

航空研究所彙報

第九十一號

昭和七年三月

二衝程式機關充填作用の數量的研究

所 員 富 塚 清
柴 田 浩
大 空 金 次

第六編 充填效率線の一性質

39. 緒 言。

之迄の諸編に掲載した多種多様の二衝程式機關模型に關する充填效率線圖はその微細な變異迄も問題にすれば各獨特と云はねばならないが、大局から見るに或一定の傾向を示す。此事は雜錄第七號所載の實驗の折にも既に氣づき、特性線の數式的表示法の一案を機械學會講演會に於て既に發表した事がある。然し當時の實驗では測定點が隨分散在し線の引き方には多分の氣儘勝手が許される状況だつたので到底こまかいところ迄問題とする事は不可能で従つて數式表現を行つてもその適不適をこれに對比して決定するは妥當でないと思はれたので其儘に今日迄棄て、おいたわけである。然し今回の研究によれば測定點の散在性は著しく減少し特性線は非常に精密に描く事が出来る様になつたので、以前とは異つて特性線の微細なる點を問題とする事が出来るし又數式的表現にも意味が生じて來る。本編に於ては此等を一括して取扱ふ事とする。ところで此問題は充填作用の過程の委しい内容を先づ知つて、それが斯様である故に效率線は斯くなる云ふ様に論じ行く事が自然であると思するが、彙報第六十七號の緒言に於て明記せる通り、氣流寫眞等の如き充填過程内容檢出のための諸方法はいづれも不備であつて我々の議論に役立つ如き正確なる資料を提供して呉れない。然るに本研究に於ける瓦斯分析によつて最終の結果を求める方法は充分精密正確であるので本編に於てはこれを基礎とし逆に充填作用の内容を推斷して行かうと思ふ。此推斷の正鵠か否かは内容の正確なる檢出が出来ぬ限り勿論不明であるが、最終の事實を推論の基礎とするものであるだけに實用性は充分あると思はる。又數式表現の方法は發動機設計の計算をする時等に若干便利があらうと思する。

40. 簡單なる假定の下に得らるゝ算定効率線と實測線との比較。

二衝程式機關の充填時に於ける氣流の機構は非常に複雑であることは誰の目にも極めて明瞭であり到底正確に實況に合せて効率曲線を算出出来るものではないが、氣流の機構を簡單に假定するゝ容易に算出が出来る。本章には先づ四通りの簡單な假定の下に効率線を算出して、これを實際の効率曲線と比較して見る事にする。

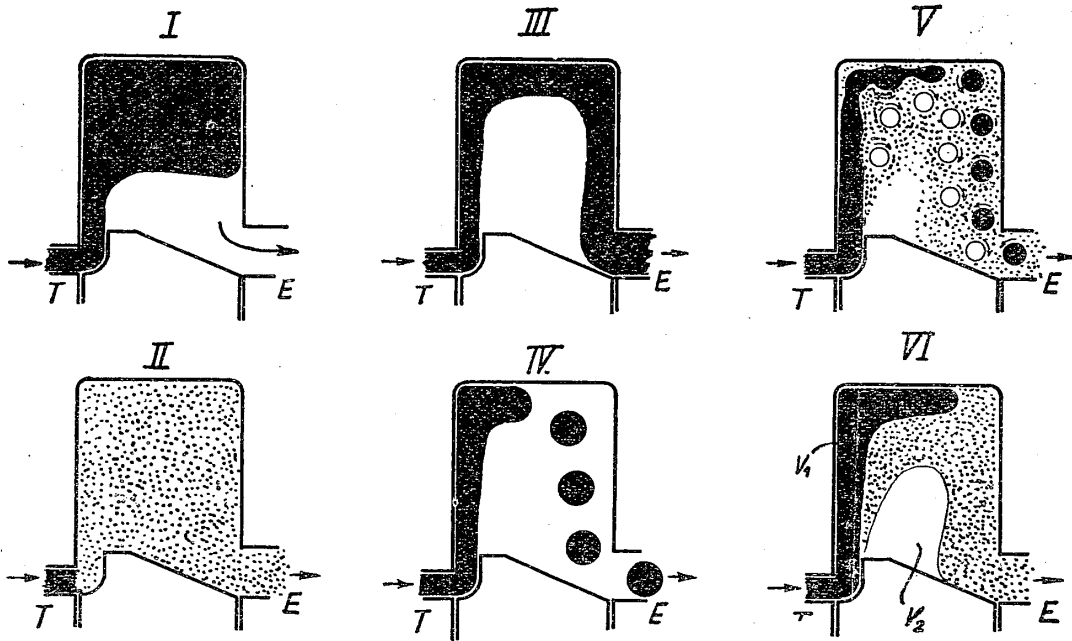


Fig. 184

假定 I. 「新氣が廢氣を完全に驅逐して自ら代つて氣筒の全容を充たす迄は新氣は絶対に排氣孔に逃出しないこと」これは二衝程式充填の究極の理想であつて第百八十四圖の I に充填狀況を示す。黒色の部が新氣、白色の部が廢氣を示し兩者は混合する事なく所謂 “perfectly stratified” になり新氣を以て廢氣を押し出す。此時の效率は次の如く極めて簡單に表現出来る。

記號は $V_c = \text{Cylinder volume}$

$Q = \text{Volume of new charge}$

$q = \text{Quantity of new charge expressed in fraction of the cylinder volume,}$

$$= \frac{Q}{V_c}$$

$\eta = \text{Charging efficiency, that is ratio of new charge retained in the cylinder to total charge. (これは Nutzbarkeit der Spülluft とドイツ語で呼ばれるもの。)}$

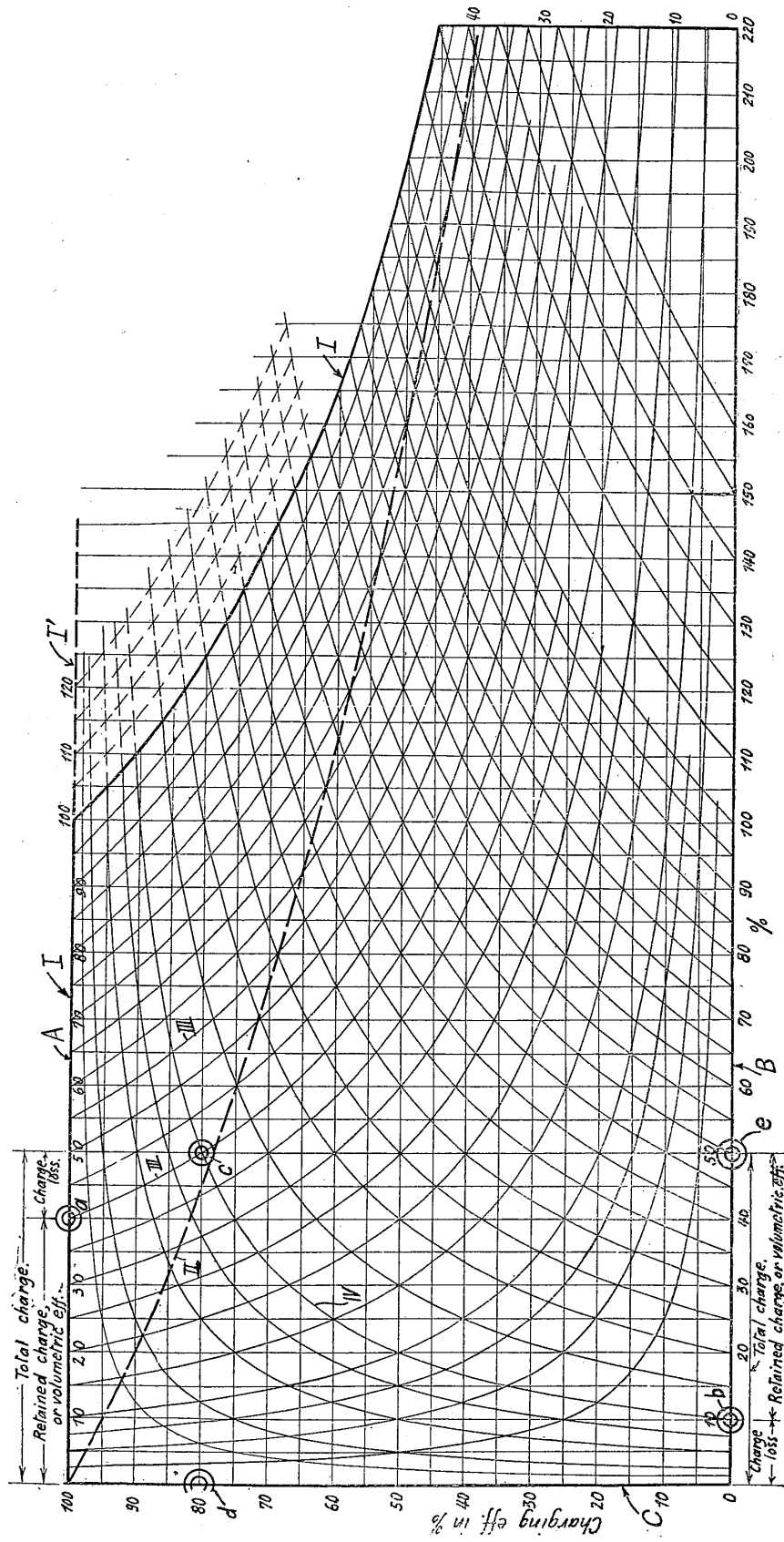


Fig. 185

然る時は $0 < q < 1$ なる範囲に於て

$$\eta = 1 \dots\dots\dots(11)$$

$q > 1$ なる範囲に於て

$$\eta = \frac{1}{q} \dots\dots\dots(12)$$

さなる。これが普通の充填方法によつて得られる最高限度で第百八十五圖の線 I に示される。これは此迄の實測線圖に於いても標準線 I として常に記載されてあるものである。但し supercharging を行つた場合には $q > 1$ なる範囲に於てこれを超過する事がもとより可能で、極限として、 I に示される如く $\eta = 1$ を常に保持させる事が出来る。

假定 II. 「新氣が氣筒中に進入して廢氣を驅出す作業中、氣筒中に於て新廢兩氣は完全に混合し、あらゆる部分に於て混合比は均一である。」此事は第百八十四圖の II に示されるもので、假定 I の perfectly stratified と正反對で “perfectly diffused” である。 I が實際には不可能である如く II もまた實際には不可能であるが、充填時に非常な擾亂を伴ふ如き場合には略これに近似であらうと推察出来る。効率を簡単に次の様にして算出される。

X = Volume of new charge retained in the cylinder.

x = Volume of new charge retained in the cylinder expressed in fraction of the cylinder volume = $\frac{X}{V_c}$

δq = Infinitesimal quantity of new charge.

δx = Infinitesimal quantity of retained charge when δq is charged.

然る時は

$$\delta q - \frac{X}{V_c} \delta q = \delta x \dots\dots\dots(13)$$

よつて $\delta q - x \delta q = \delta x$

$$\therefore \delta q = \frac{\delta x}{1-x}$$

兩側を積分して

$$q = -\log_e(1-x) + C$$

而して C を定めるために $q=0$ なる状況を考へるこ、これに對しては勿論 $x=0$ である故に

$$0 = -\log_e 1 + C$$

然るに $\log_e 1 = 0$ なるにより $C=0$ が得られる。

$$\therefore q = -\log_e(1-x) \dots\dots\dots(14)$$

$$\text{又は } x = 1 - e^{-q} \dots\dots\dots(15)$$

次に charging efficiency を算出するに

$$\eta = \frac{x}{q} = \frac{1 - e^{-q}}{q} \dots\dots\dots(16)$$

第五表にこの式によつて得られる $x, q, \eta/q$ の關係を表示する。第百八十五圖の II はこれに基いて描いた曲線である。此曲線は $q=0$ に於て $\frac{d\eta}{dq} = -\frac{1}{2}$ である。

Table 5.

x	q	$\eta = x/q$ in %
0	0	100
0.02	0.0202	99
0.05	0.0513	97.4
0.1	0.106	94.5
0.2	0.226	88.5
0.25	0.270	86.0
0.3	0.361	83.2
0.35	0.431	81.2
0.4	0.515	77.6
0.45	0.600	75.0
0.5	0.695	72.0
0.55	0.800	68.7
0.6	0.918	65.4
0.632	1.00	63.2
0.65	1.05	61.8
0.7	1.21	58.0
0.75	1.39	54.0
0.8	1.62	49.5
0.85	1.90	44.7
0.9	2.30	39.1
0.95	3.00	31.6
1.00	∞	0

假定 III. 「新入氣の量が或定まつた量に達する迄は排氣孔への逃がれが皆無で全部筒中保有されるが、それから先きは流入したと同量だけ排氣孔に逃出する。」これは第百八十四圖の III に示されるもので、I と同様 perfectly stratified ではあるが新入氣の流路の占める容積は氣筒全容積より小なる或定まつた値であり排出されない廢氣の或量が常に残る様な場合である。(假定 I は III の特殊の場合を考へることが出来る。)

今新入氣流路の占める容積を q' とせば、新入氣の量が $0 \sim q'$ の間は $\eta = 1 \dots\dots\dots(17)$

であり、 q' 以上の充填量の場合には $\eta = \frac{q'}{q} \dots\dots\dots(18)$ である。(18) は (12) と同様縦横兩軸を asymptote とする rectangular hyperbola となる事勿論である。第百八十五圖に III と記さ

れた線がこれである。

假定 IV. 「新入氣の量が或値に達するにその先きは逃出がすこしもなく全部氣筒中に保有される。」これは、新入氣の流入方向が或所で急激に變るに云ふ場合又は第百八十四圖の IV に示される如く、新入氣の流下の途中、jet が切れ切れになつた様な場合に期待出来る。終りの場合に於ては一の斷片が出て次のが exhaust port に顔を出す迄の間新入氣の逃出が全然ないので流入しただけが全部氣筒中の増量となる筋合である。

今新入氣の一定量 q' までは全然損失となりそれ以後全部保有せられるとすれば、 $0 \sim q'$ の範圍に於て $\eta = 0 \dots (19)$ で、 q' 以上に於ては $\eta = 1 - \frac{q'}{q} \dots (20)$ である。これによつて描かれたものが第百八十五圖の IV である。これは $\eta = 0.50$ の線を軸として III の圖を 180° だけ回した様な rectangular hyperbola である。換言すれば $\eta = 0.50$ の線に對して III, IV の兩線は symmetrical に位置する。

此等四箇の算定効率線と實測効率線とを比較して見るに色々興味ある事が見つかる。(第二編第七章、「充填効率線の一般性質」参照)

實際の充填に於ては必ず損失が伴ふから線 I に値に於て一致する事は不可能であるが、形狀は極めて類似で、I を全體的に引き下げた如くなる。線 I の $q=1$ に於て現はれるに同様の不連続性は實際の効率線に於ても必ず發現しその場所は $q=0.5$ の近邊であるのが普通である。これはたしかに新入氣の主噴流の頭端が exhaust port に出かける點であつて、線 I に於ける $q=1$ のその狀況が酷似するものであるらしい。

次に線 II との比較を試みるに、これは線 I の場合と異なり單に形狀のみならず、實測線が完全にこれと一致するものが極めて多い。但し q の値の小さい所では効率は II よりも上に現はれるのが普通でそれから上述の不連続点を過ぎて線が急下して來て II に交會するにこゝなるがその交會の角度の小なる場合には殆んど例外なしにそれ以後 II に全く一致して進行する。然し兩線交會の角度が極大きい場合に限り線 II をつきぬける。然しその場合でも更に q の増大と共に次第に下方より II に漸近する傾向を持つ。斯の如く線 II は實際的に極めて重要なものであり、氣筒内に甚しい擾亂を與へた場合には殆んど間違ひなしにこれになるに推測して差支へない。

次に線 III をしらべて見るに、これは II と異つて實際には現はれる事は少いが、 $q = 0 \sim 0.10$ の邊でこれが現はれるらしく推せられる。又雜錄第七號所載の實驗⁽¹⁾ に於ける第二圖或は本研究の第十二圖 $\phi = 20^\circ$ 、第十五圖 $\phi = 0^\circ$ 等の如く噴流が exhaust port に直接に吹き向けられた様な場合には、たしかに或部分に於てこれが現はれる。

次に線 IV であるが、supercharge を行へば正確にこれになる。今普通充填法で或 q に對

(1) 富塚、大村——『二衝程式機關の「デフレクター」各種に關する實驗報告』。

し或りが得られたとして、その後 supercharge を行へば以後は線 IV を追ふ事となる。それ以外の所に於ては正確には認め難いが $q=0\sim 0.10$ のところで一度 III を追つて下つた効率線が q の増加と共にまた上昇をはじめて来るあたりに此 IV があるらしい。又一寸見には平滑らしく見える線の中に、委しくしらべて見るに periodic な凸凹——恰かも III と IV とが交互に現はれたらしき——を見出すところがあり、これは恐らく第百八十四圖の IV に於て見る如く exhaust port に逃出する氣體が periodic にかはる事によつて生ずるものらしい。

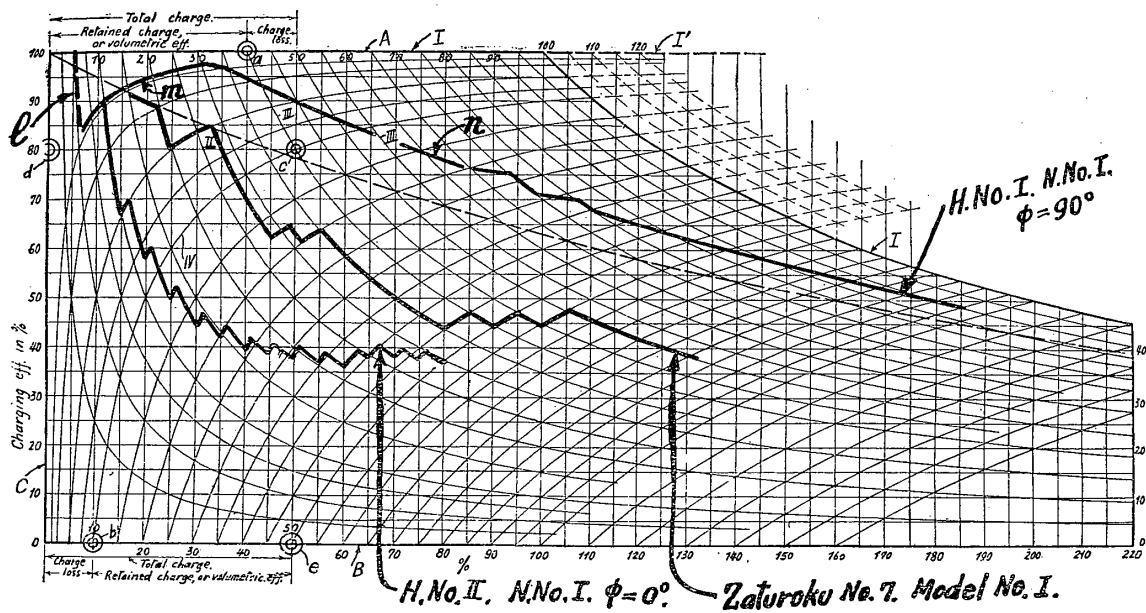


Fig. 186

此推定を考慮に入れて、従來の實測線を第百八十五圖所載の圖式の上に描いて見るに第百八十六圖に示す如くなる。 l は實測困難のため推定だが、これが線 III に乗るらしく、 m は實測の線が明確に線 IV に一致する。而してそれ以後 II の上方区域に出たものは、 n と云ふ割合に平滑な傾斜となるが第十三圖にも示す通り途中に若干の凸凹がある。II 以下に主部が下がるものでは實際に於て凸凹がひきく、若干 exaggerate して描くに圖の下方の二箇のようになる。

但しこゝに残された大きな疑問は「効率の推移の状況が一致しても充填作用の内容が完全に假定と一致するか否か」と云ふ事である。たとへば線 II でも perfectly diffused の条件でなく perfectly stratified で new charge core の大きさが或定まつた法測で變化して行くに假定すれば出来るのである。然し四圍の状況から考へて、偶然最後の結果だけ一致するのではなくて實際にも I, II, III, IV の假定の如き状況が實在して其結果として、効率線が一致を來すに考へるのが自然の様に思はれる。少くも實用上は——そこでは結果の合致が

第一緊要である故に——そう認めて差支へない。

次にこれらの算定効率線の實地應用をつけ加へておく。從來 *I.* 及 *II.* はいづれの實測圖にも描き加へておいたが、第百八十五圖に於ける如く更に *III.* 及び *IV.* をも加へておく時は種々の便宜がある。その一つは charging efficiency を算出して圖示する時、この線圖を利用すれば極めて簡單で、加法と除法の計算を省略する事が出来る。即ち、軸 *B* 上に charge loss をさり *b* 點を得そのところを通る *IV* 線を傳つて上つて行く。一方 retained charge は軸 *A* の上にさり *a* 點を得てそこを通る *III* 線を傳つて下行し *III* と *IV* との交會點 *c* が得られる。*c* から水平線を出して *C* 軸上に *d* なる交會點を求めればそれが charging efficiency となる。これを逆にして、効率線を斯の如き線圖の上に描いておけば、そのあらゆる箇所に於て、retained charge が（これは換言すれば volumetric efficiency である）どれだけか、又 charge loss がどれだけかは線 *III, IV.* を傳ふ事により一目瞭然である。（又 *A, B* 兩軸を使用せず一方だけの使用でも行かぬ事はない。其時には total charge をさり、それからの垂直線と *III* 或は *IV* との交點を求めるのであるが、charge loss と retained charge とを加算する必要があるだけに不利である。）此やり方は普通の charging の時でも supercharging の時でも全く同様に施行出来る。後者の時には圖に於て點線で示された部を場合によつては使用せねばならない。要するに此線圖は二衝程式機關充填に關して必要な事項を一目の下に知らしめる利便を有するもので total charge を abscissa にさり retained charge を ordinate にまつた diagram よりも數等便利である。

41. Stratification と Diffusion との兩假定を併用して得られる算定効率線。

前章に記載した四種類の効率線の中 *III.* 及 *IV.* で大多數の實測効率線の $q=0\sim 0.30$ 位の範圍を代表せしめ得るし、又 *II* とその主要部分が完全に一致するものも相當數に上つたが、これらだけでは尙大多數の實測効率線に於ける最重要部即ち $q=0.50\sim 1.5$ 邊のところを正確に代表せしめることは不可能である。これらのものに於ては、線 *II* の上の區域にあると下の區域にあるかを問はず多くは *III* と *IV* との中間の傾向を以つて推移する。即ち大體に於て *II* に類似を持つ。よつて大多數の實測効率線の最重要部は *I, III, IV.* の如き perfectly stratified の狀況ではなくて diffusion に多分に支配せられるものと推するところが自然である。然しもさより *II* に於ける如く perfectly homogeneous mixture の條件でない事は明白だから、こゝで双方の假定を併用して第百八十四圖の *V* の如き狀況を考へて見た。これに於て充填噴流は最初はもさより純粹に新氣のみよりなるが進行につれて廢氣及壁體等の影響により周圍から次第に崩れ中央の新氣のみよりなる核心は次第に瘠せ細ると同時に rotation が起つて來て結局としてきざりなり周圍は廢氣と新氣との mixture によつて包

容され矢の如く廻りながら exhaust port に向つて移行する。一方噴流の側方に接した廢氣は噴流に引つばられてこゝにも vortex が誘起されこれは前のものゝ反對に waste gas core を持ち且つ回轉方向も前者ゝ反對の vortex となり、恐らくは圖の如く互ひ違ひに列んで進みその順序で逸出する。かくの如く transfer port に於ける流入は pure な new charge であるに對し exhaust より逸出する物の濃度の方が periodic に變化する故に第十三圖の如く効率線に小段を生ずるわけである。即ち new charge core が出る時は効率線は急下し、waste gas core の出る時は比較的 flat になる。かくて充填の進行と共に new charge core の狀況は大體同様であるが、waste gas の方は vortex core が一樣にならんで出るにそのその補給元は次第に減少する筈である。而して core のまはりの diffuse した區域に於ては新氣の濃度が次第に高まり行く。これが効率急下點を過ぎてからの充填の狀況だを考へて大差ない様である。而して充填開始から斯る steady な狀況に達する迄のところでは V の狀況に於けるものよりも損失が小であることは必定で且つ new charge core が次第に増大して行く。これによつて、 $q=0.10\sim 0.30$ 邊の水平部が生ずるものゝ推察される。

恐らく此想像が事實に近いと推定されるが、嚴密にこれに従つて計算する事は不可能であり且つ new charge core と waste gas core が交互に排出されるを云ふ様な事は engineer には大して必要な事でないから、vortex core の併列進行する部分は大局から見て perfectly diffused charging に等しいとの假定をおいてしまふ。第百八十四圖の VI は此考へを圖示するもので、new charge core は transfer port に接したる一隅に位置し exhaust port に直接の交渉は持たぬ。而して充填が steady になりたる後はその容積 v_1 は不變とする。又 waste gas core も一定不變でその容積は v_2 であるとする。そしてその殘餘の部分即ち圖中霜降り模様の部分に於て perfectly diffused charging が行はれるものゝ假定する。かうするに効率線は容易に次の様にして算出される。Core の記號は下の如くで、その他の記號は前章のものゝ同様である。

$$\begin{cases} v_1' = \text{Volume of new charge core.} \\ v_2' = \text{Volume of waste gas core.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_1 = \text{Volume of new charge core.} \\ v_2 = \text{Volume of waste gas core. (Both expressed in fraction of } V_c.) \end{cases}$$

$$\eta = \frac{v_1 + (q - v_1) \times \frac{1 - e^{-q'}}{q'}}{q} \dots \dots \dots (21)$$

$$\text{こゝで } q' = \frac{Q - v_1'}{V_c - v_1' - v_2'} = \frac{q - v_1}{1 - v_1 - v_2} \dots \dots \dots (22)$$

此式で v_1 及び v_2 の値を適當にすれば、かなり自由に効率線の表示が出來、大多數の實測効率線と合致させる事が可能である。式中計算の若干面倒なのは $\frac{1 - e^{-q'}}{q'}$ であるが、これ

は標準線 II の助けを借りれば直ちに出来る。而して上式の示す効率線と實測効率線とを完全に合致させるためには實測點の η 及 q の値を式 (21) に入れて v_1 及 v_2 の二者を unknown とする方程式を作る。實測點二點につきこれを行へば各一箇の方程式が得られるにより兩者を聯立方程式としその解により v_1 及 v_2 が求められる。然し式 (21) 中に v_1 及び v_2 の入り方は複雑で一才簡単に計算されない。最も実行し易いのは graphical solution であるが、これでも相當面倒である。左様な面倒な事までをして兩効率線を合致させるに云ふ必要は先づないから、こゝでは v_1, v_2 の色々の値を入れて、實際にありさうな効率線の sample を數多作つておいて、それと比較する事により、 v_1 及 v_2 の値を大體推定する事とする。

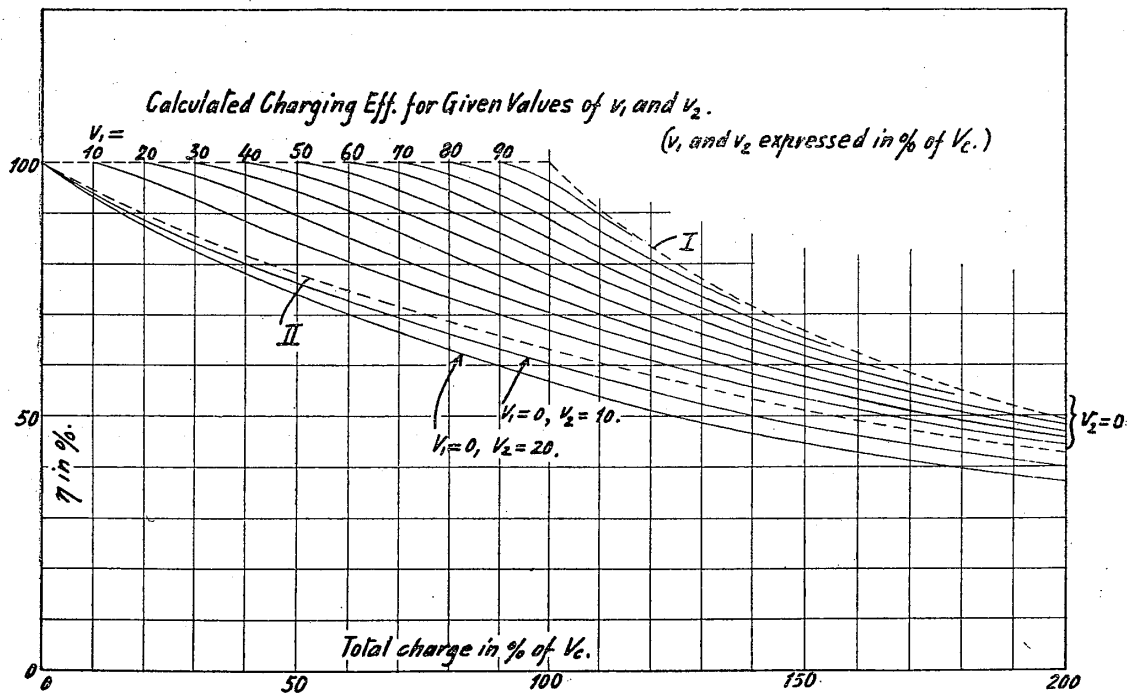


Fig. 187

算定効率線の sample として最初に紹介するのは式 (21) に於て $v_2=0$ とおいたもので v_1 に各種の値を入れ各につき効率線を算出したものを第百八十七圖及百八十八圖に示す。第百八十七圖では $v_1=10\%$, 20% 90% までの結果を掲げる。第百八十八圖には $v_1=5\%$, 15% 65% までの結果が示される。

$v_1 = \text{const.}, v_2 = 0$ と云ふ假定は随分簡単であるが、實測効率線の最大多數はこれに合致する。以下にその實例の若干を紹介する。

$v_1=5\%$ に合致するもの Fig. 33. $\phi=50^\circ$,

$v_1=10\%$ " Fig. 17. $\phi=50^\circ$, Fig. 20. $\phi=50^\circ$, Fig. 92. $\phi=60^\circ$

$v_1=20\%$ " Fig. 14. $\phi=60^\circ$, Fig. 15. $\phi=60^\circ$, Fig. 53. $\phi=90^\circ$,

Fig. 61. $\phi=90^\circ$, Fig. 92. $\phi=70^\circ$, Fig. 169. D. No. VII.

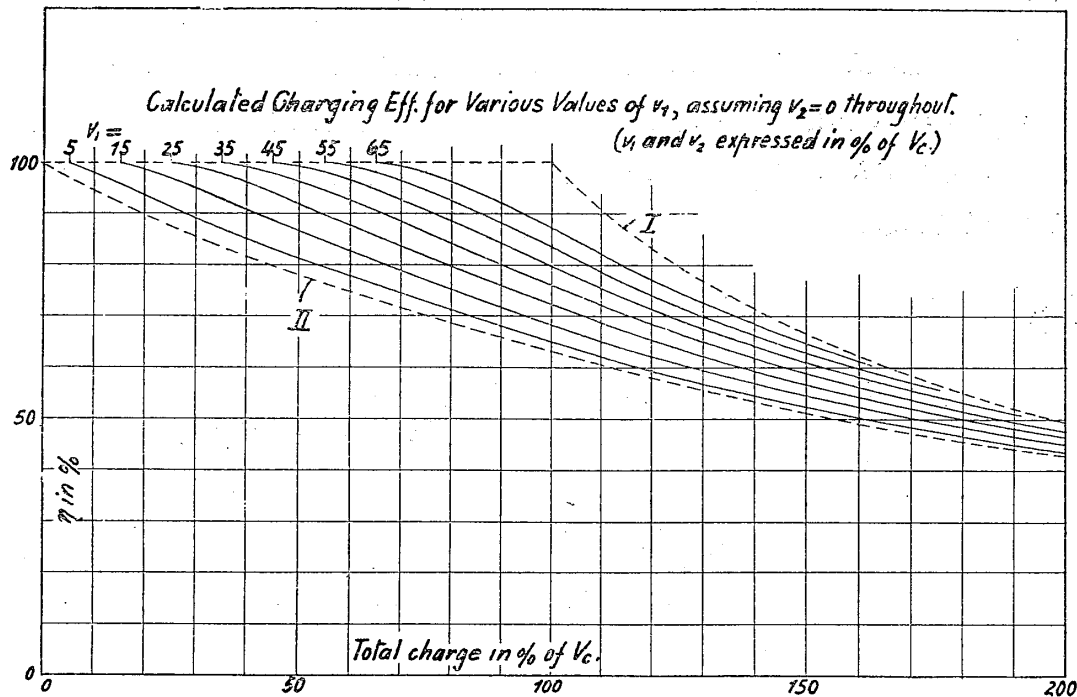


Fig. 188

- $v_1=30\%$ " Fig. 32. $\phi=90^\circ$, Fig. 78. $\phi=90^\circ$, Fig. 116. A.
Fig. 117. A. Fig. 142. P.A. No. V. Fig. 167. H. No. II.
- $v_1=35\%$ " Fig. 155. N. No. XIV.
- $v_1=40\%$ " Fig. 183. D. No. XXIV. H. No. XXXIV. Fig. 122. $h=74_{mm}$.
Fig. 128. N. No. I. $\phi=90^\circ$.
- $v_1=50\%$ " Fig. 181. H. No. XXV. D. No. XX'. Fig. 183. D. No. XXIII. H. No. XXV.

これらは圖中に掲げたゞけの算定効率線に合致するものを瞥見で拾ひ出したものにすぎない故精密にしらべれば未だ多數のものが上げられる。 v_1 の他の値を採用すれば更に多數の合致が得られる筈である。斯くの如く此假定は簡單で且すこぶるよく合ふところに妙味がある。但し前章でもこゝわつて置いたが、最後の結果が一致するから充填の内容も假定通りだらうと考へるのはもよより早計であるが、結果を重んずる立場からは此假定を承認して些の支障はないわけである。

次に $v_1=0$ とし、 v_2 を色々の大きさにまつて式 (21) に従ひ算定を行ふと、標準線 II の下方に位置する効率線が得られる。第百八十七圖に $v_2=10$, $v_2=20$ の結果を掲げるが、これは q の増大に従ひ、次第に標準線 II から離開する傾きがある。然るに實測線はいつれも

上方より来て II を横ぎつて下降し $q=1$ の邊から以後次第にまた II に近接する一般性質を有しこの算定線には合致し難い。よつて此の假定は實用には不適切と考へられる。一寸考へても $v_1 = \text{const.}$ の方はありさうだが $v_2 = \text{const.}$ は實在し難く思はれる。なぜなら第百八十四圖の V を見ても waste gas core の供給場所となつて v_2 は次第に縮小して行くらしく見えるからである。

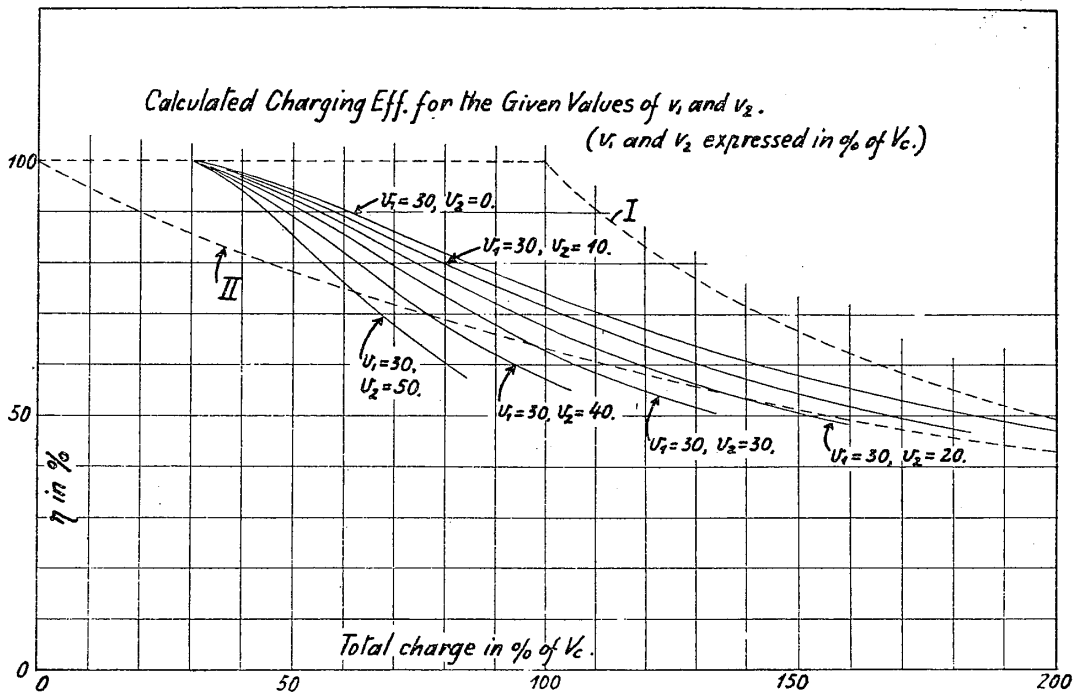


Fig. 189

次に v_1 も v_2 も 0 でない或 constant value を持つ場合を考へて見る。第百八十九圖は $v_1=30$ とし $v_2=0, 10, 20, 30, 40, 50\%$ の 6 種として効率線を算定したものである。これら諸線は始發點は同一であるが v_2 の値の大なる物程降下が急峻である。これを實測線と比較して見るに Fig. 128. N. No. I. $\phi=90^\circ$ S. P. No. XVII. は主要部に於て全く $v_1=30, v_2=10$ の線に合致する。これ以上線の急峻なる物は効率急下點の近所に於て實測線に一致を見るものがあるだけで主要部に於ては急峻すぎで實測線に合致が見られない。又、實測線では $v_1=30$ 以上と推定される始發點を有するものでは其末尾が標準線 II 以下に下降するものは見當らない。

次に第百九十圖には $v_1=20$ を一定とし、それに $v_2=10, 20, 30, 40, 50, 55$ 等を組み合した結果を掲げる。これも前項のものと同様に効率急下點經過後のしばらくの區域の表現にのみ適當である。たゞへば、Fig. 21. $\phi=90^\circ$, Fig. 65. $\phi=90^\circ$ 等はよく $v_1=20, v_2=40$ を以て表現され、又 Fig. 19. $\phi=90^\circ$ は $v_1=20, v_2=55$ を以て表現出来る如きである。

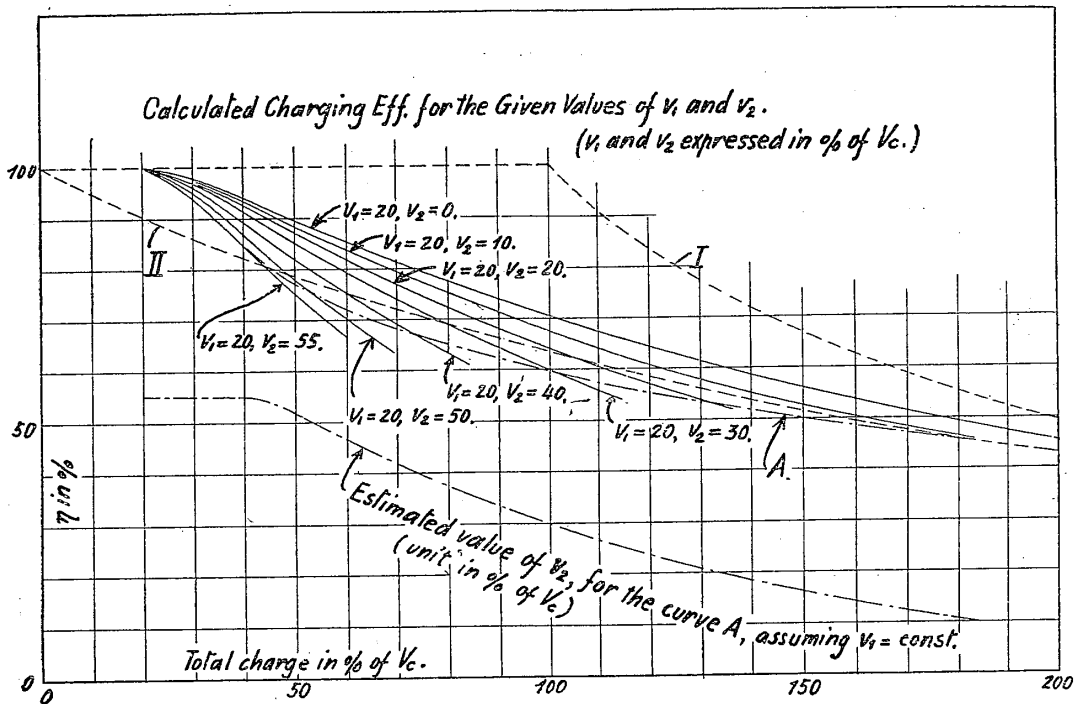


Fig. 190

42. 核心容積 v_1 及 v_2 が變化する場合。

前章の核心容積一定を云ふ假定で出来る効率線で、大多數の實測効率線に合致させる事が出来、特に q の増大に従ひ効率の低下が急激に起る物の表はし方には些の不便も感じないが、或場合には線が flat にすぎて、II の上方區域に於て $v_2=0$ を假定しても尚不充分であり、又 II より下方の區域に於て $v_1=0, v_2=\text{const.}$ なる假定では不充分である様な場合が往々あるから、本章に於てはそれらの不足を補ふために「 q の變化につれて v_1 或は v_2 が變化する」を云ふ假定を新たに持つて來て計算を試みる。思ふに充填の實際に於ては q の變化に従ひ v_1 も v_2 も共に變化するものであらうから假定もこれに従ふ方が合理的とは思ふが、その變化の實狀が全く不明であるので、さうしたところで徒らに算式が面倒になるだけでそれ以上の効用はない。我々はこゝでは數式で表現が出来さへすればよいのであるから、簡單で理解に便利な様に v_1 か或は v_2 かどれか一方を constant とし他の一方を variable と考へて行くことにするが、これで實用上少しも不足はない。

その第一のは Fig. 19. $\phi=90^\circ$ 等の如く急變點を通過して線が急降して II をつきぬけた後再び flat になつて II に向つて下方より漸近する様な場合に當てはまる。此の時 new charge core v_1 も實際は増減があるかも知れないが此れを便宜上不變とする。而して v_2 の方が次第に減少するを考へて見る。第九十圖の線 A は Fig. 19. $\phi=90^\circ$ の實測線であるが

はじめの所は $v_1=20, v_2=55$ によくあてはまる。而して $q=0.40$ の邊から deviate して flat になり様々の v_2 を持つ線と交會する。この交會點でその q に對しての v_2 が求められる。かくして得られたものを q を abscissa として描く下方に chain line で示す如きものとなる。此變化はかなり尤もらしく思はれる。この所で v_2 の變化の状況を色々にかへれば隨意に効率線を表現出来るわけである。このやり方を前章の表現方法の代用とする事は可能であるが、簡単な假定のもの程便利であるし妙味がある故、やむを得ぬ場合に限りこれを採用する事とする。

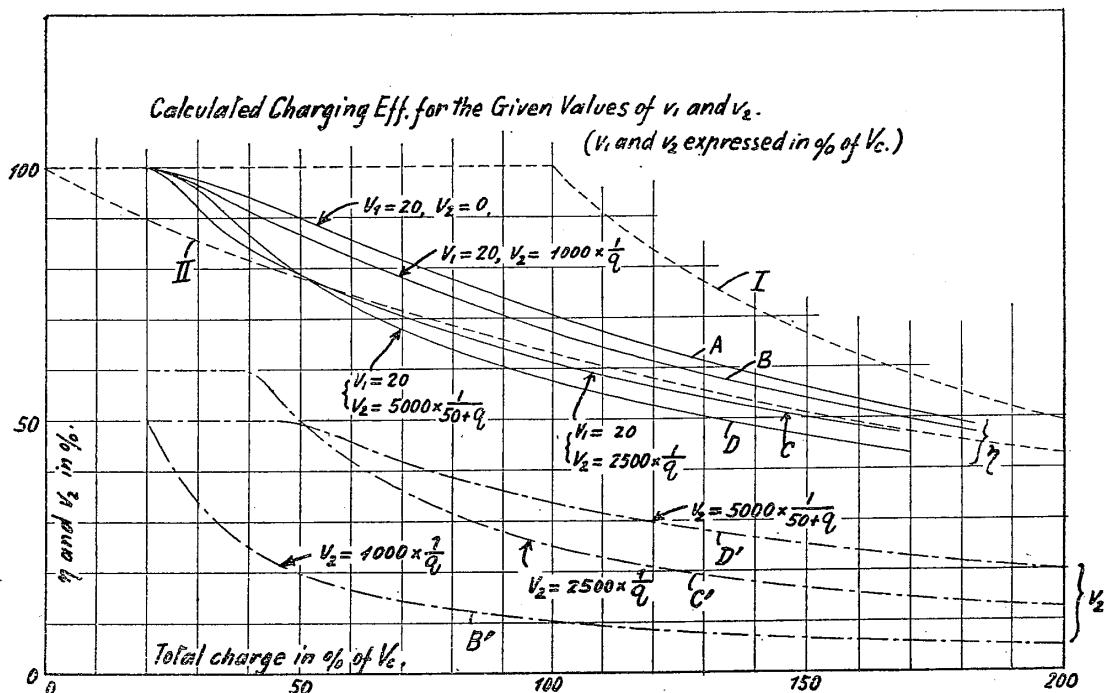


Fig. 191

次に第九十一圖に v_2 の値を q の簡單なる function として表現しそれで効率線を算出して見た結果を掲げる。圖中 A は $v_1=20, v_2=0$ であり、 B は B' と云ふ chains line で示す様に $v_2=1000 \times \frac{1}{q}$ で示される場合である。〔但し v_1, v_2, q は V_c の per cent であらはず。〕

これであるに B は始發點に於て A に一致するがはじめの部分で降下が強くて A と大いに離開するが次に v_2 が減るので次第に A に近接して行く。此に合致するものを從來の實測線に求めるに Fig. 51. $\phi=90^\circ$ 及び Fig. 55. $\phi=90^\circ$ 等が見出される。 v_2 が q に inversely proportional に變化するに云ふ假定は實際にも起つて居さうに思へるし、又かやうによく實狀に合ふので面白いと思ふ。

次に C' に示される如く $v_2=2500 \frac{1}{q}$ (但し v_2 の最大値は $v_2=60$ と限定する) なる假定を用ふるご効率線 C が得られる。これに合致する實例は Fig. 86. $\phi=60^\circ$ である。

次に D' に示される如く $v_2=2500 \frac{1}{50+q}$ で最大値は $v_2=50$ と假定するご効率線は D に示される如くなり、實測線の Fig. 86. $\phi=50^\circ$ がこれによく合致する。

標準線 II 以下に下るものは大體上記の如き方法で支障なく表現出来るし假定も不自然でない様に思はれる。

次に II 以上にはあらはれる効率線で flat なものに対しては $v_2=0$ とし v_1 が q の増加と共に増大するご假定するご適當である。然し flat になり方は一般に極めて少く、 $v_1 = \text{constant}$, $v_2=0$ と云ふ假定(第百八十七, 百八十八圖参照)による算定効率線よりも極僅かに傾斜が弛くなるだけであるので v_1 の値にすこし variation を與ふれば普通充分である。それを求めるに、實測線を第百八十七及百八十八圖上に置き、第百九十圖で行つたご同様に線の交會を求めそれから v_1 を出す事が一法である。

實例を示して見るご Fig. 181. H. No. XXV. D. No. XX'. の線は $q=60$ の邊では $v_1=40$, $v_2=0$ に一致するが $q=150$ の邊に於ては $v_1=50$, $v_2=0$ に一致する。次に Fig. 146. $\theta=60^\circ$ の線は、はじめの部分は $v_1=20$, $v_2=0$ で、末端は $v_1=25$, $v_2=0$ である。次に Fig. 124. 及 Fig. 125. は $q=60$ の邊で $v_1=38$, $q=150$ の邊に於て $v_1=45$. である。次に Fig. 127. は $q=40$ に於て $v_1=22$, $q=130$ に於て $v_1=30$ である。これらが乏しい實測中から漸やく拾ひ集めたものである。 v_1 の増加率は前の二つは 25%, 次の二つが約 18%, 最後のが 36% でこれは特例中の特例である。先づ普通は v_1 が増大してもせいぜい 20% 内外を考へて大過ない。

v_1 の變化を數式であらはず方法として一ごつ試みたのは式(21)の diffused charging の項に 1.0 より若干大なる coefficient k を附するごである。即ち

$$\eta = \frac{v_1 + k(q - v_1) \times \frac{1 - e^{-q}}{q}}{q} \dots\dots\dots(23)$$

の如くする。 k の値は 1.0~1.1 で實用上充分である。第百九十二圖に示すは $v_1=10$, $v_2=0$ で k は 1.0, 1.025, 1.05, 1.075, 1.10 の五種ごして各の効率線を引いたものである。これらに合致する實例ごして、 $k=1.025$ に対しては Fig. 156. $\theta=15^\circ$ が、 $k=1.075$ に対しては Fig. 146. $\theta=60^\circ$ が、 $k=1.1$ に対しては Fig. 127 が上げられる。

次に第百九十三圖は $v_1=20$, $v_2=0$ に対し k を前ご同様の五種類を配して算出したものである。

第百九十四圖は $v_1=30$, $v_2=0$ に対し同様の取扱ひをしたものである。合致する實例ご

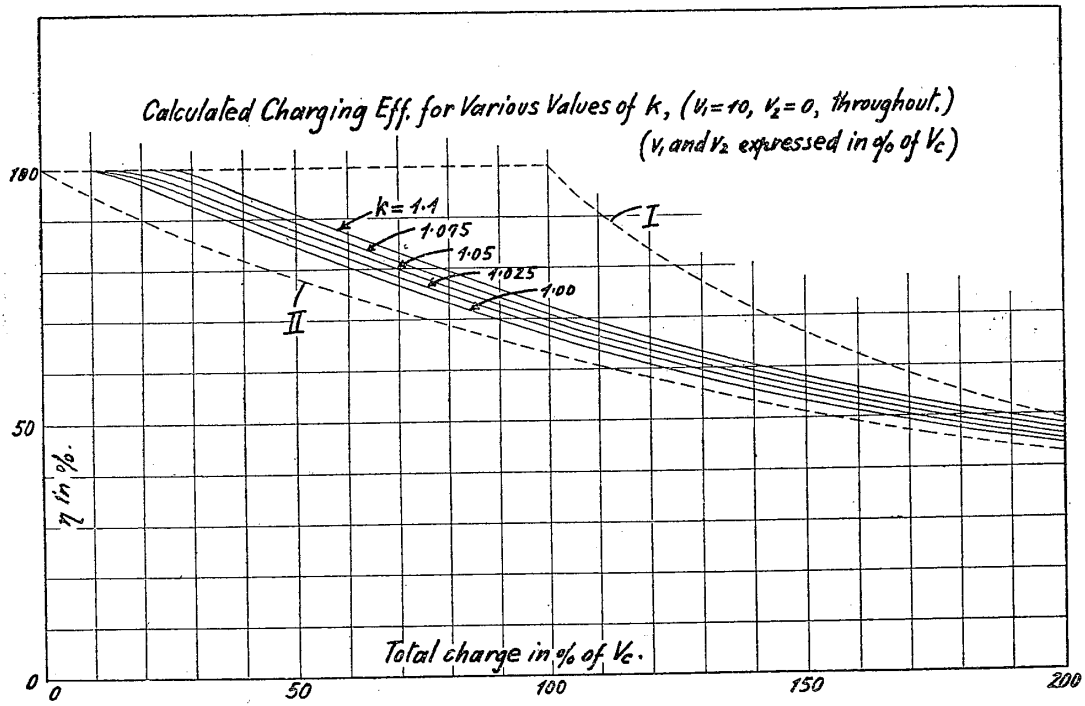


Fig. 192

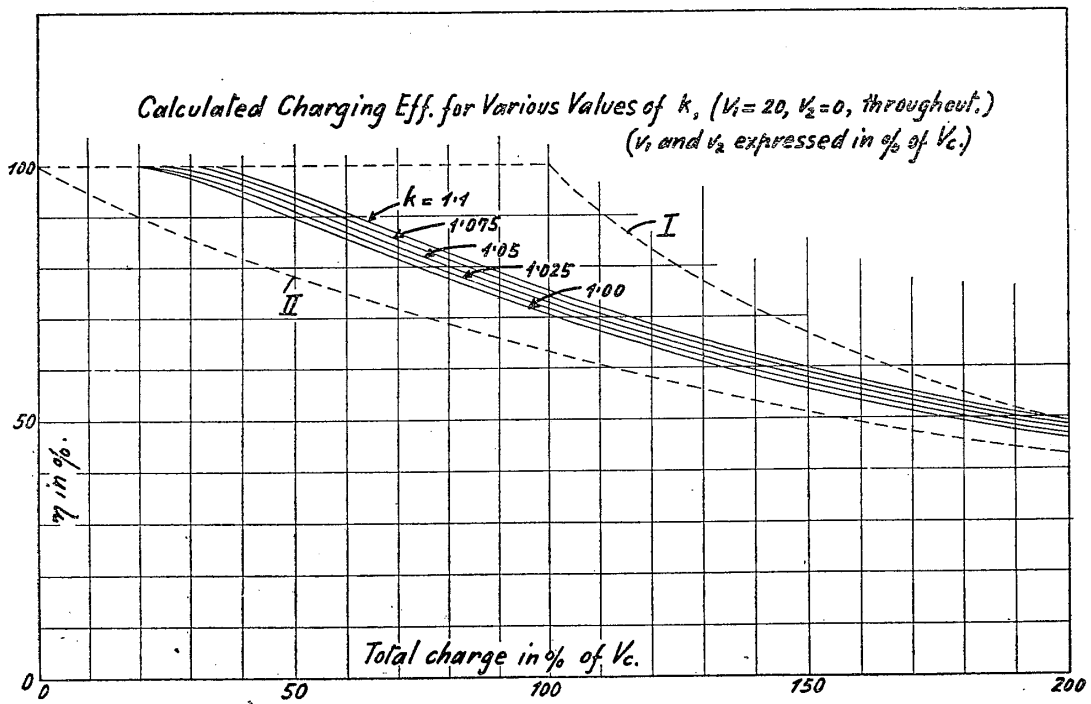


Fig. 193

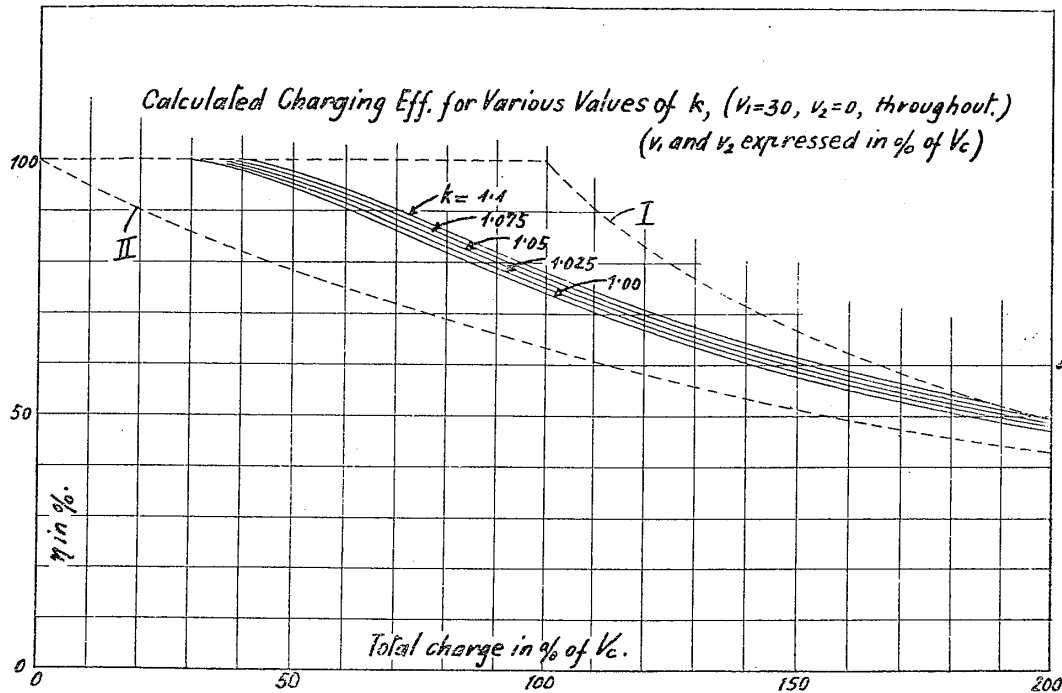


Fig. 194

してはこれの $k=1.1$ のものに對して Fig. 124 及 Fig. 125 が拾ひ出される。斯の如く標準線 II からずつこ上方にあらはれる効率線では II 以下につきぬける物の場合こ異り v_1 に一こつの continuous な變化を與へる事により急變點以後を全部表現出來る事が普通である。

斯の如く v_1 か v_2 かいつれか一方を constant こして他の一方だけを variable こ考へて然も割合簡單な變化を假定する事により實測線の flat なものも難なく表はす事が出來る。

今日迄に實測によつて得られた効率線はごんなものでも上記の表現法のそれかで容易に表現出來る。よつて各種の計算中に効率の變化を數式でこり入れたい場合にはこれを使ふこ便利だこ思ふ。次に今回數式表現の試みを行つて我々の氣づいた事は効率線の性質がこれらの簡單な式で表現出來る程左様に簡單であつたこ云ふ一事である。而して効率線は變化常ならず高低錯雜して到底等級が定め難いこ云ふ體のものでなく一般に整然こ上下にならび一目して等級の定められる様なものである。

43. 第六編總括。

本編所記の「充填効率線の一般性質」の總括を下にのべる。

(a) 本研究の各編に於て掲げられた効率線は、いつれも opening-time integral は con-

stant で、それに對して充填量を色々に變化して得られたものである。これは engine の實狀にひき當て、考へれば engine speed constant と云ふ事に相當する。Engine speed の相違する事により充填量が變化する場合にはさうなるかと云ふに此影響は大した事ではないが opening time integral が減少した場合は充填効率も稍上りそれが増大すれば反對に効率は稍下る傾向である。故に若し q の變化が speed の變化により招來されたと云ふ條件となせば効率線は從來の各効率線圖よりも傾斜が若干急峻になる。これの委しいところは次編に於てのべるが、影響は思つた程大きいものでなく大體は neglect してかまはない。よつて此處の推論は充填の一般狀況に妥當であるを考へて大體よろしい。

(b) 充填容器の形體一定の場合充填効率を主として支配するものは充填量 q である。よつて q を abscissa とし充填効率を ordinate にして線圖を引いておけば、充填の狀況がさう變化しやうと或形體に對しては一本の充填効率線ですむこととなり便利である。(多少の變化のあるところは (a) にのべた通りである。)

(c) 充填効率線の形は一般に極めて簡單で且つ定型的である。容器の形や吹き込み方をさんなに異様にさつても此定型を破る事は殆んど不可能である。普通程度の注意を以てすれば効率線は標準線 II よりも上の區域に現はれるのを常とするが、かゝる物は殆んど例外なしに三つの明確に區別される部分から成り立つ。第一の部は充填噴流が排氣孔に向つて short-circuiting をなす事により生ずるもので第百八十六圖に l を以て示されるもの、次は流路の範圍が次第に擴大するによつて生ずる部分 m 、次は第八十四圖 V を以て示されるが如き狀況にて生ずると考へられる n である。これは標準線 II のすつと上方にあらはれるものでは一つの continuous curve であるが、II を通り越す様なものでは更にいくつかの state に細分される。此中で l と m とは、殆んど構造に係らず一定である。 n の部が實用上最重要な所でこれが形體により非常な支配を受け優劣の甚だしい區別が生ずるのである。然し既述の如く極めて定型的であつて、これを重ねれば整然として上下に配列されるを普通とする。もとよりこゝには多少の異例はあるが、或所に於ては非常に悪いもので或所では、すつとよくなること云ふ様な激變は先づないのである。よつて、 $q=1.00$ 位のところの効率の値を測定すればそれだけで格付けを行つて先づ大過ない。

(d) 實際の充填作用の内容は極めて複雑である事はたしかだが充填効率として外界にあらはれて來たところは割合に簡單であつて、簡単な假定の下に算出される曲線に合致を見る事が多い。特に標準線 II がさうである。III. 及 IV. に合致する場合は僅少であるが q の値の小なところ、及凸凹の激しいものにはよく合致する事がある。これは内容的にも exhaust port への逃出する混合ガス體の濃度が periodic に變化することを暗示するものである。

(e) 假定 V が最も實況に近いが、それを單化した VI でも大多數の實測線に實によく合致する効率線が算定される。就中 II より上方區域にあらはれる物では $v_1 = \text{const.}$ $v_2 = 0$ として大部分のものは表現される。稀に、これよりも flat になる物があるが、その場合には q の増大と共に v_1 が若干擴大するを假定すればうまく表現出来る。 v_1 の増大率は大體 20% 位が最高である。標準線 II 以下に下るものでは $v_1 = \text{const.}$ とし $v_2 = f(q)$ と考へるを簡單に表現出来る事が多い。但し $f(q)$ は一般に大して難かしい物にする必要がなく $v_2 = k/q$ 或は $v_2 = k/(a+q)$ と云ふ様な形の式で充分である。

(f) 最後の結果の一致が直ちに内容の一致を示すものは云ひ難いが V や VI は或程度迄内容の實際を暗示するものである事は確かである。これで v_1 及 v_2 を場合により variable と考へねばならぬ様なものもあるが、大多數は constant と考へて差支へない所が此方法の妙味である。充填効率を數式で表はす必要のある場合には此方法による事を推奨してよいと思ふ。又充填作業の良否判別を頭に入れるのにも便利である。

(g) 充填の實狀は V か或は VI の假定に結果としてあてはまるので、當然 q の増加と共に exhaust に逃げる氣體には新氣の量が刻々に増加する。よつて一定の new charge を入れたに對する新氣残留率即ち α_x/α_q は q の増加と共に次第に減少する。これは第百八十六圖に於いて線 n と線 III とが次第に平行に近づいて行く事によつて明瞭に示される。此圖中の線 n については $q=0.50$ の邊では $\alpha_x/\alpha_q \doteq 1/1.5$ であるが $q=1.00$ の邊では $\alpha_x/\alpha_q \doteq 1/5$ に低下する。即ち此邊の狀況では新氣を 5 だけ流入して僅に 1 だけしか筒内に残さないのであるから實に馬鹿けた次第で、實用上 $\alpha_x/\alpha_q = \frac{1}{2}$ 位迄の所を普通充填でやりそれ以上は super charge の方法によるのが賢明であらう。即ち二衝程式で high duty を得るには終りの方法が忘るゝ事を得ない所以である。

(h) 充填作用を圖式で表現する場合に色々のやり方が考へられるが、第百八十五圖の圖式が最も便利である。これでは charge loss 及 retained charge の兩量を知れば計算を省略して直ちに効率の値が得られるし、又、逆に効率線を此上に描いておけば一目して上述の二數量が得られる。又 α_x/α_q 等も一目で判明する。のみならず線の大體の傾向を I, II, III, IV 等に比較してその充填内容の推察に進み得るからである。

(此 編 終)