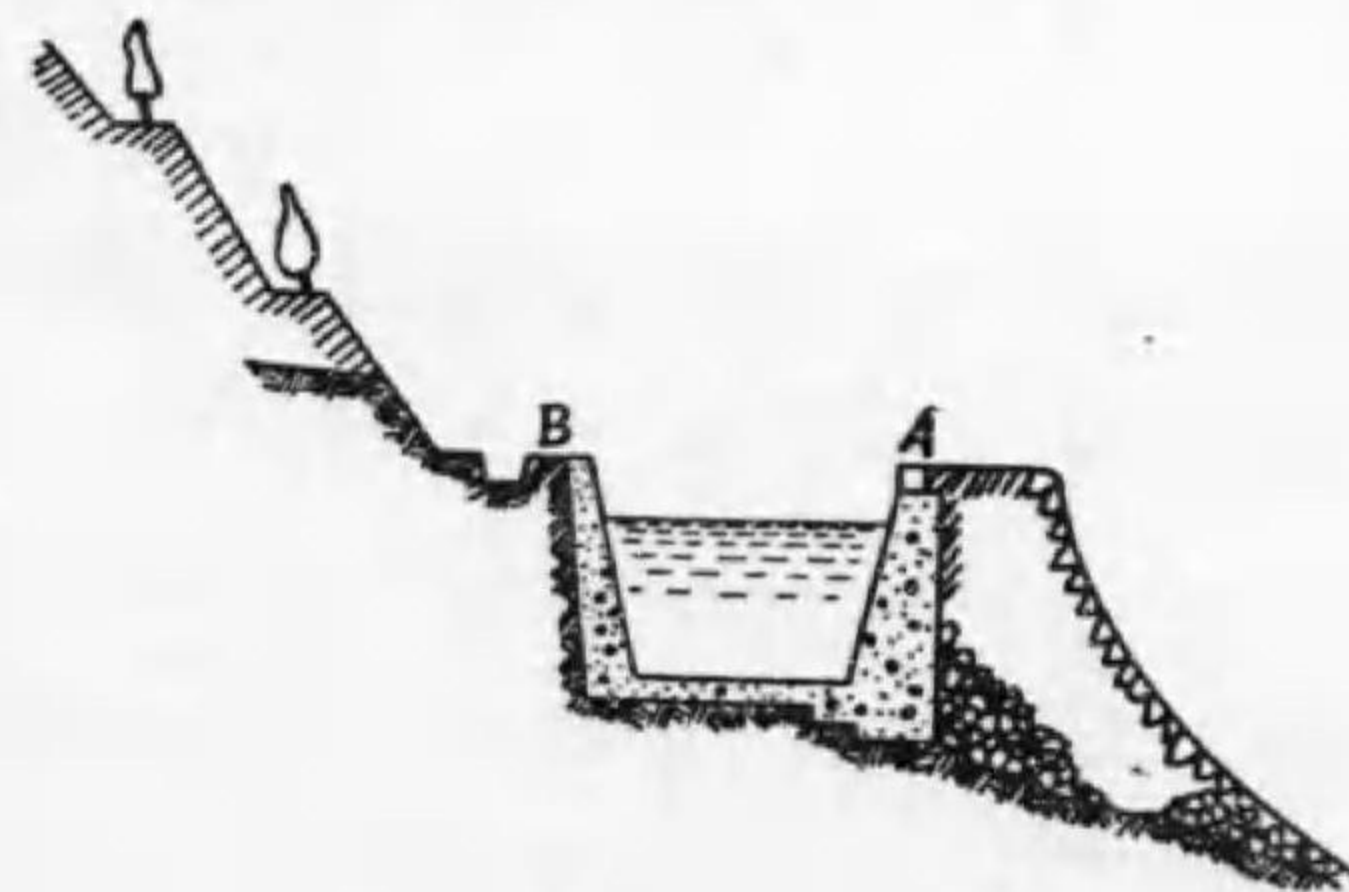
### 22. 水路の種類

水路とは取入口から水槽までの人工水路を言ふものであつて、これには次の様なものがある。

- (1) 開渠 (Canal or Open channel)
- (2) 隧道 (Tunnel)
- (3) 樋 (Flume)
- (4) 水路橋 (Aqueduct)
- (5) 暗渠 (Covered channel)

地質及地形等により以上を適當に設備するのである。

- (1) 開渠は地質と地形とに依つてその形を適當にせなければならぬが、横断面は



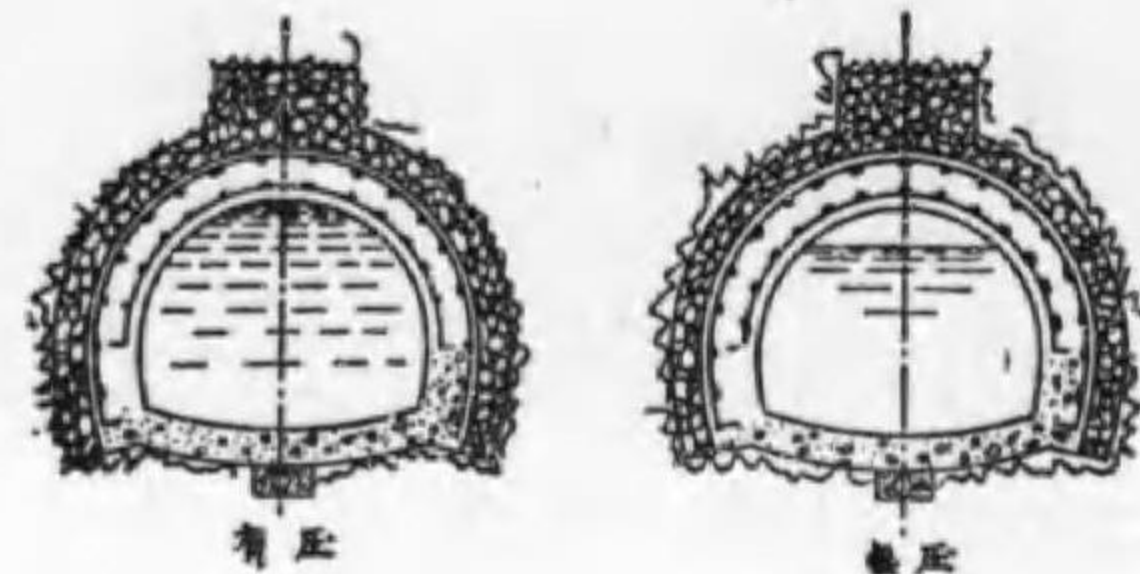
第23圖 開渠

水力學上梯形が最も有利である。これには普通混凝土で内面を塗るか地盤の相當に堅い時には之を施さない場合もある。開渠は山崩れや

雨雪の害を蒙り易く塵芥、木葉、土砂等の流入も多い缺點がある。

(2) 隧道は水路が山腹に突き當つた場合に此を切り開いて開渠を造つたり、又は廻り道をするよりも之を造つて山を貫通する方が却つて簡単な場合が

屢々ある。内部は煉瓦又は混凝土を用ふるが、地盤が非常に堅いときにはそのまま使用することがある。



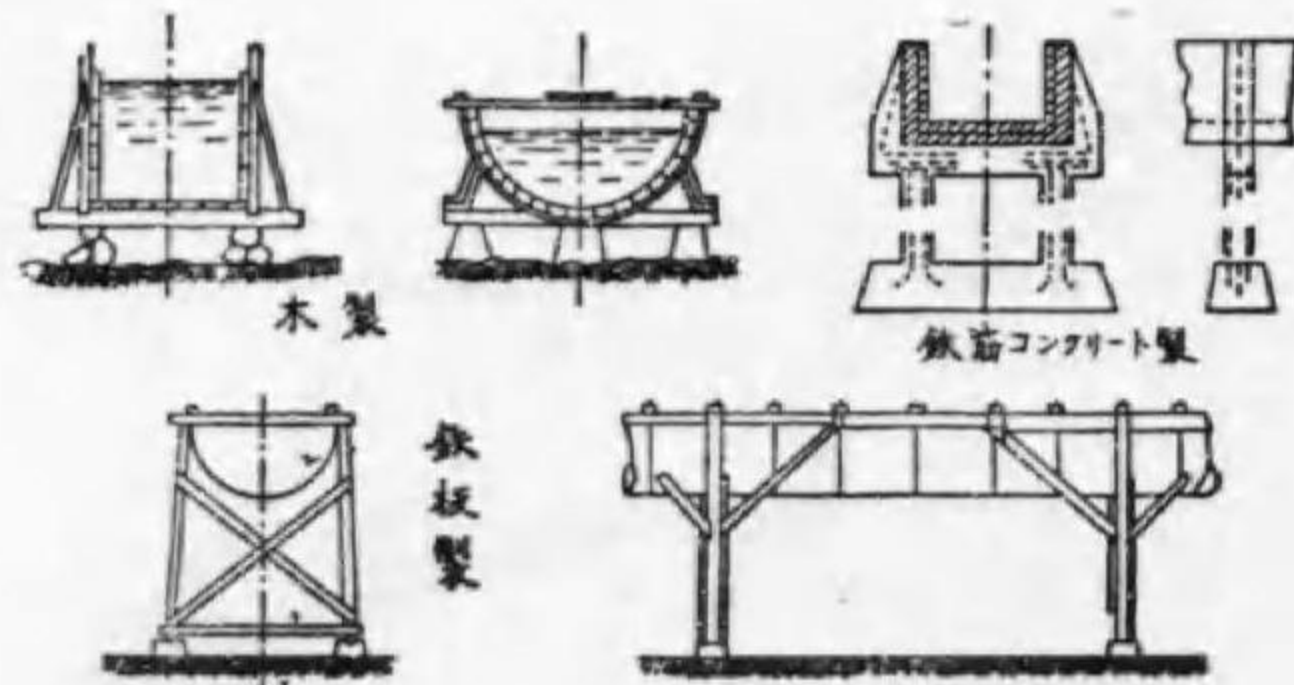
第24圖 隧道

尙隧道には無壓隧道 (Non-Pressure tunnel) と有壓隧道 (Pressure tunnel) とあつて前者は隧道の上部が流水で満たされてゐないもので、後者は隧道内部全部に水が満たされたものである。第24圖右は無圧左は有壓隧道を示すものである。

(3) 樋は地形線が不規則であるか又は地質堅く掘るのに困難な場合に屢々用ひられる事がある。樋には木製、鐵板製、鐵筋混凝土製等がある。第25

圖は其等を示すものである。

(4) 水路橋は特に水路中溪谷を横切る場合に水を通過さすのに水路



第25圖 樋 圖

橋と云ふものを使用す之れにも木造、石造、鐵筋混凝土造、煉瓦造、鐵製等がある。第26圖は吊橋を用ひた木製水路橋である。



第26圖 水路橋

(5) 暗渠は開渠の上部を塞いだもので、即ち露天堀をして後に之を煉瓦、混凝土其他の材料で包むのである。これは有壓隧道に接続する水路に使用され或は



第27圖 暗渠 圖

開渠の缺點を防ぐ爲に蓋を必要とする時に暗渠とするのである。第27圖は暗渠を示すものである。

以上の他水路管、鑄鐵管、木管、混凝土管等を土中に埋めるか又はそのまま露出して使用する様な事もある。

### 23. 水路中の水速

水路中の水速が急な場合には土砂の沈澱することは無いが摩擦のために側壁を害することがある。水速が緩やかである時は土砂が沈澱し又雑草、水苔等の生える場合がある。故に水路中の水速は開渠の場合に3~5米/秒に取り、若し内部が石積である場合には1.5米/秒位とし、木樋の場合には1.5~2米/秒位とする。隧道には3~5米/秒位に取るのが安全である。

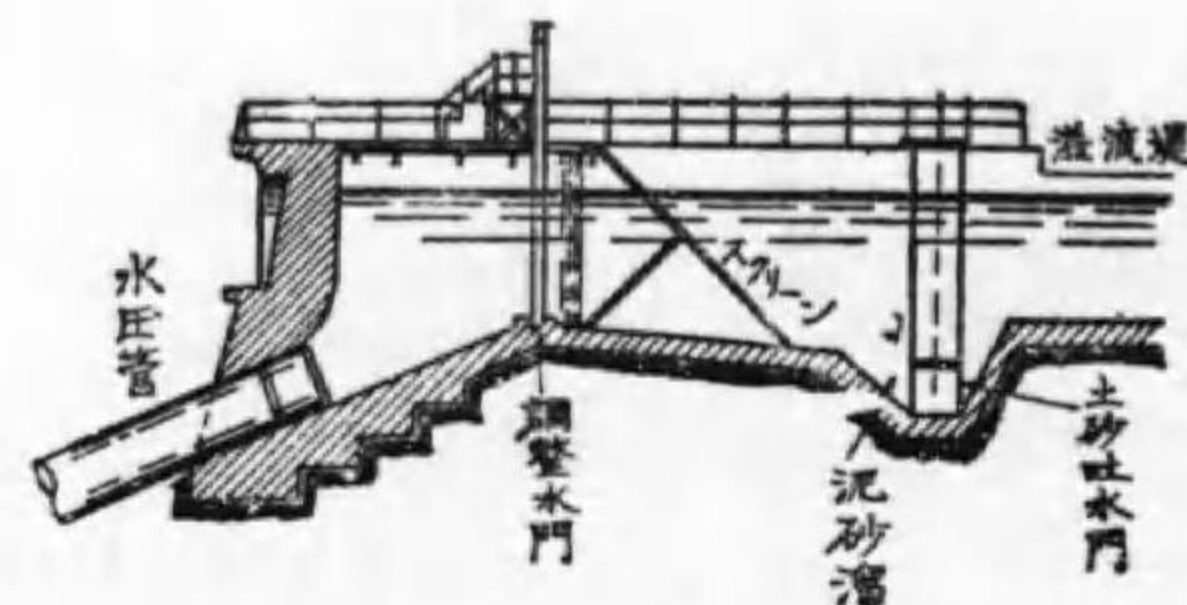
24. 水槽 (Head tank)

高中落差発電所の普通工事方法としては発電所の山頂の水路の終點に小容積の水溜を造る。之れを水槽と云ふ。水槽を設ける理由は

- (1) 水中の土砂、塵芥を除いて水車を保護する。
- (2) 発電所負荷の變動に急應する所謂小調整池の役目をする。
- (3) 水槌作用を緩和する。
- (4) 過剰水を溢水せしめて落差の調整をする。

水槽は石造又は混凝

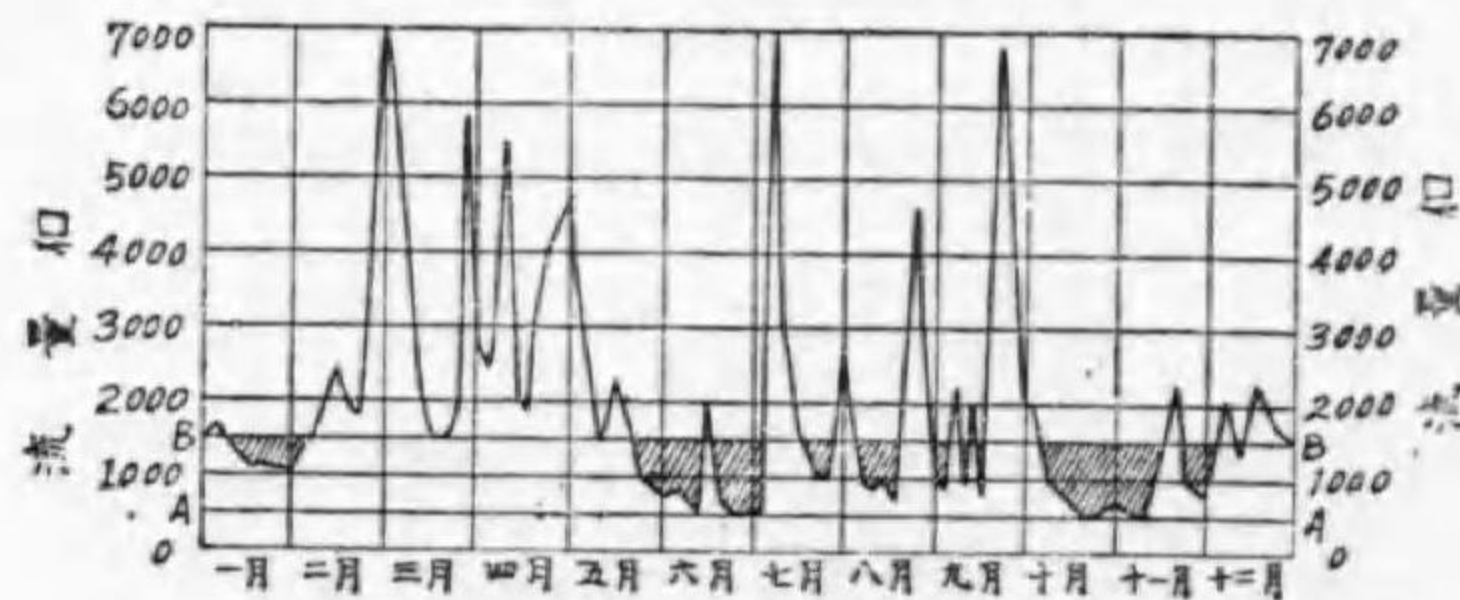
土造とし一方には水  
壓管入口と水門、塵芥  
除即ちスクリーンがあ  
り、他の片側には土砂  
吐水門を設ける。又溢



第28圖 水槽

流堤即餘水吐堰堤も設ける。第28圖は水槽を示すものである。

25. 貯水池 (Storage reservoir)



第29圖 流量圖

總て川は季節に依つて流量に變化がある。此の變化は發電容量の安定を缺くも

のであるから豊水時に過剰水量を適當な池に貯へて置いて渴水時に之れを使用すれば發電容量を大きくすることが出來、且つ安定にすることが出來る。此の目的に使用する池を貯水池と云ふ。即ち第29圖で AA 線で示した流量を使用水量と決定すると發電設備の利用能率を100%とする事が出來るが、それでは AA 線より上にある流量が空費されるので、この餘剰水量を貯へて置いて使用水量を BB にするためには、斜線の書いてある部分を貯水池から送水すればよいわけである。貯水池の位置は取入口の上流に設けるのであるが、工費その他の點から天然池を利用するのが最も好都合である。

26. 調整池 (Pondage reservoir or Regulating pond)

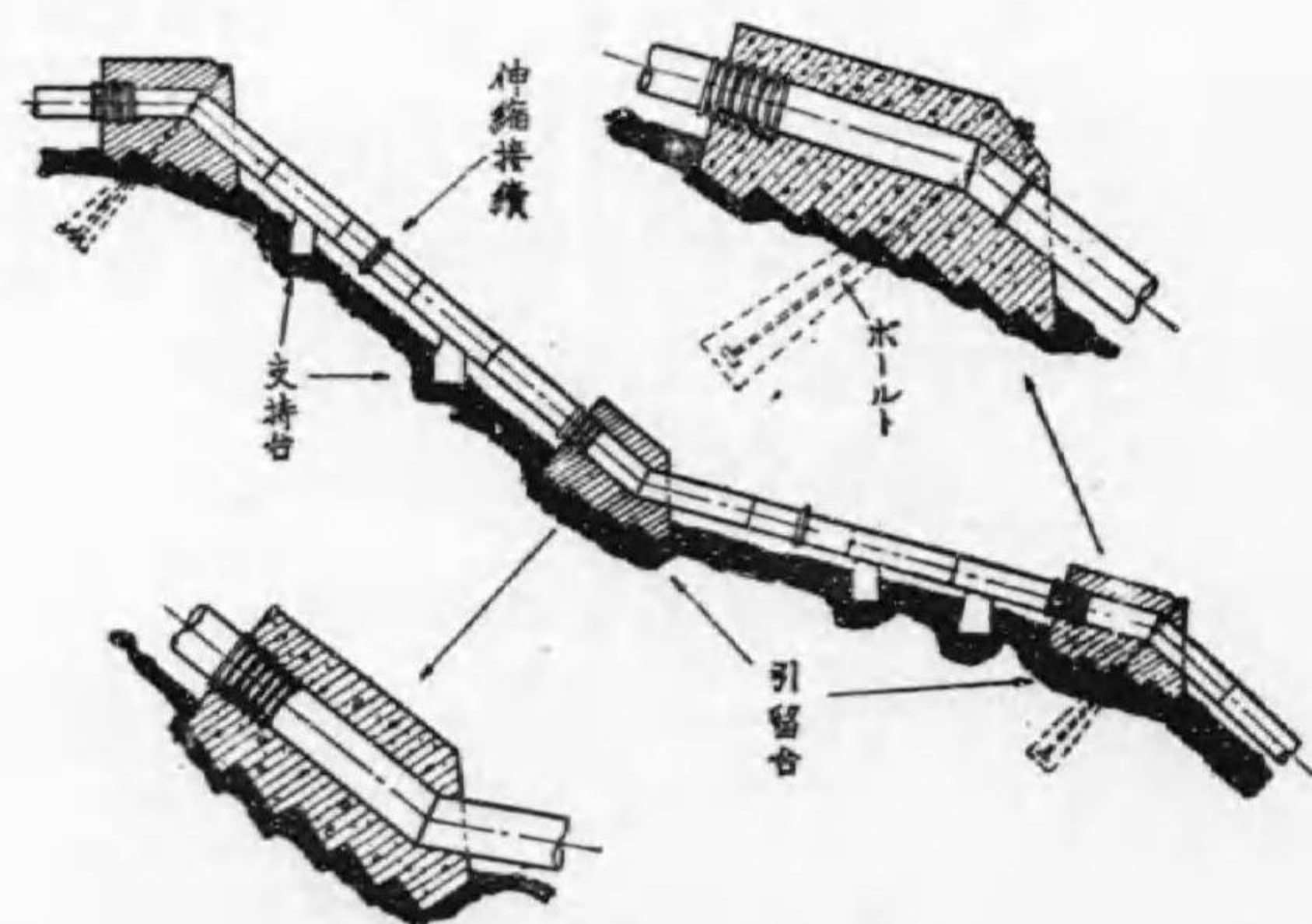
調整池は貯水池の様に季節的な流量の變化を補ふものではなくして1日中の負荷の變化に従つて水量を調整するものである。即ち調整池は1日中の平均負荷に相當する流量を水路に流し、平均負荷以下の場合には其の過剰水を貯へ得る様にして、平均負荷以上となつたとき其の貯へられた水を使用するものである。故に其の大きさは平均負荷以上の負荷に相當する水量を貯へ得ればよいのである。調整池の位置は以上述べた様に流量を平均負荷に相當する様に取りればよいのであるから、出來る限り水槽に近く設ければ水路工事に要する費用を少くすることが出來て非常に經濟的である。

## 第七章 水壓管及附屬設備

## 27. 水壓管の構造

水壓管とは水槽と発電所内の水車とを連結する管路であつて導水管(Penstock or Pressure line)とも云ふ。

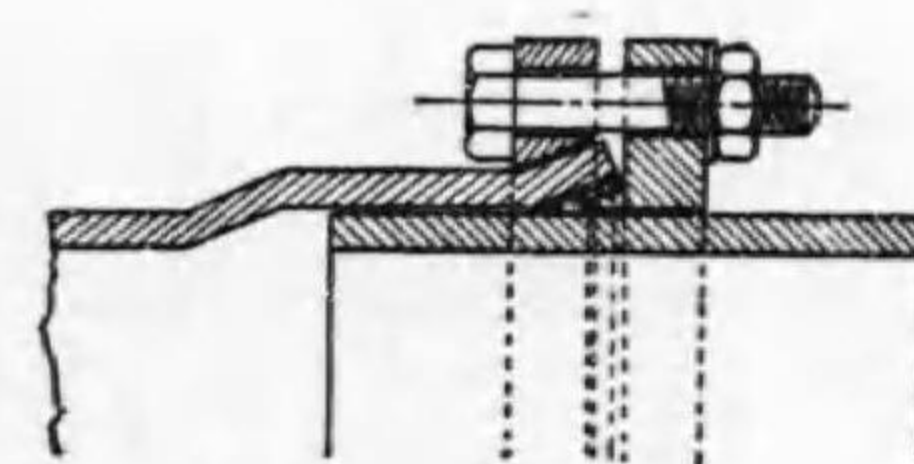
水壓管は強大な壓力に耐へるために多くは鋼管を用ひるが、時としては60米以下の落差には鑄鐵管、木管又は混凝土管を用ふこともある。水壓管は水車1臺に對して1本宛布設する場合と2臺に1本宛を布設する場合或は3臺乃至4臺に1本を布設する場合等種々ある。水車の容量、水量、水壓管の長さ、落差等に依つて適當な數だけ布設するが、運轉故障の時の處置等の點から言へば水車1臺に



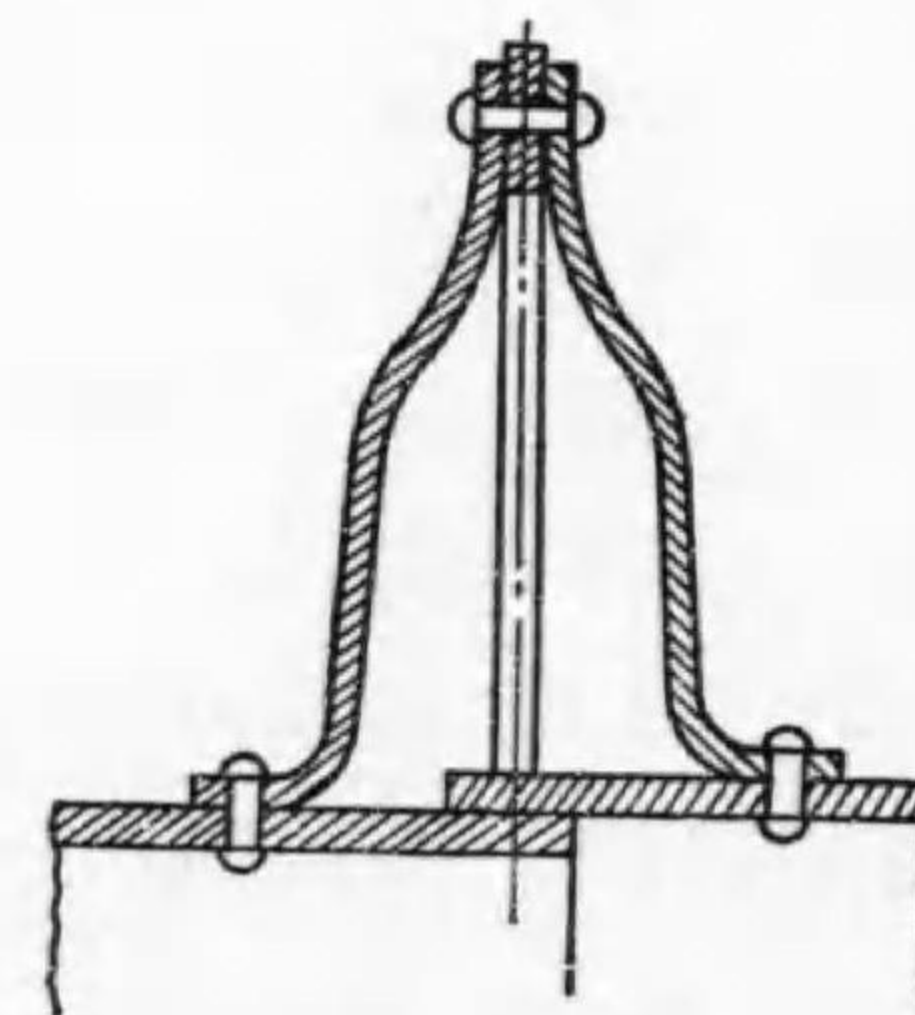
第30圖 水壓管の圖

對し1本宛を布設するのが最も便利である。水壓管はその下端の瓣を閉ぢたときに起る水槌作用による水壓に耐えるために下方程管の厚さを厚くする必要がある。又上方は水壓は少いが上方の水門を閉ぢたときは管内が真空となつて管が潰れる危険があるから之に耐える最少の厚さが要る。且つ真空を避けるため通氣孔を取り付ける。鋼管の厚さは最少6.5耗程度のものが使用されてゐるが普通は10耗を實際的の最少限としてゐる。寒地では氷結を防ぐために水壓管を土中に埋設することがある。又運轉休止中も少量の水を通して置けば氷結を防ぐことが出来る。

然し普通には露出して布設し中間の支持物は堅固な岩盤上に混凝土の支臺(Saddle)(支持臺とも云ふ)及び固定臺(Anchorage)(引留臺



第31圖 滑動接續圖



第32圖 隔膜接續圖

とも云ふ)を設けて水壓管は此の固定臺の中を通すか、又はボルトを以て取付ける。斯の様に大氣中に露出した場合には氣温の變化によつて管が伸縮するから、其の伸縮を自由にするために固定臺と固

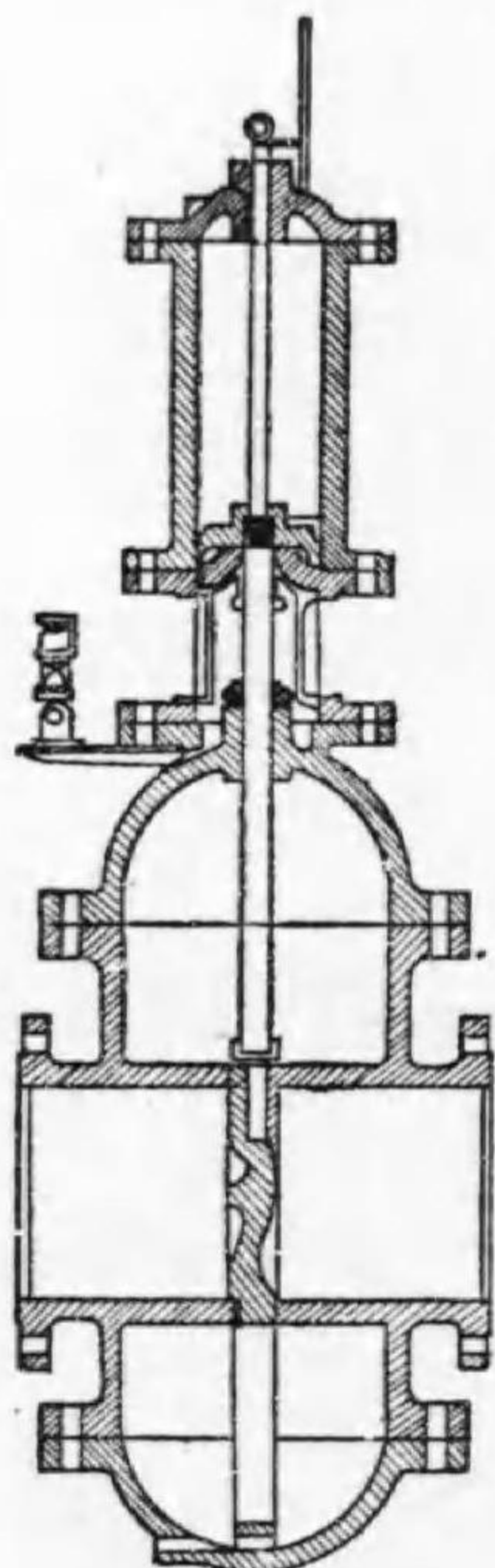


定臺との間に伸縮接手(Expansion joint) (膨脹接手とも云ふ)を行ふ。之れに滑動接手(Slip joint) 第31圖と隔膜接手(Diaphragm joint) 第32圖との二種がある。水壓管内の流速は普通3米/秒内外に取るが一般に低落差の場合には水量の多いため流速を小にし摩擦損失を少くして、高落差の場合には管の長さが長いから多少落差を犠牲にしても、流速を大きくして管の直径を細くするのである。

### 28. 水門及瓣

通常高中落差では水槽の水壓管入口に水門、水車入口即ち水壓管の下端に瓣を設けるが低落差ではどちらか1箇所に水門か瓣を設けるだけである。水壓管入口の水門には取入口の場合と同様摺戸、捲上戸等が用ひられ、低落差には扇戸も用ひられる。水壓管下端の瓣としては普通塞止瓣(Gate valve), 蝶形瓣(Butter-fly valve), 針瓣(Needle valve) 等が用ひられる。

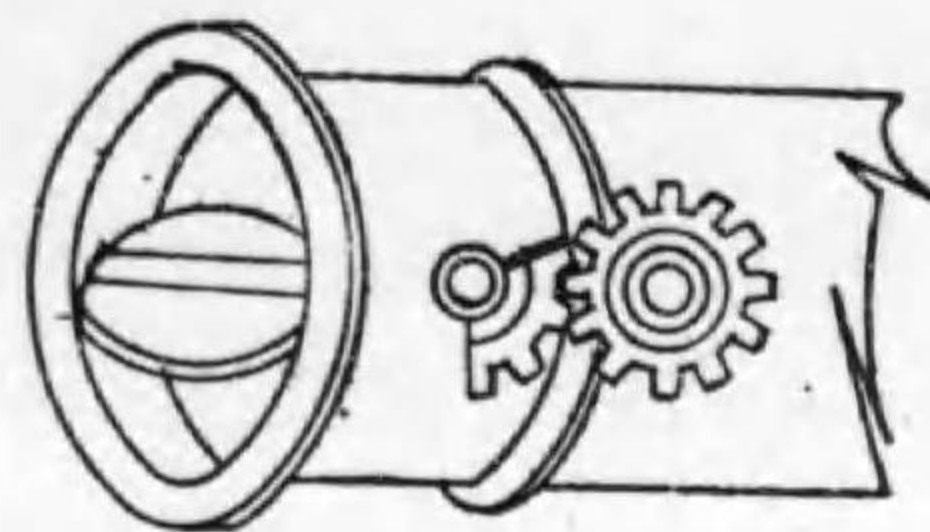
(1) 塞止瓣 之れは高落差に使用せらるゝもので第33圖に示したものは瓣の下部に瓣體の内径と同一の内径のリングが附屬してゐて、瓣が全開するときはこのリングが丁度瓣座の所に来るから速度の大きい水流の爲



第33圖 塞止瓣

に瓣座を摩滅されることを防ぎ、又瓣座で渦流が出来ないから瓣内の水頭損失も殆どない。

(2) 蝶形瓣 此の瓣は中低落差で大水量の時に最も廣く用ひら

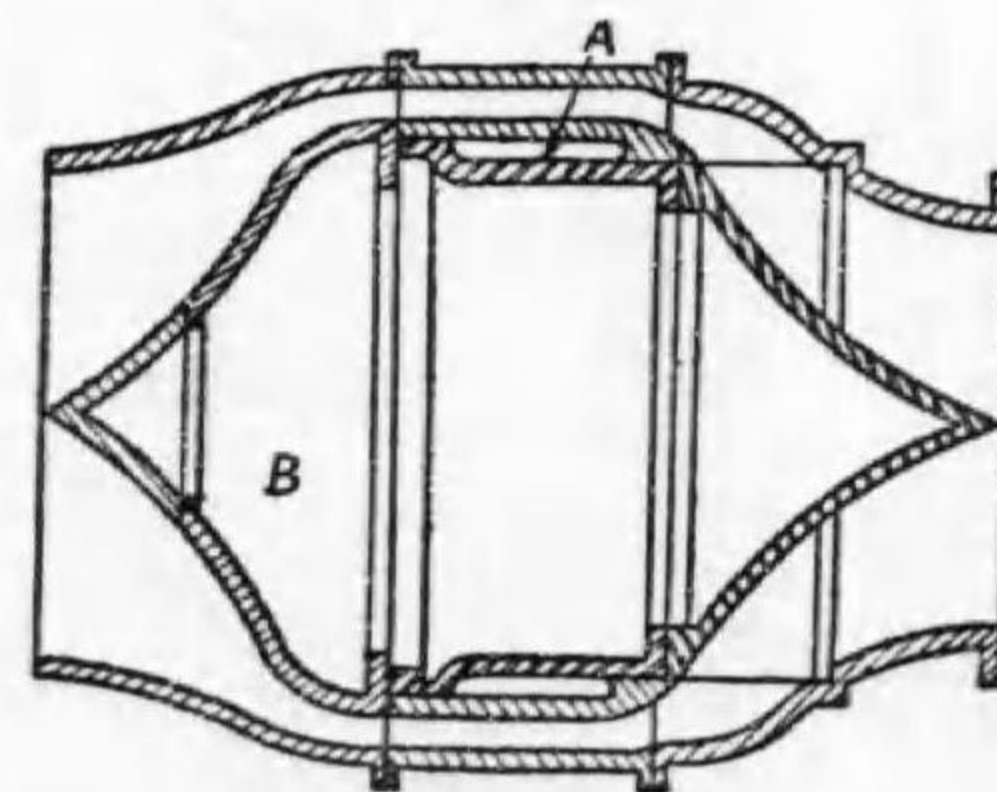


第34圖 蝶形瓣

れる。此の瓣は全開の位置では水流と併行となつて抵抗が少いが、全開の位置から20°の部分開口で最も大きな力を要す。又全閉の位置では全水壓を受ける。

大型の瓣では側路瓣(Bypass valve)を設け主瓣を開く前に此の側路瓣を開いて水車側に水を入れ、主瓣の両面の水壓を平均させて置いて、然る後主瓣を開く様にするのである。主瓣は中低落差用では手動又は電動機で、高落差では水壓を利用して動作させる。

(3) 針瓣 此の瓣の内でも最も普通に使用されてゐるのはジョンソン瓣(Johnson valve)である。第35圖に示す様に両端の尖つた差働圓錐型唧子が瓣函の中に取り付けられてある。瓣を動作させるには水壓管の水壓を利用して全く外部の力を要しない。即ち圓錐型唧子の中にはA Bの二つの室があつて、水壓管の水をB室に導いてA室の水を大



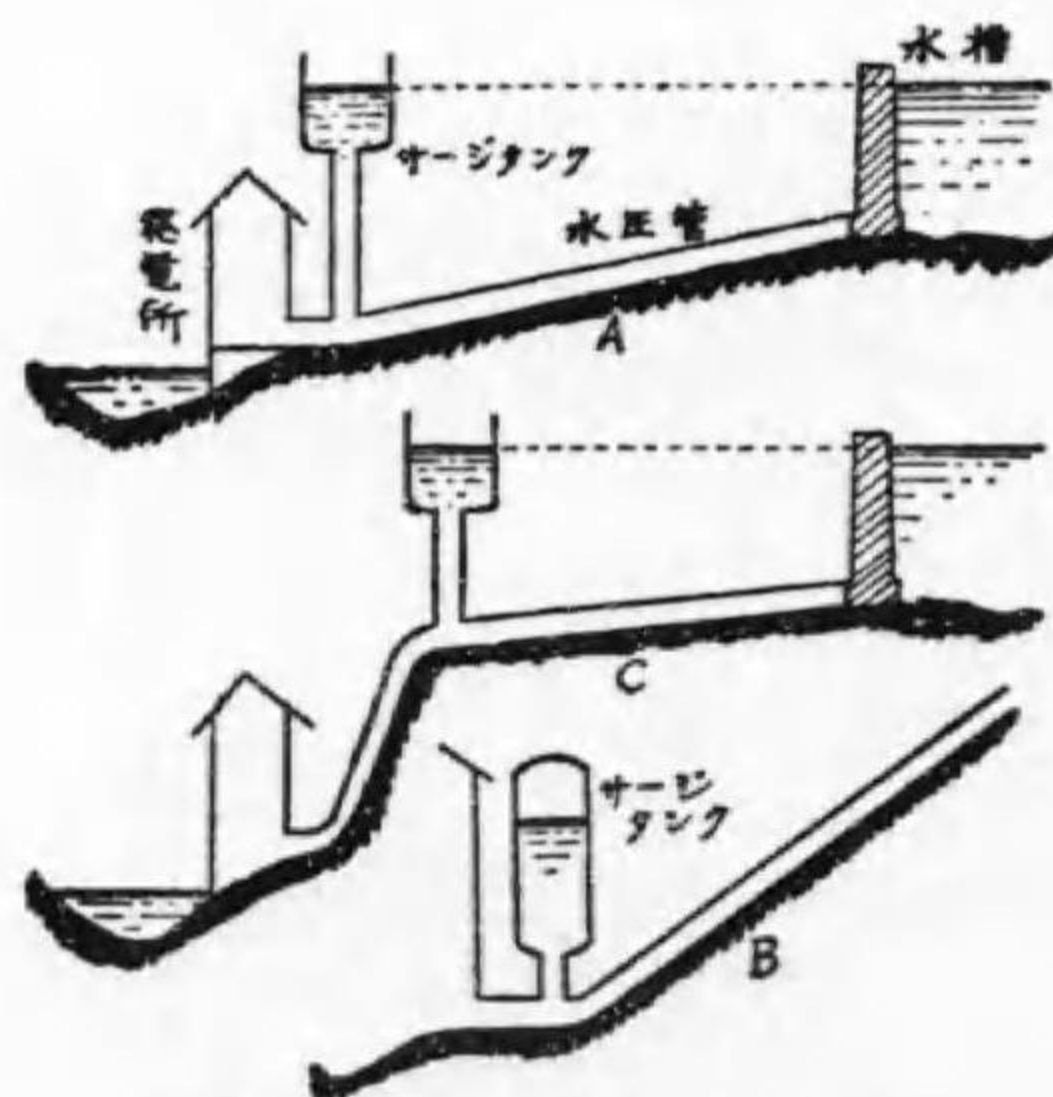
第35圖 針瓣圖

氣中に排出すると唧子は飛出して瓣を閉ぢる。又開くときには此の反對の動作をすればよい。此の瓣は圓錐型であるから水の抵抗は非常に少い。又側路瓣を設ける必要もない。

### 29. 水槌作用 (Water hammer effect)

水車が負荷を受けて運轉して居るときに若し何等かの事故で水圧管の下端の瓣を急に閉ぢた場合には、水の持つてゐる運動のエネルギーは全部位置のエネルギーに變つて其れが水圧管の下部に壓力となつて加はるから水圧管の厚さが不適當である場合には水圧管は破裂する。この關係は特に高落差の時程甚だしいのである。そして此の壓力は常規壓力の上下に波動的に變化するもので此の作用を水槌作用と云ふのである。

### 30. サージタンク (Surge tank)



第36圖 サージタンク圖

前に述べた様に水圧管内の水壓上昇を防ぐ方法として水壓調整機と云ふものを取付ける。第36圖は水壓調整機の種類であつてAはタンクの上端が開かれてゐるもの、この場合はサージタンクの高さは水槽面より高い事が

必要である。このサージタンクは比較的低落差に使用される。Bはタンクの上端を閉ぢてあるので上部に壓搾空氣を入れて非常水壓上昇と緩和さすのである。又落差が高い場合の一方法としてはCの様に水圧管の途中に之れを設備する場合もある。

又急激に水車の負荷が増加した場合には水槽内の水は其の瞬間の間に合はず結局水圧管内には眞空が出来る。此の様な壓力の急變をもサージタンクを水圧管中に設ける事によつて防ぐ事が出来る。

Aの様なサージタンクを開放型サージタンク (Open surge tank) と云ひ、Bの様なものを密閉型サージタンク (Closed surge tank) と云ふ。普通は密閉型を用ひて水圧管の下端に取付けるのであつて開放型は水圧管の上端に取付けるのである。

## 第八章 水力原動機

水の有する勢力を利用して機械動力 (Mechanical power) を發生する装置を水力原動機 (Hydraulic motor) と云ひ、之を次の様に二種に分ける。

- (1) 水力機關 (Hydraulic engine)
- (2) 水車 (Wheel motor)

### 31. 水車の分類

現今用ひられる水車を水の働きに依り分類すると下記の二種となる。

## (1) 衝動水車 (Impulse turbine)

之は水の有する速度を利用するものであつて現今使用されて居るのはペルトン水車 (Pelton wheel) のみである。

## (2) 反動水車 (Reaction turbine)

之は水の壓力と速度とを利用するものでフランシス水車 (Francis turbine) とプロペラー水車 (Propeller turbine) との二種がある。

## 32. ペルトン水車の分類

ペルトン水車を羽根車の數に依つて分類すると

## (a) 單輪型 (Single runner type)

## (b) 双輪型 (Double runner type)

1箇の羽根車に於けるノズル (Nozzle) の數に依つて分類すると

## (a) 單嘴管型 (Single nozzle type)

## (b) 複嘴管型 (Double nozzle type)

## 33. フランシス水車の分類

フランシス水車を羽根車の形狀に依り分類すると、

## (a) 低速車 (Low speed runner)

## (b) 正規車 (Normal speed runner)

## (c) 高速車 (High speed runner)

1軸の羽根車の數に依つて分類すると、

## (a) 單輪型 (Single turbine)

## (b) 双輪型 (Double turbine)

1箇の羽根車に於ける放流の數に依り分類すると、

## (a) 單流型 (Single discharge type)

## (b) 複流型 (Double discharge type)

外被の有無及種類に依つて分類すれば、

## (a) 渦巻水車 (Spiral turbine)

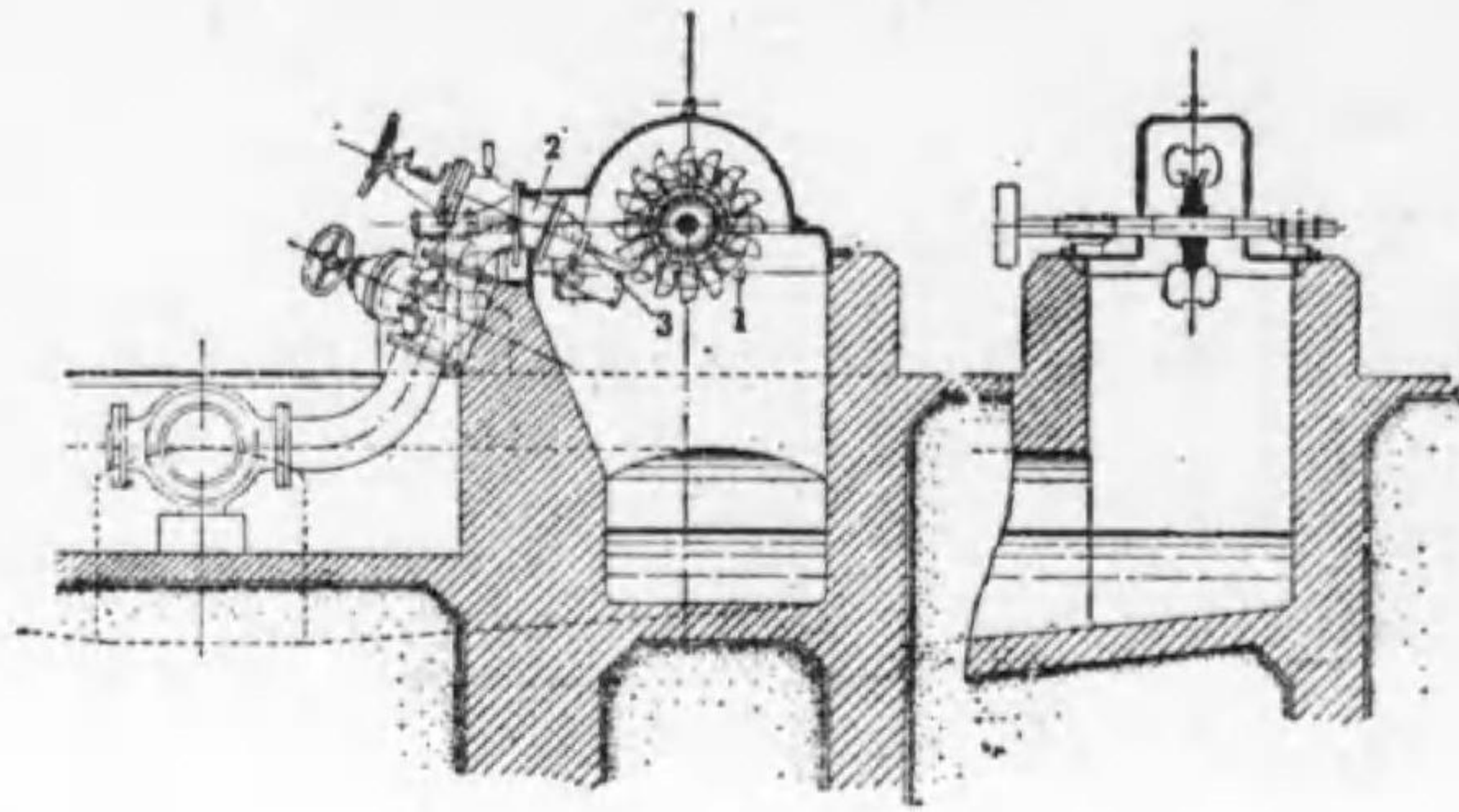
## (b) 圓胴水車 (Drum turbine)

## (c) 露出水車 (Open flume turbine)

尚渦巻水車は其の外被の材料に依つて鋼板渦巻水車、鑄鋼渦巻水車、鑄鐵渦巻水車、コンクリート渦巻水車等に分類せられ、圓胴水車は水壓管よりの導水の方向に依り、前口水車 (Frontal turbine) と横口水車 (Cross turbine) とに分類せられる。

## 第九章 ペルトン水車の構造

ペルトン水車は1870年頃米國加洲の Pelton に依つて考案された衝動水車で概して高落差に用ひられる。水を上水槽から導水管で水車に導いて導水管の末端に取付けたノズルで水車の水受 (Bucket) に噴出させる第37圖は羽根車 (Runner) の周圍に水受 (1) を2本のボルトで取付けノズル (2) から水を噴出させて之にあてる。ノズル内には針弁 (Needle valve) (3) を備へて水量を調節し出力を加減する。羽根車の軸は多く水平で軸受は羽根車の兩側にあることもあり、或は差掛 (Over hung) にすることもある。



第 37 圖

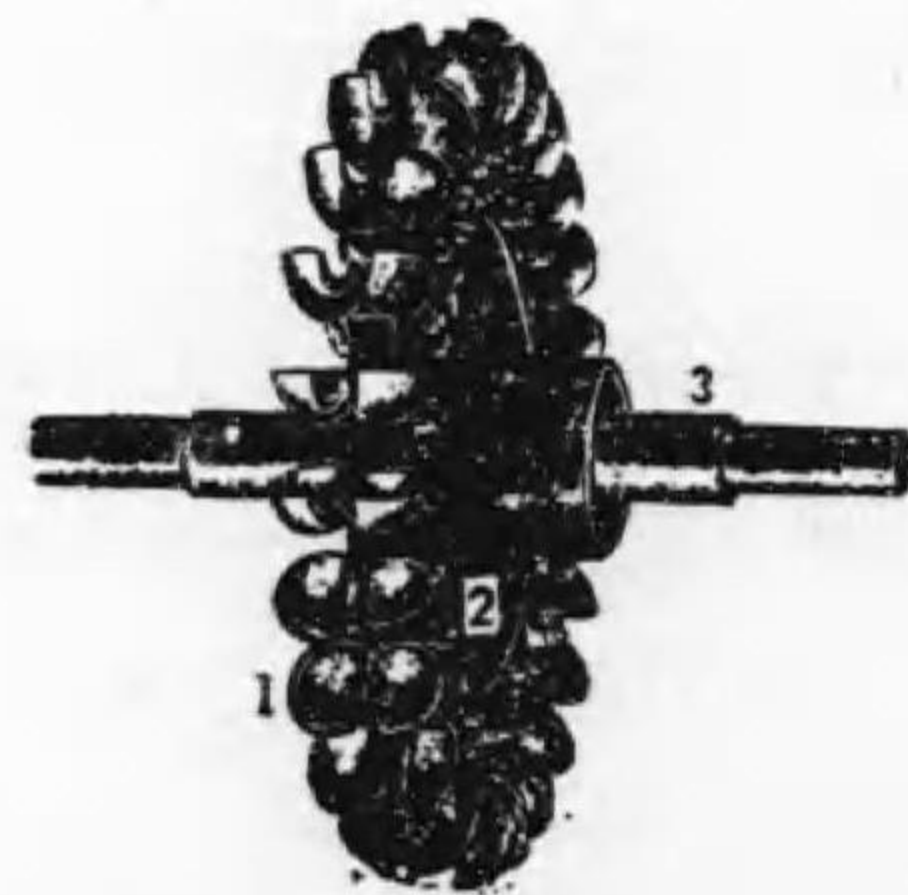
## 34. 羽根車 (Runner)

羽根車の周囲には羽根車中の最重要部である水受(Bucket)が取付けられる。

現今用ひられる水受は楕圓體を半分に截断して中をえぐつた様なものを二つ並べた形とし且中央に水切りを設けたものである。水受の数は大體18~24箇で鑄鐵製の羽根車の周囲にボルトで之を取付ける。水受の材料は一般に低落差用には鑄鐵、高落差に鑄鋼が用ひられる。又水質に依つては青銅其の他の合金が用ひられることもある。



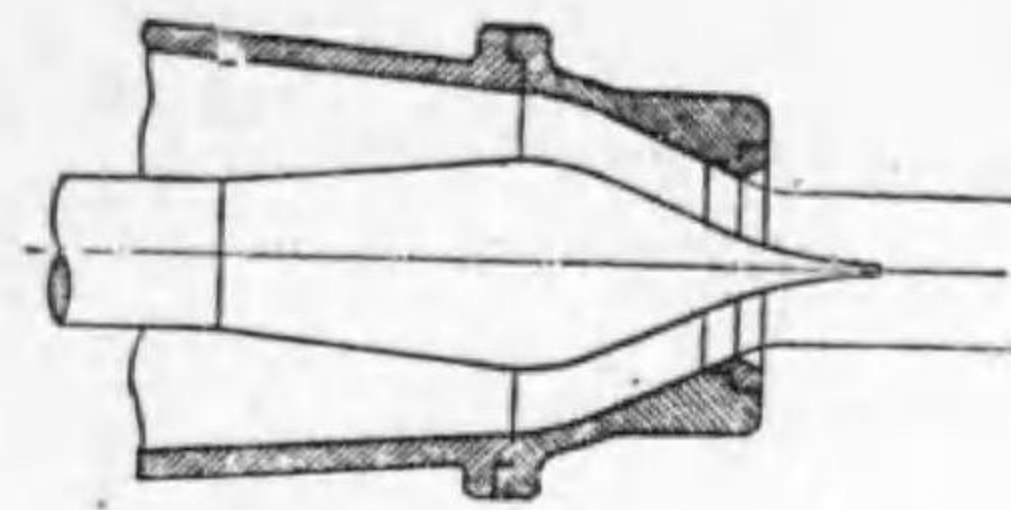
第 38 圖 水 受 圖



第 39 圖 羽 根 車 圖

## 35. ノズル (Nozzle)

ノズルは水受へ水を送り込む管で、噴射口は圓形であつて之と同心に針瓣を有し、射水の中心方向に動かして射水量を調整する。ノ



第 40 圖 ノズル 圖

ズル及針瓣の材料は鑄鋼で特に摩損し易い尖端の部分には滿俺青銅が用ひられ適宜に取換へられる様になつてゐる。針瓣の出入は手動又は调速機的作用によつてなされる。(第40圖に示す)

## 36. 水壓調整装置

ベルトン水車は一般に高落差に用ひられ導水管が長いから負荷を急に切ると著しい壓力の上昇が起る。之を緩和する水壓調整装置はベルトン水車では最も重要なもので、之には次の様な方法が採用されて居る。

## (a) そらせ板 (Jet deflector)

ノズルと水受との間にそらせ板を備へて負荷が減つた時、之で噴出水の一部を水受から折曲げて水受にあたらぬ様にし、後に針瓣が徐々に出動してノズルを閉ぢる。

## (b) 補助ノズル (Auxiliary nozzle)

之は主要ノズルの下側に取付けられ噴出する水は水受にあたらぬ

やうに取付けてある。主要ノズルが急激に閉じると同時に補助ノズルを開いて水圧管内の圧力異常上昇を防ぐ。

(c) 制動ノズル (Brake nozzle)

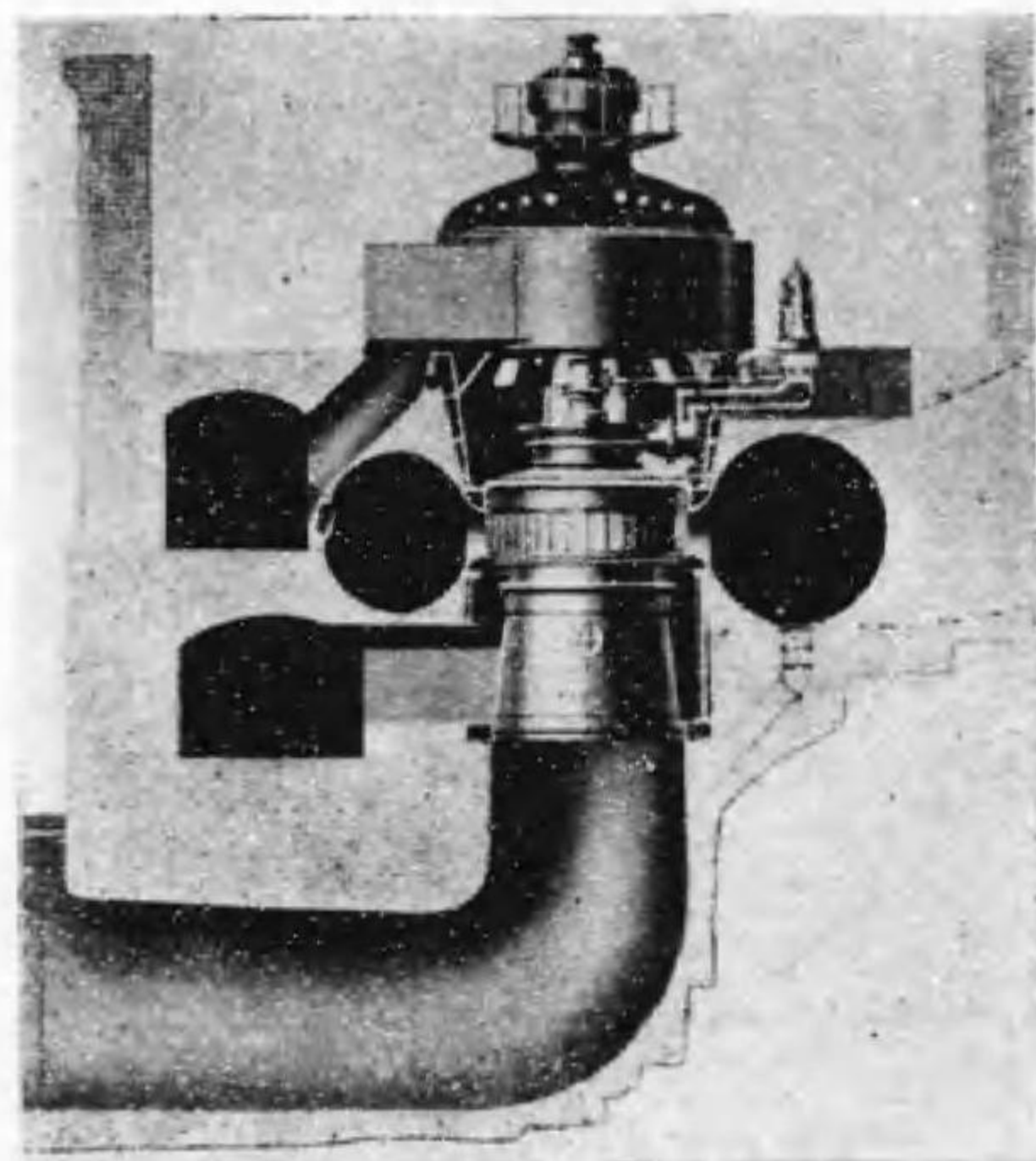
之は排水を其の儘放水路に排出させずに水受の背後に導いて制動ノズルから水を噴出させて水受到に當てる。

37. 外 被 (Casing)

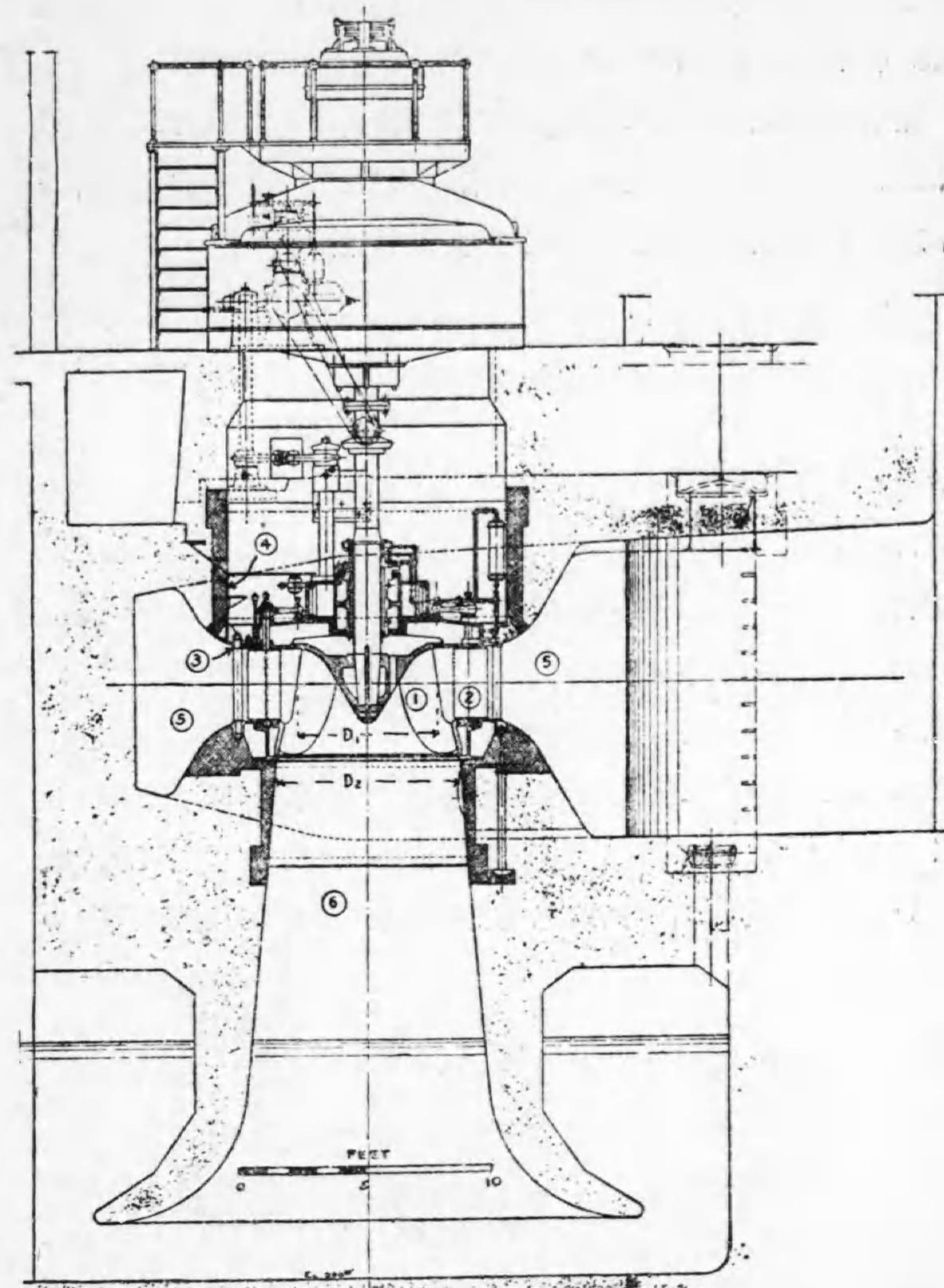
衝動水車の外被は水圧を受けないから單に水車の包装物に過ぎない。多くは鋼板製であるが小出力のものには鑄鐵製のものもある。

第十章 フランシス水車の構造

フランシス水車は1849年米人 J. B. Francis に依つて考案せられたもので混流式反動タービン (Mixed flow reaction turbine) の一種である。概して 300 米~20米の中落差及び低落差で相当水量のある所に用ひられる。第41圖及び第42圖は其の



第 41 圖 フランシス水車圖



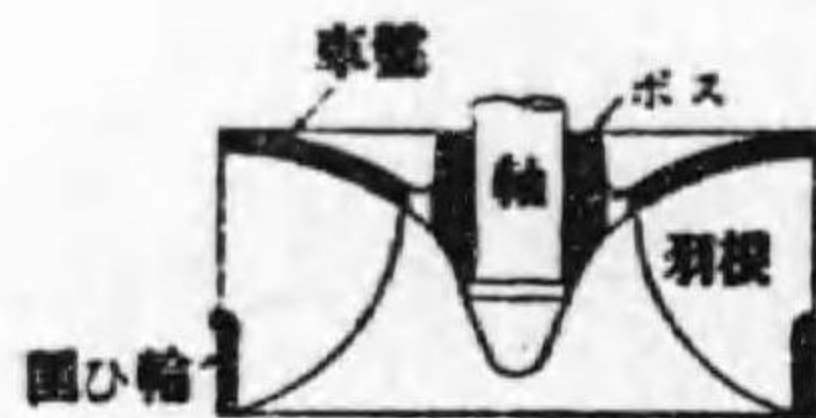
第 42 圖 フランシス水車圖

大體を示す。第42圖に於て (1)は羽根, (2)は導羽根車, (3)は速度環, (4)はピットライナー, (5)は外被, (6)は吸出管である。

導羽根は導水管につゞく外被或は上水路其のものゝ中にある。水は之に依つて導かれ, 外周より水車の内部に向つて流入し羽根車を回轉させた後中央の吸出管を経て放水路に流出する。

38. 羽根車 (Runner)

羽根車は第43圖の様にボス(Boss)につながる車盤(Crown)とそれに対する圍ひ輪 (Shroud ring)と更にその間にある 15~20枚の曲り羽根 (Curved vane) とからなつてゐる。羽根車は特有速度の大小に依つて其の形狀を異にし, 低速車, 正規車, 高速車の三種に分れる。低速度は羽根車入口の直徑が大きくて幅が小で, 高速車は羽根車入口の直徑が比較的小さくて幅が大きい。材料は鑄鐵製, 鑄鋼製, 磷青銅製等種々あつて鑄鐵製のもの



第43圖

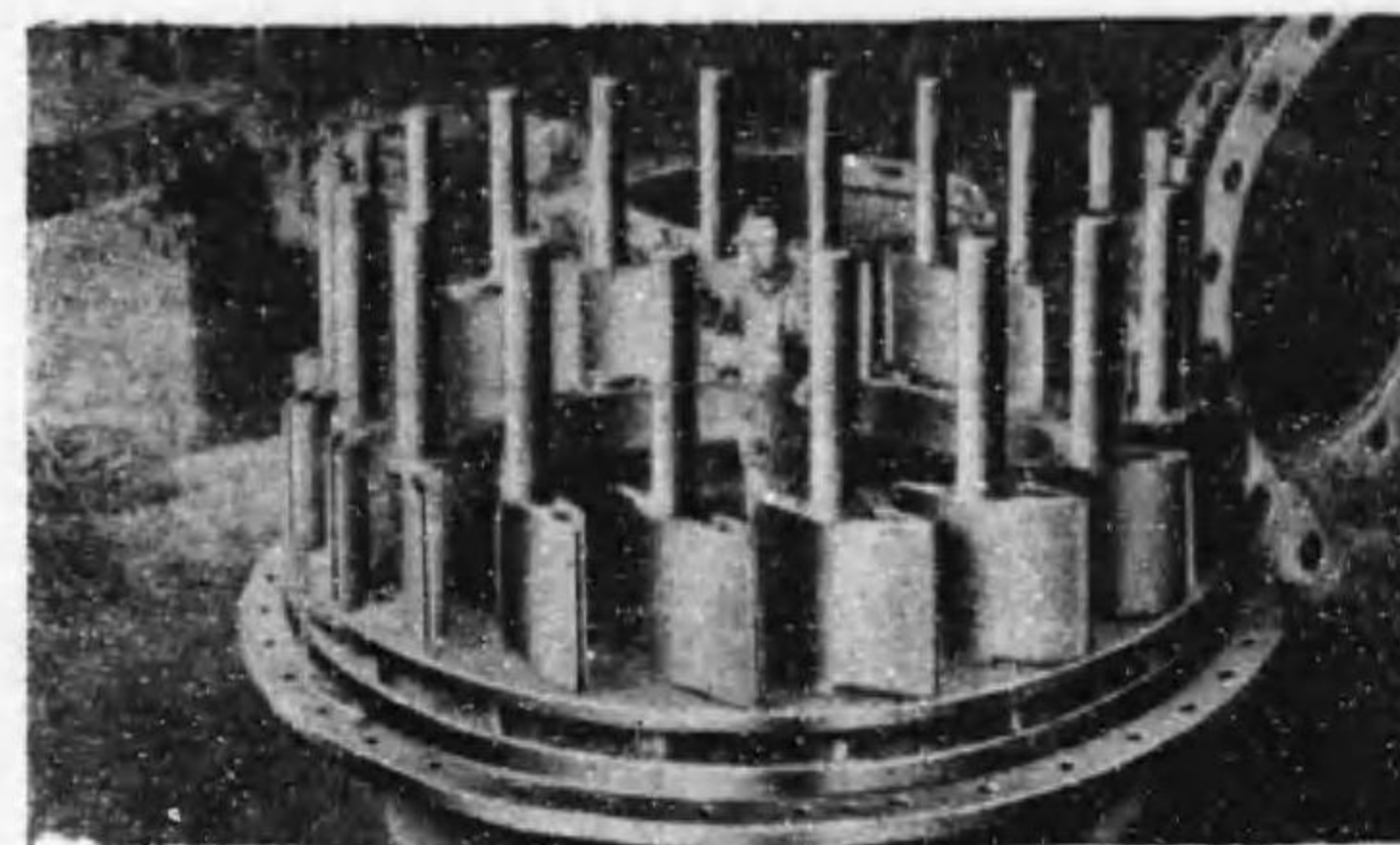


第44圖 羽根車圖

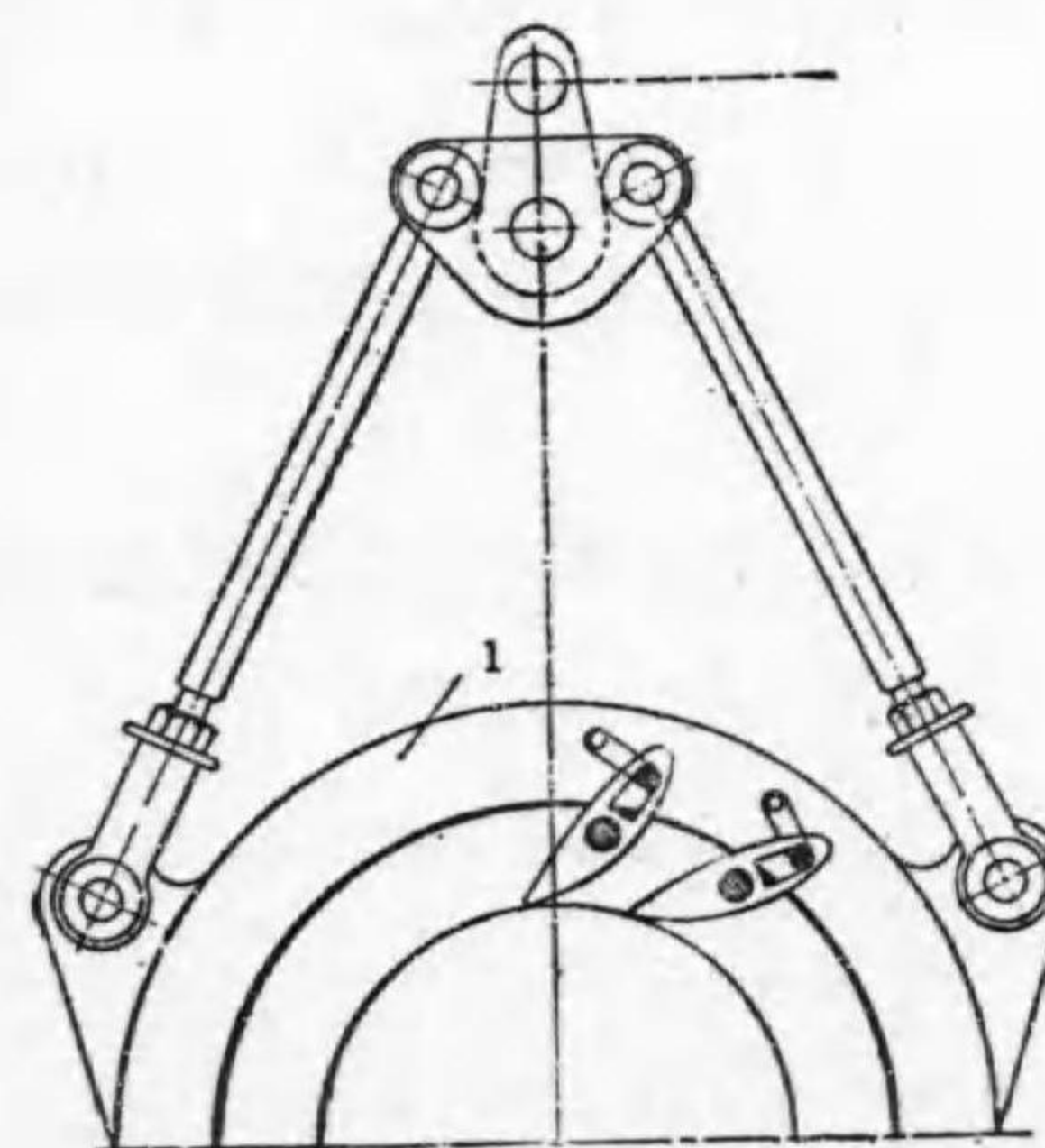
は50米以下の低落差に, 鑄鋼製及び磷青銅製のものは50米以上の落差に用ひられる。鋼板製の羽根を鑄込んで車盤及び圍ひ輪を鑄鐵製とし, 之を低落差に用ひることもあるが近來は一つの鑄物の方を多く採用する。

39. 導羽根 (Guide vane)

羽根車へ流入する水の量を加減し流水を適當に導くもので第45圖の様に魚形をし, 心棒の周りに廻つてその

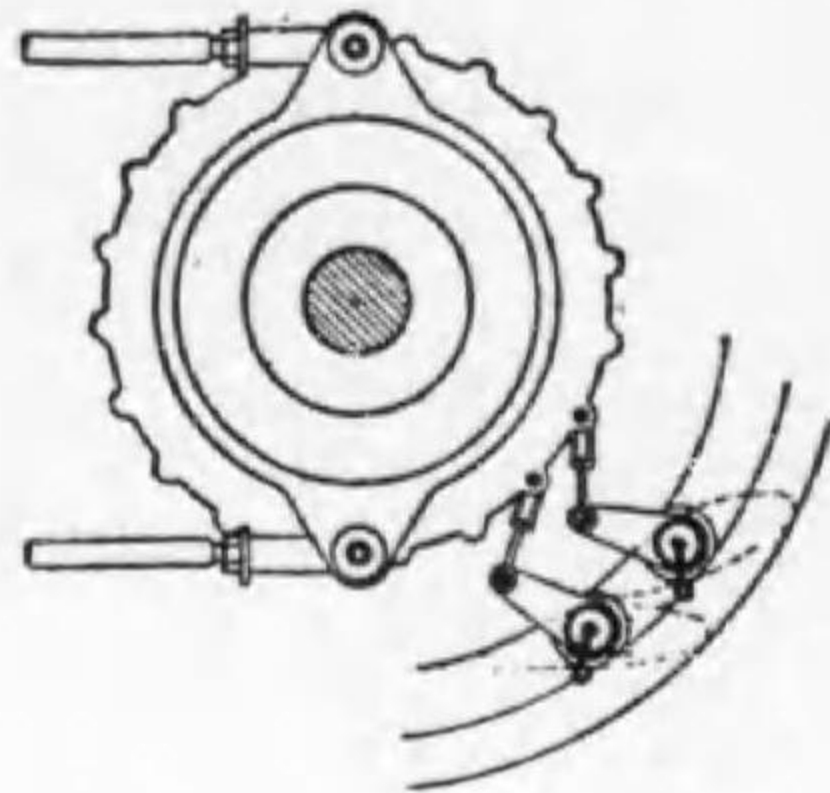


第45圖 導羽根圖



第46圖 内側型開閉機構

傾を變へる。導羽根にはその心棒の周圍を自由に廻るものと, 心棒に固着せられたものとの二種がある。依つて其の開閉機構も前者は内側型と云ひ, 露出又は圓洞水車の様に導羽根を動かす機構が水



第47圖 外側型開閉機構

中に露出せられてゐるものに用ひられ、後者は外側型と云ひ渦巻水車の如く機構が外被の外にあるものに用ひられる。材料は前者は鑄鐵製を多く用ひるが近時は鋼板を熔接したのものも用ひられる様になつた。後者は大抵鑄鋼製を用ひる。

#### 40. 導羽根の開き(Gate opening)

導羽根の開きとは導羽根の開きの断面積、即ち水の羽根車に入る入口の断面積を言ふものであつて、之が水車の最大水量、最大出力の場合を全開口(Full gate opening)と云ふ。水車の設計上、導羽根の開きは規定水量の時には全開の $\frac{3}{4}$ 丈開く様に作られる。此の開口を規定開口(Normal gate opening)と云ふ。斯様にする理由は、

- (1) 發電機を過負荷させる時には全開にして水車の出力を増す事が出来る。
- (2) 洪水時には放水面が高くなり、利用される有効落差が減少するから水量を増加させて出力の減退を補ふ。
- (3) 長時日使用後羽根車の損傷等により多少能率が低下するから、その爲の出力の減退を補ふのである。

導羽根の開きを規定開口から増しても減じても水車の能率は低下するものである。フランシス水車の能率低下はベルトン水車より大

きい。

規定開口の時最高能率を與へる様な廻轉數を**定格速度**(Normal speed)と云ひ、その時の出力を**定格出力**(Normal output)と云ふ。規定開口に於て水車軸の制動力を全く取り去つた時の廻轉數を水車の**逸走速度**(Run away speed)と云ふ。此の値は低速車では定格速度の1.8倍位、中速車では1.6倍位高速車では1.85倍位に取る。

#### 41. 軸受(Rearing)

軸受には**ジャーナル軸受**(Journal bearing)と**スラスト軸受**(Thrust bearing)の二種がある。横軸水車では前者は羽根車の重量を支へなければならないが、後者は單に水壓の不平衡による推力に耐ふればよいのである。

縦軸水車では前者は**振止軸受**(Guide bearing)となつて單に軸の中心を定位置に保つ役で重量は全くかゝらないが、後者は水車及發電機の廻轉子の重量を支へ、且つ不平衡水壓に依る推力にも耐える必要があつて極めて重要なものである。ジャーナル軸受は**バビット軸受**(Babbitted bearing)が多くスラスト軸受としては横軸の場合には**鑿付軸受**(Collar bearing)或は球入軸受を用ひ、縦軸の場合には**キングスベリー式**(Kingsbury type)、**スプリング式**(Spring type)等が多く採用せられる。

#### 42. 速度環(Speed ring)及**ピットライナー**(Pit liner)

速度環は堅軸水車に用ひられるもので、上下2枚の環狀金物を數

枚の丈夫な支材 (Rib) で連結したものである。支材は通例翼状をしてゐる。此の速度環は導羽根の外側にあつて、蓋板、外被等を連結し且つビットライナーを支へ、水を有効に導く役をするもので、発電機その他の重量を支へ且つ内部の水圧に耐へなければならない。鑄鋼製が多く用ひられる。

ビットライナーは縦軸水車に用ひられ、水車と発電機との間の圓筒孔の側壁となつて且つ発電機の支持物となる。

#### 43. 吸出管 (Draft tube)

吸出管は反動水車の羽根車から出る水を放水路に導く鐵管又はコンクリート管であつて、其の目的は水車を放水面より或高さに据付け車體の取出しを容易にし、洪水の害を防ぐと同時に水車から放水面迄の落差を有効に利用することである。吸出管の形状には種々あるが通常知られてゐるのは圓錐型、エルボー型、擴散型、ハイドロコーン型等である。

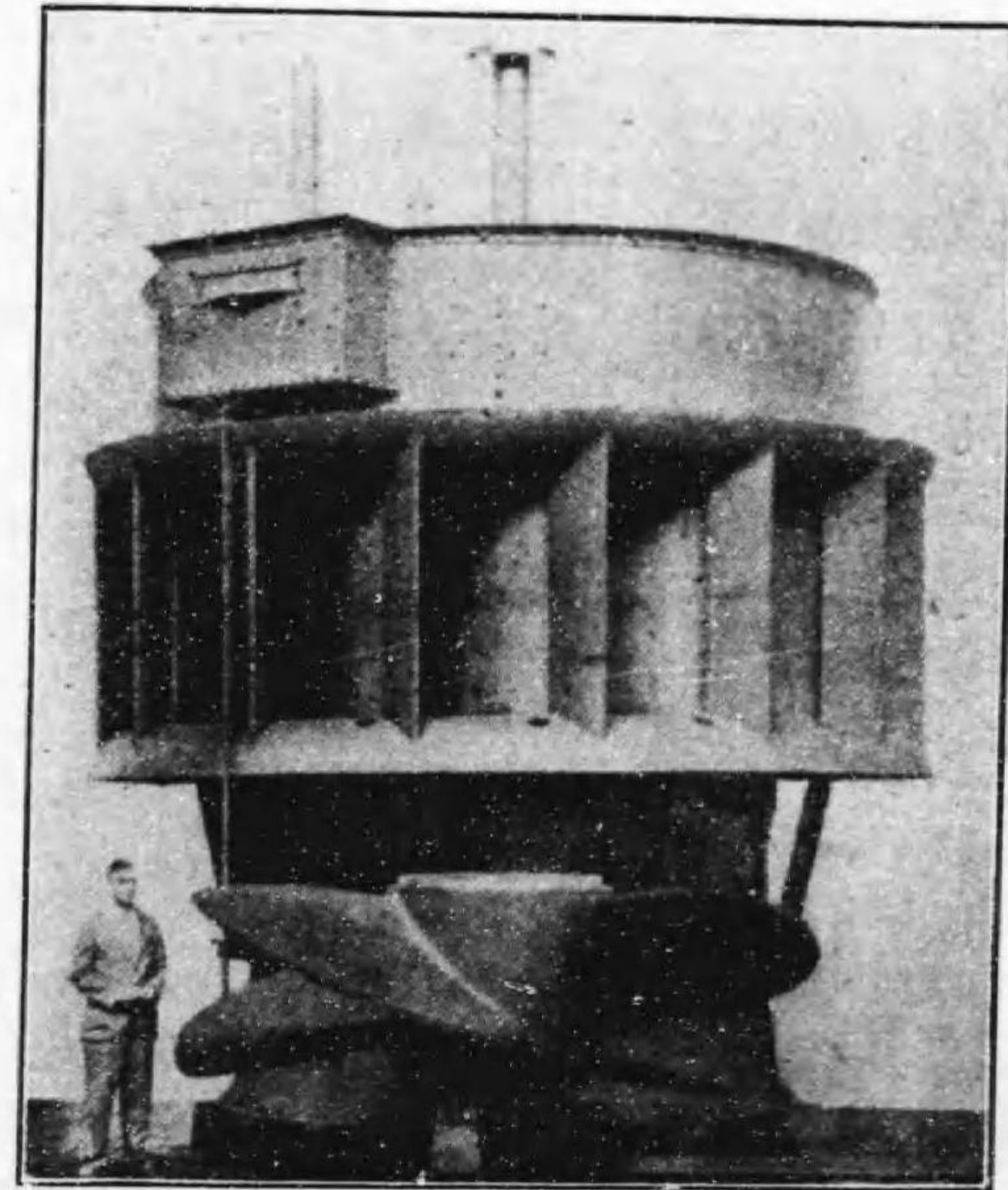
然しその何れの型のものでもその吸出高さ (Draft head) が大き過ぎると管内に真空が出来羽根車の腐蝕、振動等を起し、又小さ過ぎると水車据付位置を低くし掘鑿費を増大する。而して其の利用される理論上の高さは 10.33 米迄であるが、實際に利用されるのは 7.5 米位が限度である。實例は 2 ~ 6 米の範圍を用ひてゐる。

## 第十一章 プロペラー水車

### 44. プロペラー水車の性質

非常な低落差ではフランシス水車を用ひては羽根車の形を如何に變へても充分な廻轉數を得ることは困難である。従つて水車及発電機は直徑が大きくなり大變不經濟となる。此の爲に工夫されたものがプロペラー水車であつて、之は低落差の場合も尙よく高速度を出し得るものである。

露出型にして羽根車以外の部分の構造はフランシス水車と略同様である。既にフランシス水車の項で述べた様に羽根車は高速度となる程入口よりも出口の方が著しく擴がつ



第 48 圖 プロペラー水車圖



てゐるが、プロペラ水車の羽根車は更に之が擴つて圍ひ輪に相當する部分がない。随つて導羽根の出口から羽根車に至る間は空室になつて居る。水の車内を流れる方向は殆ど軸方向である。

プロペラー水車の長所を擧げると、

- (1) 水流が軸と並行に流れるから渦流損失、羽根車の腐蝕等の害が少い。
- (2) 羽根車の羽根の數少く其の間隙が廣いから流水中の障害物の爲運轉が阻止される事なく、又點檢にも便利である。
- (3) 羽根の構造が簡單で且つ丈夫であるから製造費、修理費等は少額である。
- (4) 同一馬力數の從來の反動水車に比べて重量が $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ であるから運搬費及据付費が低廉である。
- (5) 廻轉數が在來のものに比べて50%も大となるから直結される發電機の形狀が小さくなり、其の價格も減少する之れは最も大きな長所である。

此の水車の缺點とする所は輕負荷の時に能率の著しく低下することである。但しカプラン型は能率の低下は却つてフランス水車より少ない。

45. プロペラー水車の種類

プロペラー水車として現在用ひられてゐるものは次の數種類である。

- (a) ラワゼック水車 (Lawaczeck turbine) 及びムーデー水車

(Mcody turbine)

圖の様な構造の羽根車を有し水は軸方向と放射状との中間方向に入り、殆ど軸方向に出る構造でプロペラー水車としては高落差に用ひられる。羽根の數は6~12枚である。

(b) エッシャー

ウイス水車

(Escher wyss turbine) 及び

ベル水車

(Bell turbine)

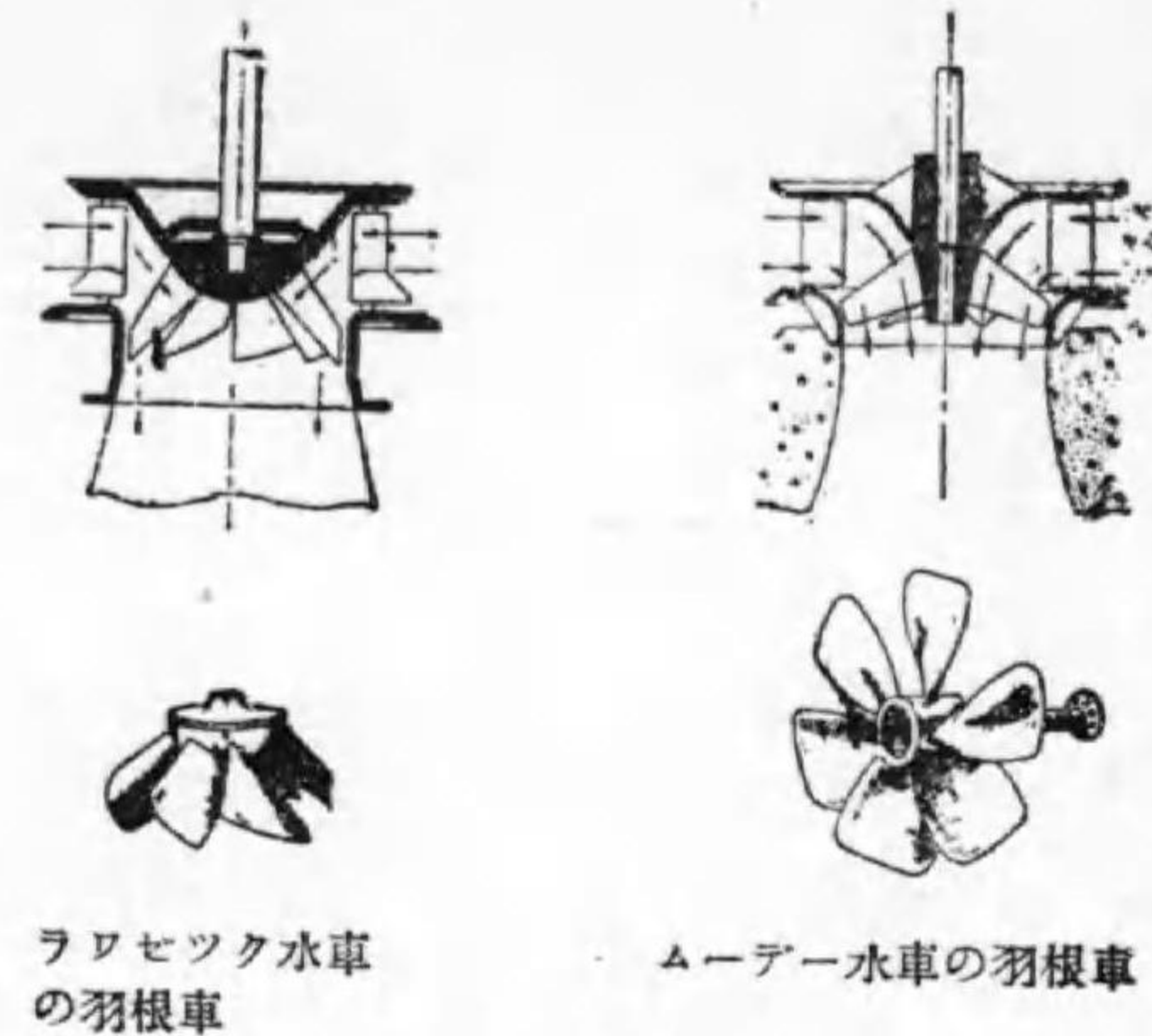
此の種の水車では水は羽根の向を旋回しながら流下して吸出管に入る。羽根の數はエッシャーウイス水車は4~8枚でベル水車は2~3枚である。

(c) ナグラー水

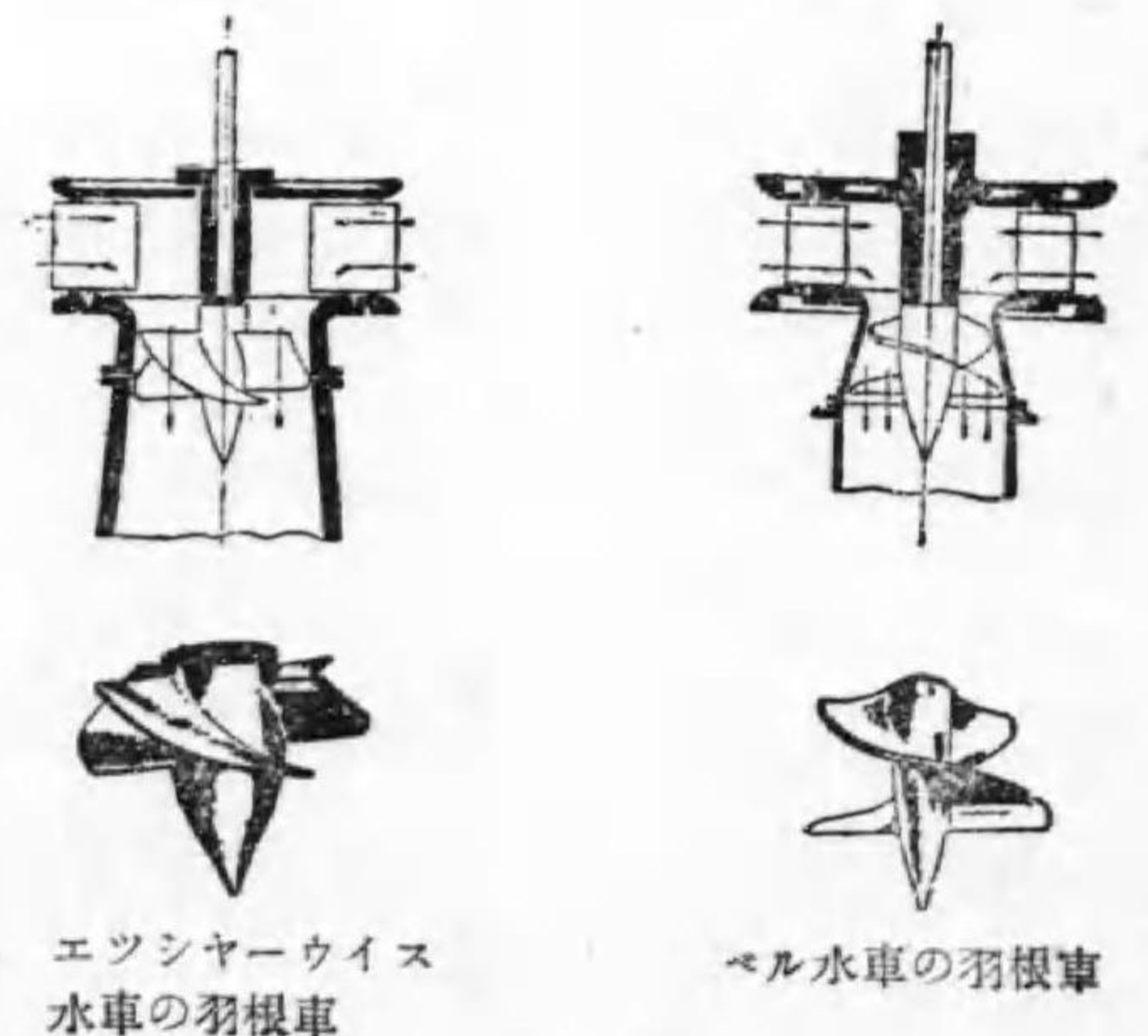
車 (Nag'ler

turbine)

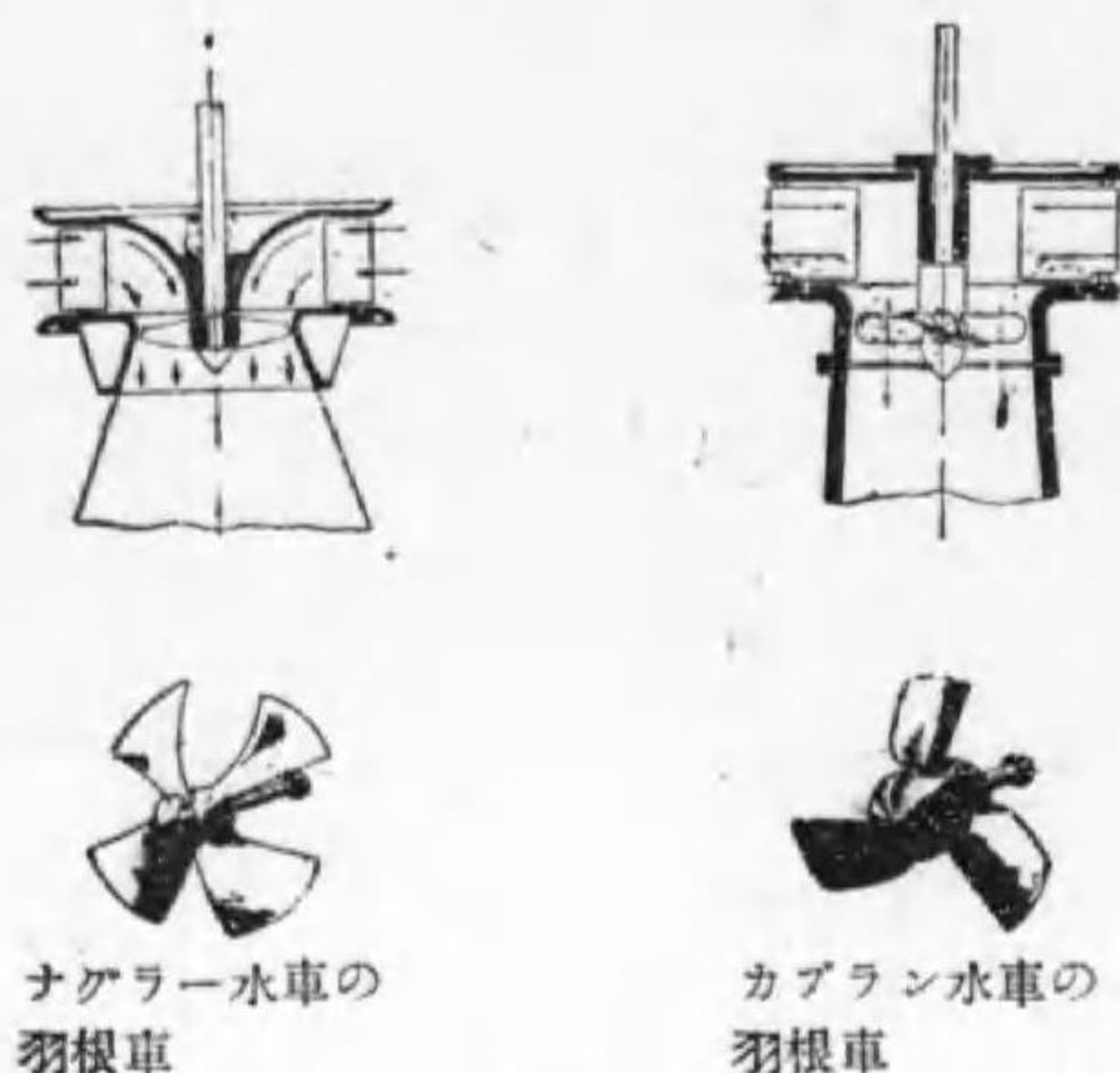
水は軸方向に流れ羽根の長さが短か



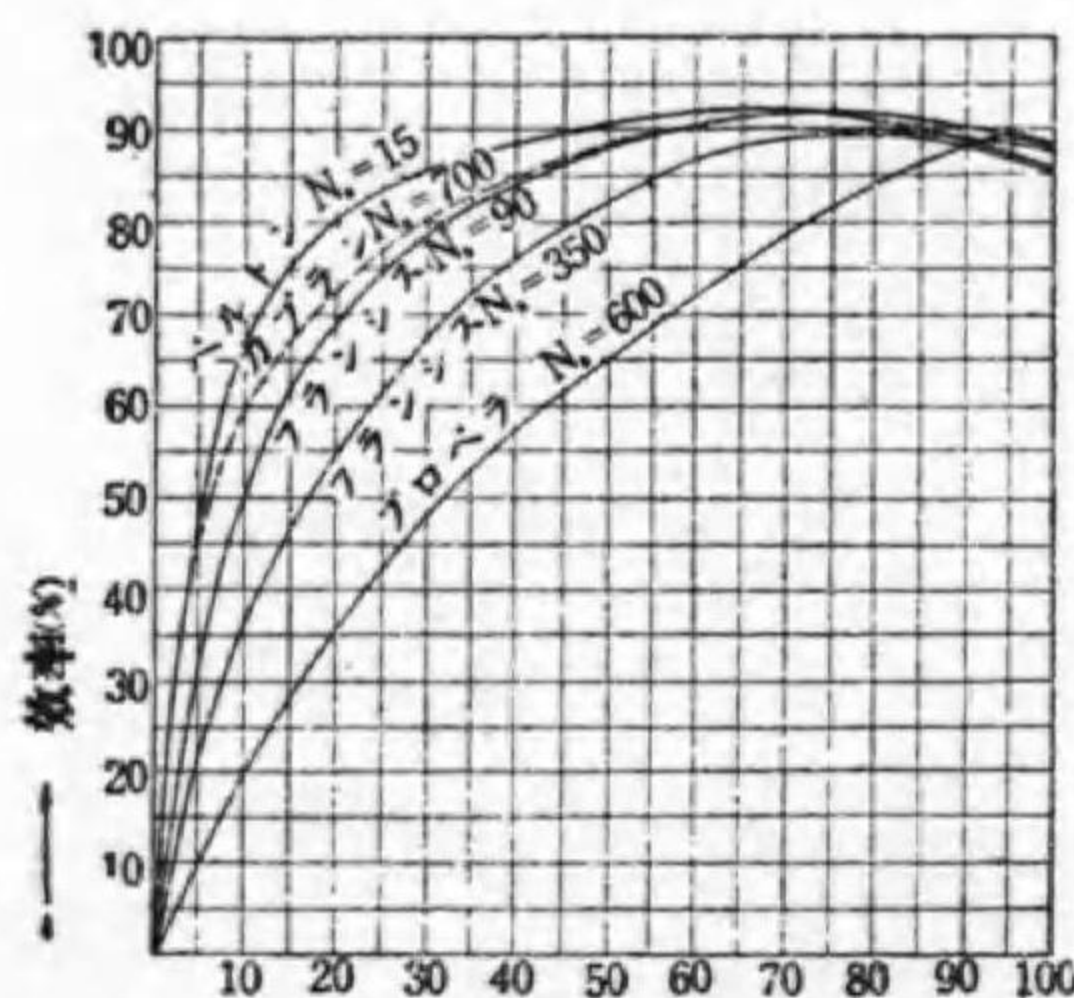
第 49 圖



第 50 圖

ナゲラー水車の  
羽根車カプラン水車の  
羽根車

第 51 圖



第52圖 カプラン水車の効率曲線

く、その数は2枚又は4枚でその軸方向の投影が重なり合はぬ様な形状である。

#### (d) カプラン水車

(Kaplan turbine)

水は軸方向に流れる。特徴とする所は水量の多少に応じて羽根の傾斜を變へて軽負荷に對する能率の低下を防ぐ點である。第52圖はカプラン水車の効率を他の水車と比較したものである。

## 第十二章 水車の出力

### 46. 水車の出力と効率

有効落差  $H$  米に於て、 $Q$  立方米/秒の水量を利用する場合、水1

立方米の重量は1000 庇であり、1馬力は75 庇米/秒であるから、水の有する理論馬力 (Theoretical horse power), 或は水馬力 (Water horse power. W.H.P.) は

$$W.H.P. = \frac{1000QH}{75} = 13.33QH$$

$$1 \text{ H.P. (英式)} = 0.746 \text{ k.w.} \quad \text{又, } 1 \text{ H.P. (米式)} = 0.736 \text{ k.w.}$$

であるから、

$$W.H.P. = 0.736 \times 13.33QH = 9.8QH \text{ k.w}$$

となる。(1 庇米/秒の仕事は 0.0098k.w. である。水量1 立方米、落差1 米の時の仕事は 9.8k.w. に當る)

此の動力は全部機械力に變へられるものではなく、水が水車内を通過する際その勢力の一部は失はれ残りの勢力だけが水車の軸に傳達される。此の動力を軸馬力 (Shaft horse power. S.H.P.) と云ふ。即ち、

$$S.H.P. = W.H.P. \times \eta_h$$

茲に  $\eta_h$  は水力効率 (Hydraulic efficiency) であつて、現今の水車では 80~98% 位である。

軸馬力の中軸受、詰物箱等で摩擦に依つて勢力の一部は失はれ、又回轉部分によつて起る風に依つても多少の勢力の損失がある。之等の損失を軸馬力から差引いた残りが水車の有効な出力であつて之が発電機に作用する。之を制動馬力 (Brake horse power. B.H.P.) と云ふ。即ち、

$$B.H.P. = S.H.P. \times \eta_m$$

茲に  $\eta_m$  は機械効率 (Mechanical efficiency) であつて、94~99%位である。依つて全効率 (Gross efficiency)  $\eta_1 = \eta_h \eta_m$

或は  $\eta_1 = \frac{\text{B. H. P.}}{\text{W. H. P.}}$  で  $\eta_1$  は75~92%位である。

尙發電機を水車に直結した場合、發電機の効率を  $\eta_2$  とすると水車と發電機の総合効率  $\eta = \eta_1 \eta_2 = \eta_h \eta_m \eta_2$ 、 $\eta_2 = 92\sim 96\%$  位とすれば、 $\eta = 72\sim 88\%$  位となる。發電機の出力を概算する場合には  $\eta$  は75%と假定するのが普通である。

#### 47. 落差又は直徑による速度、水量及出力の變化

或る與へられた水車で落差  $H$  を變へる時の同じ効率を得る様な速度、水量及出力は

$$\text{速度は } H^{\frac{1}{2}} \text{ に比例して變ずる} \dots \frac{N_2}{N_1} = \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{水量は } H^{\frac{3}{2}} \text{ に比例して變ずる} \dots \frac{Q_2}{Q_1} = \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$\text{出力は } H^{\frac{5}{2}} \text{ に比例して變ずる} \dots \frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{\frac{5}{2}}$$

或る與へられた水車があつて落差を一定とし水車の形を相似形に保ち乍ら羽根車の直徑  $D$  を變へる時、同じ効率を得る様な速度水量及出力は

$$\text{速度は } D \text{ に逆比例して變ずる} \dots \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\text{水量は } D^3 \text{ に比例して變ずる} \dots \frac{Q_2}{Q_1} = \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

$$\text{出力は } D^5 \text{ に比例して變ずる} \dots \frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^5$$

但し上式に於ては  $H_1, D_1, N_1, Q_1$  及  $P_1$  は夫々或る状態の時の落差、直徑、廻轉數、水量及出力を表はし、 $H_2, D_2, N_2, Q_2$  及  $P_2$  は夫々他の状態の時の落差、直徑、廻轉數、水量及出力を表す。

#### 例題 1,

出力 2500k.w. 落差42米、毎分廻轉數380、水量 5立方米/秒の水車を 60 米の落差に使用した時の出力、廻轉數及水量如何。

$$\text{解 出 力} = 2500 \times \left( \frac{60}{42} \right)^{\frac{5}{2}} \div 4270 \text{ k.w.}$$

$$\text{廻轉數} = 380 \times \left( \frac{60}{42} \right)^{\frac{1}{2}} \div 445$$

$$\text{水 量} = 5 \times \left( \frac{60}{42} \right)^{\frac{3}{2}} \div 6 \text{ 立方米/秒}$$

### 第十三章 水車の型式及使用範圍

#### 48. 落差及水量の範圍

一般に落差及水量を次の様な範圍に分るが、之は單に比較的のものであつて判然とした限界はない。

低落差……………30米以内

中落差……………30~150米

高落差……………150米以上

小水量…………… $\frac{1}{3}$ ~5立方米毎秒(約1箇)乃至1.5立方米毎秒

## 49. 比較回轉度 (Specific speed)

水車の羽根車は落差の高低、流量の多少に依つて其の形状が異つて居り、更に又出力の大小に依つても大きさが異つてくる。こゝに於て比較回轉度 (Specific speed) 或は特有回轉數 (Characteristic speed) と云ふものを考へ、之を標準として水車の型式を決定してゐる。

一つの水車があつて之と幾何學的に相似な水車を想像して之を、1米の落差で1馬力(制動)を發生するやうな寸法にした時、假想水車の一分間の回轉數を此の水車の比較回轉度と云ふ。比較回轉度を  $N_s$  とすれば理論上

$$N_s = N \frac{P^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

式中  $N$  は毎分の回轉數、 $P$  は軸馬力、 $H$  は有効落差である。

水車の型式	比較回轉度	
	英式單位	佛式單位
ペルトン水車(單嘴管)	3~6	13~25
" (二嘴管)	4~9	20~40
フランシス水車(低速車)	12~30	50~150
" (正規車)	30~55	150~250
" (高速車)	55~100	250~450
プロペラ水車		500~1200

## 例題 2.

比較回轉度 200 なる水車が有効落差 9 米に於て 400 馬力を發生する時毎分の

回轉數如何。

解  $N_s = 200$      $H = 9$  米     $P = 400$

$$\therefore N = N_s \frac{H^{\frac{5}{4}}}{P^{\frac{1}{2}}} = \frac{200 \sqrt[4]{9^5}}{\sqrt{400}} = 156$$

## 例題 3.

有効落差 100 米 流量 4 立方米/秒 効率 75%、毎分の回轉數 750 なる時如何なる型式の水車を用ふべきか。

解  $H = 100$  米     $Q = 4$  立方米/秒     $\eta = 0.75$      $N = 750$  なる故

$$\text{軸馬力 } P = \frac{1000QH\eta}{75} = \frac{1000 \times 4 \times 100 \times 0.75}{75} = 4000$$

$$\text{次に比較回轉度 } N_s = N \frac{P^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}} = 750 \times \frac{4000^{\frac{1}{2}}}{100^{\frac{5}{4}}} = 150$$

即ち前表を参照しフランシス水車を用ふ。

## 例題 4.

有効落差 13.5 米にして許容比較回轉度の最大限度が 350 なる時 15000 馬力の動力を發生し且つ回轉數を毎分 150 ならしめんには何台の水車を要するか。

解  $H = 13.5$  米     $N_s = 350$      $N = 150$  なる故

$$350 = 150 \times \frac{P^{\frac{1}{2}}}{13.5^{\frac{5}{4}}} \quad \therefore P = 3600$$

$$\text{依つて所要の台數} = \frac{15000}{3600} = 5$$

## 50. 各種水車の型式と適用

第 53 圖は各種水車の型式を示したものである。

(1) 露出型水車 (Open flume turbine) 此の型の水車は低落差

のみに用ひられる、外被が無いから導羽根を急速に閉じて停止しても水圧の爲に破壊される虞なく、従つて水圧調整機がいらぬ。此の型の水車では羽根車の数を3箇又は4箇にする場合があるが、其の理由は羽根車の数を増すことによつて廻轉數を多くし、従つて發電機の價格を安くするのである。

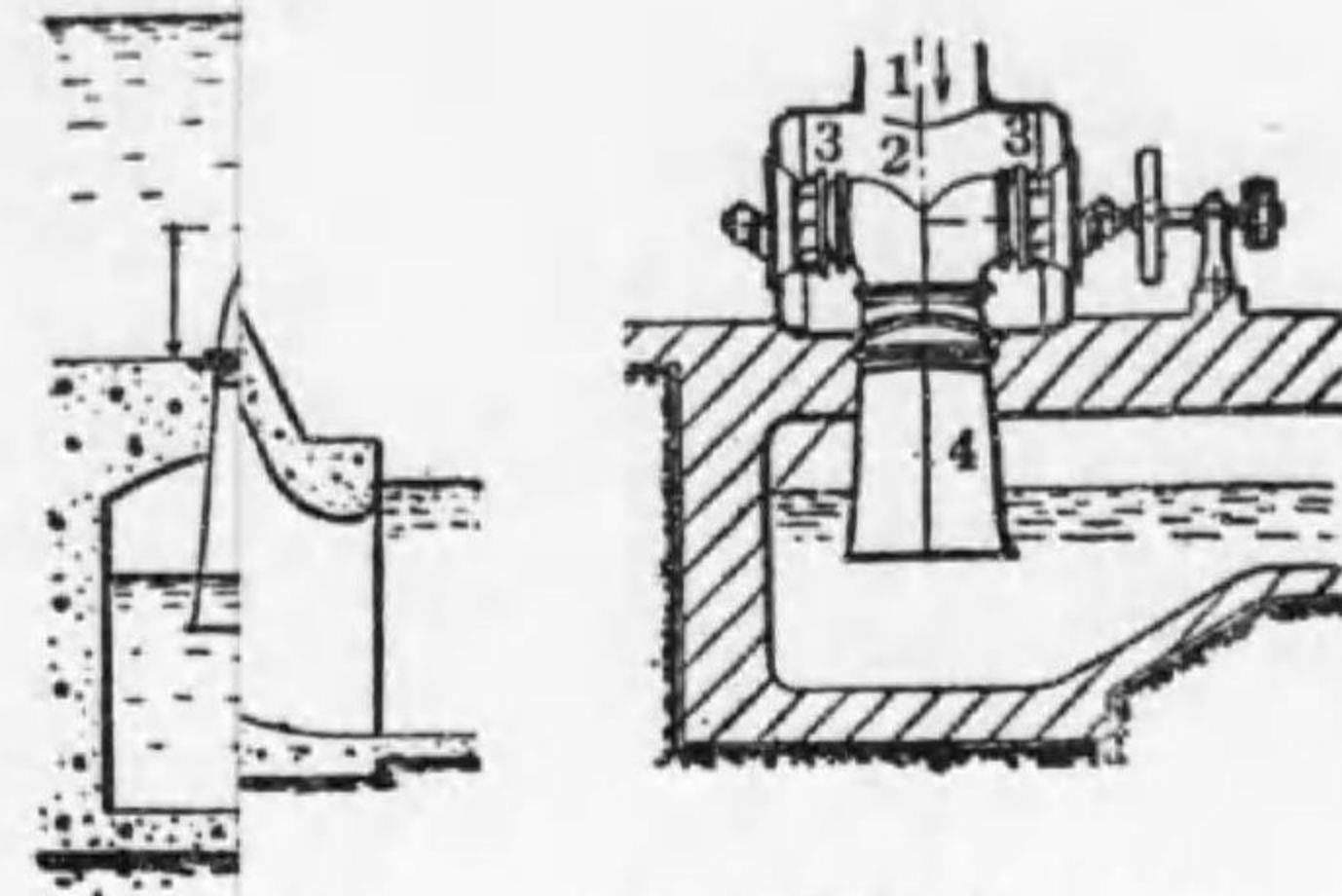
(2) 圓胴水車(Drum turbine) 此の型の水車は主として中落差に用ひられる故、水壓は比較的小さいから外被は大きくなつても差支へない。此の型の水車で流入する水の方向が羽根の軸と同方向のものを前口水車(Frontal turbine)と云ひ、羽根車軸に直角に流入するものを横口水車(Cross turbine)と云ふ。

(3) 渦巻水車(Spiral turbine) 主として高落差並に中落差に用ひられるが最近は低落差のもの迄次第に發達して來た。一般に渦巻水車が高落差に用ひられる理由は

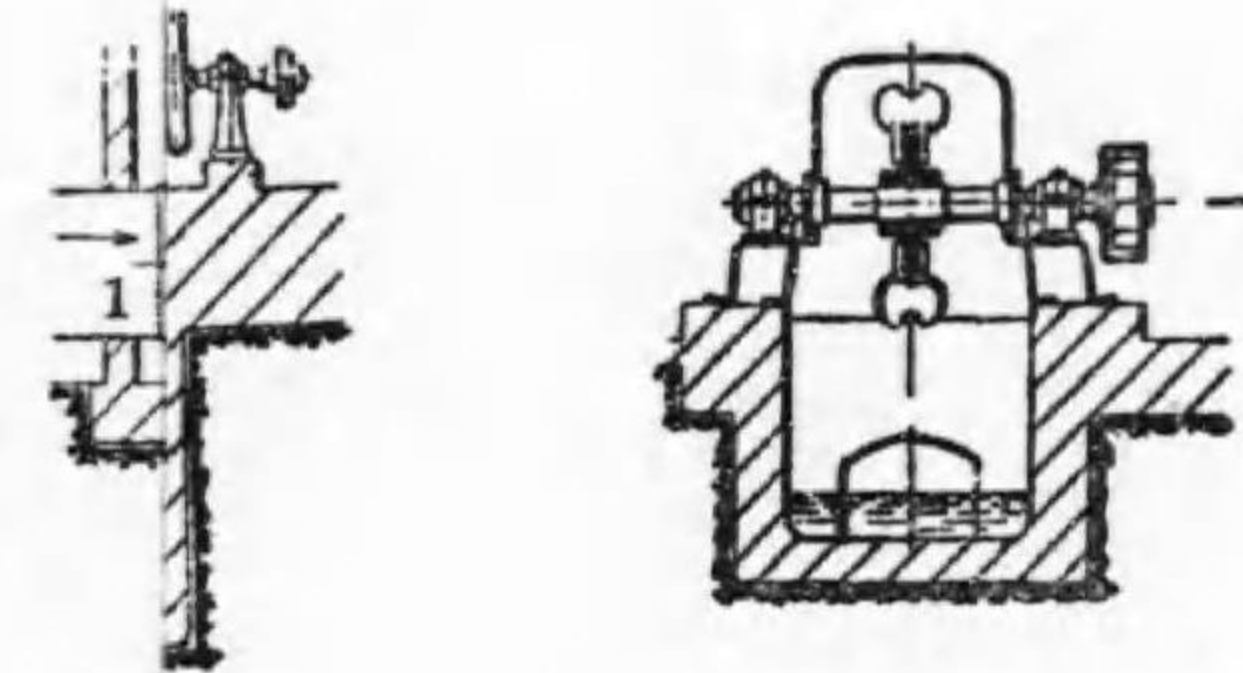
- (a) 水流に對して摩擦少く効率が高い。
- (b) 丈夫に出來、高水壓に耐へ従つて高落差に適してゐる。

堅軸は洪水面の高い所に適し、又水量が多くなれば複車型が用ひられる。此は廻轉數を増加し其の結果として發電機の價格を安くし且つ吸出管も小さいものを2本用ひて吸込高さを高く出来る利益がある。双車型は羽根車が中央から相當の距離に分れてゐるから軸受間の距離を比較的小さくすることが出來、震動等の虞が無いから一層大水量に適してゐる。然し吸出管には兩方の羽根車から水が流れ込むから水の衝突が起つて結果は餘り面白くない。

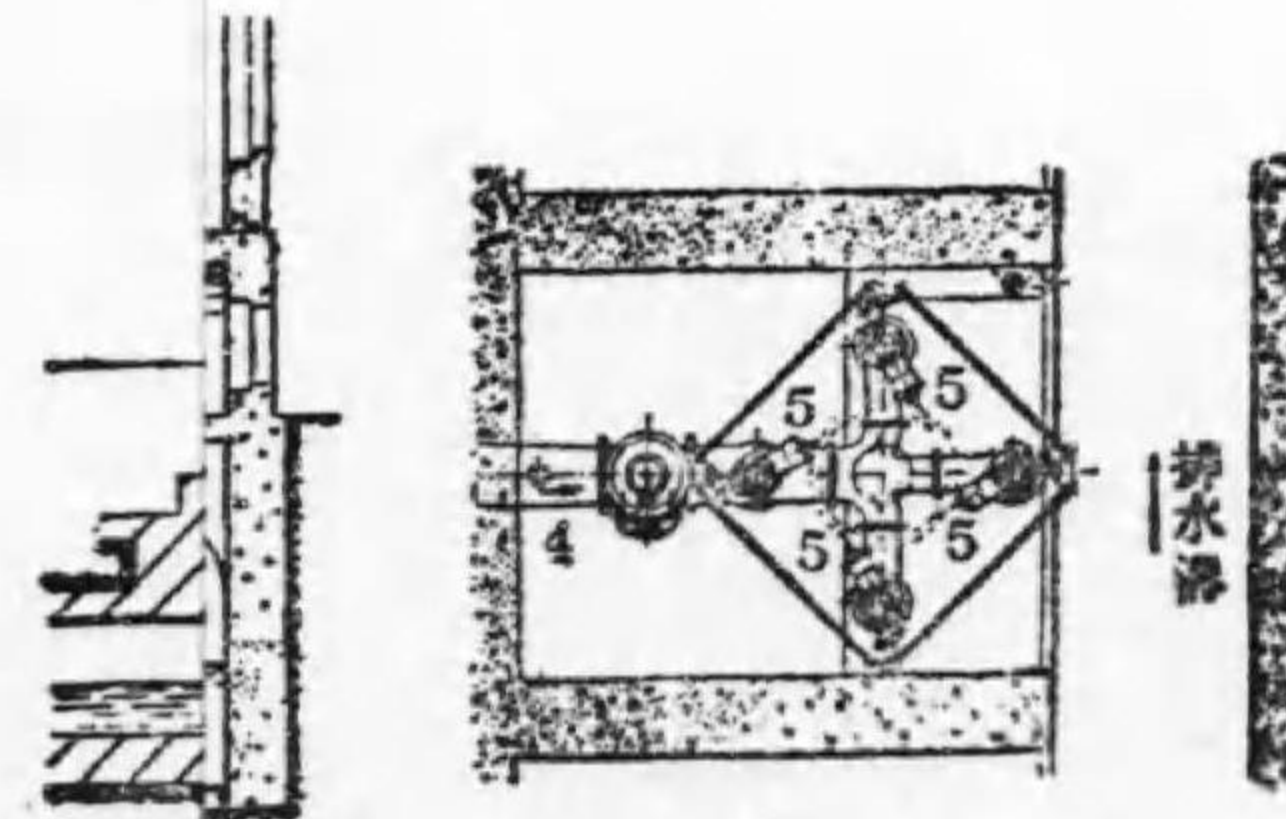
(4) ヘルトン水車(Pelton wheel) ヘルトン水車は高落差に限



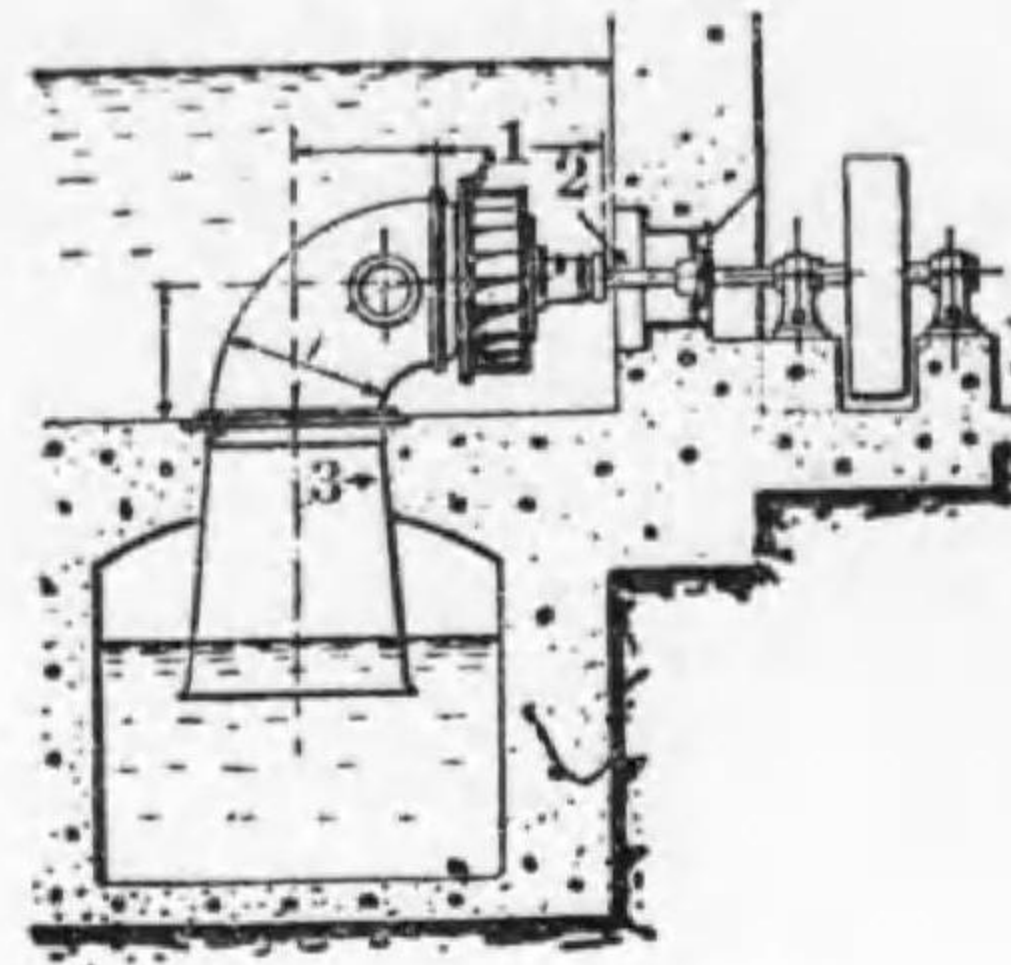
5. 双車横型横口タービン



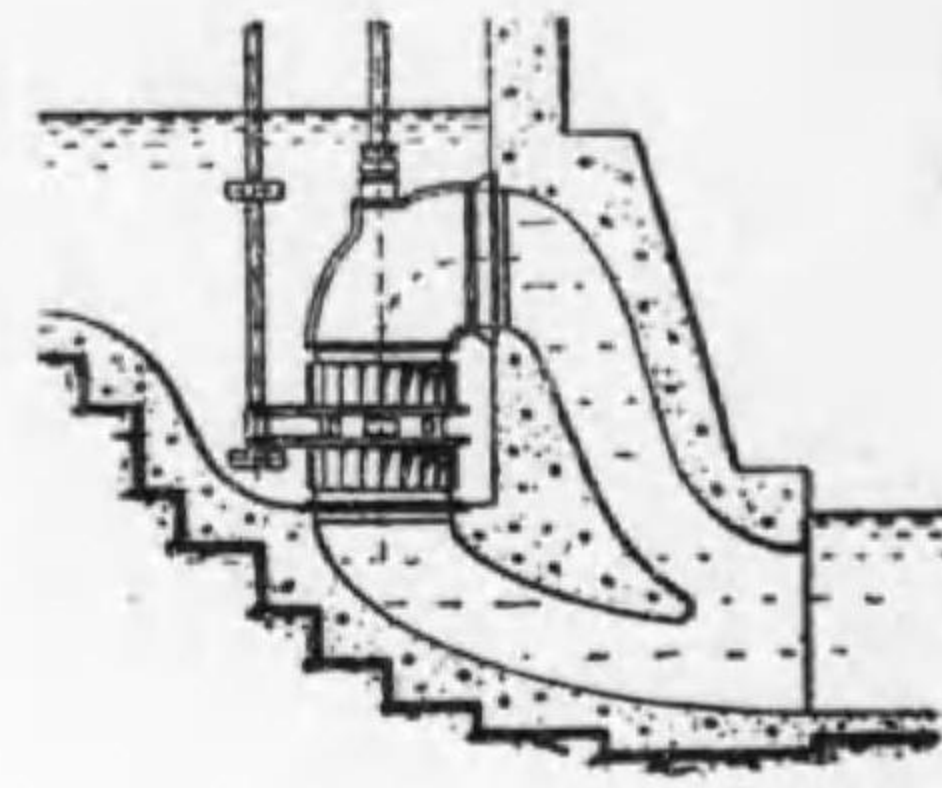
10. 單車横型ヘルトン水車



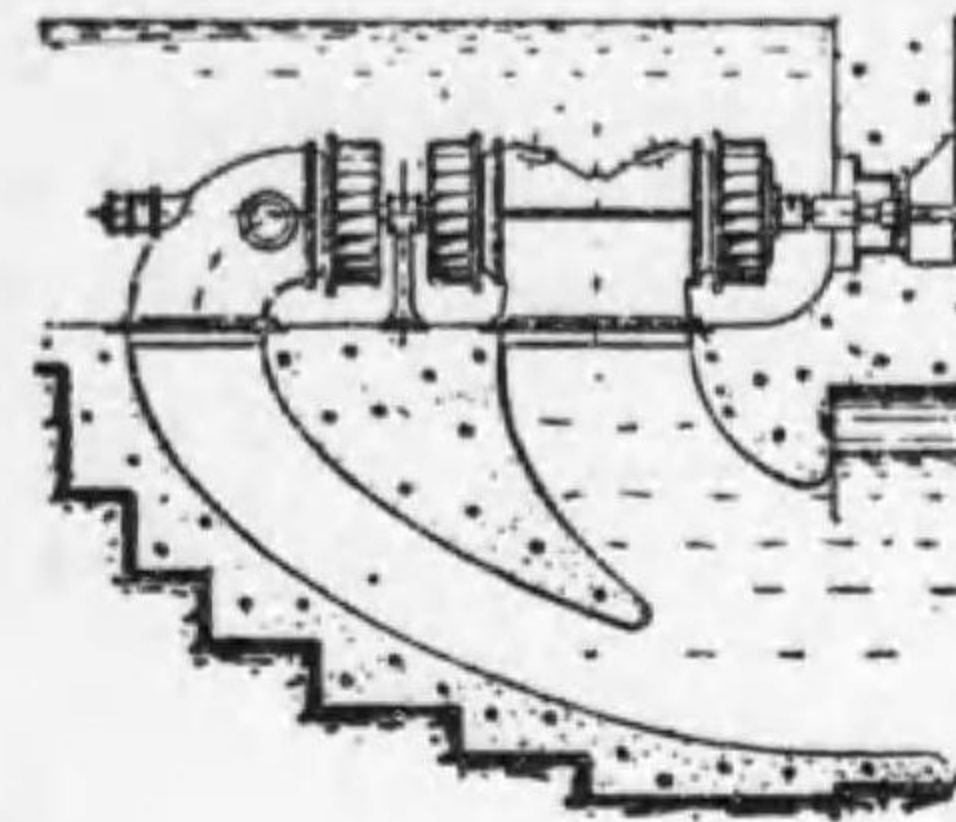
1. 型四嘴管ヘルトン水車



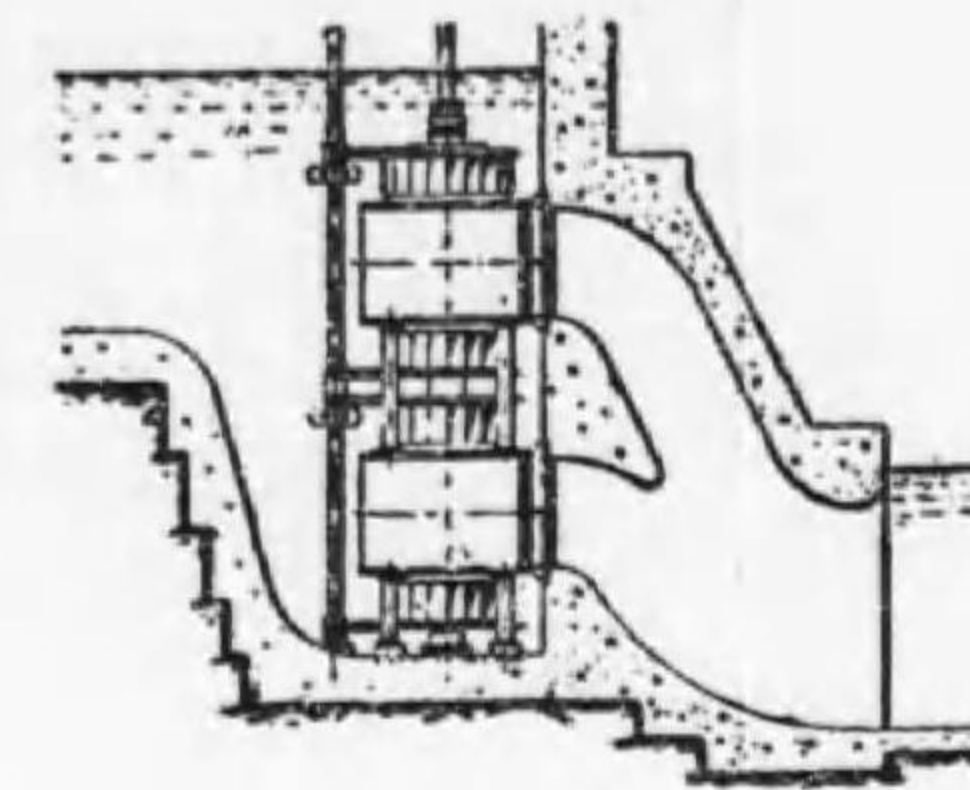
1. 単車横型露出タービン



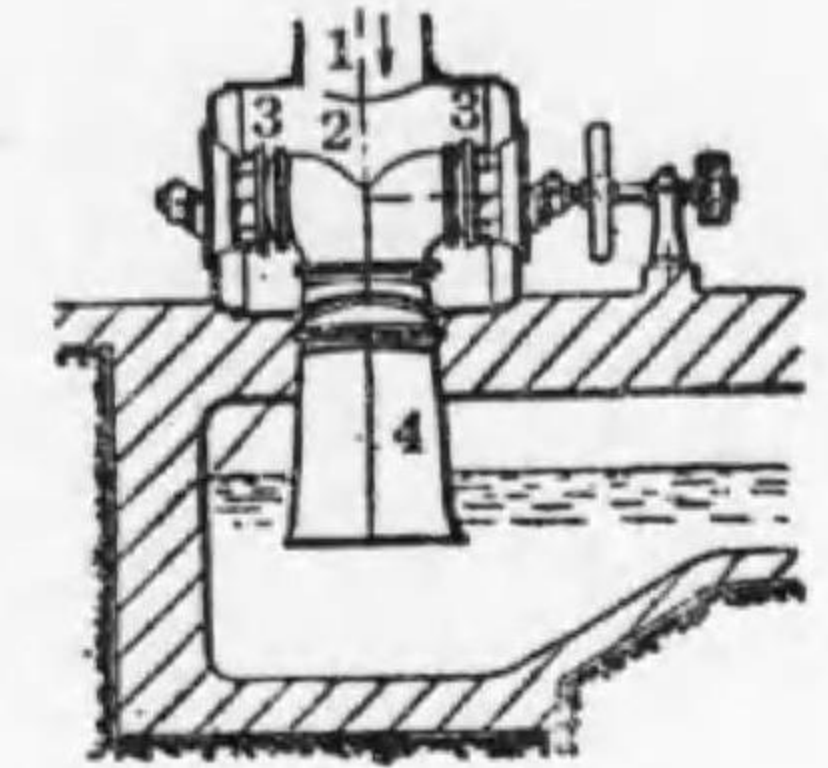
2. 複車堅型露出タービン



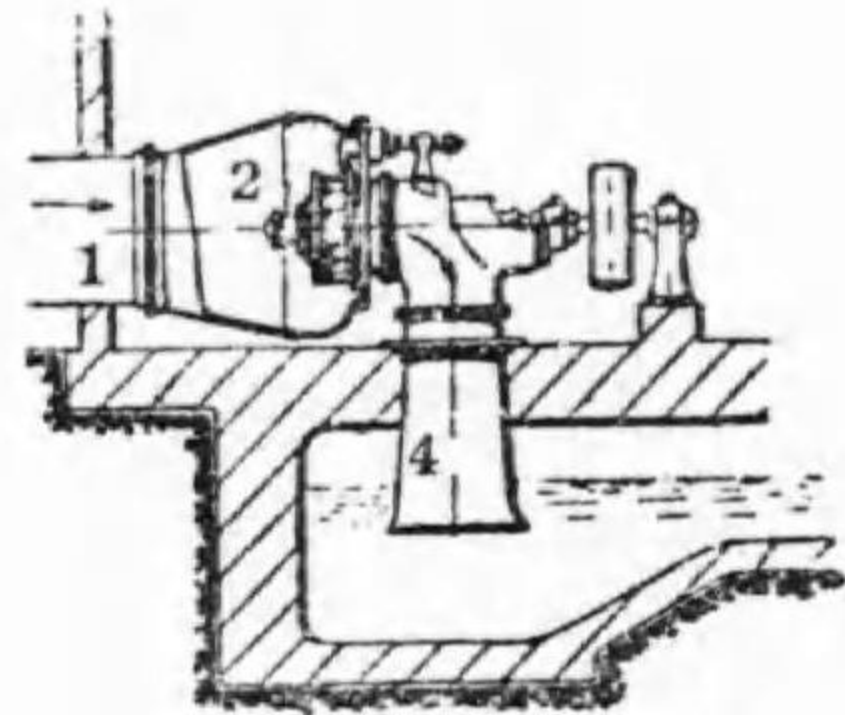
3. 三車横型露出タービン



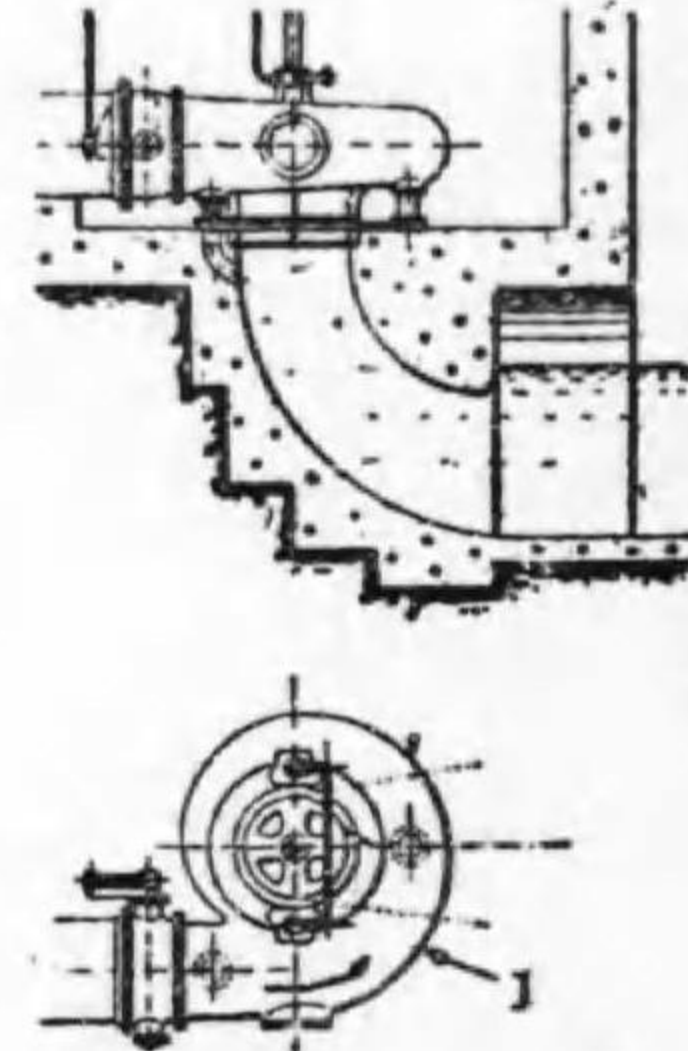
4. 四車堅型露出タービン



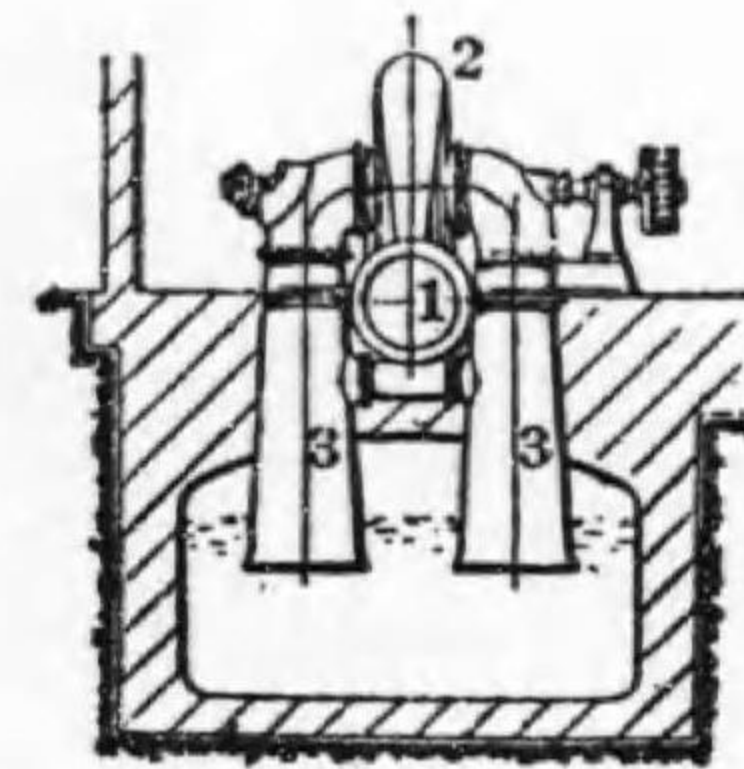
5. 双車横型開口タービン



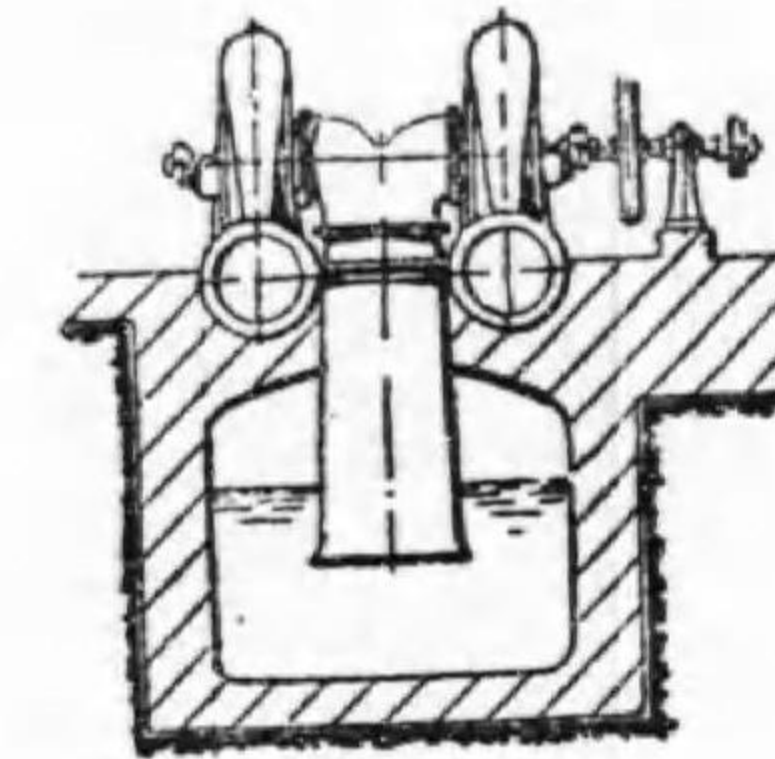
6. 単車横型前口タービン



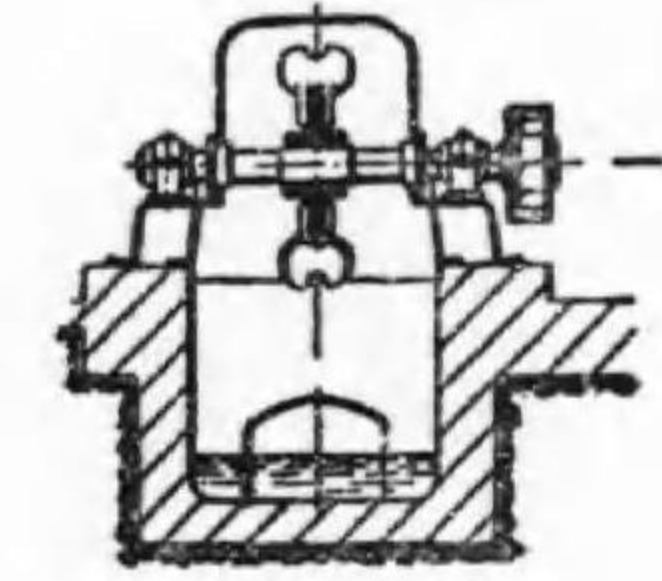
7. 単車堅型渦巻タービン



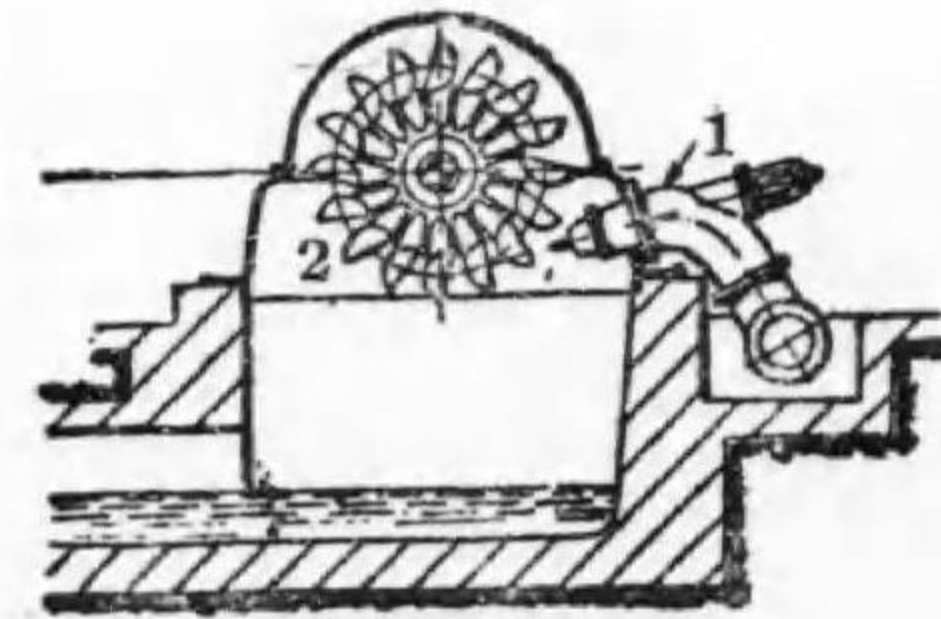
8. 複車横型渦巻タービン



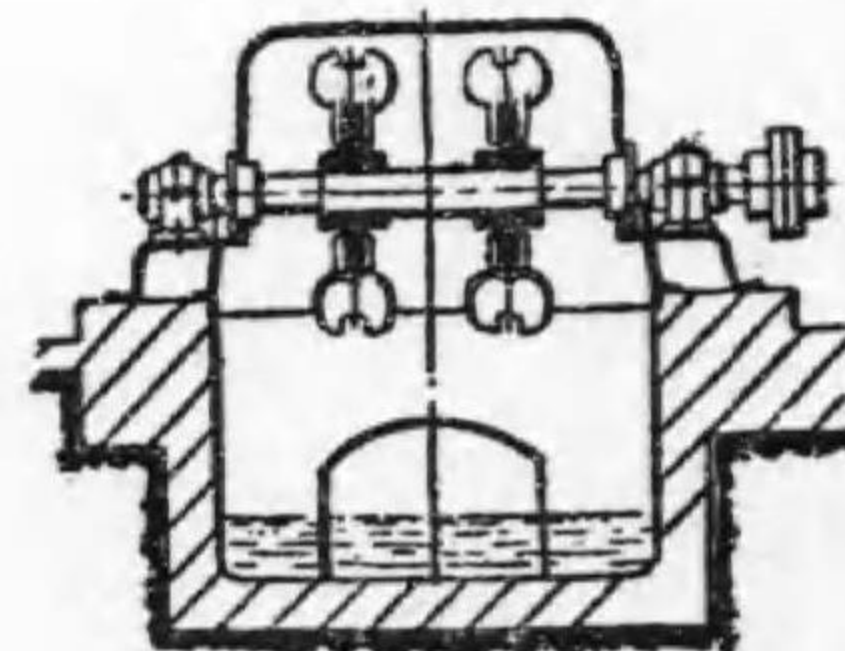
9. 双車横型渦巻タービン



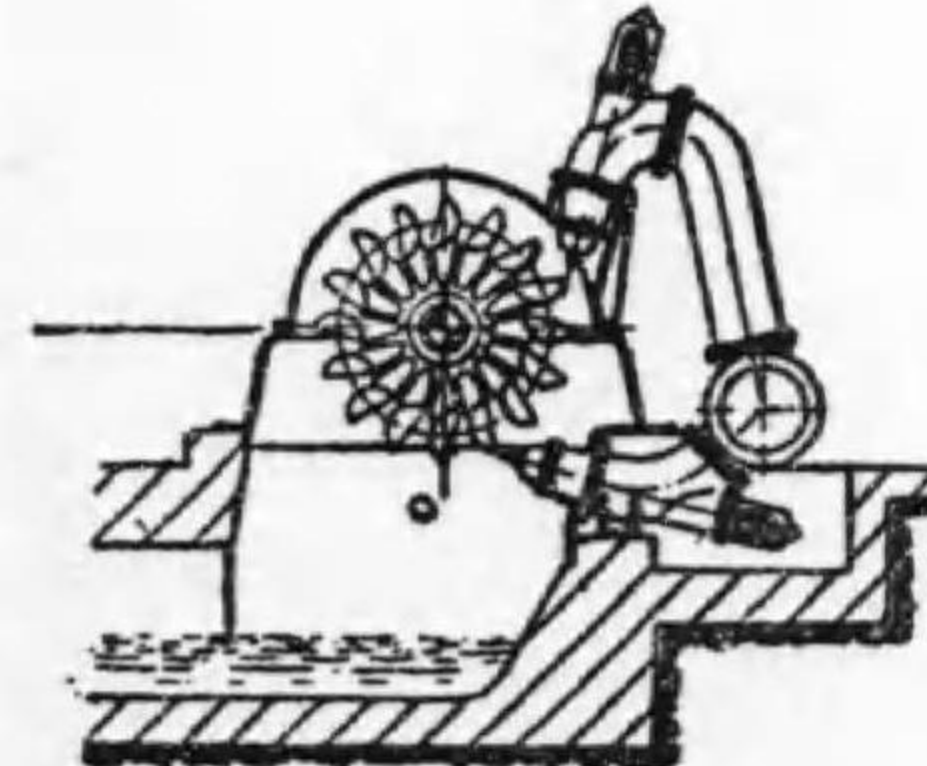
10. 単車横型ベルトン水車



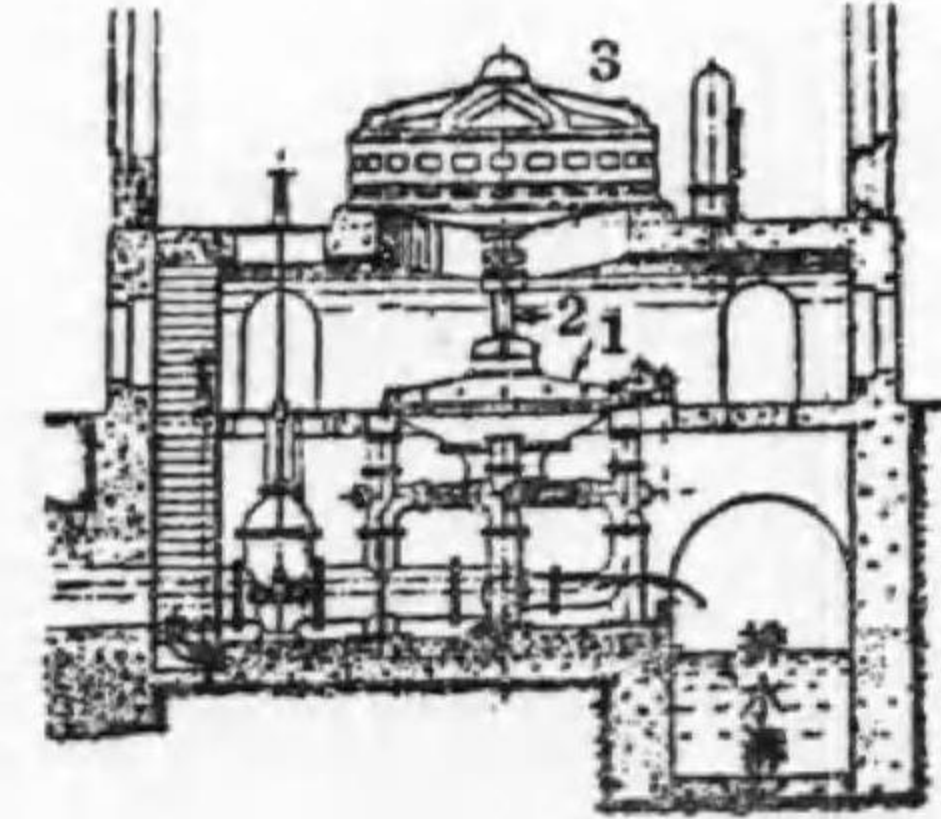
11. 横型単嘴管ベルトン水車



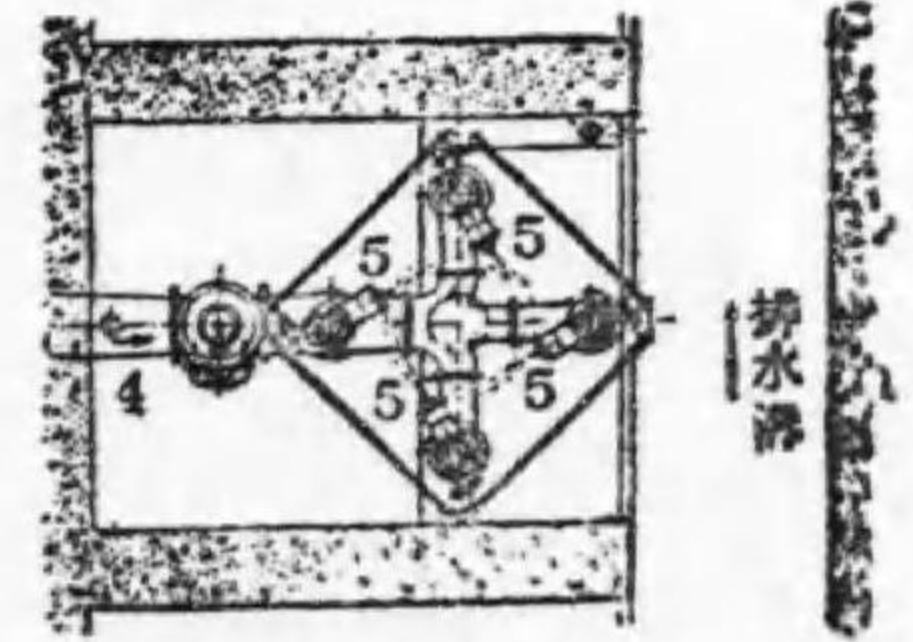
12. 複車横型ベルトン水車



13. 横型複嘴管ベルトン水車



14. 単車堅型四嘴管ベルトン水車



第53圖 水車の型式

つて使用されるものでノズルの數と羽根車の數とによつて種々の型となる。ペルトン水車の廻轉數は

$$N = \frac{70H^{\frac{3}{2}}}{C\sqrt{Q}}$$

茲に

N = 毎分の廻轉數

H = 有効落差(米)

$$C = \frac{\text{羽根車の直徑(米)}}{\text{射水の直徑(米)}}$$

Q = 一嘴管の水量(立方米/秒)

上式の様に一ノズル當りの水量が少い程廻轉數は増加するから發電機を増加さす爲にノズルの數を増す。横軸には1箇、或は2箇、縦軸には4箇迄採用する。然しノズルの數を増加したものは構造及取扱が複雑となる缺點があるから、羽根車の數を増加さす方法を用ふる場合がある。殊に水量の多い時には後者を採用する方がよい。大容量のものでは中央に發電機を挟み兩側の軸受の先に各々羽根を分けた複懸垂型が用ひられる。

### 51. 反動水車と衝動水車

	反 動 水 車	衝 動 水 車
①	壓力と速度即ち反動と衝動との兩作用を利用する。	水受到噴射衝擊する水の速度だけを利用する。
②	水車内に水が充滿し、壓力は大氣壓より高い。	水は水受到當るだけであるから充滿せず、壓力も大氣壓と同じである。

③	低中落差に適當する。従つて250米以上に應用された例は稀である。	落差を増す程衝撃を増すから高落差に適當である。現在20米以上1700米迄應用されてゐる。
④	吸出管を取付け放水面迄落差を増すことが出来る。	水車と放水面間の落差は損失であるが高落差だから其の百分比は大したところではない。
⑤	最大効率に對する圓周速度は理論上 $0.709\sqrt{2gH}$ である。	圓周速度 $v=0.5\sqrt{2gH}$ の時に最大効率である。
⑥	常規負荷では効率は良いが部分負荷では急に悪くなる。	部分負荷でも効率の低下は少ないが常規負荷の効率は反動水車より幾分悪い。
⑦	形體は小さく据付面積は狭く従つて基礎建物費が小額である。	同一容量では反動水車より形體が大で基礎建物費も大となる。
⑧	修理點檢に不便である。	修理點檢に便である。
⑨	调速機が複雑で故障が生じ易い	调速機簡單で故障が少い。
⑩	水中に土砂を含んで居れば羽根車の摩滅、効率の低下が早い。	羽根車の摩滅、効率の低下比較的少い。

### 第十四章 调速機と水壓調整機

#### 52. 速度變動率 (Speed regulation)

水車が常規速度で全負荷運轉を行つてゐて急に負荷が遮斷された時の速度上昇と常規速度との比を速度變動率と云ひ通常之を百分率を以て表はす。速度變動率には瞬時速度變動率と最終速度變動率と

の二種がある。前者は普通單に速度變動率と云はれるもので、上昇の瞬時的最大値をとつて計算したもの、後者は過渡現象が終つて一定速度に達した時の速度上昇をとつて計算したものである。負荷が急激に變化した場合の最大速度變動率は25%以内に止めるのを通例とする。

#### 53. 调速機 (Governor)

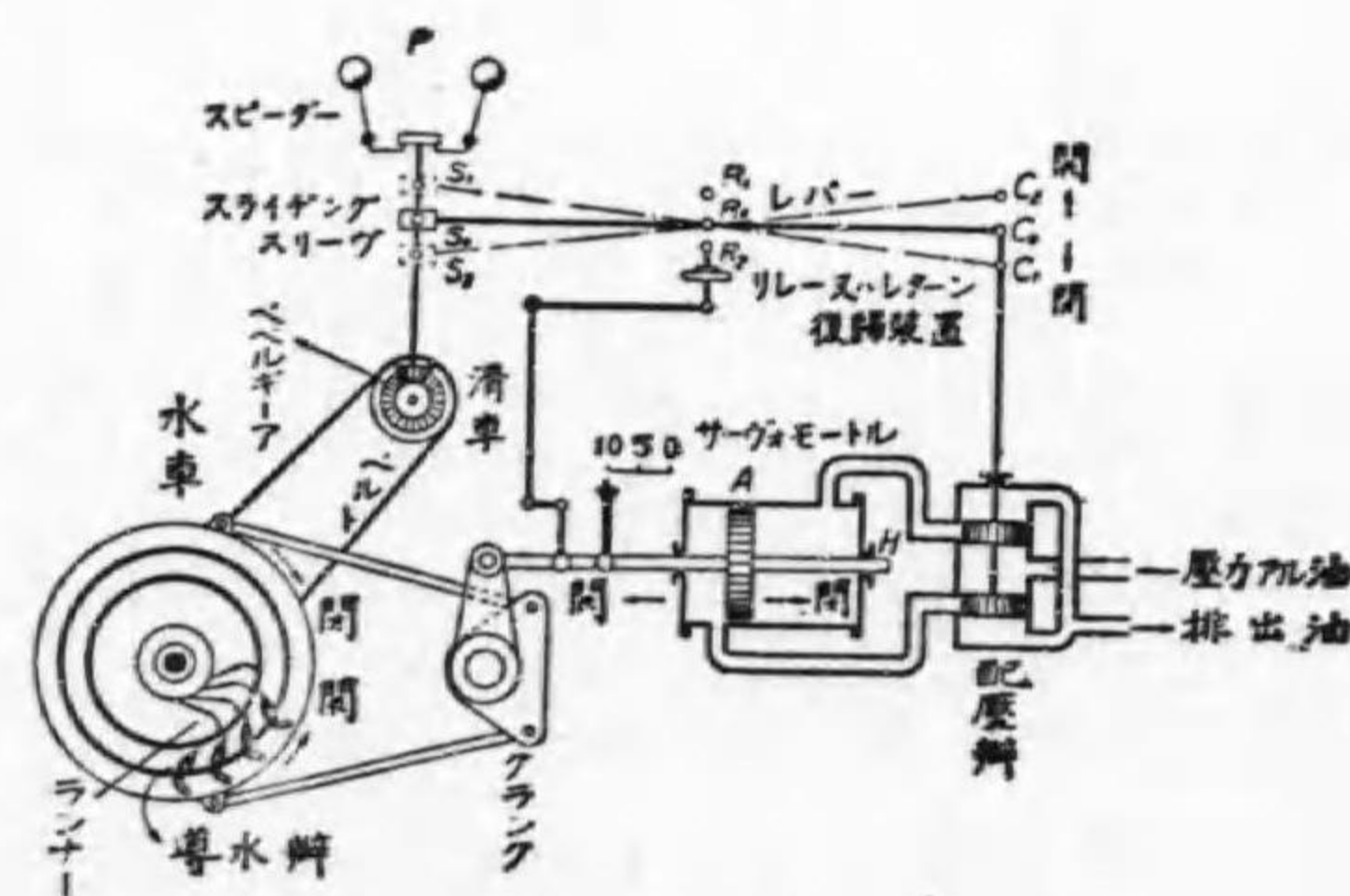
發電用の水車は負荷の大小に關係なく定格廻轉數で運轉してゐてどんな急激の負荷の變化があつても一定の廻轉數を保つ事が最も必要な條件である。之は發電機の周波數を一定に保つ爲であつて、殊に多くの發電機を並列運轉する時には此の條件が必要である。调速機は此の目的に使用せられるもので、負荷の變化に應じて水量を自動的に調整し速度を一定に保つものである。現今は油壓式のものが主として用ひられて居る。

#### 调速機の構造

は第54圖に示す様に次の主要部分から成つてゐる。

#### (1) 平速機 (Speeder)

遠心錘及摺動環を有し水車軸



第54圖 调速機の構造圖



から調速機の方法で遠心錘を廻し、遠心錘の上下動に従つて環が上下に動く。

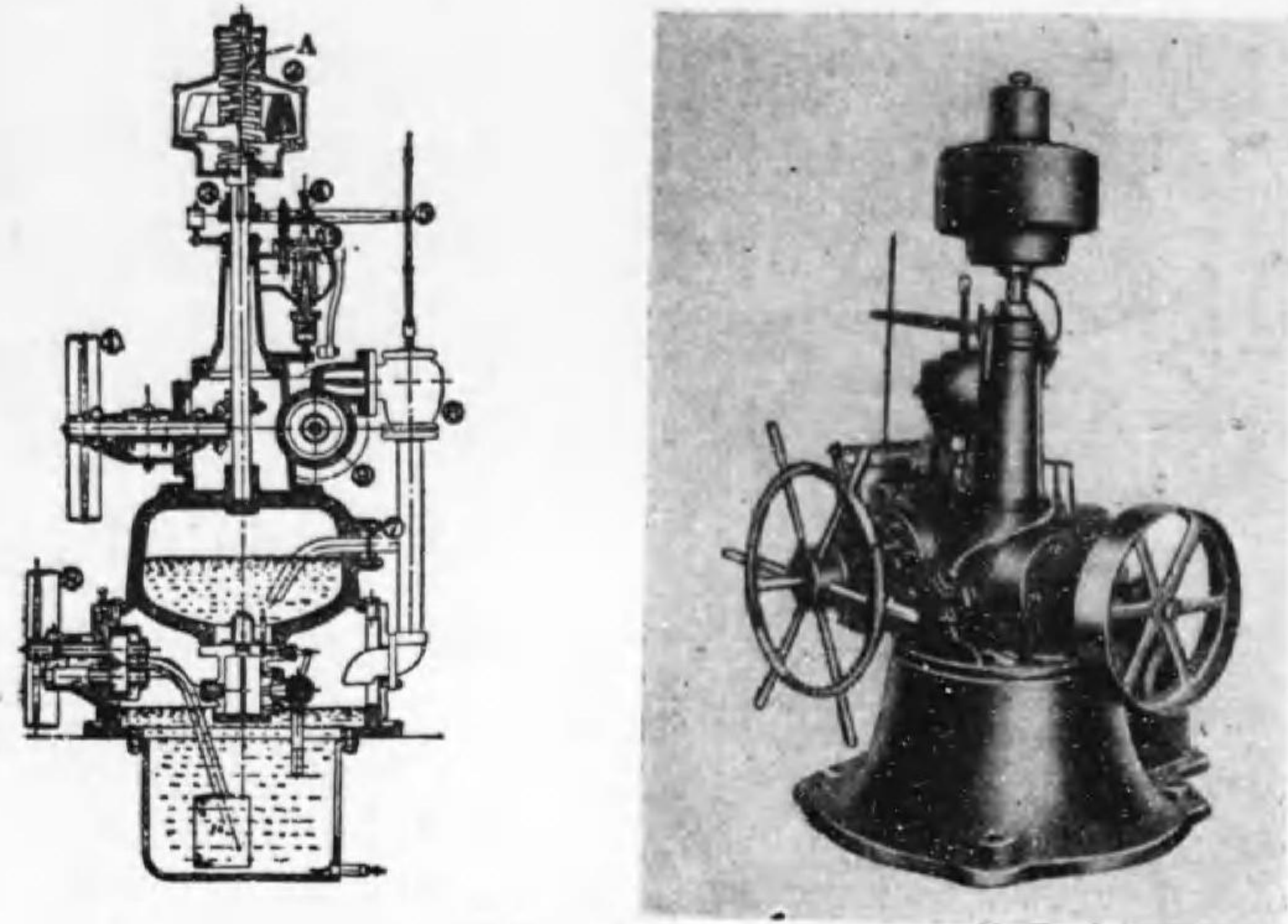
(2) 配壓弁 (Distributing valve or controlling valve) 之は1本の軸に2箇のピストンが附いてゐる弁である。此の軸は摺動環の上下動に關連して上下し壓力油のサーボモーターへの出入を司る。

(3) サーボモーター (Servo-motor or regulating cylinder) 油壓に依つて働く補助機であつて、之に依り水口開閉機構を動かす。

(4) 復原機構 (Return relay mechanism) 前の如く摺動環と配壓弁とは浮動桿により關係運動をするが、此の時配壓弁は兎角過動が起り易い傾向があるので、之を防いで常に然も速かに中正位置に復歸させる機構である。動作は極めて微妙なものであつて、構造も複雑である。

(5) 給油装置 本装置はサーボモーターに壓力油を供給する装置であつて、油壓ポンプ、空氣室、油槽より成り、油槽中の油を油壓ポンプに依つて空氣室に送り、こゝに壓力油として貯藏し、之より配壓弁を経てサーボモーターに給油し、サーボモーターよりの排出油は油槽に歸る。小型機では此の装置は普通調速機本體の一部として造られる。水車箇數の多い場合又は大型機の場合では中央給油式、即ち一組の給油装置で發電所全部の調速機に給油する方法が用ひられることが多い。

第55圖は調速機の一例で、水車の回轉は調車(1)よりスピーダー(2)に傳へられ、回轉數の變化に伴ひ、摺動環(3)を昇降させてレバー(4)及び(5)を経て(6)内の配壓弁を動かし以て壓力油の通路を

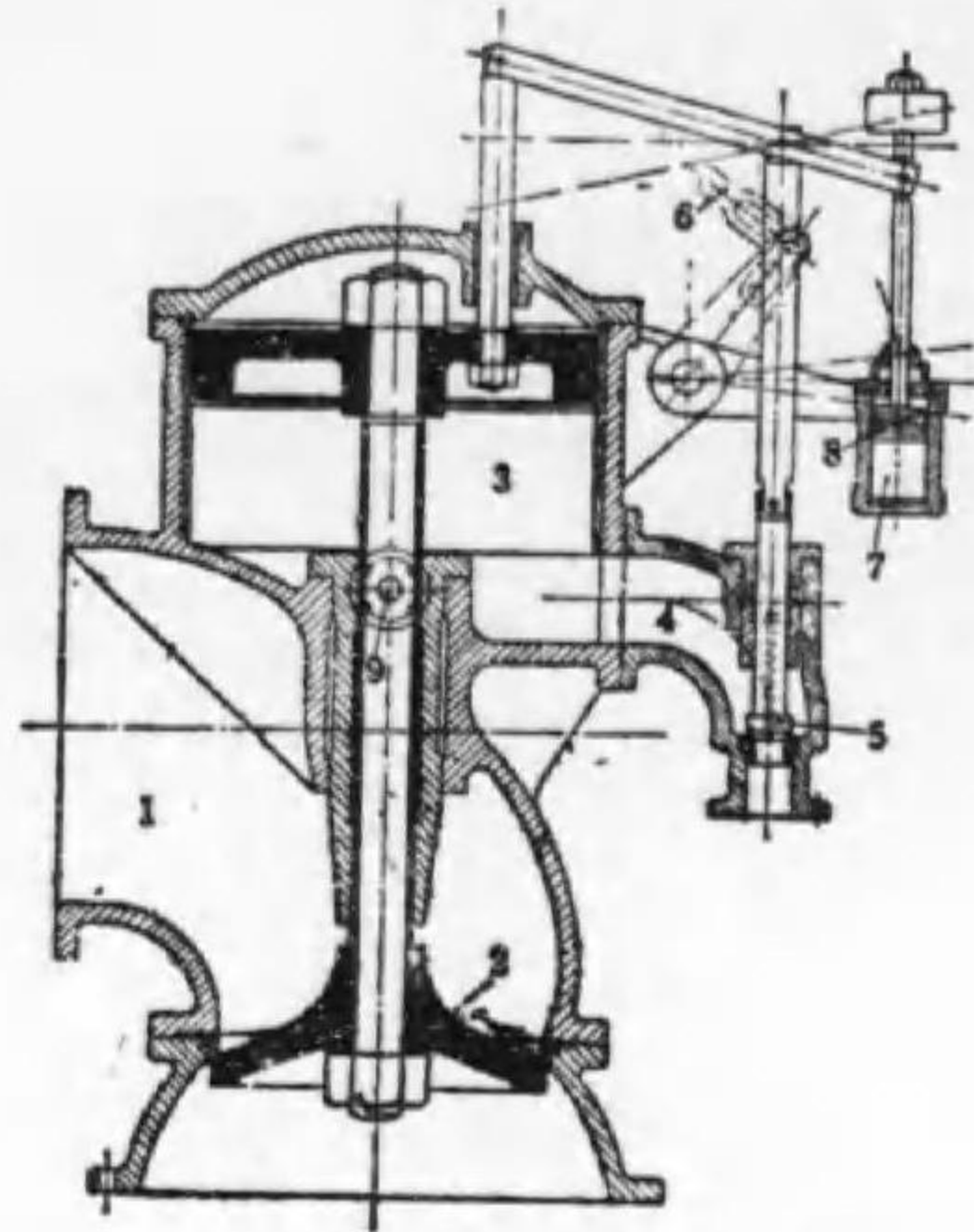


第55圖 調速機圖

加減する様になつて居る。壓力油は調車(8)に依つて運轉される油ポンプに依り供給され、配壓弁(6)を経てサーボモーター(9)内のピストンを動かし、之に強大な油壓を與へ、その強大な力によつて水口開閉機構を動かす。

#### 54. 水壓調整機 (Pressure regulator)

水車が急に無負荷になり調速機が作用して水量調整装置が短時間に閉鎖すると、水槌作用に依つて導水管内の壓力は急に上昇する。此の影響は導水管の長い程又閉鎖時間の短い程甚しくて、時には危険を伴ふ。故之が防止の爲水壓調整装置が必要である。ペルトン水車では既述の様に、そらせ板、補助ノズル、制動ノズル等を用ふ。



第56圖 水壓式水壓調整機

反動水車では調整水塔及水壓調整機を用ふ。

水壓調整機とは導水管に對する一種の側路瓣 (Bye pass valve) である。水壓式と油壓式とあるが、何れも調速機と關聯して機械的に動作する。水壓式は構造簡單であつて廉價である爲最も廣く用ひられる。

第56圖は水壓式水壓調整機の斷面を示したものである。(1) は導水管に連なる支管、(2) は主瓣で、その上部はピストンを形作り水筒 (3) 内を上下に動く、水筒 (3) は管 (4) を通じて瓣 (5) の開閉によつて外氣に通じ、或は外氣と關係を絶つ。

水車の導羽根が急に閉ぢると調速機的作用で桿 (6) を左方に引きはじき壺 (Dash pot) (7) を引上げる。その中に貯へられた油はピストン (8) の下部から上部へ移動する暇がなく、油壓でピストン (8) は押上げられ、瓣 (5) を動かして水筒 (3) 内の水を大氣中へ放出する。此の水量は管 (9) を經て支管から水筒 (3) に補給する水量よりも多いから、水筒内に水壓低下を來して主瓣 (2) に作用する水壓によつて主瓣を開く。導水管内の水の一部は之が爲流出して水壓の上昇が防がれる。

### 第三編 火力原動機及附屬品

## 第十五章 熱、燃料、蒸氣

### 55. 熱 (Heat)

熱は物體分子の運動に原因する勢力の一種であつて、この熱量の多少によつて物體に暖かさの高低が出来る。此の暖かさの度合を温度 (Temperature) と云ひ、温度を計るには寒暖計を用ふる。寒暖計には次の三種がある。

	略符號	氷 點	沸騰點
攝氏 (Celsius)	C	0°	100°
華氏 (Fahren Heit)	F	32°	212°
列氏 (Reaumur)	R	0°	80°

温度を表はすのに**絶対温度** (Absolute temperature) と云ふのがある。之は熱勢力の全くない場合を想像して、之を絶対温度の零度としたものである。完全瓦斯は理論上では此の温度に於て其の容積は零と考へられる。

今  $t$  = 任意の温度

$T$  = 絶対温度

とすると、

攝氏……………  $T = t + 273^\circ$

華氏……………  $T = t + 460^\circ$

となる。

重さ1庇の水を $1^\circ\text{C}$ だけ高めるのに必要な熱量を**1庇カロリー**(Killo gramme calorie), 或は大カロリーと云ひ、之を熱量の単位とする。又1封度の水を $1^\circ\text{F}$ 高めるのに必要な熱量を**1英熱單位**と云ひ、普通之を1 B.T.U. (British Thermal Unit)と書く。

一定重量の物體を取り其の溫度を $1^\circ\text{C}$ 高めるのに要する熱量と、同重量の水を $4^\circ\text{C}$ から $5^\circ\text{C}$ に昇すに要する熱量との比を**比熱**(Specific heat)と云ふ。氣體は固體、液體と違つて壓縮性を備へてゐるから壓力と體積との兩方面から考へて、之に**定壓比熱**(Specific heat at constant pressure)と**定容比熱**(Specific heat at constant volume)との二種類がある。

熱と仕事とは互に轉換し得られるものである。熱の仕事への換算量を熱の仕事當量(Mechanical equivalent of heat)と云ひ、仕事の仕事への換算量を仕事の仕事當量(Thermal equivalent of work)と云ふ

1庇カロリー, 1B.T.U.の仕事當量は次の様である。

1庇カロリー=427庇米=3088呎, 封度

1B.T.U. = 778呎, 封度=107.55庇米

又  $Q = \text{熱量}$

$W = \text{仕事}$

$J = \text{熱の仕事當量}$

$\frac{1}{J} = \text{仕事の仕事當量}$

とすると,

$$W = J \cdot Q \quad \text{或は} \quad Q = \frac{1}{J} W$$

## 56. 燃料 (Fuel)

燃料には固體、液體、瓦斯體の三種類がある。石炭、骸炭、木材木炭等は固體燃料で、原油、重油、コールタール、石油等は液體燃料で、天然瓦斯、石炭瓦斯、熔鑛爐瓦斯等は瓦斯體燃料である。火力發電所用として最も普通に用ひられるものは石炭殊に有煙炭(Bituminous coal)であるが近事微粉炭(Powdered coal)の使用が盛になつて、劣質のものも使用され重油も多少用ひられる。燃料1庇が十分な酸素の供給を受けて完全燃焼をする時、發生する熱量を燃料の**發熱量**(Calorific value)と云ふ。其の値は次表の様である。

燃料の種類	1庇燃焼による發熱量(庇カロリー)	燃料の種類	1庇燃焼による發熱量(庇カロリー)
木炭	7200	コークス	7500
泥炭	3600	煉炭	8300
褐炭	6000	石油	11000
有煙炭	8000	重油	10000
無煙炭	8300	ガソリン	10000

大約石炭1庇燃焼に必要な空氣量は15立方米として差支へない。

## 57. 蒸気 (Steam. or Water vapour)

水を一定の壓力のもとに於て熱すると漸次溫度が上昇するが、或る一定の溫度に達すると其れ以上熱しても溫度は上昇せず唯瓦斯

に變化するのみである。此瓦斯體を蒸気と云ひ、此時の溫度を沸騰點(Boiling point)と云ふ。種々の壓力のもとに於て出來た儘の蒸気を其の壓力に於ける飽和蒸気(Saturated steam)と云ひ、之を分けて濕潤飽和蒸気(Wet saturated steam)と乾燥飽和蒸気(Dry saturated steam)との二つとする。

容器内の水を熱して蒸気となる場合に其の壓力及溫度は上昇するが、其の値には限度がある。即ち器内に水が残存する限り其の壓力224.2疋/平方疋 溫度374°Cを限度としてこれ以上熱しても蒸気壓、溫度共に上昇しない。此の壓力及溫度を限界壓力(Critical pressure) 限界溫度(Critical temperature)と云ふ。此の限界壓力、限界溫度に達すれば水も蒸気も同一状態、同容積となつて蒸気に要する潜熱が不要となる。水を氷點から或溫度の蒸気に變へるために加へた熱量を其の溫度に於ける蒸気の全熱量と云ふ。

(附記) 潜熱とは凝固或は蒸發させるだけに費される熱、即ち寒暖計の示し得ない熱エネルギーのことである。

大氣壓下に於ける氷1疋の融解の潜熱……………80疋カロリー

" " 水1疋の蒸發の潜熱……………540疋カロリー

## 第十六章 火力設備の概要

### 58. 火力原動機

火力原動機は燃料の持つてゐる熱勢力を直接的に或は間接的に機

械的勢力に轉換させる原動機で一般に次の様に分類する。

- (1) 蒸気機關 (Steam engine)
- (2) 蒸気タービン (Steam turbine)
- (3) 内燃機關 (Internal combustion engine)
- (4) 瓦斯タービン (Gas turbine)

上記の中(1)(2)は蒸気を用ふる原動機故、蒸気を發生させる蒸気罐(Steam boiler)が必要である。(3)は燃料を直接機關内で爆發或は燃焼させる原動機で、此の場合蒸気罐の様なものはいらない。之に次の種類がある。

- (a) 瓦斯機關 (Gas engine)
- (b) ガソリン機關 (Gasoline engine)
- (c) 石油機關 (Petroleum engine)
- (d) ディーゼル機關 (Diesel engine)

(4)の瓦斯タービンは蒸気タービンの蒸気の代りに瓦斯を用ひたものであるが、未だ實用の域に達しない。

### 59. 火力發電所

火力發電所は火力原動機を以て發電機を運轉し電氣を起す所を云ひ、之を汽力發電所(Steam power plant)と瓦斯力發電所(Gas power plant)とに大別する。汽力發電所は蒸気機關又は蒸気タービンを原動機とするものであるが、現今では凡て蒸気タービンを用ふ。瓦斯力發電所は瓦斯機關其の他重油機關等一般に内燃機を原動機とする發電所である。現今の大きな規模の火力發電所は凡て蒸気ター

ピンを用ふる汽力発電所である。故に普通火力発電所と云へば汽力発電所と考へて差支ない。

我國に於て汽力発電所は1箇の獨立の發電所である以外に更に次の様な理由によつて設置される。

- (1) 水力発電所の豫備として。
- (2) 濁水時補充用として。
- (3) 水力発電所建設迄の中繼として。

次に汽力発電所設置場所選定について重要な條件は、

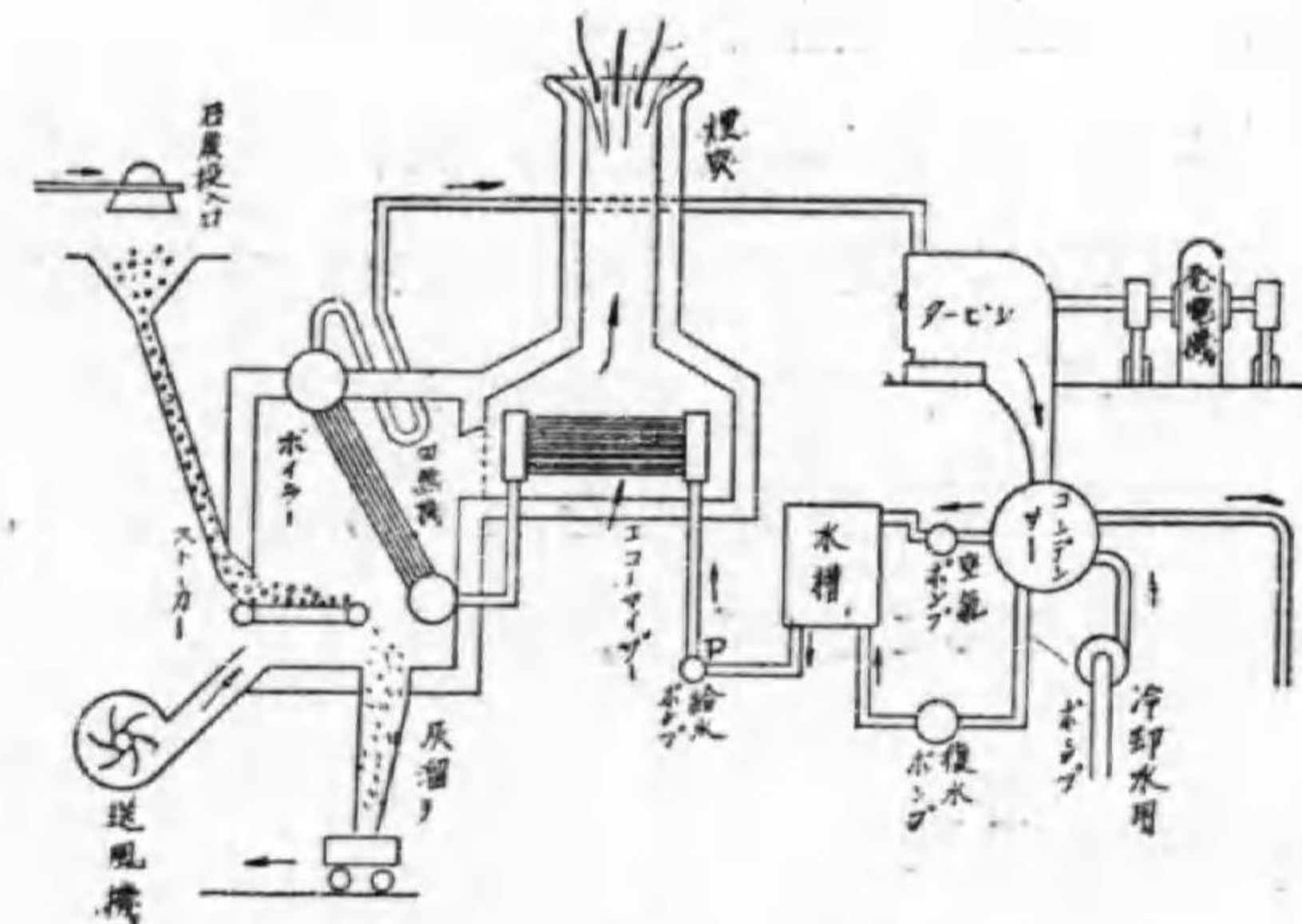
- (1) 石炭の運搬に便利なこと。
- (2) 給水が善良で其の上十分あること。
- (3) 復水器循環水の豊富なこと。
- (4) 残灰の放棄場所が十分にあること。
- (5) 電力需要地に近いこと。
- (6) 水火災の虞が少ないこと
- (7) 地價の低廉、地盤の堅固なこと。
- (8) 將來擴張し易いこと。 等である。

### 60. 火力設備の一般配置

火力設備の一般を示すと

- (1) 蒸汽罐室 {
  - 給水装置
  - 石炭運送装置
  - 蒸汽罐
  - 通風装置
  - 残灰處理装置

- (2) 發電室 {
  - 蒸汽タービン(内燃機)装置(附屬復水装置)
  - 發電機
  - 配電盤室
- (3) 變壓器室
- (4) 石炭(燃料) 貯藏所
- (5) 補助建物 {
  - 修理所
  - 倉庫
  - 社員住宅



第57圖 汽力発電所装置關係圖

## 第十七章 蒸汽罐

### 61. 一般的構造

燃料燃焼による熱によつて水を其の中で蒸汽に變へる器を蒸汽罐

と云ふ。鋼板を曲げ之を銲綴して一つの圓筒を作り其の兩端に鏡板を取付けて1箇の蓋のある圓筒を作る。之を**罐胴** (Boiler shell) と云ふ。此の罐胴を横置して其の内部に適當な高さ迄水を入れる。その所を**水場所** (Water space) と云ひ上部の蒸汽に充される部分を**蒸汽場所** (Steam space) と名付ける。罐胴の外部或は内部に**燃燒室** (Combustion chamber) 或は**火爐** (Furnace) を作る。火爐には**火床** (Fire grate) があり、その上で石炭を燃燒させる。又火床の下に落下した灰燼を取出す道を**灰道** (Ash pit) と云ふ。次に熱瓦斯に接觸してゐる罐壁等を**加熱面(傳熱面)** (Heating surface) と云ひ、熱瓦斯は此の加熱面に沿つて進行し、其の保有する熱を罐内の水に供給し**煙筒** (Flue) を經て遂に**煙突** (Chimney) に逃れ去る。煙道には通風を加減する爲に**ダンパー** (風戸) (Damper) がある。ダンパーと煙突間には煙突に逃れ出る廢瓦斯の餘熱を利用するために、**節炭器** (Economiser) 等を設けることがある。

## 62. 蒸汽罐の種類

此の分類法には色々ある。

### (I) 形狀に依る分類

#### (1) 圓筒罐 (Shell boiler)

例 コーニッシュ罐, ランカッシャー罐, 煙管罐

#### (2) 寄合ひ罐又は**分割罐** (Sectional boiler)

例 水管罐

### (II) 焚火法に依る分類

#### (1) 外火罐 (External fired boiler)

例 水管罐

#### (2) 内火罐 (Internal fired boiler)

例 コーニッシュ罐, ランカッシャー罐

### (III) 据付状態に依る分類

#### (1) 横罐 (Horizontal boiler)

#### (2) 堅罐 (Vertical boiler)

### (IV) 使用の場所に依る分類

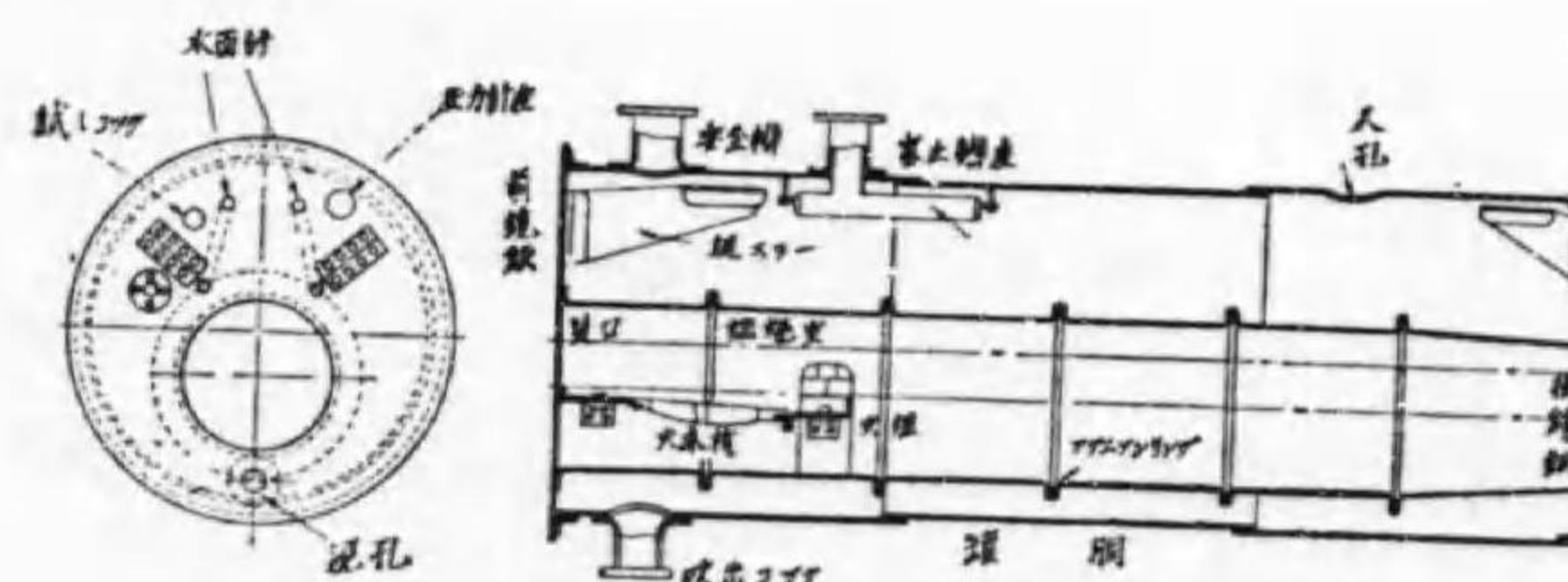
#### (1) 陸用罐 (Land boiler)

#### (2) 船用罐 (Marine boiler)

#### (3) 機關車罐 (Locomotive boiler)

## 63. コーニッシュ罐 (Cornish boiler)

此の罐は工場用として最も古くから用ひられたものである。其の長短所は次の様である。



第58圖 コーニッシュ罐圖

長所

#### (1) 構造簡單

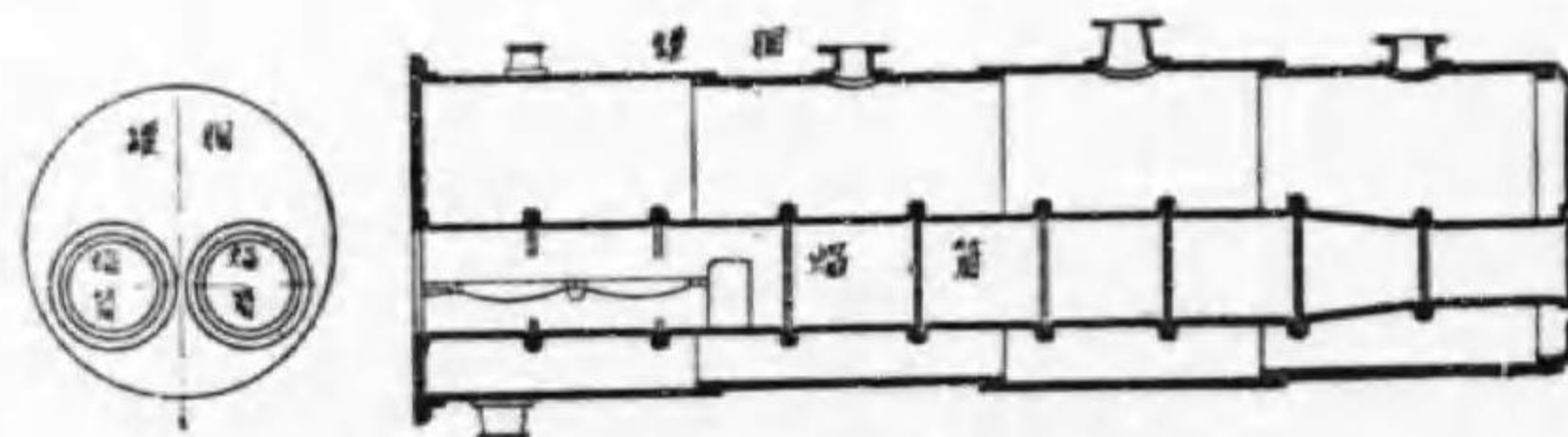
- (2) 検査掃除が容易
- (3) 寿命が長い。
- (4) 修理を要することが少ない。

## 短所

- (1) 水の循環が悪い。
- (2) 傳熱面(加熱面)が狭い。
- (3) 小容量のものに適し、大型のものに適さない。

## 64. ランカッシャー罐(Lancashire boiler)

コーニッシュ罐の烟筒を2本にしたもので、随つて前者より大型のものである。兩者共傳熱面を増し、水の循環をよくするために殆ど「ガロウエー管」(Galloway tube)と云ふものを備える。此の罐はコーニッシュ罐の持つ長短所の外に次の様な長所がある。



第59圖 ランカシヤ罐圖

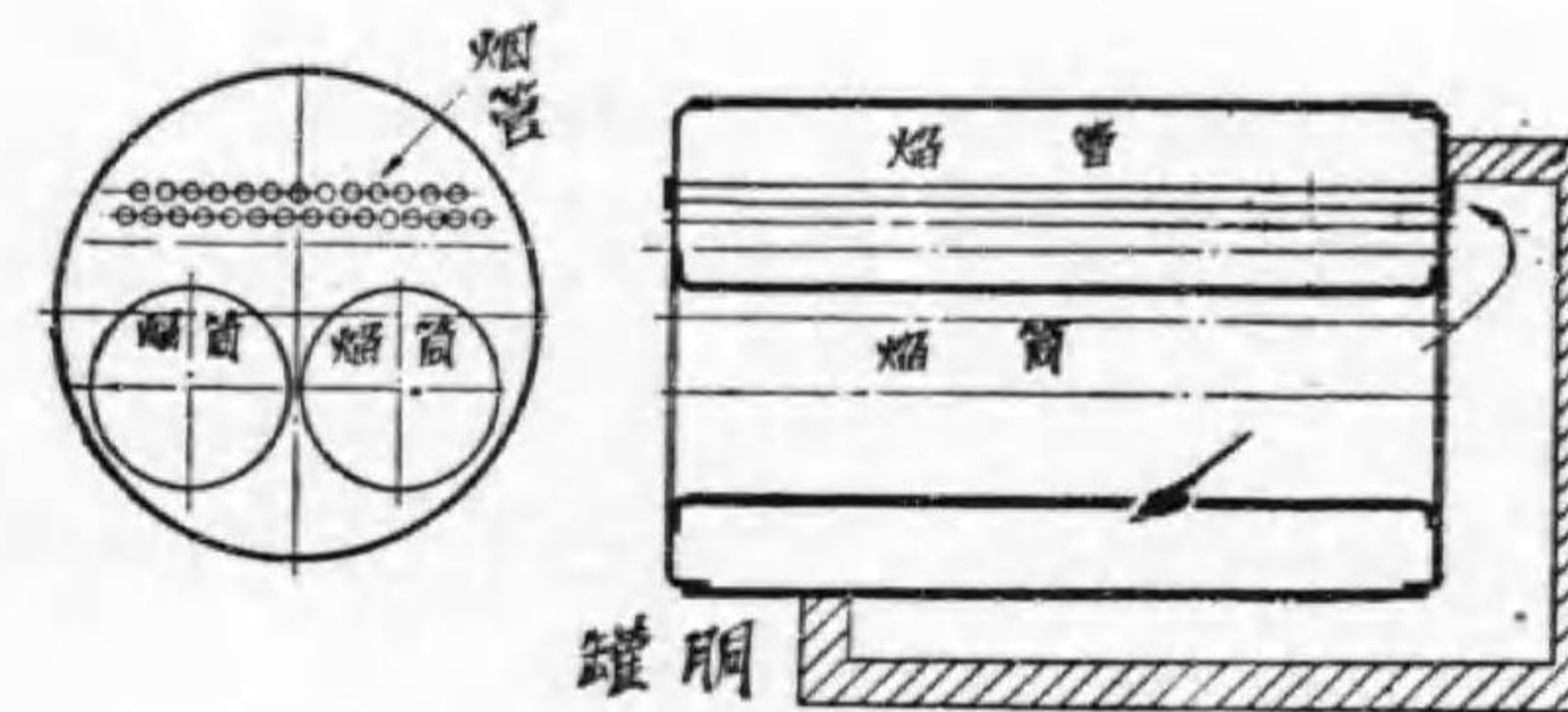
- (1) 烟筒2本の爲コーニッシュ罐よりも傳熱面積大で従つて蒸發量も大である。
- (2) 左右の烟筒に交互に石炭を投入するから蒸氣發生量の變化が少ない。
- (3) 一方の烟筒で不完全燃焼をしても他方が完全燃焼すれば兩

氣合した時再燃焼して完全燃焼が行はれる。

- (4) 水の循環も烟筒2本のため前者に比べて良好である。

## 65. 煙管罐(Tubular boiler or Smoke tube boiler)

此の罐は前二者と同様圓胴管の一種であるが、罐胴の内部に煙管と云ふ小徑の管を多數挿入し、此の中に烟氣を通じ傳熱面積を増大したものである。之に内火式と外火式との二種がある。第60圖は内火式を示すものである。



第60圖 内火式煙管罐圖

## 66. 水管罐(Water tube boiler)

水管罐は水を保有する水胴と水及蒸氣を保有する汽水胴とを多くの小徑水管で連結し、主として水管を外部から熱して蒸氣を發生させる罐である。現今の大發電所、大工場、軍艦等多量のしかも高壓の蒸氣を必要とする場合には殆ど例外なく水管罐が用ひられてゐる。斯様に此の罐が用ひられる主な理由を挙げると、

- (1) 蒸氣の發生が速かで、しかも蒸發量が大きい。之は保有水量

が少なく水の循環が良く更に傳熱面積が大きいためである。

- (2) 高壓の蒸気を発生するのに適す。之は水胴、汽水胴及水管が小徑なため、耐壓力が大きいためである。
- (3) 小部分に分解し得るから製作、運搬、据付、修繕等が便利である。
- (4) 自動給炭機、自動除灰装置、節炭機、過熱器等の附屬装置の取付が容易である。
- (5) 汽罐の効率が非常によい。

缺點としては、

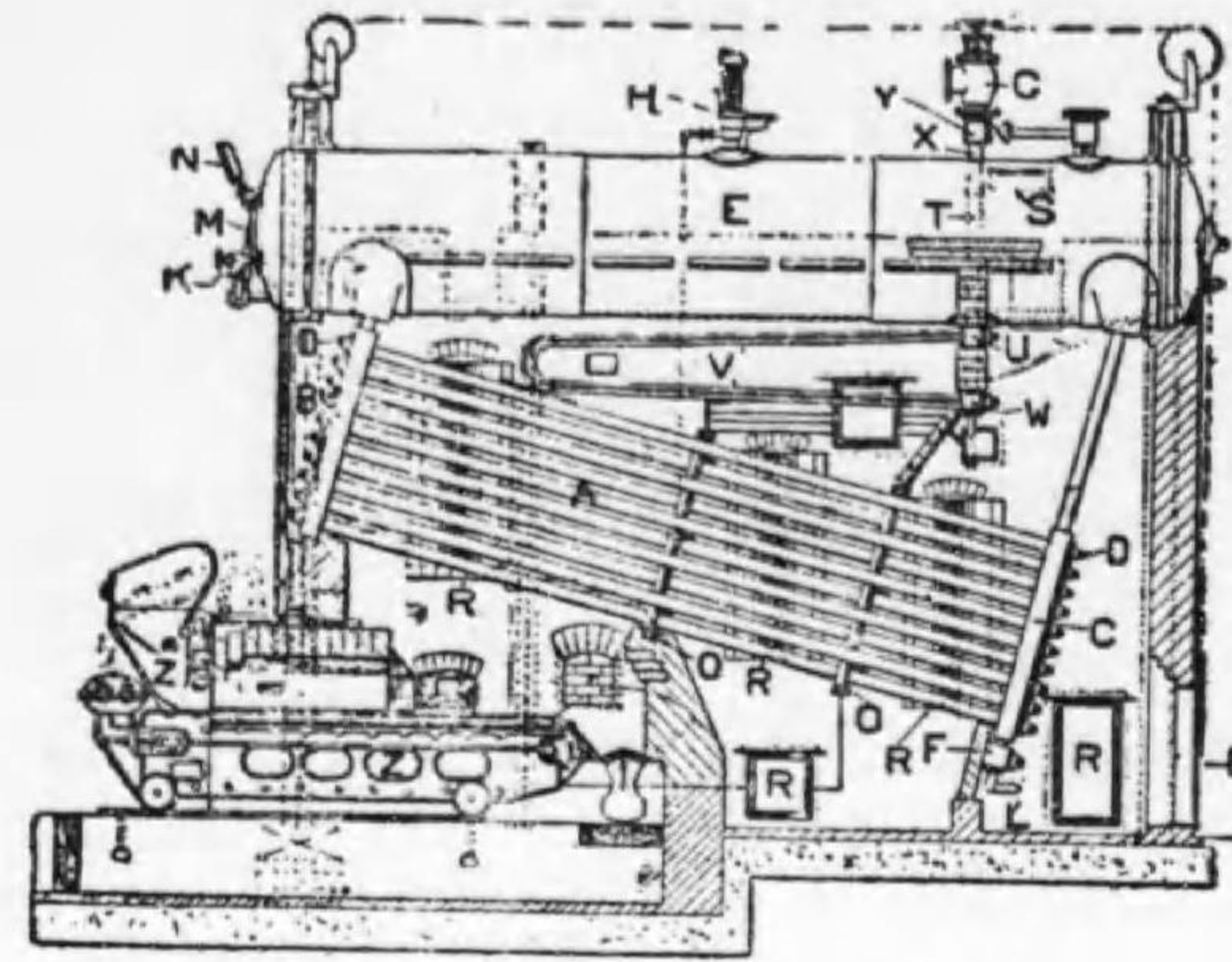
- (1) 保水量が少ないから給水に注意を要する。
- (2) 水管に湯垢が附着して過熱しない様にきれいな水が必要である。
- (3) 構造複雑なため破損の度が多く、従つて修繕の度數が多くなる。

次に水管罐の種類は大變多いが現今我國に於て使用される主なものは、バブコック・エンド・ウイルコックス罐、ガルベ罐、タクマ罐、ヤーロー罐等である。

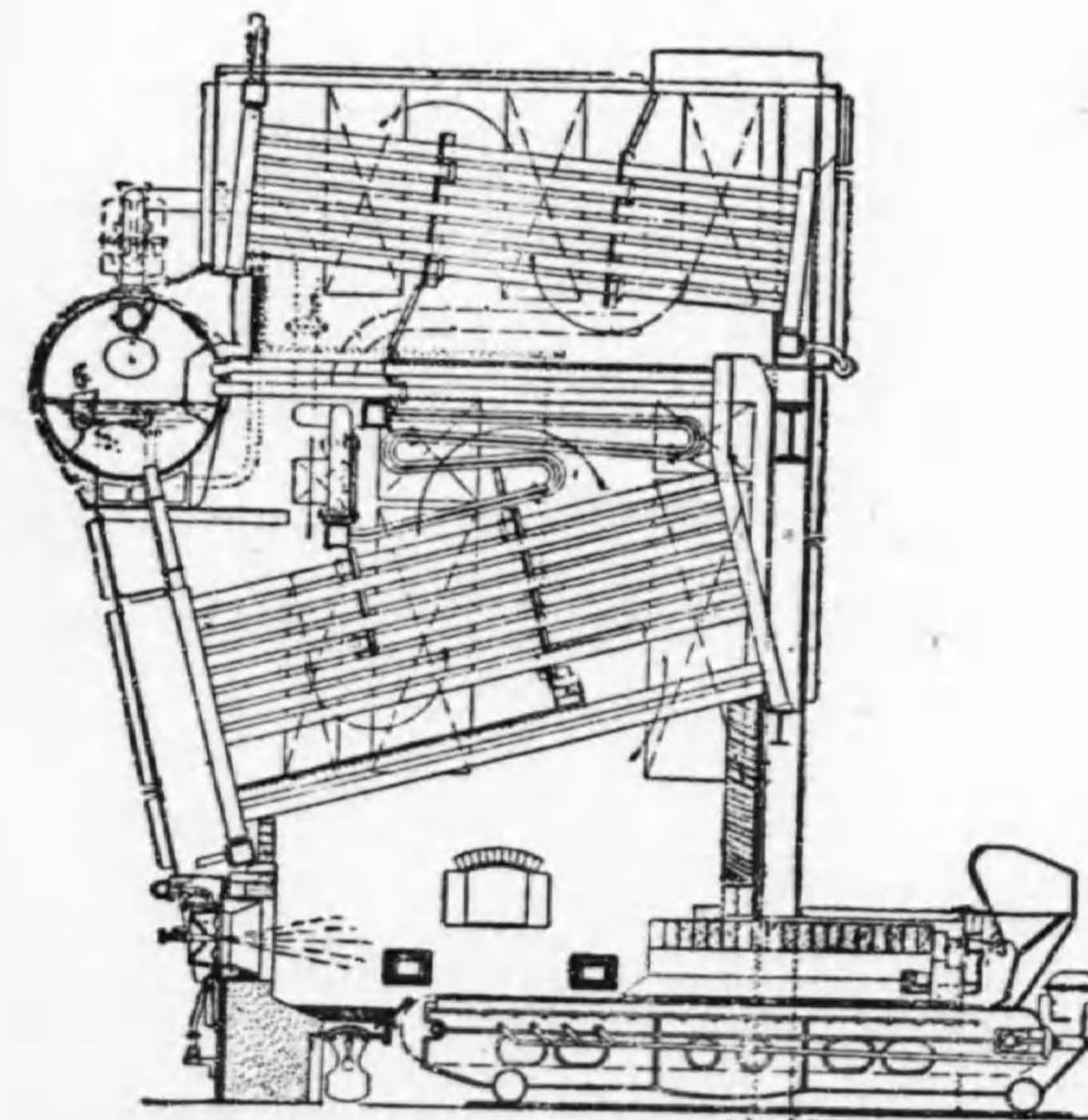
### 67. バブコック・エンド・ウイルコックス罐

(Babcock & Wilcox boiler)

此の罐は現今水管罐中最も多く使用されてゐるもので、我國に於ても水管罐の約90%以上この罐であるとされてゐる。これにも種々の型式があるが現今廣く使用されるのはW.I.F.型とC.T.M.型とであ



第61圖 バブコック・エンド・ウイルコックス  
W. I. F. 型水罐圖



第62圖 バブコック・エンド・ウイルコックス  
C. T. M. 型水罐圖

る。C.T.M.型は極めて大型のもので、大容量の蒸気を必要とする發電所、大工場用として適してゐる。第61圖はW.I.F.型、第62圖はC.T.M.型を示す。第61圖に於て  
E……汽水胴  
A……水管  
M……水準計  
H……安全弁  
B.C.……頭 匣  
K……給水弁  
N……壓力計  
F……泥 筒  
Z……給炭機  
V……過熱器



O……水管列の劃壁 G……主塞止瓣

R……検査口並に掃除口

W. I. F. 型罐の大きさは、傳熱面積(11~863)平方米、胴長(3.175~7.67)米、基準蒸發量(300~23150)底/時、水管數{(3×4)~(30×14)}本、水管長(1.83~5.49)米、胴徑(76~137)種、火格子面積(0.48~18.3)平方米

C. T. M. 型罐の大きさは別に標準寸法はなく、注文に応じて適當に作る様である。

此の型式の罐の長所は

- (1) 眞直な水管を用ふる故、製作、修繕、掃除、検査等容易である。
- (2) 胴がビームに支へられる故、膨脹に對して安全である。
- (3) 燃燒瓦斯は水管に直角に當り、更に水と烟氣とは反流する故傳熱良好である。

短所

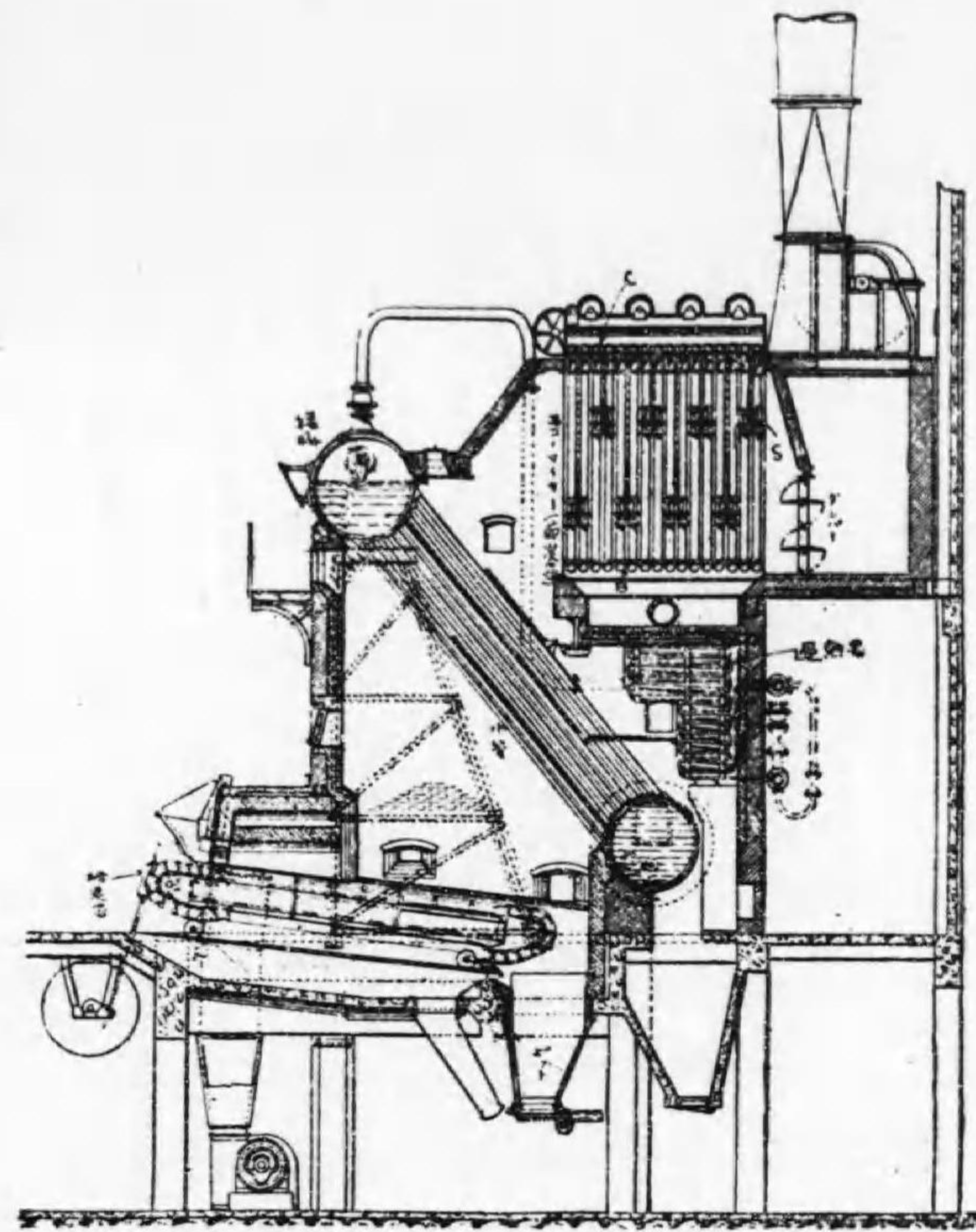
- (1) 頭匣なきものに比して、構造複雑である。
- (2) 蒸發盛となれば、前部頭匣に蒸汽が溜り、水の循環が害され汽水の分離を困難にする。

#### 68. ガルベ罐 (Garbe boiler)

此の罐はバブロック罐に次いで發電所用として廣く使用される。

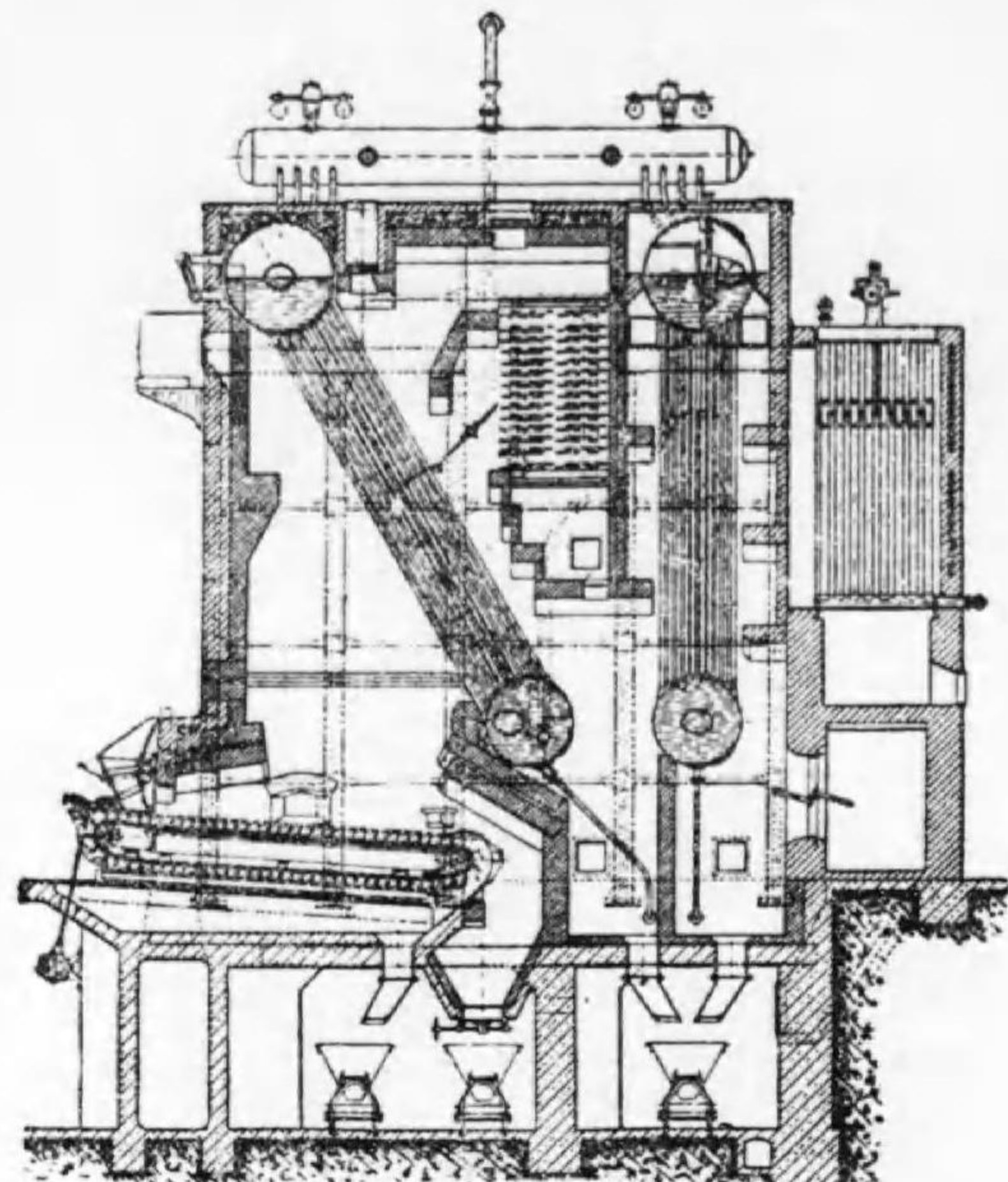
第63圖及第64圖の様に汽水胴と、水胴とを眞直な水管で連結し、別に降水管が煉瓦積の外側を通つて上下兩胴を連結する故、水の循環

は良好である。



第63圖 單一バンク型ガルベ罐圖

第63圖は單一バンク型、第64圖は複バンク型である。複バンク型では給水は節炭機から送られて後部の上の圓胴に入り、分配器によつて擴げられて後部の後半列の水管を降下して、下の水胴に入る。次に前半列の水管を上昇して上の汽水胴に歸り、更に煉瓦積の外側から降水管を通り前部の水胴に入り、次に水管を上昇して前部汽水



第64圖 復バンク型ガルベ罐圖

胴に達する。

ガルベ罐の長所

- (1) 真直な水管故、取付取換、掃除検査等容易である。
- (2) 降水管を有する故、水の循環が良好である。

短所

- (1) 水管を嵌め込んだ汽水胴の部に、直接火烟が當る故に傷み易い。
- (2) 火烟が水管に平行するから傳熱が悪い。

我國に廣く使用されるガルベ罐は、ズルツエル、ガルベ罐(Sulzer

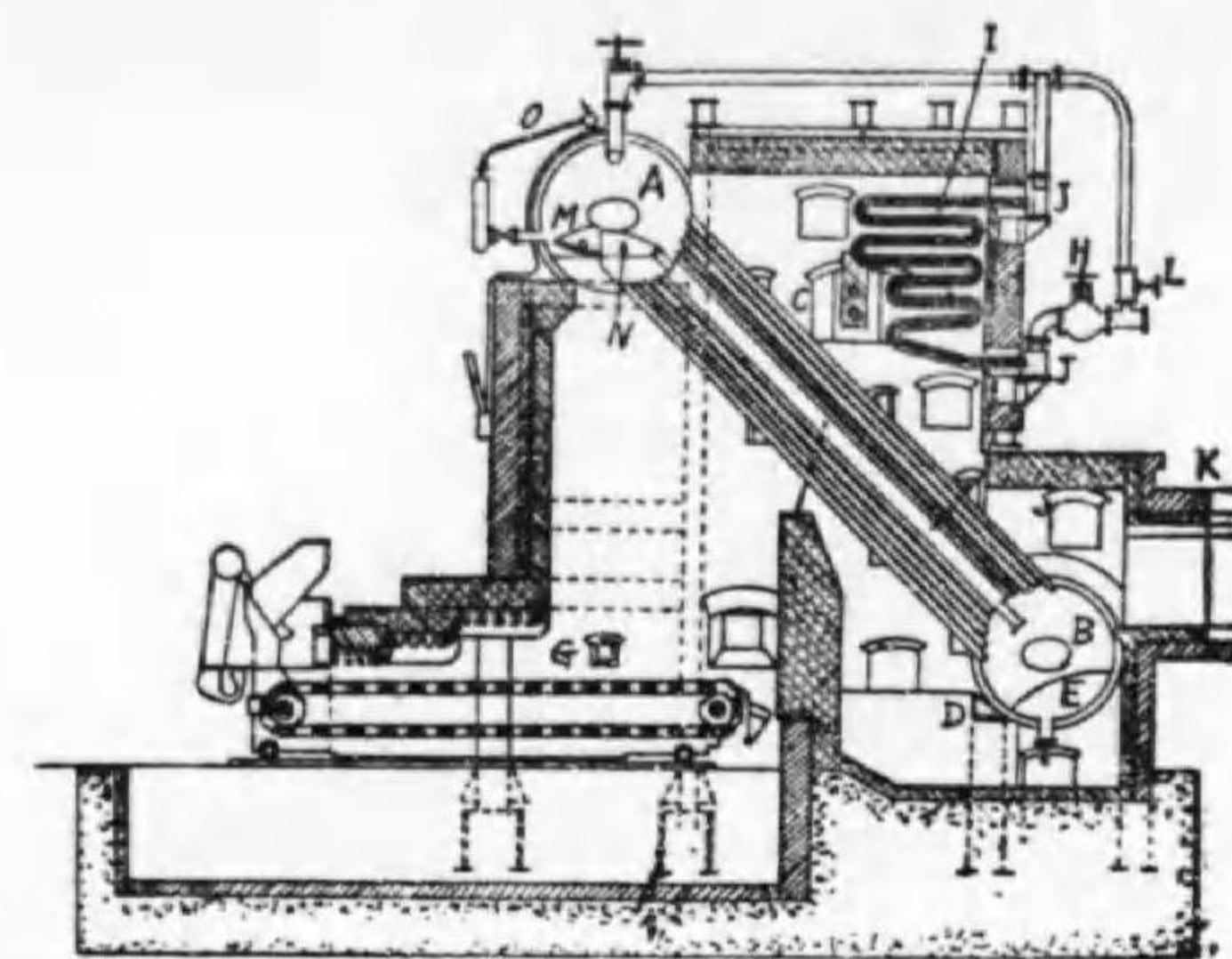
garbe boiler), 三菱ガルベ罐 (Mitsubishi garbe boiler) である。

69. タクマ罐 (Takuma boiler)

本罐は田熊常吉氏の發明に係るもので、純國産である。

水管罐の王者バ  
ブツク罐を凌駕  
する優秀さを持つ  
とさへ云はれるも  
のである。

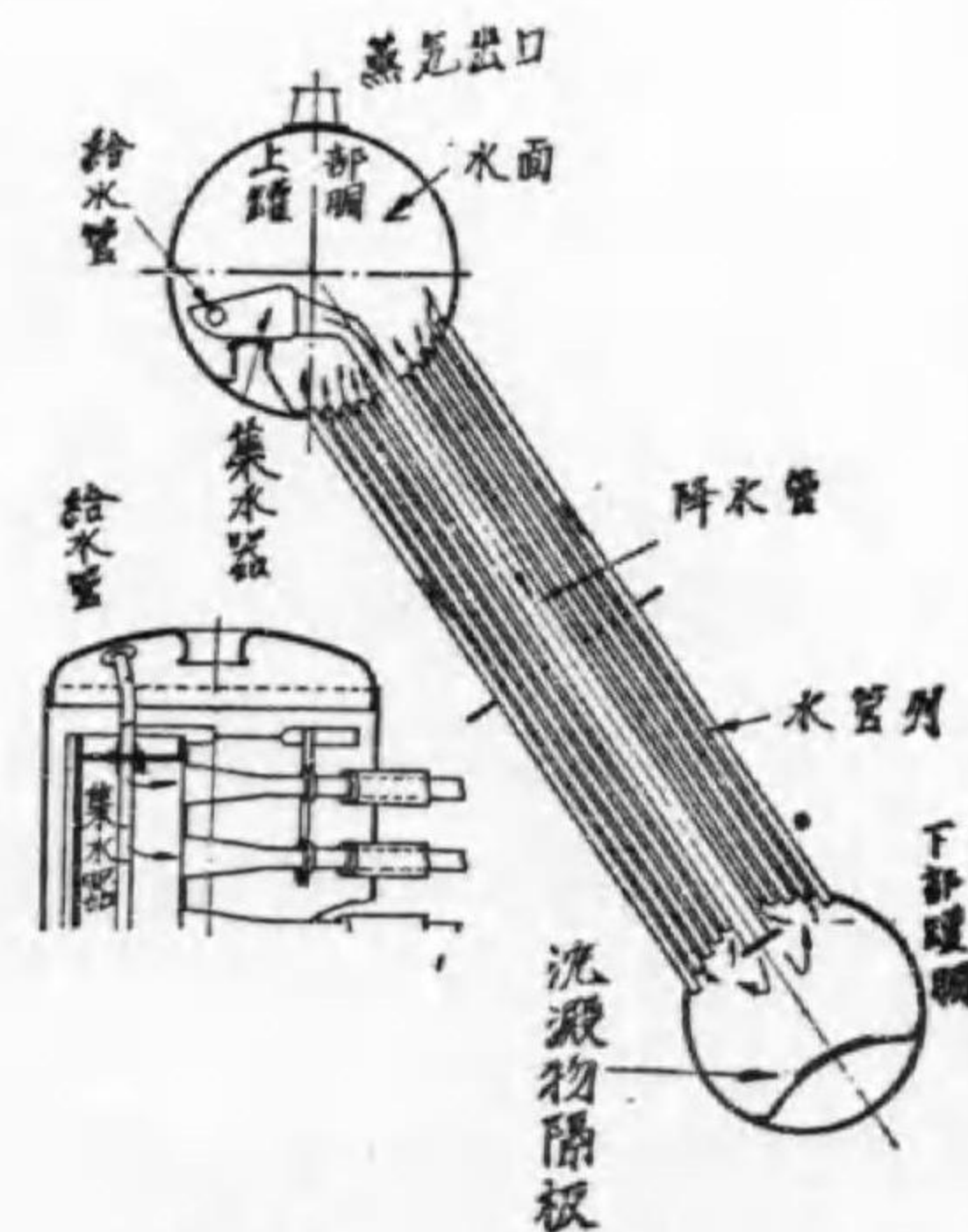
第65圖は此の斷  
面圖、第66圖は罐  
水の循環状態を示  
すものである。



第65圖 タクマ罐圖

第65圖に於て

- (A) 上部圓胴(汽水胴)
- (B) 下部圓胴(水胴)
- (C) 水管列
- (D) 滑り臺
- (E) 沈澱物隔板
- (F) 焰堰(水管列の中途に點線の如く見える部分)
- (G) 給炭機
- (H) 主蒸汽止瓣
- (I) 過熱器



第66圖 タクマ罐要部の圖

- (J) 過熱器ヘッダー      (K) 煙道ダンパー  
 (L) 過熱度加減弁      (M) 集水器  
 (N) 降水管の入口      (O) 通管孔

此の罐の長所

- (1) 上下兩胴は略真直な水管で連結され、随つて管寄せを持つものより比較的構造が簡單である。
- (2) 汽水胴は支柱に支へられ、水胴は滑り臺上にあるから熱に對する膨脹は自由である。
- (3) 火焰は水管列中を數回上下兩側より通過する故、膨脹が均衡で水管嵌込部に無理がない。
- (4) 降水管を有するために水の循環が極めて良好である。
- (5) 火格子面積が大で、又火格子面と水管との距離も大である爲めに火焰が水管列に達する迄に完全燃焼し、その上高熱焰は水管上部に直角に觸れながら順次下部に達する。従つて熱傳導が極めて良好である。
- (6) 給水中の不純物は降水管下降中に沈澱性を得、管水が水管上昇の時方向變換の際、水胴中に殘棄される故、水管は比較的清淨で過熱の虞が少ない。
- (7) 上述の様に各般合理的な爲、單位傳熱面積當りの蒸發量も多く、効率も亦良好で負荷の變動による効率の變化も少ない。

短所

- (1) 保水量が少ないため給水に注意を要す。
- (2) 二重水管(中央列)の掃除、修繕、取外し等が不便である。

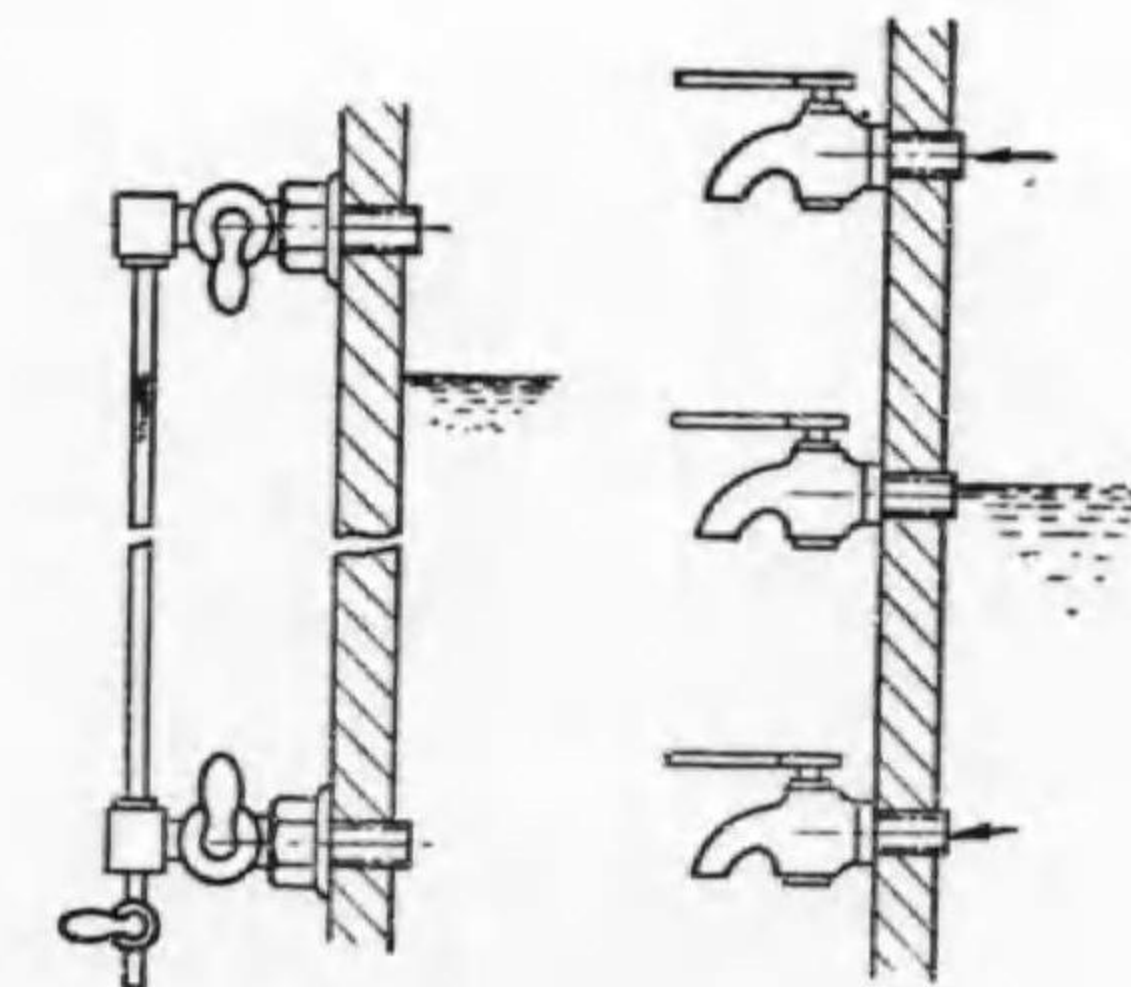
以上本章に於て述べた汽罐以外に次の様なものがある。

ハイネ罐(Heine boiler)、ヤーロー罐(Yarrow boiler)、ニクロス罐(Niclause boiler)、スターリング罐(Sterling boiler)、ソルニークロフト罐(Thornycroft boiler)、宮原罐(Miyahara boiler)、ベルヴィル罐(Belleville boiler)、堅罐(Vertical boiler)、汽車罐(Locomotive boiler)等。

## 第十八章 汽罐の取付物

### 70. 水面計及驗しコック(Water gauge and Test cock)

此の兩器は共に罐水の水位を見るものであるが、驗しコックは水面計の補助的器具である。第67圖に於て左は水面計、右は驗しコックである。



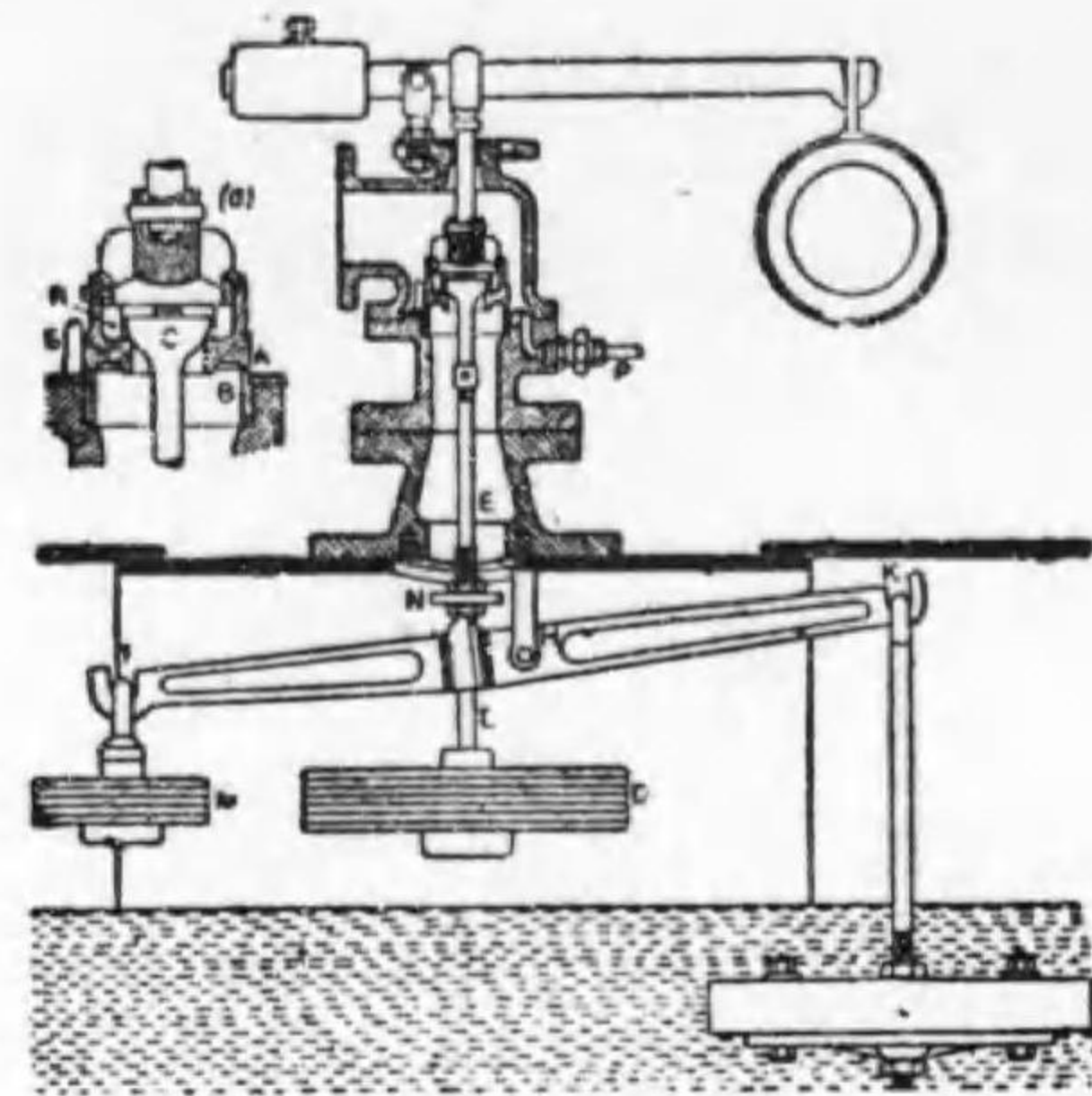
第67圖 水面計及驗しコック圖

### 71. 低水報知器 (Low water alarm)

本器は罐の水面が下降した時蒸気を噴出して之を報知するもので、一般は安全弁と組合したものが多。

低水報知と蒸汽の高壓報知とを區別するために、大小二瓣を一安全弁に備へてゐる。第68圖に於て

- A……瓣
- C……半球瓣
- E……心棒
- D……垂錘
- F.K……槓桿
- H……F.K.の支點
- L……Kに釣られた陶器浮子
- M……Fに釣られた釣合重錘



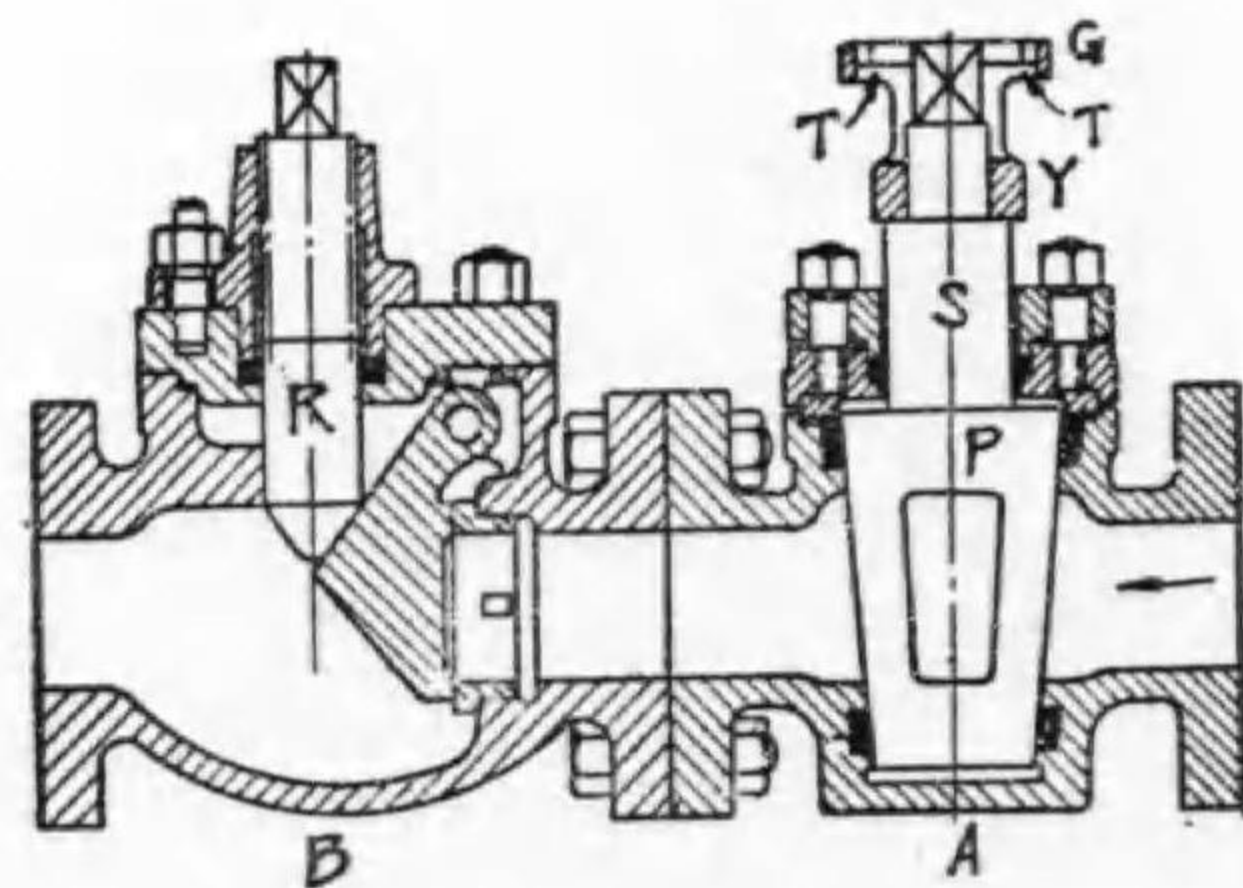
第 6 8 圖

水面低下の際はKは下げられ、Nを突き上げCは案内子Rに沿ふて上り、蒸汽は吐出されて音を發し警告する。

72. 吐出コック

(Blow off cock)

本器は罐水の吐出或は罐の底の汚物を吐出させるもので、第69圖のAは吐出コック、Bは塞止瓣で之を組合せたもので

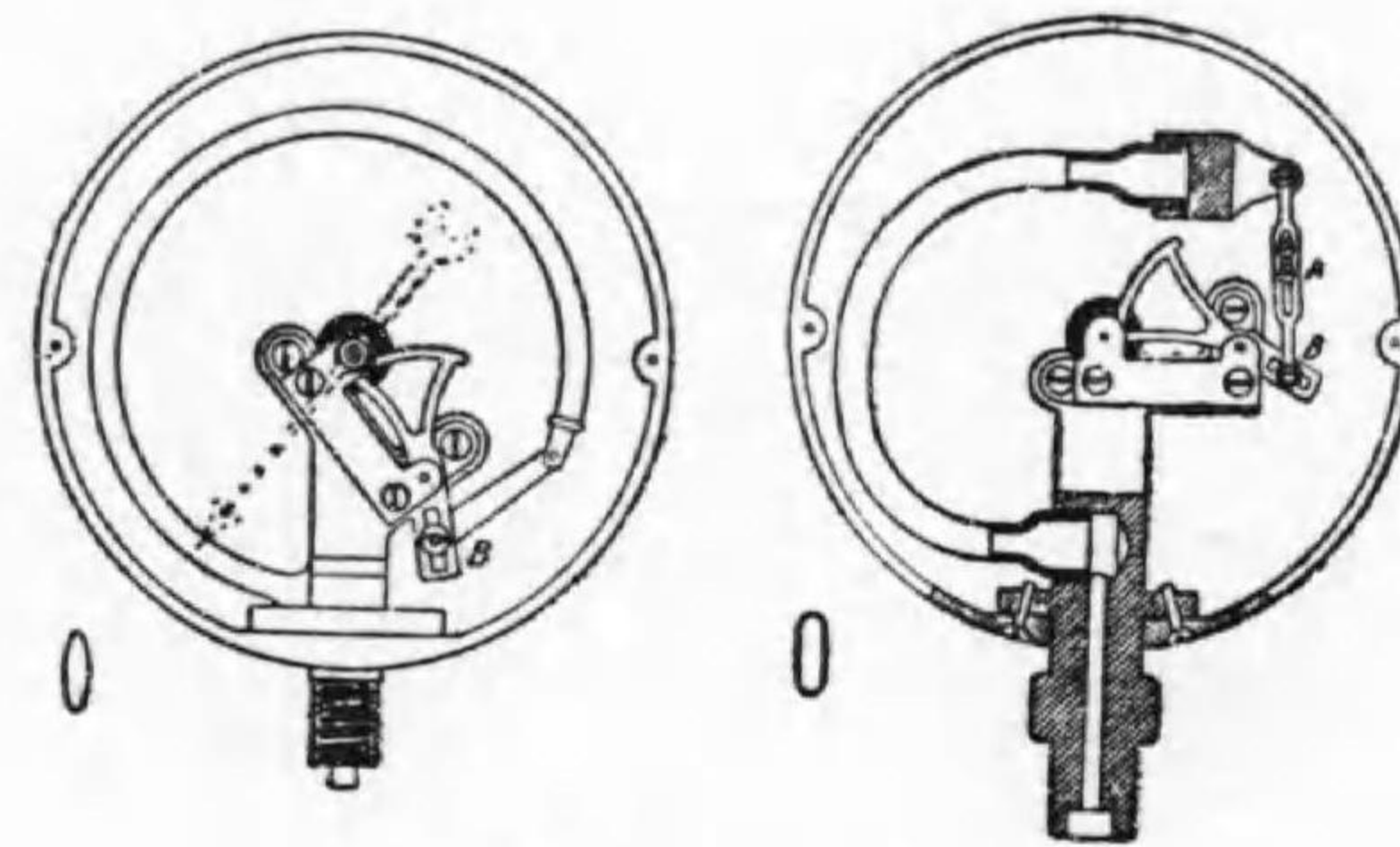


第69圖 吐出コック

ある。罐外への流出加減は左の瓣のRで加減する。

73. 壓力計 (Pressure gauge)

罐内蒸汽の壓力を示す計器で船用罐には2箇、一般には1箇を用ふ。之にボルドン壓力計、ダイヤグラム壓力計、自記壓力計等がある。ボルドン壓力計が多く用ひられる。之は断面圓形な管を、圓形に曲げ一端を固定し他端を密閉して内壓を加へると、管は伸張して



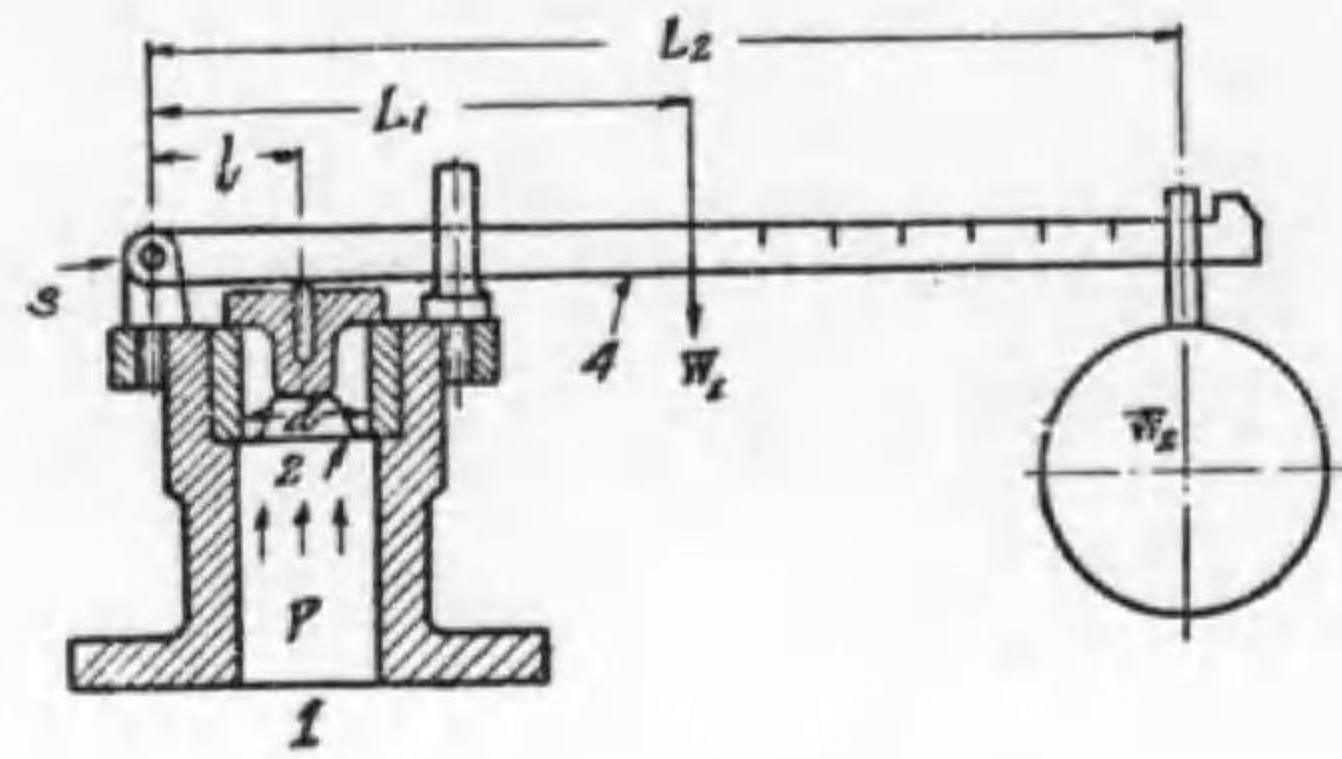
第 7 0 圖 ボルドン壓力計

自由端が動き之を擴大して指針を動かす仕掛である。第70圖は即ちそれである。

74. 安全弁 (Safety valve)

罐内の蒸汽壓が過度に上昇して汽罐の破裂することを防ぐために安全弁を設ける。本器は低壓或は傳熱面の少ないものを除く外、2箇を取付け一定の大きさを持たねばならない規定である。之に次の三種がある。

(1) てこ安全弁 (Lever safety valve)



第71圖 てこ安全弁

本器は第71圖の様に挺子の理を應用して總ての壓力と釣合ふ様にしたもので、重錘の位置によつて弁に加はる壓力を加減する。

之は定置罐に使用する。重錘の位置は次式から算出する。

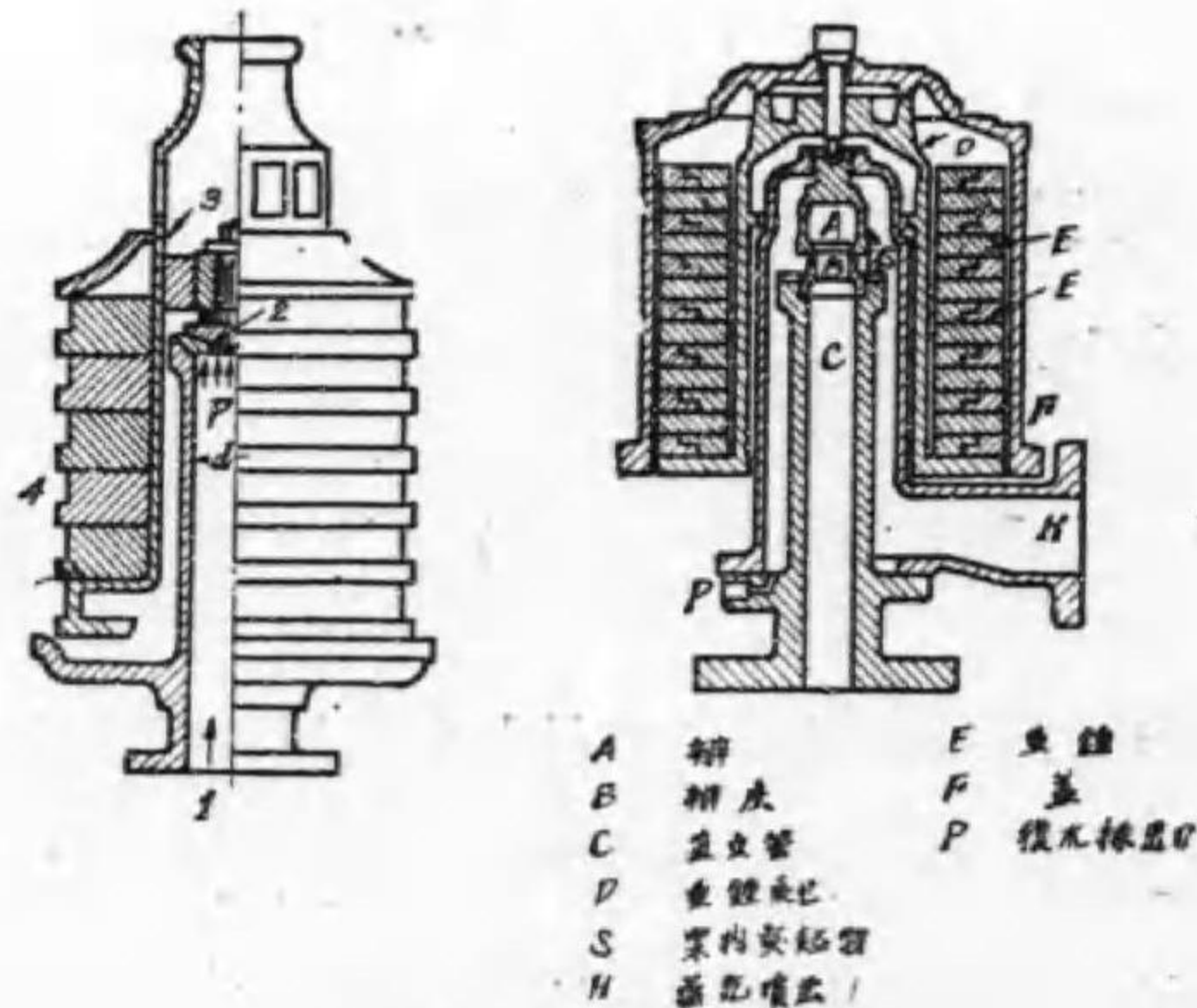
$$L_2 = \frac{\left(\frac{\pi}{4} d^2 P - W\right) l - W_1 L_1}{W_2}$$

式中 W=弁の重量(庇) P=蒸汽壓力(庇/平方糎)

(2) 重石安全弁 (Dead weight safety valve)

第72圖の様に蒸汽壓と釣合ふだけの重石を乗せたもので、低壓陸用定置罐だけに使用される圖に於て

- A……弁
- B……弁座
- C……直立管



第72圖 重石安全弁

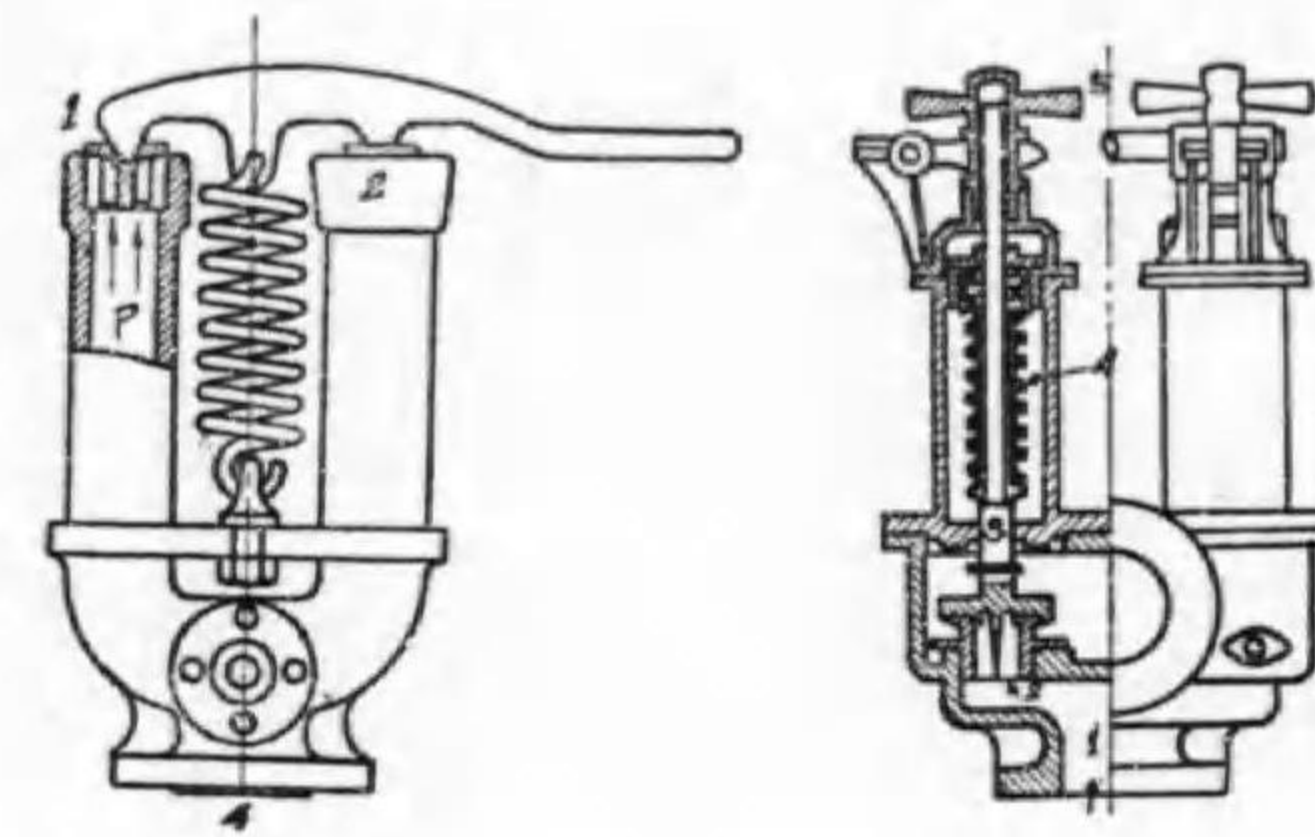
- E 重錘
- F 蓋
- P 復水排出口

- D……重石乗せ
- E……重石
- F……蓋
- G……案内突起物
- H……蒸汽噴出口
- P……復水排出口

(3) ばね安全弁 (Spring safety valve)

此の安全弁は「ばね」の伸縮力を利用したもので、動搖する罐に適する。今 T = 「ばね」の張力(kg) P = 蒸汽壓(庇/平方糎) とすれば、

$$T = 2 \left( \frac{\pi}{4} d^2 P \right) \dots\dots\dots \text{張力型} \quad T = \frac{\pi}{4} d^2 P \dots\dots\dots \text{壓縮型}$$



第73圖 ばね安全弁圖

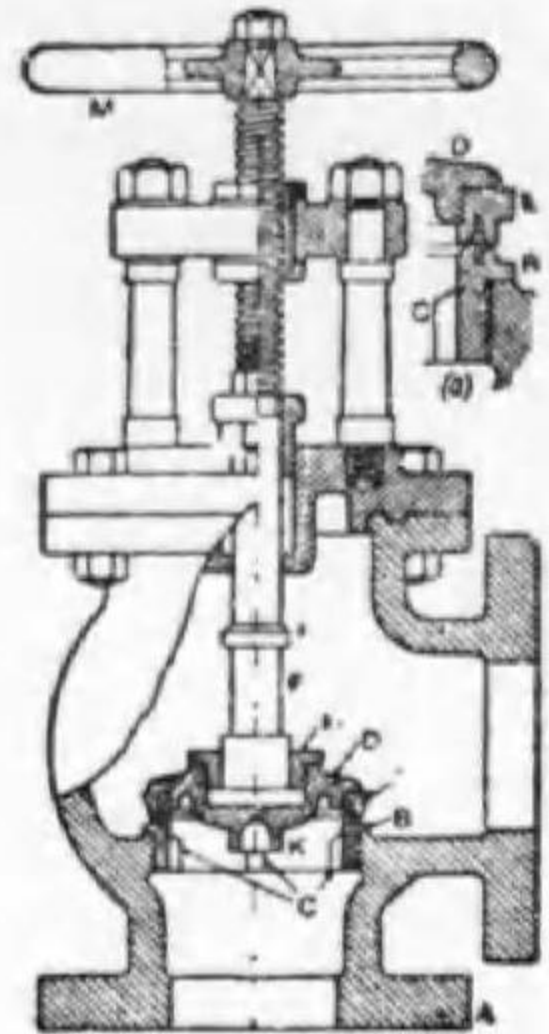
75. 止め弁 (Stop valve)

罐胴の頂上に水氣止め管と連結して取付け、所要の蒸汽を供給或は遮断する弁である。第74圖はclosby型である。

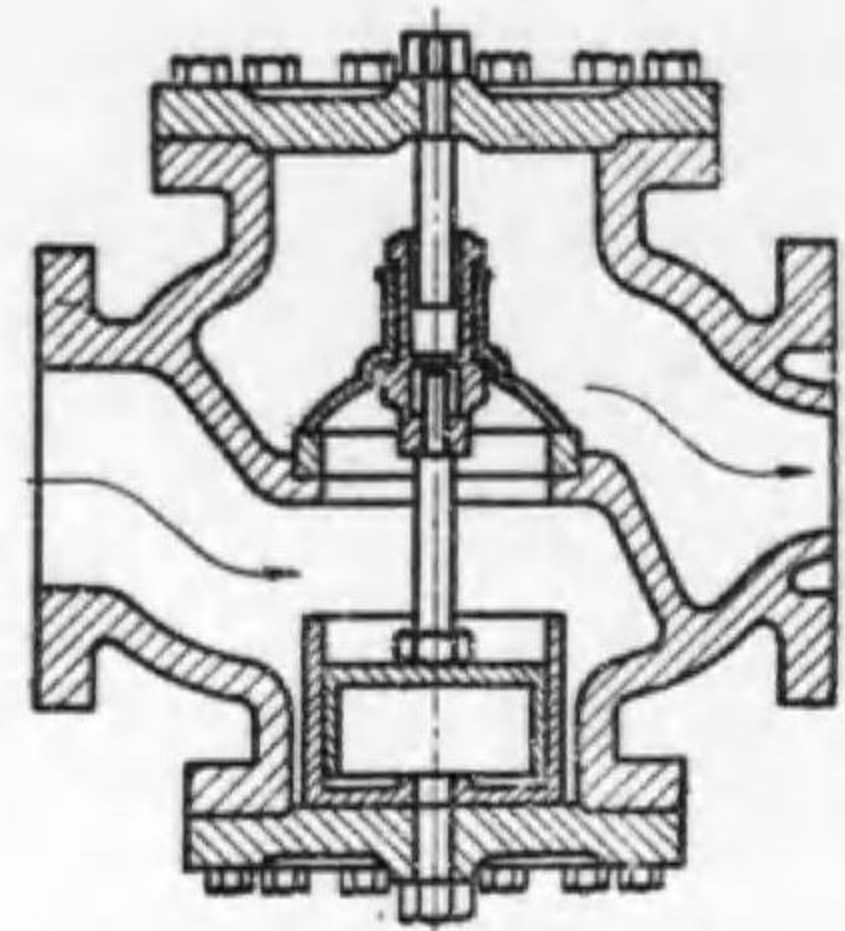
76. 蒸汽逆止め弁 (Non-return valve)

多數の罐から蒸汽を一つに集めて送るのに、蒸汽の逆流を防ぐ爲

に用ひられる弁の直後或は蒸汽主管の直前に取付ける。之を使用すれば次の利益がある。



第74圖 止め弁圖



第75圖 蒸汽逆止め弁

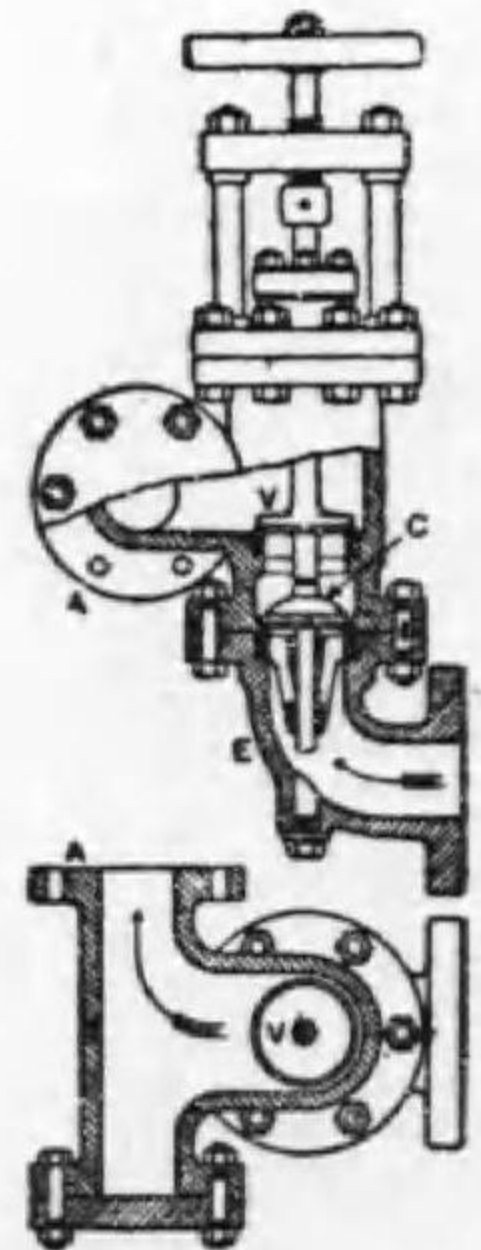
- (1) 止め弁を開いたまゝ作業が出来る。
- (2) 他罐の壓力で罐が破裂する様なことがない。
- (3) 罐の掃除中他罐からの蒸汽で火傷等をする心配がない。

### 77. 給水逆止め弁

(Check valve)

給水ポンプで汽罐に給水の際、其の逆流を防ぐために、汽罐に接する給水管の末端に本器を取付ける。

第76圖に於てCが逆止め弁で、之の揚程はA弁の心棒の延長部で加減せられる。

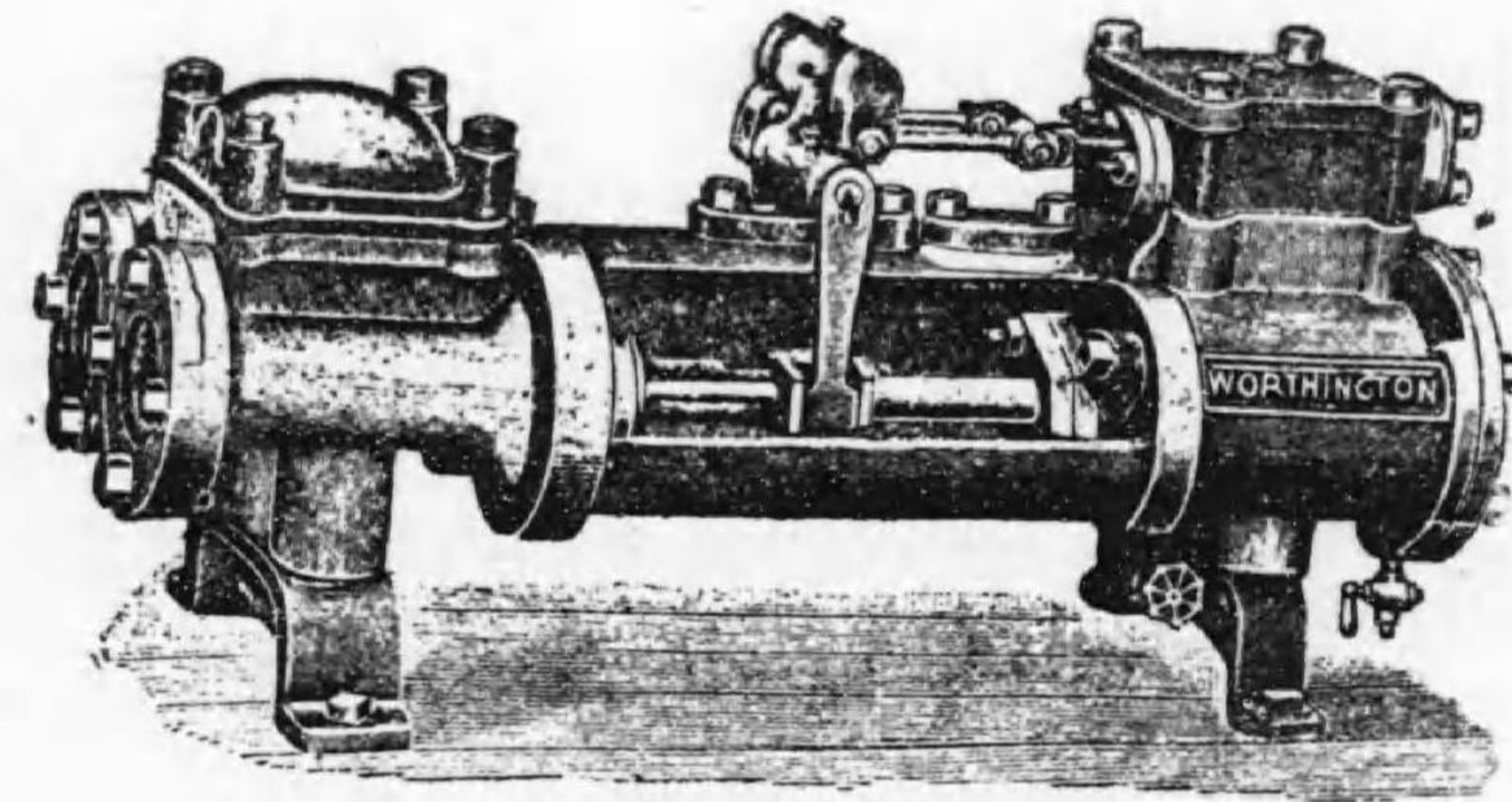


第76圖 給水逆止め弁

## 第十九章 汽罐の附屬品

### 78. 給水ポンプ (Feed pumps)

給水ポンプは蒸汽力或は電氣力の何れかで運轉し、何れも罐の蒸



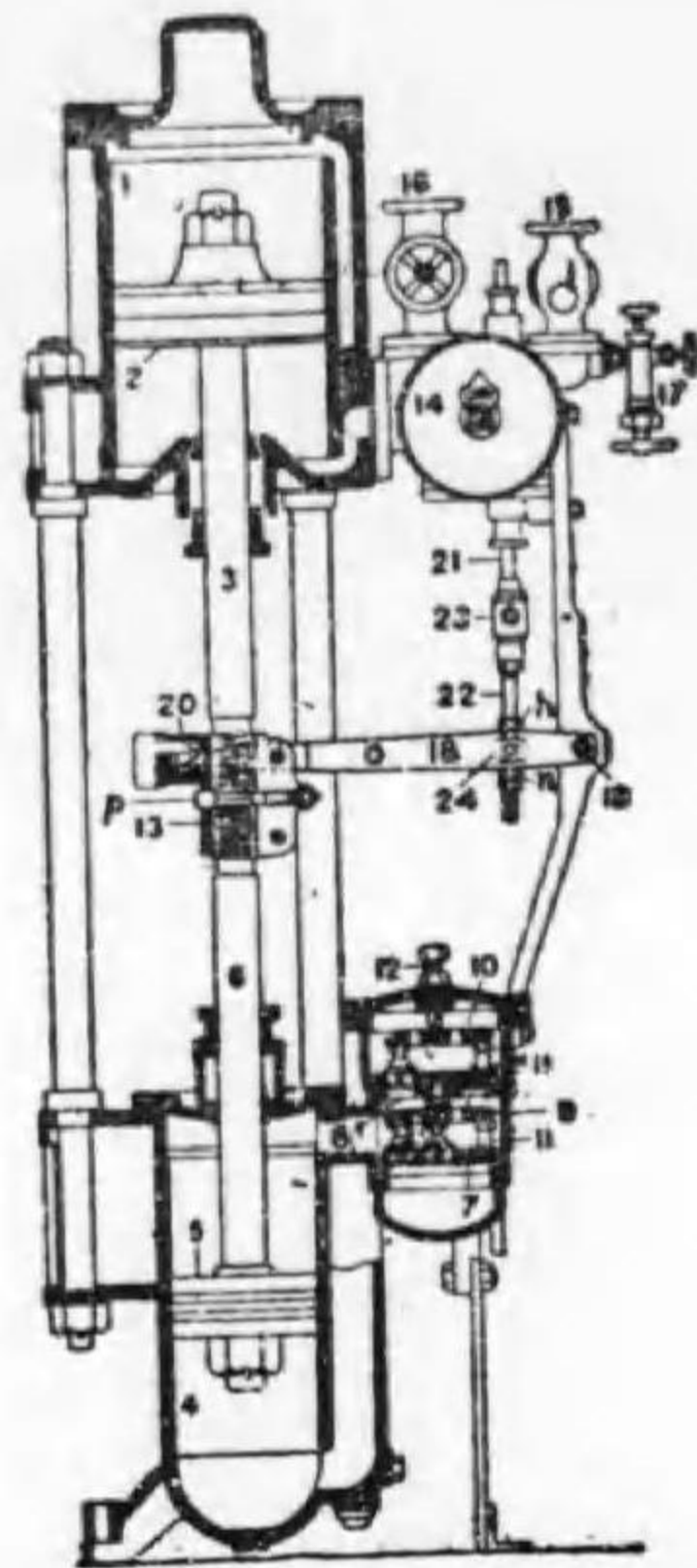
第77圖 ワシントンポンプ

發量の2倍の給水能力を持たねばならない。之に

- (1) 往復ポンプ (Reciprocating pump)
- (2) タービンポンプ (Turbine pump)
- (3) インゼクター (Injector)

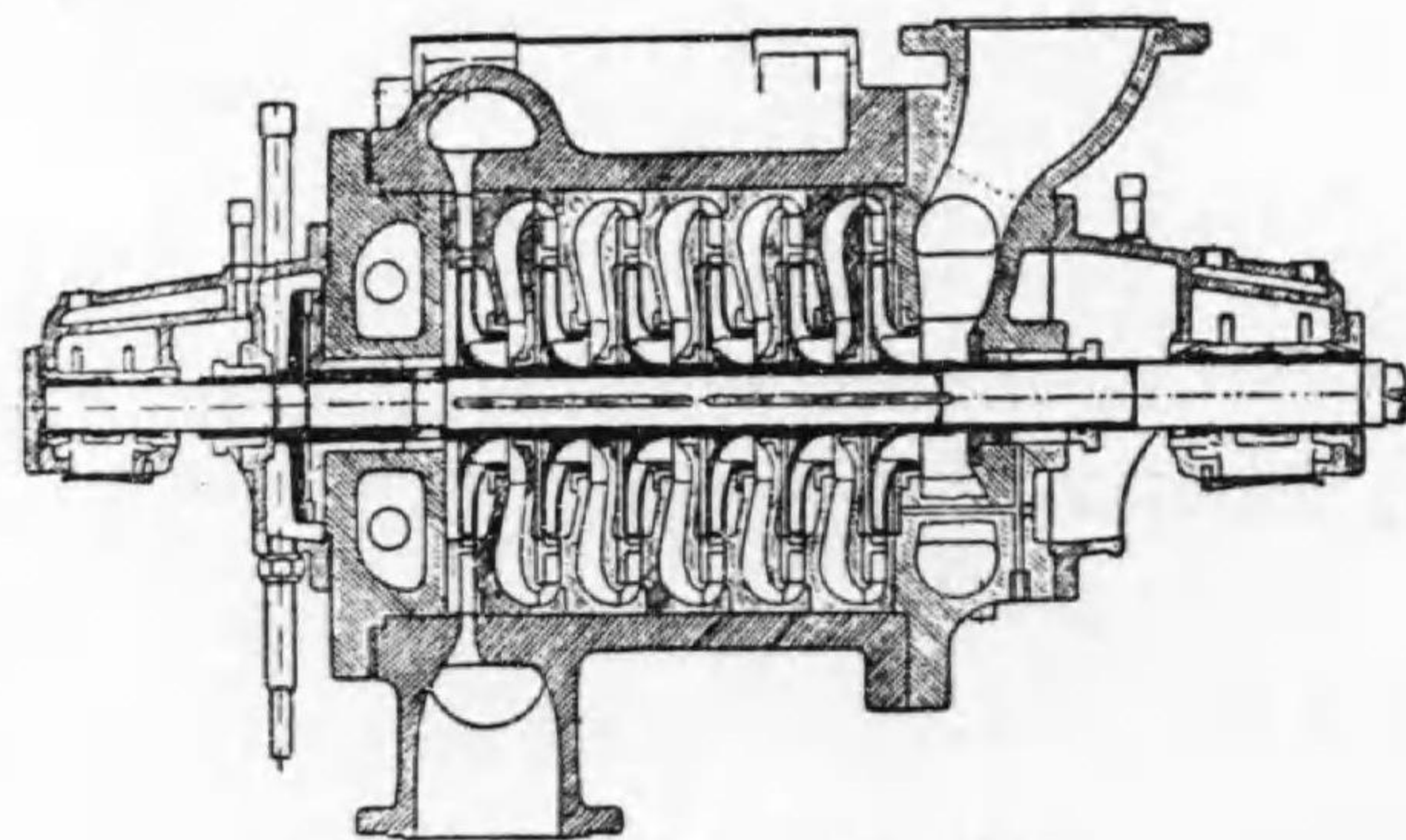
等がある。

- (1) には **ウォシントンポンプ** (Worthington pump), 及 **ウエヤーポンプ** (Weir pump) が用ひられる第77圖及第78圖は之を示すものである。



第78圖 ウエヤーポンプ圖

(2) は第79圖に示す様に電動機等に直結運轉式のもので、取扱容易、型も小型、其の上最初の給水も出来るので近來は之の使用が多い。  
 (3) は機關車に多く用ひられるものである。



第79圖 タービンポンプ圖

79. 給水加熱装置

汽罐への給水は、之を加熱して行ふと次の様な利益がある。

- (1) 燃料の節約、
  - (2) 温度の急變も從つて故障も少なく、發熱量の變化も少ない
  - (3) 一時硬水も軟化され罐内の湯垢も少ない。
- 之に次の二種類がある。

- (1) 給水加熱器 (Feed water heater)
- (2) 節炭機 (Fuel economizer)

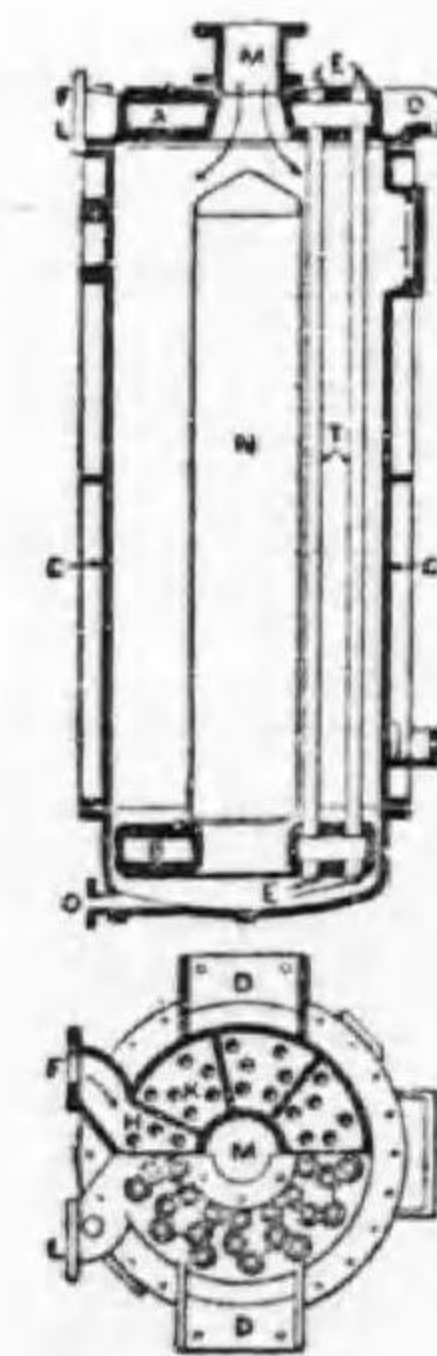
(1) は廢汽時には生蒸氣を使つて給水を加熱するもので之に開放式と密閉式とがある。開放式は好能率であるが給水中に不純物を含み易い。密閉式は之と反對である。

密閉式に抽氣温水器 (Bleeder heater) と云ふのがある。之はタービンの途中から蒸氣を抽出して之で給水を加熱する。

現今中容量以上の發電所は殆ど之を採用してゐる。

第80圖は密閉式給水加熱器を示すもので

- A.B.……蓋
- C……ケーシング
- T……水管
- D……加熱器支への突起物

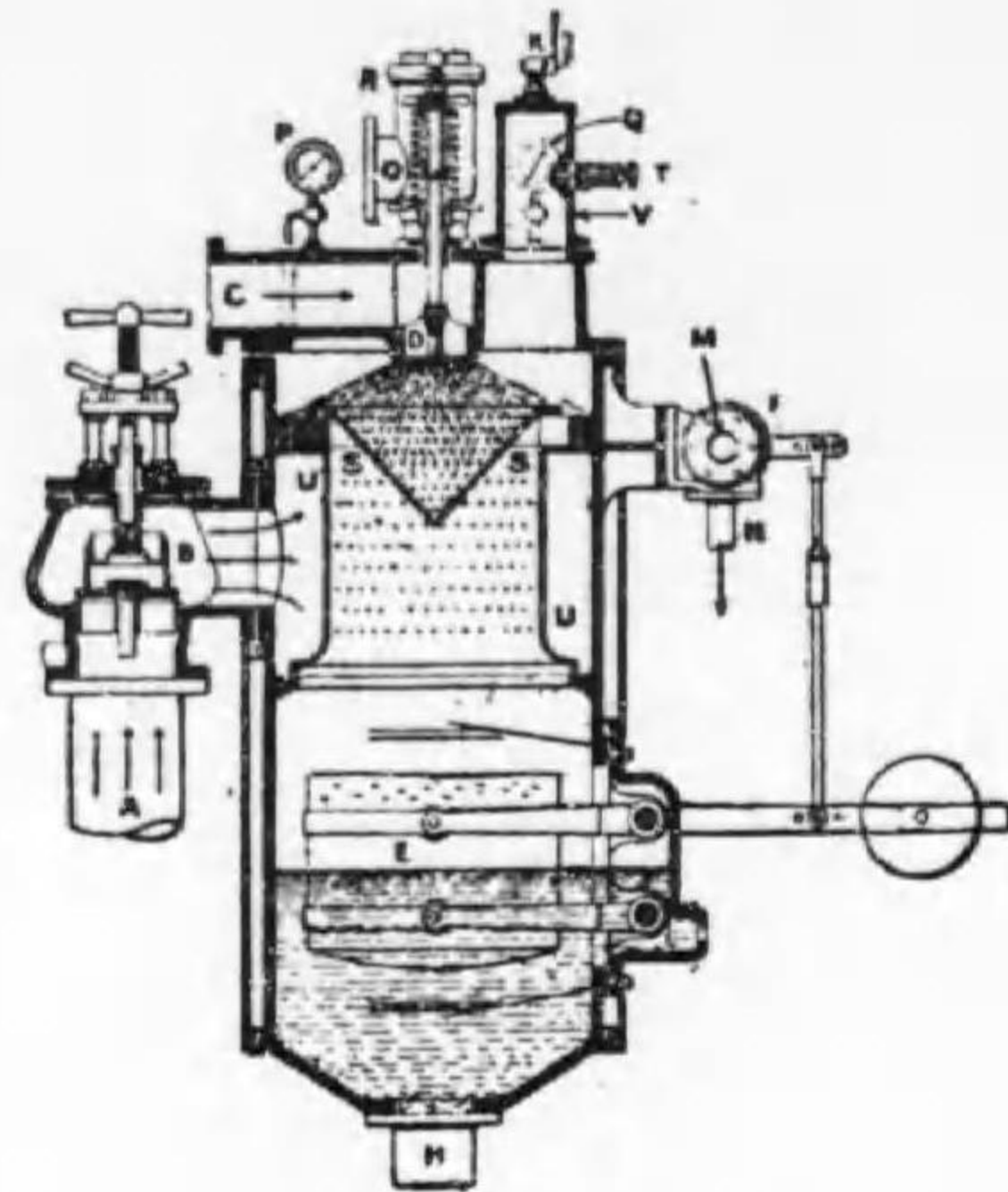


給水はFよりHに入り3本の水管を下り、隣隣の3本の水管を上つてKに出て更に次の3本を下る。そして最後にLから汽罐に送込まれる。

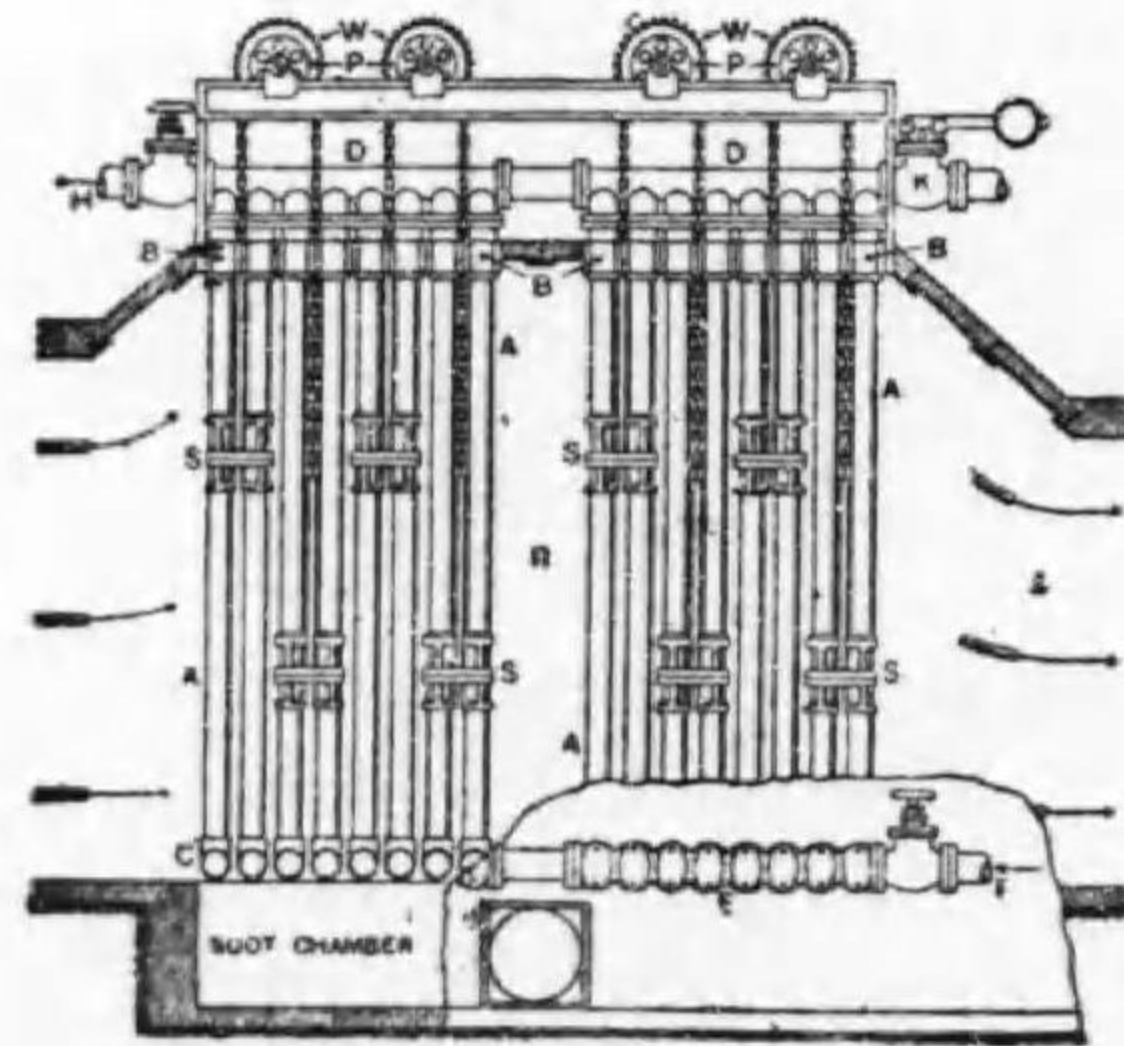
蒸氣はMから入り、復水したものはOから取出される。第81圖は

開放式給水加熱器のウェヤー加熱器を示すものである。

- C……給水入口
- D……給水撒布板
- S……給水漏過小孔
- A……蒸汽管
- B……蒸汽瓣
- U……蒸汽通過小孔
- P, Q……壓力計
- H……加熱給水の取出口
- V……空氣瓣
- R……逃出生
- T……大氣瓣
- E……水面を一定に保つための浮子



第 81 圖 ウェヤー加熱器

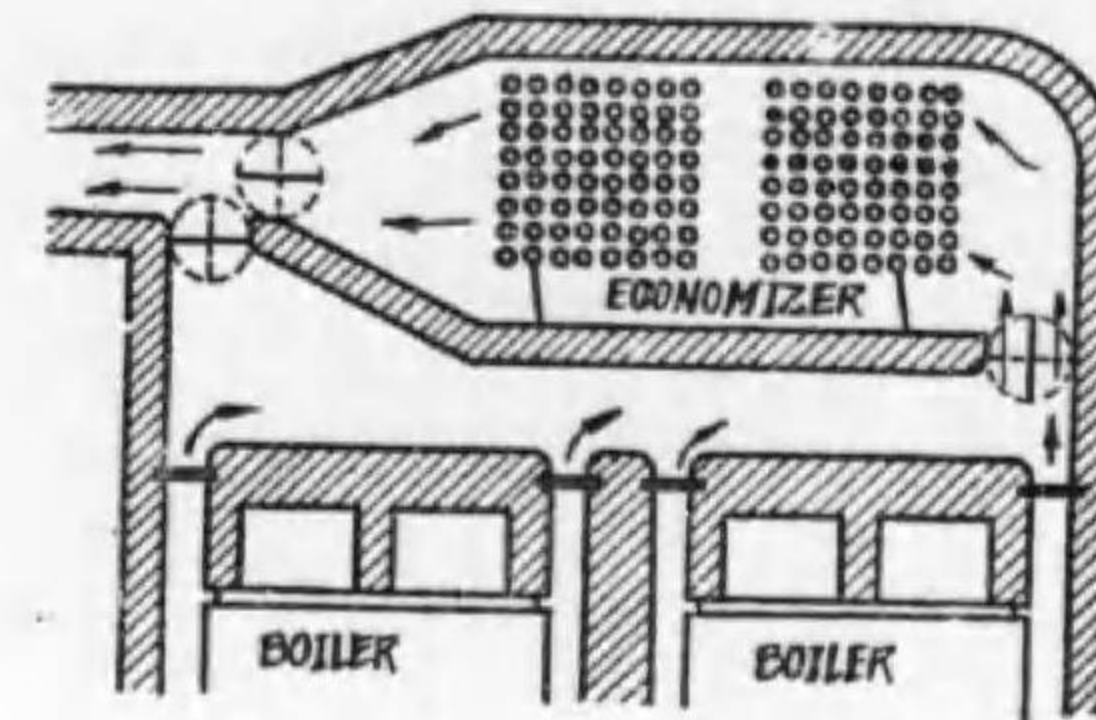


第 82 圖 グリーン節炭機

(2) は煙突から逃げ去る煙の熱を利用して給水を加熱するもので種々の種類があるがよく使用されるのは**グリーン**の節炭機である。

第82圖はグリーン節炭機、第83圖は節炭機設置箇所を示すものである。

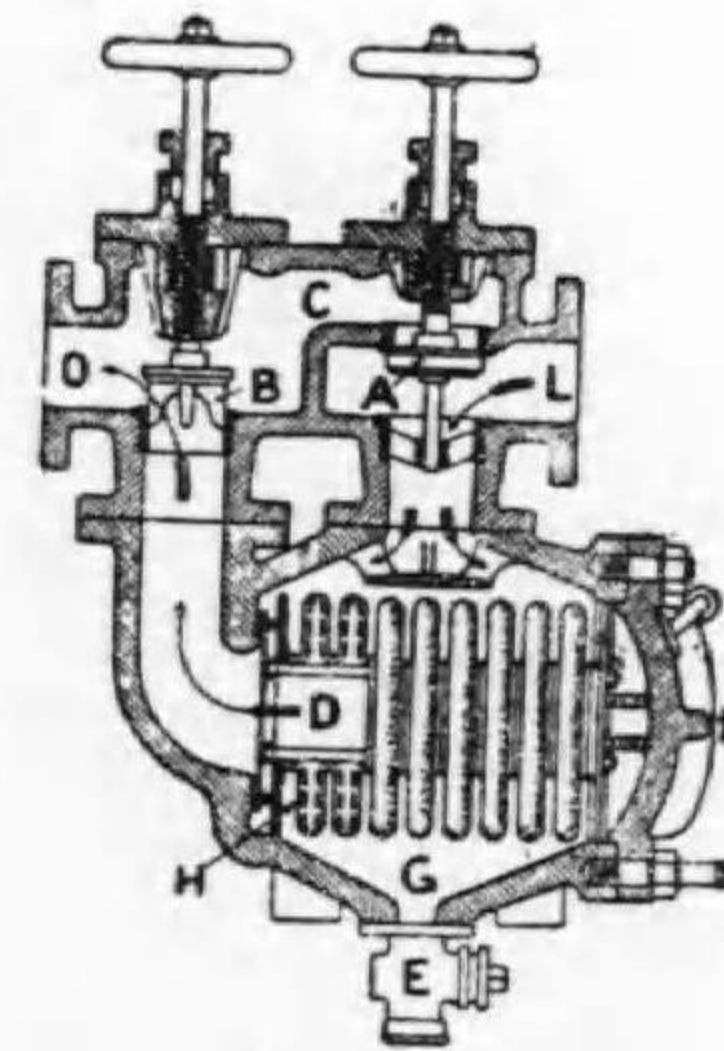
- A……鑄鐵製返管
- B, C……管寄せ
- H……温水出口
- F……給水入口
- D, E……煉瓦積外の管寄せ
- K……安全瓣
- S……引掻掃除器
- P……滑車



第83圖 節炭機設置箇所

80. 給水濾過機 (Water filter)

蒸汽復水を給水として汽罐に返す場合、油其の他の不純物を除去する爲に用ふるものである。



第 84 圖 給水濾過機

- H……濾過材料を入れる部分
- L……給水入口、水はHを通過す
- D……濾過水の通路
- B……濾過水の通路途上の瓣
- O……濾過水の汽罐への出口

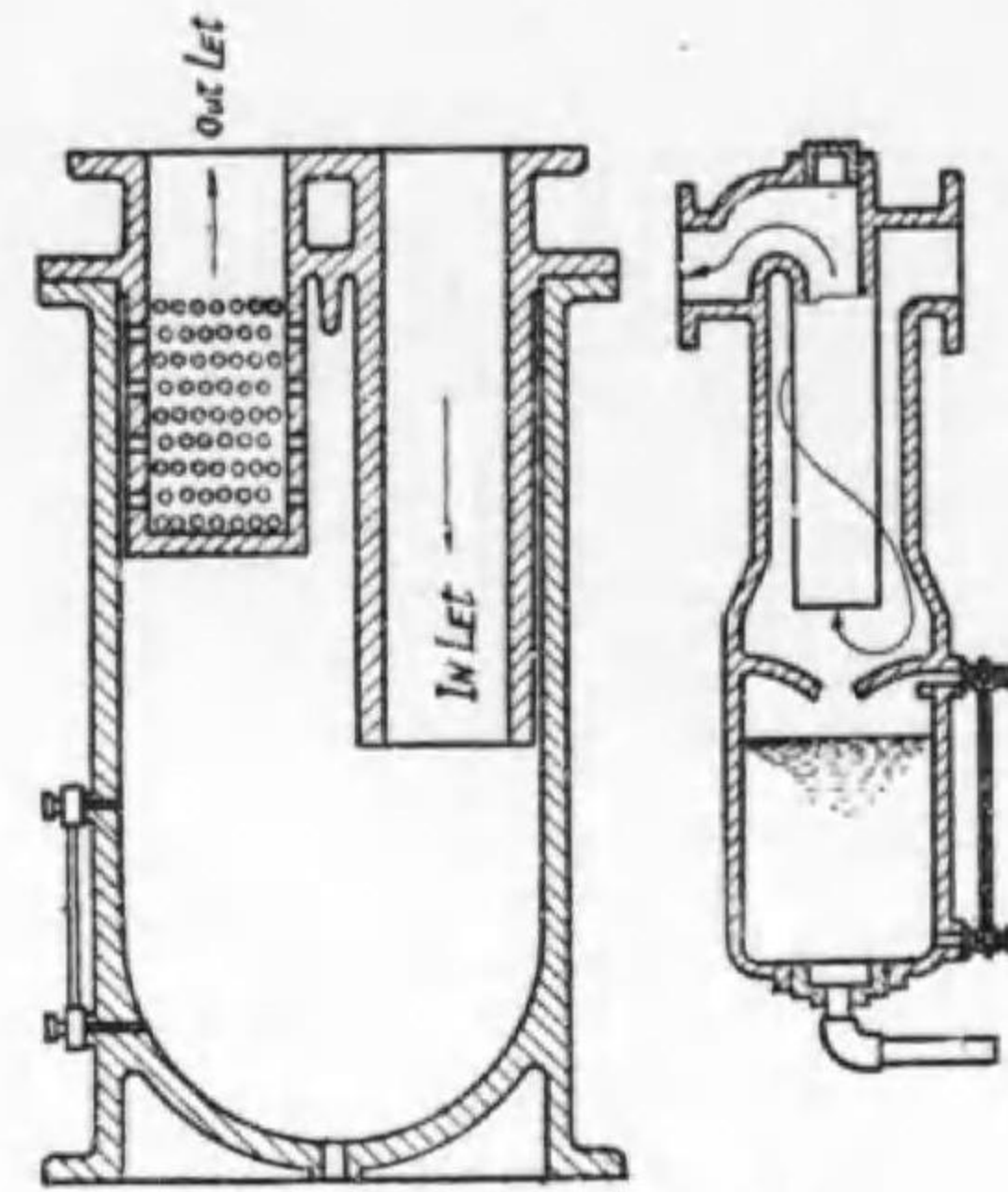
81. 汽水分離器 (Steam separator)

使用蒸汽が水分を含む時、其の儘の使用は危険であるから使用箇所直前に之を取付け蒸汽と水分とを分離するものである。

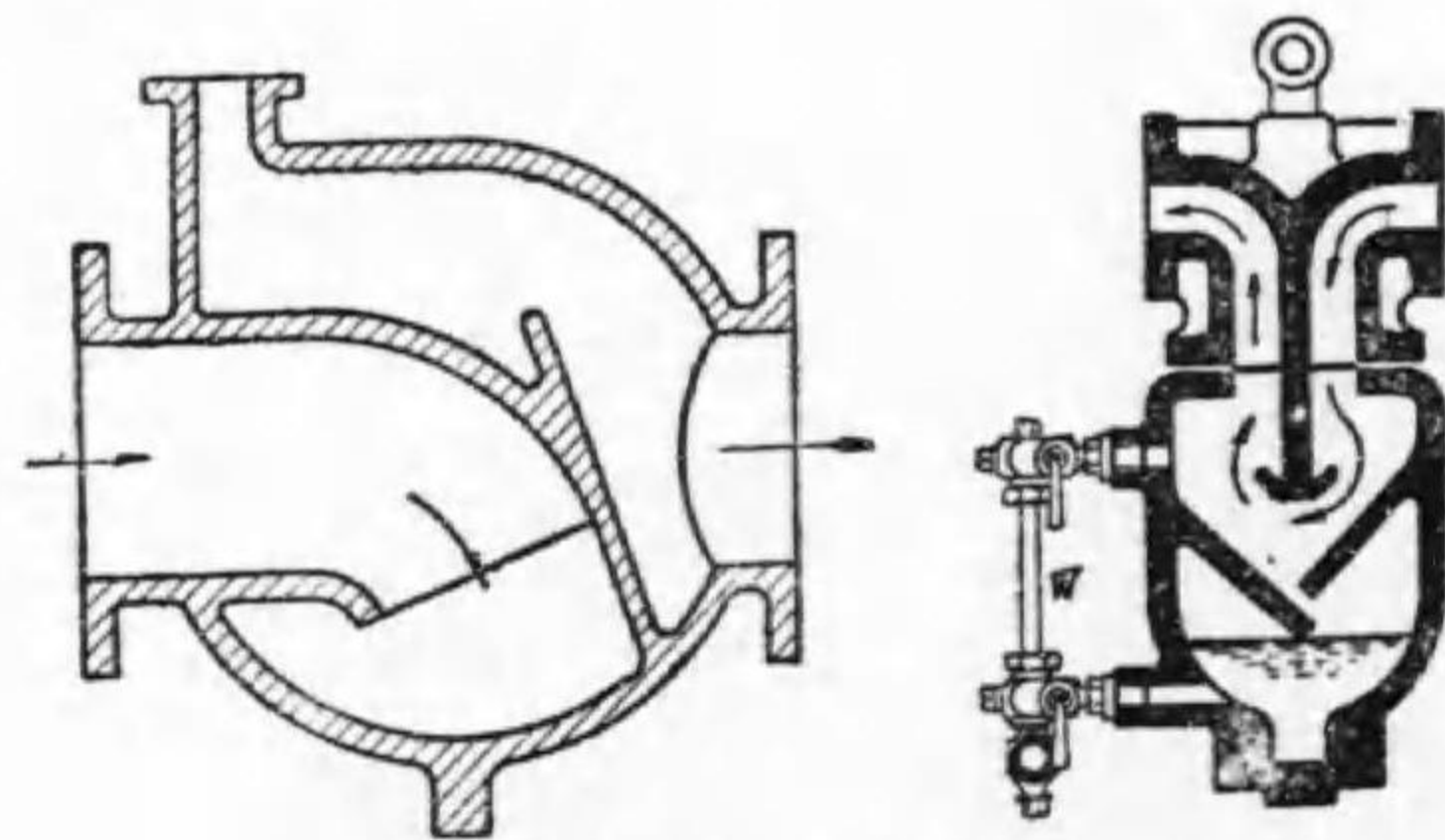
其の方法には汽流の急激な方向變換、或は遠心力を利用して分離



させる。第85圖及第86圖に其れを示す。



第85圖 汽水分離器

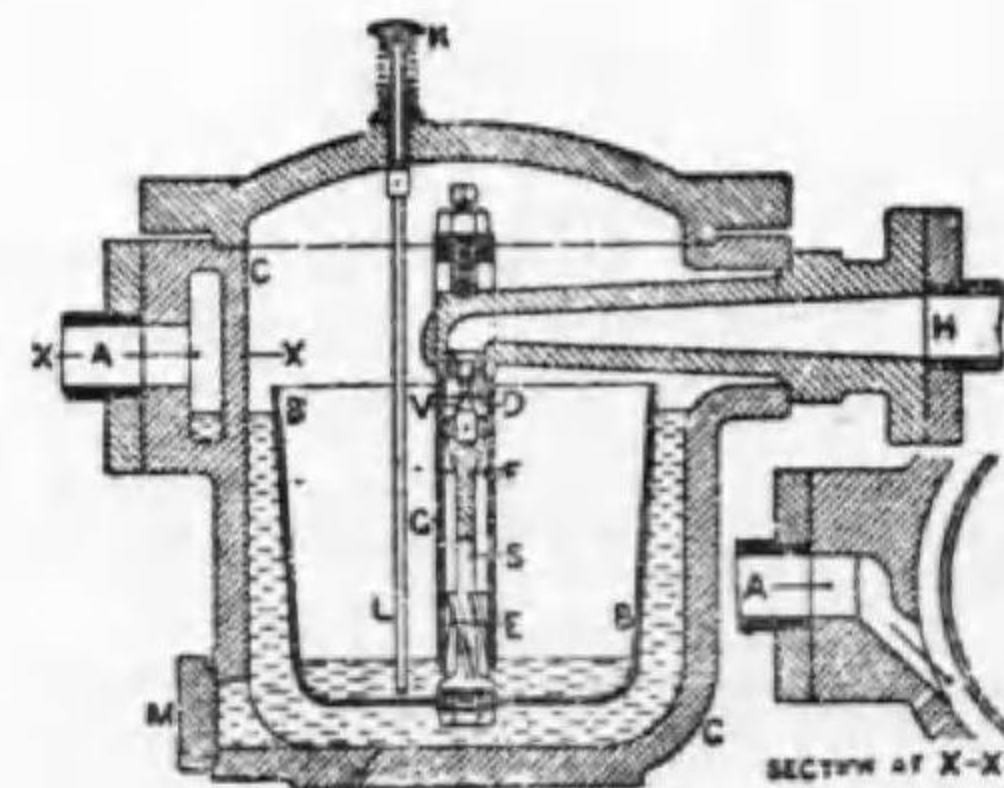


第86圖 汽水分離器

82. 蒸汽トラップ

(Steam trap)

蒸汽管や汽水分離器に溜つた復水を餘り多くならない間に外部に排出する爲に



第87圖 蒸汽トラップ

此の器を取付ける。第87圖は蒸汽トラップを示すもので、

A……復水入口 H……復水出口

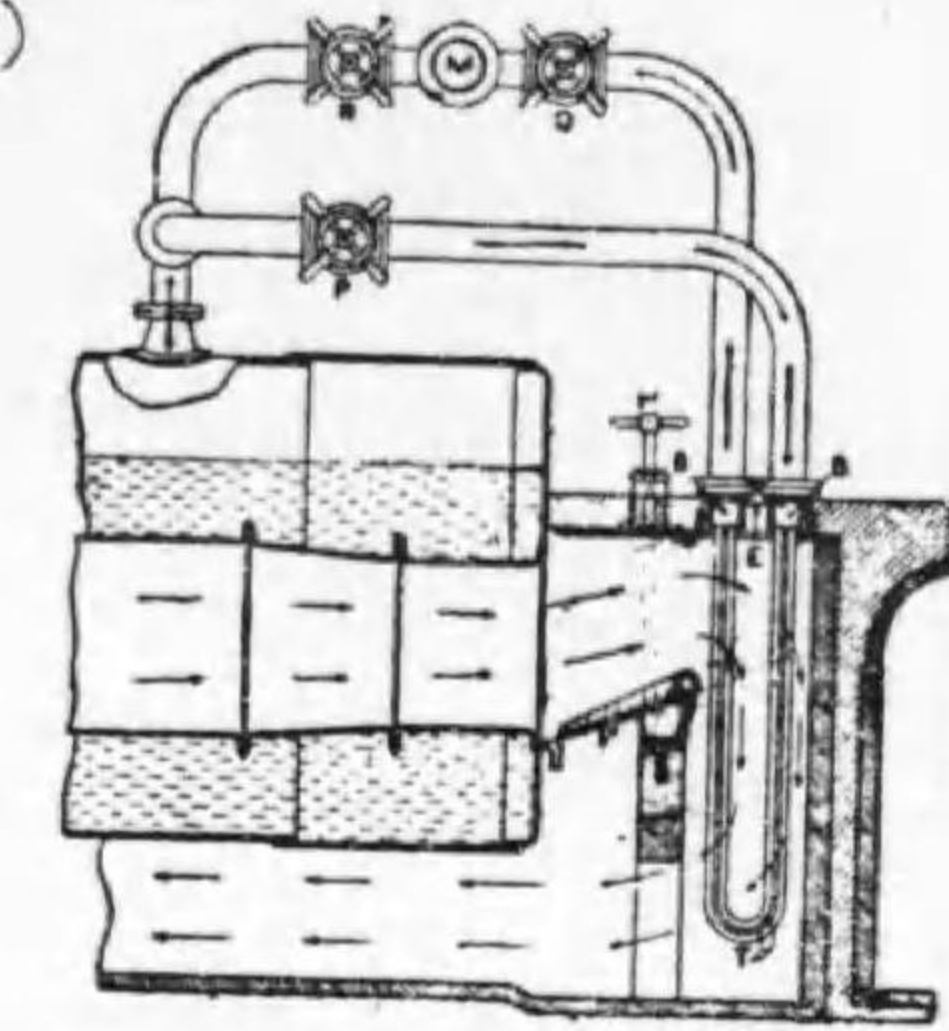
83. 過熱器 (Super heater)

發生の蒸汽を壓力を其の儘に加熱するものが過熱器である。之に

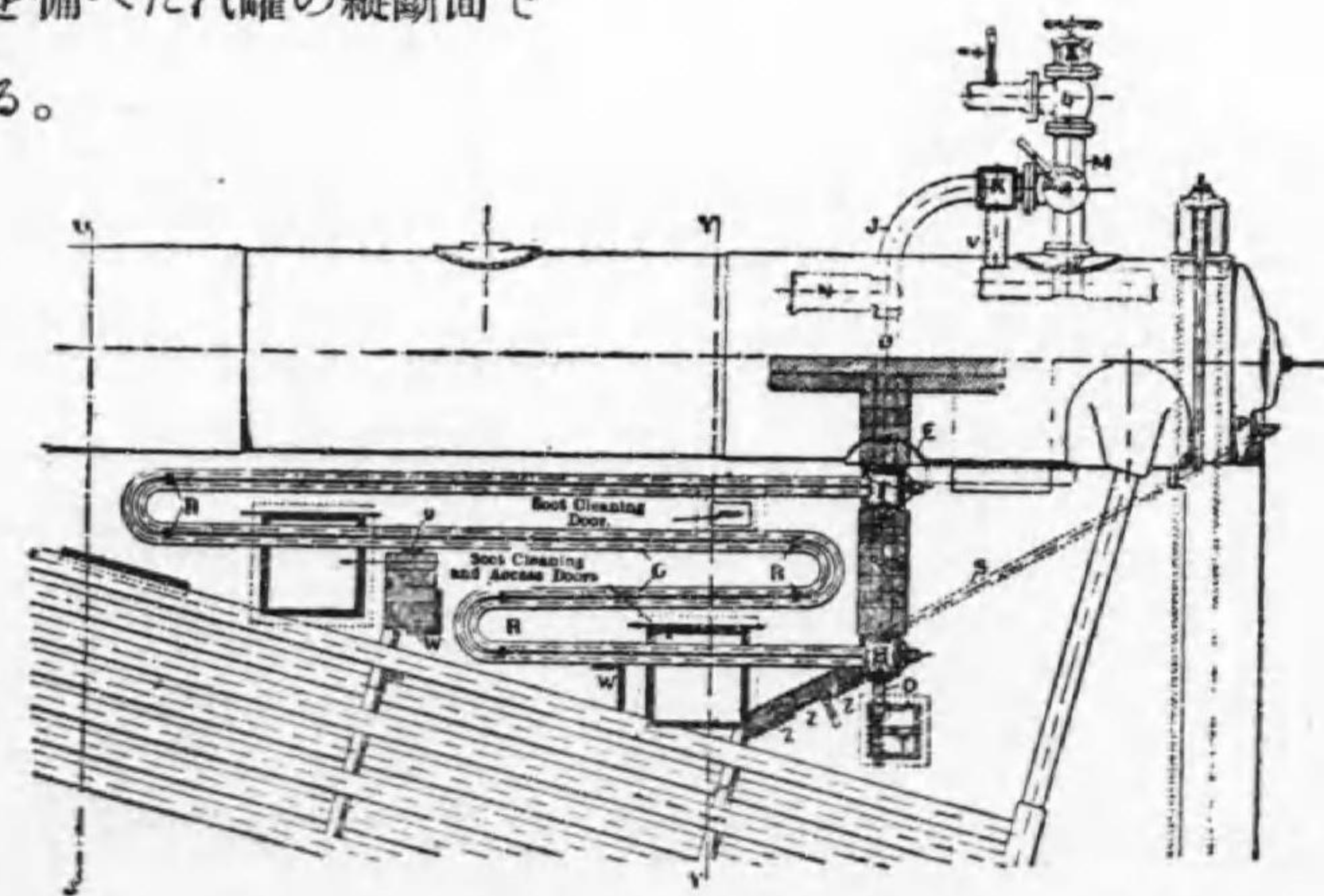
- (1) 獨立過熱器
- (2) 從屬過熱器

の二種がある。第88圖はサツデン過熱器と云ひランカシヤー罐に用ひられる。

第89圖はバブコック過熱器を備へた汽罐の縦断面である。



第88圖 サツデン過熱器



第89圖 バブコック過熱器

## 84. 空気豫熱器 (Air pre-heater)

汽罐効率の増加のために燃料燃焼に必要な空気を供給前に豫熱する。近來大型の發電所用汽罐には何れも空気豫熱器が設備されてゐる。本器は節炭機同様、煙突への廢瓦斯の熱氣によつて加熱するので節炭機に比べ設備費が安く取付けも簡單である。近來節炭機の傳熱面を割愛して本器設置の傾向を持つ様になつた。

## 第二十章 石炭の配給及給炭装置

## 85. 運炭機及除灰装置

運炭機 (Conveyor) にはバケツト式とベルト式との二種がある。前者は多數のバケツトを鐵鎖によつて毎分(10米~25米)位の速度で循環させるもので、後者は幅1米位の本綿製ベルトに石炭を載せ循環させるものである。斯様に汽罐室に送入した石炭は、直ちに汽罐給炭機に供給し得る様に、汽罐室屋上の石炭庫 (Coal bunker) に運び之より各火床に配給する。火床で燃焼した残灰は灰道に落ち灰道樋から灰捨車又は石炭庫への復路にある給炭機で外部に搬出される。

## 86. 給炭方式

石炭を火床上に供給することを給炭と云ひ、之に手焚と機械給炭との二種類がある。前者は火夫が焚口扉を開き適宜石炭を投入する

方法で、後者は機械的に間斷なく給炭する装置である。尙此の外石炭を微粉として爐内に噴込んで燃焼させる方法即ち微粉炭燃焼装置もある。

## 87. 火焚機械 (Mechanical stoker) (自動給炭機)

火焚機械(又は自動給炭機)使用の利益は、

- (1) 熟練な火夫を要しない。即ち人件費が輕減される。
- (2) 焚口扉を開く必要がないから、爐内の溫度を一定に保ち秩序よく燃焼が完全で熱効率が良い。
- (3) 完全燃焼のために煙突からの噴煙が非常に少ない。
- (4) 比較的惡質の石炭、粉炭をも使用出来る。
- (5) 汽罐負荷の調整を容易にし殊に加壓通風のものでは過負荷させ易い。

缺點としては

- (1) 最初の設備費が大である。
- (2) 構造複雑、尙修繕、維持費が増加する。

## 88. 給炭機の種類

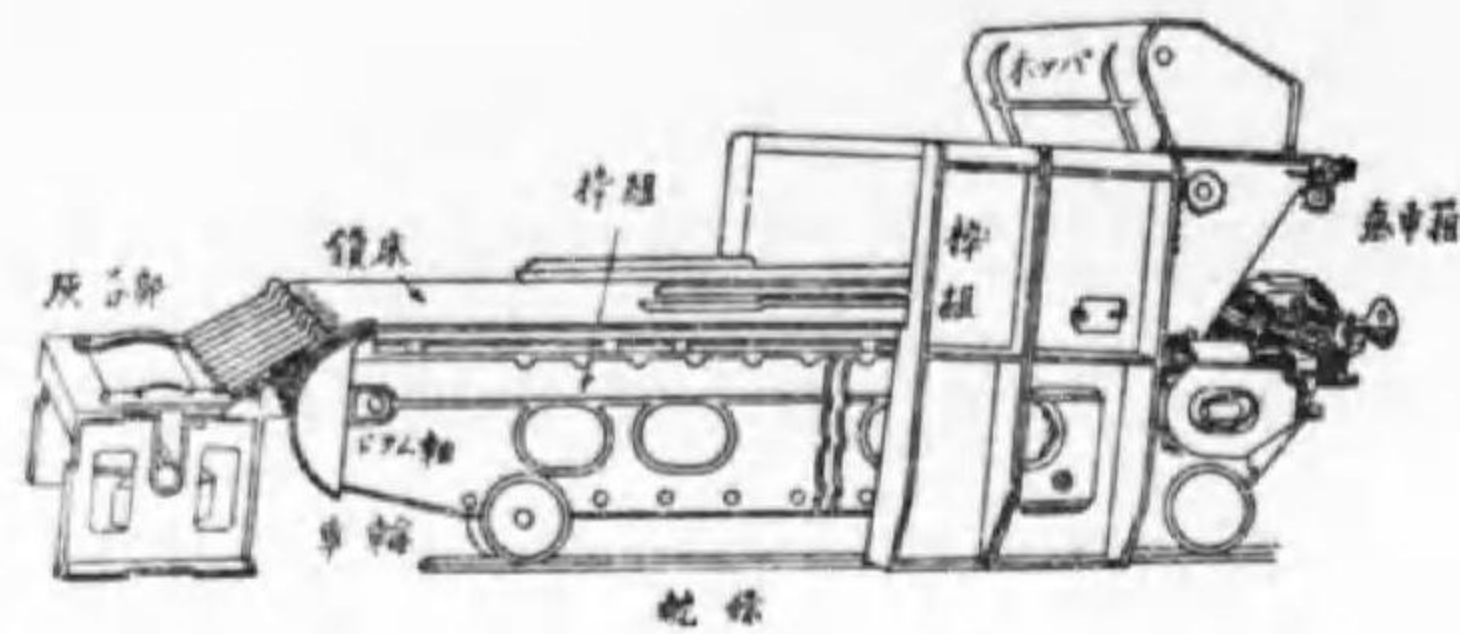
給炭機を大別すると次の様なものがある。

- (1) 鎖床給炭機 (Chain grate stoker)
- (2) 上方給炭機 (Over feed stoker)
- (3) 下方給炭機 (Under feed stoker) 等がある。

以上の内でも發電所では多く鎖床強壓分函通風式と下方給炭強壓

分函通風式とが用ひられる。

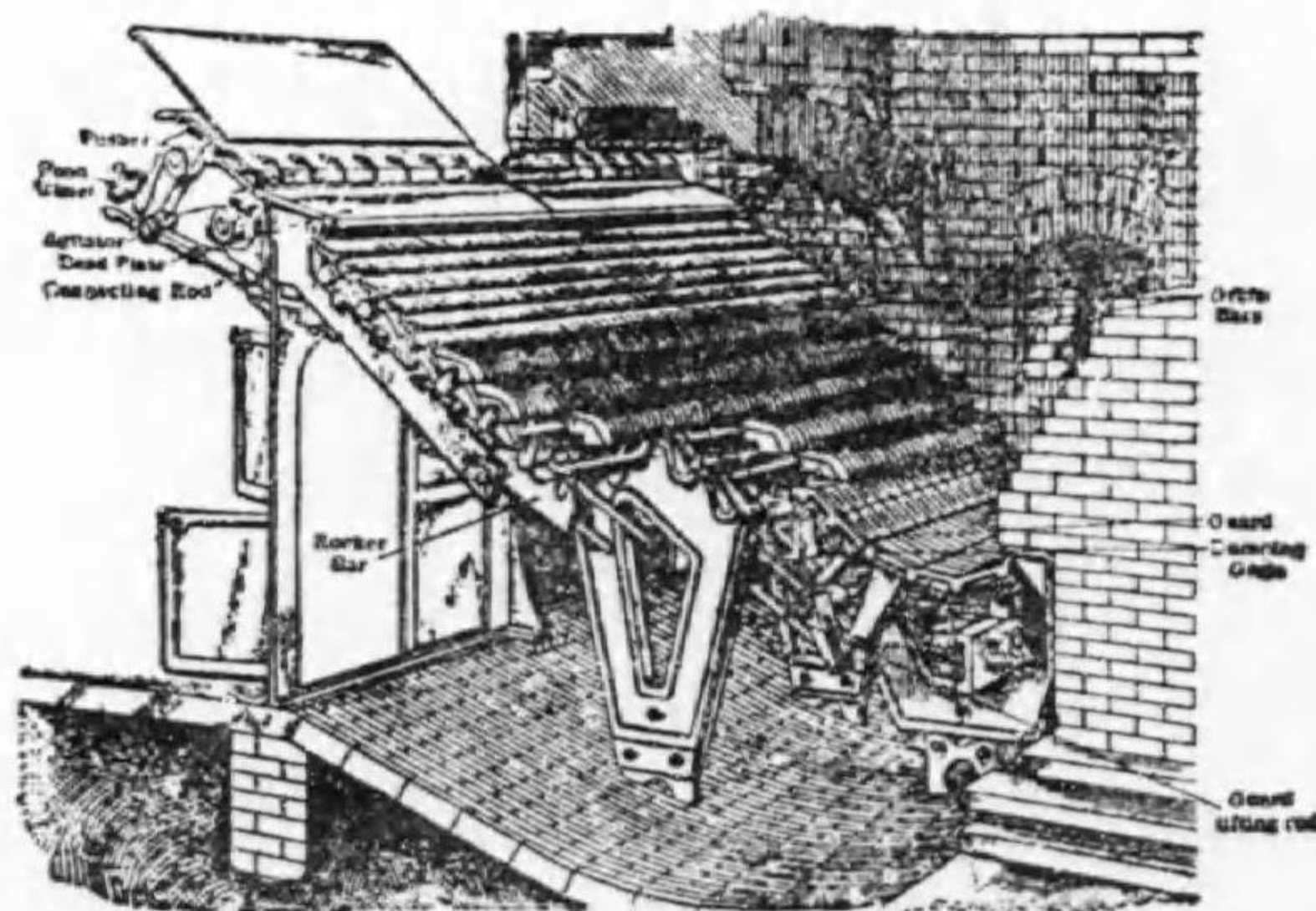
鎖床給炭機は給炭された火床が順次移動して石炭を燃焼させる構造である。鎖床の速度は(1.5~15)米/時でホッパー内の給炭加減装置のために床上の石炭層の厚さは自由に加減し得る様なつてゐる。



第90圖 バブコック・エンド・ウイルコックス火焚機械(自然通風用)

分函式は上下鎖床帯間の空所

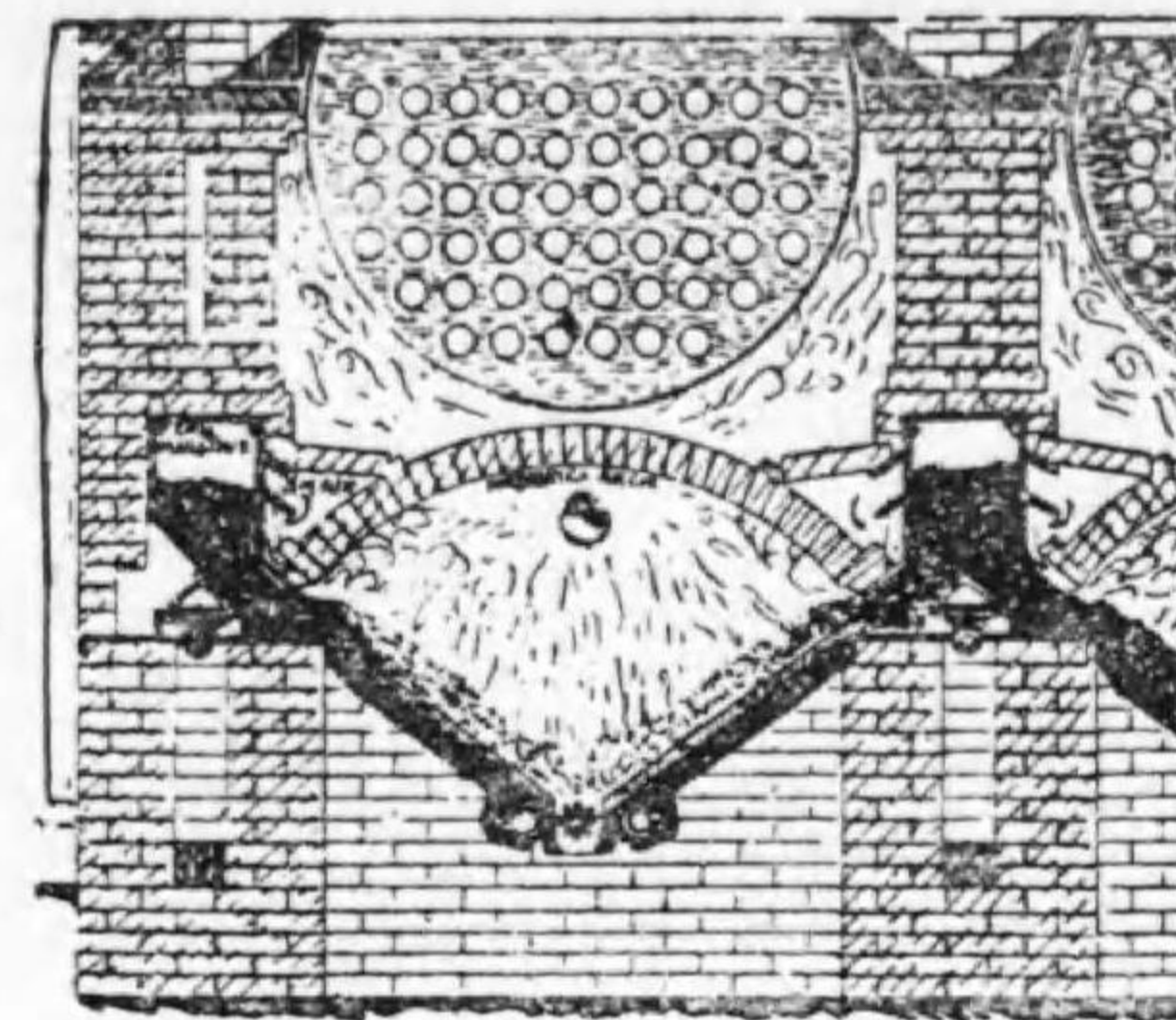
を幾つかに區劃し此の區劃中に燃焼に必要な壓力空氣を送込む構造である。此の空氣量は石炭の質及炭層の厚みに應じて加減する。第90圖はバブコック・エンド・ウイルコックス火焚機械(自然通風式)である。



第91圖 上方給炭機(前方給炭)

上方給炭機に前方給炭と側方給炭とがあり、第91圖は前者第92圖は後者を示すものである。前者は焚口から次第に下方に傾斜し、上部から給炭して下部から灰を落下させる。火床は搖床となつてゐて

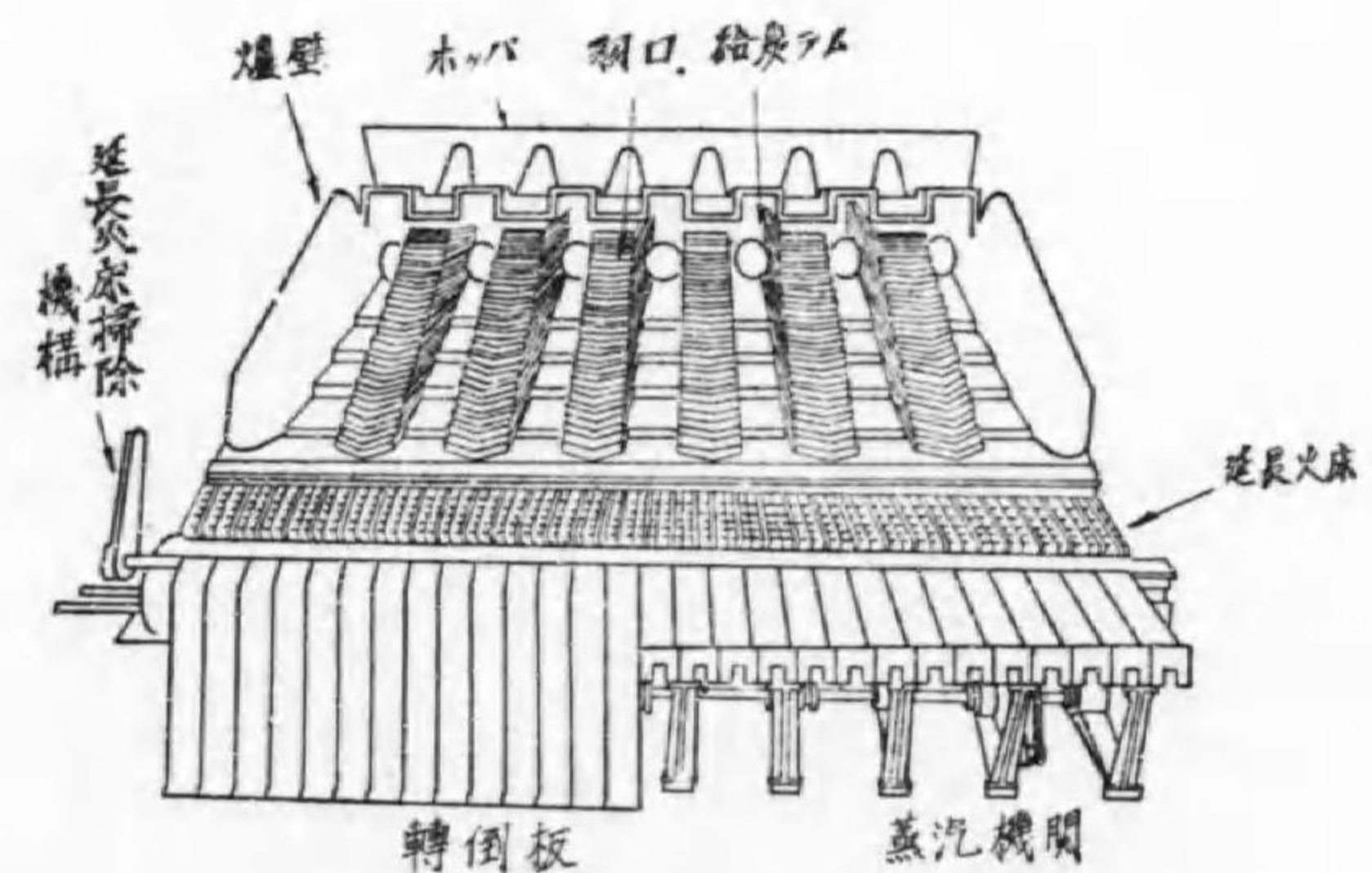
動搖機に連る桿によつて之を動搖させ其の往復動に伴ひ石炭を漸次下方に送り其の間に燃焼させるのである。



第92圖 上方給炭機(側方給炭)

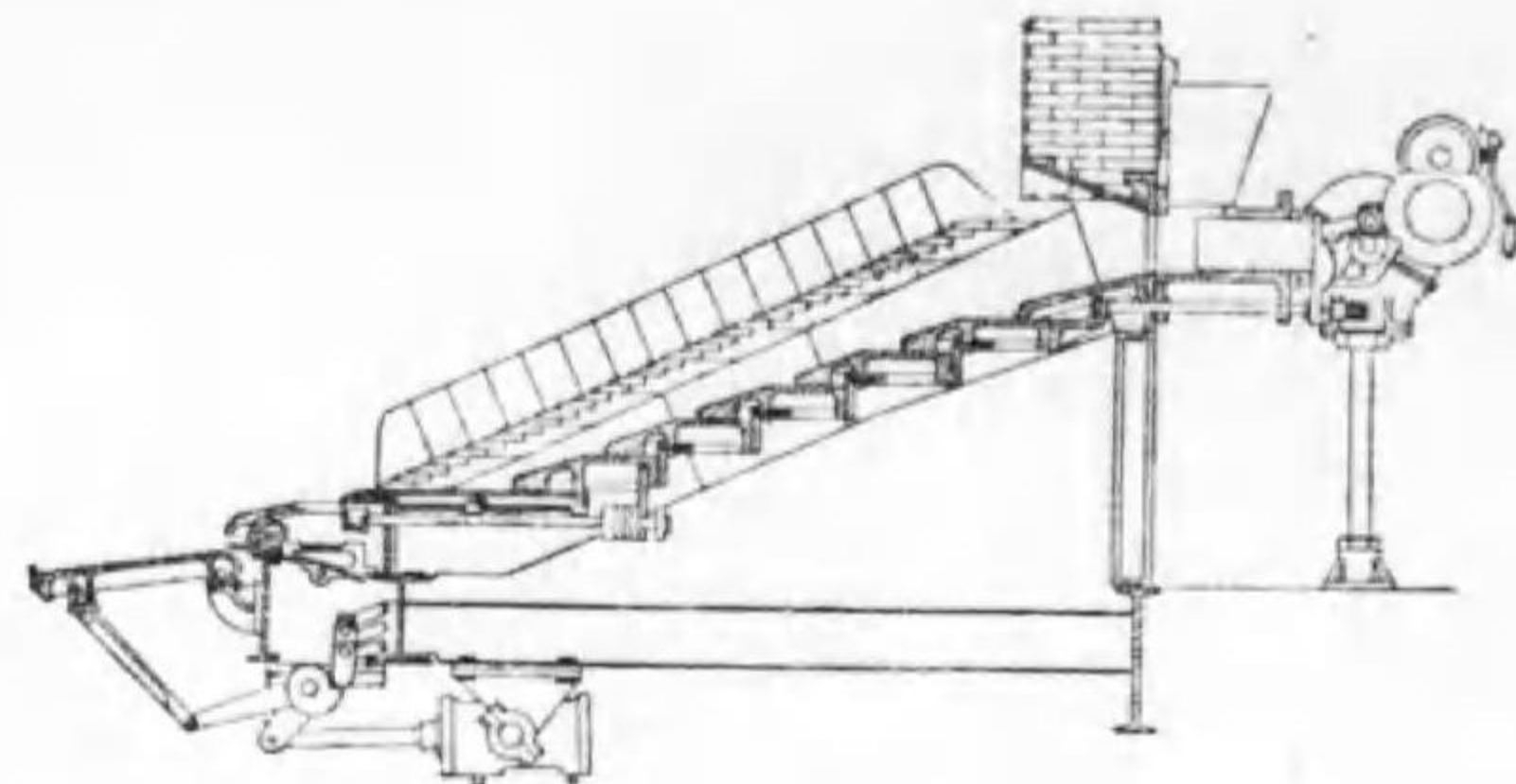
下方給炭機は推炭機又は螺旋の仕掛によつて火床の下方から石炭を押込み、そ

の火床上炭層の表面から順次に燃焼させ、灰は側方又は前方に送り

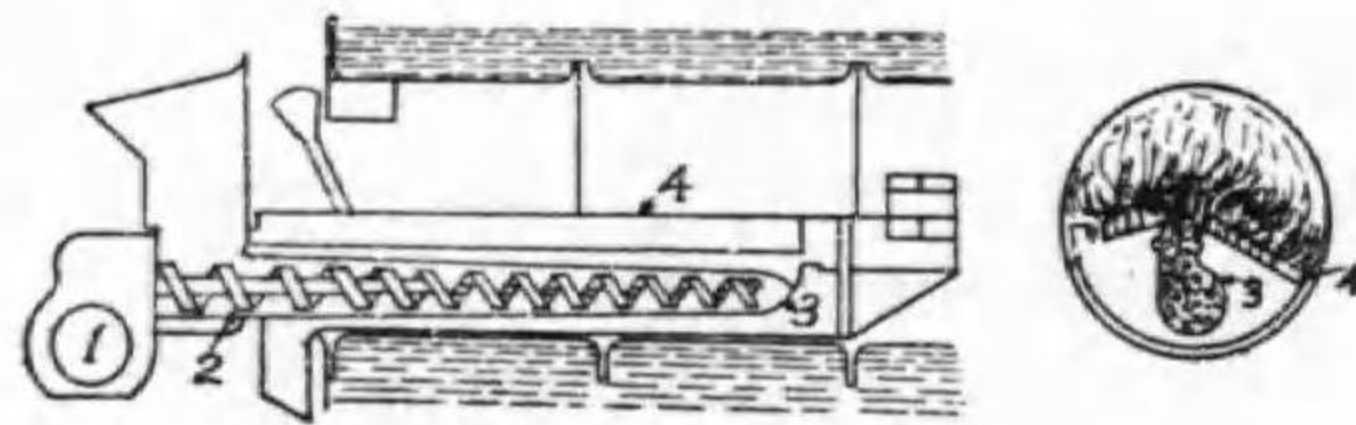


第93圖

出されて遂に灰道に至るものである。下方給炭機では石炭が、火床上に出る前に一部分熱を受けて相当可燃状態になつてゐるから、急に負荷が増加した場合直ちに之を火床面に出して速に燃焼させるこ



第94圖 テラー式断面圖



第95圖 螺旋式火焚機械

とが出来ると、5%の過負荷に應ずるのに1分以内である。第93圖及び第94圖は下方火焚機械の後方及側面より見た圖（テラー式）其の断面圖であつて第95圖は同じく（螺旋式）のものである。

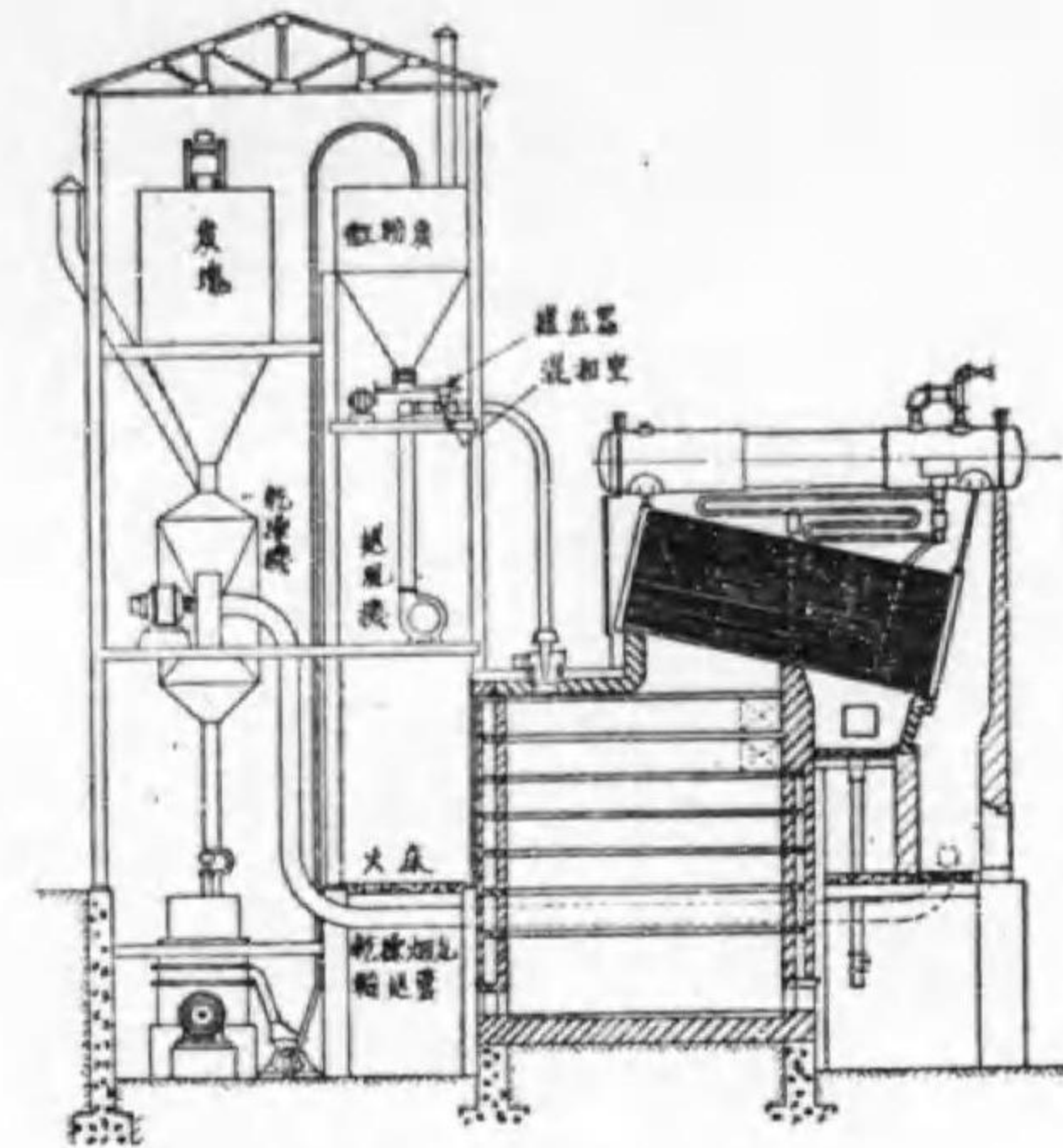
### 89. 微粉炭燃焼装置

(Pulverized coal burning installation)

本装置は石炭を微粉状として之を燃焼させる目的のものである。

長所を擧げて見ると、

- (1) 微粉炭は空氣との接觸よく、従つて普通石炭よりも空氣の必要量が少なく熱効率もよい。
- (2) 給炭の調節が自由で、汽罐負荷の變動に應ずることが容易である。
- (3) 微粉状とするから低級な石炭も燃焼が容易である。

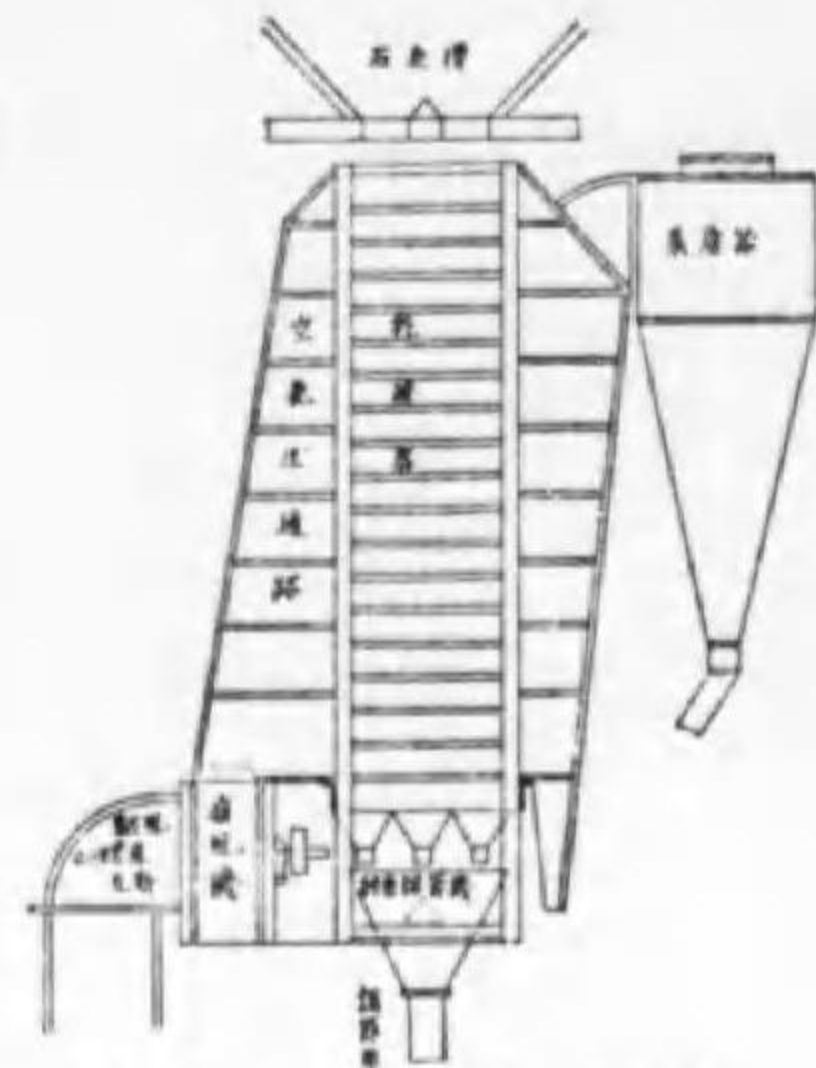


第96圖 微粉炭燃焼装置

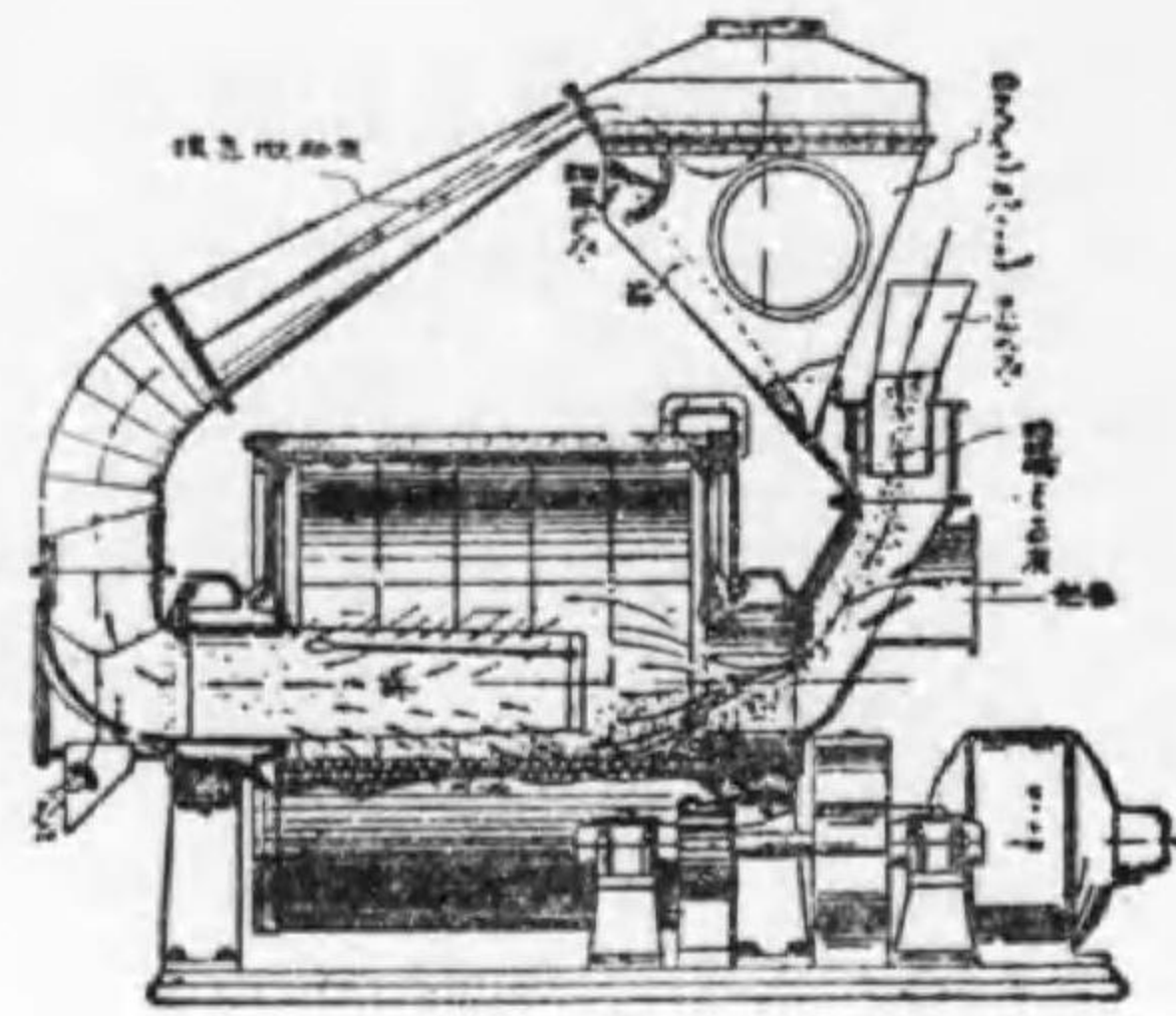
以上の理由から近

來の大型罐はよくこれを採用する様になつた。此の装置を取付ける場合は爐を普通爐の2倍位の容量とする。又爐壁は非常な高熱を受けるから水冷爐壁として煉瓦壁を保護する必要がある。水冷爐壁内の水は罐給水に利用される。此の装置の主要部は碎炭機 (Crusher)、乾燥機 (Drier)、微粉炭機 (Pulverier) である。先づ小型に粉碎された石炭は、炭槽に投入れそれから乾燥機に送られ水分1%内外まで乾燥されて遂に微粉炭機に入れられる。

第97圖は固定乾燥機を示すものである。第98圖はフーラー、ボンノ-微粉炭機を示すもので多數の鋼球を入れたシリンダーが毎分30



第97圖 固定型乾燥機



第98圖 フーラーボンノー微粉炭機

回轉し其の内部の送出装置によつて送込まれた石炭は、鋼球の回轉落下によつて微粉となり、篩を通り豫熱された空氣に押し上げられ集合溜に送込まれる。未だ微粉十分ならぬものは更に微粉機に歸り粉末となる。

## 第二十一章 煙突及通風

### 90. 通風 (Draught)

火格子上で燃料を燃焼させるには空氣が必要であるが、此の燃焼に要する空氣を通すことを通風と云ふ。通風の種類に二つある。

#### (1) 自然通風 (Natural draught)

煙突に依つて起させる通風であつて煙突通風とも云ふ。

#### (2) 人工通風 (Artificial draught)

送風機、噴出蒸汽等で起させる通風である。

### 91. 煙突 (Chimney or stack)

煙突の種類には次の四種類がある。

- (1) 赤煉瓦製(内部を耐火煉瓦で巻いたもの)
- (2) 鐵筋コンクリート製(内部耐火煉瓦張り)
- (3) 鋼板製(内部耐火煉瓦張り)
- (4) 鋼板製(内部に耐火煉瓦を捲かないもの)

以上數種の中で火力發電所に採用されるのは鐵筋コンクリート製と鋼板製とである。

鋼板製煙突は重量が軽く比較的丈夫な點で盛んに用ひられてゐる。大低下部(約25米位)を115耗の耐火煉瓦で張り上部を普通の煉瓦張りとする。ライニングの頂部には鑄鐵製の笠を設けて雨水の浸入を防ぐ。鐵筋コンクリート製煙突は設計と施行上充分の注意を要する。普通煙道取入口から15米を二級品の耐火煉瓦又は並通煉瓦で張つて、その重量は煙道口の下に設けた床又は直接基礎で支へる。頂部には往々鑄鐵製の笠を使用することもあるが大抵は硬いセメント仕上である。

煙突内の燃焼瓦斯は $200^{\circ}\sim 300^{\circ}\text{C}$ の高温を持つてゐる。従つて膨脹し外界の大氣より輕量である。煙突の理は圖に示す様に内部の空氣と外部の空氣との壓力の差を利用したものである。汽罐取締規則から云へば煙突の高さは、

- (1) 有煙炭……23米以上、
- (2) 無煙炭、練炭、重油……15米以上、

(3) コークス……9米以上,  
煙突の高さと、断面積との間  
に次の関係式がある。

$Q = 1$  時間當りの石炭消費  
量(吨)

$H =$  煙突の高さ(米)

$A =$  煙突の最小部の断面積  
(平方米)

とすれば、

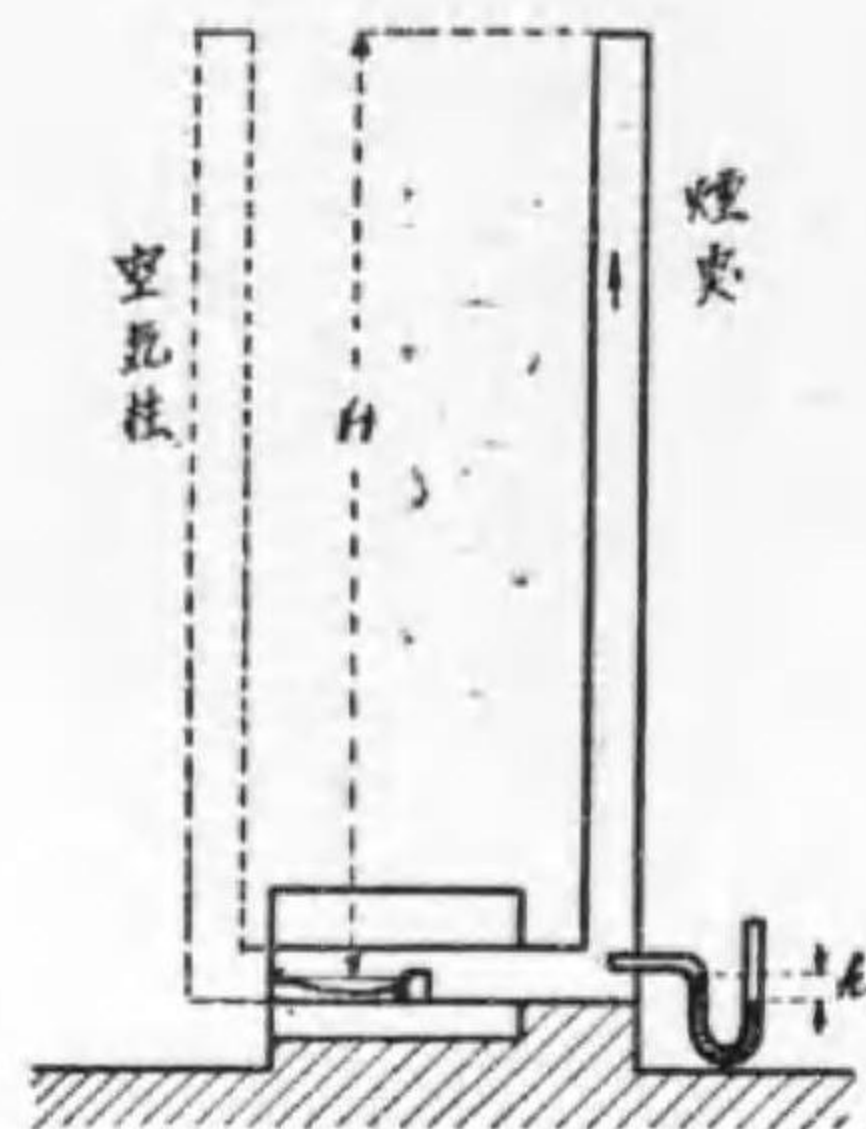
$$Q = (147A - 27\sqrt{A})\sqrt{H}$$

## 92. 人工通風(Artificial draught)

或は機械通風(Mechanical draught)

人工通風は自然通風を補ふ爲に送風機又は噴出蒸汽を利用する通風法で、之に**押込通風**(Forced draught)と**吸込通風**(Induced draught)の二種がある。押込通風は罐の外部から爐内に風を押し込むもので、爐内は大気壓以上に保たれ通風力は水柱20耗~200耗である。吸込通風は煙突下底に扇風機を取付け爐内の空氣を吸出すると同時に、之を煙突に押しやるので爐内は大気壓以下に保たれ、その通風力は水柱20耗~100耗である。吸込通風の利害得失は

- (1) 腐蝕又は損傷されることが多い。
- (2) 大型であり高價である。
- (3) 火格子上の石炭を平等に燃焼させることが出来る。



第99圖 煙突の原理

(4) 爐内を大気壓以下に保つから焚口を開いても押込式の様に  
火焰が爐外へ吹出す虞が無い。

大型罐には普通兩方を併用して所謂**平衡通風**(Balanced draught)にする。即ち火格子と燃料層の抵抗に打勝つだけの壓力を押し込通風で取り、煙道及煙突内の抵抗に必要な通風を吸込通風で取るもので、丁度爐内で略大気壓となる。

## 第二十二章 汽罐容量及能率

### 13. 火格子面積と燃焼率

(Grate area and rate of Combustion)

火格子面積は爐兩壁間の幅と其の長さとの積を以て表し、給炭機の傾斜せる場合は其の投影面積を以てする。火格子面積單位面積(平方米)にて毎時燃焼する石炭の重量(吨)を燃焼率と云ふ。此は火格子の状態、燃料の性質、通風度に關係し、蒸發量に及ぼす影響が大である。火格子並に燃料にはある最大燃焼値を持つており、之以上の燃焼は却つて汽罐能率を低下する。發電所では普通150~180吨/平方米/時位で最大300吨位である。

微粉炭及重油に對しては普通火爐容積1立方米を標準として燃焼率を表はし、微粉炭は10~35吨/立方米/時、重油は120吨である。

罐の種類		燃 燒 率	
		瓦/平方米/時	封度/平方呎/時
自然通風	陸用堅罐	50~75	10~15
	" 圓罐	75~100	15~20
	" 水管罐	100~125	20~25
人工通風	船用圓罐	100~200	20~40
	" 水管罐	150~250	30~50
	機關車罐	400~600	80~120

94. 傳熱面積、蒸發量及蒸發係數

(Heating surface, evaporative power and factor of evaporation)

罐胴、煙管、水管、過熱器等一側に水又は空気を充たせるもので火焰に接し熱を吸収する壁面を傳熱面と云ひ、其の全面積を傳熱面積と云ふ。此の面積は罐の型式に依つて大小差はあるが火格子面積との間に次表の様な關係がある。

罐	型	S = $\frac{\text{傳熱面積(平方米)}}{\text{火格子面積(平方米)}}$
コーニツシュ及ランカツシャー罐		20~30
煙管	堅罐	30~40 10~40
機關車罐 (誘引通風装置付)	可搬罐	40~100 40~60
船用スコツチ罐	{ 自然通風 押込通風	25~36 35~50
水管	罐	35~65

罐の蒸發量は1時間の全蒸發量を總傳熱面積で除した値、即ち單位傳熱面積當りの平均蒸發量で表はす。

罐	型	蒸發量瓦/平方米/時
堅罐		10~16
コーニツシュ及ランカツシャー罐		20~25
煙管	罐	15~20
船用罐		20~30
汽車罐		50~60
水管罐		20~36

(上表は蒸發量を示すものである)

二つの蒸發動作を比較するには同一條件に直してする必要がある。此の標準として基準蒸發量 (相當蒸發量とも云ふ) (Equivalent evaporation) と云ふ言葉を用ひる。之は或溫度で或壓力に在る水を蒸發するのに要する熱量を以て、若し標準氣壓の下で 100°C の水を如何程の同溫度の蒸汽に變へ得るかを其の蒸發量を以て表はしたものである。基準蒸發量と實際の蒸發量との比を蒸發係數 (Factor of evaporation) と云ふ。

今 W = 與へられる壓力或溫度に於ける蒸發量(瓦)

W<sub>1</sub> = 基準蒸發量(瓦)

H = 蒸汽1瓦の全熱量(瓦カロリー)

t = 給水の溫度(C)

とすると蒸發係數 f は

$$f = \frac{H-t}{539.3} = \frac{W_1}{W}$$

## 95. 汽罐の容量

汽罐は自ら一定の機械的工作をなすのでないから、その容量の表現方法が困難であるが、本来蒸發力で表はさるべきものである。

一般に次の三方法が用ひられる。

- (1) 蒸氣壓力、蒸氣溫度並に給水溫度を指定して1時間の規定給水量を以て表す。
- (2) 基準蒸發量を以て表はす。
- (3) 汽罐馬力數を以て表はす。(1馬力とはA.S.M.E.の規格にて1時間に100°Cの水15.7疋を同溫度の蒸氣に變へ得る能力)

其他傳熱面積や汽罐の寸法等でも表はす。

## 96. 汽罐能率 (Boiler efficiency)

汽罐に關しての能率は色々の見方があるが燃料の含有熱量と燃料の燃焼に依つて發生された有効熱量との割合を火爐能率 (Furnace efficiency) と云ひ、火爐で發生した有効熱量と蒸氣發生に利用された熱量、即ち汽罐で蒸發した蒸氣の保有熱量から給水の保有熱量を差引いたものとの割合を汽罐能率(汽罐の効率)と云ふ。併し普通は汽罐の能率とは汽罐及火爐の合成能率の事で、火爐に供給した燃料の含有熱量と蒸氣發生に利用された熱量との割合である。汽罐の能率は中には85%~90%のものもあるが平均75%位である。

## 例題 5

或汽罐にて次のものが與へられた時の、蒸發係數及汽罐の能率を求む。

蒸氣の壓力 = 8 疋/平方吋

給水の溫度 = 15°C

石炭1疋に付いての實際の蒸發量 = 7 疋

石炭1疋の發熱量による蒸發量 = 13 疋

解 蒸氣1疋の全熱量  $H = 662.3$  疋カロリ……蒸氣表から

$$\text{蒸發係數 } f = \frac{662.3 - 15}{539.3} = 1.201$$

實際の蒸發量  $W = 7$  疋

∴ 基準蒸發量  $W_1 = 7 \times 1.201 = 8.41$  疋

$$\text{汽罐の能率} = \frac{8.41}{13} = 64.7\%$$

## 第二十三章 蒸氣タービン

## 97. 概 説

蒸氣タービンは羽根車の周圍に同じ間隔を置いて羽根を取付け、其の羽根に蒸氣を作用せしめて車に直接廻轉運動を與へるものである。蒸氣タービンが實用的の原動機として世の中から認められるに至つたのは近世の事であるが、在來の往復機關 (Reciprocating engine) に比べて種々の點に於て勝れてゐるから陸用にも船用にも廣く用ひられる様になつた。



## 98. 蒸気タービンの分類

- (I) 蒸気タービンを蒸気的作用に依つて分類すると
- (A) 衝動タービン (Impulse turbine)
  - (B) 反動タービン (Reaction turbine)
  - (C) 混式タービン (Combination turbine)
- (II) 蒸気の流れる方向に依つて分類すると、
- (A) 軸流タービン (Axial flow turbine)
  - (B) 輻流タービン (Radial flow turbine)
  - (C) タンゼンシャルタービン (Tangential flow turbine)
- (III) 蒸気の使用状態に依つて分類すると、
- (A) 高圧タービン (High pressure turbine)
  - (B) 低圧タービン (Low pressure turbine)
  - (C) 背圧タービン (Back pressure turbine)
  - (D) 抽汽タービン (Extraction turbine or Bleeder turbine)
  - (E) 廢汽タービン (Exhaust turbine)
  - (F) 混壓タービン (Mixed pressure turbine)

背圧タービンはタービンに相當の壓力のある蒸気を吐出さしめ之を他の用途に使用するものである。

抽汽タービンはタービンの中段より蒸気を抽出し之を他の目的に使用するものである。

廢汽タービンは蒸気機關等の廢汽を使用する低圧タービンである  
混壓タービンは高低兩壓タービンを備へ蒸気機關等の廢汽充分で

ある時は、低壓タービンのみ使用し廢汽不足する時は高壓タービンに新たな高壓蒸気を使用する様にしたものである。

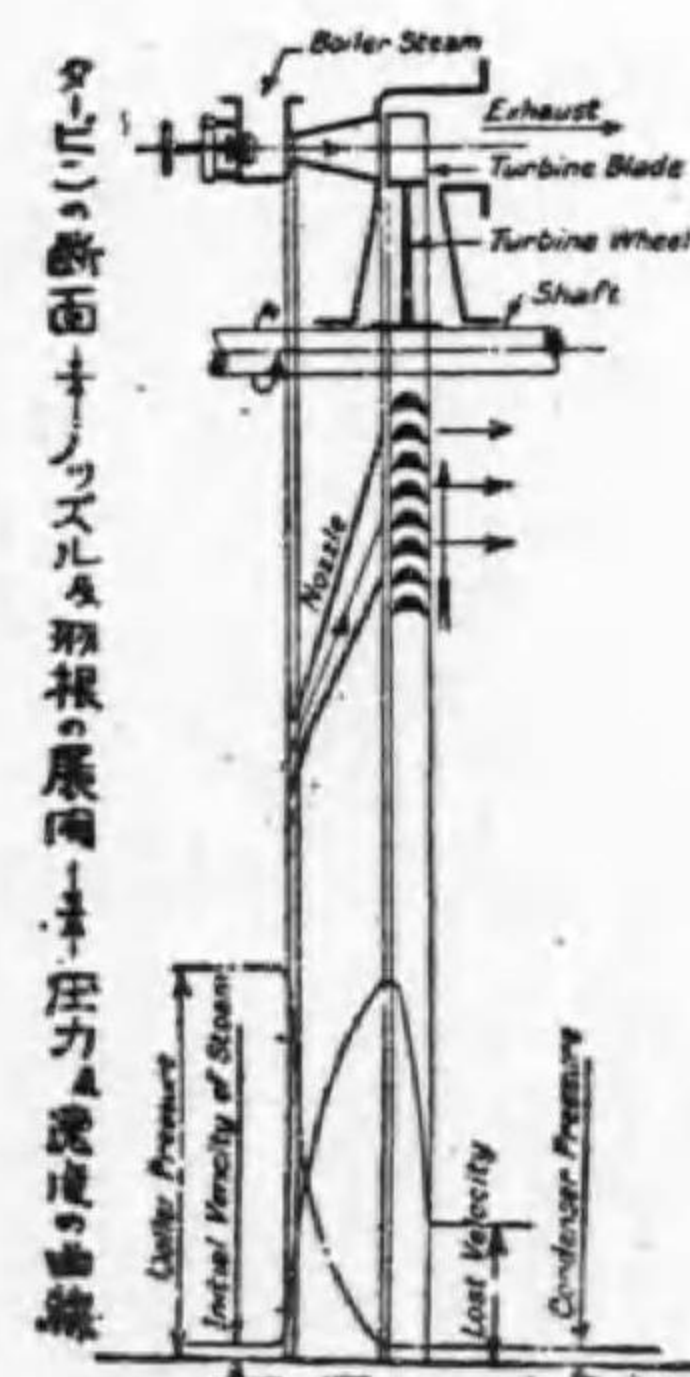
## 99. 衝動タービン (Impulse turbine)

衝動タービンを分けると

- (1) 單式衝動タービン (Simple impulse turbine)
- (2) 複式衝動タービン (Compound impulse turbine)

## (1) 單式衝動タービン

此のタービンはドラバル博士 (Dr. Gustaf De Laval) に依つて創案され、衝動式タービンの中最初に發達した最も簡単な型式で、蒸気はノズル通過中に膨脹し壓力エネルギーを失ふ代りに運動エネルギー即ち速度を得、其の運動エネルギーを羽根車に附與し之を廻轉

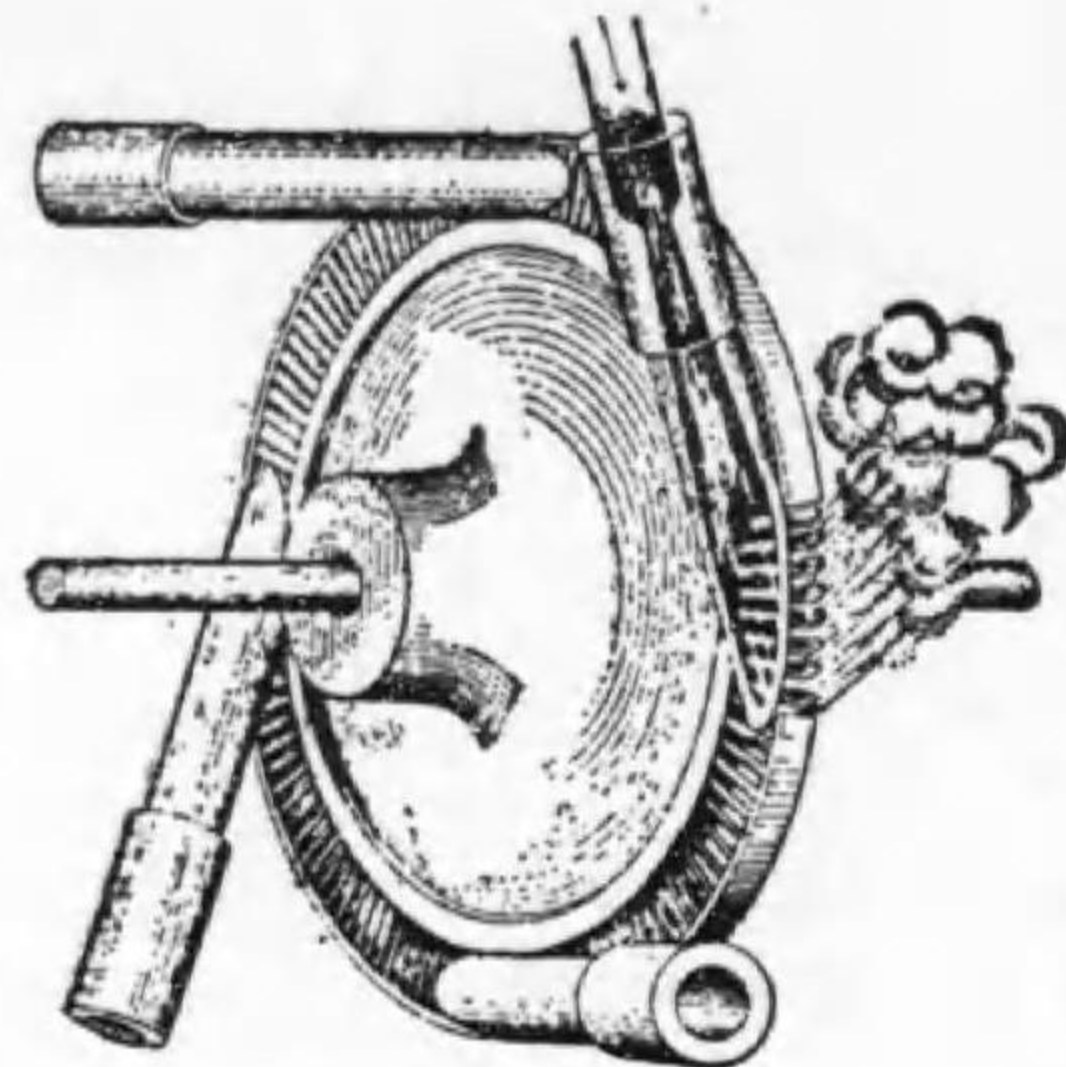


- Boiler Steam (汽罐蒸気)
- Exhaust (廢汽)
- Turbine Blade (タービン羽根)
- Shaft (軸)
- Nozzle (ノズル)
- Boiler Pressure (汽罐壓力)
- Initial Velocity of Steam  
(蒸気の初速度)
- Lost Velocity (損失速度)
- Condenser Pressure (復水器壓力)

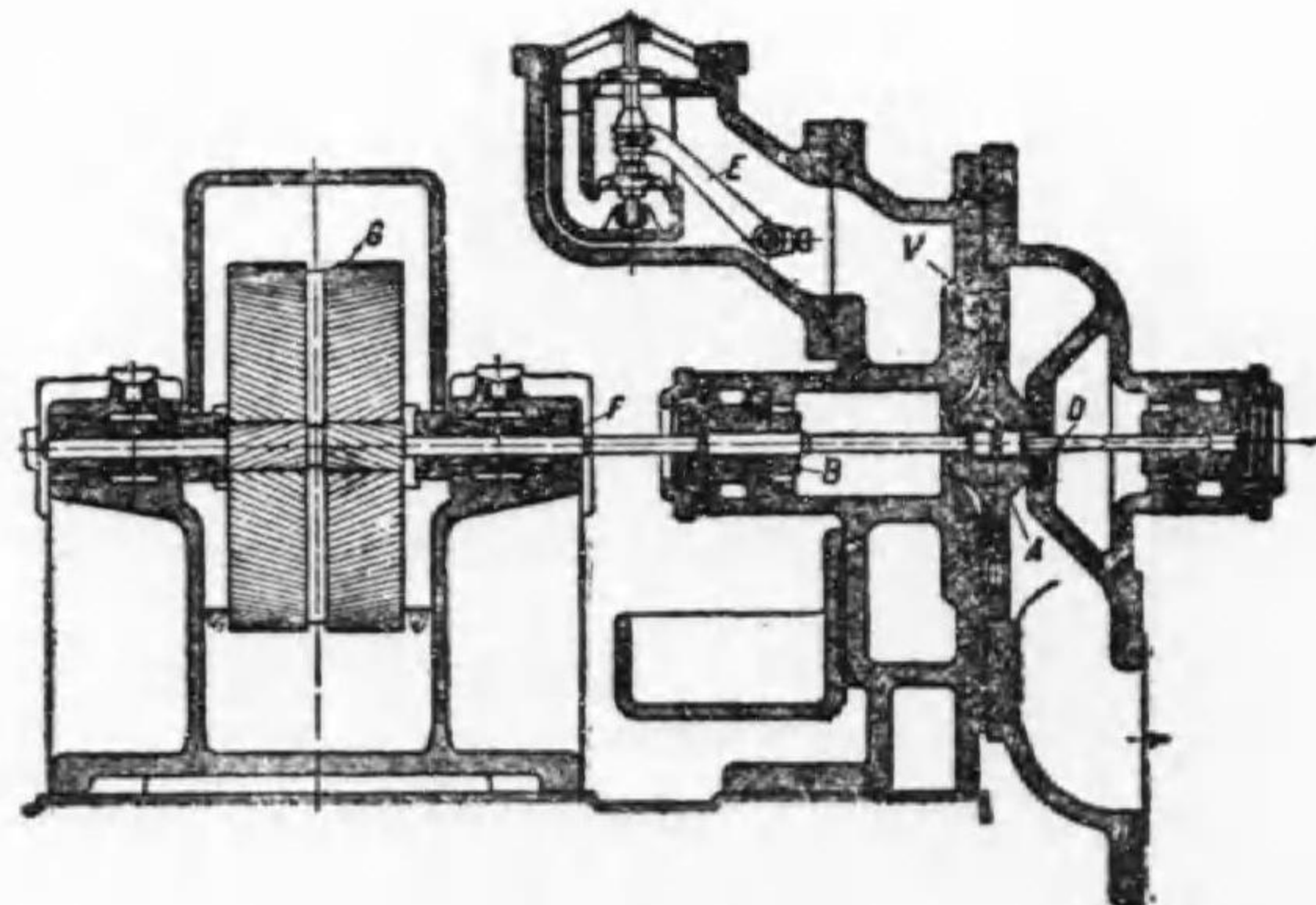
第100圖 單式衝動タービンの構造圖解

させるものである。羽根の入口出口に於ける壓力は不變である。即ち蒸気の膨脹はノズル内で復水器の壓力迄一時に行はれる。

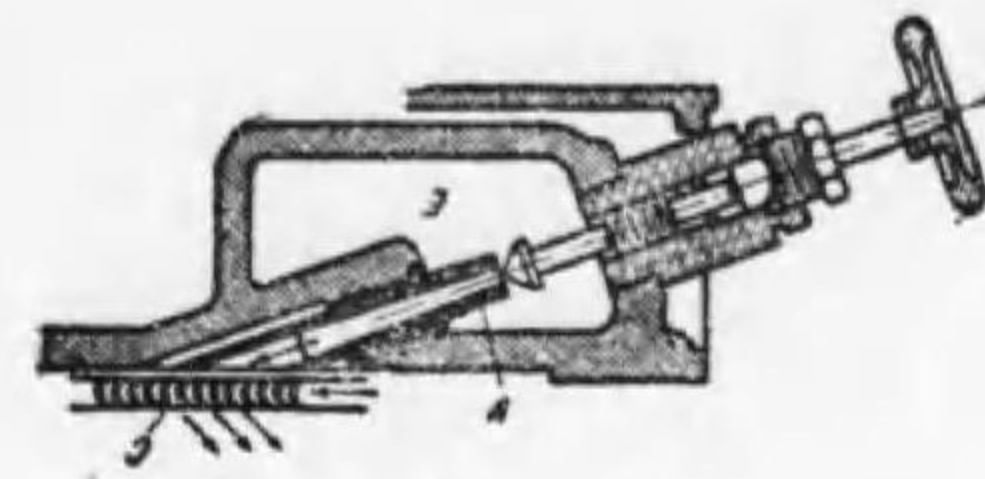
第100圖は單式衝動タービンの作用を圖解したものである。蒸気は唯1回の膨脹で壓力を降下せしめるから蒸気の色度は非常に大になり、従つて車の廻轉數は増大し1分間10,000~30,000にも達する。故に工作及材料の選定に特別の吟味を要し且つはすば齒車の減速裝置が要る、其の上に熱の損失が多いから大馬力用に適しない。



第101圖



第102圖



第103圖

第102圖は瑞典 (Aktiebolaget De Laval angturbin) 製30馬力のものでAは羽根車、Vはノズル、Eは調速弁、Gは減速齒車である。

第103圖はノズルを示す。

### (2) 複式衝動タービン

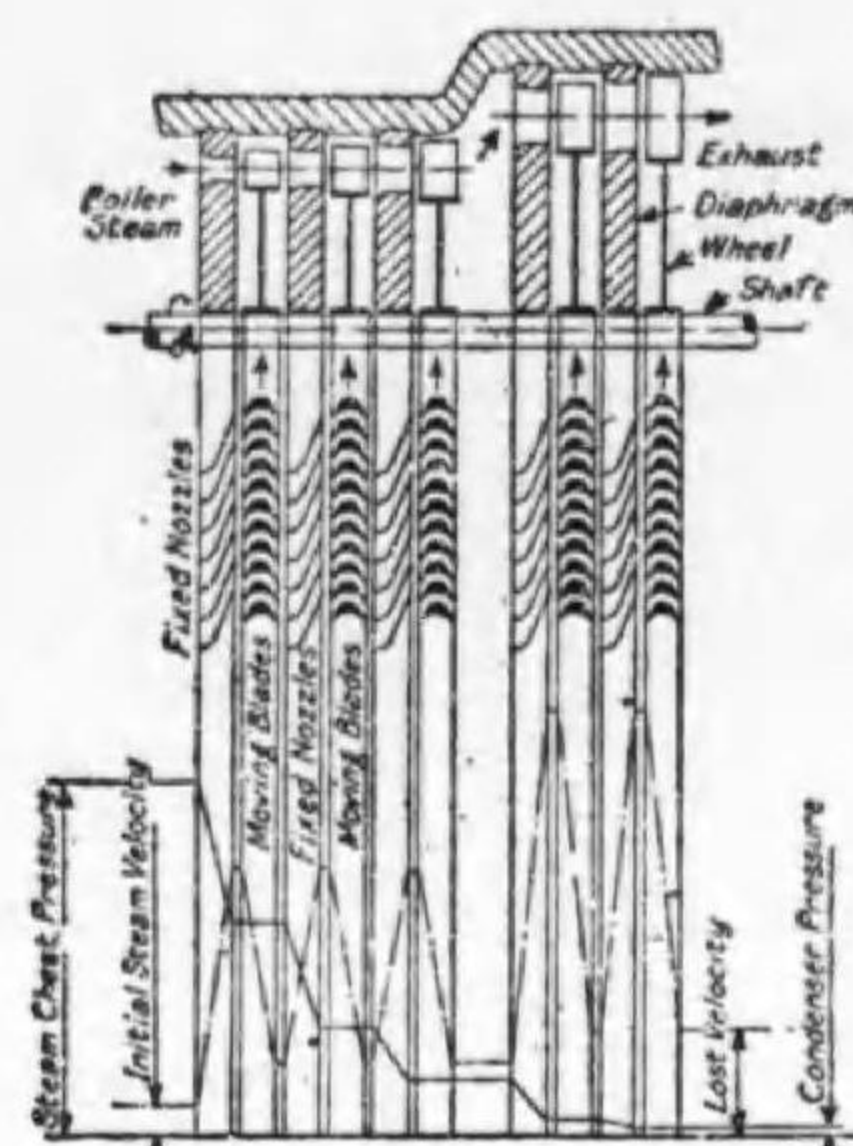
これを更に分けると次の三種がある。

- (a) 壓力複式衝動タービン (Pressure compounded impulse turbine)
- (b) 速度複式衝動タービン (Velocity compounded impulse turbine)
- (c) 壓力速度複式タービン (Pressure velocity compounded impulse turbine)

#### (a) 壓力複式衝動タービン

前述の單式タービンでは餘り高速度で實用的ではないから之を多數の段に分ち各段毎にノズルで壓力を落し、速度として動き羽根に衝撃を與へる様にしたものである。

第104圖に此のタービンの作用を示す。圖の様に單式衝動タービンを並べたものと考ふれば良い。各段落に於ける熱降下を適當にしてタービンの全熱降下を増し併せて排棄殘留エネルギーも減じて全効率を高め得られる。又廻轉數は羽根車數を増すと共に減少して減速裝置が不要となる。現在衝動式タービンの代表的型式として廣く



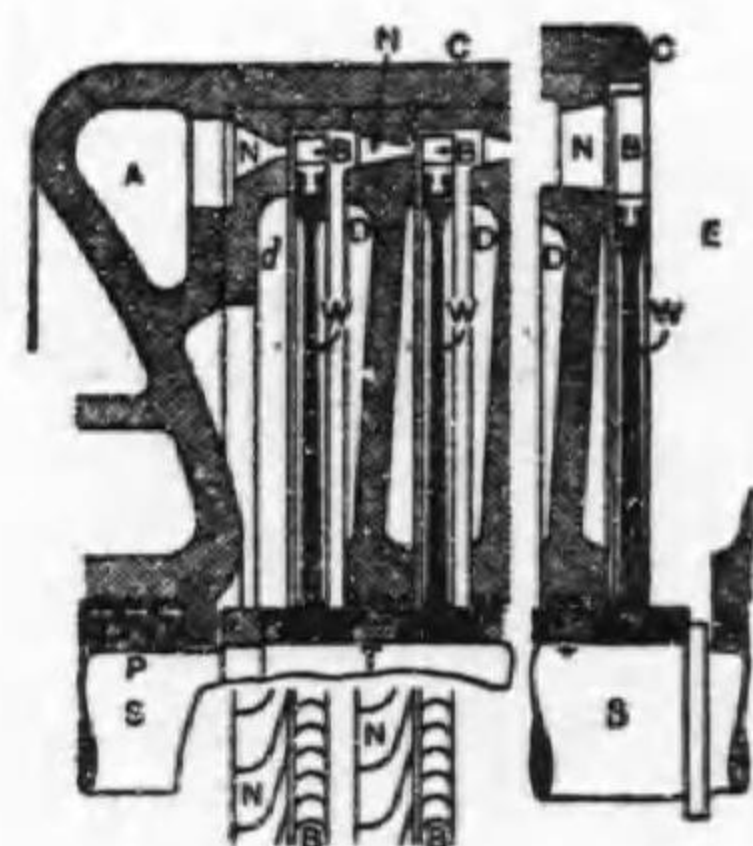
タービンの断面より羽根の展開による圧力及速度曲線

- Boiler Steam (汽罐蒸気)
- Exhaust (廢汽)
- Diaphragm (仕切板)
- Wheel (羽根車)
- Shaft (軸)
- Fixed Nozzle (固定ノズル)
- Moving Blade (動き羽根)
- Fixed Blade (固定羽根)
- Steam Chest Pressure (蒸気室壓力)
- Initial Steam Velocity (蒸気の初速度)
- Lost Velocity (損失速度)
- Condenser Pressure (復水器壓力)

第104圖 壓力複式衝動タービンの構造圖解

此の式が採用され製作される理由は茲にある。

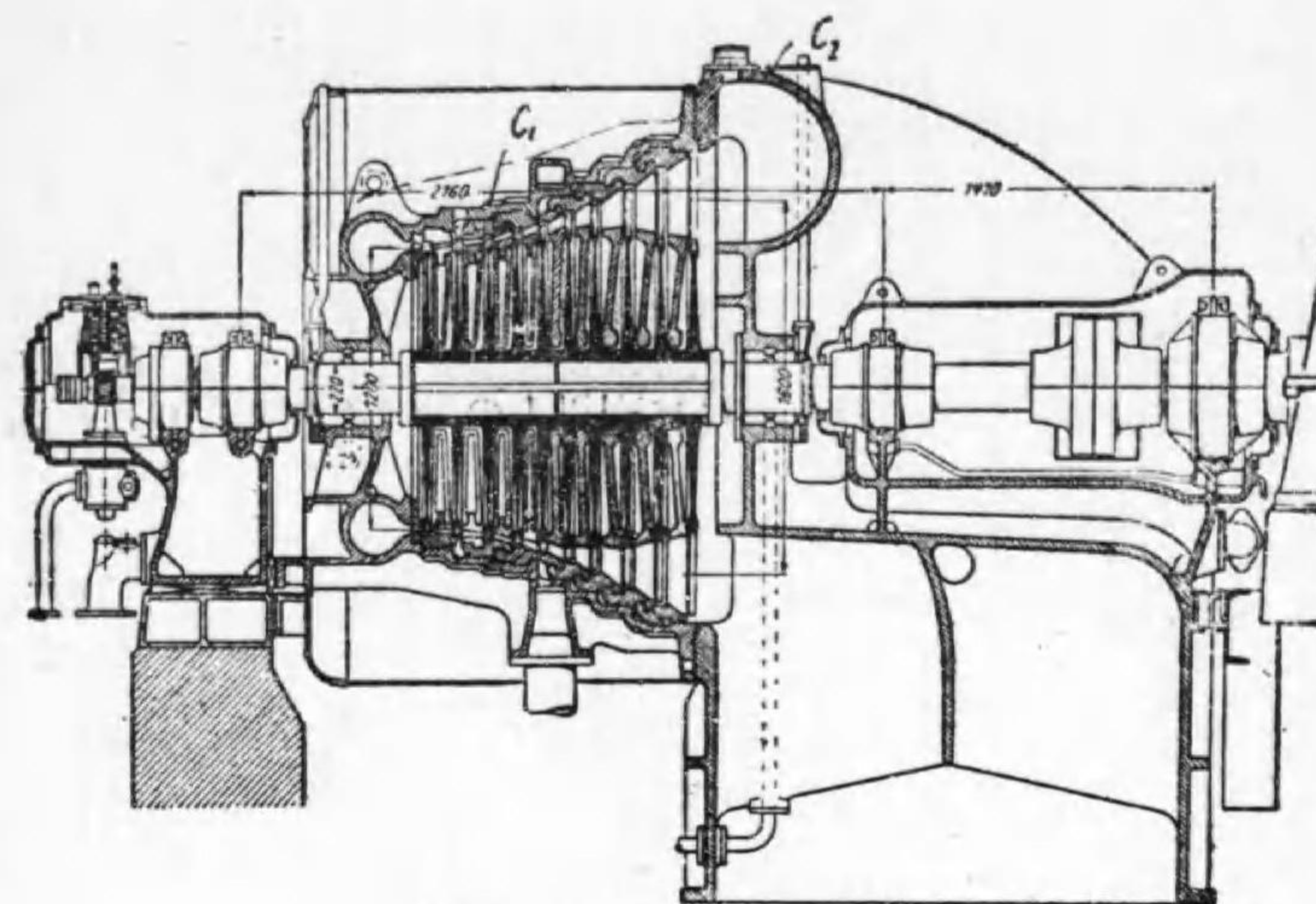
多車式ドラバルタービン、ラトタービン (Rateau turbine), 及びツェリータービン (Zoelly turbine) 等は之に屬す。



第105圖

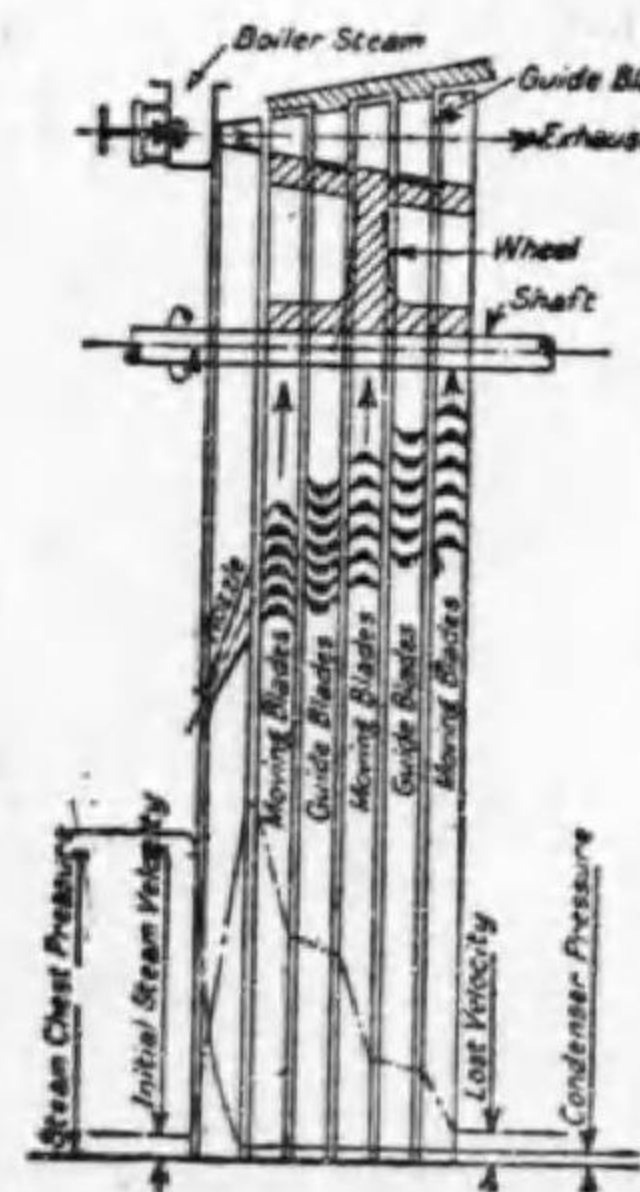
第105圖は此の種のタービンの一部の構造を示すものでCはケーシング, Dは仕切板, Wは羽根車, Bは羽根である。

第106圖はEW社ツェリータービンである。出力11,000 KW. 回転數3000である。



第106圖 ツェリータービン

(b) 速度複式衝動タービン



タービンの断面より羽根の展開による圧力及速度曲線

- Boiler Steam (汽罐蒸気)
- Guide Blade (案内羽根)
- Exhaust (廢汽)
- Wheel (羽根車)
- Shaft (軸)
- Nozzle (ノズル)
- Moving Blade (動き羽根)
- Guide Blade (案内羽根)
- Steam Chest Pressure (蒸気室壓力)
- Initial Steam Velocity (蒸気の初速度)
- Lost Velocity (損失速度)
- Condenser Pressure (復水器壓力)

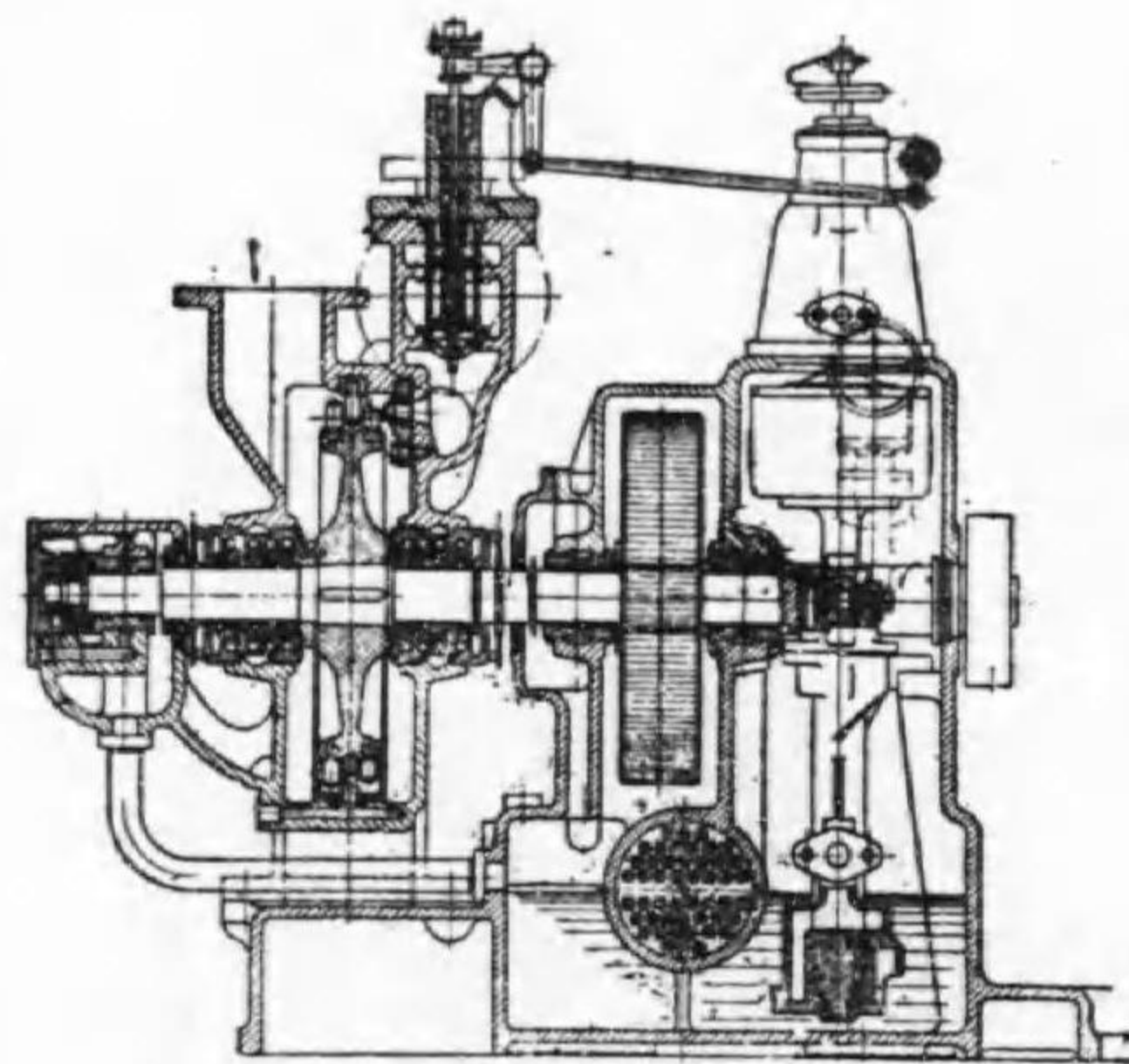
第107圖 速度複式衝動タービンの構造圖解

速度複式衝動タービンとは蒸気の圧力はノズル内で下降して以後は最後迄圧力一定で蒸気の流れはノズルの出口を最高とし、段々に低下して行く衝動タービンである。此の型式のタービンは又蒸気流動の有様に依つて次の様に分類さる。

- { 単流入式 (Single entry type)
- { 再流入式 (Re-entry type)

単流入式とは一つの羽根車上に二列以上の動羽根列を設け、蒸気を軸方向に流動さす

型式で廣くカーチス (Curtis) 式と云ふ型式である。それに反して多くの羽根車列を用ひずに唯一つの羽根列に蒸気を繰返して流入利用する型式を再流入式と名付ける。之に屬するも



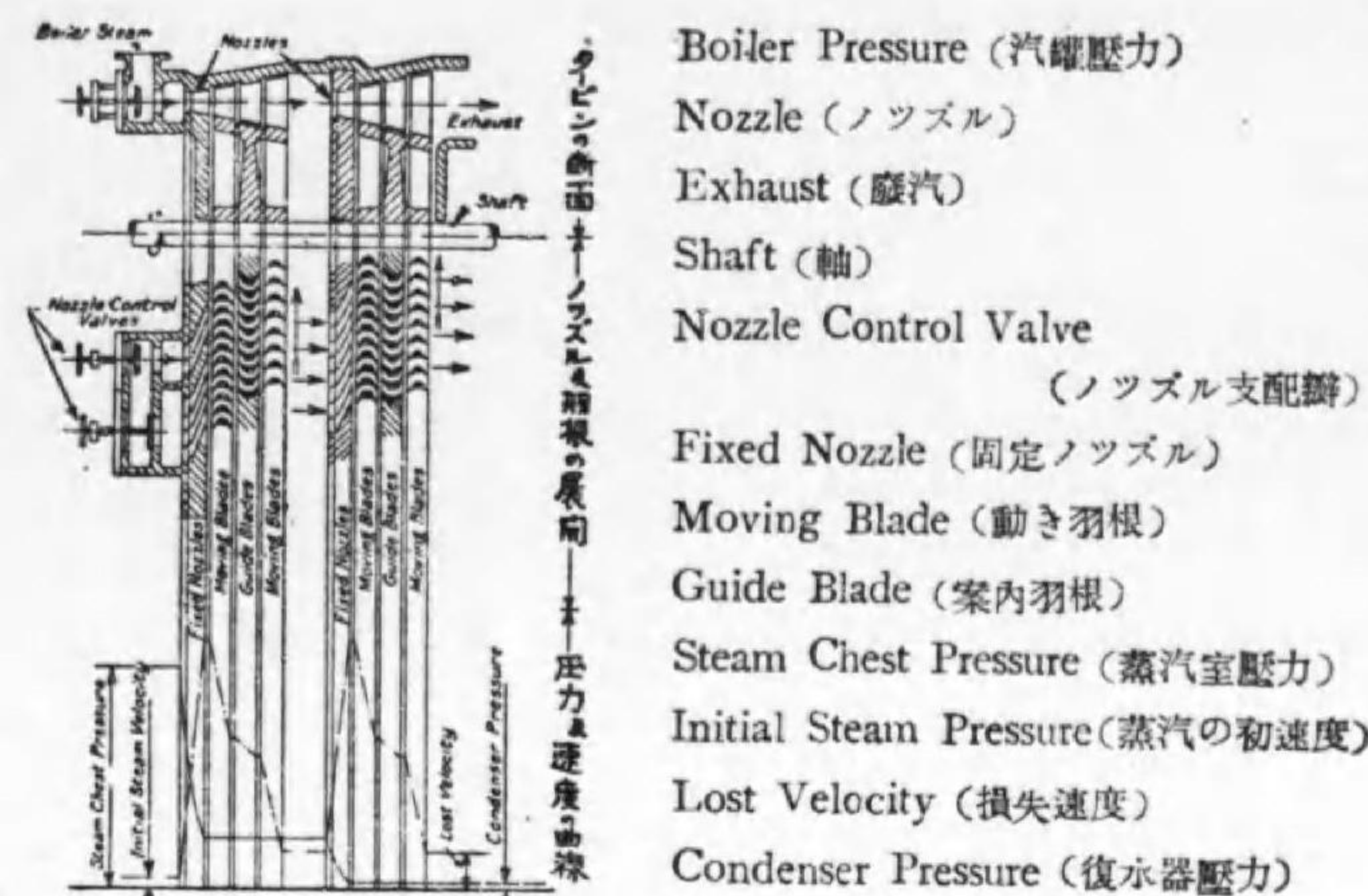
第 108 圖 小型カーチスタービン

のにスターテヴァントタービン (Sturtevant turbine) 等がある。

第108圖は小型のカーチスタービンである。

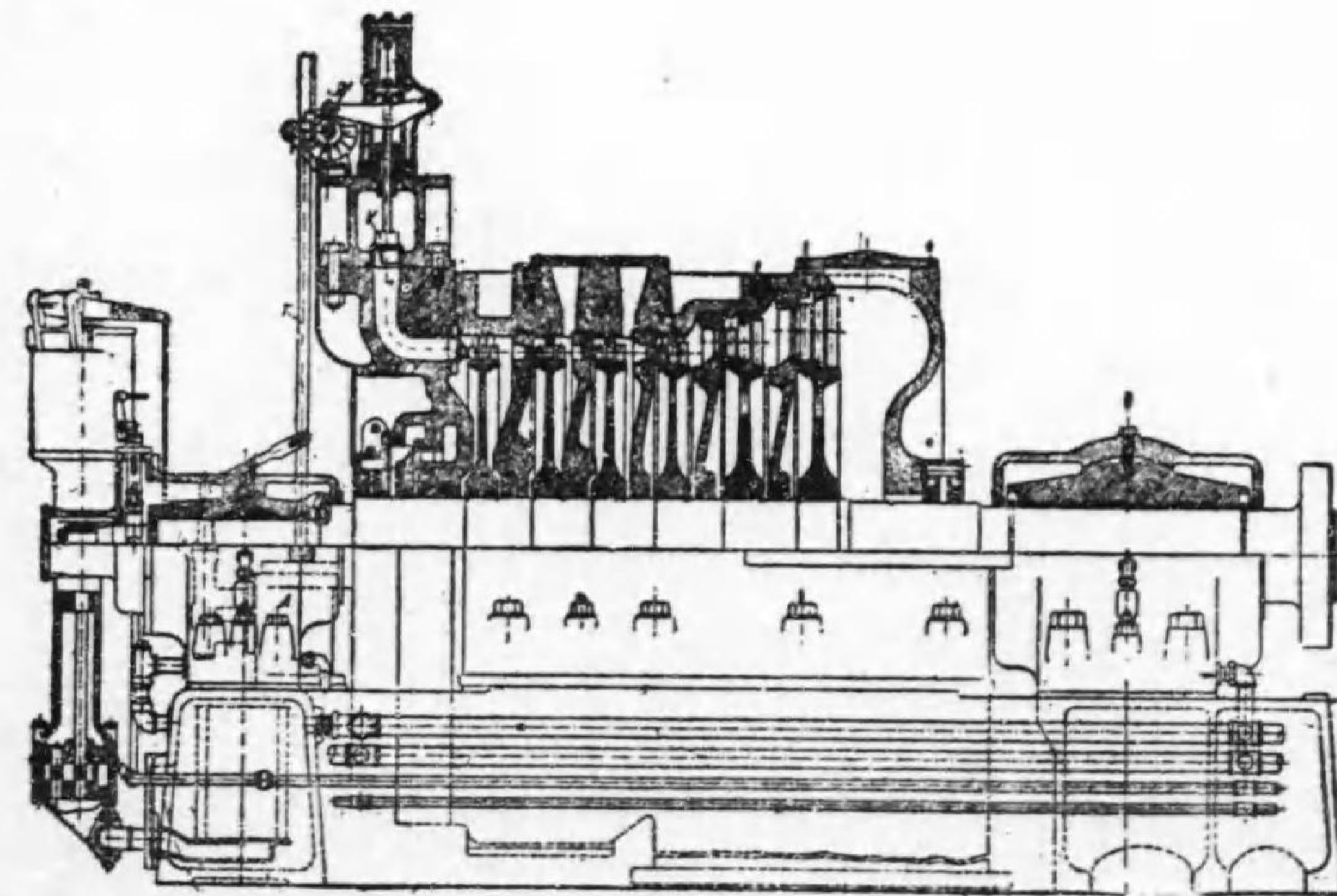
(c) 壓力速度複式タービン

之は壓力段落を二段以上とし、其の各段を速度複式にしたものである。第 109 圖は此の作用を示す。此のタービンは米國のカーチス (C. G. Curtis) に依り發明されて廣く用ひられたが、其の効率の點で



第109圖 壓力速度複式衝動タービンの構造圖解

多段單列衝動タービンに劣るから現今は其の大型タービンは製作されてゐない。



第 110 圖 壓力速度複式タービン

第110圖は3,200kw, 1800r.p.m. の壓力速度複式タービンである。

100. 反動タービン (Reaction turbine)

之は多數の段よりなり固定羽根の中に於て一部の壓力が落ちて速度を増し、動羽根に衝撃を與へ更に動羽根の中でも一部の壓力が落ちて膨脹が起り其の反動力に依つて仕事を與へる。即ち蒸気の膨脹は固定及動羽根の兩方の通路に於て起り、兩方の羽根共、出口の壓力は入口のそれよりも少い。之は純反動ではなく丁度水の反動タービンと同様に衝撃及反動兩方の力を利用するものである。

此の反動タービンを更に分類すると

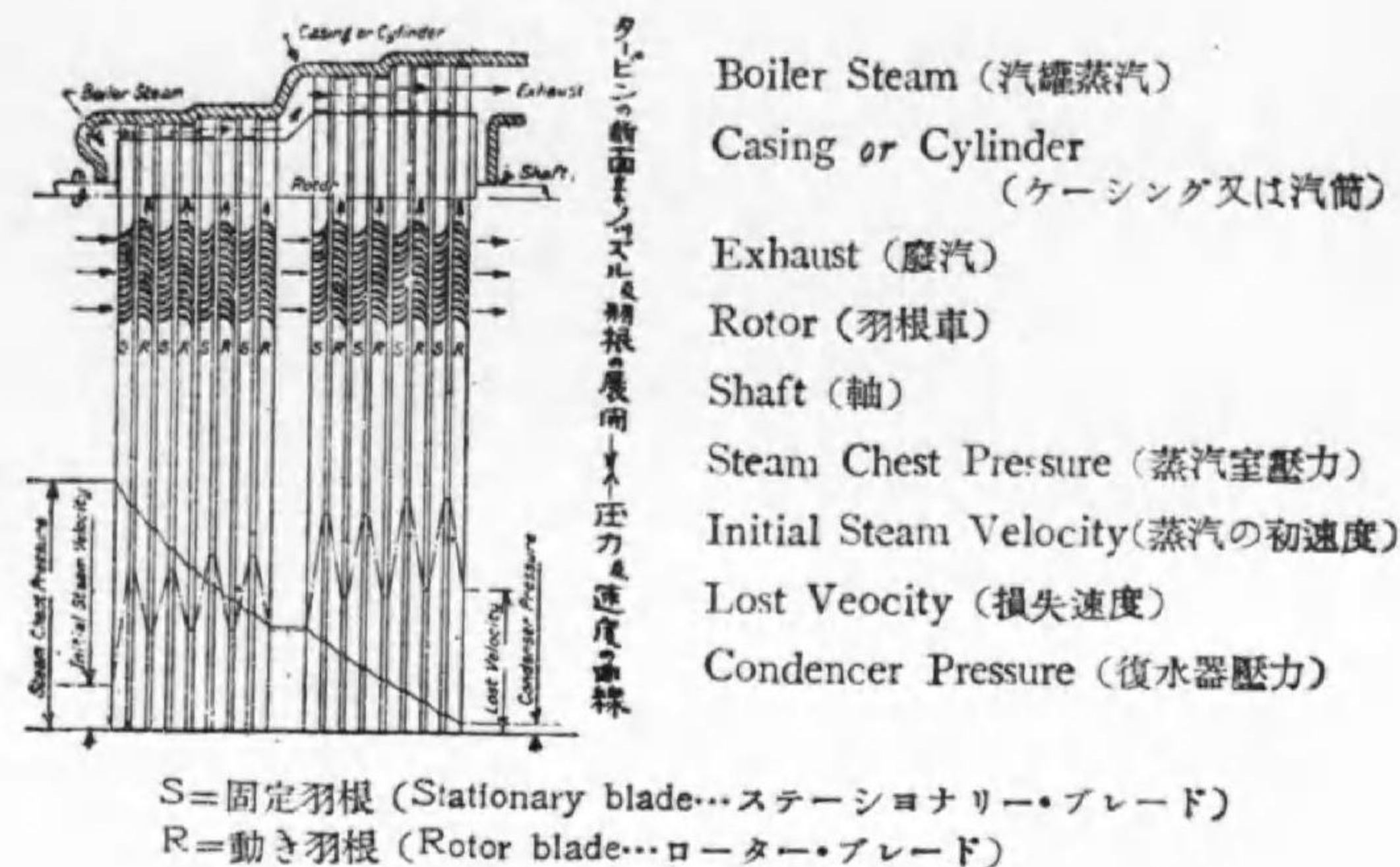
軸流反動タービン (Axial flow reaction turbine)

輻流反動タービン (Radial flow reaction turbine)

の二種がある。

(1) 軸流反動タービン

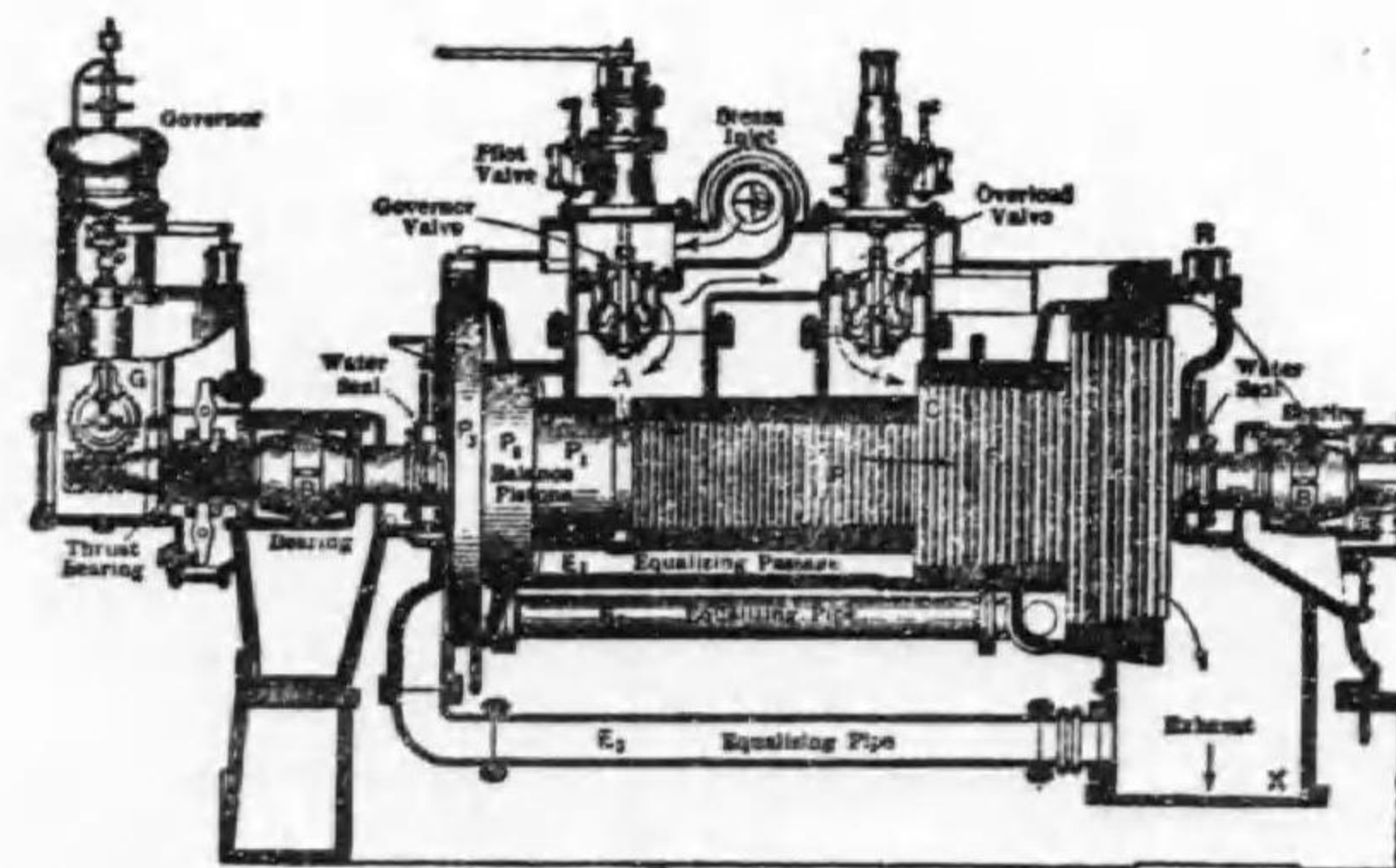
蒸気は軸に平行な方向に流れる。本式にはパーソンズ式だけがある。第111圖に示す様に多數の固定羽根列Sが外の車室(Casing)に取付られ、其れと一つ置に並べて多數の動羽根列Mが回轉胴に取られる。固定羽根、動羽根の數列を一群とし、其の一群の羽根の高さ及び羽根車の直径を同一にし、蒸気體積の増加に伴はれ階段式に其の一群の直径を増し通路面積の増加を計る。本式は蒸気が一方のみに流るゝ爲、羽根車を其の方向に押付けるからダンミー (Dummy) といふ一種の釣合せピストンを設け蒸気の入る側より高壓蒸気で押さしめ、其の反対側よりは膨脹途中より一部分岐せる蒸気を當てゝ平



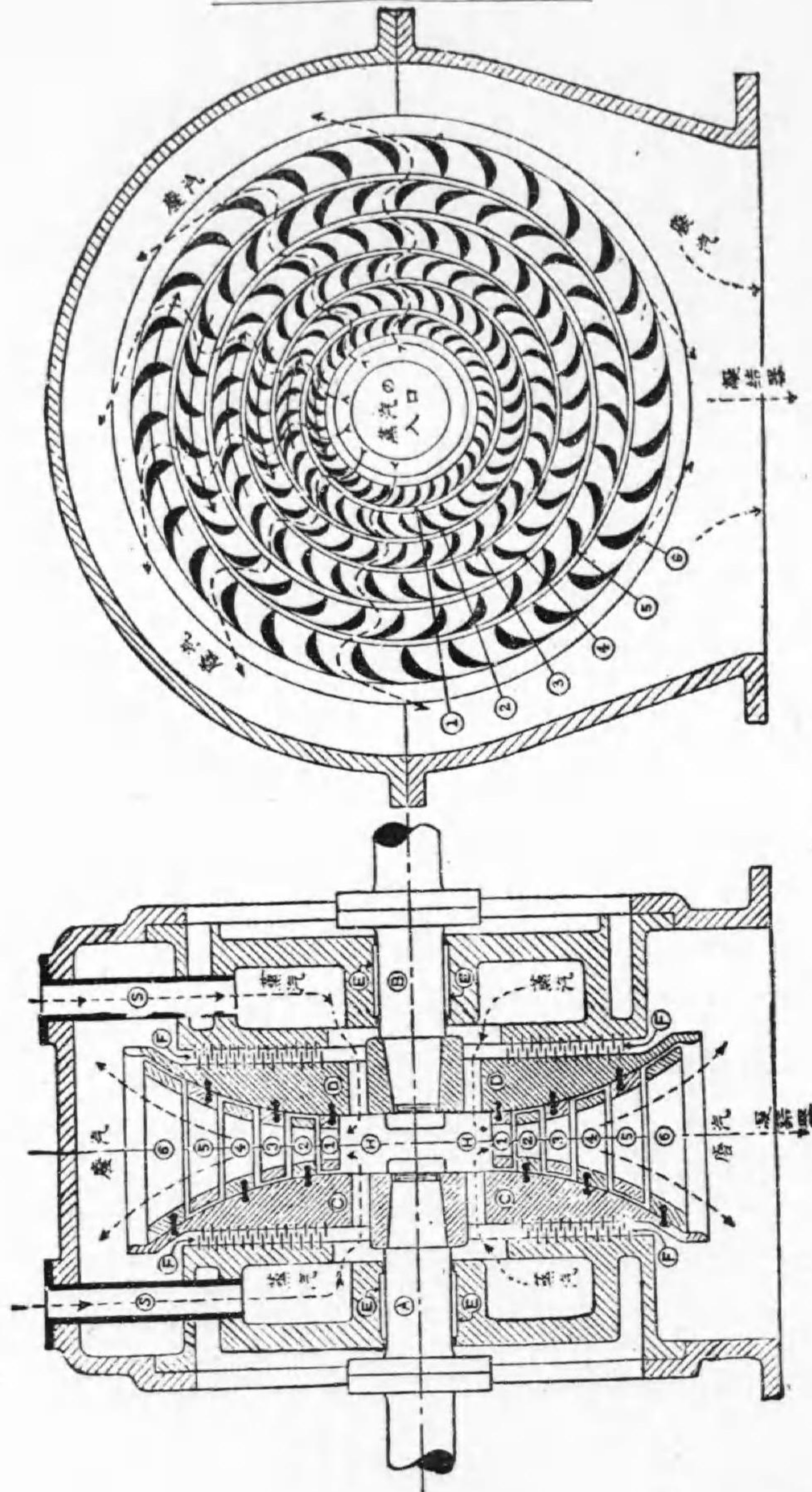
第111圖 軸流衝動反動タービンの構造圖解

衡せしめる。

第112圖は米國のウェスチングハウス社にて製作する300~3000キロワットのものである。蒸笛を  $R_1 R_2 R_3$  の三段に分け之に對して三つの釣合せピストン  $P_1 P_2 P_3$  を設け管  $E_1 E_2 E_3$  に依つて連絡する。



第112圖 軸流反動タービン



第 113 圖

Sはストレーナー，Bは軸受である。

(2) 輻流反動タービン

輻流タービンは羽根を同心圓上に一段或は數段輪狀に配列し蒸汽は内方より外方周圍方向に放射狀に放出される。之に單運動式と複運動式がある。輻流反動タービンとして知られたるものに**ユングストロームタービン**(Ljungström turbine)一名**スタルタービン**(Stal turbine)がある。之は複運動式がある。此のタービンの缺點は製作には非常に精密を要すると云ふ點であるが次の様な利點がある。

- (a) 複運動式であるから羽根の關係速度は普通の場合の2倍である。従つて小型で場所を取る事少く基礎も手輕で良い。
- (b) タービンの車室は殆ど復水器と同一の壓力及溫度である。従つて大きな強さを要しない。又熱の放散も少いから保温を施す必要もない。
- (c) 普通のものに比べて2倍の高速で働いてゐるから羽根の數は少くて効率が良い。

第113圖はユングストロームタービンの構造及蒸汽の流通方向を示す骨組圖である。A軸に車盤Cを固定しB軸に車D盤を固定す。之等の車盤の内面に羽根環を交互に取付けてある。羽根環2, 4, 6はC盤に, 1, 3, 5はD盤に取付けられる。A軸が一方向に廻轉すればB軸は逆方向に廻轉する。蒸汽は2本の蒸汽管SSから汽胴に這入つて來て車盤C及Dに穿てる孔を通つて中央の蒸汽室に集り, 羽根列の間を曲つて流通し最外の羽根列6を通過し廢汽となり廢汽口を通つて復水器に入る。車盤C及Dの裏面には夫々**ラビリンスパッキ**

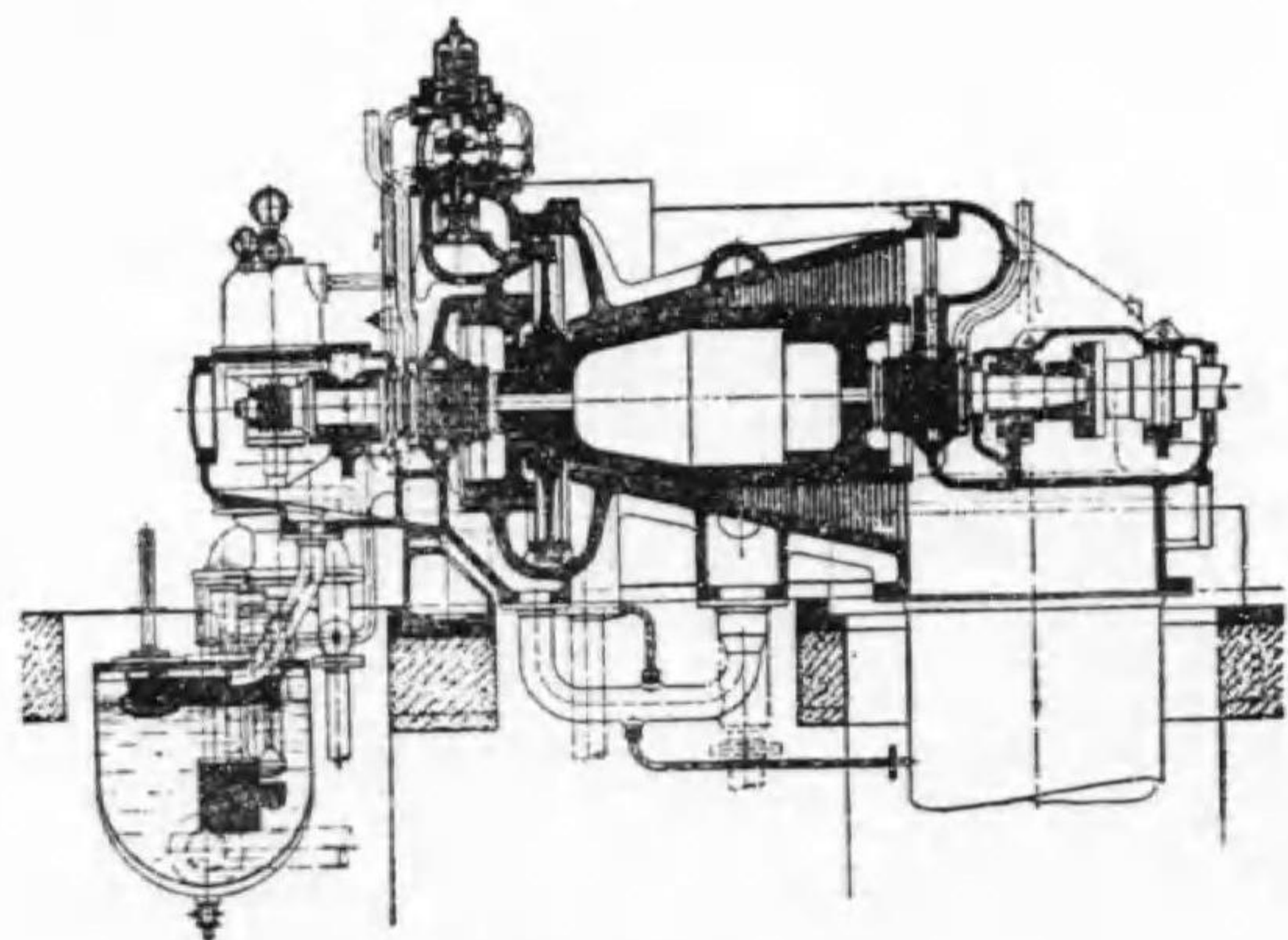
ング (Labyrinth packing) を備へて高圧蒸気が裏面の隙間から廢汽室へ逸出するのを防ぐ。又車軸 A 及 B が汽胴蓋を貫く所にも特種の汽止装置を設けて蒸気が外側へ逸出するのを防ぐ。

### 101. 混式タービン (Combination turbine)

衝動式、反動式は夫々各型式に分たると雖も各々一長一短がある。一般に衝動式は高圧部に、反動式は中圧部に適當するので近時之等を合成せるものを作り蒸気壓を高くして衝動部に用ひ、此處に於て全出力の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ を出させ、殘部熱力を反動部に送つて其の特徴を充分發揮させる。従つて現今大容量のものは専ら本式である。

衝動部構造の型式に依つて次の三つに分ける。

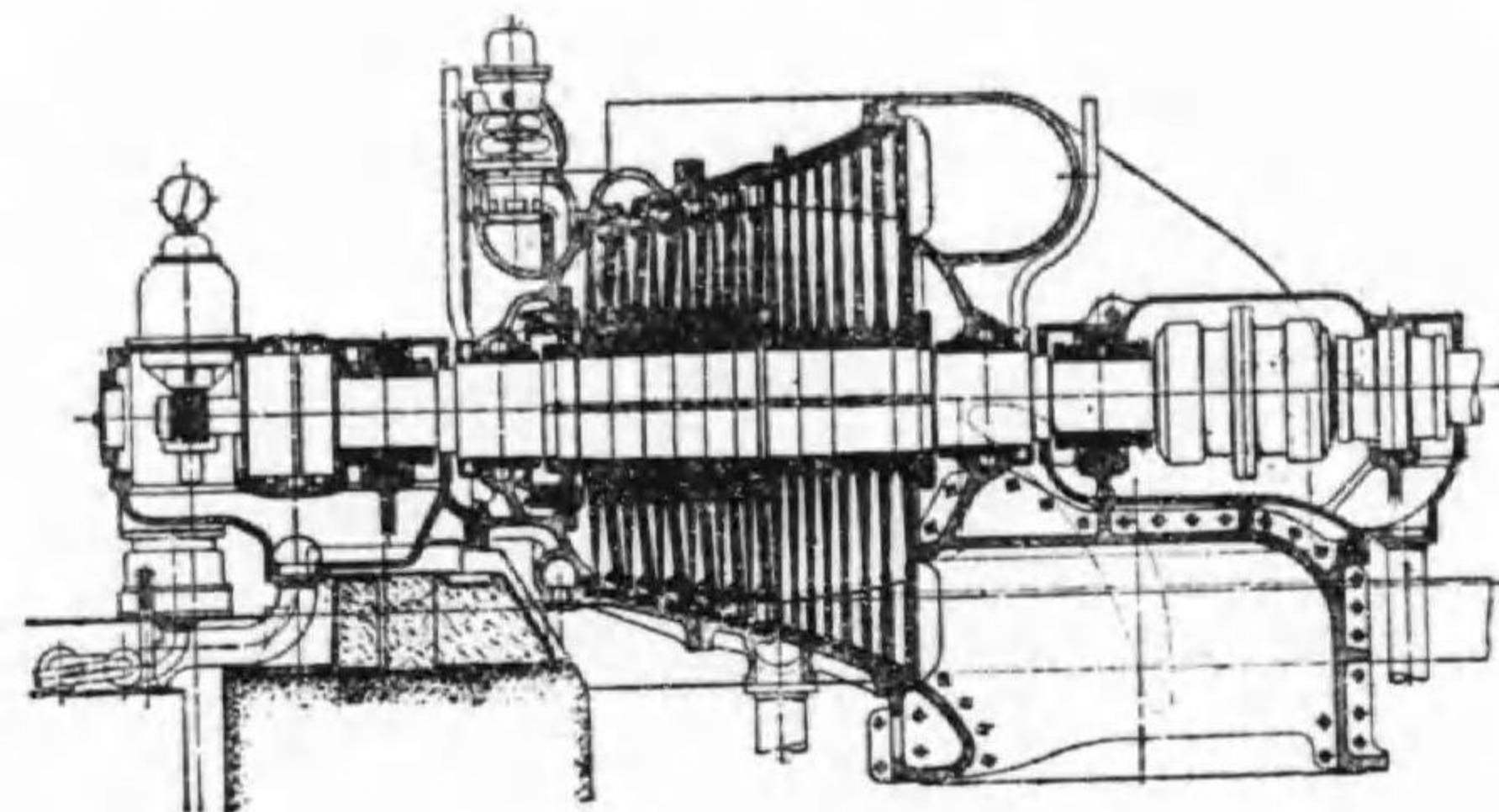
- (1) 複速衝動反動タービン
- (3) 單列又は複壓衝動反動タービン
- (3) 複速複壓衝動反動タービン



第 114 圖 複速衝動反動タービン

複速衝動反動タービンは高圧端に複速段落(カーチス段落)を設ける。此の型式はタービンの全構造を簡単にし得る爲に在來廣く製作されたもので、現在でも餘り高効率を必要としない小型並に中型のものは此の式が多い。

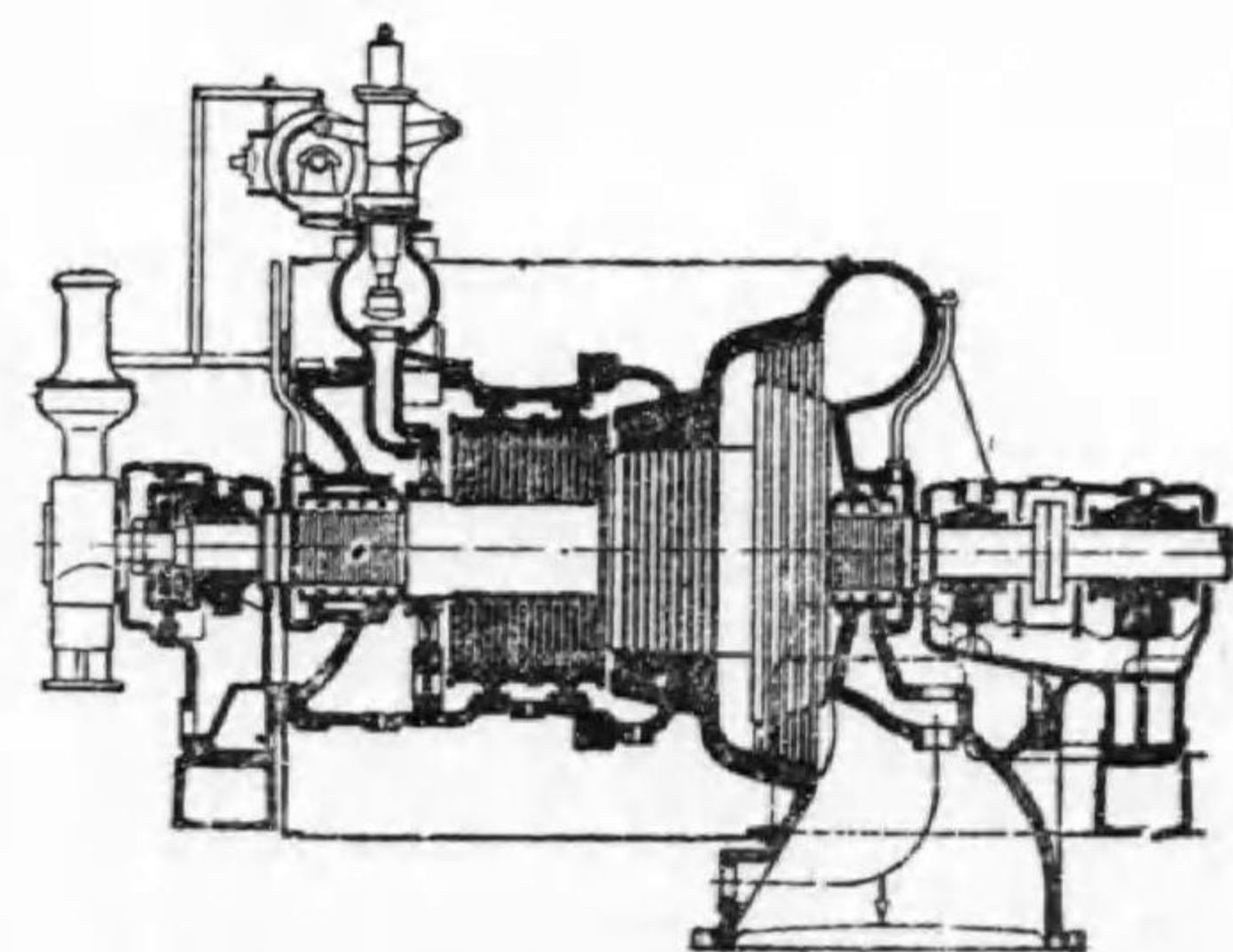
第114圖は複速衝動反動タービンであつてブラウンボベリー社製、出力500~2,000キロワット廻轉數3000~3600である。



第 115 圖 複壓衝動反動タービン

第115圖はブラウンボベリー社製複壓衝動反動タービンにして出力30,000~40,000キロワット回轉數1,500である。

第116圖はアエグ社製複速複壓衝動反動タービンである。



第 116 圖 複速複壓衝動反動タービン

出力5,000キロワット，廻轉數3000である。

### 102. 複式タービン (Compound turbine)

蒸気タービンは往復動汽機の如く単式(Simple type)と複式(Compound type)に分けられる。複式タービンとは蒸気を二つ以上の分離せる汽筒 (Cylinder) 内を通して膨脹さすもので軸の配列によつて次の様に分類される。

- (1) 串型複式(Tandem compound type)
- (2) 横並び型複式(Cross compound type)
- (3) 塔型複式(Steeple compound type)

串型複式では各汽筒の軸は連結されて同一軸系として用ひられるに對して，各汽筒の軸を分離して横に配列して用ふる場合を横並び複式，上下に配列する場合を塔型複式と名付ける。

### 103. 調速装置 (Governing device)

調速装置はタービンの速度を大體所定の速さに調整し，タービン運轉の安定を目的とするものである。一般に蒸気タービンは主調速機(Main governor)と非常調速機(Emergency governor)の二種の装置を備へてゐる。主調速機は一般に規定速度の5%以内に速度を調整し得，非常調速機は補助乃至は代理をなすものである。又超負荷調速機(Over load governor)を具へ過負荷の場合中段へ生蒸気を送をことにしたのものもある。遠心錘の作用によつて蒸気供給弁を適宜開閉して蒸気量を調節する。弁の動作は小容量の特別の場合の外は

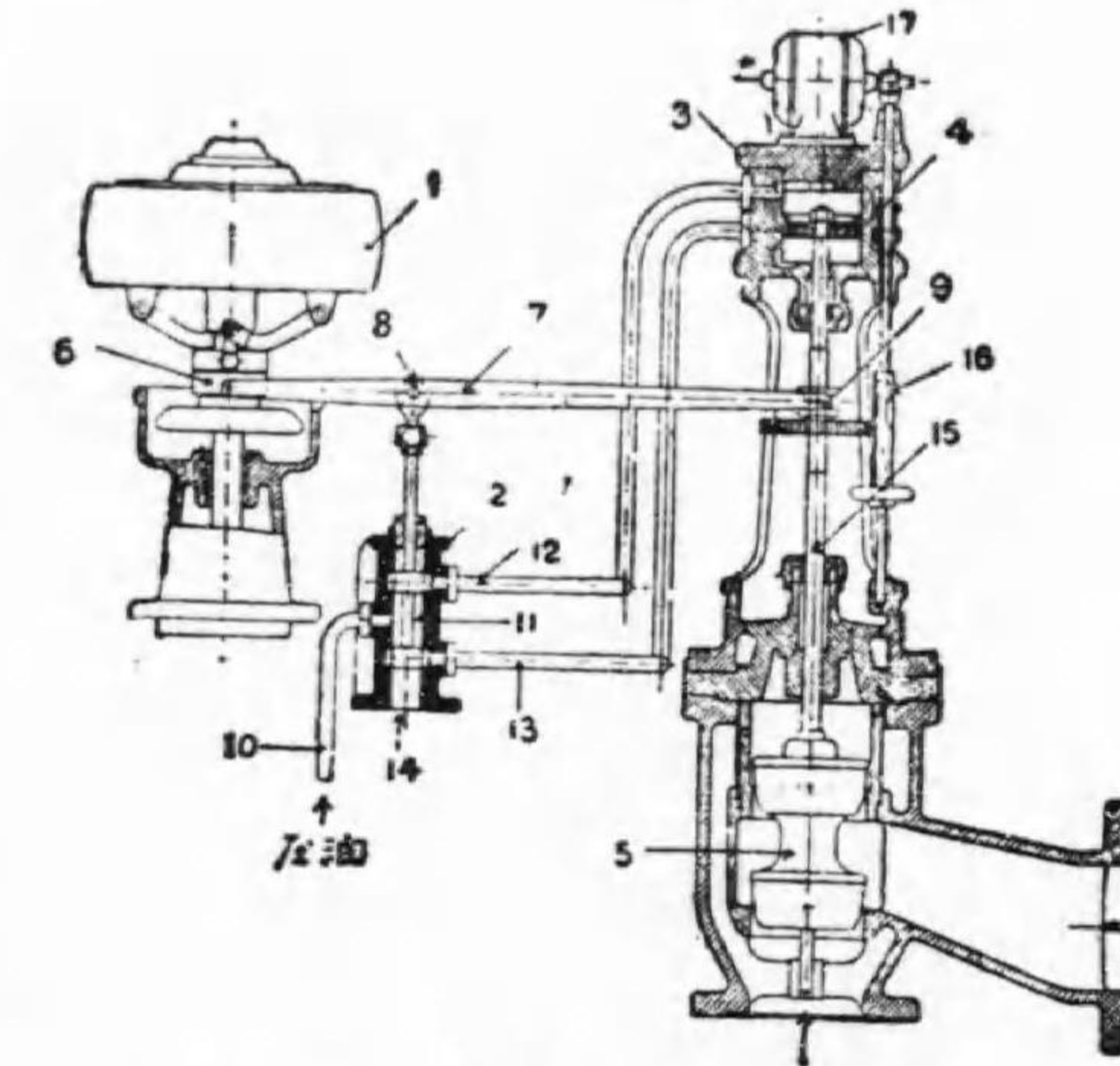
普通サーボモーターを中繼とし油壓の力を藉りて行はれる。之に三種の方法がある。

#### (1) 絞り瓣法(Throttle governing)

之は單一瓣を備へて其の開口度を調整するものである。構造簡單であるが蒸気の消費上不經濟である。反動タービンに用ひられ，衝動タービンでは小型のものに限り用ひられる。第117圖は最も簡単なサーボモーター

式絞り調速装置の略圖である。

遠心型調速機(1)，壓油傳達瓣(2)，サーボモーター(3)の主要部分から成る。調速機(1)の動作を(6)に依りサーボモーター



第117圖 サーボモーター式絞り調速装置

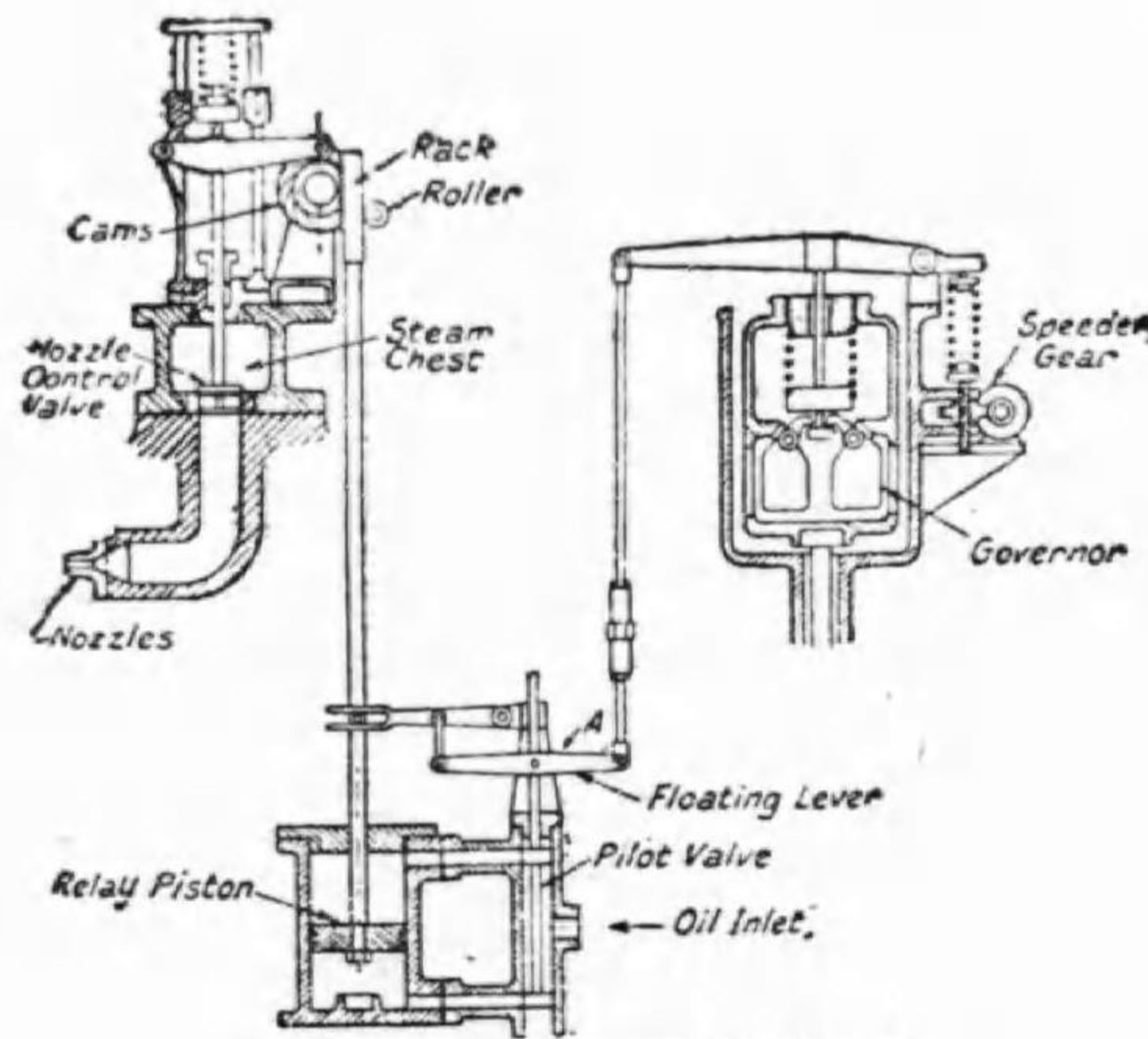
ピストンロッド(15)上の一(9)を支點とするレバー(7)に傳へ，レバー上の(8)で支持される壓油傳達瓣(11)を上下に動かし，壓油送入管(10)よりの壓油を送油管(12)又は(13)に送り，サーボモーター(3)内のピストン(4)の上下の壓力を變へその働により絞り瓣(5)の開閉を行はす。尙特に發電機の並列運轉を行ふ時運轉中一定範圍の廻轉數の變化を要求する場合には(17)で示すモーター又は手動輪



によつてギヤロッド (16) を廻轉せしめ、それに嚙合ふ齒車に依つてレバーの支點(9) の上下の位置を變へると、壓油傳達瓣(11)の關係的位置は變り目的を達することが出来る。

(2) ノズル閉鎖調速法 (Nozzle cut-out governing)

之は多數の瓣を有して負荷に應じて適當の數だけ開閉するものである。1/2負荷で約その60%を開口し特に低負荷でない限り常に何れかゞ開口するから、汽壓の低下することなく蒸汽利用上有効であつて



第 118 圖 ノズル閉鎖調速装置

て經濟的である。大中型の衝動タービンには主に此の式を用ふ。第118圖は G. E 社のノズル閉鎖調速装置の略圖を示す。之は第一段落のノズルを數群に分け各ノズル群の給汽を夫々1箇の給汽瓣に依つて調整せしめる。かゝる給汽瓣をタービン高壓端頂部に1列に並べ各瓣の開閉はカムに依つて行はして、共通カム、シャフトの廻轉をサーボモーター又はリレーピストンの動を利用し、ラック及ピニオンに依つて行はすのである。

(3) 絞り及ノズル閉鎖併用法 (Combined throttle and nozzle

cut-out governing)

現今の大型の多段式の衝動タービンとか混式タービンは輕負荷の時は絞り辦法を行ひ、普通負荷及過負荷の時にノズル閉鎖法で調整する方法が一般に行はれる。

104. パッキング (Packing)

蒸汽タービンの軸が車室を貫通してゐる部は2個所で一方は高壓蒸汽が存在してゐる所であるから蒸汽の漏出を防ぎ、他の一方は真空であるから空氣の漏入を防ぐ爲にパッキングを施す。現今用ひられるパッキングは次のもの

がある。

(1) 炭素パッキング

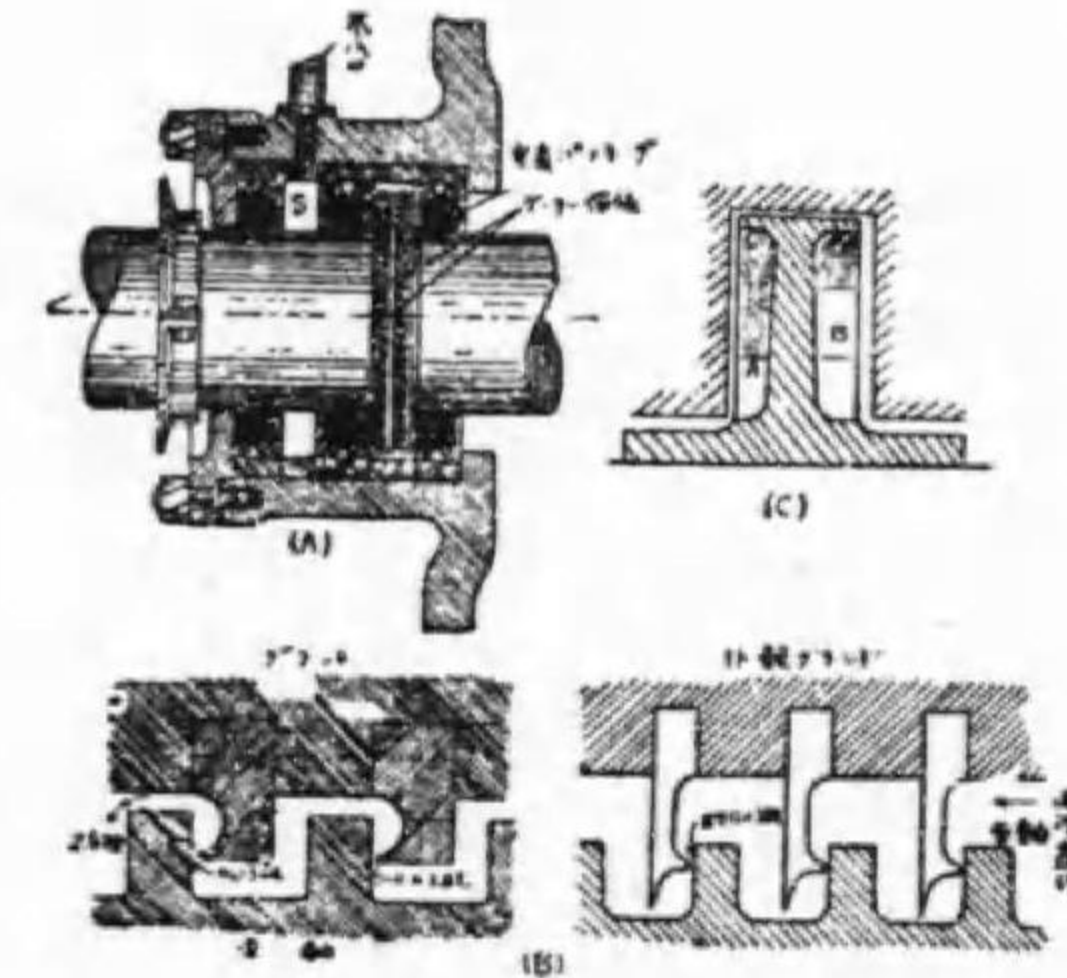
(Carbon packing)

(2) ラビリンスパッキ

ング (Labyrinth packing)

(3) 水パッキング

(Water sealed packing)



第 119 圖

第119圖(A)は炭素パッキングである。炭素は高熱に耐え且減摩作用があるのを利用したものである。多く衝動式に用ふ。(B)はラビリンスパッキングである。グランドに多數の眞鍮鑿を取付け相互間の間隙を0.03耗位にすれば之を通過する蒸汽は次第に壓力が低下して凝結し其處に水膜が出来蒸汽止となる。多く反動式に用ひられる

(C)は水バックリングで車軸に推圧子を附して、其の両側に水を封入し、其の廻轉によつて壓力を生せしめ、之を内壁に押付けるものである。

### 105. 羽根(Blade), 羽根車(Impeller)及軸受(Bearing)

羽根はタービンの主要部で高温、腐蝕に耐えさず爲砲金特種鋼等で造られる。羽根の長さは蒸汽壓及設計方法等に依り違ふが、大體高壓部では12種低壓部では50種位に達し幅は1~5種である。之等を羽根車に鳩尾式に取付け羽根と嘴管口との間隔は0.25~0.5種位である。羽根車は強質の鋼材を使用し押込法又は焼嵌法に依つて軸に固定し、此の表面は平滑に仕上げる。蒸汽タービンは殆ど水平軸であるから、蒸汽の方向に依つて推力のために**推力軸受**(Thrust bearing)を備ふ。之には**カラー式**(Collar system) **ミッチェル式**(michell system)或は**キングスベリー式**(Kingsbury system)等を採用する。

### 106. 蒸汽タービンの長所

蒸汽タービンが斯様に盛に用ひられるについては、他の原動機に勝る點を多分に持つからである。即ちタービンの長所利點は

- (1) 蒸汽機關、内燃機關等に於ては蒸汽或は瓦斯の靜壓力を利用する故、壓力降下と共に其の運動に變化を來すが、タービンに於ては蒸汽の靜壓を動エネルギーに變へて、然る後使用する故運動に不同を來すことがない。
- (2) タービンに於ては他の機關の如くクランク及桿の如き中間機構を必要としない故、それ等の摩擦其の他の損失を來さな

い。

- (3) タービンの羽根車は全體が**對形**(Symmetry)なる故釣合よく高速度運轉に適す。
- (4) タービンは高度の真空が利用出来る。
- (5) タービンは他の機關に比べ滑動部が少い。従つて摩擦損も少く、潤滑油も少量で濟み且つ機關内部に潤滑の必要がない。必然にその廢汽中に潤滑油を含まないからその復水を直に汽罐に給水することが出来る。
- (6) タービンは大容量のものゝ製作が便利である。

## 第二十四章 復水装置

### 107. 復水装置の構成と其の目的

一般に復水装置は下記のものから成立する。

- (1) **復水器**(Condenser)
- (2) **冷却水ポンプ**(Cooling water pump)
- (3) **空氣抽出装置**(Air extraction plant)
- (4) **復水ポンプ**(Condensate pump)

復水器の使命は次の通りである。

- (1) 高真空を作つて蒸汽タービンの熱効率を増すこと。

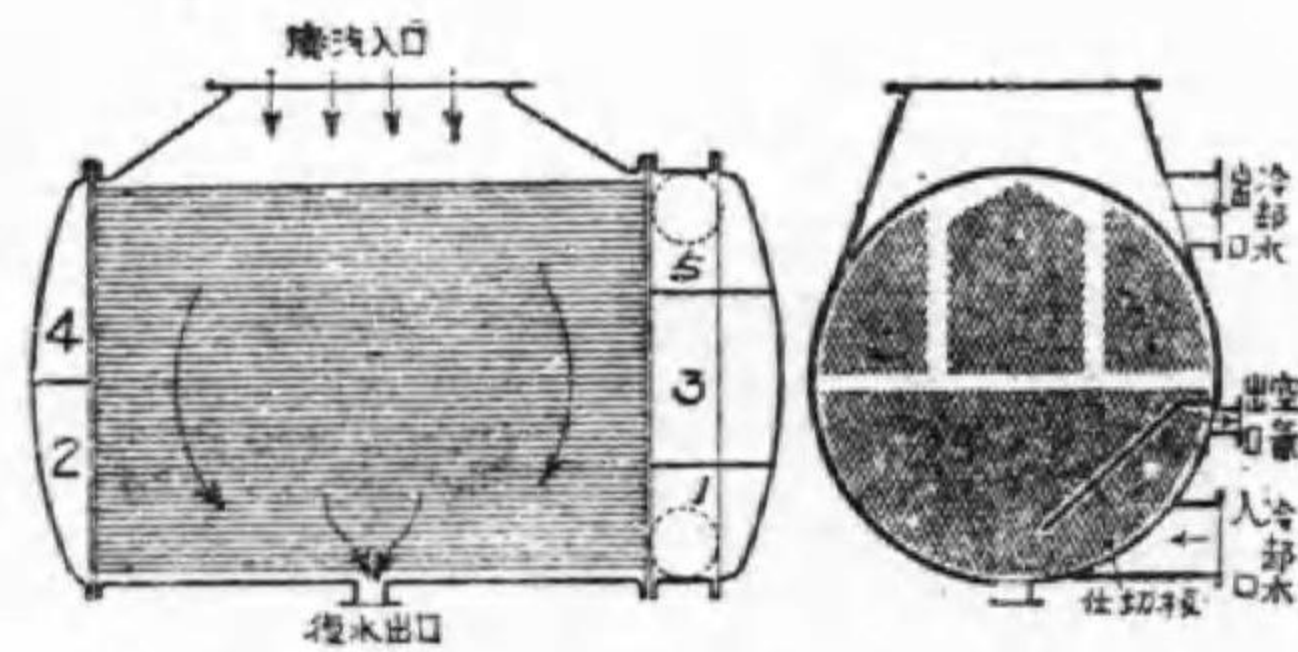
(2) 一旦使用した蒸気を凝結して真水を得ること。

### 108. 復水器 (Condenser)

復水器には次の四種があるが発電所用には殆ど表面復水器を用ふ

- (1) 表面復水器 (Surface condenser)
- (2) 噴射復水器 (Jet condenser)
- (3) 吸出復水器 (Ejector condenser)
- (4) 蒸發復水器 (Evaporative condenser)

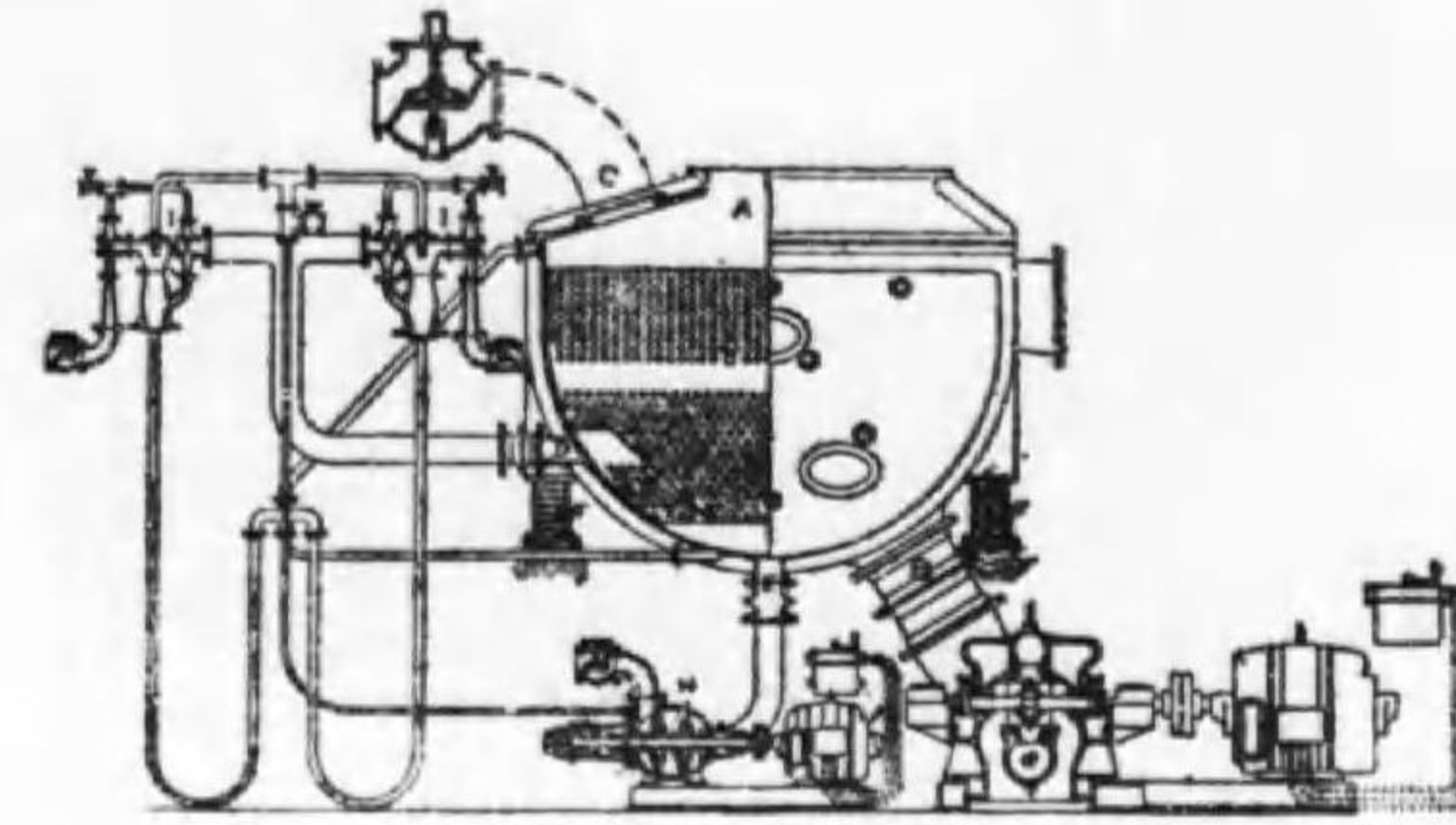
(1) 表面復水器, 表面復水器では復水器胴内に多数の管列を備へ管内に冷却水を循環させ, 管の外面に廢汽を接觸させて冷却復水する。真空内に残る空氣及瓦斯は空氣ポンプによつて抜き出す。表面復水器に於ては冷却水と復水とは絶縁されてゐるから冷却水として淡水, 海水のどちらでも用ふことが出来, 冷却水と復水は混合しないから復水は汽罐給水として使用することが出来る。



第120圖 表面復水器の主要部

第120圖は表面復水器の主要部を示したるものである。復水器内の冷却管列の配置は復水器の効率に大變に影響するものであるから各製造所によつて種々の形状のものが考案されてゐる。

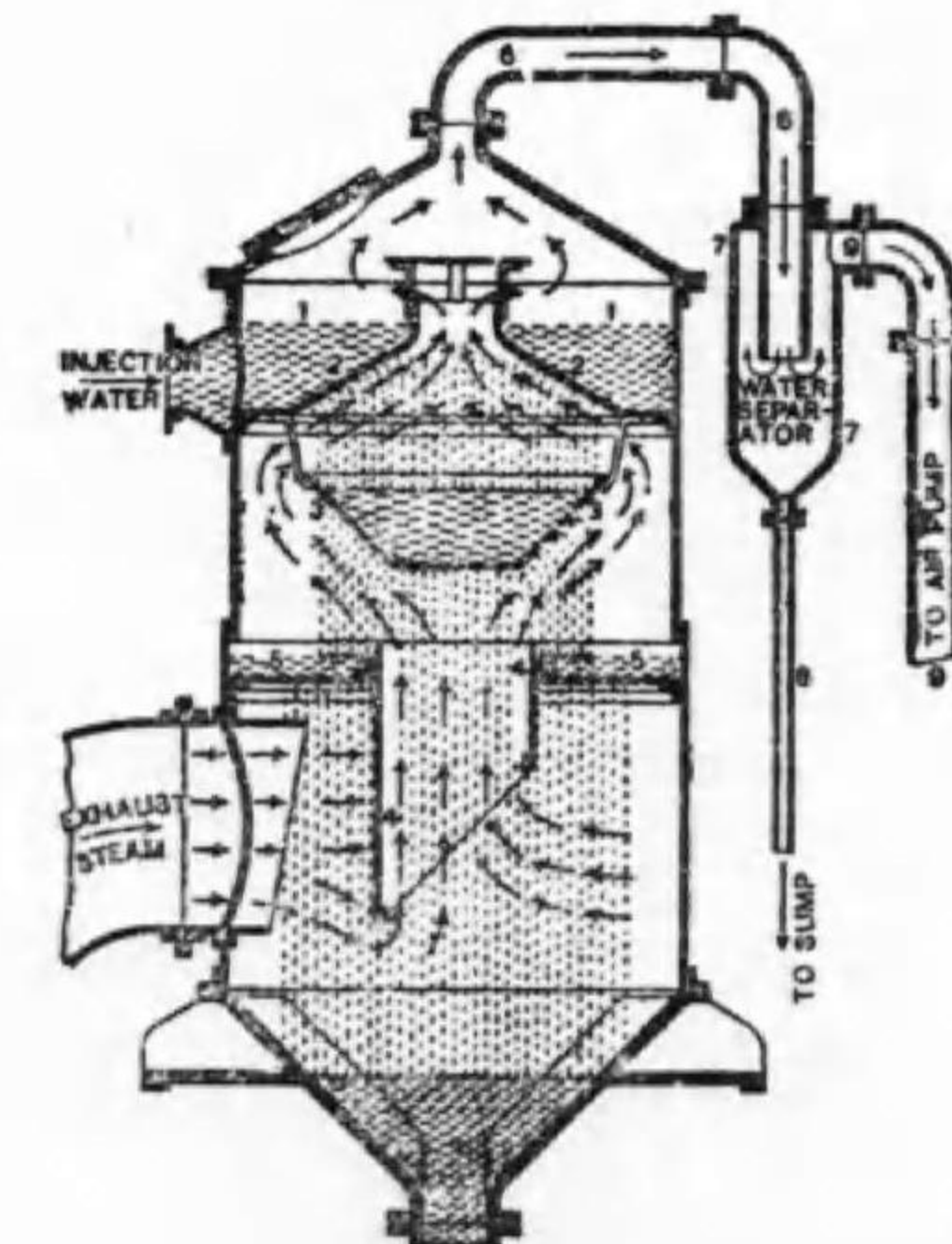
第121圖はパーソンス社の表面復水器にして6,000キロワット以上



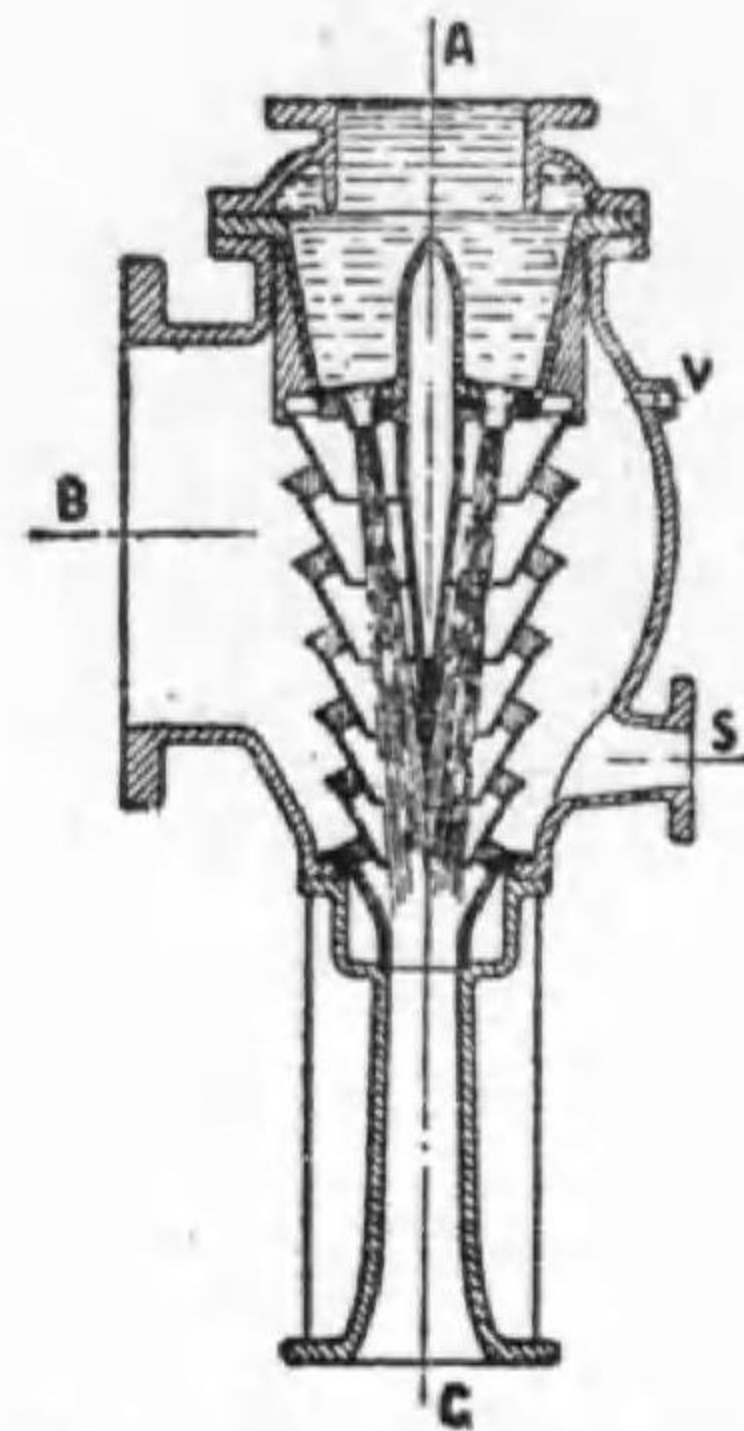
第121圖 表面復水器

のタービンに用ひられるものである。Aは廢汽の入口, Bは冷却水の入口, Cは冷却水の出口である。Dは空氣の抽出口, Eは凝結水の抽出口である。Fは復水器を支持する巻發條で冷却水管, 凝結水抽出管等は凡て可撓性を與へられてゐる。Gは冷却水ポンプ, Hは復水ポンプ, Iは空氣エジェクターである。

(2) 噴射復水器, 噴射復水器は冷却水を復水器内に送り, 廢汽と直接接觸させ復水作用を行ふ装置である。此種のもは冷却水に良水を得る場合に限り復水は給水として使用することが出来る。第122圖はこの復水器を示すものである。



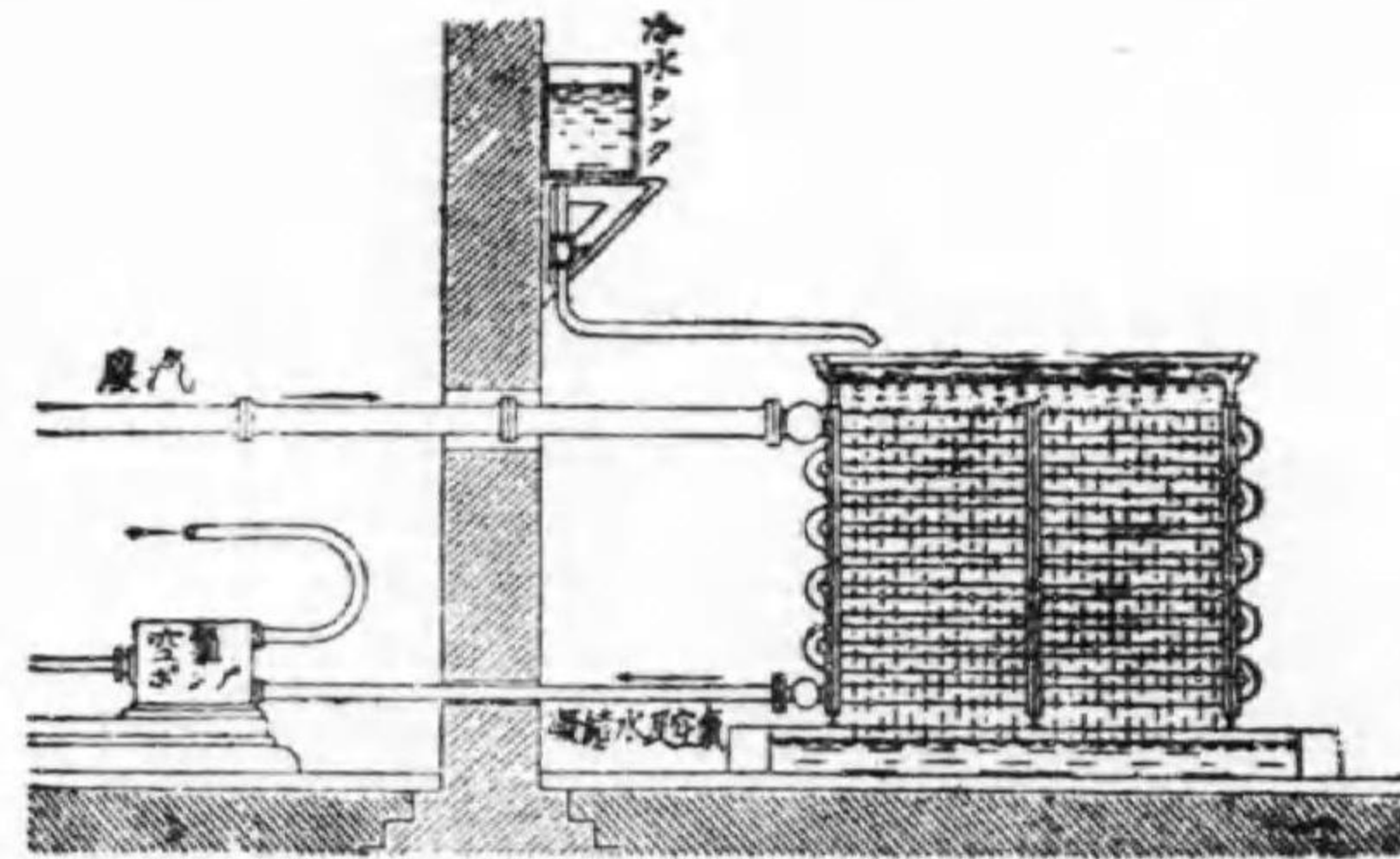
第122圖 噴射復水器



第123圖 吸出復水器

(3) 吸出復水器、之は噴射復水器の變形で壓力水を放射し其の勢に依つて、廢汽及空氣を吸込口より水流中に誘ひ入れ復水作用を行ふと共に空氣をも抽出し眞空を生ずる。即ち復水器と抽氣ポンプとを兼ねたものである。第123圖は其れである。

(4) 蒸發復水器、蒸發復水器とは管内に蒸氣を通じ管の外壁に冷却水を滴下し、其の蒸發の際吸收する熱量に依つて、管内の蒸氣の熱を奪ひ之を凝結するもの



第124圖

で、冷却水の甚だ少量なる場合に用ひられる。

### 109. 冷却水ポンプ (Cooling water pump)

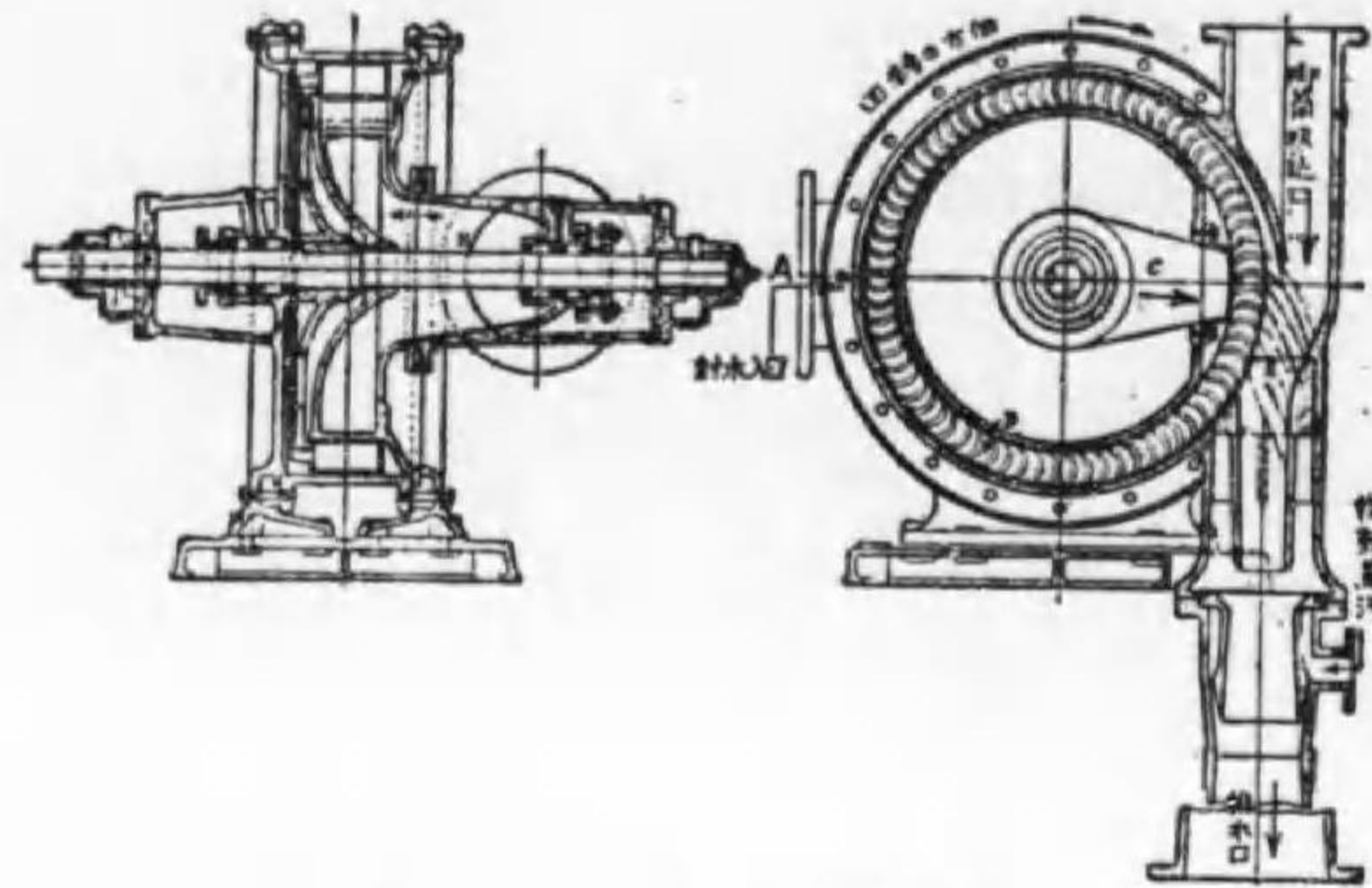
冷却水ポンプは循環ポンプ (Circulating pump) とも云ふ。一般に渦巻ポンプが用ひられる。タービンの出力 10,000キロワット以上のものとなると復水器の水室は二分されて冷却管をタービンの運轉を休止することなく掃除し得る様にする場合が多いが、此の時には冷却水ポンプを一つの復水器に對して2臺を設置し、各臺の容量をタービン全力の76%に相當するものを用ふ。

### 110. 空氣抽出装置 (Air extraction plant)

復水器には空氣及瓦斯が溜る。高度眞空を得る爲には是等の空氣及瓦斯を抽出せねばならぬ。之を空氣ポンプ (air pump) と云ふ。この空氣ポンプには次の三種がある。

- (1) 往復空氣ポンプ (Reciprocating air pump)
- (2) 廻轉空氣ポンプ (Rotary air pump)
- (3) 蒸氣噴射空氣ポンプ (Steam jet air pump)

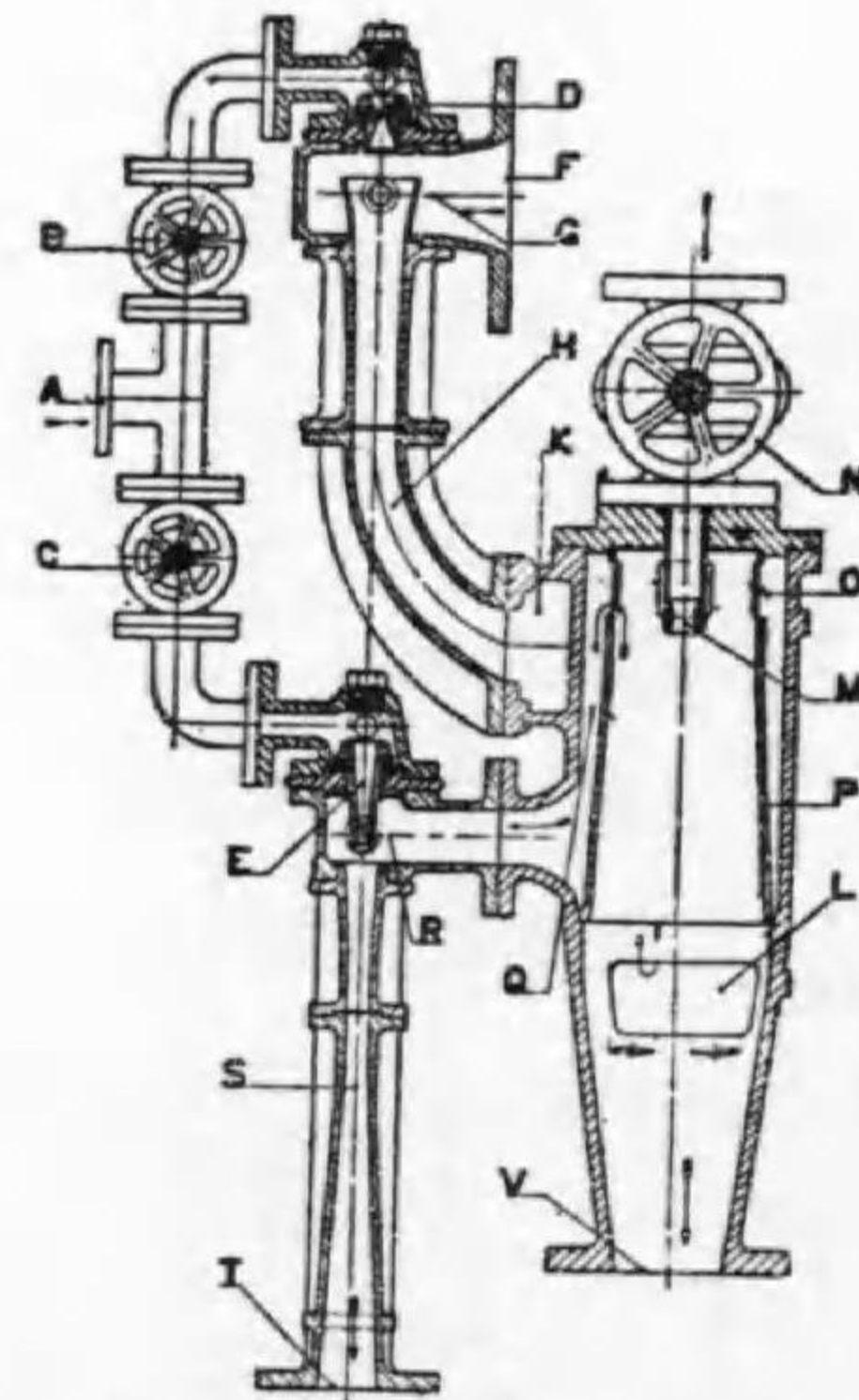
昔はWeir式かKinetic式の往復空氣ポンプが用ひられたが現在は、廻轉空氣ポンプか蒸氣噴射空氣ポンプに限られてゐると云つてもよい。第125圖はルブラン廻轉空氣ポンプ (Le-Blanc rotary air pump) の断面を示すものである。電動機直結で運轉せらるゝ羽根車の内側に固定水室があつて、それよりノズルCを通つて水は流出する。流出する水は羽根車によつてエネルギーを與へられ斷片となつて高速度で流出する。空氣及瓦斯は水の斷片間に包まれて末細管に入り更に



第 125 圖 ルブラン廻轉空氣ポンプ

末廣管を経て吐出口へ出る。

第 126 圖はメトロポリタン  
グイッカーズ社の二段式蒸  
汽噴射空氣ポンプであるが、此  
の式では中間冷却器を備へて  
使用蒸気量を大幅に少くして  
居る。A は蒸気の入口、B 及 C  
は弁 D は第一段蒸気噴出口、  
E は第二段蒸気噴出口、M は  
冷却噴霧口、V は冷却水及凝  
結水出口、T は出口である。



第 126 圖 二段式蒸気噴射空氣ポンプ

### 111. 復水ポンプ (Condensate pump)

凝結水を復水ポンプから取出すポンプであつて非常に重要なもの

である。一般に全容量のポンプ 2 臺を設備して 1 箇を豫備とする設  
計が行はれてゐる。定速電動機直結の渦巻ポンプが主として採用さ  
れる。

## 第二十五章 管

### 112. 管の種類

各場所に使用される管は其の使用壓力から之を分類すると高壓管  
(High pressure pipe) と低壓管 (Low pressure pipe) との二種となる  
が、之を用途より分類すると次の様になる。

- (1) 汽罐から主汽機に至るまでの主要汽管。
- (2) 汽罐から補助汽機に至るまでの補助機用汽管。
- (3) 汽機から排汽を導く排汽管。
- (4) 凝結水を導く凝結水管。
- (5) 給水管。

### 113. 蒸 汽 管

主要汽管は汽管中主要なもので蒸気通過量及汽壓も大きいから高  
壓管とも云ふ。汽罐汽機各 1 基の時は簡単であるが普通各數基を備  
へるから之等各自が他に影響を及ぼす事なく、自由に運轉或は休止

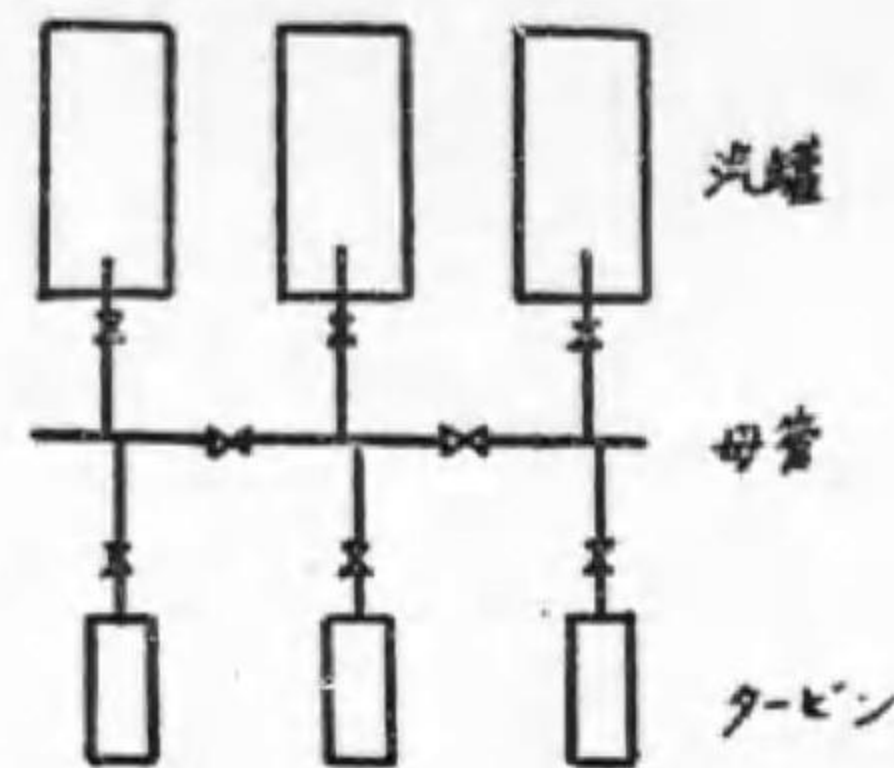
し得る様連結するには、各汽罐の蒸汽を一度母管 (Header) に集めて、之より各汽機に配給する方法を採用する。即ち次の三種の送汽型式がある。

(1) 單母管式 (Simple header system)

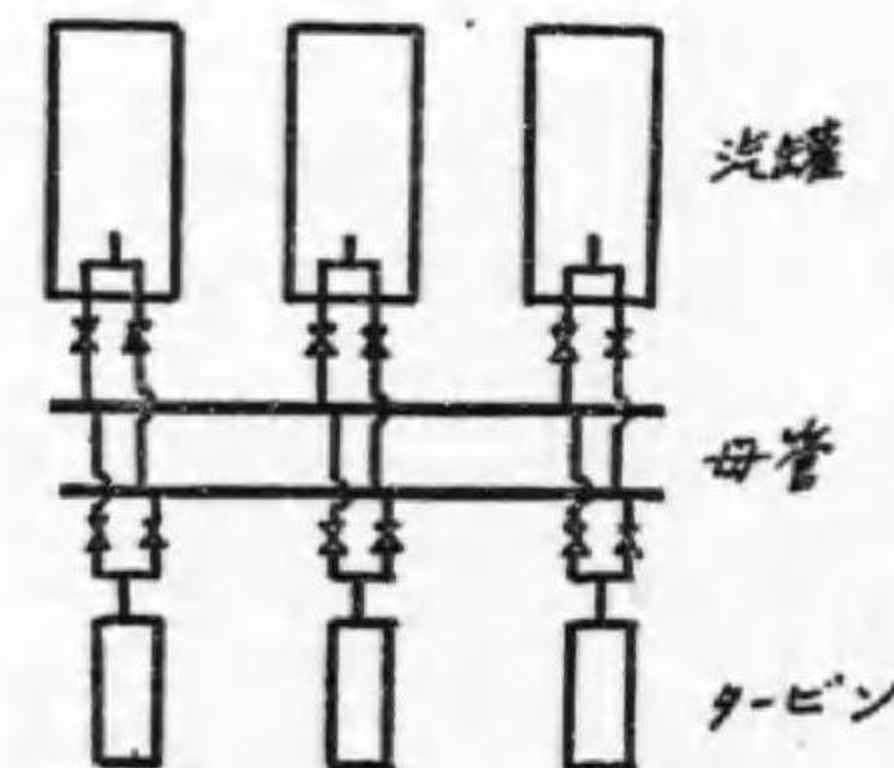
(2) 複母管式 (Double header system)

(3) 環狀母管式 (Ring header system)

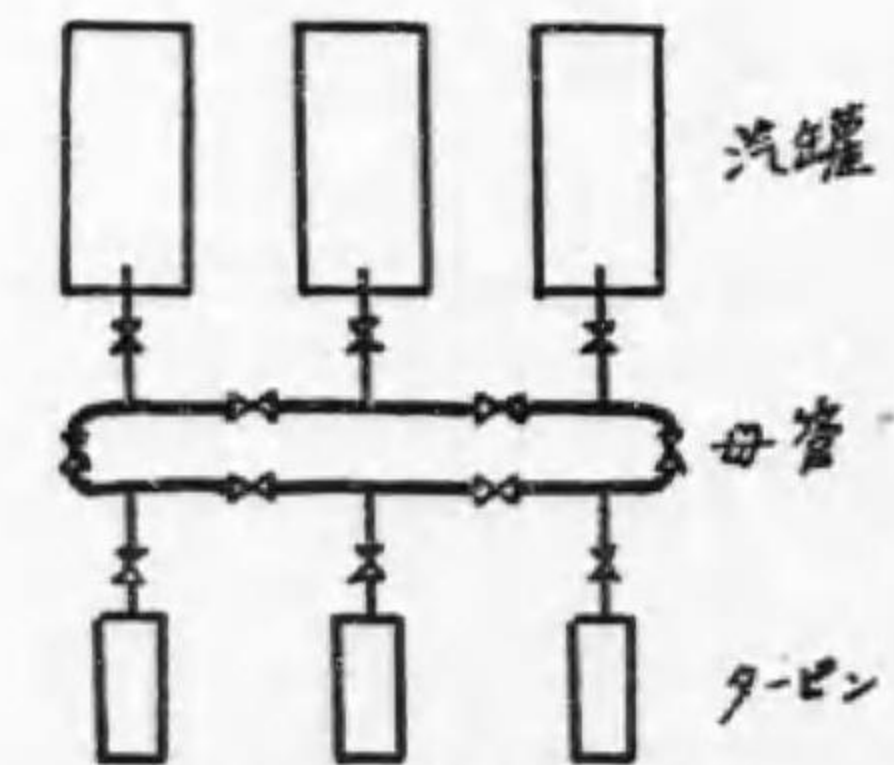
單母管式は第 127 圖の如く汽罐よりの蒸汽管を 1 箇の母管に集め之より各汽機に分岐するものである。單母管式は管辦共に少く安價に且つ要を得てゐる故よく用ひられるが、故障に際しては汽機の運轉に不便を感じる。複母管式は第 128 圖に示す如く蒸汽管の敷設を二重にしたもので、故障に際しての處置は好都合であるが、經費を要し所内も前者に比し複雑となる。環狀母管式は第 129 圖の如く母管を環狀に連ねたもので、複母管式と同一長所を有し經費も餘り



第127圖 單母管式



第128圖 複母管式



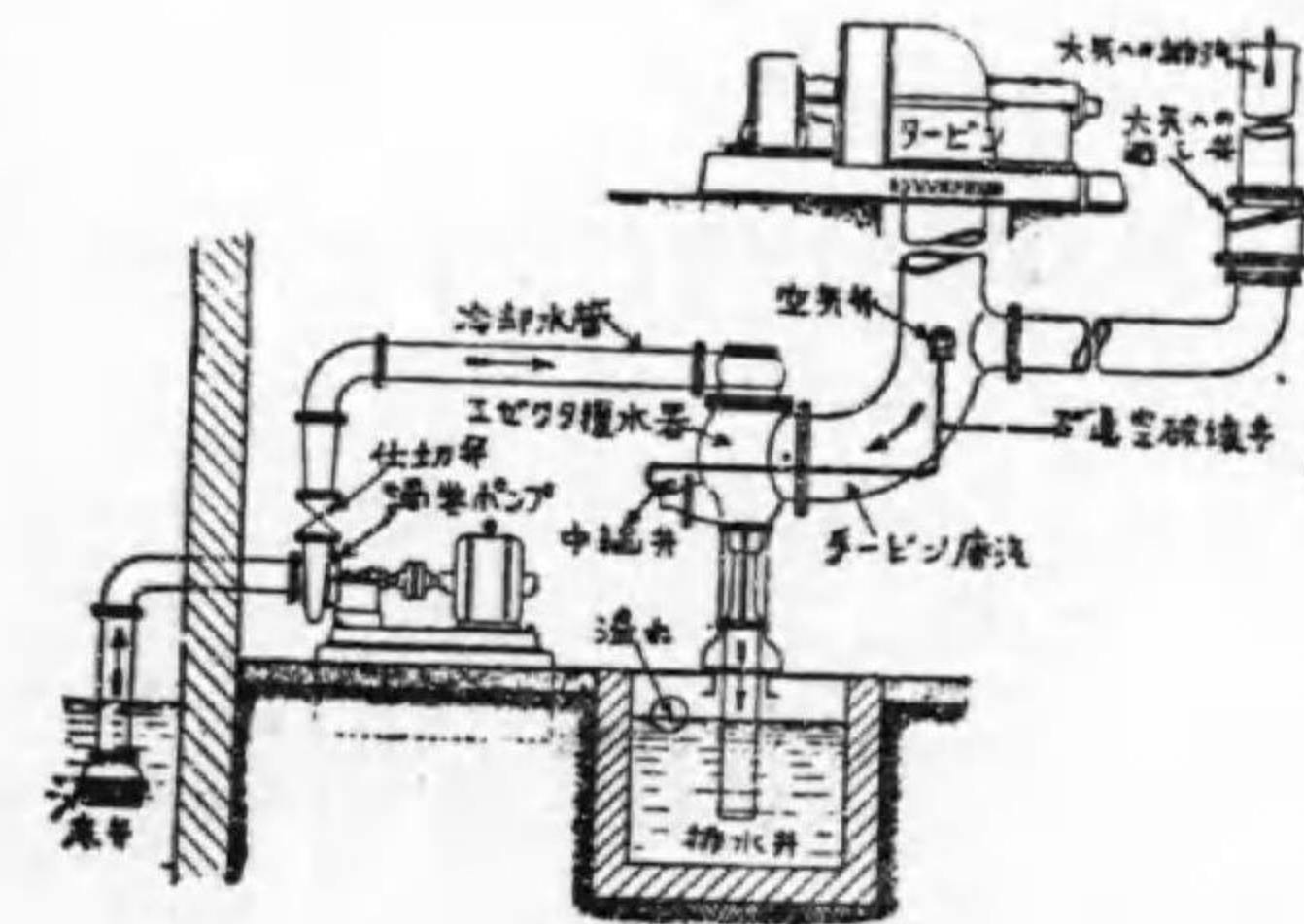
第129圖 環狀母管式

増大しない爲廣く採用せられる。

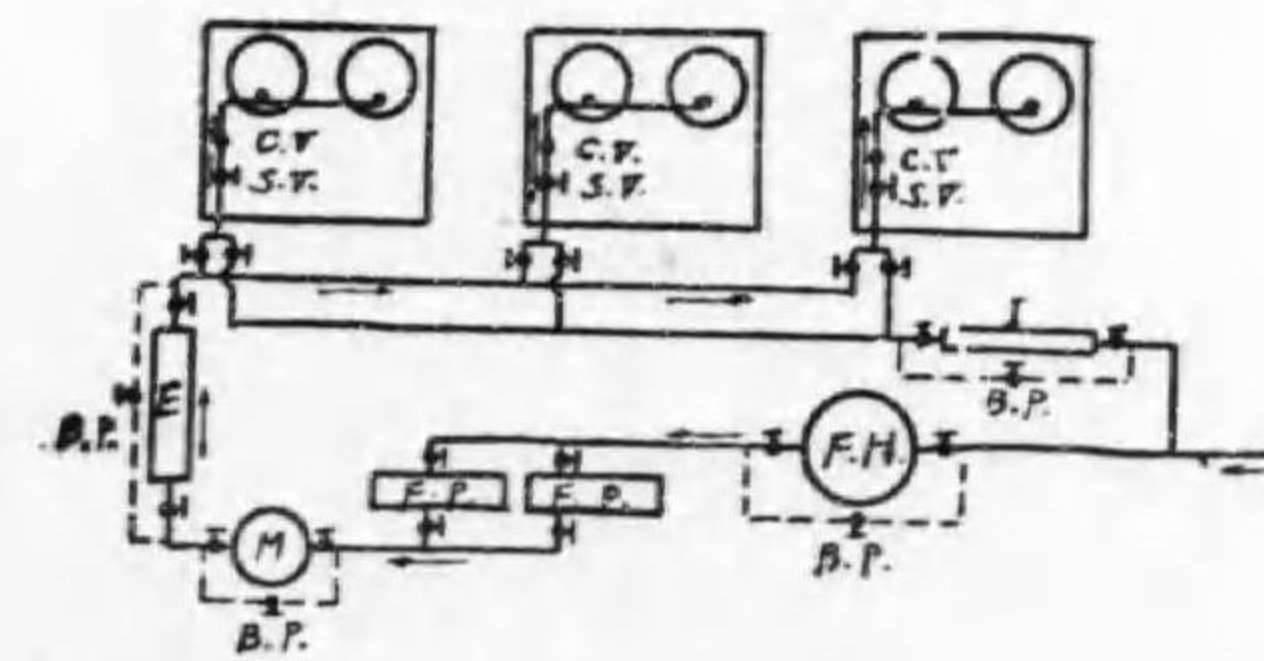
補助機用汽管には一般に飽和蒸汽を用ひ、壓力も低い故之を低壓管とも云ふ。而して之にも補助汽機用母管を別に設くる場合、又主汽機より分岐して使用する場合があります。分岐する時は蒸汽が過熱器に這入らない手前で分岐し、又主汽機と補助機用汽機との使用蒸汽壓に高低の差ある場合は減壓瓣を用ふ。

114. 排汽管及給水管

蒸汽タービンと復水器とを連結する管が所謂排汽管で通常鑄鐵製の低壓管である。



第130圖 噴射型復水器とタービンの關係圖



第 131 圖 給水管設備

の低壓管である。第 130 圖は噴射型復水器とタービンとの關係を圖解したものである。タービン運轉中復水器故障等の場合にはレリーフバルブを開き排汽を直接大氣へ排出する。給水管及溫水器等の配置も重要なことである。第 131 圖は給水管設備の

一例を示したものである。圖中 F.H. は温水器, B.P. は岐路, F.P. は給水ポンプ, M は水量計, E は節炭器, I はインゼクター, S.V. は止瓣, C.V. は逆止瓣である。

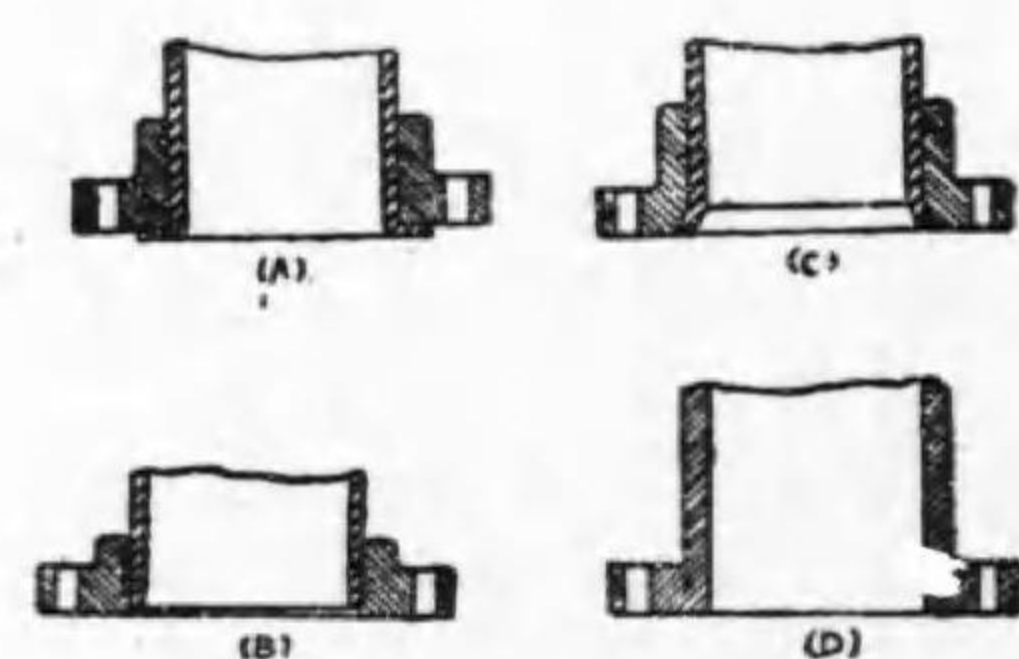
### 115. 管の接手法, 管の支持法及保温

汽管が餘り長い時, 彎曲する時, 或は分枝し又狀をなす時等には管を接続する。蒸汽が5~7底/平方呎の様な低壓の時は螺旋接手法も用ひられるが高温高壓の時は必ず**フランジ接手**(Flange joint)とる。汽管は蒸汽が通つてゐるか, ないかによつて伸縮するから管の中途に**曲り管** (Bendpipe)

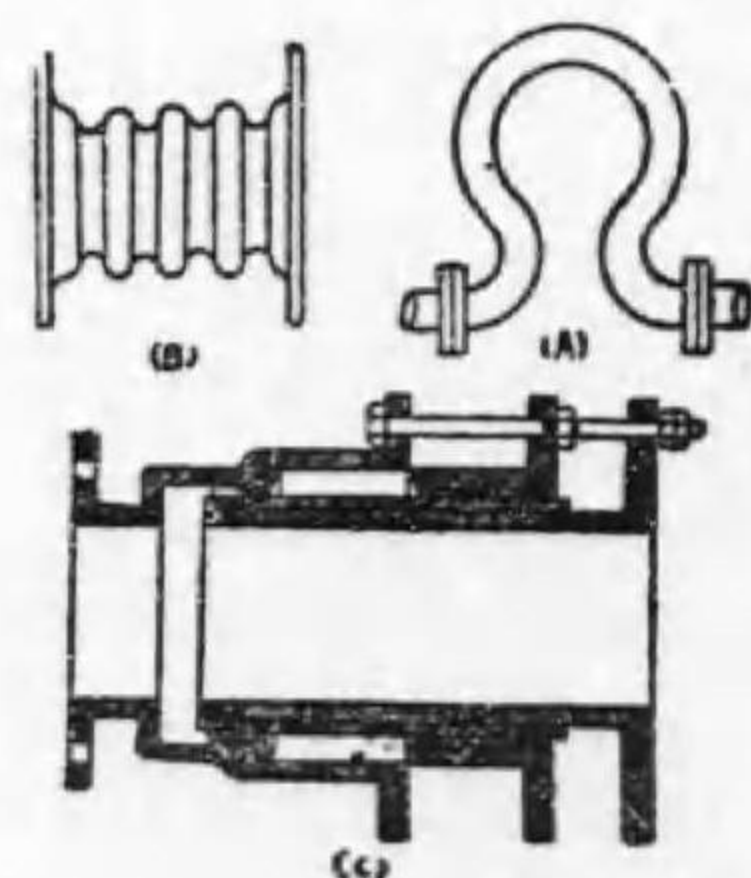
波型管或は**膨脹接手** (Expansion joint) を設ける。

第132圖に於て (A) は鑄鐵管の接手, (B) は管及フランジに螺子を切りて嵌込みたるもの, (C) は管の端を開いてフランジを焼嵌めたるもの, (D) は管の端を展開せるものである。

汽管は水壓管と同様伸縮接手を必要とする。第133圖に於て (A) は曲り管, (B) は波型管, (C) は滑動



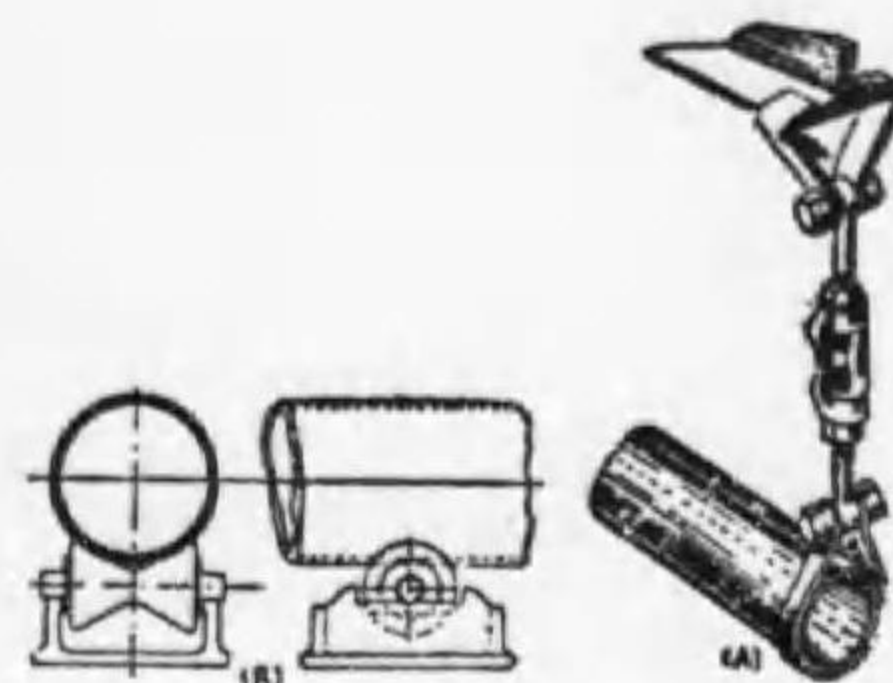
第132圖



第133圖

型伸縮接手である。

汽罐を支持するには第134圖 (A) の如く天井より懸垂する場合, (B) の如く臺上に横置する場合等あり。何れもその伸縮を妨げない事が必要である。



第134圖

高温の蒸汽の通る汽管の熱放散を防ぐ爲に適當の被覆をする。斯様にした場合は裸管の時の約 $\frac{1}{10}$ ~ $\frac{1}{5}$ の熱損失で済む。一般に用ふる管被覆材料は**アスベスト** (Asbestos), **マグネシヤ** (Magnesia), **毛氈** (Hair felt) 等である。毛氈は高温には耐えない。給水管等には適當である。上記材料を汽管の大小に應じて50~80程程度の厚さに巻いて更に外部を布幕で被ひ其の上をペンキ塗りして仕上げる。接手箇所等蒸汽の洩れ易い部分は被覆しないが良い。

## 第二十六章 内 燃 機 關

### 116. 概 説

**内燃機関** (Internal combustion engine) とは其の主要なる部分として**シリンダー** (Cylinder) 及び**ピストン** (Piston) の機構を備へシリンダー内へ, 燃料を導入しシリンダー内で之を燃焼さしてピストン

に仕事を與へる熱機關である。燃料として石炭瓦斯，發生瓦斯，水瓦斯等の瓦斯體或は揮發油，燈油，重油等の液體を用ふ。

内燃機關を分類すると，

(1) 燃料による分類

瓦斯機關，石油機關，ガソリン機關，重油機關

(2) ピストンの動作によつて分類すると，

四行程式機關，二行程式機關

(3) 燃料の燃焼具合によつて分類すると，

爆發機關，燃焼機關

### 117. 内燃機關のサイクル

ピストン式内燃機關は循環的動作を反覆するが，此の循環運動の一節を**サイクル**(Cycle)と云ふ。内燃機關には四サイクルと二サイクルの二種がある。

(1) **四サイクル**(Four cycle) 此の種の機關は獨乙人オットー(M. Otto)の考案によるものであるから**オットーサイクル**(Otto cycle)とも云ふ。第135圖に於て，

P = **ピストン**(Piston)

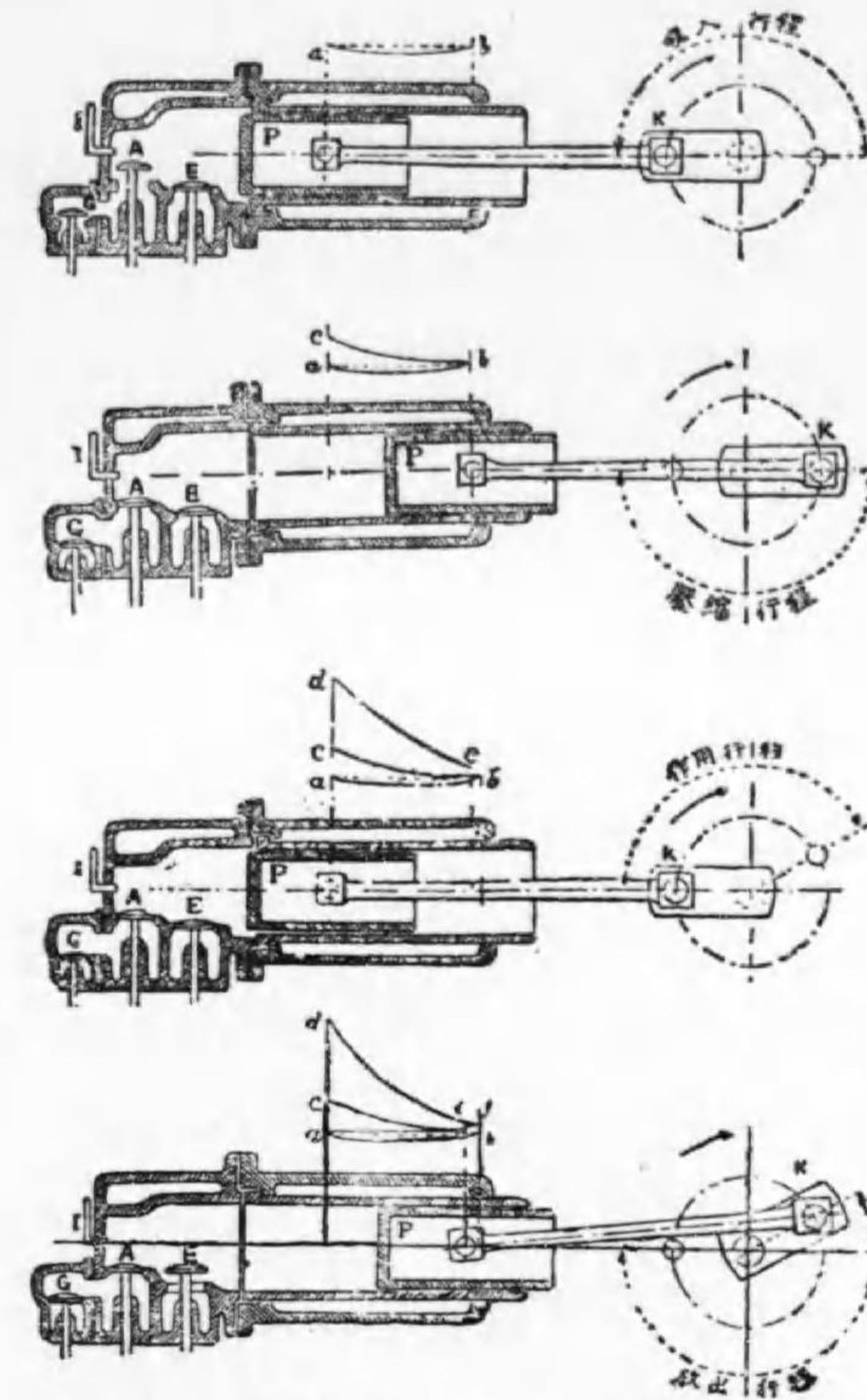
G = **瓦斯瓣**(Gas valve)

A = **空氣瓣**(Air valve)

E = **排氣瓣**(Exhaust valve)

K = **クランク**(Crank)

I = **點火栓**(Ignition plug)



第 135 圖 四サイクル機關の行程圖

**第一行程**(1st stroke):— 此の行程は燃料の吸込をなす行程で**吸入行程**(Suction stroke)とも云ふ。Eを閉ぢA及Gを開いて空氣と瓦斯をシリンダー内に吸入する。指示線圖(Indicator diagram)は實線a bにて示す様に大氣壓より低い。

**第二行程**(2nd stroke):— 此の行程ではG・E・A全部閉鎖しピストンは左方に向ひ混合氣を壓縮する。故に此の行程を**壓縮行程**(Compression stroke)と云ふ。指示線圖はb c.に示す様に壓縮の爲に漸次壓力を増す。

**第三行程**(3rd stroke):—ピストンが左端に達する時瓦斯と空氣の混合氣は點火栓によつて點火せられ，燃焼又は爆發してピストンを右方に押出す，故に此の行程を**作用行程**(Working stroke)又は**爆發**



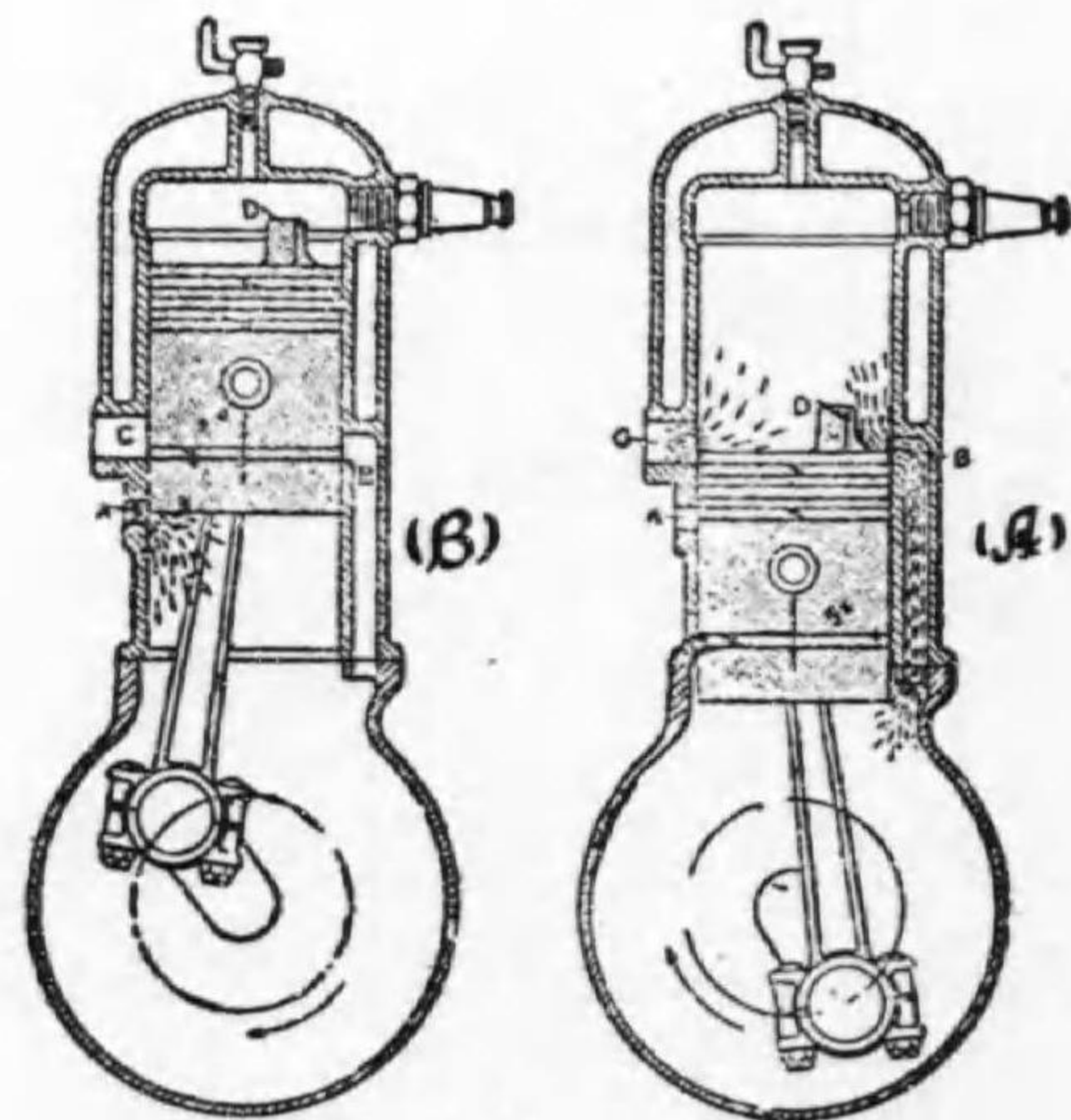
行程 (Explosion stroke) と云ふ。指示線圖 c d は爆發壓力の急激な變化を示し d e は漸次壓力の降下するのを示す。

第四行程 (4th stroke):— 此の行程ではピストンが右端に達しない少し手前即ち線圖の e の位置で排氣瓣を開いて排氣を放出しつゝ左端に達する時閉づ。指示線圖は e f a にして、此の行程を放出行程 (Exhaust stroke) と云ふ。

(2) **二サイクル** (Two cycle) 此のサイクルはクラーク (Clark) 氏の考案によるもので**クラークサイクル** (Clark cycle) と云ふ。一回轉に一回爆發する機關である。第 136 圖は此の作用を示すものである。

**第一行程** (1st stroke):— ピストンが上端に達せる時に内部の空氣は壓縮せられる。其時燃料をシリンダー内に噴出し之に點火すると爆發を起してピストンを降下さす。其の途中ピストンの上端 B 口に來た時密閉せる

**クランク室** (Crank chamber) で壓縮せられた空氣は此の口より、シリンダー内に噴出して排氣を C 口より放出せしめる。



第136圖 二サイクル機關の行程圖

**第二行程** (2nd stroke):— ピストンが外の**死點** (Dead point) より漸次シリンダー内に進入し、ピストンの下端 A 口を開くと外部より空氣をクランク室に吸込む。又ピストンが空氣口 B を閉ぢて尙進入する時は、シリンダー内の空氣は排氣口 C より幾分排氣を外部に排出してピストンが C 口を全部閉ぢた後は、空氣を壓縮し其の行程の終るに當つて燃料を噴出し點火する。

### 118. **ディーゼル**機關 (Diesel engine)

ディーゼル機關は重油を燃料とするもので獨人**ディーゼル** (Rudolph Diesel 1895年頃) の發明したもので近年自家用發電、工場用原動機及交通機關用原動機として重用されてゐる。本機關は總ての原動機中最も熱効率の高いものでディーゼル、半ディーゼルに用ふる重油、輕油は安價でしかも安全で、其の上蒸汽力原動機の様な繁雜な附屬品も無くて従つて取付場所も容積も少く、始動に際しては準備時間の要も無い。又ガソリン機關の様な氣化器、マグネット點火栓等の故障の起し易い部分も無く、運轉確實で取扱ひも容易である。之を要するにディーゼル機關は最も効率高く最も經濟的な原動機で近來の隆盛も當然のことである。出力の小さなものは數馬力の農業用から大きいものは數萬馬力のもの迄出來、更に自動車用、飛行機用のもの迄出來てゐる。

ディーゼル機關は**四サイクル**機關 (4 cycle engine) と**二サイクル**機關 (2 cycle engine) に分類することが出来る。又燃料噴射方式によつて**空氣噴射式**機關 (Air injection engine) と**無氣噴射式**機關 (Solid

injection engine) に分類することも出来る。一般に1500馬力位迄は製作費、運轉費が安いから四サイクル式が用ひられる。四サイクルの動作は、

**第一行程(吸込行程)**……空気のみを吸込む。

**第二行程(壓縮行程)**……吸込空気を断熱壓縮する。壓縮度の増加と共に其の温度も液體燃料の着火點迄高められる。

**第三行程(燃燒行程)**……第二行程の終から燃料を噴き込むと容易に燃燒する。燃料の噴込みは或期間氣筒内の壓力が一定になる様に噴込み、其れ以後は噴込みを遮断して高壓の瓦斯の膨脹によつて行程を終る。

**第四行程(吐出行程)**……此の行程は他の機關と同様排氣の排出を行ふ。

二サイクルの動作は四行程で行ふ動作を、二行程に縮めて行ふものである。

ディーゼル機關に燃料を噴射注入するのに**空氣噴射式**と**無氣噴射式**の二法がある。空氣噴射式は30~40氣壓の氣筒内に60~70氣壓の壓縮空氣に依つて燃料油を霧狀にして注油する方法である。無氣噴射式は壓縮空氣を用ひずに燃料油の油壓を300~500氣壓として、0.2~0.4耗位の極めて微細な噴射口より噴出して送油する方法である。

ディーゼル、半ディーゼル機關の燃料は輕油、重油で250°~300°Cで蒸發し400°~600°Cで發火する。今空氣を35~40庇/平方糎迄壓縮す

ると輕油、重油等の發火點以上になる。故に此の壓縮空氣中に之等油類を適當の方法で注入すると直に氣化し同時に燃燒する。之がディーゼル式の自然點火法である。半ディーゼルは空氣壓縮が10~15庇/平方糎であるから壓縮熱だけでは點火しない。故に燃燒室の一部に保熱部即ち**燒玉**(Hot bulb)を作り壓縮熱と此の部の殘留熱とに依つて自然點火させる。燒玉機關は燃燒と燃燒との間隔を長くしない様一般に二サイクルにする。

### 119. ディーゼル機關發電

發電用原動機としてのディーゼル機關は從來一般に比較的小容量設備に有利なものと思はれて來た。此の理由は主として次の様な事實に依るのである。

- (1) 小容量ディーゼル機關の建設費單價が汽力の夫に比べて比較的低廉なこと。
- (2) ディーゼル機關は小容量設備に於ても能率が比較的良好なこと。
- (3) 小容量發電の場合には工場自家用發電等の様な夜間に負荷激減若しくは運轉停止されるものが多く、斯かる運轉條件に對してはディーゼル機關は良好なる能率を維持することが出来ること。

然るに最近ディーゼル機關の製作技術發達し次第に大容量設備の製作が可能となり、特に無氣噴射式高速度の大容量ディーゼル機關の製作が成功して大容量のディーゼル機關發電の増進を見る様になつた。

1926年獨逸ハンブルグノイホフ發電所は15,000馬力の機關を設置し1929年伯林のヘンニグストフ發電所は11,700馬力のもを設置した。この様に或程度迄はターゼル機關は建設費の點に於て汽力と對抗し得る様になつたが、併し大容量の**基底負荷** (Base load) 發電用としては一般に燃料費の點に於てターゼルは汽力より不利である。けれども低負荷率運轉、特に毎日數時間の**尖頭負荷** (Peak load) に對しての間歇的運轉の場合に於てはターゼル機關は埋火或は無負荷運轉損失を伴ふ事なく。起動も極めて迅速(3分程度)に行はれ、そして負荷の變動に對する能率の變化も僅少である。

## 第四編 電氣設備

### 第二十七章 電氣設備の概要

#### 120. 電氣機器の種類

發電所に設備する主なる電氣機器を挙げると**發電機** (Generator), **勵磁機** (Exciter), **變壓器** (Transformer), **配電盤** (Switch board), **開閉器** (Switch), **遮斷器** (Circuit breaker), **電壓調整器** (Voltage regulator), **限流リアクトル** (Current limiting reactor), **計器類** (Instruments), **調相機** (Phase modifier), **保護繼電器** (Protective relay), **消弧リアクトル**, (Grounding reactor) **避雷器** (Lightning arrester), **保安通信設備**等である。

**發電機**はその殆んど全部が交流發電機で、通常水車に直結される發電機を水車發電機と言ひ、蒸氣タービンに直結される發電機をタービン發電機と言ふ。普通同期發電機が用ひられる。

**勵磁機**には直流分捲發電機若しくは直流複捲發電機が用ひられる。**變壓器**は三相型、單相型とも用ひられるが發電所の容量、發電機の箇數、發電所敷地の廣さ等を考慮して何れかを選定する。

**配電盤**は直接操作型、遠方手動操作型、遠方電氣操作型等が採用されるが、回路發壓、容量等によつて決定される。

開閉器は一般に電路の開閉を掌どるもので、此の中普通状態で回路に電流のある場合は開閉出来ないものを、特に**斷路器** (Disconnecting switch) と云ふ。開閉器は**氣中開閉器** (Air break switch) と**油入開閉器** (Oil switch) とに分類さる。

**遮斷器**は異常状態に於て回路を遮斷するもので、之を**氣中遮斷器** (Air circuit breaker) と**油入遮斷器** (Oil circuit breaker) とに分類する。

**電壓調整器**は發電機の發生電壓を自動的に常に一室に保つ様に作用するものである。

**計器類**はその殆んど全部が配電盤に取付けられるもので、その種類も多く、指示計器、積算計器、記録計器の各種のものがある。その他調相機、保護繼電器、消弧リアクトル、避雷器、保護通信設備等を必要とする。

### 121. 建物の種類

發電所の建物は總て耐火的であることが必要で現今我國で採用されてゐるものは主として鐵骨コンクリート、と鐵骨鐵筋コンクリート、鐵筋コンクリートの三種である。梁間の特に大きなもの又は建物の負擔する重量の大きな場合或ひは天井の特に高い場合等には鐵骨を使用するが有利なり。

### 122. 建物の各室

配電盤室は採光、通風、防寒等を考慮し、又機器の騒音を充分遮

斷し、又廻轉機を監視出来る位置を選ぶ。

廻轉機室は修理、組立、運轉操作上より支障のない廣さを必要とし、換氣通風に注意しなければならない。

變壓器室は重要なものは各變壓器間又は各バンク間に隔壁を設けて相互間の防護を講ずるのがよい。

母線及開閉器裝置室は一般に他と隔離した室にする事は勿論であるが、鼠其の他の小動物等の侵入を防ぎ、且無用者の入り難い構造にする。大型遮斷器のある場合は遮斷時の發生ガスの排氣管を設ける。出入口の扉は遮斷器爆發等に對し従業員の避難し易い様外開きとする。

## 第二十八章 發 電 機

### 123. 發電機の型

水力、火力の何れの發電所に使用せられる發電機も總て廻轉界磁型で磁極の數は前者は6極位より80極位のもの迄あり、後者の内タービン運轉のものは2乃至4極のものが多く、ディーゼルエンジン直結のものには大抵20極以上のものが用ひられる。

水車發電機は近來大型のものは殆んど堅軸型であるのに反し、タービン發電機は横軸型に限られてゐる。

### 124. 電 壓

火力發電所は比較的需要地に近く建設されるから、その電壓は大

體發電機電壓と配電々壓の二種に區別されるが、水力發電所は位置の關係上如何なる場合でも送電線を持つから、その電壓も發電機電壓、送電電壓、配電電壓の三種に區別さる。

而して水力、火力の何れの場合も發電機電壓は、大體小容量の發電機は3,300V、大容量のものは6,600V乃至11,000Vが多い。

### 125. 周 波 數

周波數は我が國では標準を50サイクルとしてゐるが、地方に依つて差がある。即ち關東方面は50サイクル關西方面は60サイクルである。従つて本州中部地方の或る發電所では50サイクルと60サイクルの何れにも發電し得る様な發電機を備へ、東西の連絡を計つてゐる

### 126. 冷 却 方 法

小型機では開放型、半閉型が採用される。大型機又は高速機では機械の大部分を密閉し冷却空氣の入口及び出口のみを開けた閉鎖通風型が用ひられる。

特に騒音を少なくする必要のある時は發電機より出た空氣を冷却器を通して再び發電機に歸る様にし外氣との連絡を絶つた全閉型空氣冷却方式が用ひられることがある。

この外に全閉鎖型水素ガス循環冷却方式等もある。

## 第二十九章 勵 磁 機

### 127. 勵 磁 機 の 型

普通直流分捲發電機か複捲發電機が用ひられるが特性上大した優劣はなく、強いて云へば複捲發電機は電壓變化の速度が少々速い點で稍勝る。然し勵磁機を並列運轉する機會のあるものでは複捲では均壓母線、均壓開閉器等を要し、接續を複雑にして且操作に熟練を要するから分捲の方がよい。

### 128. 勵 磁 方 式

一般に他勵磁式を採用する。勵磁方式を大別すると中央勵磁方式 (Centralized excitation system) と筒別勵磁方式 (Individual excitation system) の二方式となる。

中央勵磁方式は1筒又は數筒の勵磁機が一つの母線に接續せられこの母線から各發電機を勵磁する方式である。勵磁機の單位出力を大きくし筒數を少くし得ること、非常用として蓄電池を母線に接續し得る便があること等が長所で、缺點としては1筒の勵磁機の故障が全體に累を及ぼすことである。

筒別勵磁方式は、各發電機毎に勵磁機を設備する方式で、普通勵磁機は發電機に直結せられる。各勵磁機の故障が他に累を及ぼさないことが長所で、發電機の筒數の多い時は各勵磁機の容量が小となり筒數が多くなる事である。この方式では常に豫備勵磁機を設備して

非常に際しては何れの勵磁機とでも切替へ得る様にする必要がある

### 129. 運轉方式

- (1) **電動機運轉** 普通誘導電動機が用ひられ、廉價で且能率が良い。
- (2) **専用原動機に依る運轉** 信頼度、能率共に低いが、中央勵磁方式の如く、勵磁機容量の大きな場合はよい。大容量發電所で少くとも1臺はこの方式とする。但し勵磁機を主發電機に直結するか、他の發電所より電源を得られる場合にはその必要はない。
- (3) **主發電機直結運轉** この方式は能率、信頼度共に高く取扱ひが便利であり低速度の場合を除いては價格も低廉である。然しその缺點として主軸の速度變動の影響を受け殊に主發電機短絡の場合には、速度低下甚だしいため主發電機の電壓降下を大きくして、並列運轉脱出の危機が多い。

この方式を採用する場合には前記二方法の何れか一つに依る豫備機を備へるのが普通である。

### 130. 高速度勵磁

大電力系統に連結されてゐる發電所では、送電の安定と云ふことが極めて重要である。即ち負荷が急激に變化した場合、又は短絡等のとき、電壓降下し並列運轉脱出の危機の生ずるのを防ぐため、勵磁電流を敏速に變化させて發電機の電壓を一定に保つ必要がある。

斯様な目的に添ふ様勵磁電流を敏速に變化させる事の出来る勵磁方式を高速度勵磁方式と云ふ。

### 131. 容量及び電壓

勵磁機の容量は主發電機を定格電壓、定格力率、定格出力で運轉するのに要する勵磁機出力に或る程度の餘裕を加へたものでなければならぬ。その容量は主發電機の容量、極數、廻轉數及電壓變動率によつて異なるものであるが、大體は主發電機容量の1~2%位で小容量發電機にては5%位となる。

勵磁機の電壓は我が國では110~120Vを標準としてゐるが、125V或ひは250Vを採用してゐる所もある。

## 第三十章 變壓器

### 132. 變壓器容量及個數

普通の場合には常用を2~3バンク(bank)(變壓器組)とし、豫備としては1バンク若しくは單相1箇を置くのが適當である。然し豫備を1バンクにするか、1箇にするかは發電所の性質其他の條件に依つて定むべきである。發電所の容量が甚だ大きな時には油入遮斷器の耐量が過大となるのを防ぐため、低壓側で並列にせず發電機1臺と變壓器1バンクとを一つの單位として高壓側で並列にする單位方式を採用する事がある。この時は常用バンク數と常用發電機數

とは等しくなる。

三相型は单相3箇に比べて価格は低廉で端子数も少ないから接続が簡単で、且据付床面は小さくてよい。然し重量が大きいから運搬に不便で故障修理の際費用が多くかかる。

单相型はバンクの出力の大きなものを得易い事、故障修理の場合又は取替等容易である。然し据付床面は大きくなる。

### 133. 接 續 方 式

三相式の場合次の四種の接続方式が得られる。

- (1) 星 形—星 形……人—人
- (2) 星 形—三角形……Y— $\Delta$
- (3) 三角形—三角形…… $\Delta$ — $\Delta$
- (4) 三角形—星 形…… $\Delta$ —Y

近來送電線の地絡保護のため、中性點接地方式が採用される関係上、發電所に於ては $\Delta$ —Y結線が多く用ひられる。

Y—Y接続の時は線路は第三次高調波が流れて誘導妨害を起す。之を防ぐため第三次巻線 (Tertiary winding) を設けて、之を $\Delta$ 結線とする。Y— $\Delta$ は受電端に於て採用さる。

### 134. 冷 却 方 式

冷却方式としては自冷式か水冷式が一般に用ひられる。小型のものでは自冷式の方が低廉で設備も簡単になるが大型では水冷式の方が低廉で送水に要する餘分の設備を考慮に入れても此の方が有利と

なる。自冷式か水冷式かの經濟的限界容量は現在に於ては數千K.V. A.程度である。尙近年油ポンプに依つて油を外部の冷却装置を通して循環させる送油式が用ひられる。冷却装置は通常水冷式とする。

水冷式では水冷管に不良箇所があると油中に漏水する虞れがあるが送油式では間違つても油の方が外に漏れるに過ぎないので安全である。工作のよくない時は漏油量相當大きくなつて不經濟となるから注意を要する。

## 第三十一章 配 電 盤

### 135. 配電盤の種類

配電盤は發電送電を掌る主要な装置であつて、諸機器運轉開始及停止、又電力の送電及遮斷を行はしめるものである。

此を分類すると、

- (1) { 主配電盤………主回路用  
      { 所内用配電盤………所内用電燈電力回路用
- (2) 電氣方式より { 直流用配電盤  
                      { 交流用配電盤
- (3) 操作方式より { 直接操作型配電盤 (Direct-control board)  
                      { 遠方手動操作型配電盤  
                          (Manual remote-control board)  
                      { 遠方電氣操作型配電盤  
                          (Electrical remote-control board)

- (4) 形状より
- 垂直盤 (Vertical panel board)
  - 支配盤(ベンチボード型)(Bench board)
  - 車臺型配電盤 (Truck type board)
  - 装甲型配電盤 (Ironclad type board) 等

直接操作型は小容量、低電圧の場合には操作簡単で費用も少くて良い。遠方手動操作型は大容量、高電圧の場合、開閉器と把手とは連結棒によつて機械的に連結されるから、高電圧を盤に近付けず取扱ひに危険がなく且點檢が容易である。

遠方電気操作型は大きな發電所に廣く採用される型で開閉器の操作電磁石又は小電動機で行ふから設置場所の制限を受けない。

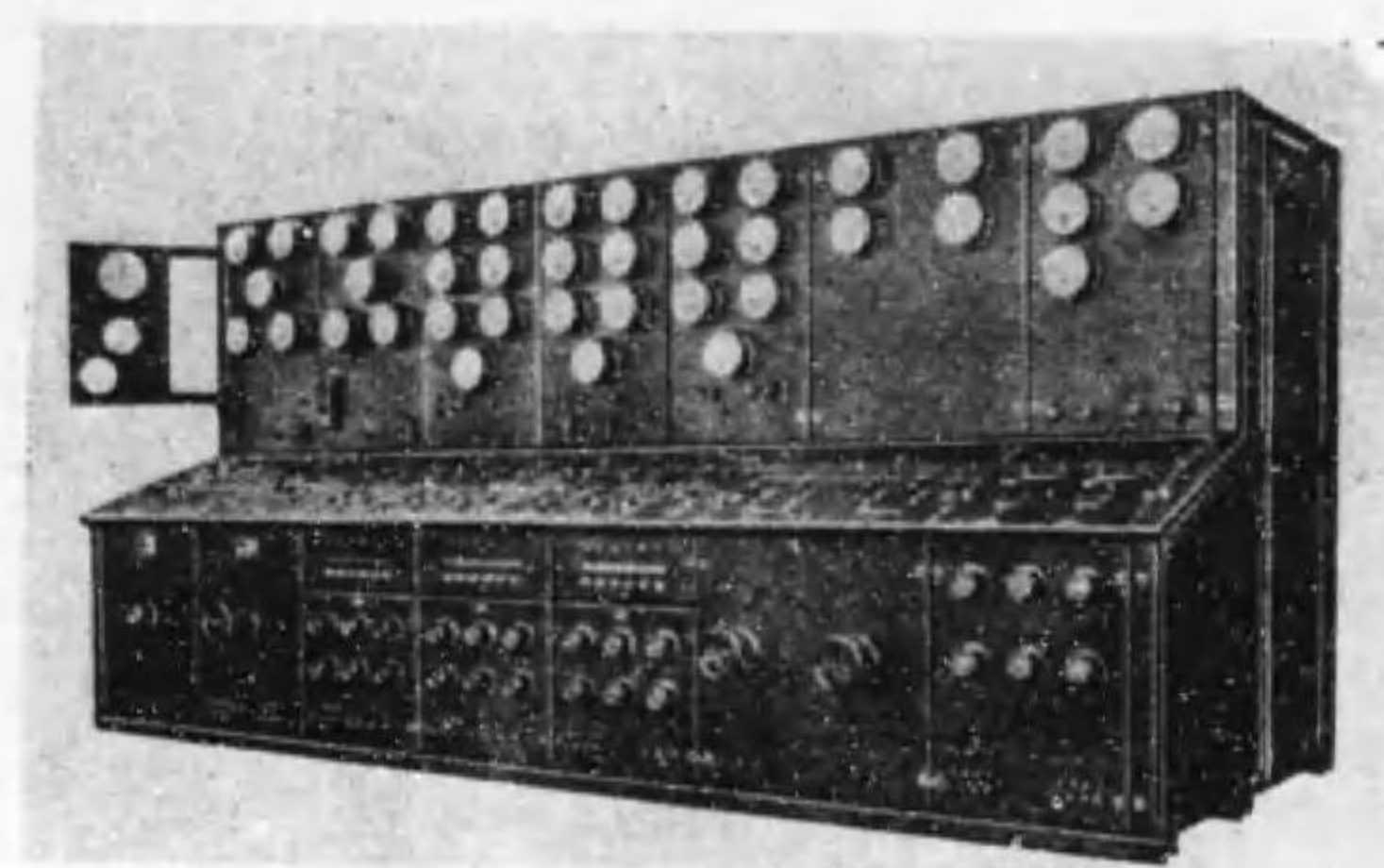
垂直盤は一般配電盤として廣く用ひられる。支配盤は斜面机型のもので、別に垂直型のを組合はせた場合には、斜盤を制御盤として之に制御開閉器、模擬系統線、表示燈等を取付け、垂直盤は計

器盤として計器

を取付ける。之は遠方電気操作型のものに用ひられる。第137圖は垂直型配電盤、第138圖は支配盤(ベンチボード型配電盤)を示すものである



第137圖 垂直型配電盤



第138圖 支配盤(ベンチボード型配電盤)

特殊盤には模擬母線配電盤、照光配電盤、小支配盤等あり、模擬母線配電盤は被制御系統を垂直盤又は支配盤上に金屬模擬

母線圖で表はし、之に信號燈を配して、系統状態を一目瞭然たらしめるものである。

照光配電盤は模擬母線圖を金屬を用ひずに照明した模擬母線管を用ひたもので、系統状態を照明の色彩及明暗に依つて明示したものである。

小支配盤は被制御系統を一ヶ所から離れて制御する目的で特に小型に纏め、取付器具も小型のものにした鐵板製函型支配盤である。大發電所の遠方制御用には、この型が適し、多數回路を制御する時は此の單位を扇型に集中配列する。

閉鎖固定型配電盤は開閉器類、保護裝置類を取付けた盤の背面及側面を閉鎖したものである。

車臺型配電盤は遮斷器その他器具の點檢、修理、或ひは故障時に所要部分一組を獨立に引出し、迅速に豫備と取換え得る様、遮斷器變流器、繼電器、可熔片等を車臺(Truck) 上に取付け遮斷器の端子を双形接觸としてハウジング内に設けられた母線に適合させたもの



である。

装甲型配電盤は主として屋内用で、固定部と可動部とから成り、固定部には母線及接續、計器用變成器、開閉装置を有し、各導電部は絶縁混和物で充填絶縁され、鐵板で包被されたものである。

## 第三十二章 開 閉 器

### 136. 開閉器の具備すべき条件

開閉器の具備すべき条件を列挙すると

- (a) 規定電流を通した時、電壓降下が少なく、且温度上昇も少ないこと。
- (b) 導電部分は使用電壓に對して充分絶縁されること。
- (c) 電路を自動的に又は他動的に開閉する装置を備ふること。
- (d) 電流遮断時に發生する弧光を抑制すること。

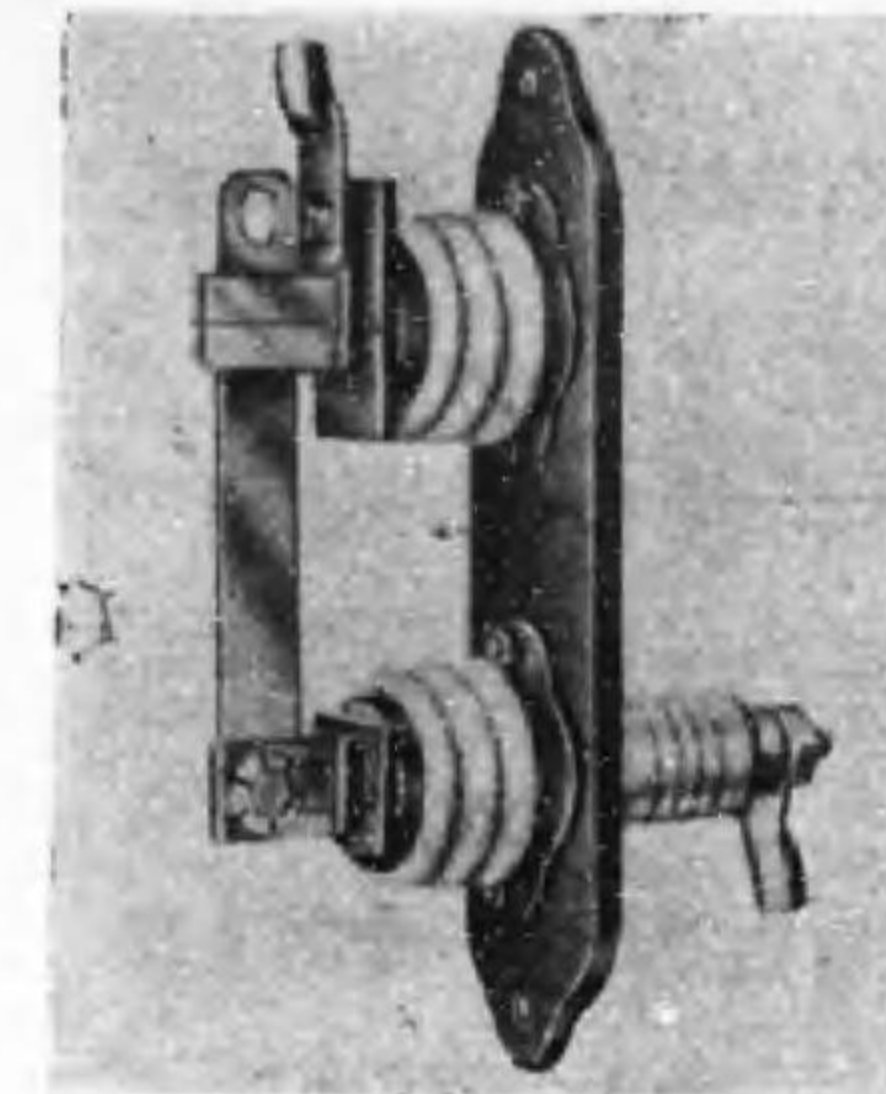
等である。

### 137. 氣中開閉器

空氣中で開閉する機構で主として低壓電路の開閉又は高壓電路の斷路器として用ふ。種々の型のものがあるが主なものを説明する。

- (1) 刃型開閉器(Knife Switch) 普通は電壓600V以下の交流回路に使用される標準開閉器で手動を標準とする。
- (2) 斷路器(Disconnecting switch)  
刃型開閉器の一種で高壓又は特別高壓に用ひられ、主として變壓

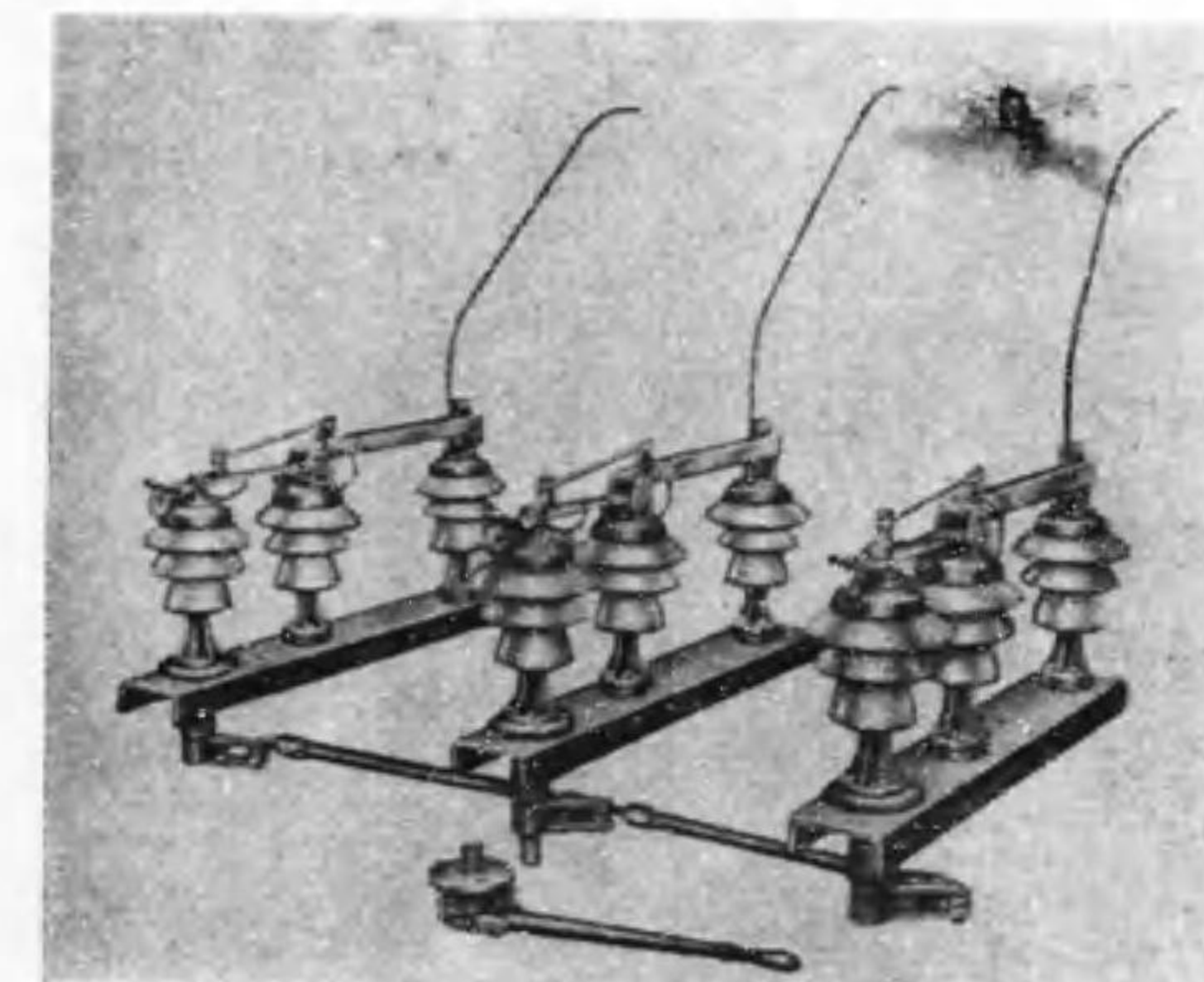
器、避雷器、油入開閉器或ひは母線の一部等を生きた部分から完全に區分する目的のために用ひられる。従つて負荷状態の儘で開閉しない。他の装置に依つて開閉された状態の時だけ開閉を行ふのが普通である。但し線路充電々流、受電變壓器の勵磁電流の様な小さな電流の流れてゐる状態のまま開路するために特に角附斷路器と云ふ接觸部に消弧角を設けたものもある。



第139圖 斷路器

單極、多極とも製作されるが單極フック操作のものは不時開放又は過電流に依る電磁力で自然に開放されるのを防ぐため開き止めを設ける。

屋内用、屋外用の別もある。第139圖及び第140圖は斷路器及び角附斷路器を示すものである。



第140圖 角附斷路器

以上の外、斷路器の接觸刃の代りに可熔片を用ひて線路に過大電流の通じた時熔斷する様にしたものもあつ

て、之を可熔断路器と云ひ、主として高壓變成器回路等に用ひられる

### 第三十三章 遮 断 器

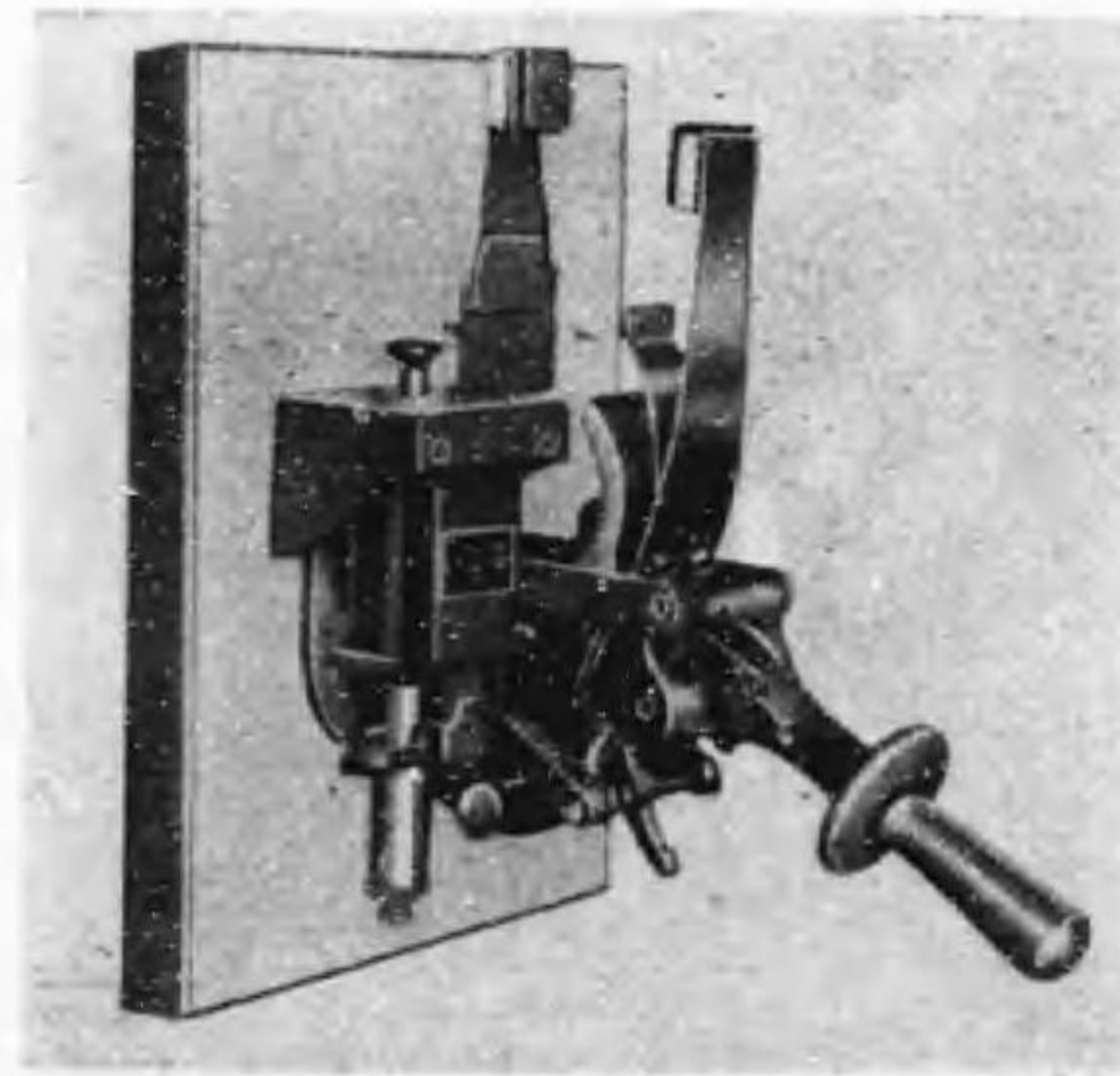
開閉器は規定負荷電流或はその二倍程度の過電流状態で回路の開閉を行ふもので、遮断器は電路の一部に短絡等が発生した時之を系統中から取除くために用ひられる。

#### 138. 氣中遮断器 (Air circuit breaker)

一般に直流回路に使用され、低壓の交流回路にも用ひられる。主接觸の外に補助炭素接觸を用ひてこの部分で遮断を行はせ、主接觸の損傷を防ぎ遮断の際の過電壓發生を防ぐ、遮断時に生ずる電弧はその電磁作用と自然通風とに依つて消滅さすのであるが、750V 以上のものには吹消線輪、

電弧遮壁等を設ける。開路操作は直捲引外線輪 (Series trip coil) に依て鐵心を吸上げ、その先端で機構の死點を外し自重又は彈條の助に依つて開路する。

氣中遮断器の一種に高



第141圖 氣中遮断器

速度遮断器 (High-speed circuit breaker) がある。短絡等が起つてから遮断までに極短時間にて操作を終るもので電鐵方面に廣く用ひられる。

交流遮断器として **デアイオン遮断器** (Deion circuit breaker) がある。第141圖は氣中遮断器を示すものである。

#### 139. 油入遮断器 (Oil circuit breaker)

回路に異状ある場合自動的にその定格電流より非常に大きな故障電流を遮断し得る様油中で開閉を行ふものを **油入遮断器** と云つて、定常状態で定格電流程度の電流のみより遮断し得ないものを單に **油入開閉器** と云つてゐる。

油入遮断器の様に絶縁油中で回路を遮断する事の利點は

(a) 油の冷却作用と壓力との爲弧光が減せられる。尙交流の場合には電流零の瞬間に弧光が消滅し油のために再生が困難であるから回路が完全に切れる。

(b) 開閉器の容量を大きくし装置を小さくする事が出来る。

(c) 取扱者に對し危険を少くする。

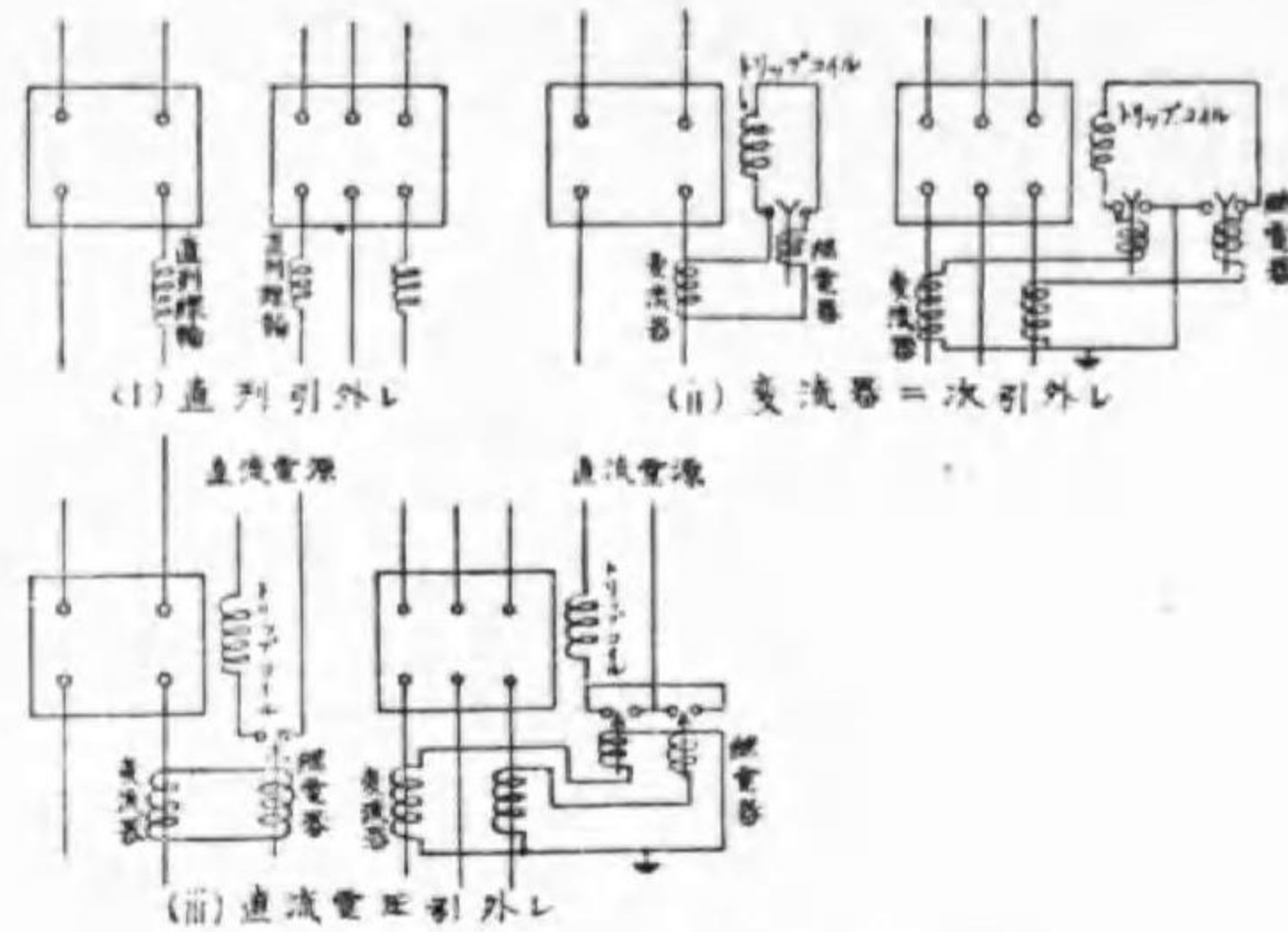
缺點として油を使用する故、若し之に引火すれば大なる事故を起す。構造上の主要部は油槽、固定接觸部、固定接觸支持絶縁套管、移動接觸部並に之を動かす機構とである。電壓低く小容量のものは配電盤直接裏面又は盤支持組棒に取付ける。屋外用の大なるものは鐵骨組棒取付又は床面取付とする。

遮断器の操作方法には **手動** (Manual operated), **電氣動** (Electrical

operated), 空氣動(Pneumatic operated)等がある。

電氣操作にはソレノイド操作(Solenoid operated), 電動機操作(Motor operated)の二種ある。

回路の故障時に自動遮断をするための引外しには



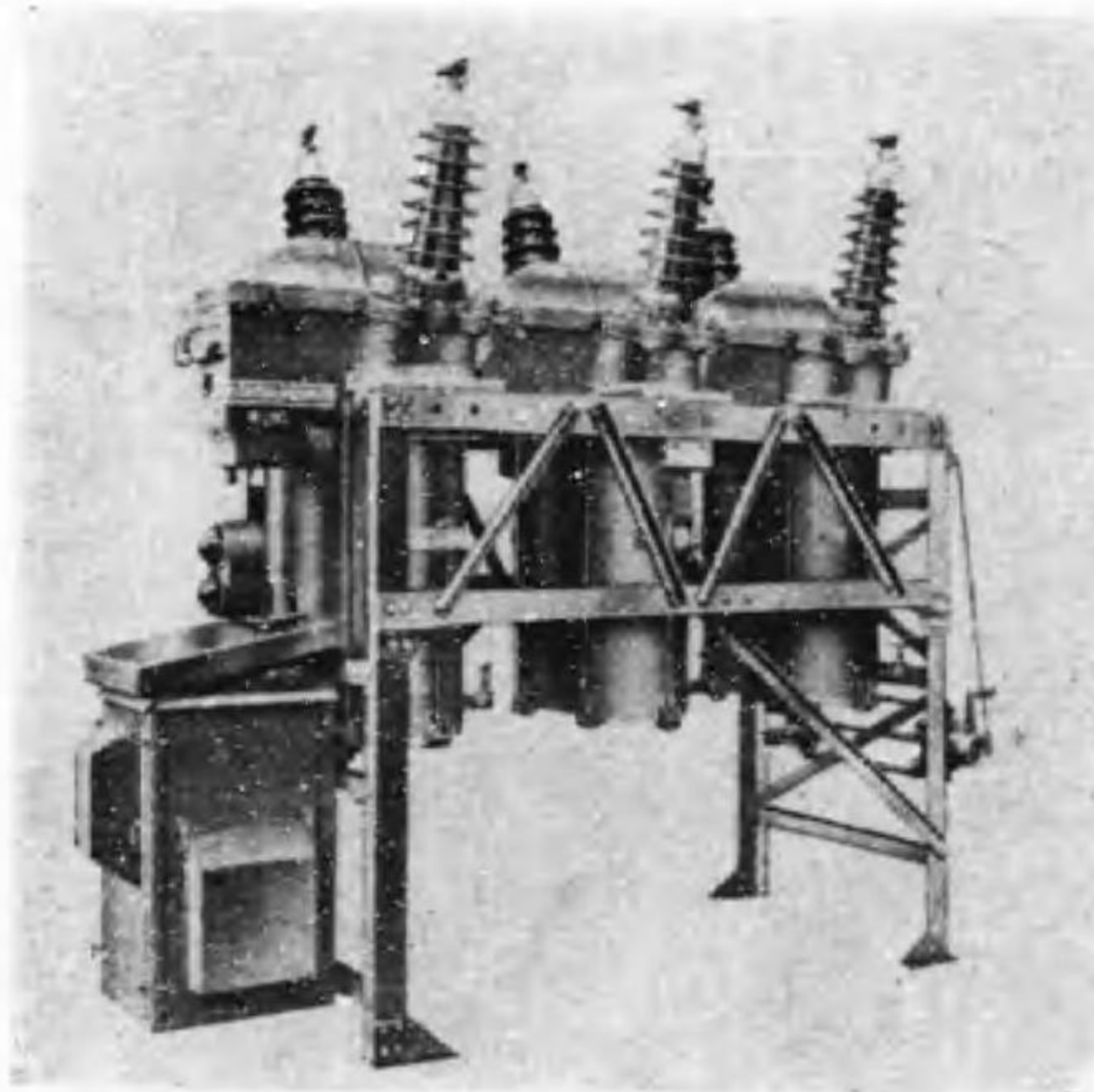
第 142 圖 油入遮断器の引外装置圖

- (1) 直列引外し。
- (2) 變流器二次引外し。
- (3) 直流電圧引外し。

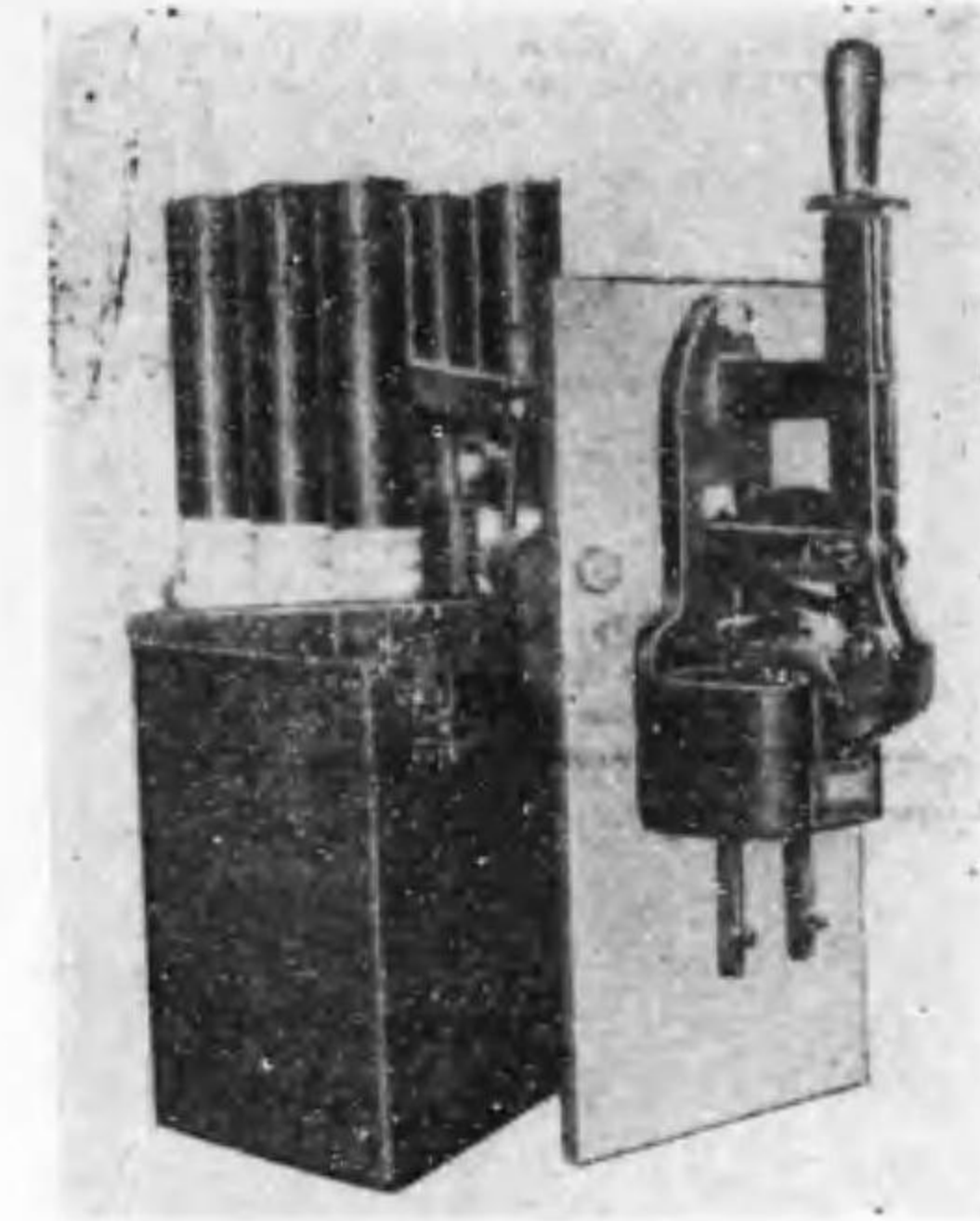
の三種がある  
直列引外しは

手動式低壓回路に用ひられる。變流器二次引外しは變流器二次側を引外線輪に結ぶもので、直流電圧引外しは引外線輪の勵磁を直流電源より受けるものである。

(1)は繼電器を附けないのが普通であ



第143圖 ソレノイド操作油入遮断器



第144圖 手動操作油入遮断器

るが、(2)及び(3)は目的に応じて過負荷或ひは低電壓等適當な繼電器を接続する。

三者の中信頼度の高いのは直流電圧引外し方法である。

遮断器の遮断容量を表すには規定電壓、周波數に於いて二分間の間隔をおいて二回完全に遮断し得る電流で表は

し、英國では其等電流及電壓(三相の時は定格電壓の $\sqrt{3}$

倍の電壓)の積で表はす。本邦では兩者共採用される。

油入遮断器はその構造及び作用上よりデアイオングリッド附、油衝型遮断器、水遮断器、膨脹遮断器等の各種に分けられる。

### 第三十四章 電 壓 調 整 器

#### 140. 電壓調整器(Voltage regulator)の目的及種類

發電機電壓は負荷の變化に伴つて常に變動してゐるのであるが負荷に供給する電壓はなるべく一定であることが必要で、自動電壓調整器(Automatic voltage regulator)はこの目的のために使用せられ

るもので、

- (a) 感度鋭敏なこと。
- (b) 調整速度大きなこと。
- (c) 電圧調整が廣範圍であること。
- (d) 亂調防止完全であること。

等である。

自動電壓調整器の種類を挙げると

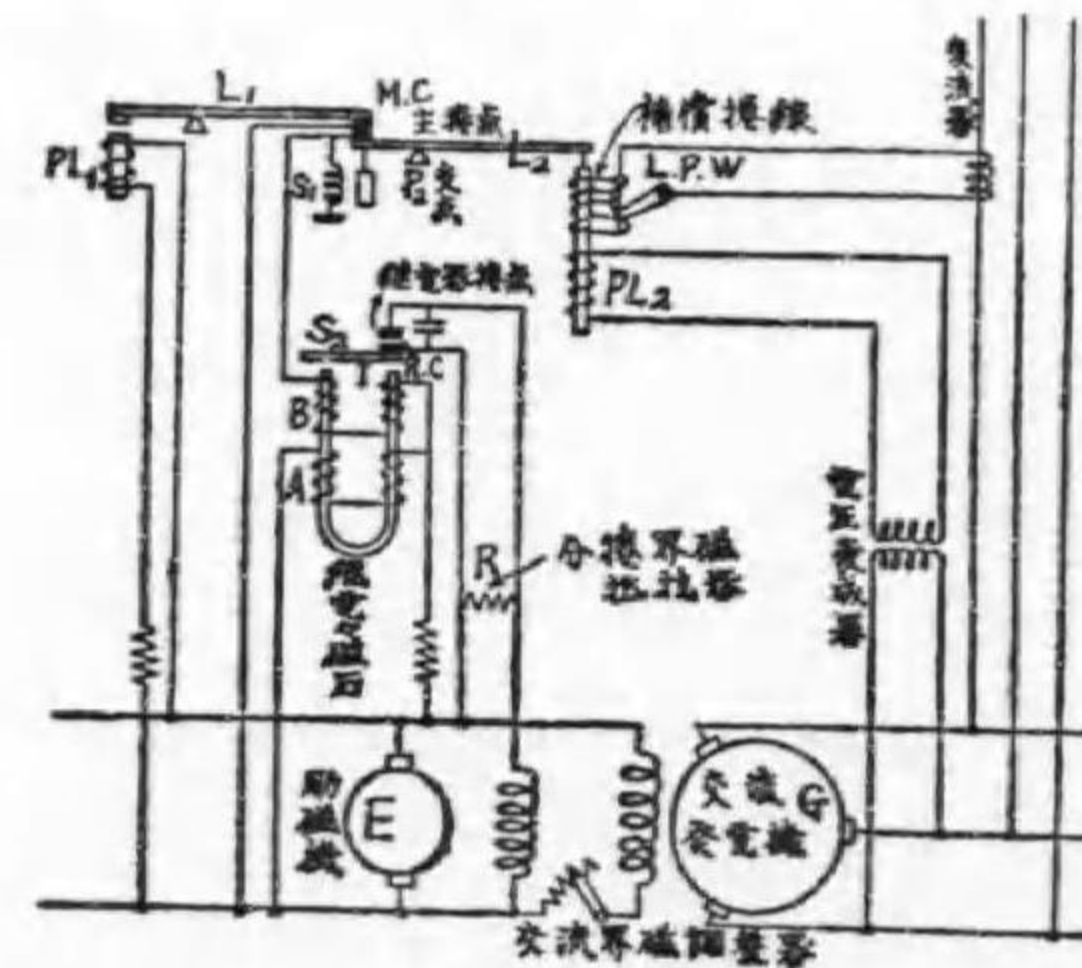
- (1) 振動型 (Vibrating type)
- (2) 抵抗器型 (Rheostatic type)
- (3) 振子型 (Pendulum type)

等があつて、振動型は電圧變動に伴ひ一群の繼電器を動作させ勵磁機の界磁抵抗を變化して發電機の電圧を調整するものでチリル調整器 (Tirril regulator) がその代表的なものである。抵抗型は線路電壓の變動に依つて界磁抵抗調整用電動機を動作させ界磁抵抗器の抵抗を自動的に調整して電圧を調整する方式で、ブラウンボベリー調整器 (Brown-Boveri regulator)

は此の型に屬す。

チリル電壓調整器の接続及構造を線圖を以つて表はすと第145圖の様である。

Gは發電機、E<sub>x</sub>は勵磁機である。L<sub>1</sub>の槓杆は勵



第145圖 チリル電壓調整器

磁機電壓に依る PL<sub>1</sub> に依つて彈條 S<sub>1</sub> に反對して下方に引かれる。L<sub>2</sub> は發電機端子電壓で勵磁された PL<sub>2</sub> 及び變流器 C. T. を通して附勢された L. P. W. に依り P<sub>2</sub> を支點とし上方に引き上げられてゐる。斯くして M. C. の接點は開かれてゐる。圖の中央の A. B の兩線輪は差働的に捲かれてゐる。M. C. の接點が開かれた時は A 線輪のみ勵磁され鐵片 I を吸引し R. C. を開いて M. C. を閉する時は A. B 兩線輪勵磁され互ひに磁力打消し鐵片 I は彈條 S<sub>2</sub> に依つて引かれ R. C. は開かれる様になつてゐる。

今發電機 G の電壓降下する時は PL<sub>2</sub> の磁力減する爲 L<sub>2</sub> は降下し M. C. は閉じ B 線輪勵磁され S<sub>2</sub> に依つて鐵片 I は吸引されて R. C. が閉ざされ R の界磁抵抗が短絡される。依つて E<sub>x</sub> の電壓上昇し G の電壓も上昇す。此と同時に PL<sub>1</sub> の磁力増加して M. C. の接點開路さる。故に R. C. も開き界磁抵抗 R の短絡を開いて勵磁機電壓降下、發電機 G の電壓を降下さすのである。

之の様な動作を1秒間に相當回数繰りかへさず時は G の電壓は完全に調整される。L. P. W. は補助捲線で變流器より電流が流れその磁力を PL<sub>2</sub> と反對になる様接続する時は電流が大となり線路電壓降下大となる時、PL<sub>2</sub> 及び L. P. W. に依る磁力は減じ L<sub>2</sub> は下方に降下して M. C. を閉じ、R. C. を閉じ G の電壓を上昇させて直流復捲發電機の性質を與へる。蓄電器 C. D は接點 R. C が火花に依つて損傷されることを防ぐためである。

## 第三十五章 限流リアクトル

## 141. 構造

限流リアクタンスは短絡に際して回路に流れる電流を制限し、機械器具類を保護すると共に故障を局限して健全なる部に及ばさない様保護するものである。従つて短絡した時の様に大電流が通る時も殆んどリアクタンスの値が降下せない様鐵心は用ひずにコンクリート又は木材を用ふ。

低電壓屋内用は露出型を用ひるが高電壓回路用又は屋外設置のものには油入型が用ひられる。

## 142. 定格

限流リアクトルには周波數、相數、容量(K.V.A)回路電壓、電流百分率リアクタンス等の定格が與へられる。

定格容量は定格周波數及び定格電流に於て消費すべき皮相電力(K.V.A.)である。百分率リアクタンスは定格周波數及定格電流に於けるリアクトル端子間の電壓降下と定格回路電壓(多相の場合には一線と中性點間の電壓、单相の場合には線間電壓)との百分比である

例へば50サイクル 11,000ヴォルト 100アンペア 三相5%のリアクタンスと云へば、端子電壓降下は

$$\frac{11,000}{\sqrt{3}} \times 0.05 = 317 \text{ ヴォルト}$$

となり其の定格容量は

$$\frac{317 \times 100}{1000} = 31.7 \text{ キロヴォルト, アンペア}$$

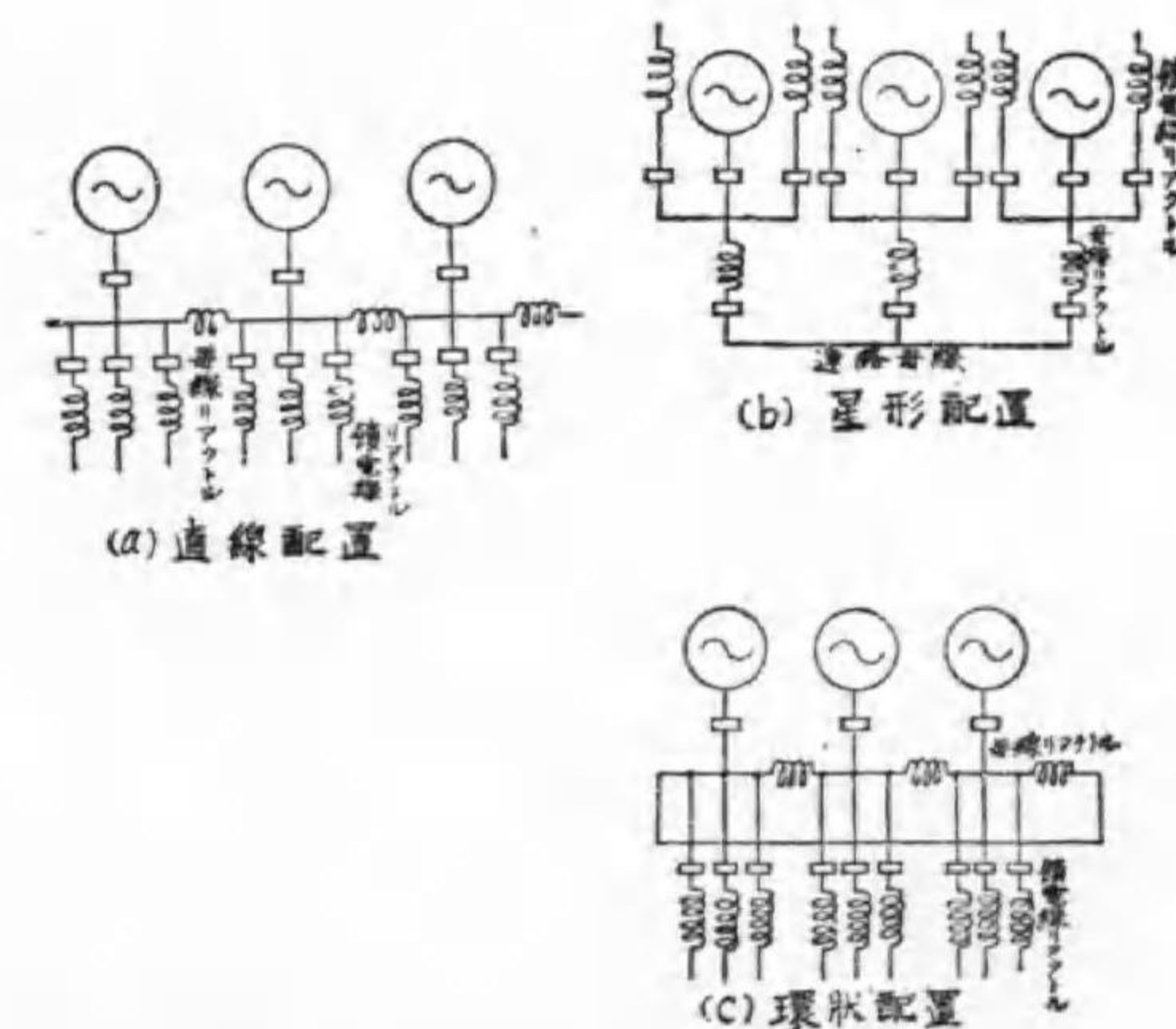
(各相)となる。

## 143. 限流リアクトルの應用

限流リアクトルの應用の主なものは次の様である。

- (a) 發電機リアクトル
- (b) 母線區劃リアクトル
- (c) 饋電線リアクトル

(a)の發電機リアクトルは發電機と母線との間に接続されて短絡した時の發電機の捲線の障害を防ぐ、大容量の發電機が數箇並列に結ばれてゐる時は捲線の故障の際他の發電機からの突流に依る、そ



第146圖 リアクトルと母線の配電圖

の捲線の傷害を軽減するため発電機リアクトル又は次の母線区劃リアクトルが必要となる。

(b)は圖に示した様に母線区分間を連絡するリアクトルで常規運轉状態では之を通る電流は少く、電壓降下も小さいが、短絡した時には有効に働いて母線及び之に接続された機器を保護するものである。

リアクトルと母線との配置に依つて次の三種となる。

- (1) 直線状母線方式
- (2) 星形母線方式或は同期用母線方式
- (3) 環状母線方式

(1)の方式は各発電機及饋電線に結ばれた母線区分をリアクトルを通して直線的に結ぶ。

(2)は數箇の母線区分をリアクトルを通じて連絡母線即ち同期母線に結ぶ。この方式の長所は常規運轉に於ける電壓降下の最も少い事である。

(3)は母線区分をリアクトルを通して環状に結ぶ。各区分は兩隣の区分から電流を供給される故、リアクトルを通る電流を小さくする事が出来る。

この外饋電線リアクトルがあつて、母線と饋電線とを結ぶリアクトルで電壓降下を故障饋電線に局限する用を爲す。

## 第三十六章 回路方式

### 144. 回路の接続方式

發電所に於ける機械器具相互間及之と外線との接続方法並にその配列の良否は、日常の運轉又は送電作業に大きな関係がある。

其の接続方式は發生電力、使用目的、發電機並に變壓器の容量及臺數、電壓等の關係上尙又經濟的の制限を受けて一律に決定する事は困難であるが一般に接続上必要な要項は

- (a) 各機器の運轉始動及停止を自由に出来る事。
- (b) 各機器の連絡運轉上の融通性を持たす事。
- (c) 維持及修理に便なる事、又取扱の安全なる事。
- (d) 故障に際しては出来る丈局部的に遮斷して送電上の波及を小さくすること。

等である。

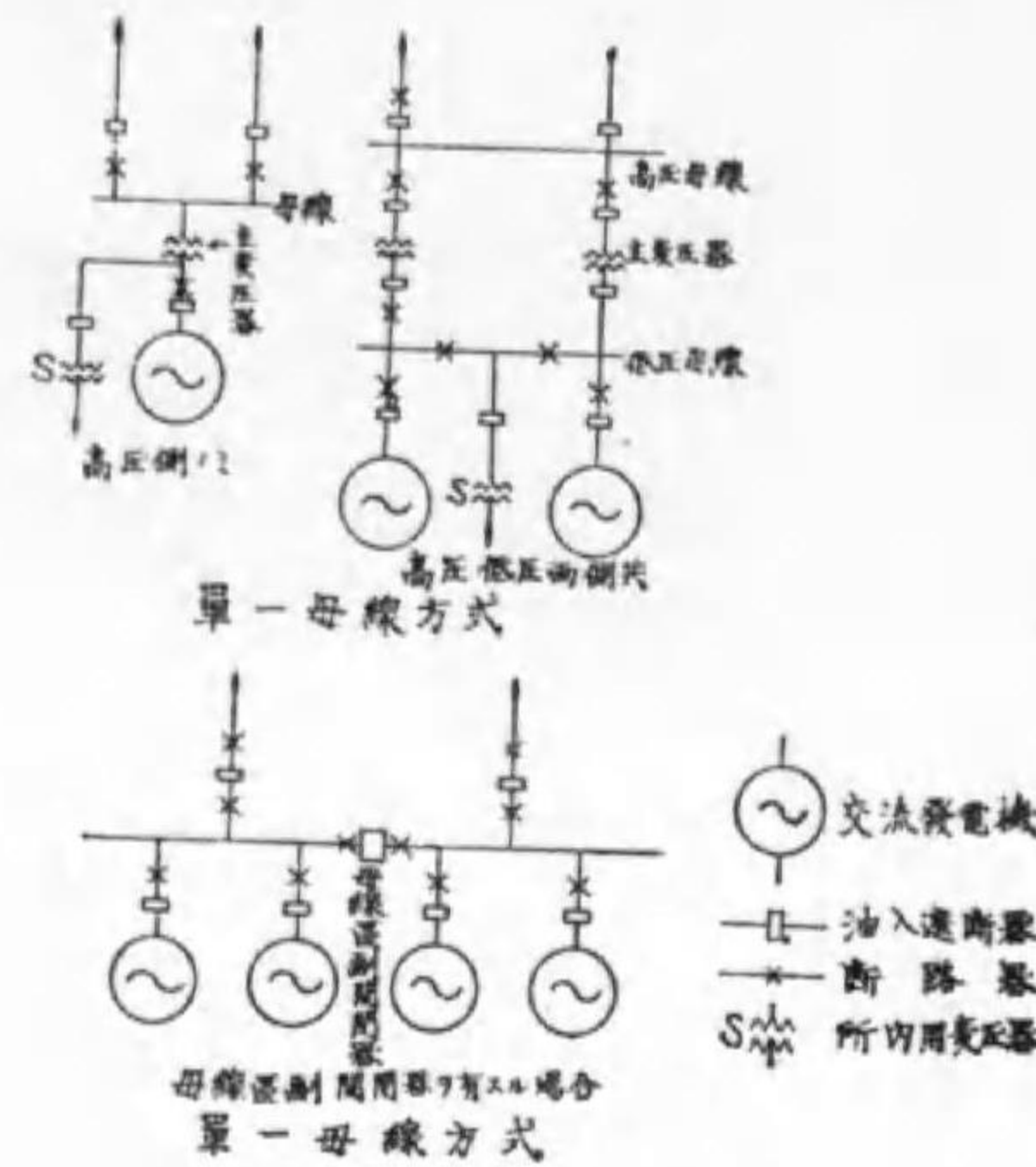
回路中電力の集散のため中心となる接続電線を母線 (Bus-bar) と云つて回路方式は之の數及配置に依つて大體下記の三種類に分類される。

- (1) 單一母線方式 (Single bus-bar system)
- (2) 二重母線方式 (Double bus-bar system)
- (3) 環状母線方式 (Ring bus-bar system)

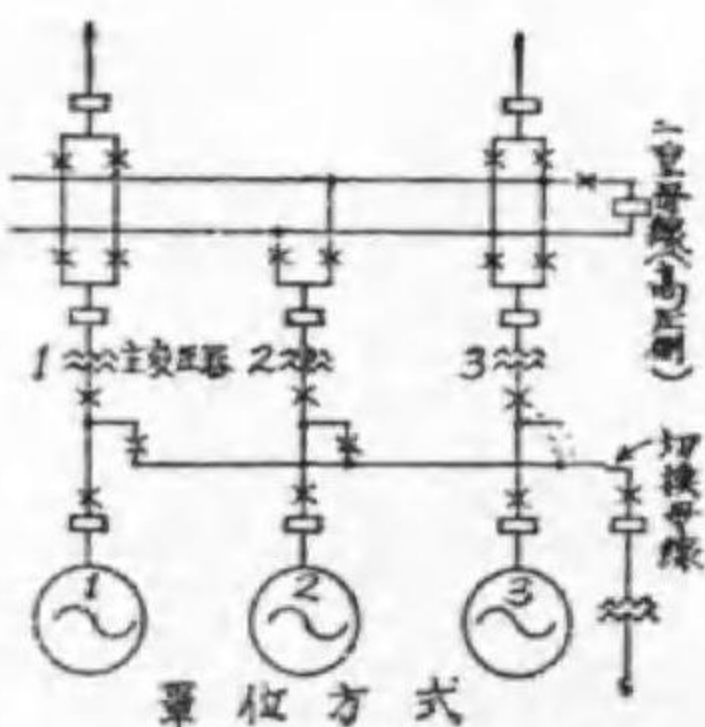
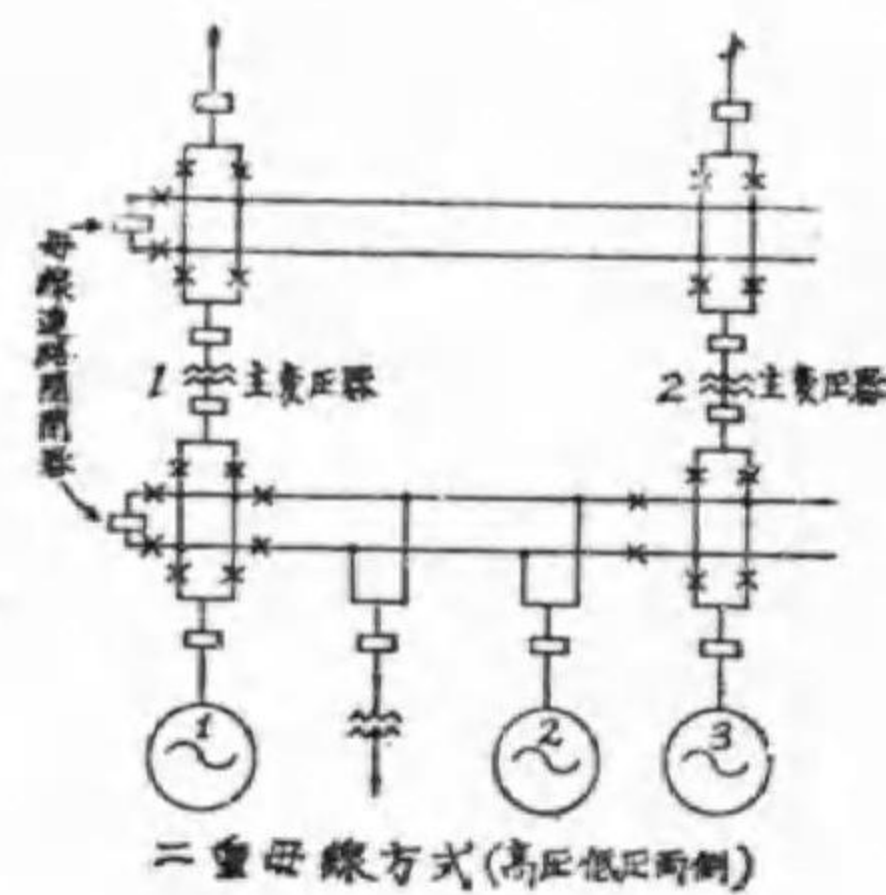
(1) の単一母線方式は最も普通に行われ、簡単で建設費も低廉な長所があるけれども、故障の時の信頼度は低い故に小容量の場合に普通用ひられる。

(2) の方式は正副二組の母線を具へ発電機及び送電線は開閉器に依つて何れの母線にも接続し得る様になつてゐる。故に融通性は多いが母線と開閉器の数が倍加するから多額の設備費を要する短所がある。極めて大容量の場合に限らる。

(3) の方式は母線が環状をして分割開閉器に依つて区分せられ各区分に夫々の発電機及び送電線を設けるもの



第147圖 単一母線方式



第148圖 二重母線及び單位方式

である。この方式の利點は(2)に比べて簡単な装置で殆んど(2)と同様の目的を達し故障に依る停電を小部分に止められるが融通性に就いては(2)より劣る。この方式も大容量に用ひらる。

尙この外に單位方式と云ふものがある、発電機の單位容量が極めて大きな時に用ひられる、これは発電機1臺と變壓器1組とを單位として之を高壓側で並列にするもので、此の場合には切換母線(Transfer bus)を設けて故障又は休止のため或る組の発電機と他の組の變壓器とを組合はせて1單位とし得る様にする。

### 第三十七章 自動水力發電所

#### 145. 自動發電所の分類

交通不便な山奥等の水力發電所には優秀な技術員は得られ難い。斯る發電所を自動式とすると人件費を省き、又繼電器の利用に依つて操作は敏速確實に、しかも水力を經濟的に利用出来る。

自動發電所には種々な方式があるが大別すると次の四種となる。

- (a) 全自動制御式
- (b) 半自動制御式
- (c) 遠方制御式
- (d) 遠方監視制御式

(a) は自動發電所に於て、豫定の條件通り自動的順序で動作を進

め運轉され、ある豫定の條件に至ると自動的に停止する。而も運轉中異状を生じたる時には保護装置に依つて運轉中止、或ひは停止後再び運轉を開始さす等全部が自動的に操作される。餘り重要でない発電所にはこの方式が採用される。

(b) は自動発電所で一部分は手動で操作するが他を自動制御とするもので、相當容量の大きい発電所にも採用される方式である。

(c) は発電所を一部分は発電所内で自動制御し他を遠方から制御線を介して制御する方式である。

(d) は発電所を一部分その発電所で自動制御し他を遠方から所要の連絡線に依つて監視しながら制御する方式である。

この方式は自動発電所の運轉能率改善を計るばかりでなくて互ひに連絡された自動発電所系統全體の合成能率を高めようとする方式である。

#### 146. 起動及同期化方法

起動方式には発電機側から起動するものと水車側から起動する方式とがある。普通は水車側起動が採用される。

即ち親発電所 (Mother station) から連絡送電線又は制御回線を附勢したり、或ひは自動発電所の時計開閉器の動作等に依つて水車に導水し水車発電機を加速させて同期速度に近い速度となつた時、後述の同期化方式に依つて線路に接續する。

同期化方法には自己同期化式と自動同期化式とがある。自己同期化式は一般に発電機に制動捲線を備へた場合に採用出来る方式で水

車側から起動し、略同期速度に達した時発電機は無勵磁の儘系統に接續し、續いて勵磁し水車の加速と相俟つて同期に引込むもので設備簡單、低廉であるが系統に接續する際相當大電流が流れるため系統を攪亂する憂ひがあつて、小容量の餘り重要でない自動発電所に採用される方式である。

自動同期化式では水車に導水し水車発電機を加速させて勵磁を與へ適當な装置に依つて発電機の周波數、電壓と系統の夫等とを一致させて且つ兩者の位相が同じになつた瞬間に発電機を系統に接續するである。従つて前者の様な憂ひはない。大容量の自動発電所は此の方式を用ふ。

#### 147. 出力の調整方法

これは自動化方式、調整池の有無其の他の條件に依つて違ふが、(イ)調速器に負荷制限装置を附し水槽水位の豫定範圍内で一定出力に調整する法、(ロ)自動水位調整機をおいて水槽水位を一定に保つ様な出力を發生させる法、(ハ)遠方より出力を制御する法等がある。

#### 148. 停止方式

人爲的に停止する場合は発電所の停止開閉器を開き、又遠方制御及び連絡送電線の活殺に依つて制御される方式では夫々停止開閉器及接續線路油入遮斷器を開いて行ふ。



## 149. 保護方式

自動制御装置の有効なる運轉に對しては保護装置は重要な役割を持つてゐる。低電壓保護、發電機の過熱、軸受の過熱保護、油壓低下保護、過速度保護、發電機過負荷保護等の目的を果すために繼電器が必要であつて、此の外運轉の安全を期し自動發電所の特徴を充分發揮するためには種々の繼電器を適當に使用しなければならない。

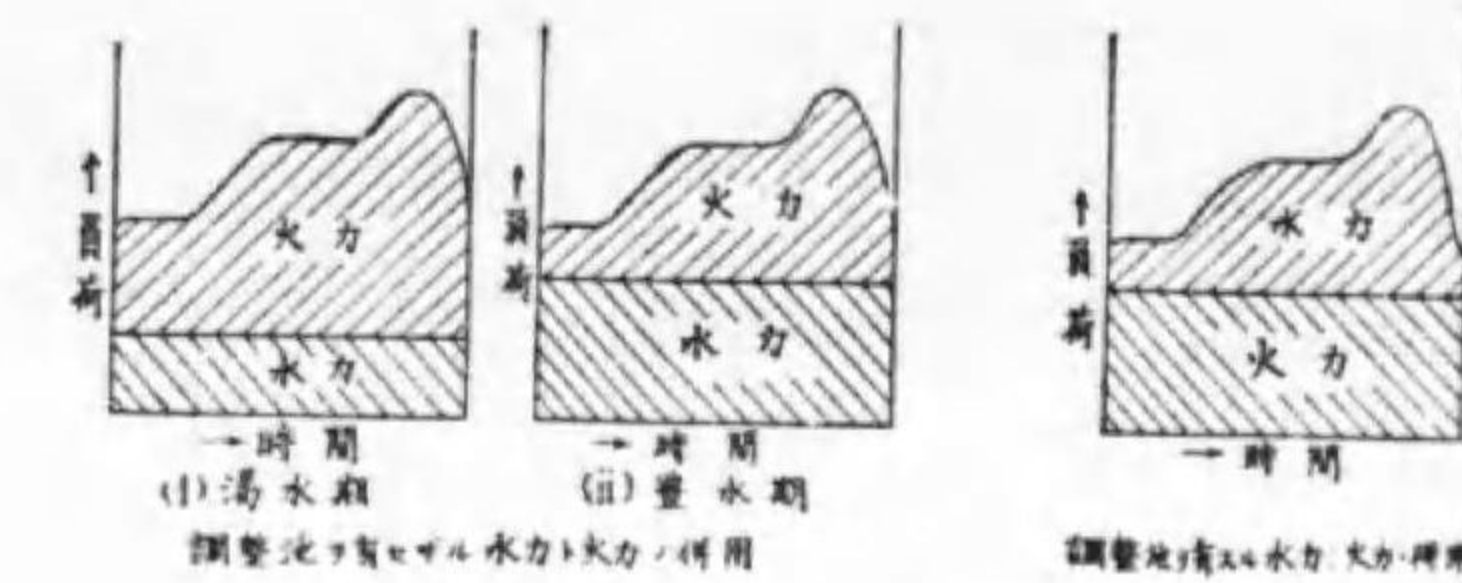
## 第三十八章 水火併用

## 150. 水火併用の目的及その方法

水力と火力發電所を比較すると、一般に水力は建設費が多いが運轉費は少く火力はその反對である。

水火併用の目的は水力を出来るだけ有効に利用して電力を安く得ることにある。然るに河川の流量は日々變動するものであつて湧水量を基礎として水力發電所を設計建設すると年中全出力を發生することが出来るが、大部分の水量は不經濟に放出することとなる。又發電所工事費單價より考へても最大使用水量を大にする程安くなる。故近年最大使用水量は湧水量の數倍に増加の傾向がある。これに伴ひ湧水時は出力減退する故之を補給するため必要な程度の火力を併用する必要がある。

水力發電所の調整池の有無に依つて水火併用の方法が異なる。調整池のない時は 圖(i) (ii) の様に需要電力の**基底負荷**(Base load)を水力で供給し水の不足した場合及び**尖頭負荷**(Peak load)は火力



第 149 圖

により補給するのが一般である。

湧水時に水力の出力減退し需要電力に満たない部を火力で補給し豊水期に於て水力を充分利用するには水力發電所をなるべく高い負荷率で運轉する事が必要で従つて尖頭負荷部を火力に分擔さすのである。

使用水量の標準を高める調整池を持つてゐる場合は火力を基底負荷に對應させて、尖頭負荷部を水力に分擔させる様にするのが普通である。斯くする時は水力を有効に使用すると同時に火力も一定負荷で高能率運轉が出来ることとなつて水火併用の目的を果すことが出来る。

要するに水火併用の方法は最も低廉なる電力を得られる様な水火力發電所の組合はせば如何なる運轉方法に依つて得られるかを考へる事である故、種々の條件に依りその組合はせも變化するものである。

## 151. 電力聯系 (Interconnection of power systems)

天然資源を最も經濟的に利用し低廉なる電力を供給し全系統の綜合的能率を向上させるためには個々の發電所、個々の事業者が自己の發電所及送配電備設を運用するのみでは實現出來難い。之がためには主要送電幹線を以て各地に散在する多數の發電所及負荷を連絡し、互ひに有無相援け合ひ電力の融通を圖り個々の發電所の能率及び全體の能率をも向上させて、一部の故障に對しても停電する事のない様な組織が必要となる。

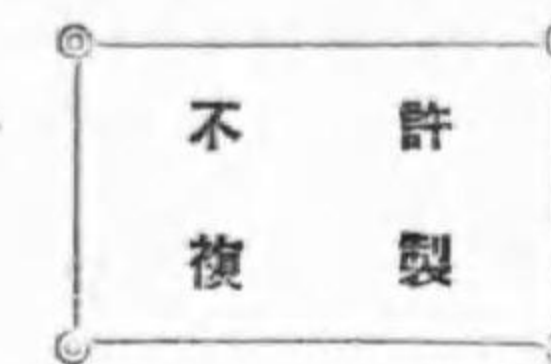
斯る組織を電力聯系と云ふ。

昭和十三年三月十五日 印刷

昭和十三年三月廿五日 發行

發電所及原動機

定價金壹圓參拾五錢



著者 電 教 社

發行者 中 西 儀 藏  
大阪市大正區泉尾北村町二丁目十二番ノ一

印刷所 八ッ橋印刷所  
大阪市東區博愛町一丁目六五

發行所 大石堂出版部  
大阪市大正區泉尾北村町二丁目十二番ノ一

大賣捌所 大阪屋號書店  
東京市日本橋區吳服橋二丁目

丸善株式會社大阪支店  
大阪市東區博愛町四丁目

オム社本支店  
東京市神田區錦町三丁目  
大阪市北區堂島堂ビル内

柳原書店  
大阪市東區北久太郎町四丁目

## 電 教 社 編

交 流 理 論	90頁	定價金 六 拾 錢
電 氣 磁 氣	125頁	定價金 九 拾 錢
電氣磁氣測定法並器具	115頁	定價金 八 拾 五 錢
送 電 · 配 電	95頁	定價金 七 拾 五 錢
電 氣 工 學	160頁	定價金 壹 圓 貳 拾 錢
電燈照明並電熱工學	140頁	定價金 九 拾 八 錢
電 氣 材 料	90頁	定價金 七 拾 錢
電 氣 鐵 道	72頁	定價金 七 拾 錢
發電所及原動機	182頁	定價金 壹 圓 卅 五 錢
直 流 機 械	100頁	定價金 七 拾 五 錢
交 流 機 械 前 編		近 刊
交 流 機 械 後 編	104頁	定價金 八 拾 錢

### (其他電氣工學ニ關スル教科書)

兵庫縣立工業學校教諭 濱洲定次 山中新造 共著	中等電氣磁氣	240頁	定價 ¥1.35
一 色 要 著	中等無線工學	190頁	定價 ¥1.20
大阪帝大 藤本永三 著	電氣磁氣學綱要	210頁	定價 ¥1.50
金澤高工 益田經次郎 著	電機製圖集	改 版 中	
兵庫縣立工業學校教諭 松井 弘 著	基本中等電氣製圖	近 刊	
大阪帝大 山本次男 著	工業力學	420頁	定價 ¥3.00
工 學 士 小泉庄司 著	初 等 力 學	112頁	定價 ¥ .75

特214

691

終