

苏联电站部用电监察局

交流电度表接入 电路結綫法

馬文禮譯

電力工業出版社

国家电力出版社出版

交流电度表接入 电路接线法

张 明 编

电力工业出版社

內 容 提 要

本書是苏联电站部用电监察局写的，書中介紹了电度表接入电路的各种标准結綫圖，也講了各种不正确的結綫法以及在結綫不正确时糾正用电量計算中錯誤的方法。書后附有大量的表格資料。

本書可供用电监察机关、电業局營業單位和电表安裝技工參考。

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНСПЕКЦИЯ ПО ПРОМЭНЕРГЕТИКЕ
И ЭНЕРГОНАДЗОРУ МЭС СССР

СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ СЧЕТЧИКОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МОСКВА

1955

交流电度表接入电路結綫法

根据苏联国立动力出版社 1955 年莫斯科修訂第 3 版翻譯

馬 文 祜 譯

*

704G101

电力工業出版社出版 北京复兴門外月坛南路(池会路)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 082 号

北京市印刷一厂排印

新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 1 $\frac{2}{3}$ 印張 * 40千字

1957年11月北京第 1 版

1957年11月北京第 1 次印刷(0001—4,100册)

統一書号: 15036·605

定价(第10类)0.28元

目 录

第一章 有功功率的測量	3
1. 單相电流	3
2. 三相电流	5
3. 仪表誤差	8
第二章 無功功率的測量	10
4. 單相电流	10
5. 三相电流	11
第三章 檢驗电度表时的計算	13
6. 基本概念	13
7. 公式和計算	14
第四章 計算电能的仪表	17
8. 电度表	17
9. 电流互感器	20
10. 电压互感器	21
第五章 电度表接入电路的标准結綫圖	22
11. 电度表接入低压單相綫路中的結綫圖	22
12. 在三相綫路中計算电能用的單相电度表接入电路結綫圖	24
13. 三相电度表接入低压綫路中的結綫圖	28
14. 有功和無功电度表联合接入低压綫路中的結綫圖	33
15. 电度表接入高压綫路中的結綫圖	33
第六章 接入电路的不正确結綫圖	41
16. 核算系数的概念	41

17. 單相电度表的不正确联接法	43
18. 三相电度表的不正确联接法	47
附表	49
1. 計算电度表常数用的公式	49
2. 苏联电器工業部各工厂所制的三相电度表电流和 电压的額定值	50
3. “接点”工厂出品的几种电度表的电流和电压的額定值	50
4. 苏联所制的几种电度表的电压綫卷	51
5. 苏联所制的几种电度表的串联綫卷	52
6. 电流互感器的容許誤差	53
7. 从电流互感器引至电度表的导綫最小容許截面	53
8. 引至額定負載为0.2欧的电流互感器的导綫截面	54
9. 电压互感器的容許誤差	54
10. 三相电度表不正确联接时的核算系数	54
11. 三角函数表	56
12. 决定于負載功率的电流值	57
13. 異步电动机所消耗的功率和电流值	58
14. 單相电度表的容許誤差	59
15. 三相有功电度表的容許誤差	59
16. 三相無功电度表的容許誤差	60

第一章 有功功率的測量

1. 單相電流

單相交流電的有功功率等於電流、電壓及功率因數的乘積：

$$P = IU \cos \varphi.$$

為了測定單相交流電路中的全部量值，必須接入三只儀表：電流表、電壓表及電力表。接入電路的結綫圖如圖 1 所示。電流、電壓及功率直接由儀表的示數決定，而功率因數按下式計算：

$$\cos \varphi = \frac{P}{IU}.$$

在個別情況下，如負載（照明、日常生活加熱用具）為純電阻時， $\cos \varphi = 1$ 則 $P = IU$ ，即功率等於電流和電壓的乘積。

圖 2 為一電力表經過電流互感器接入低壓綫路中的結綫圖。

圖 3 為整套儀表接入電路的結綫圖，用以測量高壓綫路中的全部

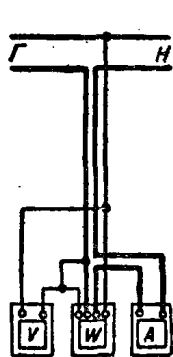


圖 1 電流表、電壓表及電力表直接接入單相低壓綫路中的結綫圖

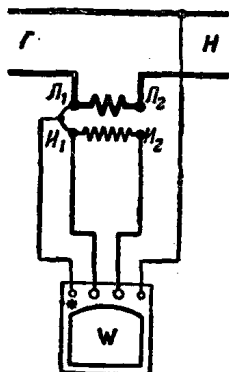


圖 2 電力表經過電流互感器的联接圖

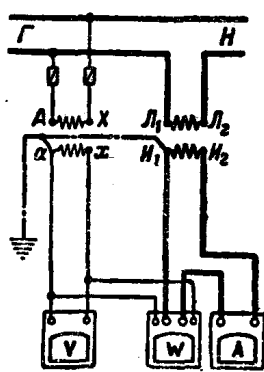


圖 3 整套儀表經過儀用互感器的联接圖

量值。在高压线路中测量时，仅用互感器的二次绕组和外壳均须可靠地接地。

大多数 0.2 和 0.5 级的携带式仪表都有假定的标尺。在利用这些仪表时，被测量的量值是將仪表的示数(以分格表示)乘以仪表的常数而得。这个常数又叫做分格值。为了决定分格值，必須將分格数除以仪表的测量上限。

例：1) 5 安的电流表，在标尺上有 100 分格。

我們計算分格值：

$$C_a = \frac{5}{100} = 0.05 \text{ 安。}$$

2) 5 安、600 伏的电力表，在标尺上有 150 分格。

我們計算：

測量上限 $5 \times 600 = 3000 \text{ 瓦；}$

分格值 $C_{am} = \frac{3000}{150} = 20 \text{ 瓦。}$

当仪表經過仅用互感器联接时，要决定电流、电压及功率，必須將电流表的示数乘以电流互感器的变流比；电压表的示数乘以电压互感器的变压比；而电力表的示数必須乘以这两个变成比的乘积。

例：仪表按照圖 3 的結綫圖經過 $\frac{1000}{5}$ 的电流互感器和 $\frac{6000}{100}$ 的电压互感器接入电路。

仪表的示数： 电流表——4.5 安；

电压表——105 伏；

电力表——400 瓦。

电流互感器的变流比等于 $\frac{1000}{5} = 200$ ；

电压互感器的变压比等于 $\frac{6000}{100} = 60$ 。

我們可以計算出高压側各个被测量的量值：

电流 $4.5 \times 200 = 900$ 安;
 电压 $105 \times 60 = 6300$ 伏;
 功率 $400 \times 200 \times 60 = 4800$ 瓩;

$$\cos \varphi = \frac{4\,800\,000}{900 \times 6300} = 0.84.$$

2. 三相电流

三相电流的功率是每一相功率的总和, 即:

$$P = I_A U_A \cos \varphi_A + I_B U_B \cos \varphi_B + I_C U_C \cos \varphi_C,$$

式中 $I_A; I_B; I_C$ ——每一相的电流;

$U_A; U_B; U_C$ ——相电压;

$\varphi_A; \varphi_B; \varphi_C$ ——每一相的相角。

当负载平衡时

$$P = \sqrt{3} \times IU \cos \varphi,$$

式中 U ——线电压。

由此

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \times IU}.$$

在三相四线制线路中测量功率时, 必须具有三只电力表, 并按照圖 4 結线圖来联接, 使其每个电力表测量一相中的功率。負

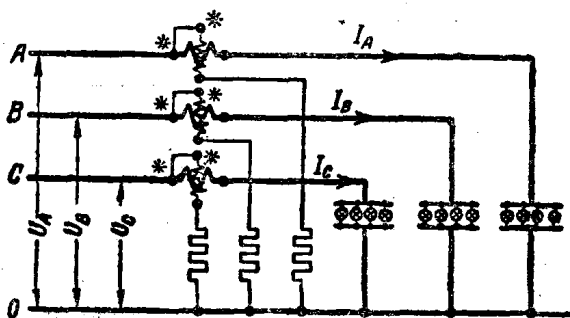


圖 4 在三相四线制线路中测量功率用的三只电力表接入电路的原理結线圖

載的功率等于所有三个电力表的示数总和。当平衡負載时，可以用一只电力表来测量功率。

在这种情况下，負載功率的数值是將电力表的示数乘以 3 而得，即：

$$P_N = 3P_{em},$$

式中 P_N ——負載的功率；

P_{em} ——电力表的示数。

如果在平衡負載的三綫制綫路中有可能以相电压供給电力表的并联綫卷时，还可利用一只仪表来测量功率。例如：在测量綫卷为中点引出的星形接綫的电动机所消耗的功率时。

圖 5 为一应用电流互感器的这种結綫圖的示例。电动机所消耗的功率，按照这种結綫圖测量时，可用下式求出：

$$P_{\partial\partial} = 3 \times P_{em} \cdot C_{em} \cdot K_1,$$

式中 $P_{\partial\partial}$ ——电动机所消耗的功率，瓦；

P_{em} ——电力表的示数，以分格計；

C_{em} ——电力表的分格值，瓦；

K_1 ——电流互感器的变流比。

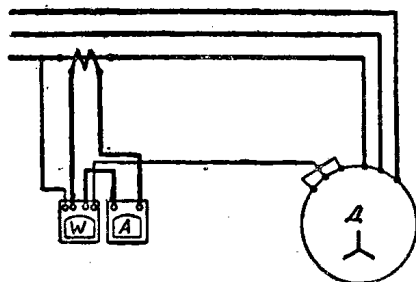


圖 5 用一只电力表测量电动机所消耗的功率的結綫圖

如不可能以相电压供給时，或在負載不平衡时，在三綫制綫路中就必须以两只电力表来测量功率，其串联綫卷接在任意兩导綫上，而并联綫卷則接在此兩导綫与第三导綫之間的电压上。接串联綫卷的导綫是任意选择的，因此两只电力表的結綫

圖于圖紙上可以繪成三种不同的形式，如圖 6 所示。在两只电力

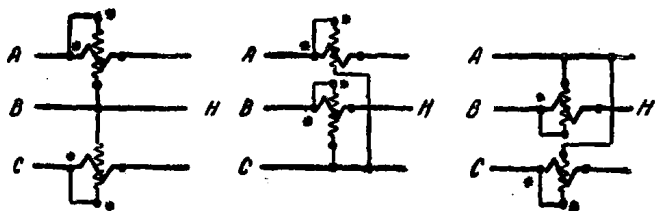


圖 6 兩只電力表結綫圖的不同連接方式

表結綫圖中負載的功率等于兩個儀表示數的总和，即：

$$P_H = P_1 + P_2, \quad (1)$$

式中 P_H ——負載的功率；

P_1 和 P_2 ——電力表的示數。

當負載為平衡的純電阻 ($\cos \varphi = 1$) 時，按照圖 6 結綫圖接入的電力表所指出的示數是相同的。如果 $\cos \varphi$ 小於 1，即使負載平衡，其電力表的示數亦有不同；當 $\cos \varphi$ 介於 1.0—0.5 以內時，兩只儀表的示數是正的，也就是說，它的指針規定為從零向右偏移。當 $\cos \varphi = 0.5$ 時，其中一只電力表的示數等于零；當 $\cos \varphi$ 小於 0.5 時，此儀表的指針從零向左偏移。因此，要取得讀數，就必須在它的并聯回路中改變電流的方向。這樣改變以

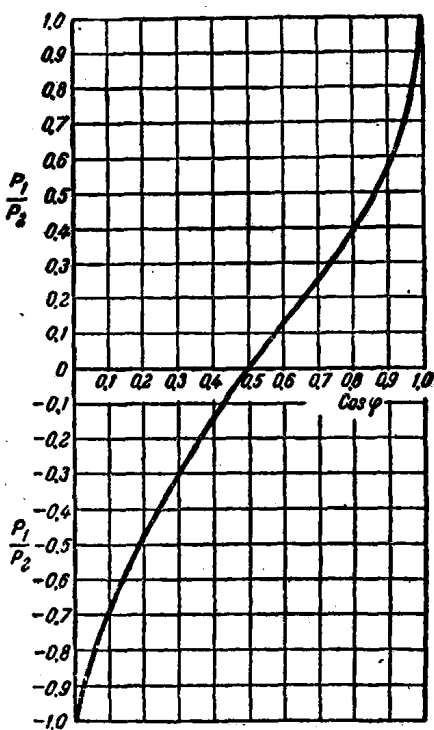


圖 7 在兩只電力表結綫圖中按照儀表示數的比值 $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ 用以決定 $\cos \varphi$ 的曲綫圖

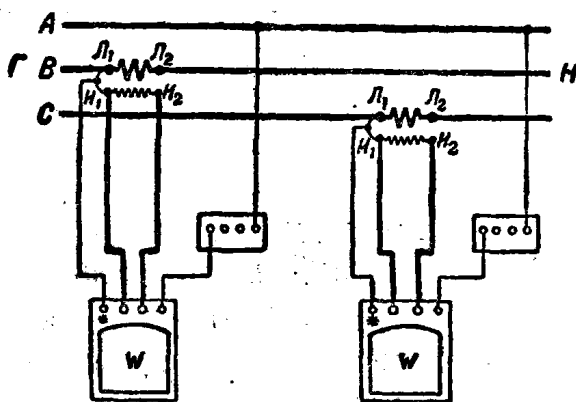


圖 8 应用电流互感器和单独附加电阻的兩只电力表的結綫圖

后所得到的数值，必須看作是負的，并代入公式(1)，但加一負号。

当負載平衡时，电力表按照圖 6 中的結綫圖接入就有可能按其示数决定 $\cos\varphi$ ，而毋需接入电流表和电压表。 $\cos\varphi$ 可按下式求出：

$$\cos\varphi = \frac{P_1 + P_2}{\sqrt{P_1^2 - P_1 P_2 + P_2^2}}$$

除去按这一公式計算外，还可以按照圖 7 中电力表示数比值 $\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ 的曲綫求得 $\cos\varphi$ 值。应用电流互感器和单独附加电阻的兩只电力表接入电路的結綫圖示于圖 8。圖 9 为一整套仪表接入电路的結綫圖，用它可以測量高压三綫制綫路中的全部量值。

3. 仪表誤差

电气測量仪表的最大可能誤差以准确級的数字决定。2.5 級的仪表誤差可达測量上限的 2.5 %；0.5 級的仪表誤差可达 0.5 %，以此类推。

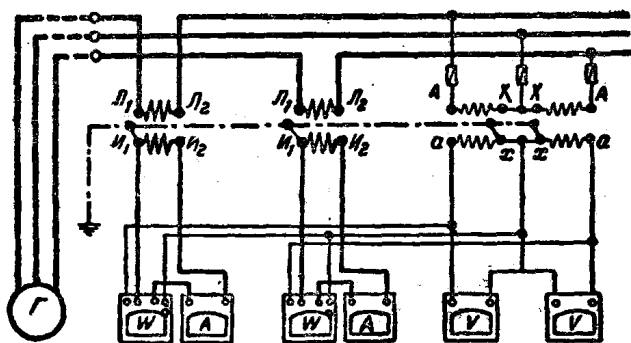


圖 9 在高压三綫制綫路中用以測量全部量值的整套仪表接入电路的結綫圖

例：今有标尺为 150 分格的 0.5 級，5 安，150 伏的电力表。我們現計算：

測量上限： $5 \times 150 = 750$ 瓦；

測量的可能誤差，以分格計 $\frac{150}{100} \times 0.5 = 0.75$ 分格；可能的誤差，以瓦

計 $\frac{750}{100} \times 0.5 \approx 4$ 瓦。

在一般測量時，仪表的誤差不予考慮。如有必要進行十分準確的測量時，應當利用 0.5 級或 0.2 級的仪表。0.2 級的仪表誤差是不可能計算的，因為他們不會超過偶然的或觀察的錯誤。0.5 級的仪表誤差僅當其超過 0.3 % 時方予考慮。在 0.5 級仪表的檢驗証件或說明書上一般不給出誤差，而是給出修正值。在應用時，需按公式加以換算。

实际值 = 示数 + 修正值。

当电力表經過电流互感器联接時，由于电流互感器的誤差，在測量功率中会引起附加誤差，該值可用下式計算之：

$$\Delta_P = f_I + 0.00029 \times \delta_I \times \tan \varphi, \quad (2)$$

式中 Δ_P ——由电流互感器所引起的附加誤差，以实际功率值百分数表示之；

f_I ——电流互感器的电流誤差，以百分数表示之；

δ_I ——电流互感器的角誤差，以秒表示之；

$\tan\varphi$ ——相当于被測量負載的功率因数 ($\cos\varphi$) 的相角正切。

当电力表經過电流互感器和电压互感器联接时，測量功率中的附加誤差可用下式表示之：

$$\Delta_P = f_I + f_U + 0.00029 \times \tan\varphi (\delta_I - \delta_U), \quad (3)$$

式中 f_U ——电压互感器的电压誤差，以百分数表示之；

δ_U ——电压互感器的角誤差，以秒表示之。

用以接入配电盤用測量仪表和电度表的工作仅用互感器的誤差，不予考虑。用于接入控制和标准仪表的 0.2 級仅用互感器的誤差同样不应考虑，因为这些互感器的誤差和仪表本身的可能誤差相較，为数很小。用以接入控制和标准仪表及电度表的 0.5 級仅用互感器于測量功率中所引起的誤差，如果按 (2) 及 (3) 式計算时指出其誤差超过 0.2% 时，应予考虑。

第二章 無功功率的測量

4. 單相电流

單相交流电的無功功率可用下式表示之：

$$P_p = IU \sin\varphi. \quad (4)$$

根据这一公式，所得之無功功率的数值是以無功瓦計算，無功瓦有时候叫做乏；無功瓩叫做千乏。但是这些名称并不是标准的，为此亦無專用的符号。

用以直接測量單相電流回路中無功功率的儀表是不製造的，因此無功功率的數值就必須按照電流、電壓及有功功率來計算。計算的步驟如下：首先按下式求出 $\cos\varphi$ ：

$$\cos\varphi = \frac{P_a}{IU}.$$

之後，利用三角函數表按照已求出的 $\cos\varphi$ 值找出相對應的 $\sin\varphi$ 的數值，然後按照公式(4)計算出無功功率。

例：在試驗電鋸機時，得到下列的儀表示數：

電力表——13 200 瓦；

電流表——115 安；

電壓表——210 伏。

我們計算：

$$\cos\varphi = \frac{13\,200}{115 \times 210} = 0.545.$$

按照表 11，找出在 $\cos\varphi = 0.545$ 時， $\sin\varphi = 0.83$ 。

按照公式(4)求得無功功率：

$$P_p = IU\sin\varphi = 115 \times 210 \times 0.83 = 20\,000 \text{ 無功瓦}.$$

5. 三 相 電 流

為了測量三相電流的無功功率，現特制有 2.5 級的配電盤式電力表。在檢驗電度表時，以及當電動機和變壓器進行重要的試驗時，三相電流的無功功率可用普通攜帶式有功電力表來準確地測量，但需按照特殊的結綫圖將其接入電路中。

一只電力表的結綫圖 在負載平衡的三相綫路中，無功功率可以按照圖 10 的原理結綫圖用一只電力表來測量。按此結綫圖接入之電力表的示數 P_{om} 必須乘以 1.73，方得無功功率的數值 P_p 即：

$$P_p = 1.73 P_{om}.$$

兩只電力表的結綫圖 用于測量三相綫路中有功功率的兩個電力表的結綫圖(參見圖 6)亦适合于無功功率的測量。在這種接入電路的結綫圖中, 無功功率的數值可按下列式求出:

$$P_p = 1.73(P_1 - P_2).$$

由公式可看出: 為了計算無功功率, 應當取其兩只電力表示數的差, 然後乘以 1.73 倍, 而不是用兩只電力表示數的和。這種測量無功功率的方法只有在負載平衡時方可適用。

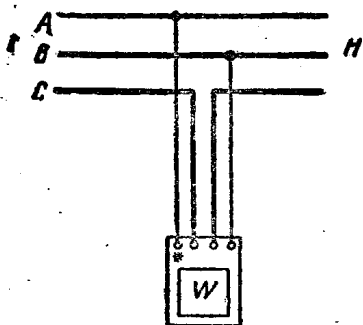


圖 10 按照一只電力表的結綫圖來測量無功功率

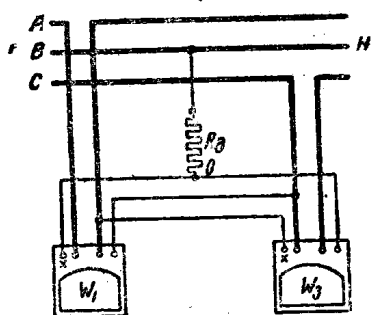


圖 11 用有人為中點的兩只電力表來測量無功功率

有人為中點的兩只電力表的結綫圖 在各相任意負載的三制綫路中, 用以測量無功功率的兩只電力表接入電路的特殊結綫圖示于圖 11。在此結綫圖中所採用的電力表并聯綫卷的電阻應當是一致的。除此而外, 還必須有一個補助的附加電阻 R_0 , 其值等于電力表并聯回路電阻的數值。採用這種結綫圖時, 電力表的示數只有符合圖 11 所示電力表綫卷的相序排列及其始端和終端的連接順序條件下, 才是正確的。在此結綫圖中無功功率的數值可按下列式計算:

$$P_p = 1.73(P_1 + P_2). \quad (5)$$

在 $\cos\varphi$ 大于 0.865 時, 接入超前相的電力表的指針便自零

向左偏轉；因此仪表在其并联回路中改变电流方向之后所得的示数必須看作是負的，代入公式(5)，加一負号。

在某些情况下，在上述結綫圖中可以不用一个附加电阻 R_0 ，而將 O 点与中性点相联接；例如將 O 点与星形結綫的电动机繞卷所形成之中点相联接。

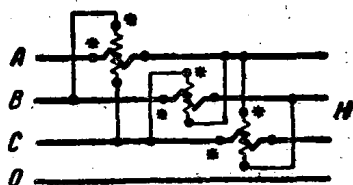


圖 12 用三只电力表来測量無功功率的原理結綫圖

三只电力表的結綫圖 圖12所示之原理結綫圖，無論在四綫制和三綫制綫路中，或在各相負載平衡和不平衡的所有情况下，均适用于測量無功功率。在此結綫圖中的無功功率的数值可用下式求得：

$$P_p = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{1.73} \quad (6)$$

第三章 檢驗电度表时的計算

6. 基本概念

电度表的常数 C ——鋁盤旋轉一周的瓦秒数。在电度表的标记銘牌上一般不以每轉一周的瓦秒数表示，而以每一周的瓦小时或瓩小时来表示。

計数机构的系数 b ——为了得到以瓩小时計算之电能消耗量，計数机构的示数所乘之数。

电度表的轉速比 A ——要使电度表的示数改变 1 瓩小时所需要的鋁盤周数。在旧式电度表中轉速比有时候不按 1 瓩小时計算，而以一個瓩分來計算。

电度表的常数 C 和它的轉速比 A 之間可用下列关系联系起来:

$$C = \frac{3600 \times 1000}{A}; \quad A = \frac{3600 \times 1000}{C}. \quad (7)$$

計数机构的轉速比 必須把另一概念“計数机构的轉速比”与“电度表的轉速比”的概念区分开来。所謂計数机构的轉速比是使右边第一个数字滾輪(或指針)轉动一周时鋁盤所必需旋轉的周数。

电度表的轉速比 A 、計数机构的轉速比 K 及計数机构的系数 b ，这三个数量可用下式表明它們之間的关系:

如果所有小窗口都是黑色的，則 $K = 10bA$. (8)

有一个紅色小窗口时， $K = bA$. (9)

有两个塗有紅色的小窗口时， $K = 0.1bA$. (10)

按照鋁盤的轉速檢驗电度表时，以及决定負載功率时，必須知道这个常数或轉速比。这些量值在电度表上用标记来标出。最常采用下列几种标记:

1 瓩小时 = 鋁盤 A 周，

1 周 = N 瓩小时。

在 100 瓦时——鋁盤每分鐘旋轉 N 周。

在美国和法国公司出品的电度表上，会遇到这样的标记 $k = N$ 。

按照上面所提到的标记决定电度表常数用之公式列于附表 1。知道了常数，就可以用公式(7)計算出轉速比。

7. 公式和計算

負載功率的决定 要以电度表和秒表决定負載功率时，应观察圓盤的运动，并在着色斑点通过观察小窗口的一瞬间按下秒表，