

水泵技术

内部资料·注意保存



1985

沈阳水泵研究所

水 泵 技 术

☆一九六六年第二期（总21期）☆

目 录

I. 6NB9使用情况調查及試驗报告

.....韓耀东（1—8）

II. 水泵流量、揚程瞬时变化的近似測量和換算方法

.....李林根、梁文彥（9—14）

III. 水泵試驗精度分析的探討

.....浙江水泵厂陈承江（15—19）

IV. 用文吐利管和其他流量計对含有固体 J 液体的流量測量

.....王鉅明节譯（20—32）

I. 6NB9使用情况調查及試驗报告

調查地点：江苏望亭发电厂。

調查时间：65年11月份

59年发展的NB型凝泵为我厂原定用来代替SN型凝泵的革新产品（SN型凝泵是仿苏联KCД型凝泵設計而成的，既大又笨）。它是借以在泵的进口部位放置誘导輪来改善汽蝕性能的，它的結構形式为单級、悬臂，NB型与SN型的外形见图1。此种型式国外少见，我們僅見于楊树浦电厂的一台美国泵与此种結構类似，不过与我們的NB型比，它仍显得十分笨大。但是，NB型凝泵出厂以后，在电厂运转中接连发生不少問題，用戶反映不佳，就这样此型号凝泵被停止繼續生产。可是65年上半年水电部与一机部联合組織的电厂用泵調查組报告中提到6NB9凝泵在望亭电厂使用情况十分良好。为了总结經驗，本着“七事一貫制”的精神投入产品設計革命，我們到望亭电厂进行了对6NB9的蹲点調查劳动。

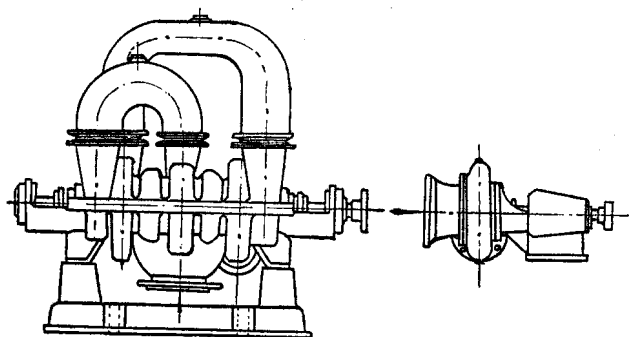


图1（两图为同一比例）

一、电厂對6NB9的一般反映：

与技术人員、机修工人和运行工人的广泛接触中，我們感到电厂对此泵十分滿意，小结一下至少有列十条优点：

（1）安装簡便（NB型凝泵吸入口水平方向布置，不像SN型凝泵吸入口朝下，因此无須挖方埋装底管，减少了电厂基建投資）；

（2）体积小，占地面积少（6NB9的占地面积僅为它所代替的8SN10×3占地面积的2/5）；

（3）重量輕（6NB9的重量为160公斤，而8SN10×3的重量为1920公斤）；

（4）結構簡單（6NB9为单級、悬臂，而8SN10×3为双吸三級）；

（5）运行性能良好；

（6）操作維護方便；

（7）检修量小（不論与8SN10×3比，或与在該厂使用的同規格的匈牙利产品比，6NB9的检修量只有它們的1/3）；

（8）易損备件少，更換容易；

（9）与該厂中使用的其他凝泵比电耗略小；

（10）从运行、維護至检修配备的工人无須高級工匠，普通級工人都能胜任。

总之，电厂对6NB9的一般反映十分良好。在望亭电厂中，除了十号机上的凝泵是6NB9外，其他机組的凝泵均为匈牙利及捷克的产品，在这些凝泵中，6NB9的使用声誉为最高。

二、投入運轉初期發生的問題：

查看NB型凝泵的另一產品8NB9的使用情況調查報告，在洛陽、黃石等電廠中，NB型凝泵的致命缺陷是軸向力過大，以致運行短暫時間滾珠即被燒毀，無法繼續使用。

在望亭電廠，配備於10#機中壓25000KW上的6NB9一投入運行就顯示這樣的缺陷：自動調節性能差，不能維持穩定運行，當汽機負荷降低到15000瓩時，由於凝結水量減少，凝泵的運行工况即劇烈晃動，此時付司機不得不馬上關小出水伐門至一定的圈數（大約關小12圈）。6NB9無法依靠本身產生的附加阻力來自動調節出力，因此它不能適應無水位運行。無水位運行是目前我國電廠中普遍採用的經濟的、先進的運行方法，6NB9既然無法適應，因此它就成為電廠中不受歡迎的產品。

除了上面所講的缺點外，投入運行後發現6NB9的振動還是較大，軸承的溫升比其他型式的凝泵顯高（以靠背輪端的滾珠為例，在夏天溫度為 60°C 以上，在冬天溫度為 40°C 以上）；棒測的油位標計根本無法看清托架體內的存油；軸承壓蓋的油毛氈密封不嚴，油往外滴，嚴重的影響現場的清潔與整齊。

三、對准存在的問題，電廠所進行的改進：

6NB9無法適應無水位的運行方式，在汽機負荷小時運行工况激烈晃動，有時甚至把熱井水全部抽完產生打空現象，這一情況跟凝泵本身性能過大有關。針對矛盾經過電廠的技術人員和師付的改進，使6NB9具有上述的優點，否則我們上面所總結的十條優點就無法顯示出來了。

從汽機負荷小於15000瓩須關小出水伐門得到啟發，電廠在出水門前加裝一個節流孔板，孔徑為75~80mm，其大小是由關閉水門至12圈時伐門還餘的開度而定的，從使用效果看，十分良好，基本上滿足了凝泵應用於無水位運行的要求。在後面我們將對此改進進行粗略的討論。

在結構及其他方面電廠作了如下的更動：

①水封眼的大小由原來的4mm擴大至8mm，這樣避免了水封眼被堵住，加強了水封的作用，減少了在啟動時可能產生的漏氣影響。

②軸承壓蓋處的毛氈密封漏油嚴重，是電廠用泵中存在的“老、大、難”問題，現改裝配上汽車另件上用的油封圈，將毛氈改成具有斜面狀的牛皮圈，運轉證明不漏。改善了現場清潔。

③與填料套相配部份的軸套加工的光潔度提高至▽▽▽▽10（精車至▽▽▽7後用00號砂紙砂，再加油後砂，然後用砂紙的背面加一些氧化鉻再擦即可達▽▽▽▽10），這樣大大提高軸套及填料套的使用壽命。填料套的材質由黃銅改成磷青銅。

④誘導輪、葉輪使用以來只更換過一次，從汽蝕破壞看誘導輪進口有剝蝕，葉輪的葉片出口處有松孔，為提高材料的抗汽蝕性能，此二件均從鑄鐵改成銅質，葉輪背帽也改為銅料。

⑤棒測油位計無法指清油位，且受熱油泡沫（如米開鍋時的泡）由此溢出，影響現場的清潔。現已堵死，改裝成玻璃管油位計。

四、关于軸向力过大的另一面意見：

63年我厂曾派人去洛阳、重庆、黄石等电厂进行 8 N B 9 的用户調查，从調查报告中看出在上列电厂中 8 N B 9 的致命弱点是軸承的經常燒毀，最严重的是运行不到 2 小时即把滾珠燒毀，以致 8 N B 9 无法正常投入生产，当时把此一現象归結为水泵軸向力过大。

在望亭电厂我們对这一問題也进行了解，通过检修师付的介紹，我們认为在燒坏滾珠这件事上，除了泵本身軸向力是大一点外（軸承的温昇較其他型式的凝泵为高），但不能排除泵装軸承处的机械加工精度，装配质量及泵的振动的影响等因素。

望亭电厂曾有这方面的經驗，由于固定两对滾珠的定位管的加工不良，托架盖又压得过紧，使滾珠处于非自由状态，結果运行不到三天滾珠即被燒坏。电厂对此情况引起注意以后，类似情况就不再发生。目前 6 N B 9 軸承的最高温度为 40°C ，軸承使用无异常。

这方面的另一例子：在青島第一发电厂，4# 机上的日本西川島出产的凝泵，原来的前后軸承用挡套定位，軸承温昇高于 62°C ，滾珠在半年內燒坏 40 个，后取消定位挡套，温昇降至 $26\sim 27^{\circ}\text{C}$ ，滾珠沒坏过。

激烈的振动，也是影响軸承使用寿命的一个重要因素，望亭电厂也有这方面的經驗，匈牙利产的凝泵由于泵脚过小，引起振动較大（在靠背輪端軸承上測得振动达 3~5 道）因此軸承的使用寿命只有 7~8 个月。

本厂对 8 N B 9 用电阻应变仪进行过軸向力的測定，測得最大的軸向力为 414 公斤，数值不大。

根据上列情况，由此我們提出这样一种意見：燒坏軸承除了軸向力因素外不能排除軸承裝置的結構及机械加工、装配质量和振动情况的影响，过去我們单一的只从减少軸向力方面着手，忽視对上述几項的注意，力图解决滾珠易損的問題，此种做法是值得进一步討論、研究的。

五、低水位运行對凝泵特性的影响：

前面我們談到投入运行初期，6 N B 9 无法适应无水运行，后經加入节流孔板方能良好使用，孔板起了哪些影响呢？

低水位运行时影响凝泵工作稳定性的因素很多，如汽机的負荷变化頻率，热井水位的变化幅度，管道的阻力大小、正常特性曲綫与管道特性曲綫的配合等等，这里我們僅介紹一下跟加入孔板有关的影响。

a. 在望亭电厂采用的凝泵規格及其結構、性能如下表：

凝 泵 型 号	HK—7—11	FBF—150/220	6 N B 9	10K M
額定出水量(吨/小时)	115	130	120	48
压 头 (米/水柱)	65	60	65	60
轉 速 (轉/分)	1460	960	2950	1450
叶輪級数及結構型式	3 級带导叶	4 級带导叶	单級带誘导輪	3 級带导叶
叶 輪 材 料	青 銅	鑄 鐵	鑄 鐵	青 銅
制 造 厂 家	捷 克	匈 牙 利	沈阳水泵厂	上海汽輪机厂

目前上列四种规格的凝泵都能满足低水位运行的要求，所以就结构特点等而言对低水位运行是没啥影响的。

b. 根据伯努利方程，若水泵叶轮进口处的压力 P_1 ，则与凝汽器真空 P_K 存在如下的关系：

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_K}{\gamma} + L - \frac{C_o^2}{2g} - H_b$$

式中： C_o ——水泵叶轮进口处水流平均速度。

L ——热井高出凝结水泵的水位。

H_b ——水泵吸入管路中的摩阻损失。

γ ——凝结水的重度。

$$H_b = \sum \lambda i \frac{C_o^2}{2g} = \sum \lambda i \frac{Q^2}{2gF^2}$$

λi ——为吸水管路的各种摩阻损失系数。

F ——为进水管道的截面积。

为了使水泵叶轮进口处不致发生汽化现象，则必须

$$P_1 > P_K \quad \text{亦即：}$$

$$\frac{1}{\gamma} (P_1 - P_K) = L - \frac{C_o^2}{2g} - H_b = L - \left(\frac{1 + \sum \lambda i}{2gF^2} \right) Q^2 = L - BQ^2 > 0$$

式中 B 值对于一定的进水管道为一常数。

分析一下：为使 $P_1 > P_K$ 必须要 $L > BQ^2$ ，也就是说维持一定的高出水泵平面的热井水位值 L 是保证水泵叶轮进口处不致发生汽化的必要条件，且这一水位值的大小与水泵出水量 Q 有关，从这一不等式中看出，维持无水运行对水泵流量 Q 的变化是有一定要求的，无水运行本身就是由凝泵的汽蚀特性影响流量的变化来达到的，我们知道，在不同的流量 Q_H 、 Q_1 、 Q_2 ……下，必须满足与之对应的倒灌高度（即热井水位值） L_H 、 L_1 、 L_2 ……当热井水位由 L_H 下降到 L_1 时，泵内即发生轻微汽蚀，出水量由 Q_H 下降到 Q_1 ，如果此时 Q_1 小于凝汽量，那末 L_1 又将上升到 L_H ，流量又恢复至正常工况 Q_H ，这就是凝泵能自动适应水位变化自动调节出水量的工作原理。但如果凝泵汽蚀特性十分恶劣，泵本身的性能又过大，那末当热井水位变化时，流量的变化就不可能使 $L > BQ^2$ 的不等式成立，水位一直处于下降，汽蚀影响势必加剧，引起工况的剧烈晃动，以致最后无法投入正常运行。

6NB9 就有这样的缺陷，性能过分偏大，运行实际需要 $Q = 60 \sim 80$ 米³/小时， $H = 5$ kg/cm² 左右而它的设计性能为 $Q = 120$ 米³/时 $H = 6.5$ kg/cm²。

c. 我们知道水泵的工作点是由 $H \sim Q$ 图上的水泵工作特性曲线与管路特性曲线的交点所确定的。管路特性曲线具有抛物线形式。即： $H = H_c + BQ^2$ 。

式中： H_c ——静给水高度。

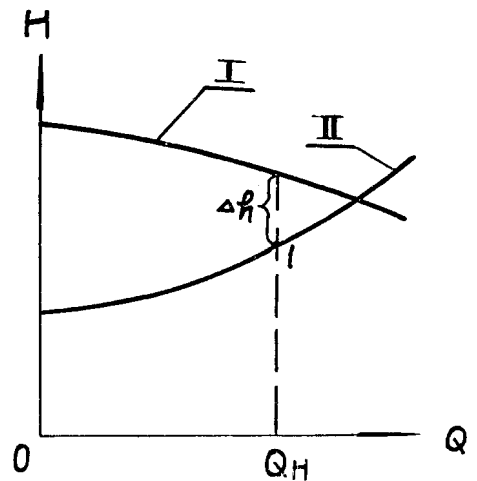


图 2

B —— 管路常数。

如果正常工作特性曲线显著地高出管路特性曲线，那末水泵在低水位下运行情况就当恶劣。如图 2 所示。曲线 I 为水泵正常工作特性曲线，曲线 II 为管路特性曲线，由于两曲线距离甚大，在热井水位下降时，额定流量 Q_H 时的工作点 1 下，就得有 Δh 大小的泵的内部压头损失， Δh 越大，水泵汽蚀性能越差，所以泵工作可靠性也就差。6NB9 冷凝泵，按其特性曲线在出水量为 100 T/小时 时，其压头近 70 米水柱，通过测定，凝结水管路在此一流量下所需的总扬程水头仅为 55 米水柱左右，由于压头高出过多，即内部压头损失 Δh 值过大。因而汽机负荷下降到 15000 瓩时，（此时凝汽量为 70 T/小时 左右）该水泵即失去了低水位运行的稳定性。

由此，我们可看出，装置节流孔板以后，由于管道阻力的增加（管路常数 B 增大）使管路特性曲线向上提，如图 3 所示：

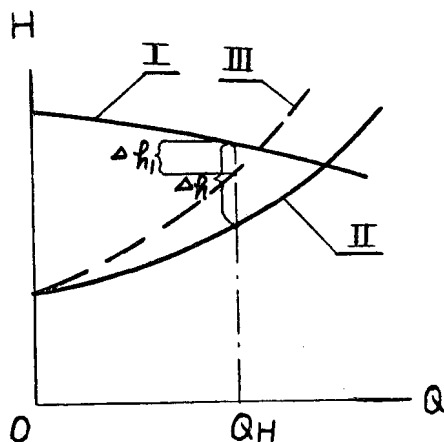


图 3

曲线 I 为水泵正常特性曲线，曲线 II 为未装孔板时的管路特性曲线，曲线 III 为加装孔板以后的管路特性曲线，由图可看出，当在额定流量 Q_H 时，加装孔板以后，水泵内部的压头损失 Δh 比未装孔板时的水泵内部压头损失 Δh 小得多，这样使汽蚀性能有所改善，水泵在低水位运行的稳定性也提高了些，（不过，从图上可看出，在小流量时，这种效果并不显著）。

另一方面，由于管路特性曲线向上提，水泵的正常工作点的范围也向小流量方面偏了些，即水泵的最大出水量由于加装了孔板变得小了一些，这样热井水位下降幅度及下降的速度有所减少及缓慢，换句话说讲，热井水位变化范围小了，即相对提高了热井的水位，这也有利于汽蚀性能的改善，目前 6NB9 之所以能良好地应用，就是因为改装了以后，减少了上述对运行不利影响的那些部分。

其实，我们认为，要使水泵正常特性曲线不太高出管道特性曲线切割叶轮的外经即可，如图中曲线 III，刚好通过工作点 1。切割叶轮还可减少电耗，望亭电厂为啥采用增加管路阻力的办法呢？我们猜测可能是当时受关闭出水伐门 12 圈这一情况的影响，因此就用装节流孔板办法。改装以后，见能良好使用，也就把这一问题搁起来了。

d. 其实，我们认为，要使水泵正常特性曲线不太高出管道特性曲线切割叶轮的外经即可，如图中曲线 III，刚好通过工作点 1。切割叶轮还可减少电耗，望亭电厂为啥采用增加管路阻力的办法呢？我们猜测可能是当时受关闭出水伐门 12 圈这一情况的影响，因此就用装节流孔板办法。改装以后，见能良好使用，也就把这一问题搁起来了。

六、电厂中作现场试验介绍：

为了比较全面地摸清 6NB9 经过加装孔板以后的性能情况，以便作为我们进行新设计的参考，我们在电厂安排了现场试验。

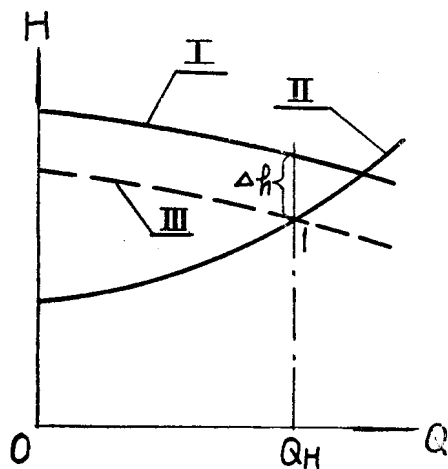


图 4

a. 在望亭电厂我們进行了三項試驗：热态特性曲线（即管路特性曲线）的测定，冷态特性曲线（即水泵的正常特性曲线）测定及汽蚀性能的测定，汽蚀試驗按图5所示操作：

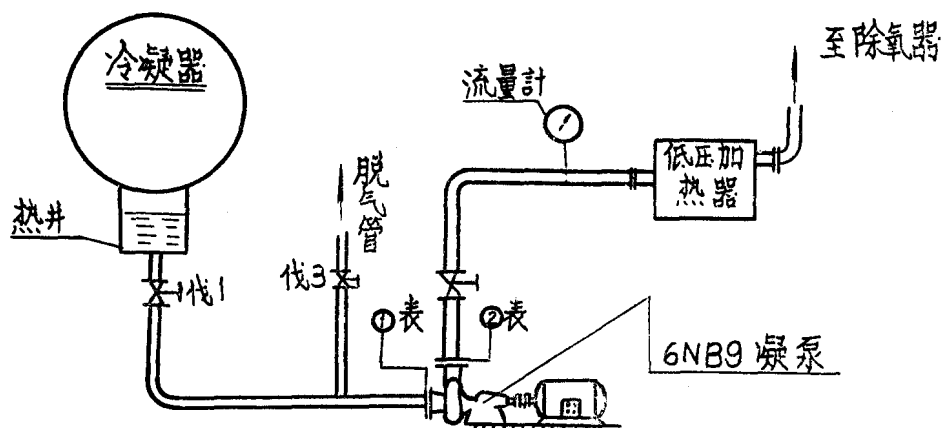


图5 6NB9现场試驗装置示意图

用增加进口阻力的方法来进行汽蚀試驗的，即启泵以后固定某一流量，然后緩慢关闭閥1，見表1的真空值逐漸提高，如果流量計值有少許变动，可微开出口伐2調节，关闭伐1至此情况时：流量值大幅度下降，回启压力伐压力表出現剧烈的晃动、下跌，泵內躁音厉害，那末即表示此泵已汽蚀至断裂工况，记录并經換算，即可求得此泵的汽蚀性能。

在现场做汽蚀試驗須注意的問題，是脱气管上的伐3，必須严密关死。一开始，我們失敗了好几次，当真空表才刚显负压，流量与压力就猛跌，原因是伐3沒关严，因此当进口显真空时，大气由脱气管进入，破坏真空，以致試驗无法繼續进行。

b. 試驗結果的几点分析比較：

①冷态特性曲线表明，现场試驗的水泵正常特性曲线比我們在厂內进行試驗結果平坦得多，这說明电厂使用的这台6NB9，其誘导輪在小流量时軸流泵工况的影响在整个机組中反映不明显，此使关死点附近功率消耗小一些，这种情况的差异可能是因为誘导輪在鑄造与加工中存在着不同所致，厂內的二台6NB9性能也可看出这一点。

②由于电厂对6NB9在未装孔板前做过的热态試驗记录不詳，因此，管路特性曲线无法比較，但从曲线中可看出，管路特性曲线限制了水泵的最大出力，（6NB9的设计点： $Q=120\text{米}^3/\text{小时}$ ， $H=65\text{米}$ ）目前最大使用范围流量不超过 $100\text{米}^3/\text{小时}$ ，对于負荷較低时，热井水位的稳定性有一定好处。

③从試驗結果中看出，加装孔板后，功率消耗比我們厂中試驗的大了2—3%。因此說用提高管路阻力的办法来改变水泵的工作点是十分不經濟的。

由于試驗用表只有2.5級精度（本厂內使用的表为0.5級的）电流表讀数准确性更差，因此整个試驗的准确度是較差的，特別是在汽蚀試驗时控制流量十分困难，因此汽蚀試驗只能反映一般的动向。

④整理汽蚀試驗資料并与我們厂中进行的試驗进行比較，我們看出汽蚀性能在现场的与我們厂里的都差不多，在 $Q=60\text{米}^3/\text{小时}$ 时，电厂做出的汽蚀性能 $\Delta H=1.65\text{米}$ ，厂內进行的 $\Delta H=1.55\text{米}$ ，电厂中做出的結果与厂內做出的結果几乎相同，这說明6NB9的汽蚀性能基本上能满足需要。目前电厂中6NB9的汽蚀性能沒显示什么問題，这跟此二点有关：其一：

凝汽器具有一定压力，其二：电厂的灌注头达1.80m以上，而6NB9的设计要求，灌注头为1.5m，所以运行中较为安全。

试验曲线见图6。

七、结论与改进设计的建议：

在望亭电厂，通过跟班运行劳动，通过与技术人員、老工人的三結合調查，通过现场的試驗，基本上对6NB9的使用情况有了較清楚的了解，現提出我們的意見：

a. NB型冷凝泵为我厂用来代替笨重的SN型凝泵革新产品，当时由于技术上存在一些问题，以致投入运转后事故不断发生，最后成为淘汰产品。据了解，中国机电公司东北一级供应站一个单位的NB型凝泵存貨还存有130台以上形成一笔数额很大的浪费。

現就6NB9而言，我們认为在凝泵中采用带诱导輪的结构是先进的，也是提高汽蚀性能的途径，通过計算得知，6NB9的汽蚀比轉速 C_{KP} 值达2600左右，比一般凝泵的汽蚀比轉速 C_{KP} 为1200左右提高了一倍以上。具有高汽蚀比轉数的6NB9完全是在电厂中投入运行的，由于其主要缺点是性能过份偏大，因此电厂只要根据本厂的凝結水系統阻力要求进行适当切割叶輪即行，望亭电厂用加装孔板办法虽然方便但不經濟，南京下关电厂通过到望亭电厂进行学习，目前6NB9也良好投入运行，由此結論：6NB9只要适当切割叶輪，完全可以作为凝泵运行，只要适当改进，完全不应淘汰生产。

b. 6NB9产品在进行改进或新的设计中提出下列意見及建議：

①从电厂与本厂試驗中我們看出诱导輪对整个机組的性能影响很大，目前国外有不少人研究诱导輪，但多見用于液态火箭发动机及航空用泵上，此种泵由于进口加入很大的压力，虽然轉速在24000轉/分以上，汽蚀比轉速的值还是不大的，在2950轉/分轉速的凝泵上采用诱导輪，国外的产品中我們还未見过。诱导輪在整台泵中起着十分重要的作用，为把最完美的诱导輪应用到产品上去，我們认为必須加强下列几方面的試驗研究即：诱导輪的各个設計参数（如导程 H_0 ，叶片进口冲角 α ，翼展比 l/r 等等）对泵汽蚀性能的影响問題，开式诱导輪与閉式诱导輪的选用問題，机翼型狀对性能的影响問題等等。

②在现场安装中建議把脱气管位置移到接近诱导輪入口处，并适当加粗脱气管，脱气管的另一端接在热井上部这有利于在泵的入口建立真空，对改善汽蚀有一些好处。

③电厂目前在結構、材料上所做的更动在改进设计中可吸取。如：扩大水封眼，毛毡油封改用牛皮油封，提高軸套在填料套部分的光洁度等等。

④清晰的油位标记对运行人員来说是十分需要的，因此在改进及新设计中，油位标记宜采用新式的玻璃油杯計。

⑤定位管的加工与装配质量是影响軸承使用寿命的一个因素，建議取消定位管，滾珠由

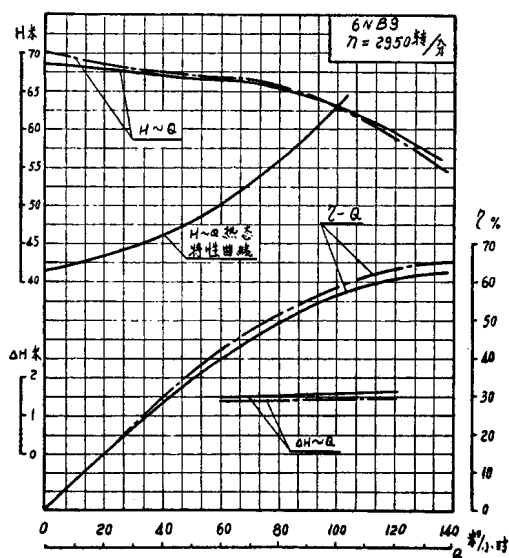


图6 ————本厂試驗結果图示
———电厂試驗結果图示

軸本身台阶定位。

⑥泵脚太小，引起振动（在前軸承处測得振动量为 2—3 道）也是导致軸承损坏的一个重要因素，因此在改进或新的設計中宜适当增大泵脚以减少运行时的振动。

6NB9 的成功的使用經驗証明了冷凝泵高速化的可能性（8SN10×3 的轉速为 1450 轉/分，6NB9 的轉速为 2950 轉/分）。冷凝泵采用誘导輪裝置，不但大大簡化了冷凝泵的結構，而且在大幅度提高轉速情况下仍能保証良好的汽蝕性能，这是冷凝泵的一項重大革命，工人們称这为“老牛变螞蚁”。通过总结，我們認為：我厂 59 年生产的 NB 型冷凝泵是具有独特风格的，結構上是先进的，在我国的冷凝泵系列发展上，这是值得推荐的型式。

I. 水泵流量、揚程瞬时变化的近似測量和換算方法

一、概 述

随着国民經济的迅速发展，水泵应用范围越来越广，对它的使用要求也越来越高。例如：不但要根据特性曲线，知道水泵在某一工况的流量，揚程的平均值，而且还要求知道水泵启动或停車时，任意时刻的流量与揚程的瞬时值。以保证整个系統正常工作。因此制造厂为了使产品能满足客觀的需要，在产品設計时要对机組的轉动慣量予以足够的注意，但因机組运行时条件复杂，产品是否真正达到予想的目的，是否真正满足了客觀的要求，不能完全依靠計算来解决，必須通过实验的方法来验证。

根据我們了解，水泵瞬时流量与揚程的測量，有多种方法。如摄影法，电感法，測速法等。前二种方法由于測量元件具有惰性的关系，因此不太准确，我們采用了測速法。这种測量方法的优点是：測量范围較寬，而且根据比較誤差也較少。同时能够測量出整个机組启动或停車所需的全部过程。

二、使用设备和操作方法

1. 直流測速发电机，如图 1 所示，将它安装在机組的軸端，使其与机組同步旋轉。这个直流測速发电机的結構如图 2 所示。它与一般直流測速发电机主要不同之处，在于該直流測速发电机电压信号經過整流子（图 2 中之 5）发出之后，要通过削波器（图 2 中之 4）輸出。削波器因其本身具有两块互相絕緣的导体組成的特点，将平直的电圧波形，变成具有每轉一个脉冲波的信号（因削波器与整流子同軸）。如图 4 所示。

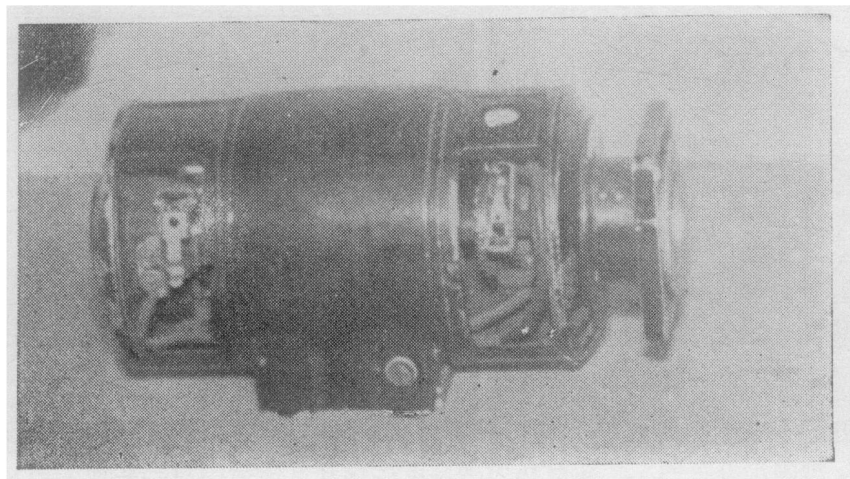


图 1

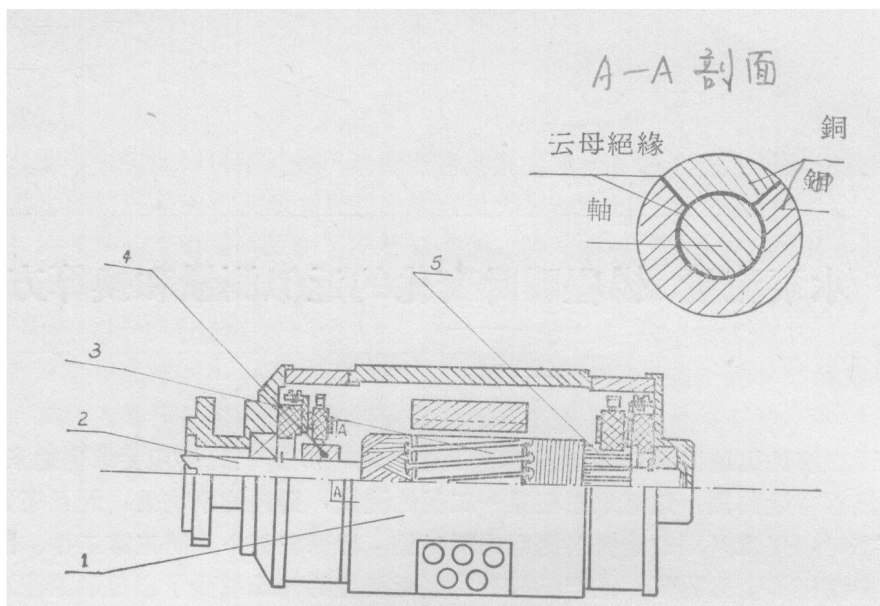


图 2

1. 机壳, 2. 軸, 3. 电枢, 4. 削波器, 5. 整流子

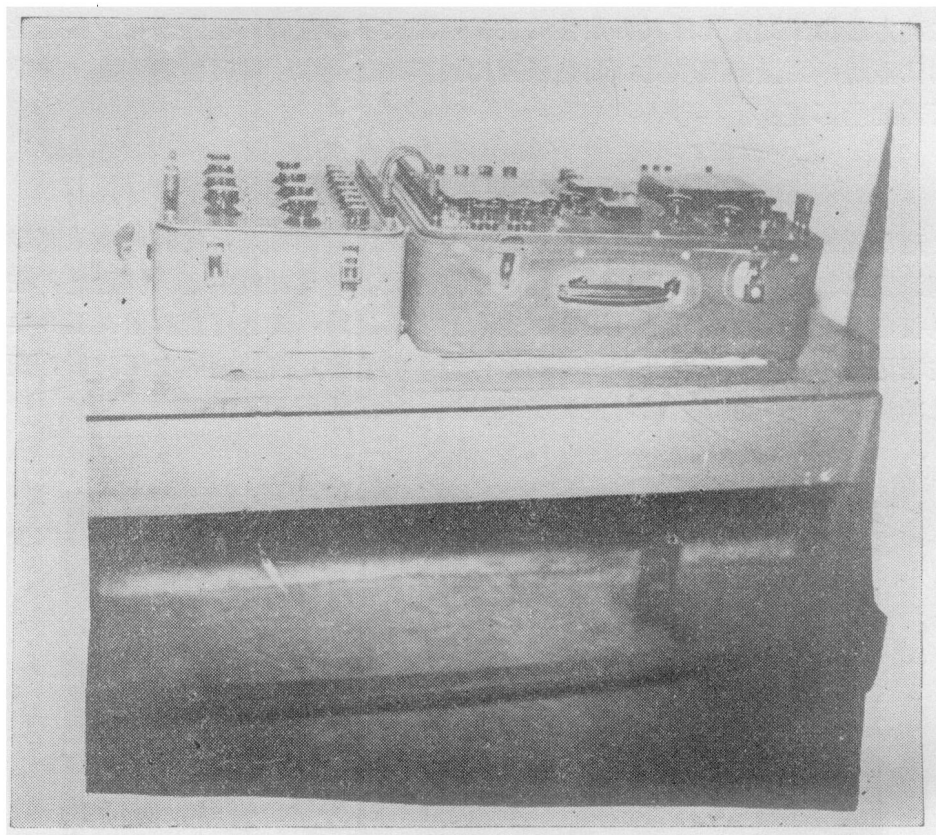


图 3

2. 調压器——使220V工頻电源, 变为10V, 50周/秒的交流电压, 作为時間信号。
 3. FF_2 型附加电阻箱——降低輸入信号电压使其电流不超过示波器中振子的允許值
 4. SC-1 型八綫示波器——指示和記錄輸入信号的变化情况。

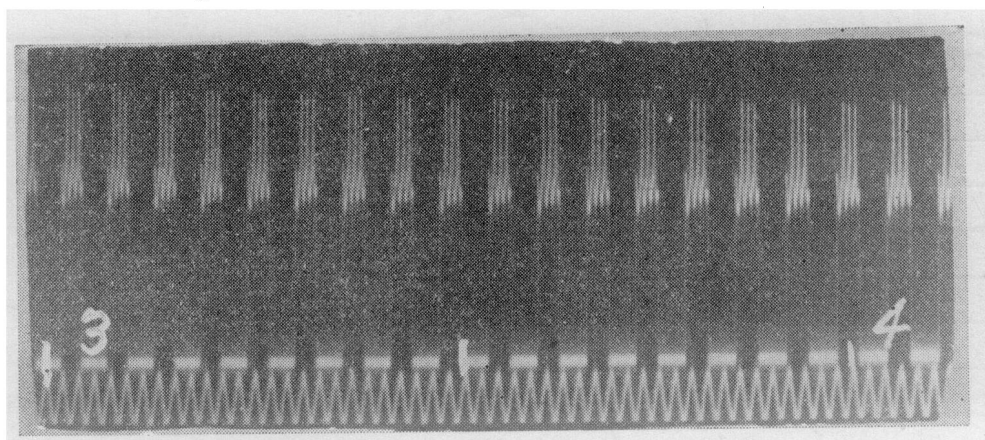


图 4

用导线把直流测速发电机的电压信号（工作信号），与50周/秒工频电源信号（时间信号），通过FF₂型附加电阻箱接入SC—1型八线示波器中。如图3所示。然后在示波器中装入足够长的胶卷，调好胶卷储量，拍摄长度，拍摄速度，信号光点位置，光栅等旋钮。如欲测水泵启动后，到达超定轴数时间间隔内的瞬时流量，扬程时，要把示波器远距离拍摄接线柱，与机组控制屏的常开接点接通。如欲测停车断电后的不同时刻的、瞬时流量扬程时，要将示波器远距离拍摄接线柱，与机组控制屏常闭接点接通。以达到示波器拍摄动作与机组的启动或停车同步的目的。这样一来只要泵机组启动或停车之后，示波器就会因控制屏常开或常闭接点接通，而自动拍出直流测速机的工作信号，与10V，50周/秒工频电源正弦波形的时间信号。如图4所示（拍摄速度为50mm/秒）如欲测量水泵任意时刻的流量与扬程时，只要示波器手动拍摄按钮即可。

把示波器中拍摄的胶卷进行冲洗处理之后，用墨笔注上时间间隔，即从拍摄始点起，每50个正弦波为一秒，一直数下去。注好时间之后，再把胶片放在阅读器上进行读数。因为直流测速发电机每一转发出一个脉冲波，则它对应多少个工频电流的正弦波、（即图4中每个凸凹波对应几个正弦波），就表示机组转一转所化费的时间（每秒有50个正弦波，所以每一个正弦波所对应的时间为0.02秒）。从而可以算出此刻机组每分钟多少转。例如：表1所示为机组从1500转/分停车断电以后不同瞬时的转数值。

表 一

第 秒	机組每轉需要時間	机組每分鐘轉速	備 註
0	0.04	1500	
1	0.06	1000	
2	0.08	750	
3	0.1	600	
4	0.12	500	
5	0.14	428	
6	0.16	375	
7	0.18	333	
8	0.2	300	
9	0.22	272	
10	0.24	250	
12	0.28	214	
14	0.32	188	
16	0.36	166	
18	0.4	150	
20	0.44	136	
22	0.48	125	

三、換 算 方 法

按照比例定律，水泵流量 Q 揚程 H 和轉數 n 有下面的关系：

$$\frac{n_0}{n_t} = \frac{Q_0}{Q_t} \quad \frac{n_0^2}{n_t^2} = \frac{H_0}{H_t}$$

因此当知道水泵启动之后，在某一工况下的流量 Q_0 ，揚程 H_0 ，轉數 n_0 (Q_0 ， H_0 从标准压力表和流量計讀得) 并知道机組任意时刻的瞬時轉數后，就可以换算出水泵在那一时刻的流量 Q_t 与揚程 H_t 。

例如：水泵未停車之前流量 $Q_0 = 1000$ 升/秒，揚程 $H_0 = 150$ 米，不同瞬時轉數如表一所示各值时，則不同时刻流量与揚程的数值經换算后如表二所示。为了看出不同时刻流量与揚程連續，变化过程，可以按表二作曲線，如图 5 所示。

表 二

第 秒	机組每分鐘轉數轉/分	流 量 升/秒	揚 程 (米)
0	1500	1000	150
1	1000	667	66.7
2	750	500	37.4
3	600	400	24
4	500	334	16.7
5	428	286	12.2
6	375	250	9.35
7	333	222	7.35
8	300	200	6
9	272	181	4.94
10	250	167	4.16
12	214	143	3.04
14	188	125	2.01
16	166	110.5	1.83
18	150	100	1.5
20	136	90.5	1.23
22	125	38.3	1.04

四、誤差估計

这种测量方法产生誤差的原因大致如下：

1. 仪器固有动作時間产生的誤差。

示波器拍照时，电磁离合器固有动作時間为25毫秒，即胶片上所指示的時間比真实時間滞后了25毫秒。

2. 計算上的誤差：

如果拍摄速度为50mm/秒，時間信号为50周/秒，当胶片放在放大系数大于5以上的放大器上观察时，視力誤差不大 $\pm 1/16$ 个波。即時間誤差不大于 ± 0.00125 秒。可以算出轉数

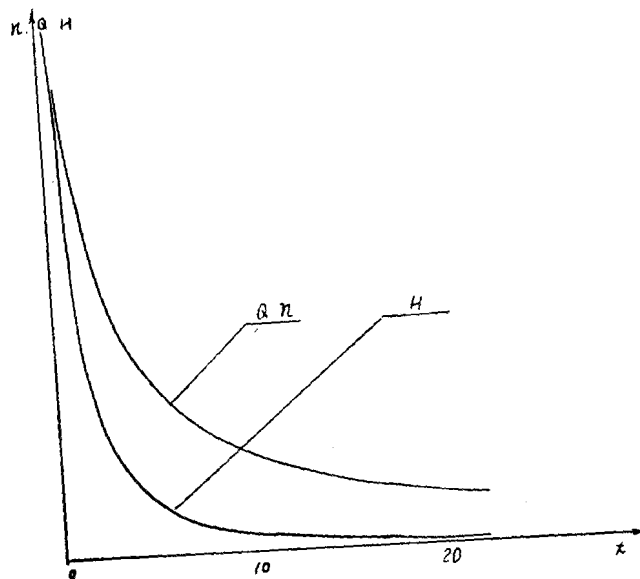


图 5

的誤差最大不超过 $\pm 3\%$ 。如果采用100周/秒時間信号，拍摄速度增加到100mm/秒。按上述同样方法計算出最大誤差不大于 1.5% 。如用500mm/秒拍摄速度500周/秒時間信号誤差就降低至 0.3% 。选择時間振子頻率越高，拍摄速度越高，誤差就越小。

以上測量——換算方法是我們初次試驗，由于实践和理論水平有限，錯誤和不当之处，望同志們給予批評和指正。

Ⅲ. 水泵試驗精度分析的探討

随着形势的发展，对我们水泵行业提出了更高的要求，在以好字当头方针指导下，产品质量有了很大提高，几年来，水泵行业各厂在社会主义建設中提供了大量的性能可靠的水泵产品，对社会主义建設起到了巨大的作用。

水泵性能是水泵产品质量的重要指标，是行业水平的重要标志之一，而性能試驗是反映水泵实际性能的重要手段，为了精确地反映水泵的实际性能，因此，就要求水泵試驗具有一定水平的試驗精度：

第一机械工业部頒发的化工通用机械专业标准（試行）T H 6—59离心泵、軸流泵和旋渦泵試驗方法，及T H 7—59水泵流量的測定方法，对試驗方法，試驗設備，仪器仪表提出了具体的要求，本文就水泵試驗精度分析作如下探討，提供有关工程技术人员，专业研究人员参考，由于受水平限制，如发现錯誤和不妥之处，請同志們提出指正意見。

水泵試驗精度，一般說来包括两个方面，試驗設備誤差和試驗操作誤差。

本文的水泵試驗精度分析采用均方根誤差分析法。

如果試驗設備、仪器、仪表根据标准規定設計制造和使用，以及按規定方法进行水泵試驗时，它可使各性能参数試驗誤差在一定范围之内，即：

揚程試驗誤差在 0.5 % 以內

流量試驗誤差在 1.5 % 以內

軸功率試驗誤差在 1.1 % 以內

內

效率試驗誤差在 2.5 % 以內

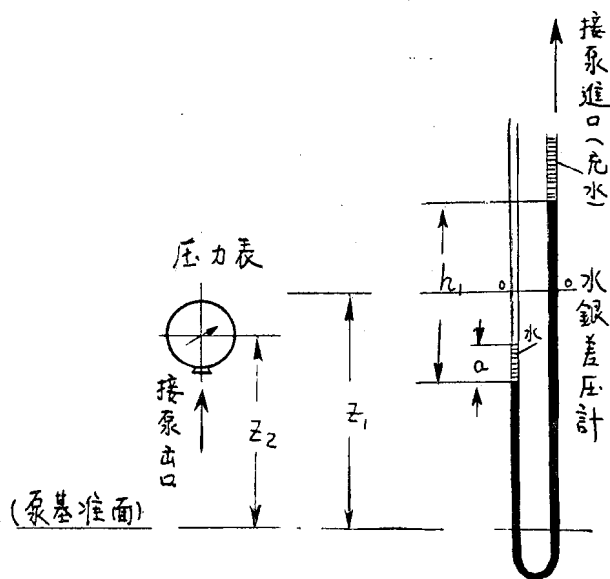
全面的詳細的一份試驗报告里，試驗精度分析是不可缺少的一个主要内容之一，現对各性能参数的試驗精度分析分述如下：

一、揚程試驗誤差 δH

（I）压力表测出水揚程，水銀差压計测进水揚程（如图 1 所示）

$$\text{总揚程 } H = \frac{10p}{r} + \frac{13.1h_1}{r} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \pm Z_1 \pm Z_2 - a$$

（1-1）



（图 1）