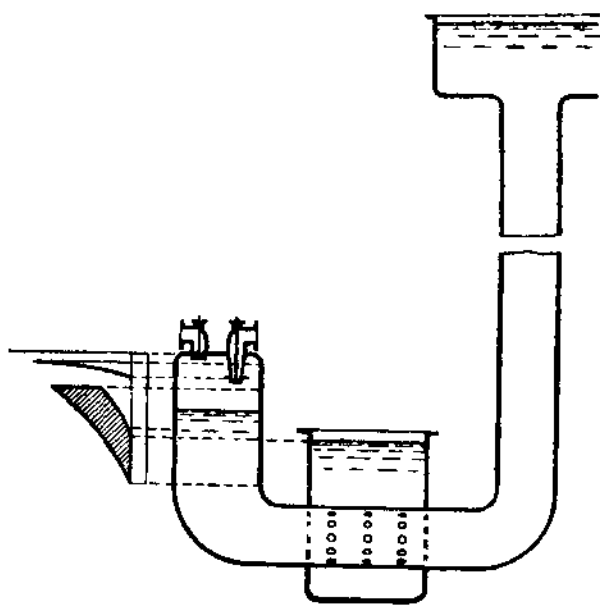


內 燃 水 泵

設 計 研 究 資 料 之 二

机 械 工 业 出 版 社 編



机 械 工 业 出 版 社

出版者的話

內燃水泵的研究和試制工作已在全国各地蓬勃發展。有的地方已試制成功，有的地方在改進。因此，出版這方面的參考資料十分必要。

本書就是為此目的而譯出的。

本書第一部分，是英國學者洪孚理在英國機械工程師學會會議上所作的報告。水泵的設計者闡述了新水泵的基本工作原理，水泵構造及其各部分動作的情況，並簡要地介紹了水泵的效率和發展。第二部分，是試驗結果。第三部分，是出席會議的各位專家對新水泵各方面提出的意見和問題，以及洪孚理的回答。第四部分，是通信。

本書供內燃水泵的研究者和製造方面的工作人員作參考。

本書有張蔭羽等合譯。

R2 2180

1958年9月第一版 1958年9月第一版第一次印刷

787×1092 1/16 字數72千字 印張3 3/8 (0,00—5,50)冊

機械工業出版社（北京東交民巷27號）出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業

許可証出字第008號

統一書號：15333·1256

定 價：(10)0.55元

內燃水泵設計研究資料之二

机械工业出版社編



机械工业出版社

1958

目 录

报告（內燃水泵及其新理論的其他应用）	（ 3 ）
安文博士的正式試驗报告摘要	（26）
討論	（29）
通信	（46）

报 告

(內燃水泵及其新理論的其他应用)

英国机械工程师学会会员 H.A. 洪孚理著

水泵在工业的各个部門都起着重要的作用以至于在本学会會議上提出一个完全根据新理論設計的水泵是很自然的事。每一工程师都熟悉于用蒸汽或机械带动的水泵，近来用煤气机来带动水泵的方法有很大的发展。英国南斯塔弗特州的矿业排水委员会曾經在五所水泵站内采用煤气机来代替蒸汽机带动水泵，获得很好的效果很經濟。这个改变使泵的工作大为經濟。

新式的复合式直接驅動的冷凝式蒸汽泵，是用蒸汽带动类型中最为經濟的，它在最好工作情况下，对每一个“泵馬力小时”要消耗18磅蒸汽。而在另一种无膨脹或膨脹很少的蒸汽直接驅動的水泵上，一般每一个“泵馬力小时”需要70到150磅蒸汽。但仅由于它有非常便利和简单的优点，因此工程师們对于它的低效率也就迁就了。

当使用內燃机来带动的时候，节省燃料是不难作到的。但是由于內燃机的机械效率，和一系列的傳动齒輪的效率要計及，因而还是很不經濟的。这种用內燃机带动水泵的办法，并不能認為是最后解决这个問題的答案。

著者曾經企图制造一种结构非常简单而坚固的水泵，使爆发力直接作用到水上，这种水泵沒有旋轉的飞輪，也沒有活塞連杆和曲軸、軸承、軸封种种零件；根据他試驗的結果，发明了几种水泵的成功型式，并且由使用上証明了它的經濟效果。

这个想法——使混合气体在水面上爆发，产生压力，用来推动水使水上升，这并不是新的想法。早在1868年已經有了。这种水泵把很大的爆发力直接加在一般水泵的管路中，使水通过一个不宜在其后面有爆发力的止回閥排出去，这种办法显然已經失败了。著者所发明的水泵其从燃燒室到水泵的出口是一条通連的管路，被气体爆发力推动水的一部分可以返回来，用来压缩新进入的混合气。当一种很重而不能被压缩的液体，如水，突然增高速度的时候，它的摆动状态是不易控制的。著者所发明的水泵，对于这个困难問題完全解决了。它是利用水的摆动来控制水泵的，使水有足够大的移动，以致于它的速度不会超过限度。摆动的水在高水位和低水位之間形成一个水摆，由水摆的摆动来吸入新水，来排除廢气和吸入并压缩新鮮混合气直到点火爆发。水的摆动既不受任何机械裝置的約束，因此水泵是在沒有振动、声响下工作着，而且水泵的零件也很少。

这个問題引起了广大科学界的兴趣，因为这个水泵形成这样一个“循环”。爆发后的气体膨脹到大气压，完成了一个热力学上的循环，它比鄂图循环 (*Otto cycle*) 的效率要高。这一发明的基本原理，除去用在水泵上以外，还可以用在其它許多方面；尤其是对于彈性流体的压缩方面。

三年来对內燃水泵、燃气輪机和煤气机的試驗和研究工作，在著者的头脑內，这三

者是緊密的連系在一起了，很難說內燃水泵是一個獨立部分。於是，對於這個問題的探討，也應該像一般程序一樣先從普通科學道理說起。

每一本內燃機教科書里都講了理論上正確的示功圖，並且載有實際用儀器測出的示功圖。但是實際上沒有一台內燃機能夠把爆發的氣體膨脹到和原來吸入的體積一樣大。一般說來，內燃機在全負荷之下工作時，排出的廢氣溫度很高，並且壓力比大氣壓高兩三倍。損失的能量占全部有效能量很大一百分數。因此我們把這種損失當作所有現存型式的內燃機固有的缺點。

完整循環的要求如下：

- (1) 進氣行程吸入混合氣體；
- (2) 壓縮行程，它的長度依需要的壓縮力而定；
- (3) 工作或膨脹行程，它必須比進氣行程長，為的是充分利用氣體的膨脹來作功；
- (4) 排氣行程，它是與工作行程一樣也是長行程，但它的實在長度根據余隙而定。

所有四個行程的長度是不相等的。一個完整的內燃機應該具備上述這些條件。

再者，從理論上來講，為了提高效率必須具有高的溫度。而在實際上，我們知道在高溫度之下活塞的滑潤成問題，除非冷卻缸壁。氣缸直徑越大，缸壁就需要越厚，才能抵抗爆發的壓力；而這樣就使得熱不易迅速的散去。經驗證明，現在用的大氣缸，壁厚4吋已近於極限。即使氣缸外有很好的冷卻水循環，如果再厚的話，潤滑油就將燃燒起來，並且引起提前發火的弊病，或許設計者在設計大型內燃機時一定要遇到的主要困難是氣缸和活塞的漲縮問題，這就必須用某些較複雜的冷卻裝置。用高壓循環水來冷卻活塞，用大的水套來冷卻氣缸。雖然象氣缸蓋的破裂，水套鑄造和活塞裂縫現在在設計上已不成問題，但是膨脹問題究竟是影響近代煤氣機簡化結構的關鍵。幾年以前，著者曾經用Vogt煤氣機作過試驗。由於用水活塞而引起內部的冷卻是適宜於提高熱效率的，這結論是合理的，至少在大型內燃機中取消水套而改用內部冷卻是合理的。理想的機器應該具有這種內部冷卻的方法。

我們觀察一下近代煤氣機實際結構。它具有用水冷裝置冷卻的固體活塞、漲圈、活塞杆和某種膨脹式的填料，一般的連杆、十字頭、導軌、還有曲軸和帶有大型軸承的飛輪、滑潤裝置和堅固的機架。如果以鄂圖式（四沖程）機器作為最簡單的型式，雖然它往往取消活塞杆，但還有以二比一齒輪傳動的凸輪軸來操縱氣門。究竟有多少機構是必須的呢？從實際需要出發，一台內燃機必須具有一個工作氣缸；一個進可燃混合氣的進氣閥，一個排廢氣的排氣閥，一個飛輪和一個點火裝置。

顯然除去這幾件必要的機構以外，其他的機構如果可以不用，的話就取消。這樣我們可使內燃機的能量直接給予飛輪而不必經過任何中間機構。要保持這種簡化的程度，必須使飛輪也能履行活塞的任務，即吸入新鮮可燃混合氣並進行壓縮。如果我們考慮的是零件的取消是以拋棄那些不必要的零件為首要原則的話，理想的內燃機應具有以下性質和部分：

- (1) 必須有四個不等的行程；

- (2) 必須利用膨脹行程下降到大气压为止的所有可能;
- (3) 能量必須直接給予飞輪, 不經過任何中間机构;
- (4) 必須有內部冷却裝置, 因此在結構的允許範圍內气缸可以做任何大小;
- (5) 必須有點火裝置, 但沒有二比一傳送比的凸輪軸來操縱, 它必須完全自動地由壓縮气体的最大压力来控制点火;
- (6) 因收縮和膨脹而引起的困难必須消除。

这些条件好象是十分不可能的, 然而理想的內燃机不仅須需滿足这些, 而且还必須适应其他可能的要求。如当机器的輸出馬力小于它最大馬力时, 它應該少吸进可燃混合气; 当需要輸出的功率小时, 所有的行程應該縮短(假定每分鐘的行程数保持不变的話)。

仅从首要的原則上来引伸我們理想机器的要求的話, 問題在于实际制造出的机器能滿足这些要求到什么程度。著者相信必然能够找到实际的解答, 象在这方面的首創人所知道到那样, 除去以下的意見以外是不会得到解答的。

讓水作为內部冷却, 那么最好是用水活塞。如果活塞重量足够大, 它就可如飞輪一样地很好工作, 不过以往复运动代替了旋轉运动。讓我們暂时放弃首創人的那种有旋轉軸的想法, 而讓水飞輪作往复运动。并在每一个工作行程中剩下一部分具有高水头或高压力的水。这仅需設一简单的水閥裝置, 我們的最后結果就变成一台代替內燃机的水泵了, 煤气力量表现为水的力量。

理論和推断已如前述, 下面繼續說明著者所使用的設備。必須說明一点, 所述的几种型式的順序仅是从理論上的順序而来, 并不是在实际中已經制成了的。

第一图是表示构造最简单的型式中的一种。它主要包括燃燒室 *A*, 装有一个进气閥 *B* 以便吸进可燃混合气, 一个排气閥 *C* 以便排除廢气。管 *D* 把燃燒室 *A* 的底部連接到低水位水槽 *E*, 和高水位水槽 *F*, 在 *D* 管与前者之間有一个水閥 *G*。进气閥 *B* 經常由彈簧的彈力关闭, 而排气閥 *C* 沒有彈簧, 仅当爪 *H* 离开固定在排气閥杆上的軸环 *J* 的时候, 它才由于自身的重量而落下开启。爪 *H* 是由水閥 *G* 来控制的(简单的构造示于图中), 当水閥 *G* 开启时, 排气閥也开启。假設所有的閥門都关闭着, 在燃燒室的頂部正存有被壓縮的可燃混合气, 而燃燒室的其余部分和所有的管子里都充滿了水。由火花塞 *K* 的点火使爆发发生, 爆发后气体压力的增加压下燃燒室內的水, 并推动水柱向高水位的水槽移动, 一部分水被排到这个水槽里去。从点火起直到气体膨脹后的压力和高水位水槽中水的靜压头相等时为止的这一瞬間內, 燃燒室內的高压力使水流向高水位水槽的速度增加, 因此在这一个周期的末尾, 水的速度很高, 以至它的动能使得水繼續向这个方向流动, 直到水閥下面的压力小于水閥上面的压力为止, 此时水閥由于压力差而开启。这是在爆发气体膨脹到压力近似于大气压力时才能发生的。水閥的开启带动排气閥开启, 低水位水槽內的水通过水閥, 一部分随着管內的水柱繼續流向高水槽, 一部分流向燃燒室排出部分廢气。当然在燃燒室內的水位一定要升高到和低水位水槽的水位面一样高的。而通常按理在燃燒室的水位将要升高到和低水位水槽的水位一样之前, 水柱的动能被消耗完了, 水柱就停止流动。在这时候水閥下的彈簧把水閥关闭, 并且借助由高水位水槽流回气缸的水柱, 使水閥严密关闭。由于燃燒室內已經有大量的水, 水柱回流不会較大, 当水柱

繼續上升到排气閥時，由冲击力把排气閥关闭。这时由爪H把排气閥杆的領环頂住使閥門閉紧。殘留在汽缸頂部的一小部分廢气，受到繼續回流的水柱壓縮，形成彈性的气墊，直到气墊(被壓縮的廢气)儲蓄的能量和水柱的回流能相等時為止。水柱被迫停止。当壓縮气体的压力大大地超过水柱的靜压力時，被壓縮的气体再行膨脹使水柱回流去。如果没有摩擦，水柱將流回到比低水位水槽的水位略低的水位；但实际上到不了这个水位。当水离开排气閥口時，燃燒室內的气墊重新等于大气压。水柱繼續下降，燃燒室內就形成真空。因为进气閥仅被一个小彈簧托住，所以这时就被吸开；新鮮混合气就被吸入，直到水柱又停止流动時為止。由于高水槽方面的水压和燃燒室內的水压力不平衡，故这种状态是不稳定的，此水头使得水柱再次向燃燒室內流动，壓縮新鮮混合气。当新鮮混合气被壓縮到最大压力時，火花塞点火，又开始新的一个循环。由于这种設備的动作很简单，以致第一次的实际試驗是进行得与予計的一样的平稳。

虽然上述的設備是很简单的，但是研究整个工作状态所需要的計算却是很复杂的。直到現在，著者还不能把計算的結果用一般的公式表示出来。以時間为基础的积分法，一向認為是用來計算一个完全循环的唯一方法。因此不打算从事于泵的理論的探討，而作几个一般的觀察反倒有用。

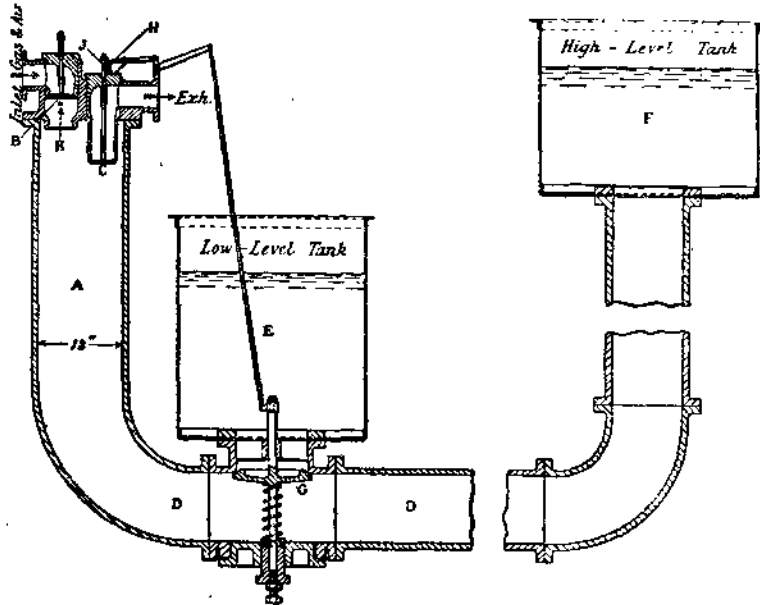


图 1. 第一次試驗用的四冲程水泵簡圖。

Inlet Gas & Air 混合气进口。Exh. 排气口。Low-Level Tank 低水位水槽。
High-Level Tank 高水位水槽。

揚程高度——可注意的第一点是排出的水量远远超过的能力或煤水泵这一行程气爆发后膨脹到大气压的体积变量。这是因为自低水位水槽的水流入了流向高水位水槽的水流中的原故，因此，如果能够繪得示功图，并求得冲程的平均压力的話，这压力必定超过排出水的水头等效压力。由于它的行程长得很，燃燒的气体永远要膨脹到大气压，因此它的平均压力必然小于鄂图循环的内燃机。其結果使得揚程受到限制，最高不过35到40呎。但是这种限制完全可以用下述的种种装置之一来克服，使水升高到任何实际需要的高度。

水管长度——从燃烧室到高水位水槽之间的水管必须有足够的长度，以使它所存的水量在选定的最大速度时所具有的动能保证煤气的燃烧产物能排除到大气中去。这是极限条件，除外水泵可以在任何水量下工作。假如我们规定水的最大速度为每秒 12 至 14 呎，那么往复摆动的水量可以由已知条件计算出来。从理论上讲，一个短而粗的管子是要比一个细而长的管子要好些，因为不仅能使排出的大水量不致超过最大速度，并且循环周期也可短。在水柱两端压力一定的情况下，对于同样长度的管子在各种不同直径下的每单位断面积的加速度是相同的。而对于一定容积的爆发气体膨胀到一个大气压时，所需的时间而言，排水管越粗时就越短，到目前为止水泵的排水管径几乎是做得和燃烧室直径相等的（如果燃烧室是管形的话）。循环周期也就决定于排水管的长度，增加管的长度就减少每分钟的循环次数。实际经验中发现，如果水泵的排水水头增加时，排水管的最小长度也应增加，为的是使低水位水槽中的水在排水管内水柱回流以前流入燃烧室。

供水槽——因为燃烧室内吸入的混合气体积部分地受供水槽的水位而定，故水位的任何变动都影响水泵的工作，且提供一个调节每一循环能量增减的简单方法。如升高供水槽的水位，进气量就减少，反之即增加。用一个浮标来控制供水槽的入水口以调节水泵的输出量和功率。

压缩压力——任何强制点火式内燃机的热效率都依爆发前的混合气压力而变。因此，在一定限度下希望用高的压缩压力。由于返回来压缩混合气的水柱，因流动而具有速度，由动能转变为压力能，这种现象在这个问题上是很有用的。因此它的压缩压力大大超过造成水柱返回的水头静压力。图 2 更能说明此点。设 AB 座标代表静水头的静压力， AD 代表水柱返回压缩混合气时所流过的距离，则矩形面积 $ABCD$ 即表示所作的功。这功即被用以压缩气体。但是混合气初压力为大气压，而其终压力将在 E 点，因此面积 AED 和矩形 $ABCD$ 相等，而图中的两块阴影面积是彼此相等的。

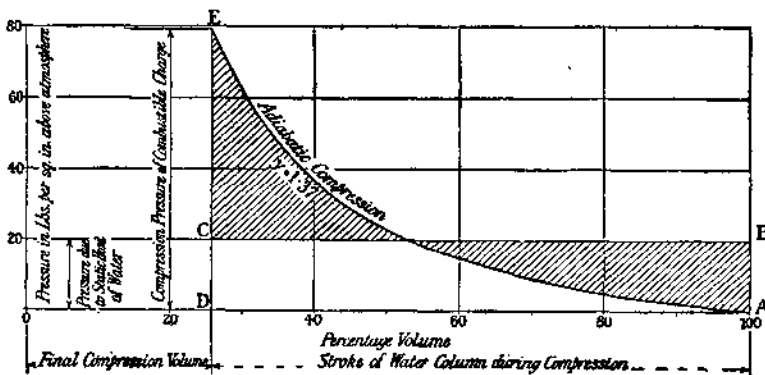


图 2. 扬程为每平方吋 20 磅时的压缩压力。

Pressure in lbs. per sq. in. above atmosphere 高于大气压力的压力 磅/吋²。

pressure due to Static Head of Water 由水头产生的静压力。

Compression Pressure of Combustible Charge 混合气的压缩压力。

Final Compression Volume 最后压缩容积。

Adiabatic Compression 绝热压缩。

Percentage Volume 容积百分数。

Stroke of Water Column during Compression 压缩时水柱行程。

因为压缩压力升高，全行程的平均压力也就升高，这意味着水泵能够得到较高的排出水头。而这较高的水头能产生较大的压缩压力，因此水泵是能充分地自动调节的。即如把水泵用在高水头上，压缩压力也能自动地升高，适应周围环境尽可能地增加功。

气垫空间——在燃烧室顶部，排气阀水平面以上的容积中，形成象鄂图循环的煤气机中的余隙一样的空间，在这空间内残留的废气量，能使下一次新吸入新鲜混合气变稀。这种现象就限制了与吸气容积有关系的余隙量。如果按一般煤气机的余隙比例为气缸容积的20%的话，就会发生由于扬程增高而使残余气体的气垫压力超过爆发压力。特殊的情况，假定一个原设计吸气量小的泵用于吸气量大的情况下，这就等于减小余隙比。虽然在工作条件下可能具有很大的变化范围，但是也必须克服任何足以引起气垫压力过高的缺陷。这可用增加余隙的简便方法来解决，使它大于鄂图循环内燃机的余隙，并加装换气装置，使空气留在余隙中，并增加吸入混合气的浓度以补偿它。

余隙应加大到能使气垫在低的最大压力下储蓄足够的气垫能。

换气——煤气机中采用的正确的换气装置，不变地用到内燃水泵上时要安装许多附件使装置复杂。在著者的水泵上的换气方法是很简单的。它只要能保证供水方面能具有充分的惯性，足以阻止它如此快地追随移动的水柱流向排水管就行了，但这样就使移动的水柱把燃烧室内的水引走一部分，燃烧室内的水位就降低。于是排气阀开启排除废气吸入新鲜空气，随后当燃烧室内的水再上升时，废气被排出，气垫空间内留下的是空气和废气的混合气体。这是第一个水泵所产生的情况，纵然把供水槽关闭，也有足够的惯性来产生这种效果，假如用一条长管子来引出废气的話，仅是这些废气被吸回，如果不希望用设有排气管的方式的话，换气作用用特殊的换气阀更为适合，并把燃烧室作成适合的形状，这方法在以后的水泵内采用了。

阀门动作——所有三个阀门都应该动作灵活，只要略有压力差发生就能立即动作，除非在特别大的速度下工作以外，阀门应该安稳地开闭。排气阀是由水的冲击力来关闭的，并不要求它绝对的确切和严密。在当初排气阀原设计得并不很简单，但在实际试验中发现，这样简单的阀门也能工作得很好，于是就采用它作为水泵的特点之一。

产生换气作用的吸力，也能使吸气阀有开启的倾向，见图1，少量混合气被吸入，随即由排气管逸出。这种现象可以用加大吸气阀弹簧压力来解决，但是这会引起吸气时的摩擦损失。这种困难可用一种新的阀门机构来克服，并且连同用水阀操纵排气阀的那些联动装置也可一并免除。这种机构以后将述及。在现在的水泵上，吸气阀和排气阀是互相连锁着的，因此不必和水阀连结。

起动、停車和控制——第一次起动时所需做的只是把压缩空气通入燃烧室，把内部的水压下去，水位略低于正常吸气时容积的水面。此时令排气阀猛然开启，水就上升把排气阀关闭，形成气垫和吸气行程。吸入的混合气经压缩点火，使水泵开始运行。如果要使工作中的水泵停車，只要切断点火电源即可。水泵停車时燃烧室内留有未爆发的混合气，任何时候想要再起它，只要接通点火电流就行了。水泵的起动和停車如此便利，因之可以在远方操作，只要在任何方便的地位上安装一个开关板即可。

控制煤气机的一般方法都适用于水泵的控制。进气阀可以配上一个用压力或水头来控制的节流阀（风门），混合气或者可燃煤气都可以依照输出力大小来调节。也需要说

明，应使水泵永远在最大容量之下工作，于是在高水位水槽上装一个浮子，用它来在两个不同的水位上控制点火电門的开和閉。前面所提过的，可以用改变循环周期的方法来控制，这是很容易做到的，只要把一部分排水管截开并联入用以改变管长的动作就可以了。这动作可用閘門来获得，如图 3 表示的。連在燃燒室 A 和高水位水槽之間的管路最长的时候，是 B 和 C 閘关闭而开放 D 閘。最短的管路是打开 B 和 C 閘，关闭 D 閘。

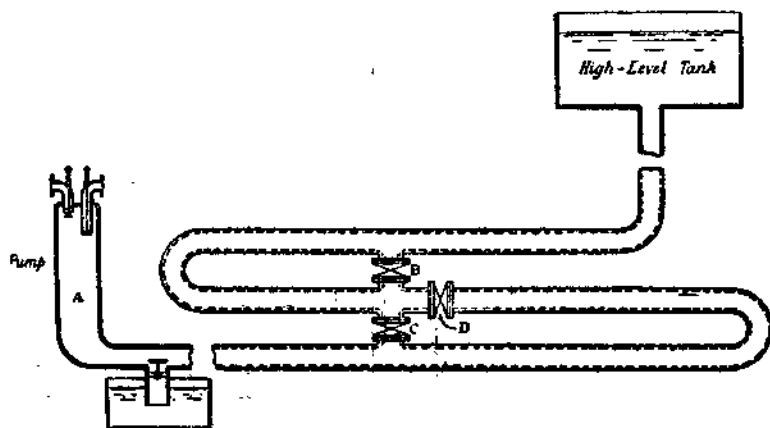


图 3. 用改变排水管长度的方法来改变循环周期的图解 (四种变化)。
Pump 水泵。High-Level Tank 高水位水槽。

点火装置——著者曾发明一种点火装置，这种点火装置是由每一次吸入的混合气压缩到最大压力时来点火的。在图 4 中充分地表明了这种点火装置的一种形式，用感应圈在高压之下工作的。感应圈的低压回路是由 a、b 和 c 开关在三处切断电流。当这三个接点同时閉合时，火花就发生。这种装置內有一个活塞 d，它受气缸內水的作用而来推动作起来的。因此，当燃燒室的气体发生压力变化时，通过水傳到活塞 d 的右侧，压缩弹簧 e 而使活塞杆向左移动。凸出在气缸外的活塞杆被联結在带子 f 的一端。带子 f 繞过滑輪 g 联結到弹簧 h 上。滑輪 g 上有开关杆 j，它的动作被两个止动銷 o 和 p 所限制。当杆 j 在两个止动銷之間动作时，它必然要跨过接点 k 而使电路立即接通。在活塞杆上有圈 l，当压力低于所需压力时，就向右推动杠杆 m，使接点 b 断开；当压力高于所需压力时，就向左推动杠杆 n，把接点 a 断开。

这个装置的动作状况如下：——在大气压力时，开关杆 j 是抵在止动銷 p 的位置上，接点 b 断开而接点 a 閉合。压力升高后，开关杆 j 越过接点 k 而移向止銷 o，如果压力繼續升高，接点 b 即由弹簧的作用而閉合。这种状态繼續保持到压力增高到最大并将要减退时为止，此时带子 f 沿滑輪 g 滑动。当压力稍微下降，带子和滑輪之間的摩擦力立刻使开关杆 j 移动向接点 k，这时 a 和 b 两个接点都閉合着，火花就发生。混合气被点燃，由于爆发而压力增加。开关杆也就移向止銷 o，接点 a 断开。在膨胀过程中，压力降低，开关杆由止动銷 o 移向 p，于是接点 a 閉合而 b 断开，因而重又恢复到大气压状态，准备进行第二个循环。如前述，在这种水泵中气垫压力会升高到另一个最大值，而这个压力会大出压缩压力的范围，接点 a 断开，而开关杆 j 虽越过接点 k，但并不能在这时点火。这种点火装置可以用在著者发明的各种水泵中，完全能保証不会引起提前点火的任何机会，因为点火仅能够在最大压缩压力到达时发生。当水泵在固定負荷下运转时间

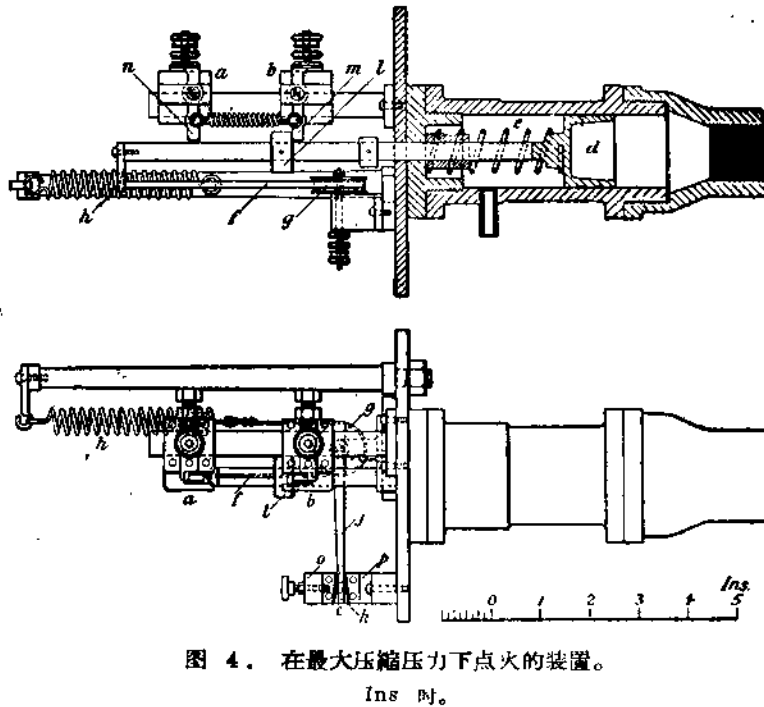


图 4. 在最大压缩压力下点火的装置。

或因方便起见，可取消开关杆 j 而把接点 b 调整在额定压缩压力上或者比它再低一些。在这种情况下之下会使气垫行程内发生第二次点火，但由于气缸内没有混合气体存在，点火也无妨。著者也曾发明过一种在最大压缩压力到达之前就点火的点火装置，无论最大压缩压力多大都可以。但是上述的装置已被证实是很安全的，因此在多数试验中都使用它。

二冲程水泵——以前所述的是四冲程水泵，因为在每一个完整的循环中水柱要做两次出和入的摆动。显然要把气垫行程和吸入行程取消是会有利的，这样就形成了二冲程水泵。我们已习惯于用一个外部的风泵来供给混合气到气缸中去的二冲程内燃机。但是在这二冲程水泵的制造上并不需要任何这样的装置，因为它不需要外部的风泵。到目前为止，已经制成了四种形式的二冲程水泵。为了简单的说明它，示于图 5，在燃烧室 A 上装有进气阀 B 和排气阀 C 。燃烧室的底与支管 D 和 E 相连接，有单个阀门 F ，在两个支管间动作，用以关闭其中任何一支管。一支管通到水位为 $x-x$ 的供水槽，另一支管通到排水管和高水位水槽，此管上装有水阀 G ，它处在用以关闭浸在低水位水槽 H 内的吸水管位置上。当 F 阀在图中实线位置时，压缩了的混合气在燃烧室顶部爆发，水就沿排水管被推向高水位水槽，随着气体的膨胀水柱得到速度。当膨胀进行到压力为大气压时， F 阀左侧的压力大于右侧，阀 F 被推向右，使燃烧室和供水槽 J 通连，关闭了与排水管的通路。摆动的水柱现在从低水位水槽 H 内通过 G 阀吸入很多的水，这些随着水柱一起流动。同时，由于燃烧室内的水位比供水槽 J 的水位低得多，水就从 J 槽流入燃烧室，使水位上升而关闭排气阀，气缸顶部的残留气体被压缩，直到它的压力超过 J 槽的静水头压力时为止。当反向的水流产生被压缩的气体又复膨胀，随着吸入新的混合气。如果仍然有时间使这运动继续进行的话，混合气会被由 J 槽内流回的水轻微地压缩。但是主要的压缩力是由排水管流回的水柱产生。当排水管内的水柱停止排水运动后，重

又返流回来，关闭水阀 G 并把 F 阀从虚线位置推到实线位置上，使排水管和气缸成为通路，和 J 槽的隔离。当水柱把动能转为压缩混合气的压力而停止时，混合气被火花塞的火花点燃而开始另一个新的行程。 J 槽的水位不必一定要比排气阀高，因为如果它的水位在 $y-y$ 位置的话，在气缸和水槽之间的水的摆动也足以使它冲击到排气阀，使它关闭。当气缸内的水位高于水槽 J 的水位时，吸入新鲜混合气的回流水柱是由于重量而回流的。假如一个水泵具有一个减冲片以控制 F 阀的运动这是很理想的。因为这样可以使阀 F 倒向虚线的位置时动作较慢，使得在气缸和排水管的通路完全关闭之前，有时间来容许水通过水阀 G 而开始流出。如果这个阀门倒向另一个位置时也有同样的控制的话，那么经阀门逸回水槽 J 的水量和自水槽 J 流到气缸的水量可使之相等，在这种情况下，全部排出的水量是由低水位水槽 H 中吸来的。而在排水管中的返流水柱所获得的速度，比用其他的方法所获得的要大，因而给出较大的压缩压力。

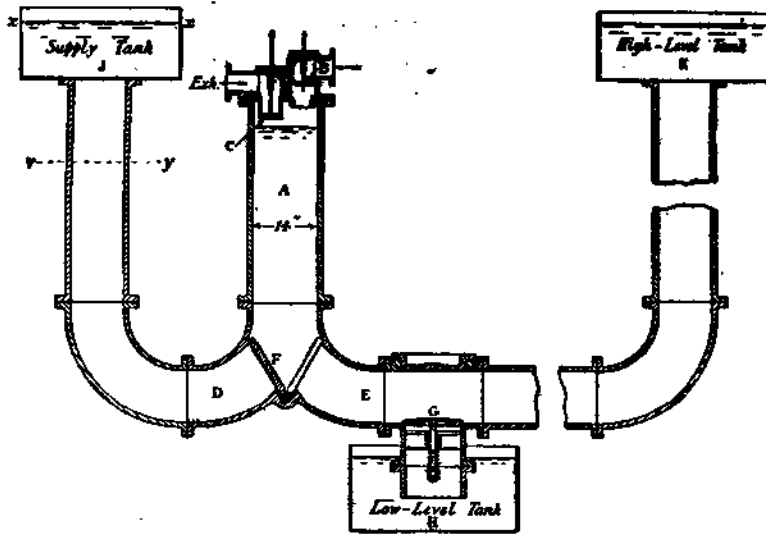


图 5. 二冲程水泵简图。

Supply Tank 供水槽, Exh. 排气口, Low-Level Tank H 低水位水槽H,
High-Level Tank k 高水位水槽k。

这种水泵的改进形式如图 6，简化了它的装置，只用一个水阀。在这种结构中，在供水槽和燃烧室之间有充分长的管子以保持一定的惯性，并且在这条管子上有一立管，上端是开口的，水柱在这立管内上下动荡。假定爆发和膨胀行程发生以后，水通过阀 A 被吸入。当然水从供水源流出时有极小的阻力，因此立管内的水必然先流过阀 A ，随后才是管 B 内的水随着前一段水的巨大惯性而向前流动。当 B 管内的水一经流动，它的动量就使它继续流动下去。即使阀 A 关闭，它也会继续流动，使立管内的水位升高，以至超过供水槽的水位。这样就使得水阀 A 重又开启，因立管内的水位比燃烧室内的水位高得很多，于是发生了水的激流，这股激流使得燃烧室内的水位升高而关闭排气阀。产生激流的水是由立管供给的，因而立管的水位就下降，直到低于排气阀，由于重力的关系，当排水管内的水柱继续向外流出时，燃烧室内的水位下降，吸入新的混合气。从排

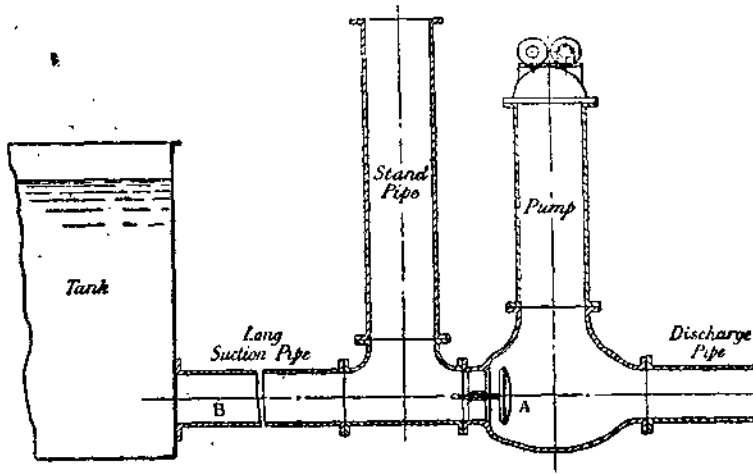


图 6. 改进的二冲程水泵简图。

Tank 水槽。Long Suction Pipe 长的吸水管。Stand Pipe 立管。Pump 水泵。
Discharge Pipe 排水管。

水管返回的水柱，把阀 A 关闭并压缩混合气为新的循环作好准备。在某种限度内这种水泵可以不用立管或吸水管也能工作得很好，只要很简单地把它浸没在水槽中适当的水位上。

通过很多次的改进，我们有一种双气缸的泵，在这种泵内，两个爆发行程交替着动作。它的装置如图 7 所示，它和别的泵的主要不同点是它的进气既不是由气垫作用也不是由水柱摆动作用来造成的。两个气缸都装有普通的进气阀和排气阀。但用一个水阀来满足两个燃烧室的供水。设想所有的阀门完全关闭，而在第一气缸内存有被压缩的混合气，第二气缸内充满了水。第一气缸内爆发后，水被压下且流向高水位水槽。当膨胀气体的压力降低到不能再维持第二气缸内的水柱时，第二气缸内的水就下降同时吸入新

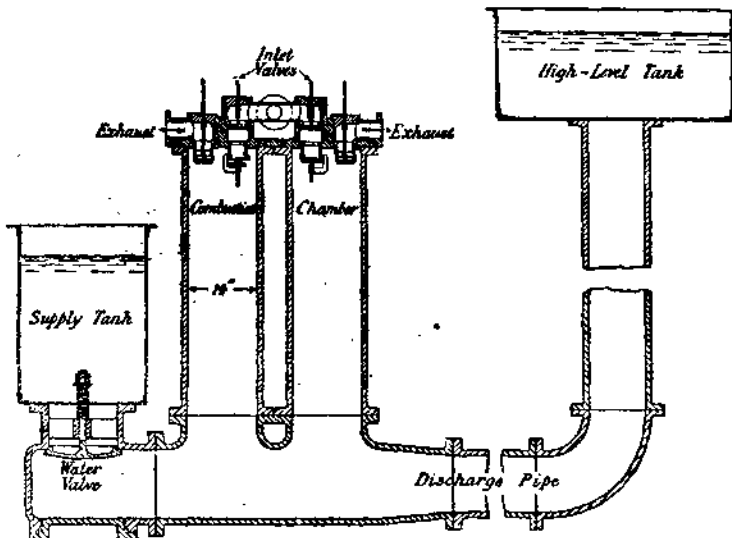


图 7. 双缸二冲程水泵简图。

Exhaust 排气口。Supply Tank 供水槽。Water Valve 水阀。Combustion Chamber 燃烧室。Discharge Pipe 排水管。High-level Tank 高水位水槽。

鮮混合气。当膨胀完成时，第一气缸内存有废气，第二气缸内存有新鲜混合气，而供水槽的水位较这两个气缸内的水位都高。因此水从供水槽同时流入这两个气缸，同时在第一气缸排出一部分废气，直到它的水位与供水槽一样高为止。通过水阀流入的水，随着水柱的运动流向高水位水槽，当水柱停止运动而回流时，水阀关闭，水大量地流入第一气缸继续使废气通过排气阀排出。当水位升到排气阀时就把它关闭。在气缸的顶部仅有很小的气垫空间，所以向这方向的水流几乎是马上停止的，因此回流水柱的能量现在就用以压缩第二气缸内的混合气。当压缩作用完成后，水又停止，准备第二个气缸爆发以重复新的循环。须要注意的是压缩发生时，回流水柱已经在第一气缸排气的同时流动了相当距离，因此它已具有一定的初速度，由此而造成的最大压缩压力比较其他型式的同样扬程的水泵要高。因此这种水泵适用在扬程低而又没有别的办法来得到高压缩压力的情况，阀门的控制和连锁机构是很简单的。在这种水泵内，因为吸入的混合气和排出的废气总是相等的，所以能获得强力的进气行程。所以需要大的节流，这样使得它可以很容易的在阻力大，进气量小的发生气设备上工作。应该说明这种水泵在最初起动的時候也工作得十分好。

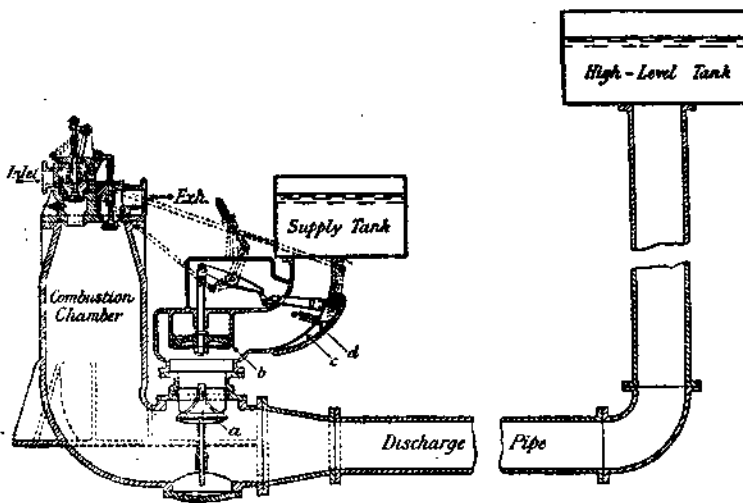


图 8. 第一次试验的二冲程水泵 (1906年)。

Inlet 进气口。Exh. 排气口。Combustion Chamber 燃烧室。Supply Tank 供水槽。
Discharge Pipe 排水管。High-Level Tank 高水位水槽。

著者第一次发明和试验的水泵，并不是象前面所提的那些水泵，而是一种很复杂的二冲程水泵，如图 8 所示，在它的吸水管上有两个水阀 *a* 和 *b*，其中 *a* 是普通的草形阀，经常由弹簧关闭。另一个 *b* 是用一种跳动装置来动作，当进入的水的速度达到一定预先规定的大小时就关闭。关闭的时间是由流动在曲管内的水产生的离心力作用到弧形板 *c* 来控制的，弹簧 *d* 是把活动弧形板 *c* 拉入水流。跳动装置所以能用来开启或关闭燃烧室顶上的进气和排气阀。这个水泵的动作情况如下：——当排水管中的水柱回流作为压缩行程的时候，阀 *a* 关闭而阀 *b* 开启。点火发生后，水被压出燃烧室，水柱获得速度。当气体膨胀到大气压力时，阀 *a* 开启，水即流入，并随着流动的水柱流向高水位水槽。一部分水流入燃烧室进行排出废气。从供水槽激流流入曲管的水，推动弧形板进入曲管凹处，

由此带动跳动装置，使排气阀开启，流入的水把全部废气排出。当速度减低时，弧形板由弹簧的拉力拉出，阀 *b* 下落把水源隔断。在这时向外排出的水柱并没有停止流动，因此可以进一步地利用它的运动来带出燃烧室内的水。这种动作就使得新鲜混合气吸入燃烧室，直到水柱停止运动为止。水柱开始回流时，阀 *a* 关闭，开启阀 *b*，压缩行程发生，循环即将重复。这种循环在理论上和其他的泵一样完全，但获得均匀工作是困难的，因而这种形式的试验被放弃了。

高扬程水泵——当要将水升高过示功图平均压力的扬程时，在排水管的末端要加上如图9的附加装置。这种装置有一个小的空气室，它装在排水管的末端接近于一个大的空气室。高压的水被排入大的空气室。大空气室的入口处装有止回阀。当它连接到二冲程水泵上时，它的动作如下：——当水泵的气缸内发生膨胀行程时，水沿排水管压入小空气室，压缩室内的空气直到它的压力能够推开止回阀为止，水柱的能量把水排入大空气室内，它的回流就由止回阀阻止。在小空气室内的空气现在储有充分的能量，足以使水柱向泵回流，以压缩新吸入的混合气，于是全部动作重复进行。小空气室内的空气容量按照大空气室的压力来调节，在回程时空气能够膨胀到低于大气压力。

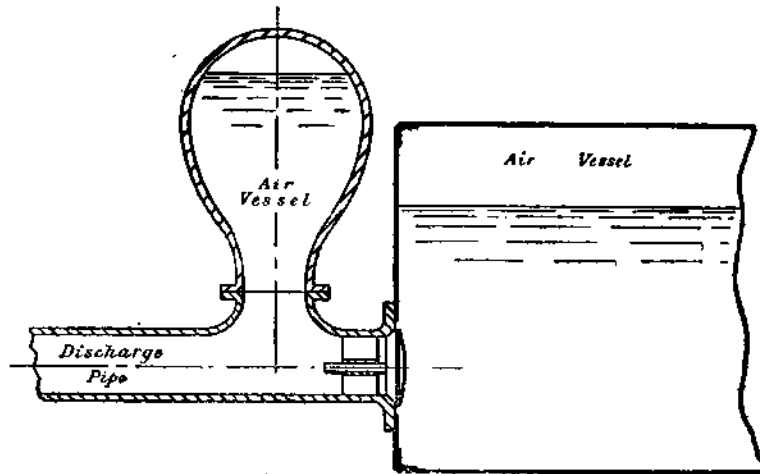


图9. 当水泵高扬程排水时，排水管末端的附加装置。

Discharge Pipe 排气管。Air Vessel 空气室。

效率试验——第一次试验是在布利姆司当作的，但是在1908年初，一个特殊设计的为了便于试验水泵的试验站已由南斯塔弗特州的蒙德煤气公司在大德雷港建成了。蒙德的煤气、电流、压缩空气和好的水源是完全有利于作为所选的地方的。试验装置是由管理著者专利权的水泵及电力公司建设的，如图10至13所示。装水泵的建筑物顶上装有起重机，用以吊起泵的气缸盖和说明一些工作部分如何很快地更换。水泵的本身已表明了，排水立管通到空气室，在空气室内可由压缩空气来使它具有任何的压力。空气室引出的排出口连接到测量槽，它具有阻止涡流的穿孔挡板，在槽的底部固定有一个储水槽，水自任何一个锐缘孔口流过而流入下面的储水槽。在管口附近固定有一个精确刻度的尺，以测量自锐缘孔口到水面的高度，当孔口的尺寸和水面高度已知的时候，通过测量槽的水量可用下面熟知的公式求出：

$$\text{每秒加侖数} = 6.24kA\sqrt{2gH}$$

式中 k = 孔口的收縮系数

A' = 孔口的面积 (呎²)

H = 孔口上面的水头高度 (呎)

儲水槽是以18吋直徑的管子通向水泵的吸水槽，因此水仅是来回的循环。在空气室和測量槽之間有一个閘，为的是調节流量以保持空气室中所必需的压力。在空气室和吸水槽上引出的管路各通到一个盛有水銀的U形管的兩端，为的是可以在特別刻度的尺量得水的实际揚程。

測量煤气用的气罐是专为試驗用而特殊設計的。在这装置內包括有一个測量煤气热量的热量表，和一般用来分析煤气及廢气的仪器。其他的有关試驗用具完全列于附录中*

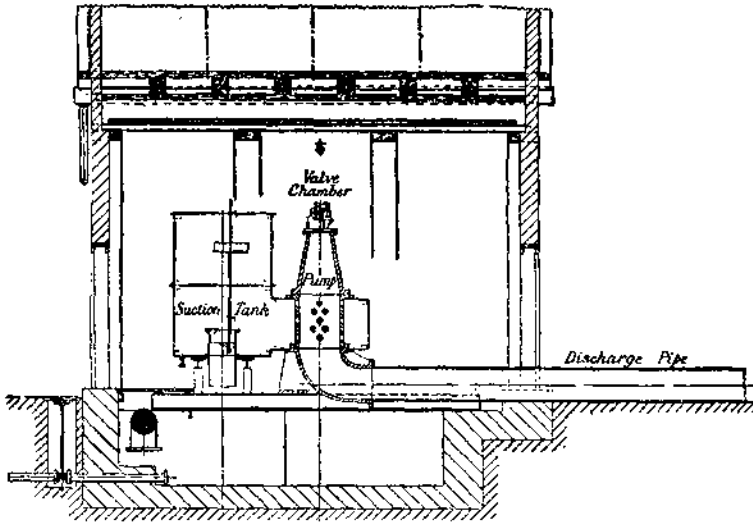


图 10、11和12. 作試驗用的水泵的一般安裝和連接。

Valve Chamber 閘室。Suction Tank 吸水槽。Discharge Pipe 排水管。Pump 水泵。

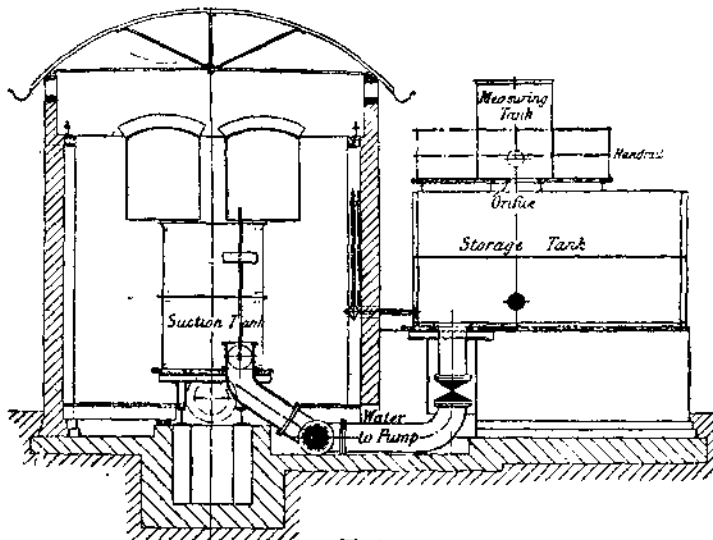


图 11.

Suction Tank 吸水槽。Measuring Tank 測量槽。Handrail 栏杆。Orifice 孔口。
Storage Tank 儲水槽。Water to Pump 流入水泵的水。