

$$\eta_m = \frac{P_{mu}}{P_{mi}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

η_m ——效率, %;

P_{mi} ——电机实测输入功率, 单位为千瓦(kW);

P_{mu} ——电机输出功率, 单位为千瓦(kW); 按式(18)计算。

$$P_{mu} = P_{mi} - \Sigma P \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

ΣP ——总损耗, 单位为千瓦(kW):

$$\Sigma P = (P_{Fe} + P_{fw} + P_{Cu1} + P_{Cu2} + P_s) \cdot 10^{-3}$$

P_{Fe} ——铁耗, 单位为瓦特(W), 由空载试验求得;

P_{fw} ——机械耗, 单位为瓦特(W), 由空载试验求得;

P_{Cu1} ——定子铜耗, 单位为瓦特(W):

$$P_{Cu1} = 3I_1^2 R_{1ref}$$

R_{1ref} ——换算到基准工作温度的直流电阻, 单位为欧姆(Ω)(在规定温度下试验时, 不需要换算):

$$R_{1ref} = R_1 \frac{K_a + \theta_{ref}}{K_a + \theta_1}$$

θ_{ref} ——基准工作温度, 对 E 级绝缘为 75 °C; 对 F 级绝缘为 115 °C; 对 H 级绝缘为 130 °C;

P_{Cu2} ——转子铜耗, 单位为瓦特(W):

$$P_{Cu2} = (P_{mi} - P_{Cu1} - P_{Fe}) \cdot S_{ref}$$

S_{ref} ——换算到基准工作温度的转差率(在规定温度下试验时, 不需要换算):

$$S_{ref} = S_t \frac{K_a + \theta_{ref}}{K_a + \Delta\theta_1 + \theta_1}$$

S_t ——实际排量下的转差率;

P_s ——杂散损耗, 单位为瓦特(W)。

对不能实测杂散损耗的电机, 其杂散损耗取其输入功率的 0.5%。

6.1.2.8.3.2 转差率按式(19)计算。

$$S_t = \frac{N}{f \cdot t} \text{ 或 } S_t = \frac{n_s - n}{n_s} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

S_t ——转差率;

t ——检流计摆动 N 次所用的时间, 单位为秒(s);

N ——检流计摆动次数;

f ——实测电源频率, 单位为赫兹(Hz);

n_s ——电机同步转速, 单位为转每分钟(r/min);

n ——实测转速, 单位为转每分钟(r/min)。

6.1.2.8.3.3 功率因数按式(20)计算。

$$\cos\phi = \frac{P_{mi} \times 10^3}{\sqrt{3} I_1 U_1} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

$\cos\phi$ ——功率因数;

P_{mi} ——输入功率, 单位为千瓦(kW);

I_1 ——定子线电流, 单位为安培(A);

U_1 ——线电压, 单位为伏特(V)。

6.1.2.8.4 检验结果判定

额定输出功率下的效率(η_m)、功率因数($\cos\phi$)、转差率(S_{ref})符合表4的规定。

6.1.2.9 热态绝缘电阻

6.1.2.9.1 测量要求

6.1.2.9.1.1 按6.1.2.2.1.1选择兆欧表。

6.1.2.9.1.2 在6.1.2.8试验结束后断电进行测量。

6.1.2.9.1.3 断电到测量时间不得超过60 s。

6.1.2.9.2 测量方法

6.1.2.9.2.1 在试验电缆电源接线端测量一相对地绝缘电阻。

6.1.2.9.2.2 测量后将电缆对地放电。

6.1.2.9.3 检验结果判定

热态绝缘电阻(包括试验电缆)符合5.2.1.2的规定。

6.1.2.10 最大转矩

采用圆图算法或测功机实测。

6.1.2.10.1 测量要求

采用圆图算法时电机应按6.1.2.6.2的要求进行试验。

6.1.2.10.2 测量方法

圆图计算公式中的电压、电流和电阻为相电压、相电流和相电阻的三相平均值,功率为三相功率值。

圆图算法所需参数包括:

- a) 定子绕组电阻 R_{lref} , 换算至基准工作温度时的电阻值;
- b) 由空载试验求得的参数;
- c) 由堵转试验求得的参数。

6.1.2.10.3 测量结果计算

6.1.2.10.3.1 空载电流的有功分量按式(21)计算:

$$I_{OR} = \frac{P_0 - P_{fw}}{3U_N} \quad \dots\dots\dots (21)$$

6.1.2.10.3.2 空载电流的无功分量按式(22)计算:

$$I_{OX} = \sqrt{I_0^2 - I_{OR}^2} \quad \dots\dots\dots (22)$$

6.1.2.10.3.3 堵转电流按式(23)计算:

$$I_{kN} = I_k \frac{U_N}{U_k} \quad \dots\dots\dots (23)$$

6.1.2.10.3.4 堵转功率按式(24)计算:

$$P_{kN} = P_k \left(\frac{U_N}{U_k} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (24)$$

6.1.2.10.3.5 堵转电流的有功分量按式(25)计算:

$$I_{kR} = \frac{P_{kN}}{3U_N} \quad \dots\dots\dots (25)$$

6.1.2.10.3.6 堵转电流的无功分量按式(26)计算:

$$I_{kX} = \sqrt{I_{kN}^2 - I_{kR}^2} \quad \dots\dots\dots (26)$$

6.1.2.10.3.7 最大转矩倍数 K_T 按式(27)计算:

$$K_T = \frac{CT}{P_m} \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中:

取 $C=0.9$

K_T ——最大转矩倍数；

$$P_m = \frac{P_N + P_{fw} + P_s}{1 - S_{ref}}$$

$$T = 3rU_N \tan \frac{\beta^\circ}{2}$$

$$r = \frac{1}{2}(H + K^2/H)$$

$$H = I_{kX} - I_{0X}$$

$$K = I_{kR} - I_{0R}$$

$$\tan \beta = \frac{H}{K_1} \text{ 求出 } \beta, \tan \frac{\beta}{2}$$

$$K_1 = \frac{I_{2K}^2 R_{1ref}}{U_N}$$

$$I_{2K} = \sqrt{K^2 + H^2}$$

6.1.2.10.3.8 最大转矩按式(28)计算：

$$T_{max} = K_T \cdot T_N \quad \dots\dots\dots(28)$$

式中：

T_{max} ——最大转矩，单位为牛顿米(N·m)；

T_N ——额定转矩，单位为牛顿米(N·m)，按 $T_N = 9\,550P/n$ 计算。

6.1.2.10.3.9 检验结果判定

$\frac{T_{max}}{T_N}$ 符合表4的规定。

6.1.2.11 电机油工频耐压

6.1.2.11.1 测量要求

电机空载试验后从尾部取油样做工频耐压试验。

6.1.2.11.2 测量方法

用干燥过的1 000 mL磨口瓶取800 mL油样待无气泡后，倒入油试验器进行工频耐压试验。电极应安装在水平轴上，放电间隙2.5 mm。电极之间的间隙用块规校准，要求精确到0.1 mm。电极轴浸入试油深度应为40 mm左右。电极面上若有因放电引起的凹坑时应更换电极。

6.1.2.11.3 检验结果判定

符合5.2.1.5的规定。

6.1.2.12 密封试验

6.1.2.12.1 测量要求

电机各连接处采用专用护盖密封。

6.1.2.12.2 测量方法

从电机一端往其内腔通入干燥气体，试验气压为0.35 MPa，时间为5 min，同时用肥皂水涂抹各连接处和丝堵，同时应观察有无气泡及渗漏。

6.1.2.12.3 检验结果判定

符合5.2.1.1的规定。

6.1.2.13 电机空载的振动测试

6.1.2.13.1 下井前先将测振架装在电机的外壳上(上、中、下径向轴承测点)，并固定传感器，以防止松动脱落。当电机处于垂直运行位置时，测点的具体部位如下：上测点位于外壳上部对应顶部径向轴承套部位；中测点位于外壳中部；下测点位于外壳下部对应底部径向轴承套部位。

6.1.2.13.2 在每个测振架上安装两个振动传感器，以测取x、y方向的振动值。

6.1.2.13.3 电机下井后在额定转速下运转半小时,再分别测取各点的振动值,作好测量数据记录。测试完成后,进行综合数据分析,测得各点的振动速度有效值,将其中的最大值定为振动烈度考核依据。

6.1.2.13.4 检验结果判定

按 GB/T 18051—2000 中附录 C 判定。

6.1.3 保护器

6.1.3.1 气压试验

气压试验是为了检查保护器的密封性能,即机械密封和连接螺纹密封的性能。

6.1.3.1.1 测量方法

采用干燥气体加压。机械密封检验是将压力为 0.035 MPa 干燥气体送入密封腔内,持续时间 5 min;螺纹密封检验是将压力为 0.35 MPa 的干燥气体从保护器下端输入其内腔,同时用肥皂水涂抹各连接处和丝堵,持续时间 5 min。

6.1.3.1.2 检验结果判定

符合 5.2.2.3 的规定。

6.1.3.2 动态试验

6.1.3.2.1 测量方法

6.1.3.2.1.1 标定电机法:采用 2 极标定电机(经法定检验机构检定的并给出特性曲线的电机)与保护器相连固定在保护器动态试验架上,并按要求注油。启动标定电机运行 5 min,观察并记录电压、电流,运行期间电流应平稳。

6.1.3.2.1.2 转矩转速法:采用三相电机、转矩转速传感器与保护器相连固定在保护器动态试验架上,按要求注油。采用转矩转速法,按要求进行仪器调零、且保护器须盘轴灵活。启动试验电机,观察保护器的转速、功率、止推轴承腔体温度。设备运行 5 min 后,测量记录保护器的转速、功率、止推轴承腔体温度。

6.1.3.2.2 检验结果计算

6.1.3.2.2.1 按 6.1.3.2.1.1 进行检验时,应从标定电机曲线上查取保护器机械功率。

6.1.3.2.2.2 按 6.1.3.2.1.2 进行检验时,按 $T=9\ 550P/n$ 计算。

6.1.3.2.3 检验结果判定

符合 5.2.2.4 的规定。

6.1.3.3 运行后电机油工频耐压

6.1.3.3.1 测量要求

保护器动态试验后在尾部取油样做工频耐压试验。

6.1.3.3.2 测量方法

按 6.1.2.11.2 进行。

6.1.3.3.3 检验结果判定

符合 5.2.2.5 的规定。

6.1.3.4 保护器空载振动测试

6.1.3.4.1 将需测试的保护器与电机对接好,启动电机即可进行保护器空载情况下的振动测试,其测振架和传感器的安装方法与 6.1.2.13 电机空载振动测试相同。

6.1.3.4.2 检验结果判定

按 GB/T 18051—2000 中附录 C 判定。

6.1.4 潜油电泵机组

6.1.4.1 潜油电泵机组成套性能试验

6.1.4.1.1 测量要求

6.1.4.1.1.1 将潜油电机(试相序应与泵旋转方向一致)、保护器、吸入及处理装置、各节泵按要求下入

试验井内,按其规定的使用温度供给冷却介质(冷却介质为清水)。出厂检验可在室温下进行。

6.1.4.1.1.2 潜油泵在额定电压、额定频率、额定排量下启动运行,运行时间应不低于 0.5 h。

6.1.4.1.2 测量方法

按 6.1.2.8.2.1 进行。

6.1.4.1.3 测量结果计算

6.1.4.1.3.1 井况为示意图 7 时,扬程按式(29)计算:

$$H = \frac{P_2}{\rho g} + (Z_2 - Z_1) + \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(29)$$

式中:

H ——扬程,单位为米(m);

P_2 ——泵出口压力,单位为帕斯卡(Pa)。

出厂检验时式中第二、三项可忽略不计。

井况为示意图 8 时,扬程按式(30)计算:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + (Z_2 - Z_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(30)$$

式中:

P_1 ——泵入口压力,单位为帕斯卡(Pa);

ρ ——泵输送液体密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

g ——重力加速度, $g=9.81 \text{ m}/\text{s}^2$;

Z_2 ——泵入口到井的地面测压距离,单位为米(m);

Z_1 ——泵入口到井口液面距离,单位为米(m);

V_2 ——井口出口管线内液体流速,单位为米每秒(m/s);

V_1 ——井筒内液体流速,单位为米每秒(m/s)。

出厂检验不加温时式中第二、三项可忽略不计。

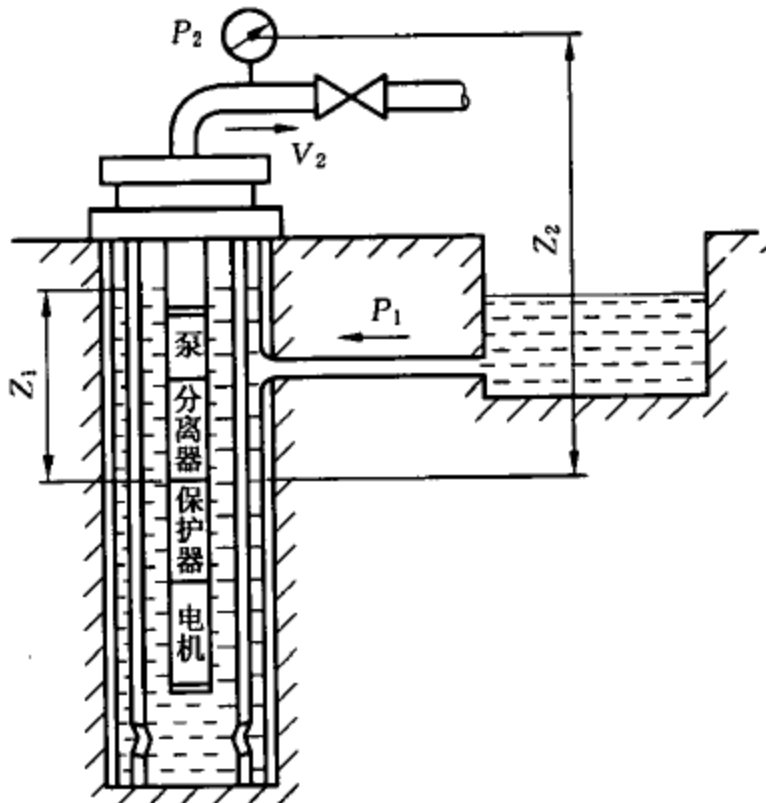


图 7 I 号井况示意图

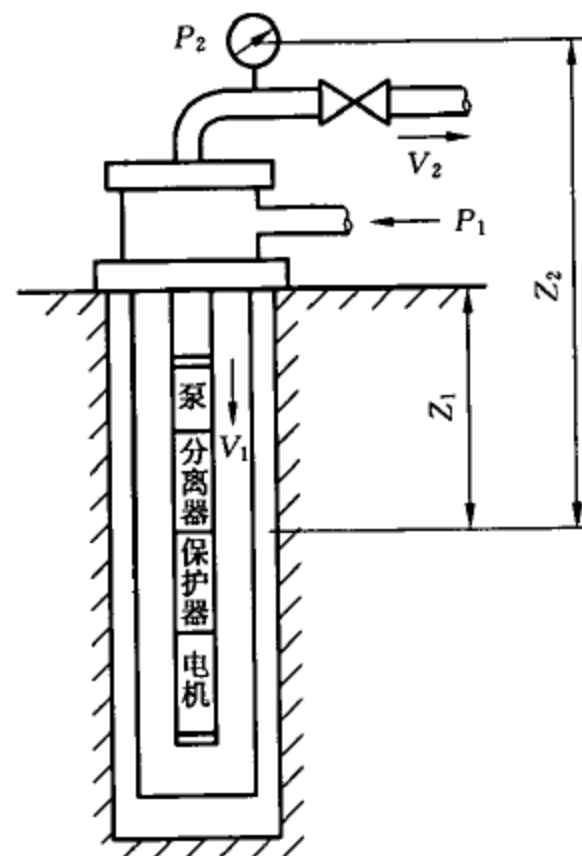


图 8 II 号井况示意图

6.1.4.1.3.2 流量 Q

Q 为实测流量,单位为立方米每天(m^3/d)。

6.1.4.1.3.3 绘制潜油泵性能曲线,即 H 、 P_{pi} 、 η_p 与 Q 的关系曲线(见图 9)。

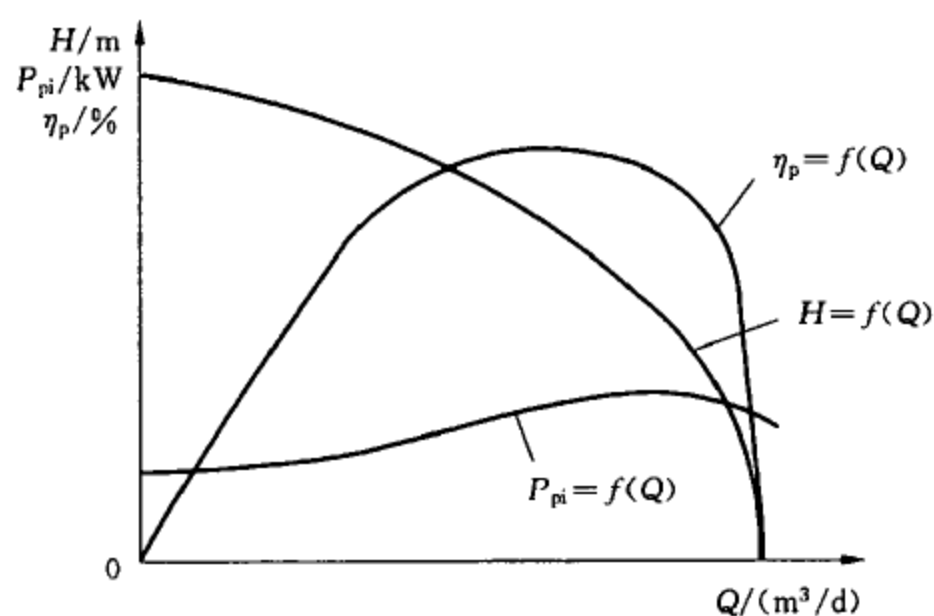


图9 潜油泵性能曲线

6.1.4.1.3.4 泵轴功率按式(31)计算。

$$P_{pi} = P_{mu} - P_{pfw} \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中:

P_{pi} ——泵轴功率,单位为千瓦(kW);

P_{pfw} ——保护器机耗,单位为千瓦(kW);

P_{mu} ——电机输出功率 P_{mu} ,单位为千瓦(kW)按式(16)计算。

6.1.4.1.3.5 泵效按式(32)计算。

$$\eta_p = \frac{P_{pu}}{P_{pi}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中:

η_p ——泵效,%;

P_{pu} ——泵输出功率,单位为千瓦(kW); $P_{pu} = \frac{\rho Q H g}{86\,400}$;

ρ ——水的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

g ——重力加速度, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 。

6.1.4.1.3.6 检查泵性能时应换算到规定转速下的泵扬程、流量、轴功率按式(33)计算(机组成套性能试验不需要换算)。

$$\left. \begin{aligned} Q_0 &= \frac{n_{sp}}{n} \cdot Q \\ H_0 &= \left(\frac{n_{sp}}{n} \right)^2 \cdot H \\ P_{pi0} &= \left(\frac{n_{sp}}{n} \right)^3 \cdot P_{pi} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (33)$$

式中:

H_0 ——泵扬程,单位为米(m);

Q_0 ——泵流量,单位为(m³);

P_{pi0} ——泵轴功率,单位为千瓦(kW);

n_{sp} ——规定转速,单位为转每分钟(r/min);

n ——实测转速,单位为转每分钟(r/min)。

6.1.4.1.4 检验结果判定

6.1.4.1.4.1 方法一:保证的流量、扬程和效率的证实

将测量结果换算到规定的转速(或频率)下,然后绘制它们对流量 Q 的关系曲线。与各测量点拟合

最佳的曲线代表泵的性能曲线。为简化保证值的证实,建议引入容差系数。 t_Q 、 t_H 、 t_η ,分别为流量、扬程和泵效率的容差系数,应适用于保证点 Q_{sp} 、 H_{sp} 。在没有关于应使用什么样的容差系数值的专门协议的情况下应使用表 23 给出的数值。

表 23 流量、扬程和效率容差系数

参 数	容差系数值/%
流量 t_Q	± 5
扬程 t_H	± 5
效率 t_η	-10

通过保证点 Q_{sp} 、 H_{sp} 以水平线段 $\pm t_Q \cdot Q_{sp}$ 和垂直线段 $\pm t_H \cdot H_{sp}$ 作出容差的十字线。

如果 $H(Q)$ 曲线与垂直线段和/或水平线段(见图 10)相交或至少相切,则对扬程和流量的保证即得到满足。

效率值应由通过规定的工作点 Q_{sp} 、 H_{sp} 和 QH 坐标轴的原点的直线与测得的 $H(Q)$ 曲线的交点作一条垂直线与 $\eta(Q)$ 曲线相交得到。

如果该交点的效率值高于或至少等于 $\eta_{sp}(1-t_\eta)$ (见图 10)则对效率的保证条件的满足是在容差范围内。

注: 如果测得的 Q 和 H 值大于保证值 Q_{sp} 、 H_{sp} ,但仍在容差 $Q_{sp}+(t_Q \cdot Q_{sp})$ 和 $H_{sp}+(t_H \cdot H_{sp})$ 范围内,且效率也在容差范围内,则实际的输入功率可能要大于数据表中记载的值。

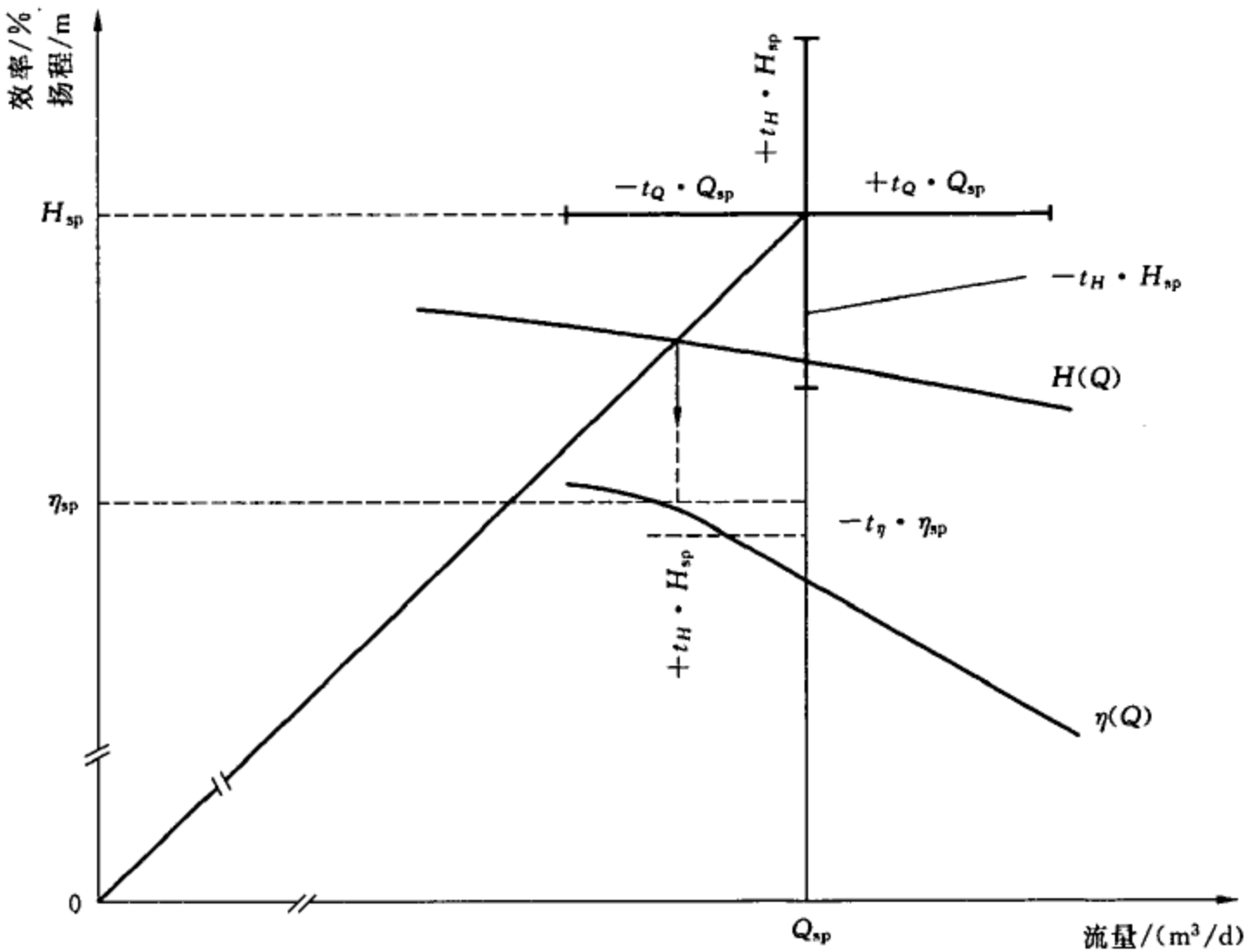


图 10 对流量、扬程和效率的保证的证实

6.1.4.1.4.2 方法二:极限偏差

表 24 中是由公布的特性曲线得出的泵试验验收极限表,列出的极限偏差用于生产商公布的特性曲线。这些极限偏差用图表示,见图 11 和图 12。

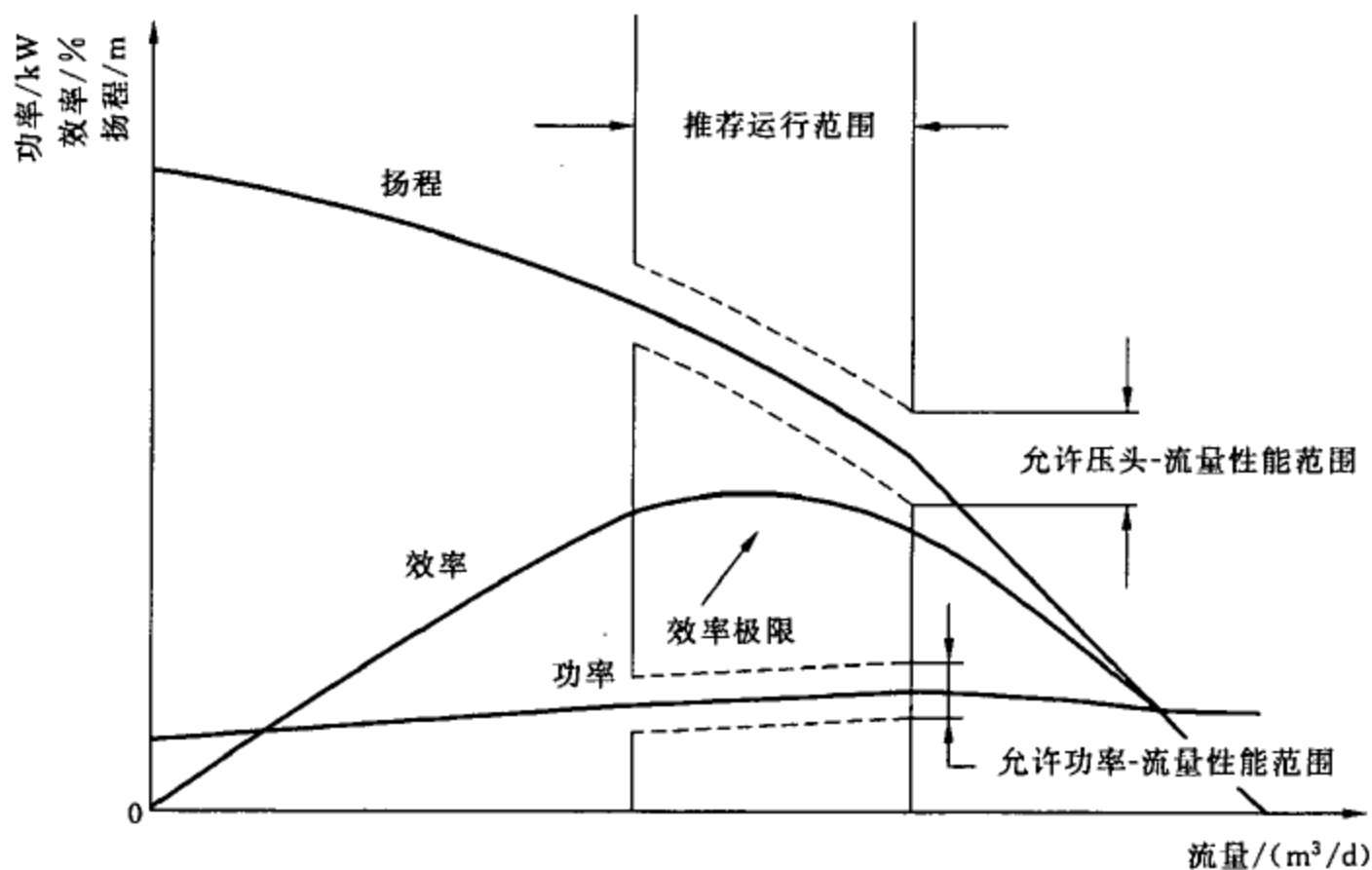


图 11 带有公差表示的典型泵特性曲线

6.1.4.1.4.3 检验结果判定

出厂检验自定,监督检验用统一的一种判定,仲裁检验按协议判定。

表 24 泵试验验收极限

曲 线	极 限 值	验 收 区 域
扬程-流量曲线	扬程±5%,流量±5%	推荐的运行范围
轴功率-流量曲线	轴功率±8%	推荐的运行范围
泵效率-流量曲线	效率 90%	额定流量点

注：推荐的运行范围是由制造商公布的最大运行范围。如果该范围没有确定,用额定流量的±20%确定。

验收原则：

如果验收试验点泵的扬程在允许的扬程-流量性能变化范围之内,泵的扬程-流量性能是合格的。

如果验收试验点泵的轴功率在允许的轴功率极限偏差范围内,泵的轴功率性能是合格的。

如果由试验结果计算出来的额定流量点的泵效大于规定的极限值,泵效率是合格的。

6.1.4.2 电机油工频耐压

6.1.4.2.1 测量要求

潜油电泵机组运行一段时间后(记录运行时间)起出,在电机尾部按要求取油样 800 mL 并记录运行结束至取样时间。

6.1.4.2.2 测量方法

按 6.1.2.11.2 进行。

6.1.4.2.3 检验结果判定

符合 5.2.1.5 的规定。

6.1.4.3 泵负载振动测试

将需测试的吸入及处理装置和泵与保护器对接好,启动电动机,在额定转速和额定流量下测取各点的振动值。其测振架和传感器的安装方法同 6.1.2.13 电动机空载振动的测试。

6.1.4.3.1 测点振动频率测试

当振动值出现异常情况或需要对振动进行分析时,应测取该测点的振动频率,并作好记录,以便分析振动产生的原因。

6.1.4.3.2 检验结果判定

按 GB/T 18051—2000 中附录 C 判定。

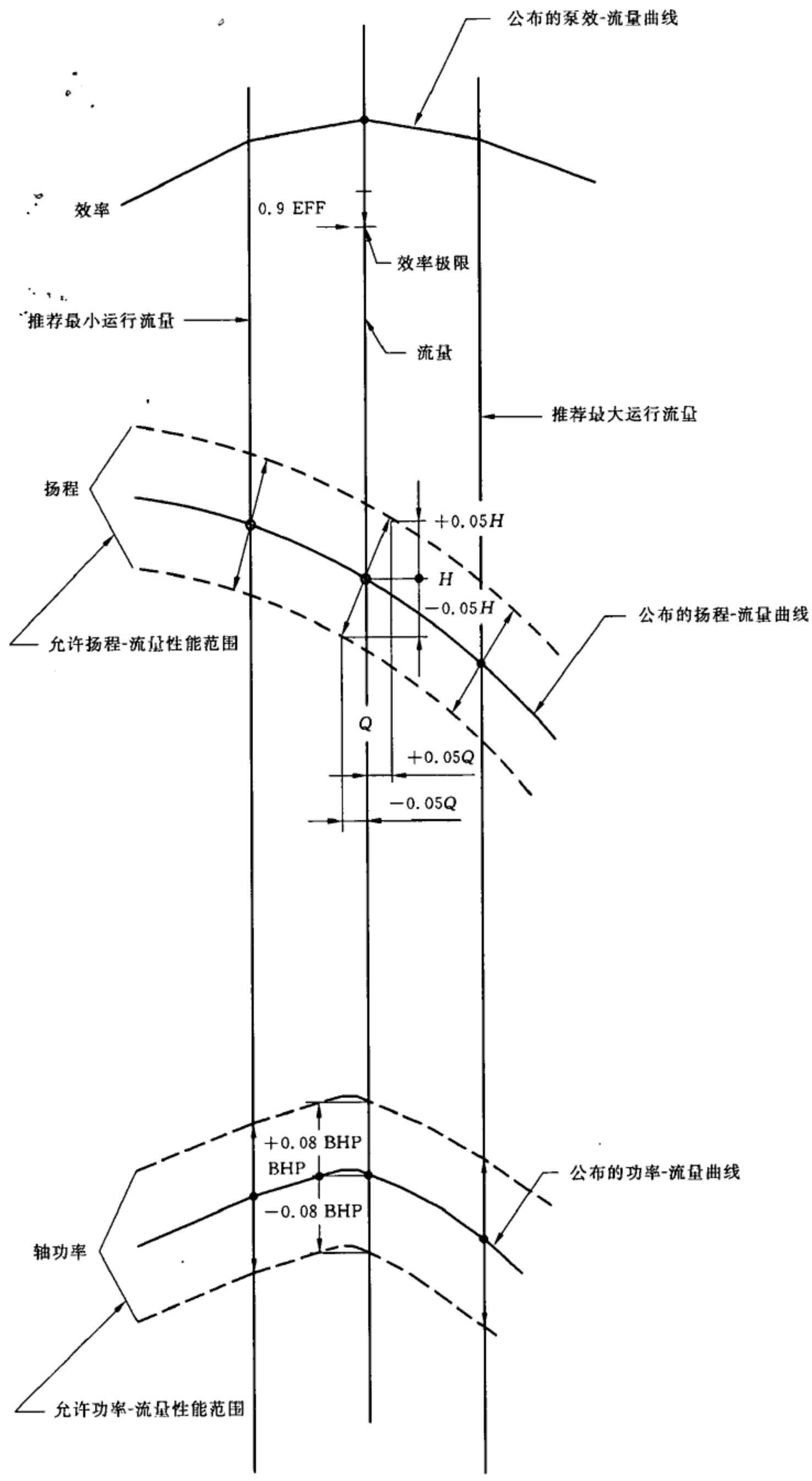


图 12 按特性曲线得出的泵试验验收极限

6.1.5 电缆

6.1.5.1 铠装质量

6.1.5.1.1 测量方法

目力观察铠带搭接处焊口,铠带开裂、脱扣。

6.1.5.1.2 检验结果判定

焊口应平整牢固,无铠带开裂、脱扣为合格。

6.1.5.2 长度

6.1.5.2.1 测量要求

采用电缆计长仪检验电缆长度。

6.1.5.2.2 检验结果判定

符合 5.2.5.8 的规定。

6.1.5.3 电缆外形尺寸

6.1.5.3.1 测量要求

用卡尺测量电缆宽度和厚度。

6.1.5.3.2 检验结果判定

电缆外形尺寸符合表 7 的规定。

6.1.5.4 导体标称直径

6.1.5.4.1 测量要求

采用卡尺或千分尺在电缆裸线距端头不少于 600 mm 处测量。

6.1.5.4.2 测量方法

在 600 mm 的裸线上均匀取 3 点各测量一次(精确到小数点后两位)。

6.1.5.4.3 测量结果计算

计算导体标称直径平均值。

6.1.5.4.4 检验结果判定

导体标称直径符合 5.2.5.13 的规定。

6.1.5.5 绝缘层、护套层厚度

6.1.5.5.1 测量要求

在绝缘层 δ_{ic} 、护套层 δ_{pj} 取试样,用投影仪测量其厚度。

6.1.5.5.2 测量方法

在试样上最薄处测量一点,然后以等距离共测 6 点。

6.1.5.5.3 测量结果计算

计算绝缘层、护套层厚度的平均值 δ_{avi} 、 δ_{avp} 。

6.1.5.5.4 检验结果判定

符合表 20 的规定。

6.1.5.6 绝缘和护套材料机械性能

6.1.5.6.1 测量要求

在成品电缆或原材料上取样,将所取试样制成 5~10 个 I 号或 II 号哑铃片(一般用 I 号试片,见图 13 和图 14)。试片的厚度应为 $0.80 \text{ mm} \leq \delta \leq 2.00 \text{ mm}$ (δ 为试片厚度)。

6.1.5.6.2 测量方法

将制做好的哑铃试片中间印上两条标志线(见图 13 和图 14)。在两标志线之间取三点测试试片厚度,取三点中的最小值。

试片在 $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 下保存 3 h 后进行拉力试验。每个试片应在 5 min 内试验完,试片断裂部位应在标志线之间,且至少应有四个试片。按照不同材料要求,拉伸速度按以下执行:

塑料绝缘材料(特别是聚丙烯):拉伸速度应 ≤ 50 mm/min,一般取 50 mm/min;

丁腈聚氯乙烯复合物材料:拉伸速度一般取 200 mm/min;

乙丙胶绝缘材料:拉伸速度一般取 300 mm/min;

丁腈护套材料:拉伸速度一般取 500 mm/min。

单位为毫米

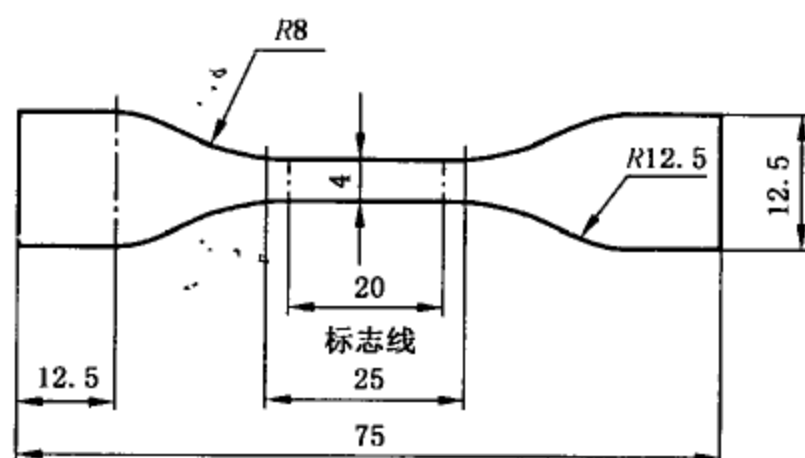


图 13 I 号哑铃试片

单位为毫米

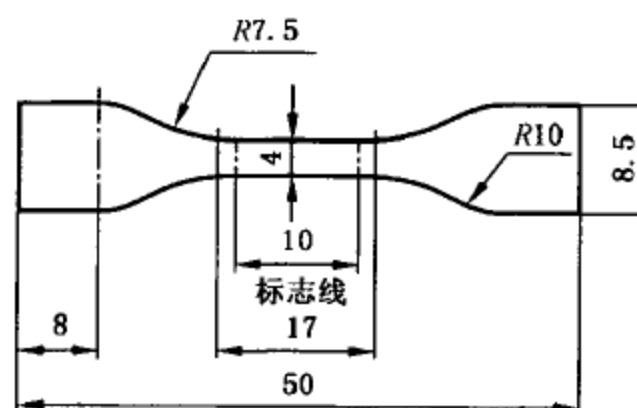


图 14 II 号哑铃试片

6.1.5.6.3 测量结果计算

拉伸强度按式(34)计算。

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad \dots\dots\dots(34)$$

式中:

σ ——电缆的拉伸强度,单位为牛顿每平方米(N/mm²);

F ——试样拉伸至断裂时的负荷,单位为牛顿(N);

S ——试片截面积,单位为平方毫米(mm²)。

断裂伸长率按式(35)计算。

$$\epsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(35)$$

式中:

ϵ ——电缆的断裂伸长率,%;

L_0 ——拉伸前试片标志线间的距离,单位为毫米(mm);

L_1 ——试片断裂时标志线间的距离,单位为毫米(mm)。

注:试样是从成品电缆上取样而制得的,拉伸强度和断裂伸长率两项结果均取中间值;

试样是从原材料上取样而制得的,拉伸强度和断裂伸长率两项结果均取算术平均值。

6.1.5.6.4 验结果判定

绝缘和护套材料机械性能符合 5.2.5.18 的规定。

6.1.5.7 绝缘和护套材料的热老化

6.1.5.7.1 测量要求

按 6.1.5.6.1 进行。

6.1.5.7.2 测量方法

将已测出厚度的试片垂直悬挂在老化箱中,宜根据材料性质(见本标准中的表 13~表 19)按规定的温度老化 168 h。老化后的试片在环境温度下至少存放 16 h,然后做拉力试验。不同材料的试片不应同时放入一个老化箱中老化。

6.1.5.7.3 测量结果计算

6.1.5.7.3.1 拉伸强度变化率按式(36)计算。

$$TS = \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(36)$$

式中:

TS——拉伸强度变化率, %;

σ_0 ——老化前拉伸强度中间值, 单位为牛顿每平方米(N/mm²);

σ_1 ——老化后拉伸强度中间值, 单位为牛顿每平方米(N/mm²)。

6.1.5.7.3.2 断裂伸长率变化率按式(37)计算。

$$EB = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_0}{\epsilon_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots (37)$$

式中:

EB——断裂伸长率变化率, %;

ϵ_0 ——老化前断裂伸长率中间值, %;

ϵ_1 ——老化后断裂伸长率中间值, %。

6.1.5.7.4 检验结果判定

拉伸强度变化率、断裂伸长率变化率符合 5.2.5.18 的规定。

6.1.5.8 绝缘电阻

6.1.5.8.1 测量要求

6.1.5.8.1.1 试样为长样(整盘电缆)。测量应在环境温度 15.6 °C ± 2 °C、空气相对湿度不大于 85% 的室内或水中进行, 并保证试样温度与环境温度平衡。

6.1.5.8.1.2 试样的两个端头剥去绝缘层外的覆盖物(不能损伤绝缘表面)。露出的绝缘部分长度, 在空气中试验应不小于 300 mm; 在水中试验应不小于 350 mm, 并且两个端头露出水面的长度应不小于 500 mm。

6.1.5.8.1.3 露出的绝缘表面应保持干燥和洁净。

6.1.5.8.2 测量方法

采用绝缘电阻测试仪分别测量三相电缆(另外两相与铠带相连)对铠带及相间的绝缘电阻。每相测量后对地放电。

6.1.5.8.3 电缆的最低绝缘电阻值的计算

电缆的最低绝缘电阻值按式(1)计算。

计算出的电缆的最低绝缘电阻值 R 应根据电缆的实际长度换算成兆欧千米(MΩ · km);

电缆绝缘外径(D)按式(2)计算。

6.1.5.8.4 测量结果计算

6.1.5.8.4.1 温度系数指的是温度为 15.6 °C (60 °F) 时的值, 对于现场测试, 应该用温度校正系数将其校正为 15.6 °C (60 °F) 时的值。

不同的绝缘材料体现不同的温度系数, 实际上大多数电绝缘材料的温度系数是 1.03, 表 25 列出了温度系数为 1.03 的温度校正系数, 表中未列出的温度, 其温度校正系数按式(38)计算:

$$K_t = 1.03^{1.8(T-15.6)} \quad \dots\dots\dots (38)$$

式中:

K_t ——测量时温度校正系数, 见表 25;

T ——测试温度, 单位为摄氏度(°C)。

每千米绝缘电阻按式(39)计算:

$$R_i = R_{ii} \cdot L \quad \dots\dots\dots (39)$$

式中:

R_i ——每千米绝缘电阻, 单位为兆欧千米(MΩ · km);

R_{ii} ——实测绝缘电阻, 单位为兆欧(MΩ);

L ——被测电缆的长度, 单位为千米(km)。

6.1.5.8.4.2 换算至 15.6℃时的绝缘电阻按式(40)计算:

$$R_{i15.6} = R_i \frac{K_t}{K_{15.6}} \dots\dots\dots (40)$$

式中:

$R_{i15.6}$ ——温度为 15.6℃时的绝缘电阻,单位为兆欧千米($M\Omega \cdot km$);

R_i ——三相中每千米绝缘电阻最小值,单位为兆欧千米($M\Omega \cdot km$);

K_t ——测量时温度校正系数,见表 25;

$K_{15.6}$ ——温度为 15.6℃时的温度校正系数,见表 25。

6.1.5.8.5 检验结果判定

换算至 15.6℃时的绝缘电阻值不应小于 6.1.5.8.3 计算的电缆最低绝缘电阻值。

表 25 温度校正系数

温度/℃	温度校正系数	温度/℃	温度校正系数
10.0	0.75	21.1	1.35
10.6	0.77	21.7	1.39
11.1	0.79	22.2	1.43
11.7	0.82	22.8	1.47
12.2	0.84	23.3	1.52
12.8	0.87	23.9	1.56
13.3	0.89	24.4	1.61
13.9	0.92	25.0	1.66
14.4	0.94	25.6	1.71
15.0	0.97	26.1	1.76
15.6	1.00	26.7	1.81
16.1	1.03	27.2	1.81
16.7	1.06	27.8	1.92
17.2	1.09	28.3	1.98
17.8	1.13	28.9	2.04
18.3	1.16	29.4	2.10
18.9	1.20	32.2	2.43
19.4	1.23	35.0	2.81
20.0	1.27	37.8	3.26
20.6	1.31	40.6	3.78

注:本表适用于乙丙橡胶绝缘电缆,聚丙烯和交联聚乙烯绝缘电缆也可参考使用。

6.1.5.9 导体直流电阻及不平衡率

6.1.5.9.1 测量要求

6.1.5.9.1.1 试样为长样(整盘电缆,但要确定其长度)。

6.1.5.9.1.2 除去试样两端导电线芯外表面的绝缘、护套或其他覆盖物,防止损伤导体,其长度应大于芯线周长的 2 倍,并将三相线芯连成星点。

6.1.5.9.1.3 测量应在环境温度为 20℃±2℃的空气中进行,并保证环境温度与芯线温度平衡。

6.1.5.9.2 测量方法

6.1.5.9.2.1 采用直流双电桥或微欧计测量,并使电位夹头和电流夹头之间的距离不应小于芯线圆周长的 1.5 倍。

6.1.5.9.2.2 分别测量三相电缆两相间的直流电阻 R_{UV} 、 R_{VW} 、 R_{WU} 。

6.1.5.9.3 测量结果计算

6.1.5.9.3.1 三相电缆单相的直流电阻按式(41)计算:

$$\left. \begin{aligned} R_U + R_V &= R_{UV} \\ R_V + R_W &= R_{VW} \\ R_W + R_U &= R_{WU} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (41)$$

式中：

$R_U、R_V、R_W$ ——三相电缆 U、V、W 各单相的直流电阻，单位为欧姆(Ω)；

$R_{UV}、R_{VW}、R_{WU}$ ——三相电缆 U 与 V、V 与 W、W 与 U 两相间的直流电阻，单位为欧姆(Ω)。

6.1.5.9.3.2 在 $R_U、R_V、R_W$ 中确定 R_{max} 并换算至每千米直流电阻 R ，再按式(42)换算 20℃时单相的直流电阻 R_{20} ，单位为欧姆(Ω)，其中 K_T 是温度校正系数，表 26 规定了在 t ℃时测量导体电阻校正到 20℃时的温度校正系数 K_T 值。

$$R_{20} = R \cdot K_T = \frac{R}{1 + 0.004(\theta - 20)} \dots\dots\dots (42)$$

式中：

R ——每千米直流电阻， $R_{UV}、R_{VW}、R_{WU}$ 中的最大值，单位为欧姆(Ω)；

R_{20} ——换算 20℃时单相的直流电阻，单位为欧姆(Ω)；

θ ——测量时导体温度，单位为摄氏度(℃)。

表 26 导体直流电阻温度校正系数

测量时导体温度 $t/^\circ\text{C}$	温度校正系数	测量时导体温度 $t/^\circ\text{C}$	温度校正系数	测量时导体温度 $t/^\circ\text{C}$	温度校正系数
5	1.064	16	1.016	27	0.973
6	1.059	17	1.012	28	0.969
7	1.055	18	1.008	29	0.965
8	1.050	19	1.004	30	0.962
9	1.046	20	1.000	31	0.958
10	1.042	21	0.996	32	0.954
11	1.037	22	0.992	33	0.951
12	1.033	23	0.988	34	0.947
13	1.029	24	0.984	35	0.943
14	1.025	25	0.980		
15	1.020	26	0.977		

注：表中温度校正系数 K_T 值是根据 20℃电阻温度系数为 0.004/℃计算的。

三相直流电阻不平衡率按式(43)计算：

$$\epsilon_{cR} = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{cav}} \times 100 \dots\dots\dots (43)$$

式中：

ϵ_{cR} ——三相直流电阻不平衡度，%；

R_{max} —— $R_{UV}、R_{VW}、R_{WU}$ 中的最大值，单位为欧姆(Ω)；

R_{min} —— $R_{UV}、R_{VW}、R_{WU}$ 中的最小值，单位为欧姆(Ω)；

R_{cav} —— $R_U、R_V、R_W$ 的平均值，单位为欧姆(Ω)。

6.1.5.9.4 检验结果判定

换算 20℃时单相的直流电阻、三相直流电阻不平衡率符合表 11 及 5.2.5.4 的规定。

6.1.5.10 工频耐压

6.1.5.10.1 测量要求

6.1.5.10.1.1 整盘电缆浸入 20℃±2℃的恒温水中，且保证芯线温度与环境温度平衡。

6.1.5.10.1.2 电缆两端头露出水面长度应不小于 350 mm;带电缆头的电缆,一端接试验电源,电缆头端放在绝缘油槽内,以使其在施加电压时不发生沿其表面闪络放电。

6.1.5.10.1.3 电压波形应接近正弦波。

6.1.5.10.2 测量方法

6.1.5.10.2.1 采用交流耐压试验器,装置内应具有短路速断保护功能,并有可靠的接地。

6.1.5.10.2.2 对三相电缆分别施加表 10 中规定的交流电压,其余两相和铠带相连接,并接地(接线图见图 15)。重复性试验施加为规定电压的 80%。

6.1.5.10.2.3 施压从低于规定电压值的 40%开始,缓慢平稳地升到所规定电压值的 $\pm 3\%$ 为止,持续 5 min;然后降低电压至规定电压的 40%以下再切断电源,禁止在高电压下突然切断电源,以免出现过电压。

6.1.5.10.3 检验结果判定

工频耐压符合 5.2.5.6 的规定。

6.1.5.11 直流耐压

6.1.5.11.1 测量要求

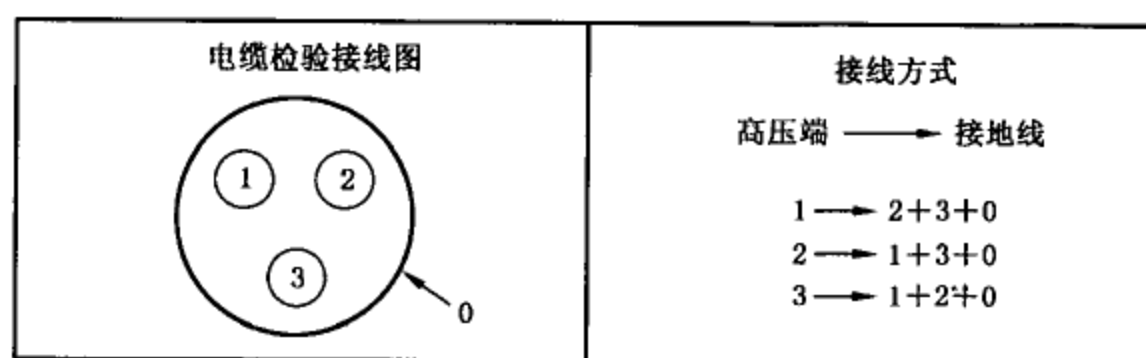
6.1.5.11.1.1 整盘电缆浸入 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温水中或在空气中进行,且保证芯线温度与环境温度平衡。

6.1.5.11.1.2 电缆两端头露出水面长度应不小于 350 mm;带电缆头的电缆,一端接试验电源,电缆头端放在绝缘油槽内,以使其在施加电压时不发生沿其表面闪络放电。

6.1.5.11.2 测量方法

6.1.5.11.2.1 采用直流耐压试验器,装置内应具有短路速断保护功能,并有可靠的接地。

6.1.5.11.2.2 对三相电缆分别施加表 9 中规定的直流电压,其余两相和铠带相连接,并接地(接线图见图 15)。重复性试验施加为规定电压的 80%。



1、2、3——三项电缆芯线;

0——铠带。

图 15 潜油电缆 4 h 高电压检验接线图

6.1.5.11.2.3 施压从低于规定电压值的 40%开始,缓慢平稳地升到所规定电压值的 $\pm 3\%$ 为止,持续 5 min;然后降低电压至规定电压的 40%以下再切断电源,禁止在高电压下突然切断电源,以免出现过电压。

6.1.5.11.3 检验结果判定

直流耐压符合 5.2.5.3 的规定。

6.1.5.12 4 h 高电压

6.1.5.12.1 测量要求

取成品电缆 5 m~10 m,剥去所有外护层,将带绝缘的芯线浸入水中 1 h 以上,两端伸出水面长度不小于 350 mm,露出不带绝缘层的芯线长度应不小于 50 mm。

6.1.5.12.2 测量方法

6.1.5.12.2.1 采用交流耐压试验器。

6.1.5.12.2.2 电缆线芯一端接试验装置的高压输出端,试验装置的接地端接电极放入水槽中(接线图

见图 16),所施加电压为,时间 4 h。

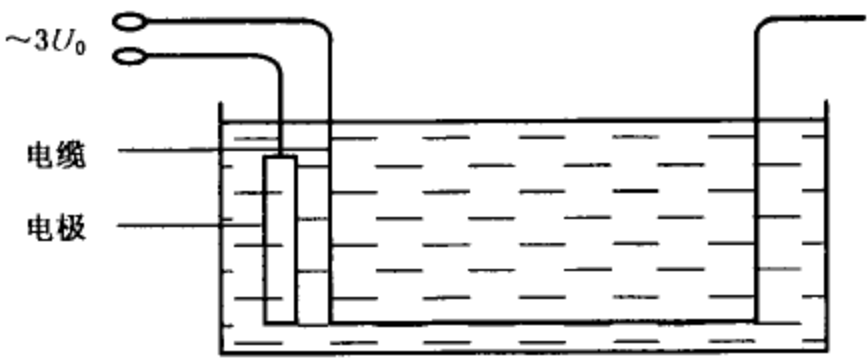


图 16 潜油电缆交流耐压检验接线图

6.1.5.12.3 检验结果判定

4 h 高电压符合 5.2.5.17 中的规定。

6.1.5.13 直流泄漏

6.1.5.13.1 测量要求

6.1.5.13.1.1 试样长度不应少于 300 m,被测电缆两端去掉外护层,露出绝缘层 350 mm;再去掉 100 mm 绝缘层,露出芯线并处理干净。

6.1.5.13.1.2 测量应在环境温度为 20℃±2℃的空气中进行,并保证环境温度与芯线温度平衡。

6.1.5.13.2 测量方法

6.1.5.13.2.1 采用直流泄漏电流测试仪,三相分别对铠带进行测量(接线图见图 17)。

6.1.5.13.2.2 试验电压见表 9。施压时要均匀平稳,升压至最高电压时间不应少于 10 s,达到电压规定值后持续 5 min,记录泄漏电流。降压时要缓慢平稳。

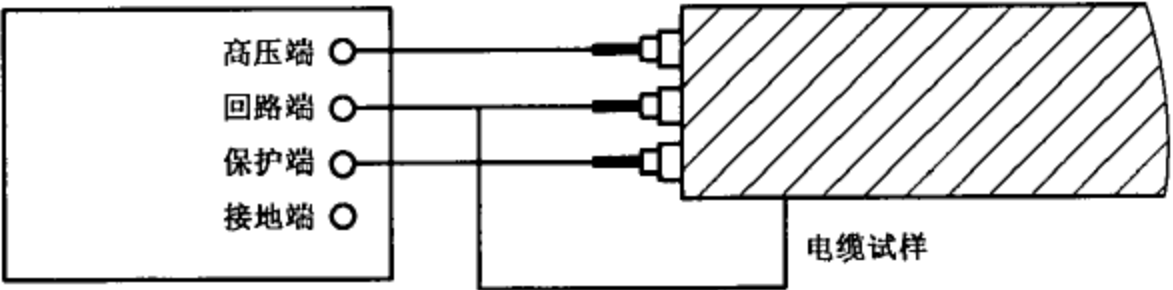


图 17 潜油电缆直流泄漏检验接线图

6.1.5.13.3 标准的直流泄漏电流值的计算

标准的直流泄漏电流值是在 15.6℃时,根据相应的试验电压与电缆的最低绝缘电阻值之比,按式(44)计算:

$$I_B = \frac{U}{R} \dots\dots\dots (44)$$

式中:

I_B ——标准的直流泄漏电流,单位为微安每千米($\mu A/km$);

U ——试验电压,单位为伏特(V);

6.1.5.13.4 测量结果计算

换算至每千米泄漏电流按式(45)计算:

$$I'_b = \frac{I_{bt}}{L} \dots\dots\dots (45)$$

式中:

I'_b ——每千米泄漏电流,单位为微安每千米($\mu A/km$);

I_{bt} ——实测泄漏电流,单位为微安(μA);

L ——被测电缆长度,单位为千米(km)。

6.1.5.13.5 换算至 15.6℃时每千米泄漏电流按式(46)计算:

$$I'_{bi} = \frac{I'_b}{K_i}$$

.....(46)

式中:
 I'_{bi} ——15.6℃时每千米泄漏电流,单位为微安每千米($\mu\text{A}/\text{km}$)。

6.1.5.13.6 检验结果判定

15.6℃时每千米泄漏电流符合 5.2.5.3 中的规定。

6.1.5.14 高温高压试验

6.1.5.14.1 测量要求

6.1.5.14.1.1 试验电缆为短样时,采用高温高压专用装置。在装置容器内按 1:1 比例加入清水、柴油或汽轮机油 HU-20、HU-30。电缆两端密封,伸出试验装置长度应不小于 250 mm,芯线裸露长度应不小于 50 mm。

6.1.5.14.1.2 试验电缆为整盘时,将电缆放置 90℃清水、常压容器内。

6.1.5.14.2 测量方法

6.1.5.14.2.1 短样电缆

- a) 短样在未放入试验装置之前应测量并记录其对地绝缘电阻、温度、湿度;放入试验装置密封后在加温加压前再测量并记录其对地绝缘电阻、温度;
- b) 试验温度、压力应符合表 27 的规定;
- c) 试验装置容器内加压、加温,至规定值并恒定 4 h;每隔 1 h 用兆欧表(2 500 V)测量并记录对地绝缘电阻、温度、压力值。

6.1.5.14.2.2 整盘电缆

- a) 在电缆未放入水中之前测量其对地及相间绝缘电阻并记录温度、湿度;
- b) 电缆放入水中未加温之前测量其对地及相间绝缘电阻并记录水温;
- c) 电缆在加温至 90℃时测量其对地及相间绝缘电阻;
- d) 恒温 90℃,2 h 后再测量其对地及相间绝缘电阻。

表 27 电缆试验温度、压力

井下环境 温度/ ℃	电缆导体长期 工作温度/ ℃	容器内 温度/ ℃	容器内 压力/ MPa	试验持续时间/ h	
				一般检验	仲裁检验
90 以下	≤90	90±5	10	4	24
90	≤120	120±5	20		
120	≤150	150±5	20		
150	≤180	180±5	20		
180	≤204	204±5	20		

6.1.5.14.3 测量结果计算

整盘电缆按 6.1.5.8.4 进行。

6.1.5.14.4 检验结果判定

最后一次测量的对地及相间绝缘电阻符合 5.2.5.16 的规定。

6.1.6 电缆头

6.1.6.1 密封性能

6.1.6.1.1 测量要求

带引接电缆的电缆头与特制的密封接头相连,浸入汽轮机油 HU-20、HU-30、硅油或电机油中,加温至规定的工作温度。

6.1.6.1.2 测量方法

在特制的密封接头处用干燥气体加压 0.35 MPa, 维持 5 min, 检查是否有泄漏现象。

6.1.6.1.3 检验结果判定

电缆头密封性能符合 5.2.5.12 的规定。

6.1.6.2 电缆头工频耐压

6.1.6.2.1 测量要求

带引接电缆的电缆头其引接电缆长度应不小于 500 mm。电缆头端浸入绝缘油中, 另一端分别在每相与其他两相和铠带间施加 $2U_N + 1\,000$ V 试验电压。重复性试验为规定试验电压的 80% (U_N 为电机最高的额定电压)。

6.1.6.2.2 测量方法

按 6.1.5.10.2 进行。

6.1.6.2.3 检验结果判定

电缆头工频耐压符合 5.2.5.14 的规定。

6.1.6.3 电缆头直流耐压

6.1.6.3.1 测量要求

带引接电缆的电缆头其引接电缆长度应不小于 500 mm。电缆头可在空气中或浸在水中进行, 另一端分别在每相与其他两相和铠带间施加表 12 规定的直流电压。重复性试验为规定试验电压的 80%。

6.1.6.3.2 测量方法

按 6.1.5.11.2 进行。

6.1.6.3.3 检验结果判定

电缆头直流耐压符合 5.2.5.15 的规定。

6.1.6.4 电缆头高温高压

6.1.6.4.1 测量要求

6.1.6.4.1.1 按 6.1.5.14.1.1 进行。

6.1.6.4.1.2 带引接电缆的电缆头与特制的密封接头相连, 放在高温高压专用试验装置的容器内, 另一端伸出高温高压试验装置且保证端部密封。其伸出长度应不小于 250 mm, 芯线裸露长度应不小于 50 mm。

6.1.6.4.2 测量方法

按 6.1.5.14.2.1 进行。

6.1.6.4.3 检验结果判定

电缆头高温高压符合 5.2.5.16 的规定。

6.1.7 变压器

6.1.7.1 绕组绝缘电阻

6.1.7.1.1 测量要求

测量应在温度 $10\,^{\circ}\text{C} \sim 40\,^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度小于 85% 进行, 提供实测值。

6.1.7.1.2 测量方法

采用 1.5 级以上 2 500 V 兆欧表分别测量三绕组三相对地绝缘电阻。

6.1.7.1.3 检验结果判定

变压器绕组绝缘电阻符合表 21 的规定。

6.1.7.2 直流电阻

6.1.7.2.1 测量要求

高、低压绕组和中压的各分接绕组均应测量直流电阻, 对于星形连接有中性点的应测量中性点对一

个线端电阻。

6.1.7.2.2 测量方法

采用直流电桥分别测量三绕组的线电阻并记录与绕组温度相平衡的实际温度。

6.1.7.2.3 测量结果

三相直流电阻不平衡率按式(47)计算。

$$\epsilon_{Tr} = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\text{avg}}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(47)$$

式中:

ϵ_{Tr} ——三相直流电阻不平衡率, %;

R_{avg} ——高、中、低压绕组三相直流线电阻平均值, 单位为欧姆(Ω);

R_{\max} ——分别确定高、低、中压绕组三相中最大一相直流电阻, 单位为欧姆(Ω);

R_{\min} ——分别确定高、低、中压绕组三相中最小一相直流电阻, 单位为欧姆(Ω)。

6.1.7.2.4 检验结果判定

变压器三相直流电阻不平衡率符合表 21 的规定。

6.1.7.3 电压比测量及电压矢量关系校定

6.1.7.3.1 测量要求

高压绕组对中压各分接下绕组、高压绕组对低压绕组均应测量电压比。

6.1.7.3.2 测量方法

采用电压比电桥分别对各绕组间的电压比进行测量, 并记录测量值, 同时验证连接组标号是否正确。

6.1.7.3.3 检验结果判定

变压器电压变比偏差符合表 21 的规定。

6.1.7.4 外施耐压

6.1.7.4.1 测量要求

外施试验电压应符合表 28 的规定, 其频率在 45 Hz~55 Hz 之间。重复性试验按表 28 规定电压的 85% 进行。

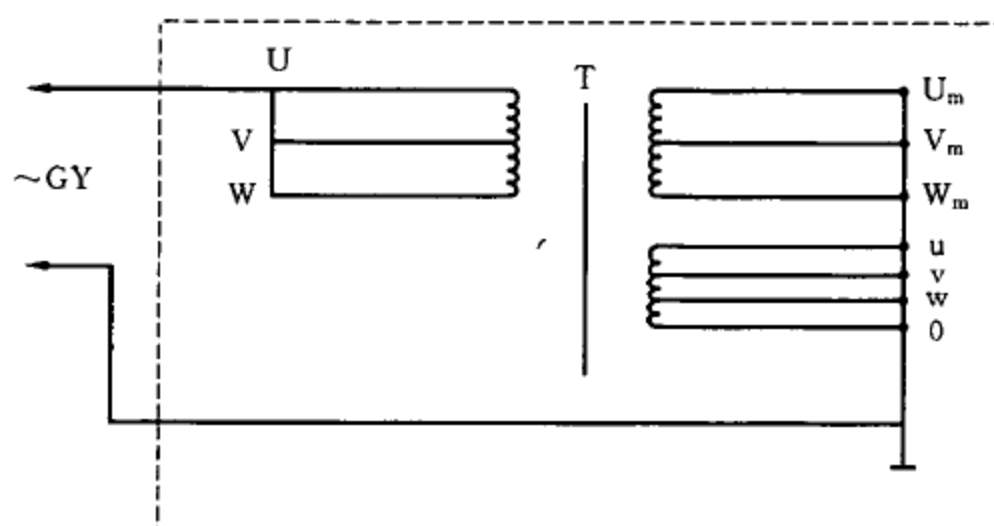
表 28 变压器外施试验电压

单位为千伏

绕组工作电压	外施最高电压
0.38	5
3	18
6	25
10	35
15	45
20	55
35	85

6.1.7.4.2 测量方法

采用交流耐压试验装置, 装置内应设短路保护功能, 分别在高、中、低压绕组从低于规定电压的 1/3 开始缓慢施压至规定值, 持续 1 min; 然后再将电压降至零, 不参加试验的绕组均应接地。接线方法见图 18。



GY——工频耐压实验装置；

T——被试变压器。

图 18 外施耐压试验接线图

6.1.7.4.3 检验结果判定

试验过程中变压器无放电声、电压不突然下降、电流指示不波动为合格。

如果试验过程中仅有放电声，但电流指示比较平稳，重复试验后放电现象消失，亦为合格。

6.1.7.5 感应耐压

6.1.7.5.1 测量要求

6.1.7.5.1.1 在低压绕组施加 100 Hz~200 Hz、2 倍的额定电压，其他绕组开路，接地可靠。

6.1.7.5.1.2 感应耐压应在外施耐压后进行。

6.1.7.5.2 测量方法

采用绕线式异步电动机反拖或中频发电机组对低压绕组施加电压至规定值。持续时间按式(48)计算：

$$T = \frac{6\,000}{f} \quad \dots\dots\dots (48)$$

式中：

f ——实测电源频率，单位为赫兹(Hz)；

T ——试验持续时间，单位为秒(s)。

6.1.7.5.3 检验结果判定

感应耐压按 6.1.7.4.3 进行。

6.1.7.6 空载损耗与空载电流

6.1.7.6.1 测量要求

在低压绕组或中压绕组的主分接施加额定频率的额定电压，其他绕组开路，器身接地可靠。

6.1.7.6.2 测量方法

首先慢慢给绕组施压至额定值为止，施压以三相线电压的平均值为准，记录三相电压有效值和平均值、三相电流、功率、频率。

当波形畸变，即平均值电压表与有效值电压表读数不同时，应以平均值电压表为准，测量空载损耗、空载电流和电压，然后将电压降至零。

6.1.7.6.3 测量结果计算

当 $U' = U$ 时，空载损耗 P_0 ，单位为瓦特(W)；不需修正即： $P_0 = P_{0m}$ ；

当 $U' \neq U$ 时，空载损耗需要按式(49)修正。

$$P_0 = P_{0m} / (P_{bo} + K_U P_{V0}) \quad \dots\dots\dots (49)$$

式中：

$$K_U = (U/U')^2$$

U' ——未带试品前测量电压平均值 U_1 时的有效电压表的线电压,单位为伏特(V);

U ——带试品测量 U_1 时的有效电压表的线电压,单位为伏特(V);

P_{0m} ——实测空载损耗,单位为瓦特(W);

P_{ho} ——磁滞损耗与总损耗之比,见表 29;

P_{vo} ——涡流损耗与总损耗之比,见表 29。

表 29 变压器磁滞损耗、涡流损耗与总损耗之比

材料	P_{ho}	P_{vo}
取向硅钢片	0.5	0.5
非取向硅钢片	0.7	0.3

6.1.7.6.4 检验结果判定

6.1.7.6.4.1 空载电流

以平均值电压表的有效值施加额定电压所测得的三相电流的算术平均值 I_0 与额定电流 I_N 的百分数表示,即:

$$\frac{I_0}{I_N} \times 100\%$$

空载电流符合表 21 规定。

6.1.7.6.4.2 空载损耗

空载损耗符合表 21 规定。

6.1.7.7 负载损耗与阻抗电压

6.1.7.7.1 测量要求

采用短路法测量负载损耗与阻抗电压。高压绕组施压,中压绕组短路(在主分接下进行),低压绕组开路,器身接地可靠。

6.1.7.7.2 测量方法

高压从零开始施压至中压绕组达到额定电流(三相电流算术平均值)为止。记录三相电压、三相电流、功率、频率,然后再将电压降至零。

6.1.7.7.3 检验结果判定

6.1.7.7.3.1 阻抗电压

阻抗电压 ΔU 为所测三相电压算术平均值 U_K 与中压绕组额定电压(主分接) U_N 之比的百分数,即:

$$\Delta U = \frac{U_K}{U_N} \times 100$$

阻抗电压符合表 21 规定。

6.1.7.7.3.2 负载损耗

负载损耗符合表 21 规定。

6.1.7.8 温升试验

6.1.7.8.1 测量要求

6.1.7.8.1.1 被试变压器周围 2 m~3 m 处不得有墙壁、热源、杂物堆积及外来辐射气流等干扰。室内自然通风,但不应引起显著的空气回流。

6.1.7.8.1.2 采用短路法进行温升试验,被试变压器一侧短路,另一侧施压(在主分接下进行)。

6.1.7.8.1.3 试验环境温度 10℃~40℃。

6.1.7.8.1.4 监视油顶层温度,散热器出口温度(称监视部位温升)。在不少于 1 000 mL 的油杯中放入温度计,测量环境温度,放置时间不少于 2 h。

6.1.7.8.2 测量方法

6.1.7.8.2.1 采用直流电桥或微欧计分别测量三绕组的线电阻并记录环境温度。应使环境温度与绕组温度平衡。

6.1.7.8.2.2 一侧绕组施压(一般高压绕组施压)至输入功率等于最大总损耗时为止。为了缩短试验时间,开始时可以提高输入功率($1.5I_N$),使温度迅速提高,运行到油顶层温升的预定值的70%时降低功率到输入功率等于总损耗(额定发热状态),并维持输入功率恒定。

6.1.7.8.2.3 每15 min记录一次三相电压、电流、功率、油顶层温度、散热器出口温度。当监视部位温升连续4 h每小时温升小于1 K时,温升即达到稳定状态(冷却介质的温度以最后1/4时程里、相等的时间间隔内的温度的平均值)。降压断电测量绕组热态直流电阻。测量绕组热电阻的第一点时间不大于2 min,每隔60 s测一点,共测10~12点。冷热直流电阻应用同一电桥。

6.1.7.8.2.4 重复送电维持额定发热状态运行1 h后降压断电,测量另一侧绕组电阻。

6.1.7.8.3 测量结果计算

6.1.7.8.3.1 绘制 $\lg R = f(t)$ 曲线,见图19,确定断电瞬间绕组热态直流电阻 R_2 。

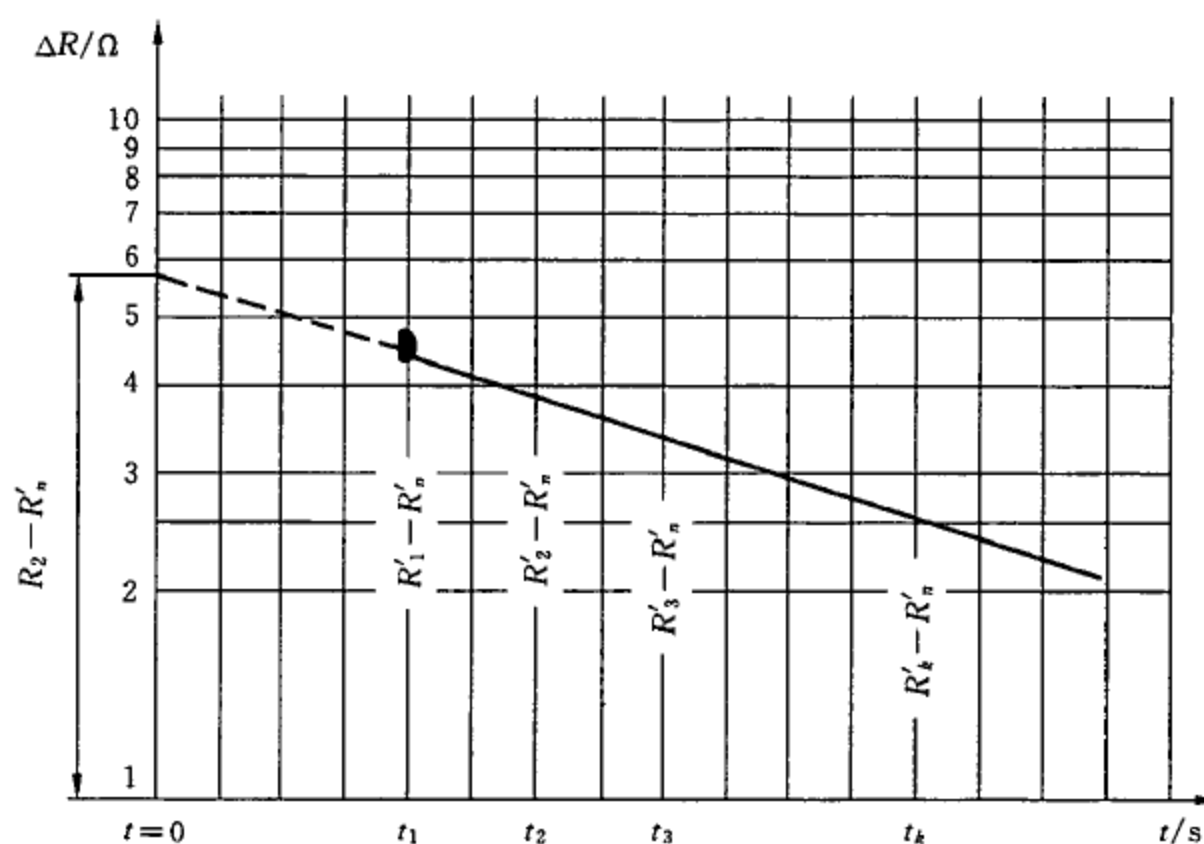


图19 时间和热电阻差值的曲线

6.1.7.8.3.2 油顶层温升 τ_1 ,单位为开尔文(K);按式(50)计算:

$$\tau_1 = \theta_1 - \theta_{02} \dots\dots\dots (50)$$

式中:

θ_1 ——总损耗下温升稳定后的油顶层温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

θ_{02} ——测热电阻时冷却介质的温度取温升后1/4时程各测试点的冷却介质温度的平均值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

6.1.7.8.3.3 绕组平均温升 τ_2 ,单位为开尔文(K);按式(51)计算:

$$\tau_2 = \frac{R_2}{R_1}(K_{\theta} + \theta_{01}) - (K_{\theta} + \theta'_{02}) + \frac{\tau_1 - \tau'_1}{K_{\theta}} \dots\dots\dots (51)$$

式中:

R_1 ——绕组冷态直流电阻,单位为欧姆(Ω);

R_2 ——断电时从曲线上查得的热态绕组直流电阻,单位为欧姆(Ω);

θ_{01} ——测量绕组冷态电阻时的绕组温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

τ'_1 ——额定电流下停电测量前油顶层温升, $\tau'_1 = \theta'_{02} - \theta_{01}$,单位为开尔文(K);

θ'_{02} ——额定电流下停电测量前油顶层温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

K_{θ} ——平均油温系数, $K_{\theta} = \frac{\theta_1}{\theta_p}$;

θ_p ——总损耗下的油平均温度,单位为摄氏度(°C)。

6.1.7.8.4 检验结果判定

温升符合表 21 的规定。

6.1.7.9 变压器油击穿电压

6.1.7.9.1 测量要求

用干净、干燥油杯在变压器放油孔取样 800 mL。取样时应将放油孔处理干净,防止脏物落入。

6.1.7.9.2 测量方法

6.1.7.9.2.1 按 6.1.2.11.2 进行。

6.1.7.9.2.2 采用油耐压试验器对变压器油进行六次电压击穿检验,每次记录电压击穿值。

6.1.7.9.3 测量结果计算

以六次击穿电压的算术平均值为击穿电压。

6.1.7.9.4 检验结果判定

变压器油击穿符合表 21 的规定。

6.1.7.10 密封性能

6.1.7.10.1 测量要求

变压器箱盖或贮油柜上连接一个气压表,通过贮油柜放气塞输入干燥气体。

6.1.7.10.2 测量方法

变压器油箱及贮油柜施加 0.05 MPa 干燥气体,恒压 24 h。

6.1.7.10.3 检验结果判定

在施加压力期间,无泄漏。

6.1.8 定频控制柜

6.1.8.1 主电路绝缘电阻

6.1.8.1.1 测量要求

6.1.8.1.1.1 测量应在温度 10 °C~40 °C、相对湿度小于 85% 进行,提供实测值。

6.1.8.1.1.2 拆除与主电路有关的控制电路、控制变压器、电压互感器、电流互感器二次接线并短接互感器二次回路,并应有可靠接地线。

6.1.8.1.2 测量方法

采用 1 000 V 兆欧表分别测量主电路相对地绝缘电阻并记录绝缘电阻值。

6.1.8.1.3 检验结果判定

控制柜主电路绝缘电阻符合 5.2.7.1.5 的规定。

6.1.8.2 控制电路绝缘电阻

6.1.8.2.1 测量要求

6.1.8.2.1.1 测量应在温度 10 °C~40 °C、相对湿度小于 85% 进行,提供实测值。

6.1.8.2.1.2 拆除与 PCC 控制中心有关的线路、电压互感器、电流互感器,并应有可靠接地线。

6.1.8.2.2 测量方法

采用 500 V 兆欧表测量控制电路对地绝缘电阻并记录绝缘电阻值。

6.1.8.2.3 检验结果判定

控制柜控制电路绝缘电阻符合 5.2.7.1.6 的规定。

6.1.8.3 主电路工频耐压

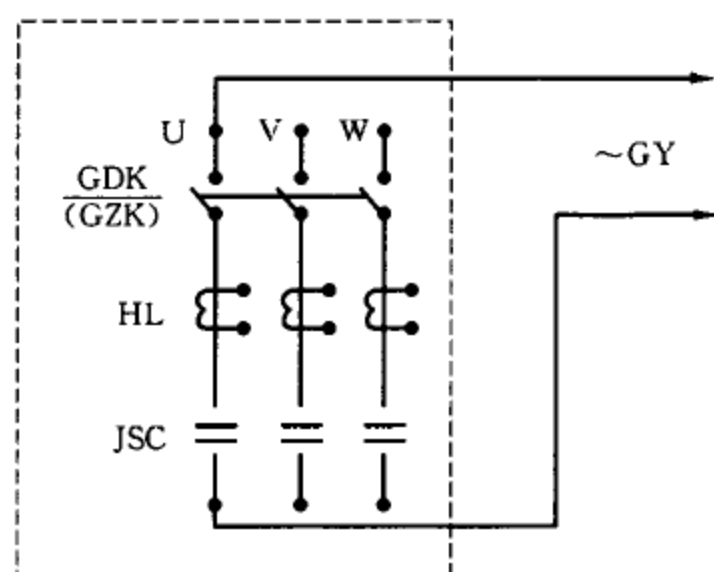
6.1.8.3.1 测量要求

6.1.8.3.1.1 拆除与主电路有关的控制电路、控制变压器、电压互感器、电流互感器二次接线并短接电

流互感器二次回路。

6.1.8.3.1.2 试验电源的电压应接近正弦波,频率在 45 Hz~62 Hz 之间。

6.1.8.3.1.3 测量接线方法见图 20。



GDK(GZK)——高压刀开关或高压自动开关;

HL——电流互感器;

JSC——真空接触器;

GY——工频耐压实验。

图 20 定频控制柜主电路工频耐压测量图

6.1.8.3.2 测量方法

6.1.8.3.2.1 分别对主电路三相进线与接触器出线之间进行测量。

6.1.8.3.2.2 施加试验电压从小于 $1/3$ 规定试验电压开始,逐步升至规定值,试验结束后,逐渐降压至零,然后切断电源。试验电压为 $2U_N + 1\,000\text{ V}$ (U_N 为控制柜额定工作电压, V),并在该值下持续 1 min。重复性试验为规定试验电压的 80%。

6.1.8.3.3 检验结果判定

控制柜主电路工频耐压符合 5.2.7.1.4 的规定。

6.1.8.4 控制电路工频耐压

6.1.8.4.1 测量要求

测量应在温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度小于 85% 进行,提供实测值。

6.1.8.4.2 测量方法

按 6.1.8.3.2.2 进行 (U_N 为控制电路额定电压)。

6.1.8.4.3 检验结果判定

控制柜控制电路工频耐压符合 5.2.7.1.4 的规定。

6.1.8.5 模拟运行

6.1.8.5.1 测量要求

模拟运行,以试验控制柜各项功能。

6.1.8.5.2 测量方法

6.1.8.5.2.1 通入额定电流 I_N ,试验三相电流最大显示误差。

6.1.8.5.2.2 设定过载电流和过载动作时间。通入过载电流,检验中心控制器过载保护和延时功能。过载停机时实测电流值与设定值的误差应 $\leq \pm 2.5\%$,延时时间为 $0 \sim 10\text{ s}$ 。

6.1.8.5.2.3 设定欠载电流和欠载动作时间。通入欠载电流检验中心控制器欠载保护和延时功能。欠载停机时实测电流值与设定值的误差应 $\leq \pm 2.5\%$,延时时间为 $0 \sim 60\text{ s}$ 。

6.1.8.5.2.4 断开三相电流的任意一相,检验中心控制器单相保护功能。

6.1.8.5.2.5 设定欠载延时自动启动时间 T_s ,检验在设定的欠载延时时间内自动启动功能。测试值在 $(T_s \pm 2)\text{ min}$ 之内为合格。

6.1.8.5.3 测量结果计算

三相电流显示误差按式(52)计算:

$$\gamma = \frac{|I - I'|}{I} \times 100 \quad \dots\dots\dots(52)$$

式中:

γ ——三相电流显示误差, %;

I ——电流标准值, 单位为安培(A);

I' ——与标准值相差最大的一相电流值, 单位为安培(A)。

6.1.8.5.4 检验结果判定

6.1.8.5.4.1 各项功能按设定值动作。

6.1.8.5.4.2 控制柜三相电流显示误差符合 5.2.7.1.7 的规定。

6.1.9 变频控制柜

变频控制柜的测量见 GB/T 12668.1、GB/T 12668.2、GB 12668.3、GB/T 12668.4。

6.1.10 接线盒

6.1.10.1 外观检查

应符合 5.2.8.4、5.2.8.6、5.2.8.7、5.2.8.8、5.2.8.9 的要求。

6.1.10.2 接线柱之间及对地绝缘电阻

6.1.10.2.1 测量要求

测量应在温度 10℃~40℃、相对湿度小于 85% 进行, 提供实测值。

6.1.10.2.2 测量方法

采用 2 500 V、指示量限不低于 1 000 MΩ 的兆欧表测量接线柱之间相对地绝缘电阻并记录绝缘电阻值。

6.1.10.2.3 检验结果判定

接线盒接线柱之间及对地绝缘电阻符合 5.2.8.5 的规定。

6.1.10.3 电气间隙

接线盒不同电位的裸露导电部分之间的电气间隙应符合表 30 的规定。

表 30 接线盒不同电位的裸露导电部分之间的电气间隙

工作电压 U / V	最小电气间隙/ mm
$275 < U \leq 420$	6
$420 < U \leq 550$	8
$550 < U \leq 750$	10
$750 < U \leq 1\,100$	14
$1\,100 < U \leq 2\,200$	30
$2\,200 < U \leq 3\,300$	36
$3\,300 < U \leq 4\,200$	44
$4\,200 < U \leq 5\,500$	50

6.2 检验规则

潜油电泵检验合格后方可出厂。

6.3 出厂检验

6.3.1 电机

a) 绕组在实际冷状态下直流电阻的测定及三相直流电阻不平衡率的计算;

b) 绕组对地绝缘电阻的测定;

- c) 空载试验;
- d) 转子滑行时间的测定;
- e) 润滑油耐电压试验。

6.3.2 保护器

- a) 动态运行试验;
- b) 润滑油耐电压试验。

6.3.3 吸入及处理装置

与机组配套试验。

6.3.4 泵

泵工作范围内的扬程、流量的测定及轴功率、泵效的计算。

6.3.5 电缆

- a) 外观检查;
- b) 电缆长度;
- c) 实际冷状态下直流电阻的测定及三相直流电阻不平衡率的计算;
- d) 电缆线芯对地和相间绝缘电阻的测定;
- e) 直流耐压及泄漏电流试验;
- f) 电缆头密封试验。

6.3.6 变压器

- a) 外观检验;
- b) 线圈直流电阻的测定;
- c) 绝缘电阻的测定;
- d) 电压比测量及电压矢量关系校定;
- e) 绝缘油击穿电压试验;
- f) 外施电压试验;
- g) 感应电压试验;
- h) 空载损耗与空载电流试验;
- i) 负载损耗与阻抗电压试验;
- j) 变压器的密封试验。

6.3.7 控制柜

- a) 外观检查;
- b) 绝缘电阻的测定;
- c) 模拟运行试验。

6.3.8 接线盒

- a) 外观检查;
- b) 绝缘电阻的测定;
- c) 电气间隙检查。

6.4 型式检验前提

凡有下列情况之一者,应进行型式检验:

- a) 新产品投产前定型鉴定时;
- b) 正常生产后,如结构、材料、工艺等有重大改变足以引起某些性能发生变化时;
- c) 当出厂检验结果与以前进行型式检验结果发生不可容许的偏差时;
- d) 长期停产恢复生产时。

6.5 型式检验项目

型式检验项目包括全部出厂检验项目再加试以下项目。

6.5.1 电机

- a) 超速试验；
- b) 空载试验；
- c) 堵转试验；
- d) 温升试验；
- e) 最大转矩试验；
- f) 效率、功率因数及转差率的测定；
- g) 振动测试。

6.5.2 保护器

振动测试。

6.5.3 吸入及处理装置

分离器及气体处理器的振动测试。

6.5.4 泵

振动测试。

6.5.5 电缆

- a) 动力电缆高温高压试验；
- b) 动力电缆绝缘层、护套层机械性能试验；
- c) 动力电缆 4 h 高电压试验；
- d) 动力电缆 50 Hz 耐电压试验；
- e) 动力电缆芯线外径的检测；
- f) 动力电缆绝缘层、护套层厚度的检测；
- g) 电缆头高温高压试验；
- h) 电缆头耐电压试验；
- i) 电缆头工作温度下密封试验。

6.5.6 变压器

温升试验。

6.5.7 控制柜

50 Hz 耐电压试验。

6.5.8 抽样

潜油电泵型式检验抽样采用随机抽样。

7 标识、防护、运输和储存

7.1 标识

电机、保护器、吸入及处理装置、泵、电缆、变压器、控制柜应打印标记及铭牌，铭牌至少标明以下项目。

7.1.1 电机铭牌

- a) 产品名称及型号；
- b) 执行标准代号；
- c) 额定功率；
- d) 额定频率；
- e) 额定电压；

- f) 额定电流;
- g) 额定转速;
- h) 出厂日期和产品出厂编号;
- i) 质量;
- j) 制造厂名称。

7.1.2 保护器铭牌

- a) 产品名称及型号;
- b) 执行标准代号;
- c) 出厂日期和产品出厂编号;
- d) 质量;
- e) 制造厂名称。

7.1.3 吸入及处理装置铭牌

- a) 产品名称及型号;
- b) 执行标准代号;
- c) 出厂日期和产品出厂编号;
- d) 质量;
- e) 制造厂名称。

7.1.4 泵铭牌

- a) 产品名称及型号;
- b) 执行标准代号;
- c) 额定排量;
- d) 额定扬程;
- e) 出厂日期和产品出厂编号;
- f) 质量;
- g) 制造厂名称。

7.1.5 电缆铭牌

- a) 产品名称及型号;
- b) 执行标准代号;
- c) 长度;
- d) 质量;
- e) 制造厂名称;
- f) 出厂日期和产品出厂编号。

7.1.6 变压器铭牌

- a) 产品名称及型号;
- b) 执行标准代号;
- c) 额定容量;
- d) 一次端工作电压及电流;
- e) 二次端工作电压及电流;
- f) 附加绕组工作电压及电流;
- g) 出厂日期和产品出厂编号;
- h) 质量;
- i) 制造厂名称。

7.1.7 控制柜铭牌

- a) 产品名称及型号;
- b) 执行标准代号;
- c) 额定工作电压;
- d) 额定工作电流;
- e) 出厂日期和产品出厂编号;
- f) 质量;
- g) 制造厂名称。

7.2 防护

7.2.1 电机、保护器、泵、吸入及处理装置、变压器、控制柜表面应喷涂防锈漆或其他防腐蚀处理。

7.2.2 电机、保护器、吸入及处理装置、泵检验合格后,应分别置于铁包装箱内。箱体外表面应有吊装标记及机组首尾标记。箱内应有足够的支承块,当电机或泵长度超过 5 m 时,箱内至少放 4 对支承块。

7.2.3 变压器、控制柜均应用带底座的木包装箱。

7.2.4 电缆按要求绕在钢质电缆滚筒上,电缆外层与滚筒的外缘至少有 100 mm 距离,外层加包装保护。

7.2.5 随机文件应封存在塑料袋内,并放入包装箱。随机文件包括:

- a) 装箱单;
- b) 产品合格证;
- c) 产品使用说明书。

7.2.6 包装箱外表面明显位置按 GB/T 191 标注图示,并作如下标志:

- a) 制造厂名称及厂址;
- b) 产品名称及型号;
- c) 出厂编号;
- d) 出厂日期;
- e) 质量;
- f) 收货单位及名称;
- g) 发货站;
- h) 到货站;
- i) 包装外型尺寸。

7.3 运输

7.3.1 电机、保护器、吸入及处理装置、泵

运输车应有足够的长度,以支撑整个包装箱。运输时包装箱应水平放置,并固定好。

7.3.2 电缆

电缆头应牢固地固定在电缆滚筒上,电缆滚筒应固定在运输车上,不应滚动。电缆滚筒中心线应与地面保持水平。

7.3.3 变压器、控制柜

应固定在运输车上,防止移动、翻倒或过度震动。

7.4 储存

7.4.1 电机、保护器内应充满电机油。

7.4.2 泵、吸入及处理装置内应做防锈处理。

7.4.3 电缆头必须有带密封圈的护盖,并牢固地固定在电缆滚筒内。

7.4.4 电缆滚筒上电缆的每端应捆牢,以保护电缆端部。电缆的裸露端应用适当的材料密封,以防止电缆受潮。

7.4.5 控制柜不得露天放置。

7.4.6 潜油电泵在储存 12 个月以上时,使用前应按规定进行复验。

附录 A

(资料性附录)

常规潜油电泵机组最大轴向投影尺寸计算

常规潜油电泵机组最大轴向投影尺寸计算方法(电缆卡子厚度不计)如图 A.1 和式(A.1)所示。

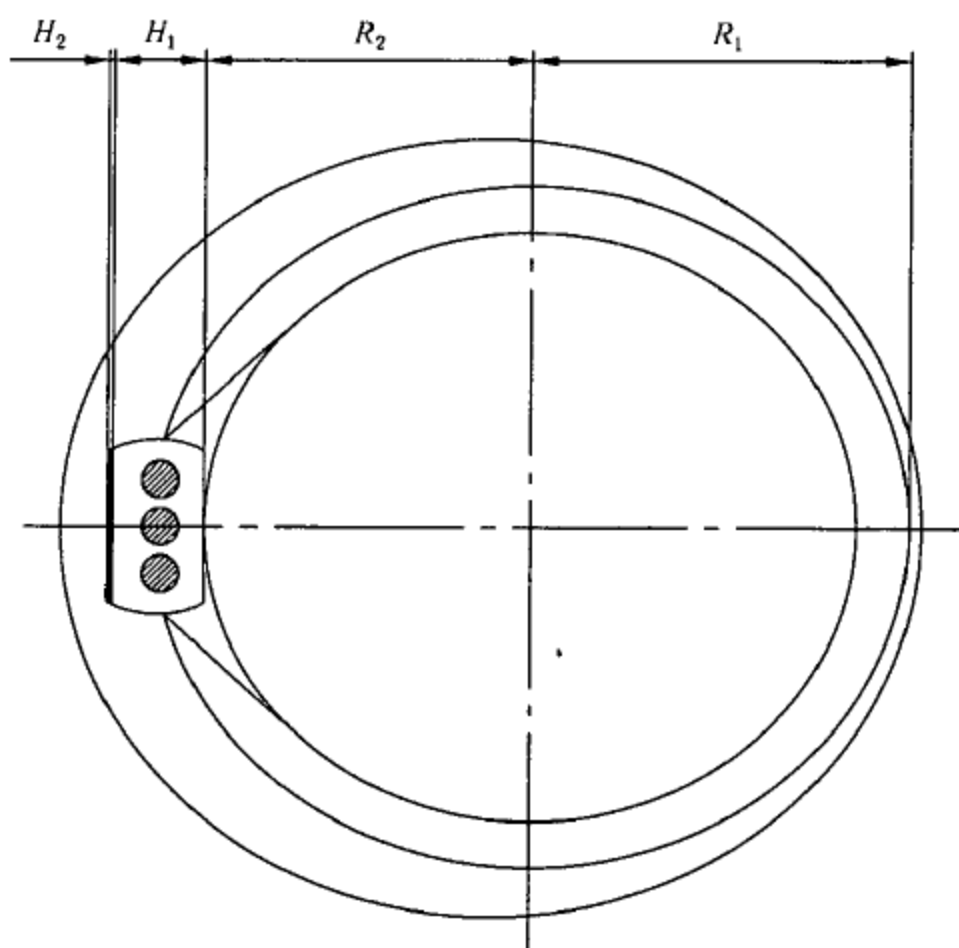


图 A.1 常规潜油电泵机组最大轴向投影

$$S = R_1 + R_2 + H_1 + H_2 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

S ——机组最大轴向投影尺寸,单位为毫米(mm);

R_1 ——电机轴向投影尺寸半径,单位为毫米(mm);

R_2 ——泵轴向投影尺寸半径,单位为毫米(mm);

H_1 ——引接电缆厚度,单位为毫米(mm);

H_2 ——电缆护罩厚度,单位为毫米(mm)。

附 录 B
(资料性附录)
常用电缆最低绝缘电阻

B.1 聚丙烯做绝缘材料时电缆的最低绝缘电阻值见表 B.1。

表 B.1 聚丙烯电缆工厂测试, 100%K(15 240 MΩ·km)

标称截面/ (mm ² /AWG)	导体(单线) 标称直径/ mm	1.9 mm 电阻/ (MΩ·km)	1.9 mm 电导/ [μA/(kV·km)]	2.3 mm 电阻/ (MΩ·km)	2.3 mm 电导/ [μA/(kV·km)]
10/7	1/3.57	4 255	0.24	4 922	0.20
13/6	1/4.12	3 822	0.26	4 442	0.23
16/5	1/4.62	3 500	0.29	4 082	0.24
20/4	1/5.19	3 195	0.31	3 738	0.27
33/2	1/6.54	2 650	0.38	3 121	0.32
42/1	1/7.35	2 405	0.42	2 841	0.35

B.2 热固性三元乙丙橡胶做绝缘材料时电缆的最低绝缘电阻值见表 B.2。

表 B.2 热固性三元乙丙橡胶电缆工厂测试, 100%K(6 096 MΩ·km)

标称截面/ (mm ² /AWG)	导体(单线) 标称直径/ mm	1.9 mm 电阻/ (MΩ·km)	1.9 mm 电导/ [μA/(kV·km)]	2.3 mm 电阻/ (MΩ·km)	2.3 mm 电导/ [μA/(kV·km)]
10/7	1/3.57	1 702	0.59	1 969	0.51
13/6	1/4.12	1 529	0.65	1 777	0.56
16/5	1/4.62	1 400	0.71	1 633	0.61
20/4	1/5.19	1 278	0.78	1 495	0.67
33/2	1/6.54	1 060	0.94	1 248	0.80
42/1	1/7.35	962	1.04	1 136	0.88

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
潜 油 电 泵 机 组
GB/T 16750—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

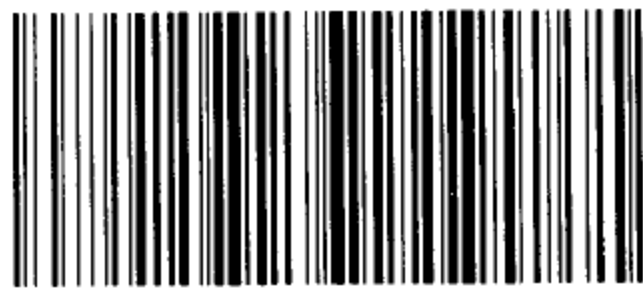
*

开本 880×1230 1/16 印张 4.25 字数 120 千字
2009年1月第一版 2009年1月第一次印刷

*

书号: 155066·1-35089 定价 42.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 16750-2008