

中华人民共和国国家标准

GB/T 16750—2015
代替 GB/T 16750—2008

潜油电泵机组

Electrical submersible pump units

2015-12-31 发布

2016-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
潜 油 电 泵 机 组
GB/T 16750—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

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 4.75 字数 135 千字
2016年5月第一版 2016年5月第一次印刷

*

书号: 155066·1-54374 定价 63.00 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)68510107

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 型式与型号	2
4.1 潜油电泵机组	2
4.1.1 型式	2
4.1.2 型号表示方法	4
4.1.3 潜油电泵系列	4
4.2 电机	4
4.2.1 型式	4
4.2.2 型号表示方法	5
4.3 保护器	5
4.3.1 型式	5
4.3.2 型号表示方法	5
4.4 吸入及处理装置	5
4.4.1 型式	5
4.4.2 型号表示方法	6
4.5 泵	6
4.5.1 型号表示方法	6
4.5.2 泵排出口接头选用	6
4.6 电缆	6
4.6.1 形状特征代号	6
4.6.2 绝缘材料代号	6
4.6.3 护套(包括内护套)材料代号	7
4.6.4 铠装护层代号	7
4.6.5 型号表示方法	7
4.7 变压器	7
4.7.1 型式	7
4.7.2 型号表示方法	8
4.7.3 电压	8
4.7.4 附加绕组	8
4.8 控制柜	8
4.8.1 型式	8
4.8.2 型号表示方法	8
4.9 接线盒	8
4.9.1 型式	8

4.9.2	型号表示方法	9
5	要求	9
5.1	潜油电泵机组要求	9
5.1.1	井下工作条件	9
5.1.2	地面环境条件	9
5.2	部件要求	9
5.2.1	电机	9
5.2.2	保护器	12
5.2.3	吸入及处理装置	12
5.2.4	泵	12
5.2.5	电缆	14
5.2.6	变压器	21
5.2.7	控制柜	22
5.2.8	接线盒	22
5.3	振动测试	23
6	试验方法和检验规则	23
6.1	试验方法	23
6.1.1	仪器、仪表的选择要求	23
6.1.2	电机	23
6.1.3	保护器	34
6.1.4	潜油电泵机组	35
6.1.5	电缆	41
6.1.6	电缆头	50
6.1.7	变压器	52
6.1.8	工频控制柜	57
6.1.9	变频控制柜	60
6.1.10	接线盒	60
6.2	检验规则	61
6.3	出厂检验	61
6.3.1	电机	61
6.3.2	保护器	61
6.3.3	吸入及处理装置	61
6.3.4	泵	61
6.3.5	电缆	61
6.3.6	变压器	61
6.3.7	控制柜	62
6.3.8	接线盒	62
6.4	型式检验	62
7	标识、防护、运输和储存	63
7.1	标识	63
7.1.1	电机铭牌	63
7.1.2	保护器铭牌	63

7.1.3	吸入及处理装置铭牌	63
7.1.4	泵铭牌	64
7.1.5	电缆铭牌	64
7.1.6	变压器铭牌	64
7.1.7	控制柜铭牌	64
7.1.8	接线盒铭牌	65
7.2	防护	65
7.3	运输	65
7.4	储存	66
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	67
附录 B (资料性附录)	常用电缆最低绝缘电阻	68

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 16750—2008《潜油电泵机组》，与 GB/T 16750—2008 相比，主要变化如下：

- 根据标准内容的变化，在“规范性引用文件”中增加了“GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定”和“GB 1094.11 电力变压器 第 11 部分 干式变压器”，删除了“GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波”（见第 2 章，2008 年版的第 2 章）；
- 修改了“潜油电泵机组适用井温等级代号”，并将“适用井温”章节以注的形式纳入“潜油电泵机组型号表示方法”中（见 4.1.2，2008 年版的 4.1.2 和 4.1.3）；
- 修改了保护器、变压器、控制柜和接线盒的“型号表示方法”（见 4.3.2、4.7.2、4.8.2 和 4.9.2，2008 年版的 4.3.2、4.7.2、4.8.2 和 4.9.2）；
- 与 YQY116 电机常规配套的泵、保护器和吸入及处理装置增加了 101、102 系列（见表 1）；
- 将变压器的型式由“三项油浸式”更改为“三相变压器”（见 4.7.1，2008 年版的 4.7.1）；
- 修改完善了“电缆规格、基本参数”（见表 7，2008 年版的表 7）；
- 完善了“20℃时导体直流电阻标准值”（见表 11，2008 年版的表 11）；
- 将“电缆头密封性能出厂试验在常温水中进行，……”更改为“电缆头应具有良好的密封性能，在 0.35 MPa 压力下，保持 5 min 试验，不应泄漏。”（见 5.2.5.12，2008 年版的 5.2.5.12）；
- 修改了“电缆绝缘层、护套层标称厚度及公差”（见表 20，2008 年版的表 20）；
- 修改了“变压器绕组温升技术指标”（见表 21，2008 年版的表 21）；
- 修改了变压器“安全保护装置”和“油温测量装置”的要求（见 5.2.6.5 和 5.2.6.6，2008 年版的 5.2.6.5 和 5.2.6.6）；
- 将“定频控制柜”更改为“工频控制柜”（见 5.2.7.1、6.1.8 和图 19，2008 年版的 5.2.7.1、6.1.8 和图 20）；
- 修改了“工频控制柜的功能”（见 5.2.7.1.3，2008 年版的 5.2.7.1.3）；
- 修改了“变频控制柜的技术要求”（见 5.2.7.2.2 和 5.2.7.2.4，2008 年版的 5.2.7.2.2 和 5.2.7.2.4）；
- 修改了“电缆耐压检验接线图”、“电缆 4 h 高压检验接线图”、“电缆泄漏检验接线图”、“电缆外施耐压检验接线图”和“定频控制柜主电路工频耐压检验接线图”（见图 14、图 15、图 16、图 17 和图 19，2008 年版的图 15、图 16、图 17、图 18 和图 20）；
- 修改了“电缆绝缘和护套材料机械性能”的“测量要求”（见 6.1.5.6.1，2008 年版的 6.1.5.6.1）；
- 将“电缆拉伸强度”修改为“电缆抗张强度”（见 6.1.5.6.3、6.1.5.7.3.1 和 6.1.5.7.4，2008 年版的 6.1.5.6.3、6.1.5.7.3.1 和 6.1.5.7.4）；
- 修改了“电缆抗张强度计算公式中符号的含义”（见 6.1.5.6.3，2008 年版的 6.1.5.6.3）；
- 修改了“电缆头密封性能测量方法”（见 6.1.6.1.2，2008 年版的 6.1.6.1.2）；
- 修改了“工频控制柜主电路工频耐压的测量要求和测量方法”（见 6.1.8.3.1.1 和 6.1.8.3.2.1，2008 年版的 6.1.8.3.1.1 和 6.1.8.3.2.1）；
- 修改了“工频控制柜模拟运行的测量方法”（见 6.1.8.5.2.2、6.1.8.5.2.3 和 6.1.8.5.2.5，2008 年版的 6.1.8.5.2.2、6.1.8.5.2.3 和 6.1.8.5.2.5）；
- 将“6.4 型式检验前提”与“6.5 型式检验项目”合并为“6.4 型式检验”，将 6.4 和 6.5 分别变为 6.4.1 和 6.4.2，同时将 6.5.1~6.5.7 分别变为 6.4.2.1~6.4.2.7，将 6.5.8 变为 6.4.3（见 6.4，2008 年版的 6.4、6.5）；

- 在电机、保护器、吸入及处理装置、泵、电缆、变压器和控制柜的“铭牌”中,增加了“厂址”的内容(见 7.1.1、7.1.2、7.1.3、7.1.4、7.1.5、7.1.6 和 7.1.7);
- 在“标识”中增加了“接线盒铭牌”要求(见 7.1.8);
- 修改了“潜油电泵机组的防护要求”(见 7.2.2、7.2.3 和 7.2.4,2008 年版的 7.2.2、7.2.3 和 7.2.4);
- 修改了“电机、保护器和控制柜的储存要求”(见 7.4.1 和 7.4.4,2008 年版的 7.4.1、7.4.2 和 7.4.5)。

本标准由全国石油钻采设备和工具标准化技术委员会(SAC/TC 96)提出并归口。

本标准起草单位:大庆油田力神泵业有限公司、胜利油田胜利泵业有限责任公司、国家电动潜油泵质量监督检验中心、渤海石油装备(天津)中成机械制造有限公司、中海石油(中国)有限公司天津分公司。

本标准主要起草人:李斌、王维、郑贵、周茂群、张洪成、付明森、张铁刚、史忠武、王兆兰、杜香芝、庞向东、王念兴、孙良伟、汪卫军、陈红、周怀亮。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 16750.1—1997;
- GB/T 16750.2—1997;
- GB/T 16750.3—1997;
- GB/T 14816—1993;
- GB/T 16750—2008。

潜油电泵机组

1 范围

本标准规定了潜油电泵机组的型式、基本参数、技术要求、装配要求、试验方法及标志、包装、运输和储存。潜油电泵机组包括潜油电机(简称电机)、电机保护器(简称保护器)、吸入及处理装置、潜油泵(简称泵)、潜油电缆(简称电缆)、潜油电泵专用控制柜(简称控制柜)、潜油电泵专用变压器(简称变压器)和潜油电泵专用接线盒(简称接线盒)。

本标准适用于潜油电泵机组的设计、制造、试验和验收。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图示标志(GB/T 191—2008,ISO 780:1997,MOD)
- GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定
- GB 1094.1 电力变压器 第1部分 总则
- GB 1094.2 电力变压器 第2部分 温升
- GB 1094.3 电力变压器 第3部分 绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB 1094.5 电力变压器 第5部分 承受短路的能力
- GB 1094.11 电力变压器 第11部分 干式变压器
- GB/T 2900.1 电工术语 基本术语
- GB/T 2900.15 电工术语 变压器、互感器、调压器、电抗器
- GB/T 2900.25 电工术语 旋转电机
- GB/T 3797—2005 电气控制设备
- GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求(GB/T 3836.1—2010,IEC 60079-0:2007,MOD)
- GB 3836.3 爆炸性环境 第3部分:由增安型“e”保护的设备(GB/T 3836.3—2010,IEC 60079-7:2006,IDT)
- GB/T 6451 三相油浸式电力变压器技术参数和要求
- GB/T 8423 石油钻采设备及专用管材词汇
- GB/T 12668.1 调速电气传动系统 第1部分:一般要求 低压直流调速电气传动系统额定值的规定(GB/T 12668.1—2002,IEC 61800-1:1997,IDT)
- GB/T 12668.2 调速电气传动系统 第2部分 一般要求 低压交流变频电气传动系统额定值的规定(GB/T 12668.2—2002,IEC 61800-2:1998,IDT)
- GB 12668.3 调速电气传动系统 第3部分 产品的电磁兼容性标准及其特定的试验方法(GB 12668.3—2012,IEC 61800-3:2004,IDT)
- GB/T 12668.4 调速电气传动系统 第4部分 一般要求 交流电压1 000 V以上但不超过35 kV的交流调速电气传动系统额定值的规定(GB/T 12668.4—2006,IEC 61800-4:2002,IDT)
- GB/T 17389 潜油电泵电缆系统的应用

GB/T 18050 潜油电泵电缆试验方法
GB/T 18051—2000 潜油电泵振动试验方法
SY/T 5313 钻井工程术语
SY/T 6598 潜油电泵保护器的使用与检验推荐作法
SY/T 6599—2004 潜油电泵离心泵试验推荐作法
JB/T 5331 聚酰亚胺/氟 46 绕包铜圆线

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.15、GB/T 2900.25、GB/T 8423、GB/T 17389、GB/T 18050、SY/T 5313、SY/T 6598 和 SY/T 6599 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

保护器动态试验 **operating test of the protector**

保护器注油后,在规定的工频转速下,空载机械损耗测试。

3.2

保护器机械损耗 **mechanical loss of the protector**

保护器工作运行时,其内部的止推轴承、机械密封等部件的机械摩擦损失总和。

3.3

吸入口 **intake**

将井下液体与泵内腔连通的一种装置。

3.4

气体处理器 **assistant handling device**

潜油电泵在含气井使用的井下设备。它可将井液中的所含气体的状态进行改变。

3.5

轴头尺寸 **joint size**

潜油电泵的井下各部件联接所需要的轴端与接头法兰面的尺寸。

3.6

盘轴扭矩 **running testing torque**

将潜油电泵的井下部件组装后水平放置,用专用扭矩扳手测量的扭矩值。

3.7

转子滑行时间 **sliding time of the motor rotors**

潜油电机在进行空载试验后,从断电开始至电机转轴完全停止的时间。

3.8

机组最大轴向投影尺寸 **the maximum O.D. of the total unit**

潜油电泵机组正确安装的最大直径,包括井下机组、电缆、电缆护罩等。

4 型式与型号

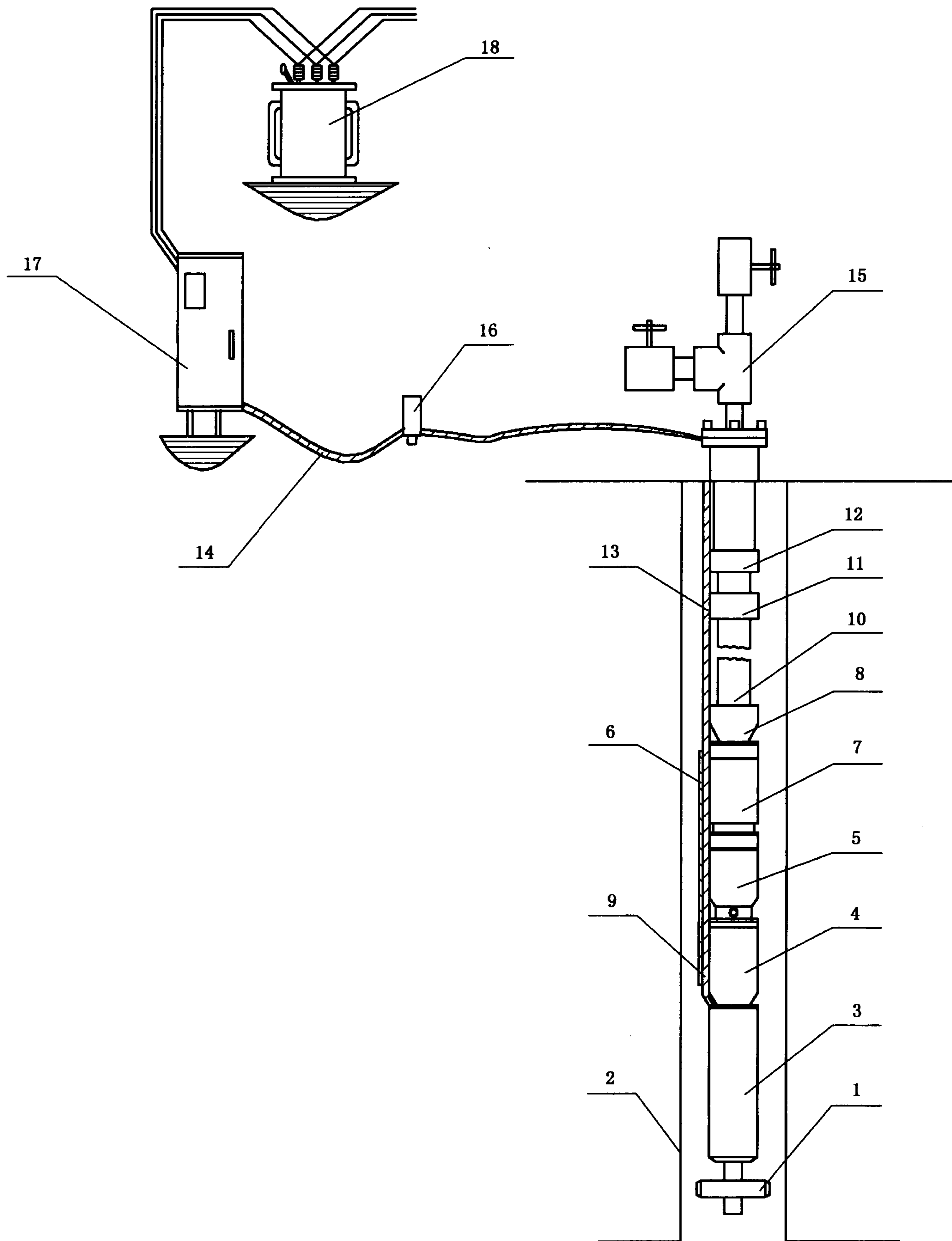
4.1 潜油电泵机组

4.1.1 型式

驱动方式:电机驱动。

工作方式:连续工作制。

潜油电泵机组常规安装示意图如图 1 所示。



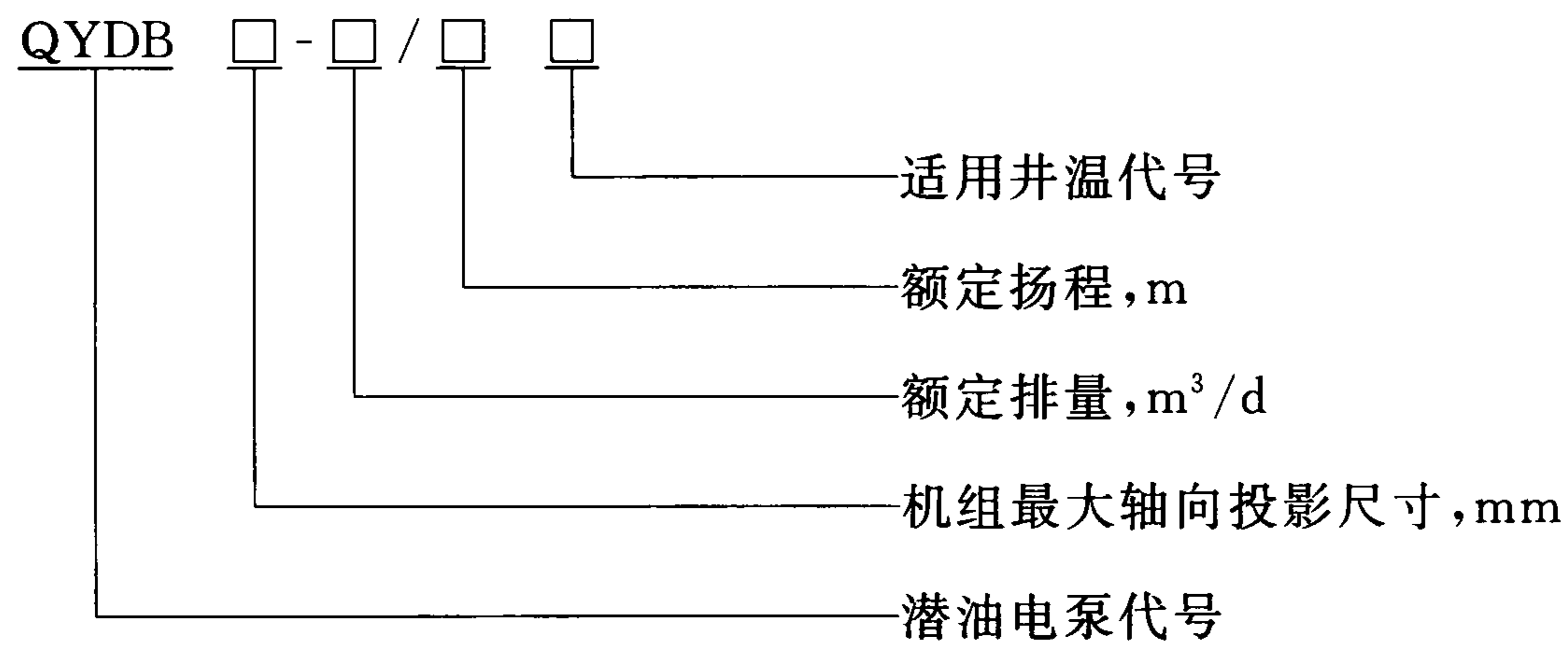
说明：

- 1——扶正器；
- 2——套管；
- 3——电机；
- 4——保护器；
- 5——吸入及处理装置；
- 6——电缆护罩；
- 7——泵；
- 8——泵出口接头；
- 9——引接电缆；

- 10——油管；
- 11——单流阀；
- 12——泄油阀；
- 13——电力电缆；
- 14——地面电缆；
- 15——井口装置；
- 16——接线盒；
- 17——控制柜；
- 18——变压器。

图 1 潜油电泵机组安装示意图

4.1.2 型号表示方法



注 1: 潜油泵机组最大轴向投影尺寸的计算方法参见附录 A。

注 2: 潜油泵机组适用井温分为四个等级。

井温等级代号为:

- 90 °C, 用 A 表示;
- 120 °C, 用 B 表示;
- 150 °C, 用 C 表示;
- 180 °C, 用 D 表示。

示例: 额定排量 200 m³/d, 额定扬程 1 500 m, 适用井温 120 °C, 最大轴向投影尺寸为 152 mm 的潜油泵表示为: QYDB152-200/1500B。

4.1.3 潜油泵系列

常规潜油泵系列应符合表 1 规定。

表 1 常用潜油泵系列

常规潜油泵系列				适用最小套管 mm/(in-lb/ft)
电机	泵	保护器	吸入及处理装置	
95/98	86/88	86/88	86/88	φ127.00/(5-18)
107	95/98	95/98	95/98	φ139.70/(5 1/2-23)
114	98/101/102	98/101/102	98/101/102	φ139.70/(5 1/2-20)
116	98/101/102	98/101/102	98/101/102	φ139.70/(5 1/2-20)
138	130	130	130	φ168.28/(6 5/8-24)
143	130	130	130	φ177.80/(7-32)
185/188	172	172	172	φ244.48/(9 5/8-75)

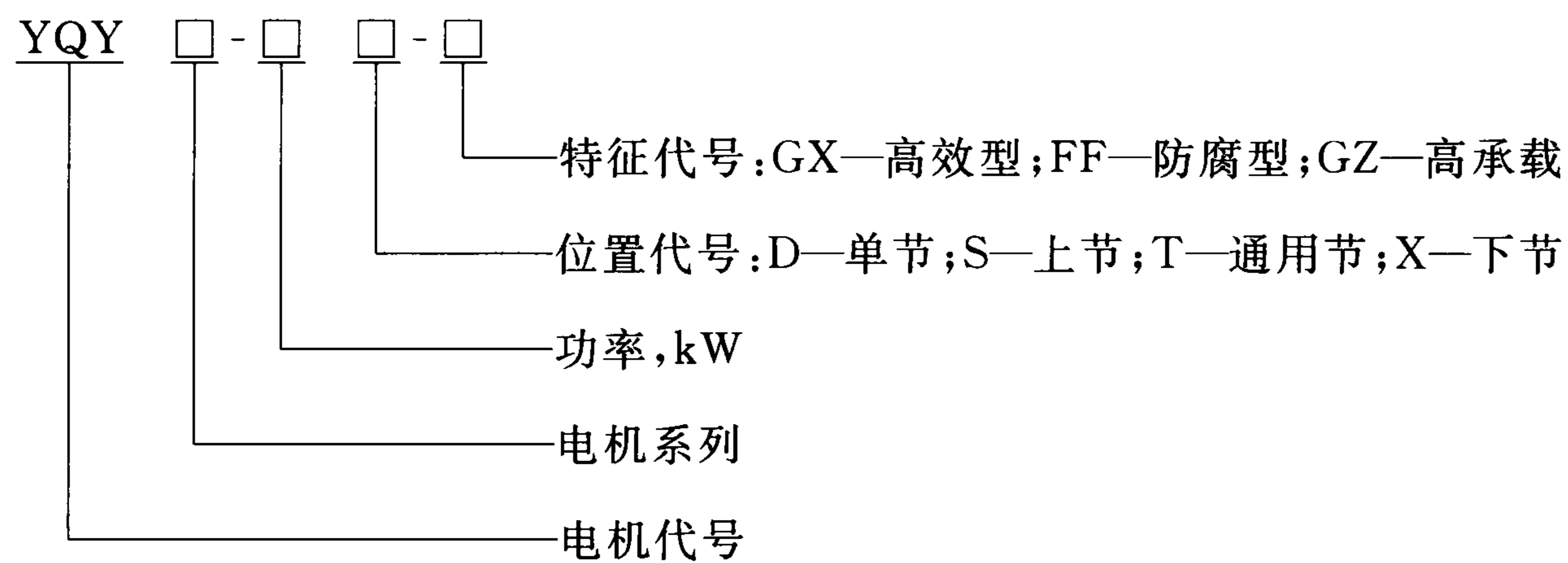
注 1: 表中左 1、2、3、4 列的数字为公称外径, 单位为毫米。
注 2: 非常规潜油泵系列按协议配套。

4.2 电机

4.2.1 型式

三相鼠笼式异步电动机。

4.2.2 型号表示方法



特征代号:用字母表示,当共存有多项特征时,可采用相应的多项特征代号表示,特征代号间用左斜杠隔开。

示例:潜油电泵机组用功率为 45 kW 的 114 系列上节、防腐型高承载电机表示为 YQY114-45S-FF/GZ。

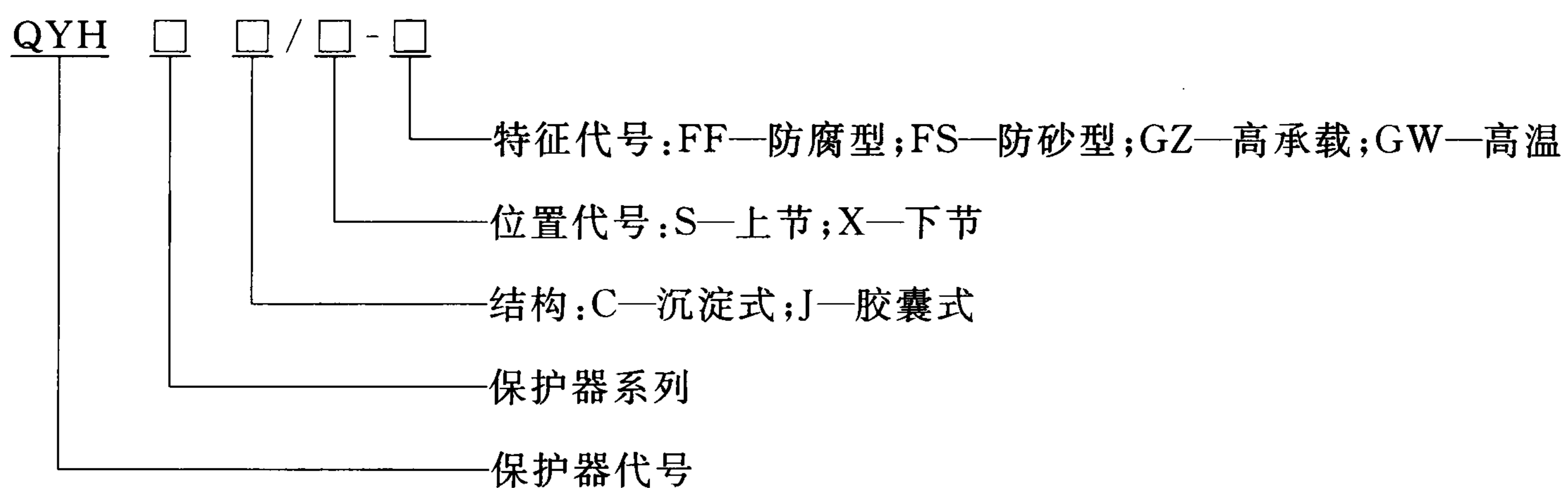
4.3 保护器

4.3.1 型式

按结构分为:

- a) 沉淀式;
- b) 胶囊式。

4.3.2 型号表示方法



特征代号:用字母表示,当共存有多项特征时,可采用相应的多项特征代号表示,特征代号间用左斜杠隔开。

示例:潜油电泵机组用 130 系列胶囊式防腐型高承载上节保护器表示为:QYH130J/S-FF/GZ。

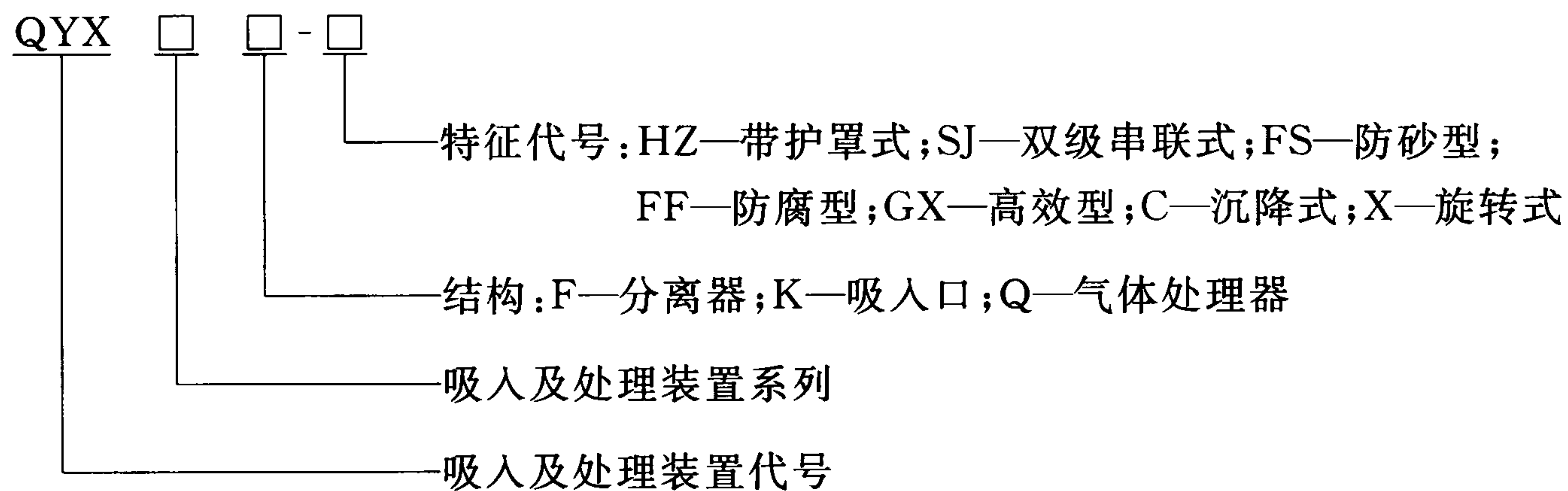
4.4 吸入及处理装置

4.4.1 型式

按结构分为:

- a) 分离器;
- b) 吸入口;
- c) 气体处理器。

4.4.2 型号表示方法

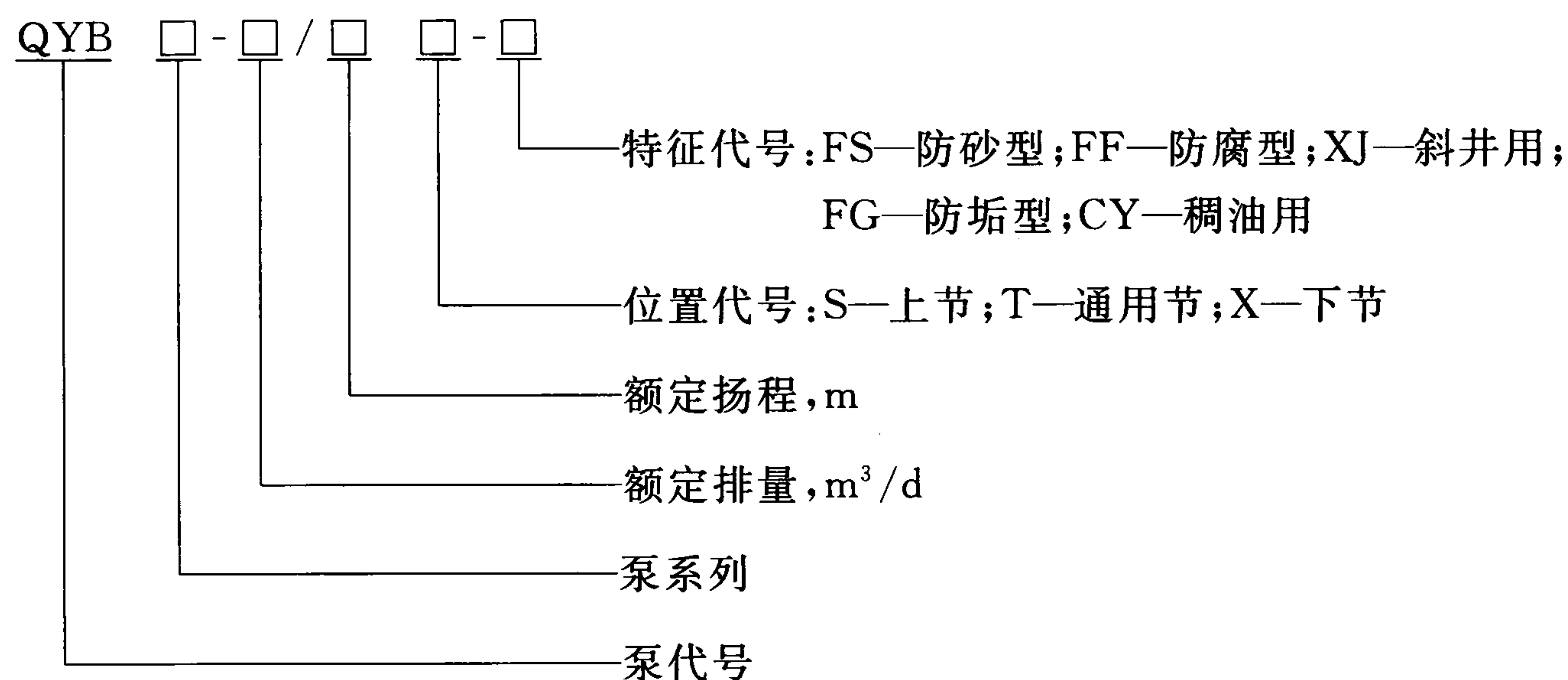


特征代号:用字母表示,当共存有多项特征时,可采用相应的多项特征代号表示,特征代号间用左斜杠隔开。

示例:潜油电泵机组用 98 系列旋转式防砂型分离器表示为:QYX98F-X/FS。

4.5 泵

4.5.1 型号表示方法



特征代号:用字母表示,当共存有多项特征时,可采用相应的多项特征代号表示,特征代号间用左斜杠隔开。

示例:额定排量 250 m³/d,额定扬程 500 m 的 98 系列防砂防腐型上节泵表示为:QYB98-250/500S-FS/FF。

4.5.2 泵排出口接头选用

泵排出口接头根据用户要求,可选用不同油管规格尺寸内螺纹。

4.6 电缆

4.6.1 形状特征代号

形状特征代号表示方法:

- a) 圆形,用 Y 表示;
- b) 扁形,省略。

4.6.2 绝缘材料代号

绝缘材料代号表示方法:

- a) 聚丙烯(包括改性聚丙烯),用 P 表示;

- b) 乙丙橡胶,用 E 表示;
- c) 交联聚乙烯,用 YJ 表示;
- d) 聚酰亚胺-F46 复合薄膜/乙丙橡胶组合绝缘,用 YE 表示;
- e) 聚酰亚胺-F46 复合薄膜/聚全氟乙丙烯组合绝缘,用 YF 表示。

4.6.3 护套(包括内护套)材料代号

护套材料代号表示方法:

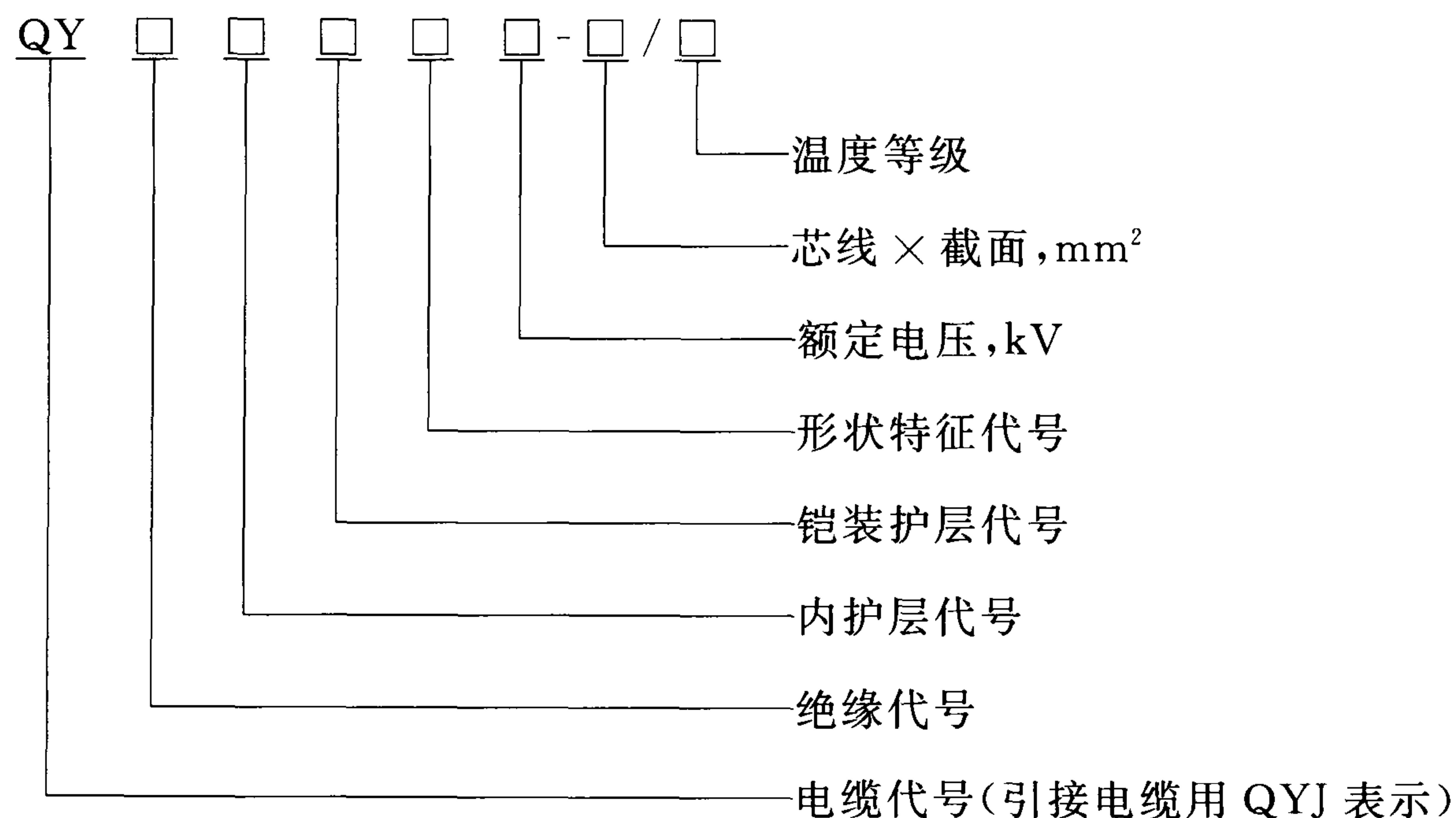
- a) 铅(铅合金),用 Q 表示;
- b) 乙丙橡胶,用 E 表示;
- c) 氯磺化聚乙烯,用 H 表示;
- d) 丁腈聚氯乙烯复合物,用 F 表示;
- e) 丁腈橡胶,用 N 表示。

4.6.4 铠装护层代号

铠装护层代号表示方法:

- a) 蒙乃尔钢带铠装,用 M(不同规格型号的蒙乃尔钢带可分别用 M_1 、 M_2 、…… M_n)表示;
- b) 镀锌钢带铠装,省略;
- c) 不锈钢带铠装,用 X(不同规格型号的不锈钢带可分别用 X_1 、 X_2 、…… X_n)表示。

4.6.5 型号表示方法



温度等级:导体最高工作温度分为 $90\text{ }^\circ\text{C}$ (90), $120\text{ }^\circ\text{C}$ (120), $150\text{ }^\circ\text{C}$ (150), $180\text{ }^\circ\text{C}$ (180), $204\text{ }^\circ\text{C}$ (204)。

示例 1:额定电压 3 kV,聚丙烯绝缘,丁腈橡胶内护套,蒙乃尔钢带铠装 $3 \times 16\text{ mm}^2$ 导体最高工作温度 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 扁形潜油电缆,表示为:QYPNM3- $3 \times 16/90$ 。

示例 2:额定电压 6 kV,乙丙橡胶绝缘,乙丙橡胶护套,镀锌钢带铠装 $3 \times 20\text{ mm}^2$ 导体最高工作温度 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 圆形潜油电缆表示为:QYEEY6- $3 \times 20/120$ 。

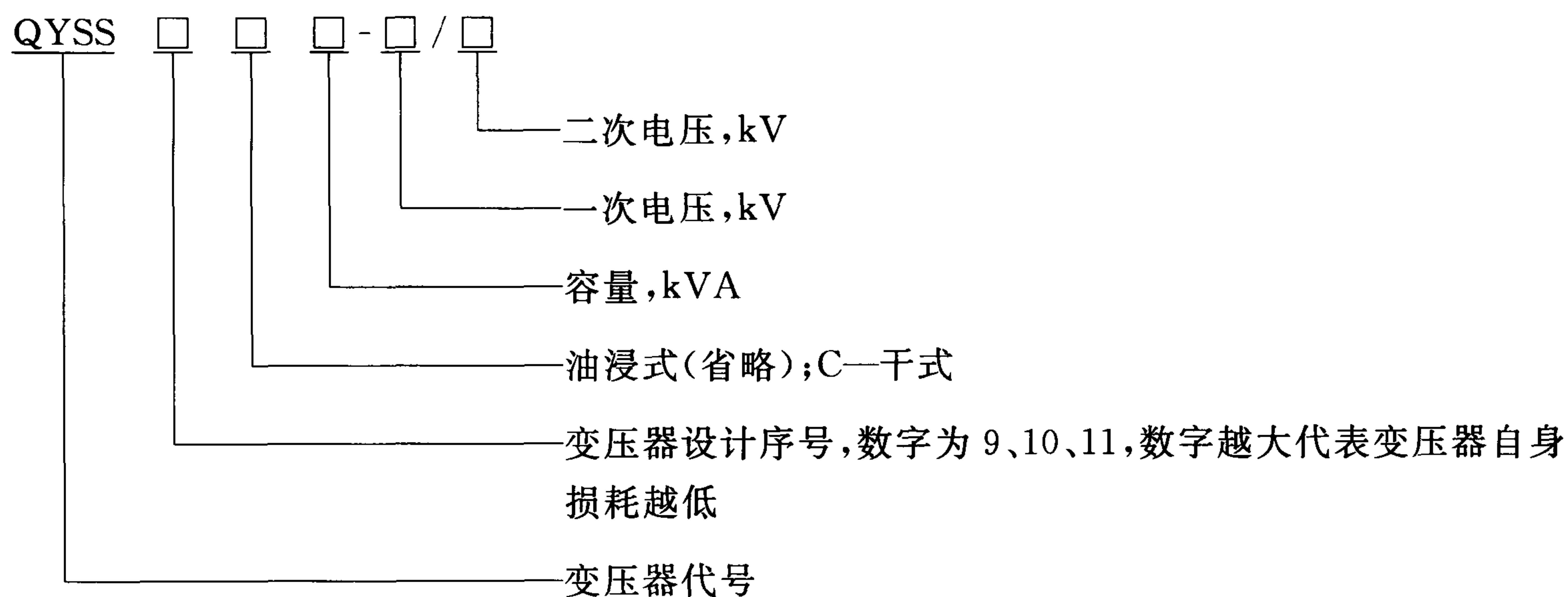
示例 3:额定电压 6 kV,聚酰亚胺-F46 复合薄膜/乙丙橡胶组合绝缘,铅内护套,蒙乃尔钢带铠装 $3 \times 10\text{ mm}^2$ 导体最高工作温度 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 引接电缆,表示为 QYJYEQM6- $3 \times 10/120$ 。

4.7 变压器

4.7.1 型式

三相变压器。

4.7.2 型号表示方法



示例: 设计序号为 9, 容量 100 kVA, 一次电压 6 kV, 二次电压 1.5 kV 的潜油电泵用三相油浸三线圈变压器表示为: QYSS9100-6/1.5

4.7.3 电压

变压器一次电压应适合当地电网条件, 二次电压应采用多档, 以补偿不同泵挂下潜油电缆电压降。

4.7.4 附加绕组

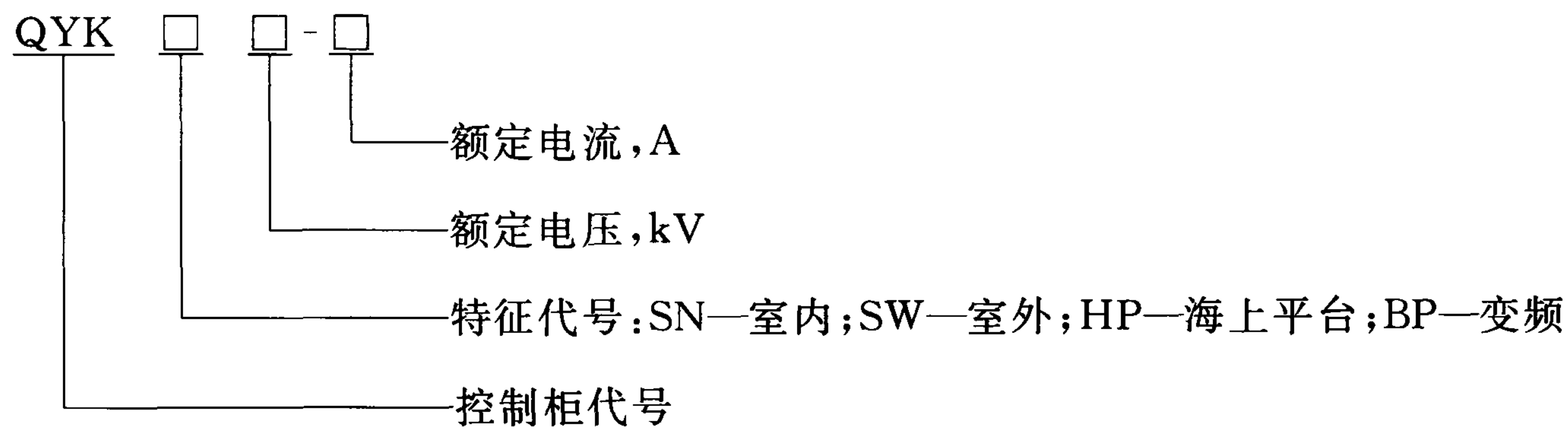
用户需要时, 变压器可加附加绕组。

4.8 控制柜

4.8.1 型式

高压式或低压式。

4.8.2 型号表示方法



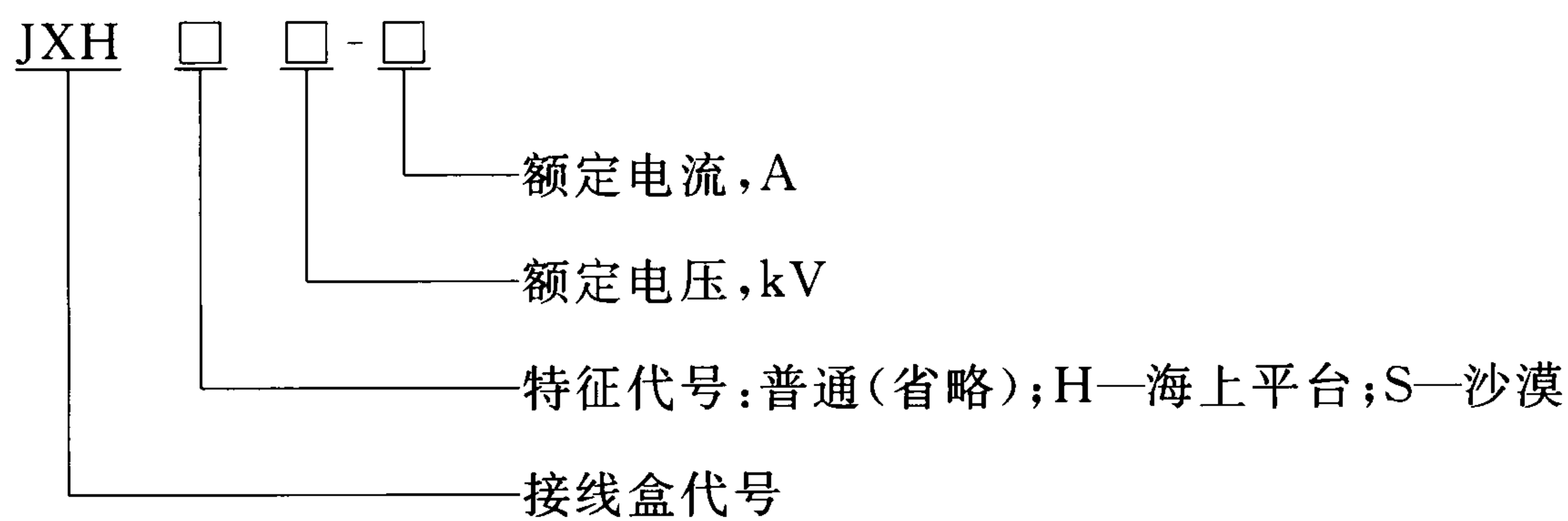
示例: 额定电流 60 A, 额定电压 3 kV 室内用的潜油电泵专用控制柜表示为: QYKSN 3-60。

4.9 接线盒

4.9.1 型式

室外高压式。

4.9.2 型号表示方法



示例:额定电流 60 A,额定电压 3 kV 的海上用潜油电泵用接线盒表示为:JXHH 3-60。

5 要求

5.1 潜油电泵机组要求

5.1.1 井下工作条件

井下工作条件见表 2。

表 2 井下工作条件

环境因素	技术指标	备注
井下环境温度/°C	90,120,150,180	大于 180 °C 时按协议执行
泵吸入口井液黏度/(mm ² /s)	≤7	当井液黏度大于 7 mm ² /s 时需要校正,按协议执行
泵吸入口气液比 GLR	≤0.3	大于 0.3 时按协议执行
潜油电泵工作时电机外壳井液流速 v/(m/s)	≥0.3	小于 0.3 时按协议执行
井液中含砂量/(g/m ³)	≤500	大于 500 g/m ³ 时,按协议执行
全角变化率/(°/30 m)	≤3	大于 3°/30 m 时,按协议执行
腐蚀性气体	无	如有,按协议执行
垢	无	如有,按协议执行

5.1.2 地面环境条件

地面环境应符合下列条件:

- 环境温度: -40 °C ~ +40 °C;
- 相对湿度:年平均不大于 85%;
- 海拔不超过 1 000 m;
- 地面环境条件特殊时,按制造厂与用户之间的协议执行。

5.2 部件要求

5.2.1 电机

5.2.1.1 应具有良好的密封性能,在 0.35 MPa 气压下、保持 5 min 试验,各密封连接部位不应泄漏。

5.2.1.2 25 °C 环境温度下相间、对地绝缘电阻均应大于 1 000 MΩ,在其他温度下测得的绝缘电阻应按表 3 进行转换判定。电机热状态或温升试验后,绝缘电阻应符合此项要求。

表 3 电机绕组绝缘电阻在热状态时或温升试验后的阻值

温 度 ℃	温度系数
100	188
90	94
80	47
70	23.5
60	11.8
50	5.6
40	2.8
30	1.4
25	1
20	0.76
10	0.395
0	0.183

注：将在一定温度下测得的绝缘电阻乘以温度系数，就得到了室温(25℃)下相应的绝缘电阻值。根据此绝缘电阻值再进行判定。

5.2.1.3 三相绕组直流电阻不平衡率不应大于2%。

5.2.1.4 电机装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置，轴头尺寸应符合图纸要求，盘轴扭矩值不应大于20 N·m，且无阻滞现象。

5.2.1.5 电机试验后，取电机油样做交流耐压试验，10 kV/2.5 mm、1 min 不应击穿。

5.2.1.6 空载试验后，测定的转子滑行时间应不低于表4规定。

5.2.1.7 电机在额定工作状态下，其性能参数应符合表4的规定。电机允许做泵负载法测试，规定排量点的性能指标也应符合表4规定。

表 4 电机性能参数及容差

项目名称	电机系列	保证值	容 差
效率 %	95/98	66	额定功率 50 kW 以上， -0.10(1-η)； 额定功率 50 kW 以下， -0.15(1-η)
	107	75	
	114/116	77	
	138	80	
	143	80	
	185/188	84	
功率因数	95/98	0.74	-(1-cosφ)/6 最小：-0.02 最大：-0.07
	107	0.79	
	114/116	0.82	
	138	0.84	
	143	0.84	
	185/188	0.85	

表 4 (续)

项目名称	电机系列	保证值	容 差
堵转转矩倍数	95/98	1.8	-15%
	107	1.8	
	114/116	1.8	
	138	1.6	
	143	1.6	
	185/188	1.6	
最大转矩倍数	95/98	2.0	-10%
	107	2.0	
	114/116	2.0	
	138	2.0	
	143	1.7	
	185/188	1.7	
转差率 %	95/98	7.0	+20%
	107	6.0	
	114/116	6.0	
	138	6.0	
	143	6.0	
	185/188	6.0	
堵转电流倍数	95/98	7.0	+20%
	107	7.0	
	114/116	7.0	
	138	7.0	
	143	7.0	
	185/188	7.0	
转子滑行时间 s	95/98	≥1.6	
	107	≥2.5	
	114/116	≥3.0	
	138	≥3.0	
	143	≥3.0	
	185/188	≥3.0	

5.2.1.8 电机温度应符合表 5 的规定。

表 5 电机温度限值

耐热等级	E	F	H
电机最高工作温度/℃	120	155	180

5.2.1.9 电机超速试验后,应无永久性变形和妨碍电机正常运行的其他缺陷。

5.2.1.10 当三相电压平衡时,电机三相空载电流中任一相与三相平均值的偏差的绝对值不应大于三相

平均值的 10%。

5.2.1.11 电机运行期间电压和频率的偏差

电机运行期间电压和频率的偏差应符合以下规定：

- a) 电压与额定值的偏差不得超过 $\pm 5\%$ 。
- b) 频率与额定值的偏差不得超过 $\pm 1\%$ 。
- c) 电压、频率同时发生偏差(两者偏差分别为 $\pm 5\%$ 和 $\pm 1\%$)，若两者偏差均为正值，两者之和不超过 6% ；两者偏差均为负值或分别为正与负值时，两者绝对值之和不得超过 5% 。

5.2.1.12 当用户提出要求时，电机可安装井下压力、温度监测装置。

5.2.1.13 电机可适用变频驱动。

5.2.1.14 电机可串联使用。

5.2.1.15 单节电机长度应满足用户安装使用要求。

5.2.2 保护器

5.2.2.1 保护器装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置，轴头尺寸应符合图纸要求，盘轴扭矩值不应大于 $7.5\text{ N}\cdot\text{m}$ ，且无阻滞现象。

5.2.2.2 保护器应具有良好的密封性能，在 0.35 MPa 气压下、保持 5 min 试验，接头与壳体及丝堵等连接处不应泄漏。

5.2.2.3 保护器的机械密封在静态时能承受不低于 0.035 MPa 气压试验，保持 5 min 不应泄漏。

5.2.2.4 保护器动态试验 5 min ，QYH86、QYH95、QYH98、QYH101、QYH102型单节保护器机械损耗应小于 1.0 kW ；QYH130、QYH172型单节保护器机械损耗应小于 3.0 kW 。

5.2.2.5 保护器动态试验后，止推轴承腔的电机油应做交流耐压试验， $10\text{ kV}/2.5\text{ mm}$ 、 1 min 不应击穿。

5.2.3 吸入及处理装置

5.2.3.1 吸入口

吸入口在油井不含气体或在含气量较低的情况下使用。

5.2.3.2 分离器

5.2.3.2.1 单级旋转式分离器，在泵吸入口压力下，适应气体占三相总体积小于 30% 的混合液。

5.2.3.2.2 双级旋转式分离器，在泵吸入口压力下，适应气体占三相总体积小于 40% 的混合液。

5.2.3.2.3 分离器装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置，轴头尺寸应符合图纸要求，盘轴扭矩值不应大于 $5\text{ N}\cdot\text{m}$ ，且无阻滞现象。

5.2.3.3 气体处理器

5.2.3.3.1 在不允许气液分离或用户有要求的情况下，使用气体处理器。在泵吸入口压力下，适应气体占三相总体积小于 50% 的混合液。在含气量更高时，可将分离器和气体处理器配合使用，提高气体处理能力。

5.2.3.3.2 气体处理器装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置，轴头尺寸应符合图纸要求，盘轴扭矩值不应大于 $5\text{ N}\cdot\text{m}$ ，且无阻滞现象。

5.2.4 泵

5.2.4.1 泵装配后应检查轴头尺寸及盘轴情况。检查时将其水平放置，轴头尺寸应符合图纸要求，盘轴扭矩值不应大于 $10\text{ N}\cdot\text{m}$ ，且无阻滞现象。

5.2.4.2 泵出厂应进行水力性能试验，试验介质为清水，相对密度 1.0 。如果使用其他介质试验，试验结果应转换到清水试验结果。转换按SY/T 6599—2004中4.5进行。

5.2.4.3 叶轮、导壳应按产品规定做水力模型试验,试验结果应符合表 6 中 1 级的规定。

5.2.4.4 用标准电机进行泵的水力性能试验,额定参数试验结果应符合表 6 中 2 级的规定。在制造商推荐泵运行区域的其他工况点扬程、功率试验曲线允差也应符合表 6 中 2 级的规定。

5.2.4.5 对于涂层叶轮、导壳,性能试验结果也应符合表 6 中的规定。

表 6 泵及叶导轮性能参数及容差

系列	额定排量 m ³ /d	容差 %		泵效 %	容差 %		额定转速 r/min	额定扬程 m	容差 %		轴功率容 差 2 级 %
		1 级	2 级		1 级	2 级			1 级	2 级	
86 /88	30	±4	±5	35	-2.8	-10	2 850	根据用户 要求配	±2	±5	±8
	50			42							
	100			49							
	150			52							
	200			44							
	250			48							
	300			53							
95	30			36							
	50			44							
	100			52							
	150			56							
	200			58							
	250			59							
	300			60							
	400			61							
500	59										
98 /101 /102	30			38							
	50			45							
	80/70			52							
	100			53							
	150			58							
	200	59									
	250	60									
	300	61									
	400	61									
	500	60									
	600	58									
700	56										
800	54										

表 6 (续)

系列	额定排量 m ³ /d	容差 %		泵效 %	容差 %		额定转速 r/min	额定扬程 m	容差 %		轴功率容 差 2 级 %
		1 级	2 级		1 级	2 级			1 级	2 级	
130	150			54	-2.8	-10	2 850	根据用户 要求配	±2	±5	±8
	200			59							
	250			59							
	300			60							
	350			60							
	400			63							
	450			63							
	550			63							
	600			65							
	700			64							
	800			64							
	900			64							
	1 000			62							
	1 200			60							
	1 600			63							
172	1 300			66							
	2 000			68							
	2 700			68							
	3 500			75							
	4 700			72							

注：当额定排量与本标准规定不一致时，排量与泵效可按用户与厂家协议执行。

5.2.4.6 防砂、防气等特殊要求的泵性能指标按协议执行。

5.2.5 电缆

5.2.5.1 电缆规格、基本参数应符合表 7 的要求。

表 7 电缆规格、基本参数

芯数	导体标称 截面积/线规 mm ² /AWG	导体根数/单线 标称直径 mm	外形尺寸不大于					
			圆电缆(直径) mm		扁电缆(厚×宽) mm×mm		引接电缆(厚×宽) mm×mm	
			3 kV	6 kV	3 kV	6 kV	3 kV	6 kV
3	10/7	1/3.57	31	33	13.7×35.1	14.7×37.7	11.5×28.5	12.5×32
3	13/6	1/4.12	32	34	14.5×37.5	15.2×39.2	11.5×29.5	13×34

表 7 (续)

芯数	导体标称 截面积/线规 mm ² /AWG	导体根数/单线 标称直径 mm	外形尺寸不大于					
			圆电缆(直径) mm		扁电缆(厚×宽) mm×mm		引接电缆(厚×宽) mm×mm	
			3 kV	6 kV	3 kV	6 kV	3 kV	6 kV
3	16/5	1/4.62	33	35	15×39	16×41	13×31.5	13.5×35
3	20/4	1/5.19	34	36	16×40	17×42.5	14×33	15×37
3	33/2	1/6.54;7/2.50	38	40	18×46	18.5×48.5	—	—
3	42/1	1/7.35;7/2.85	40	42	19×49	19×51	—	—
3	53/0	1/8.25;7/3.16	42	44	20×50	20.5×53	—	—

5.2.5.2 电缆的最低绝缘电阻值按式(1)计算,计算结果参见附录 B:

$$R = K \lg(D/d) \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

R ——绝缘电阻值,单位为兆欧千米(MΩ·km);

K ——绝缘材料的电阻常数,见表 8;

D ——电缆绝缘外径,单位为毫米(mm);

d ——电缆导体标称直径(见表 7),单位为毫米(mm)。

上式中的电缆绝缘外径(D)按式(2)计算:

$$D = d + 2t \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

t ——绝缘层的最小厚度(见表 20),单位为毫米(mm)。

表 8 绝缘材料的电阻常数(15.6 °C)

单位为兆欧千米

绝缘类型	制造电缆 100% K	验收电缆 80% K
热塑性塑料(聚丙烯)	15 240	12 192
热固树脂(三元乙丙橡胶)	6 096	4 876
热塑性塑料(聚全氟乙丙烯)	36 647	29 318
热塑性塑料(交联聚乙烯)	5 460	4 368

5.2.5.3 电缆直流耐压测试的试验电压见表 9。试验电压维持 5 min 不击穿,且试验电压下所测得的泄漏电流值经过校正后不得大于标准值。该标准值是在 15.6 °C 时根据相应的试验电压与最低绝缘电阻值之比计算得出。

表 9 电缆直流耐压测试的试验电压

电缆耐压等级 kV	绝缘层厚度 mm	制造电缆 kV	验收电缆 kV
3	1.9	27	22
6	2.3	35	28

5.2.5.4 三相直流电阻不平衡率不应大于 2%。

5.2.5.5 当采用聚酰亚胺薄膜绕包在导体的外部作为电缆内绝缘时,绕包线芯应符合 JB/T 5331 的技术要求。

5.2.5.6 50 Hz 交流耐压试验 5 min 不击穿。试验电压见表 10。

表 10 电缆交流耐压测试的试验电压

单位为千伏

电缆的额定电压(相对相)	试验电压
3	9
6	13

5.2.5.7 20 °C 时铜导体直流电阻标准值见表 11。

表 11 20 °C 时铜导体直流电阻标准值

导体标称截面积/线规 mm ² /AWG	导体根数/导体 标称直径 mm	实际导体截面积 mm ²	20 °C 时导体直流电阻 Ω/km ≤	
			不镀锡	镀锡
10/7	1/3.57	10.6	1.83	1.84
13/6	1/4.12	13.3	1.39	1.40
16/5	1/4.62	16.8	1.15	1.16
20/4	1/5.19	21.1	0.84	0.86
33/2	1/6.54	33.5	0.54	0.56
33/2	7/2.5	33.5	0.55	0.57
42/1	1/7.35	42.4	0.43	0.44
42/1	7/2.85	42.4	0.44	0.45
53/0	1/8.25	53.4	0.34	0.35
53/0	7/3.16	53.4	0.35	0.36

5.2.5.8 电缆长度不应小于标称长度。

5.2.5.9 电缆铠皮焊口应平整牢固,无铠带开裂、脱扣现象;铠装后的外形尺寸应符合表 7 规定。

5.2.5.10 井下电缆由动力电缆和引接电缆两部分组成,一般要求引接电缆的长度超出泵出口不应小于 2 m,也可按用户要求执行。

5.2.5.11 带电缆头的引接电缆在与动力电缆连接前,测量其绝缘电阻值热塑性塑料绝缘应大于 1 000 MΩ·km、热固树脂绝缘应大于 800 MΩ·km。

5.2.5.12 电缆头应具有良好的密封性能,在 0.35 MPa 压力下,保持 5 min 试验,不应泄漏。

5.2.5.13 电缆导体标称直径公差符合下列规定:

圆导体:±1%导体标称直径。

镀锡圆导体: $\begin{matrix} +2\% \\ -1\% \end{matrix}$ 导体标称直径($d \leq 4$ mm);

$\begin{matrix} +3\% \\ -1\% \end{matrix}$ 导体标称直径($d > 4$ mm)。

5.2.5.14 电缆头浸在电机油中,分别做相间、相对地交流耐压试验,试验电压为 2 倍的电机最高工作电压加 1 kV,频率 50 Hz,持续 1 min 不应击穿。

5.2.5.15 电缆头(带引接电缆)做直流耐压试验 5 min 不击穿。试验电压见表 12。

表 12 电缆头直流耐压测试的试验电压

单位为千伏

电缆的额定电压(相对相)	试验电压
3	18
6	24

5.2.5.16 动力电缆、电缆头应模拟油井温度、压力做高温高压短样检查试验,其绝缘电阻应大于热塑性塑料绝缘 $1\ 000\ \text{M}\Omega \cdot \text{km}$ 、热固树脂绝缘 $500\ \text{M}\Omega \cdot \text{km}$ 。

5.2.5.17 动力电缆做 4 h 高电压试验,电压为 $3U_0$ (U_0 为相电压),不应击穿。

5.2.5.18 电缆绝缘层、护套层应做机械物理性能试验,技术指标应符合表 13、表 14、表 15、表 16、表 17、表 18 表和 19 的规定。

5.2.5.19 铅护套由纯铅或铅合金制成,铅套应无砂眼、裂纹和杂质等缺陷。

5.2.5.20 扁形电缆护套层外应绕包一层聚四氟乙烯拉伸薄膜或聚酯薄膜,薄膜标称厚度为 $0.05\ \text{mm}$,搭接率 $\geq 50\%$ 。绕包层外采用涤纶丝或尼龙丝编织,编织密度大于 90% ,根据用户的要求允许采用结构稳定的包复层替代编织层。

5.2.5.21 扁形电缆缆芯和圆形电缆护套外应分别有 Z 型和 S 型钢带联锁铠装层。铠装钢带有镀锌铠装钢带、不锈钢铠装钢带和蒙乃尔铠装钢带。

表 13 乙丙橡胶、交联聚乙烯技术指标

序号	项 目		指 标			
			乙丙橡胶		交联聚乙烯	
			E1 ^a	E2 ^b		
1	老化前试样					
	抗张强度	中间值	最小值/MPa	5	6	12.5
	断裂伸长率	中间值	最小值/%	100	90	200
2	空气烘箱热老化试验					
	老化条件	温度/°C		135 ± 2	135 ± 2	135 ± 2
		时间/h		168	168	168
	老化后抗张强度	最大变化率/%		30	30	25
	老化后断裂伸长率	最大变化率/%		30	30	25
3	热延伸试验					
	试验条件	空气温度/°C		250 ± 3	250 ± 3	200 ± 3
		载荷时间/min		15	15	15
		机械应力/kPa		200	200	200
		载荷下最大伸长率/%		175	175	175
	冷却后最大永久变形/%		15	15	15	
4	耐油试验(采用 20 号机油)					
	试验条件	温度/°C		121 ± 2	121 ± 2	—
		时间/h		18	18	—
	抗张强度	最大变化率/%		45	40	—
	断裂伸长率	最大变化率/%		45	40	—
^a E1 在井温小于或等于 $120\ ^\circ\text{C}$ 使用。 ^b E2 在井温 $120\ ^\circ\text{C}$ 以上、 $150\ ^\circ\text{C}$ 及以下使用。						

表 14 聚丙烯(包括改性聚丙烯)技术指标

序号	项 目	指 标
1	老化前试样 抗张强度 断裂伸长率	最小值/MPa 21 最小值/% 200
2	空气烘箱热老化试验 老化条件 老化后抗张强度 老化后断裂伸长率	温度/℃ 135±2 时间/h 168 最大变化率/% 30 最大变化率/% 30
3	氧化诱导期,200℃铜	最小值/min 30
4	电性能 体积电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$),20℃ 介质损耗角正切值(50 Hz 或 1 MHz) 介电常数(50 Hz 或 1 MHz) 击穿强度/(kV/mm),室温	$\geq 10^{16}$ ≤ 0.005 2~3 ≥ 25
5	熔融指数	≤ 3.0
6	脆化温度/℃	≤ -5
7	高温压力试验 试验温度/℃ 试验时间/h 压痕深度/%	150 4 ≤ 35

表 15 丁腈橡胶及丁腈聚氯乙烯复合物护套技术指标

序号	项 目	指 标	
		丁腈橡胶	丁腈聚氯乙烯复合物
1	老化前试样 抗张强度 断裂伸长率	最小值/MPa 12 最小值/% 300	10 250
2	空气烘箱热老化试验 老化条件 老化后抗张强度 老化后断裂伸长率	温度/℃ 100±2 时间/h 168 最大变化率/% 50 最大变化率/% 50	121±2 168 20 30
3	耐油试验(采用 20 号机油) 试验条件 抗张强度 断裂伸长率	温度/℃ 121±2 时间/h 18 最大变化率/% 40 最大变化率/% 40	121±2 18 40 40

表 16 乙丙橡胶护套技术指标

序号	项 目	指 标
1	100%伸长时(定伸)的抗张强度 最小值/MPa	2.2
2	老化前试样 抗张强度 断裂伸长率 最小值/MPa 最小值/%	5.5 60
3	空气烘箱热老化试验 老化条件 温度/°C 时间/h 老化后抗张强度 最大变化率/% 老化后断裂伸长率 最大变化率/%	135±2 168 30 50
4	耐油试验(采用 20 号机油) 试验条件 温度/°C 时间/h 抗张强度 最大变化率/% 断裂伸长率 最大变化率/%	121±2 18 40 40

表 17 氯磺化聚乙烯护套技术指标

序号	项 目	指 标
1	老化前试样 抗张强度 断裂伸长率 中间值 最小值/MPa 中间值 最小值/%	10 250
2	空气烘箱热老化试验 老化条件 温度/°C 时间/h 老化后抗张强度 最大变化率/% 老化后断裂伸长率 最大变化率/%	120±2 168 30 40
3	热延伸试验 试验条件 空气温度/°C 载荷时间/min 机械应力/kPa 载荷下最大伸长率/% 冷却后最大永久变形/%	200±3 15 200 175 15
4	浸油试验(采用 20 号机油) 试验条件 油液温度/°C 浸油时间/h 浸油后抗张强度 最大变化率/% 浸油后断裂伸长率 最大变化率/%	100±2 24 40 40

表 18 聚酰亚胺-F46 复合薄膜技术指标

序号	项 目	指 标
1	外观	透明或半透明的金黄色薄膜,表面平滑无针孔、 气泡和导电杂质,边缘整齐无破损
2	厚度/mm	(0.045~0.075)±0.006
3	长度/m	≥40
4	抗张强度/MPa	FHF: ≥80 HF: ≥90
5	断裂伸长率/%	≥40
6	剥离强度/(N/2.5 cm)	≥6
7	击穿强度/(MV/m)	≥120
8	体积电阻率(室温)/(Ω·cm)	≥10 ¹⁵
9	表面电阻率/Ω	≥10 ¹³
10	介电常数(50 Hz 或 1 MHz)	2~3
11	介质损耗角正切值(50 Hz 或 1 MHz)	0.001

注: FHF 表示双面复合薄膜, HF 表示单面复合薄膜。

表 19 聚全氟乙丙烯技术指标

序号	项 目	指 标
1	抗张强度/MPa	≥17
2	伸长率/%	≥275
3	介电常数(50 Hz 或 1 MHz)	≤2.15
4	介质损耗角正切值(50 Hz 或 1 MHz)	≤7×10 ⁻⁴

5.2.5.22 电缆绝缘层、护套层标称厚度及公差应符合表 20 的规定。

表 20 绝缘层、护套层标称厚度及公差

单位为毫米

电缆类型	规 格	绝缘层		内护套层		钢带厚度	典型钢带宽度
		标称值 δ	公 差	标称值 δ	公 差		
引接电缆	3 kV	1.0	厚度平均值≥ δ 最薄处厚度 ≥0.9 δ -0.1	0.8	厚度平均值≥ δ 最薄处厚度 ≥0.8 δ -0.2	≥0.3	13
	6 kV	1.2		0.8		≥0.3	13
扁电缆	3 kV	1.9		1.3		≥0.5	13 或 15
	6 kV	2.3		1.3		≥0.5	13 或 15
圆电缆	3 kV	1.9		2.0		≥0.5	13 或 15
	6 kV	2.3		2.0		≥0.5	13 或 15

注 1: 扁电缆内护套层材料采用铅时,标称厚度为 1.0 mm。
注 2: 电缆绝缘层材料采用聚全氟乙丙烯时,标称厚度为 0.8 mm。

5.2.6 变压器

5.2.6.1 额定容量规定为:30 kVA,40 kVA,50 kVA,63 kVA,80 kVA,100 kVA,125 kVA,160 kVA,200 kVA,250 kVA,315 kVA,400 kVA,500 kVA,630 kVA,800 kVA,1 000 kVA。

5.2.6.2 变压器的总体要求应符合 GB 1094.1、温升应符合 GB 1094.2、绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙应符合 GB 1094.3、承受短路的能力应符合 GB 1094.5 的规定。当环境温度低于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,按协议执行。

5.2.6.3 变压器性能应符合表 21 的规定。

表 21 变压器技术指标

项 目	指 标
绕组间、对地绝缘电阻: 高压对中压、低压、地/M Ω 中压对低压、地/M Ω 低压对地/M Ω	 $>2\ 000$ $>1\ 000$ >500
直流电阻三相不平衡率/%	≤ 2
电压变比偏差/% 额定电流下的实际阻抗电压/%	$\leq \pm 0.5$ \leq 规定值 $(1\pm 10\%)$
外施耐压 不击穿/min	1
感应耐压 不击穿/min	1
空载电流/%	$<$ 规定值 $(1+30\%)$
空载损耗/kW	$<$ 规定值 $(1+15\%)$
负载损耗/kW	$<$ 规定值 $(1+15\%)$
温升试验 油顶层温升/K 绕组平均温升/K	 <55 油浸式 <65 干式按 GB 1094.11 规定执行
变压器油击穿电压(仅对油浸式变压器)/kV	≥ 35
密封性能(仅对油浸式变压器) 不泄漏/MPa /MPa /h	 $0.02(\leq 315\text{ kVA})$ $0.015(\geq 400\text{ kVA})$ 12
注:规定值见 GB/T 6451。	

5.2.6.4 变压器二次绕组应按 4.7.3 规定执行(用户有特殊要求时,可与生产厂协商),二次绕组中星点不接地;附加绕组中星点引出。

5.2.6.5 安全保护装置:油浸式变压器应装有压力释放阀,按用户协议要求也可再增加其他安全保护装置。

5.2.6.6 油浸式变压器油温测量装置:变压器箱盖上应有供玻璃温度计用的管座,或按用户协议要求增加其他测量装置。

5.2.6.7 油浸式变压器油箱及其附件的技术要求。

5.2.6.7.1 变压器箱体采用波纹式油箱结构。

5.2.6.7.2 在油箱的下部壁上应装有油样阀门,油箱下部应装有放油阀。

5.2.6.7.3 变压器铁心和较大金属结构零件均应通过油箱可靠接地。箱体外壳具有两个接地点。

5.2.7 控制柜

5.2.7.1 工频控制柜

5.2.7.1.1 基本参数如下：

- a) 额定工作电压:1.2 kV,2 kV,2.5 kV,3 kV,3.6 kV,5 kV,6 kV;
- b) 额定工作电流规定为:40 A,60 A,100 A,150 A,200 A,250 A。

5.2.7.1.2 控制柜技术要求应符合 GB/T 3797—2005 中第 4 章的规定。当正常使用条件不能满足 GB/T 3797—2005 中 4.2 时与用户协商执行。

5.2.7.1.3 控制柜至少应具备下列功能：

- a) 电机运行电流不平衡、短路、缺相、过载停机保护、欠载停机保护；
- b) 负载电流自动记录；
- c) 欠载自动停机和延时自动重新启动，并可设置延时自动重启次数限制；
- d) 手动与自动操作。

5.2.7.1.4 控制柜主、控制电路应做 50 Hz 耐压试验,1 min 不击穿,试验电压有效值为 2 倍额定电压加 1 000 V。

5.2.7.1.5 控制柜主电路相间及对地绝缘电阻应大于 500 MΩ。

5.2.7.1.6 控制柜控制电路对箱体的绝缘电阻应大于 2 MΩ。

5.2.7.1.7 控制柜三相电流显示误差不得大于 5%。

5.2.7.1.8 控制柜的高、低电压区应隔离,控制柜上应有明显的“高压危险”字样和标记。

5.2.7.1.9 电流记录仪为圆盘式(用户有特殊要求,可按要求制作)。

5.2.7.2 变频控制柜

5.2.7.2.1 变频控制柜应满足标准潜油电机(无需任何特殊绝缘措施或降级)的使用。

5.2.7.2.2 变频控制柜应保证电机和电缆不受共模电压和 dv/dt (电压变化率)应力的影响。必要时可以使用输出滤波器满足此要求。

5.2.7.2.3 在工作频率和负载下,在 1 m 的距离内变频控制柜产生的最大允许噪音为 75 dB。

5.2.7.2.4 如用户对变频控制柜电网反馈谐波有要求,则按双方技术协议执行。

5.2.7.2.5 变频控制柜除具有常规变频控制柜的功能外,还应具备下列功能：

- a) 过电压保护；
- b) 欠电压保护；
- c) 频率上限保护；
- d) 自动(用户要求时)/手动调频；
- e) 停电后来电自启动。

5.2.8 接线盒

5.2.8.1 接线盒基本参数如下：

- a) 额定工作电压:1.2 kV,2 kV,2.5 kV,3 kV;3.6 kV,5 kV,6 kV;
- b) 额定工作电流规定为:40 A,60 A,100 A,150 A,200 A,250 A。

5.2.8.2 用户对接线盒有特殊要求时,则按双方技术协议执行。

5.2.8.3 外壳防护等级应不低于 IP23。

5.2.8.4 接线盒接线柱采取插入式(或端子式)连接。

- 5.2.8.5 接线柱之间及对地绝缘电阻应大于 1 000 MΩ。
- 5.2.8.6 接线盒的门为活动式的,其与盒身由轴连接。
- 5.2.8.7 接线盒的紧固件应设有防止自行松脱的装置。
- 5.2.8.8 接线盒所有用黑色金属制成的零部件,应进行防锈处理。
- 5.2.8.9 金属制成的接线盒外壳应设接地螺栓,其规格应符合 GB 3836.1 中的规定,并标注接地符号。
- 5.2.8.10 接线盒不同电位的裸露导电部分之间的电气间隙应符合 GB 3836.3 中的规定。

5.3 振动测试

- 5.3.1 电机、保护器应进行空载振动测试,吸入及处理装置、泵应进行负载振动测试。
- 5.3.2 振动测量位置至少应在外壳的中点、顶部径向轴承处、底部轴承处进行测量。测量时泵转速应保持常数。
- 5.3.3 机械振动烈度的分级见 GB/T 18051—2000 附录 C。

6 试验方法和检验规则

6.1 试验方法

6.1.1 仪器、仪表的选择要求

试验时采用的电压、电流互感器其精度应不低于 0.2 级;电气测量仪表(兆欧表除外)、转矩仪精度不应低于 0.5 级;频率、转速表精度不低于 0.1 级;直流泄漏仪精度不应低于 0.2 级;流量、扬程(压力)仪表精度不应低于 1.0 级;直流电阻测量仪表精度不应低于 0.2 级;振动测试传感器精度不应低于 0.2 级;温度表的精度误差应在 ±1 °C 以内,其他未作规定的测量仪表精度不应低于 T/3(T 为被检参数允差)。

6.1.2 电机

6.1.2.1 绕组直流电阻不平衡率

6.1.2.1.1 测量要求

测量绕组直流电阻,应在实际冷状态(将被试电机放在室内,使绕组温度与室温差不超过 2 K)下进行。

6.1.2.1.2 测量方法

测量时,电机转子应静止不动,在电机每两个出线端测量电阻。

6.1.2.1.3 测量结果计算

6.1.2.1.3.1 三相直流电阻之和按式(3)计算。

$$R_{\text{med}} = \frac{R_{\text{UV}} + R_{\text{VW}} + R_{\text{WU}}}{2} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$R_{\text{UV}}、R_{\text{VW}}、R_{\text{WU}}$ ——绕组出线端 U 与 V、V 与 W、W 与 U 间测得的电阻值,单位为欧姆(Ω);

R_{med} ——三相直流电阻之和,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.3.2 星接三相直流电阻按式(4)计算。

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{U}} &= R_{\text{med}} - R_{\text{VW}} \\ R_{\text{V}} &= R_{\text{med}} - R_{\text{WU}} \\ R_{\text{W}} &= R_{\text{med}} - R_{\text{UV}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

R_U, R_V, R_W ——绕组各相电阻,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.3.3 角接三相直流电阻按式(5)计算。

$$\left. \begin{aligned} R_U &= \frac{R_{VW} \cdot R_{WU}}{R_{med} - R_{UV}} + R_{UV} - R_{med} \\ R_V &= \frac{R_{WU} \cdot R_{UV}}{R_{med} - R_{VW}} + R_{VW} - R_{med} \\ R_W &= \frac{R_{UV} \cdot R_{VW}}{R_{med} - R_{WU}} + R_{WU} - R_{med} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(5)$$

6.1.2.1.3.4 三个线端直流电阻的平均值按式(6)计算。

$$R_{mav} = \frac{R_{UV} + R_{VW} + R_{WU}}{3} \dots\dots\dots(6)$$

式中:

R_{mav} ——三个线端直流电阻的平均值,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.3.5 对星形接法的绕组按式(7)计算,对三角形接法的绕组按式(8)计算。

$$R = \frac{1}{2} R_{mav} \dots\dots\dots(7)$$

$$R = \frac{3}{2} R_{mav} \dots\dots\dots(8)$$

式中:

R ——绕组一相电阻,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.3.6 三相直流电阻不平衡率按式(9)计算。

在 R_U, R_V, R_W 中确定 R_{max} 和 R_{min} 。

$$\epsilon_{mR} = \frac{R_{max} - R_{min}}{R} \times 100 \dots\dots\dots(9)$$

式中:

ϵ_{mR} ——三相直流电阻不平衡率,%;

R_{max} —— R_U, R_V, R_W 中的最大值,单位为欧姆(Ω);

R_{min} —— R_U, R_V, R_W 中的最小值,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.1.4 检验结果判定

三相直流电阻不平衡率符合 5.2.1.3 的规定。

6.1.2.2 冷态绕组绝缘电阻

6.1.2.2.1 测量要求

6.1.2.2.1.1 根据被试电机工作电压按表 22 选择兆欧表。

6.1.2.2.1.2 冷态绝缘电阻测量应在实际冷状态下进行。

表 22 兆欧表规格

单位为伏

电机工作电压	兆欧表规格
<500	500
500~3 000	1 000
>3 000	2 500

6.1.2.2.2 测量方法

6.1.2.2.2.1 对于单节或下节电机(尾部有星点)应测量一相对机壳绝缘电阻。

6.1.2.2.2.2 对于通用节和上节电机,应分别测量三相对机壳绝缘电阻及三相绕组间的绝缘电阻。

6.1.2.2.2.3 测量后均应将绕组对地放电。

6.1.2.2.3 检验结果判定

三相对地及相间冷态绝缘电阻符合 5.2.1.2 的规定。

6.1.2.3 空载试验

6.1.2.3.1 测量要求

根据电机工作在油井的温度,提供相应温度的循环冷却介质,其冷却介质的流速应为该电机所匹配泵在规定套管内的实际工作流速(以下简称工作流速,文中提到的工作流速均为大于或等于表 2 规定的流速)。出厂检验可不加循环冷却介质且在室温下进行。

6.1.2.3.2 测量方法

6.1.2.3.2.1 出厂空载试验测量方法

电机在工频额定电压下空载启动运行,使机耗达到稳定,即输入功率在 5 min 内两个读数之差不大于前一个读数的 3% 时开始测量。

首先将电机工作电压调整到电机额定电压,同时测取三相电压、三相电流、输入功率、频率。

6.1.2.3.2.2 型式空载试验测量方法

电机在工频额定电压下空载启动运行,使机耗达到稳定,即输入功率在半小时前后的两个读数之差不大于前一个读数的 3% 开始测量。

首先将电机工作电压提高到 1.1~1.3 倍额定电压,然后逐渐降低电机工作电压至可能达到的最低值(电流开始回升时为止),在此期间测 7~9 点,每点要同时测取三相电压、三相电流、输入功率、频率,其中额定电压时为必测点。试验结束应立即在电机出线端测量定子绕组的直流电阻(带试验电缆)。

6.1.2.3.3 测量结果计算

6.1.2.3.3.1 空载时定子绕组铜耗按式(10)计算。

$$P_{0Cu1} = 3I_0^2 R_{10} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

P_{0Cu1} ——空载时定子绕组铜耗,单位为瓦特(W);

I_0 ——定子空载相电流,单位为安培(A);

R_{10} ——试验结束后定子绕组相电阻,单位为欧姆(Ω)。

6.1.2.3.3.2 铁耗和机械耗之和按式(11)计算。

$$\begin{aligned} P'_0 &= P_{Fe} + P_{fw} \\ &= P_0 - P_{0Cu1} \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

式中:

P'_0 ——铁耗和机械耗之和,单位为瓦特(W);

P_0 ——空载输入功率,单位为瓦特(W);

P_{Fe} ——铁耗,单位为瓦特(W);

P_{fw} ——机械耗,单位为瓦特(W)。

作空载电流特性曲线 $I_0 = f(U_0/U_N)$ [U_0 为空载试验电压、 U_N 为额定电压,单位为伏特(V)]和空载输入功率特性曲线 $P_0 = f(U_0/U_N)$ 。为了分离铁耗和机械耗,作曲线 $P'_0 = f[(U_0/U_N)^2]$,延长 P'_0 曲线的直线部分与纵轴交于 P 点(见图 2), P 点的纵坐标即为机械耗。

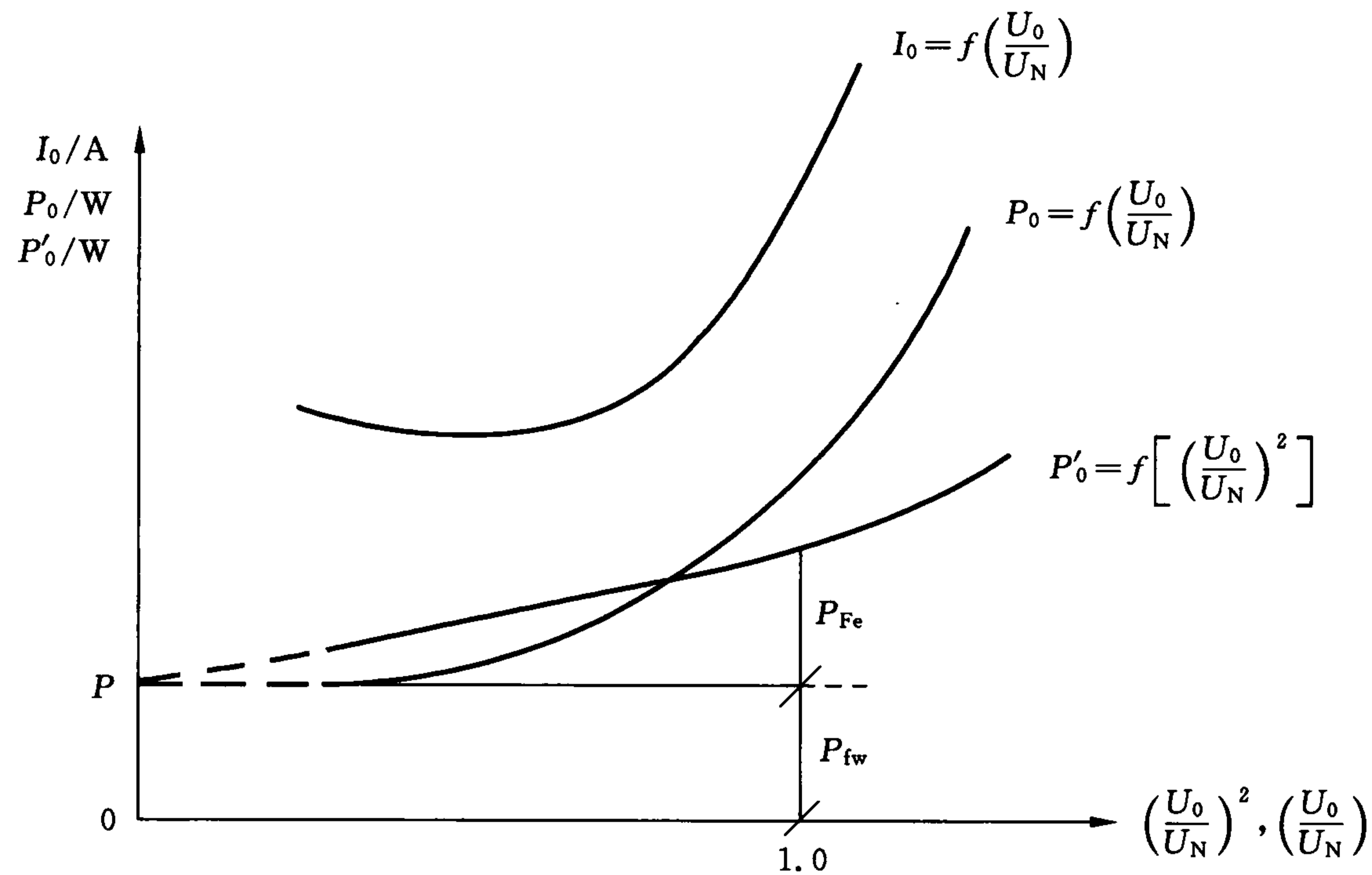


图 2 空载特性曲线

6.1.2.3.3.3 三相空载电流中任何一相与三相电流平均值的不平衡率按式(12)计算。

$$\epsilon_{mI} = \frac{I_0 - I_{av}}{I_{av}} \times 100 \dots\dots\dots (12)$$

式中:

ϵ_{mI} ——三相电流不平衡率,%;

I_{av} ——三相电流平均值,单位为安培(A)。

6.1.2.3.4 检验结果判定

三相电流不平衡率符合 5.2.1.10 的规定。

6.1.2.4 转子滑行时间

6.1.2.4.1 测量要求

转子滑行时间测定应在电机空载试验后进行。

6.1.2.4.2 测量方法

电机空载运行稳定后(或空载试验完成后),断电停机并开始计时,至电机转子完全停转为止,所计时间为转子滑行时间。

6.1.2.4.3 检验结果判定

转子滑行时间符合 5.2.1.6 的规定。

6.1.2.5 超速试验

6.1.2.5.1 测量要求

超速试验应在空载状态下进行。

6.1.2.5.2 测量方法

电机在额定电压和 1.2 倍额定转速下启动运行 2 min, 试验时监视电机转速、电流、电压, 如发现异常应立即停机。

6.1.2.5.3 检验结果判定

超速试验符合 5.2.1.9 的规定。

6.1.2.6 堵转试验

6.1.2.6.1 测量要求

堵转试验应在电机接近实际冷状态下进行。试验时应先试相序, 确定转子旋转方向; 然后将转子堵住, 测取堵转特性。每次堵转连续通电时间不得超过 10 s。

6.1.2.6.2 测量方法

试验应从电机所施最高电压(即 50% 额定电压)开始, 逐步降低电压并观察电流表到小于额定电流时为止, 期间共测 5~7 点, 每点同时测取三相电压 U_k 、三相电流 I_k 、输入功率 P_k 、频率 f 、转矩 T_k 并停机测定子绕组直流电阻 R 。

采用圆图计算法求取最大转矩, 堵转试验应在 2.0~2.5 倍额定电流范围内的某一电流值下进行。

6.1.2.6.3 测量结果计算

6.1.2.6.3.1 额定电压下的堵转电流 I_{kN} [单位为安培(A)]按下述作图法求得。

由于堵转试验最大电压低于 0.9 倍额定电压, 应作 $\lg I_k = f(\lg U_k)$ 曲线, 从最大电流的延长线查得 I_{kN} (见图 3)、堵转特性曲线(见图 4)。

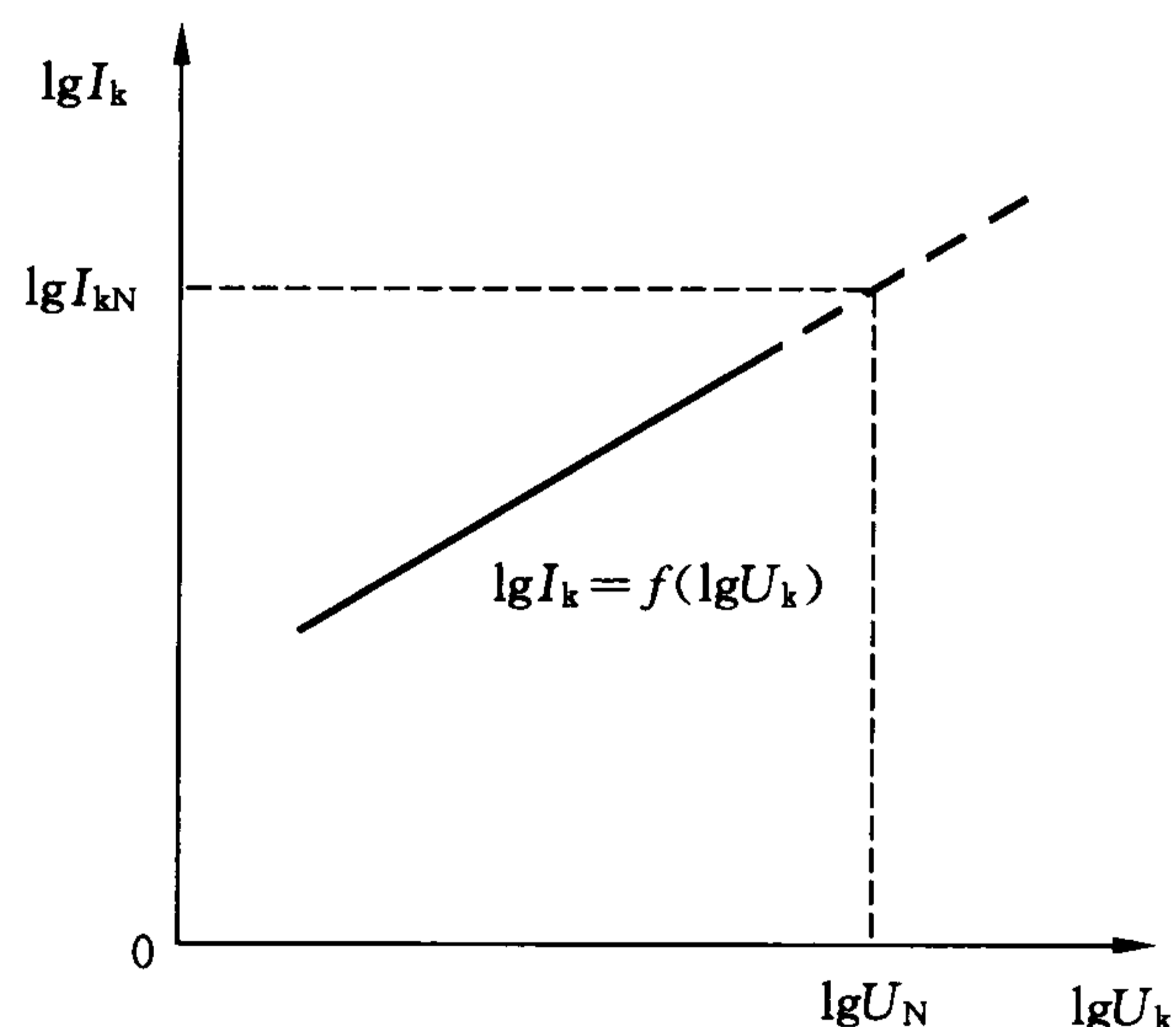


图 3 堵转电流特性曲线

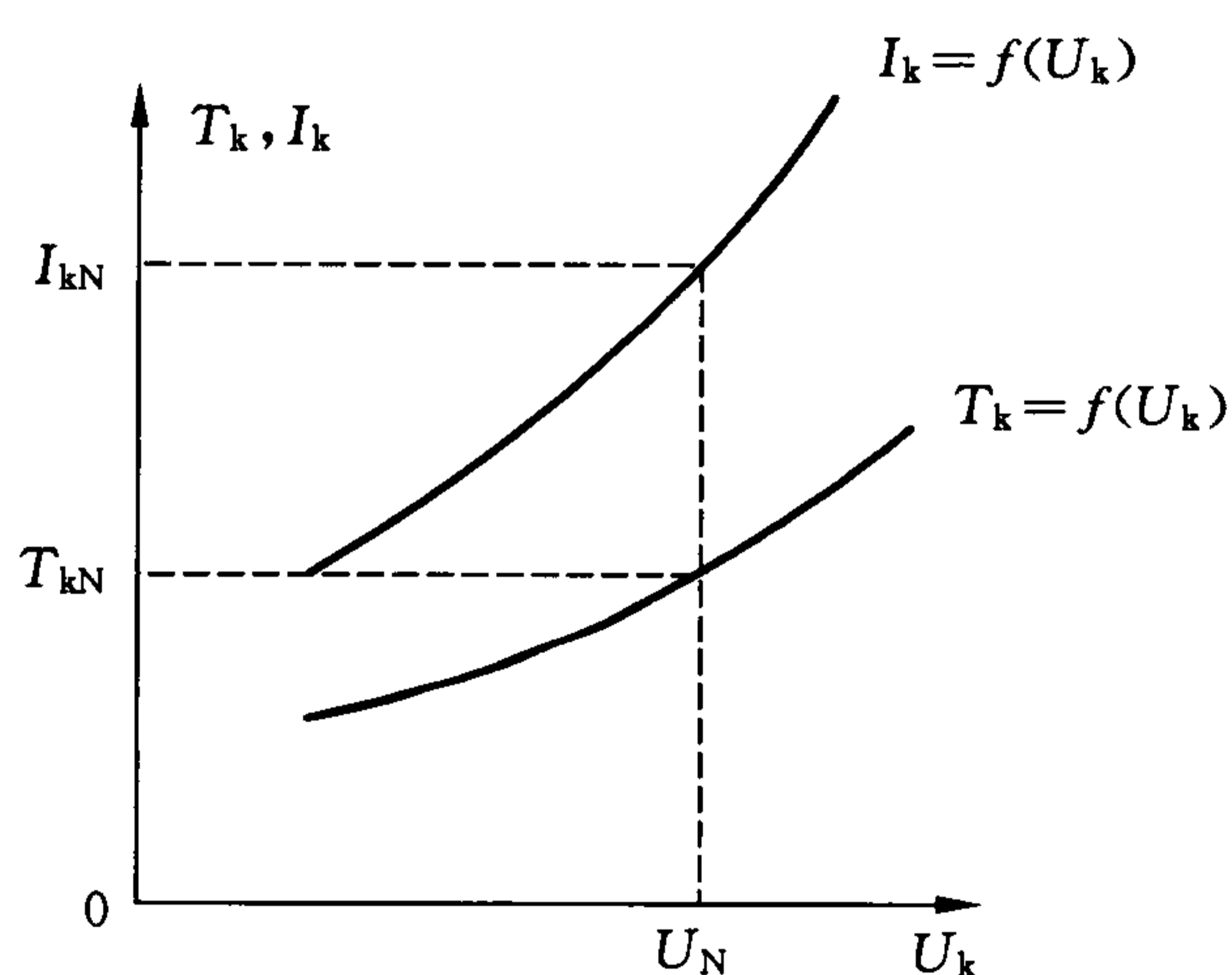


图 4 堵转特性曲线

6.1.2.6.3.2 额定电压下的堵转转矩 T_{kN} 按式(13)计算。

$$T_{kN} = T_k \left(\frac{I_{kN}}{I_k} \right)^2 \dots\dots\dots (13)$$

式中:

T_k ——实测堵转转矩, 单位为牛顿米(N·m), $T_k = 9.55 \times \left(\frac{P_k - P_{kCu1} - P_{kS}}{n_s} \right)$;

P_k ——堵转时的输入功率, 单位为千瓦(kW);

- P_{kCu1} ——堵转时定子绕组损耗,单位为千瓦(kW);
- I_{kN} ——额定电压下堵转电流,单位为安培(A);
- P_{kS} ——堵转时的杂散损耗,取 $P_{kS}=0.05P_k$,单位为千瓦(kW);
- n_s ——电机同步转速, $n_s = \frac{60f}{p}$,单位为转每分钟(r/min);
- f ——实测电源频率,单位为赫兹(Hz);
- p ——电机极对数。

6.1.2.6.4 检验结果判定

$\frac{I_{kN}}{I_N}, \frac{T_{kN}}{T_N}$ 符合表 4 的规定为合格。

6.1.2.7 温升试验

6.1.2.7.1 测量要求

温升试验采用泵负载法或测功机法。冷热态绕组直流电阻应在同一出线端测量。

6.1.2.7.2 测量方法

试验前将测温计固定在电机与保护器之间,下入试验井,放置一段时间使绕组温度与冷却介质温度相同(视温度差大小确定时间);高温电机若在规定使用温度下试验,应将冷却介质升温到规定温度并且使绕组温度与冷却介质温度相同。测量并记录绕组电阻(带试验电缆)和冷却介质温度。

电机用泵做负载或测功机在额定条件下运转 2 h~4 h,并且保证入井介质温度在(室温±2)°C或(规定井温±5)°C范围之内,电机达到稳定温升断电,开始测量绕组直流电阻(带试验电缆)和冷却介质温度。用最短的时间(不超过 30 s)测量断电后第一点绕组直流电阻,以后以相等的时间间隔测量并记录绕组电阻和相应时间。采用外推法作 $\lg R = f(t)$ 曲线,并延长曲线交于纵轴,交点的数据即为断电瞬间的绕组热态直流电阻 R_f (见图 5)。

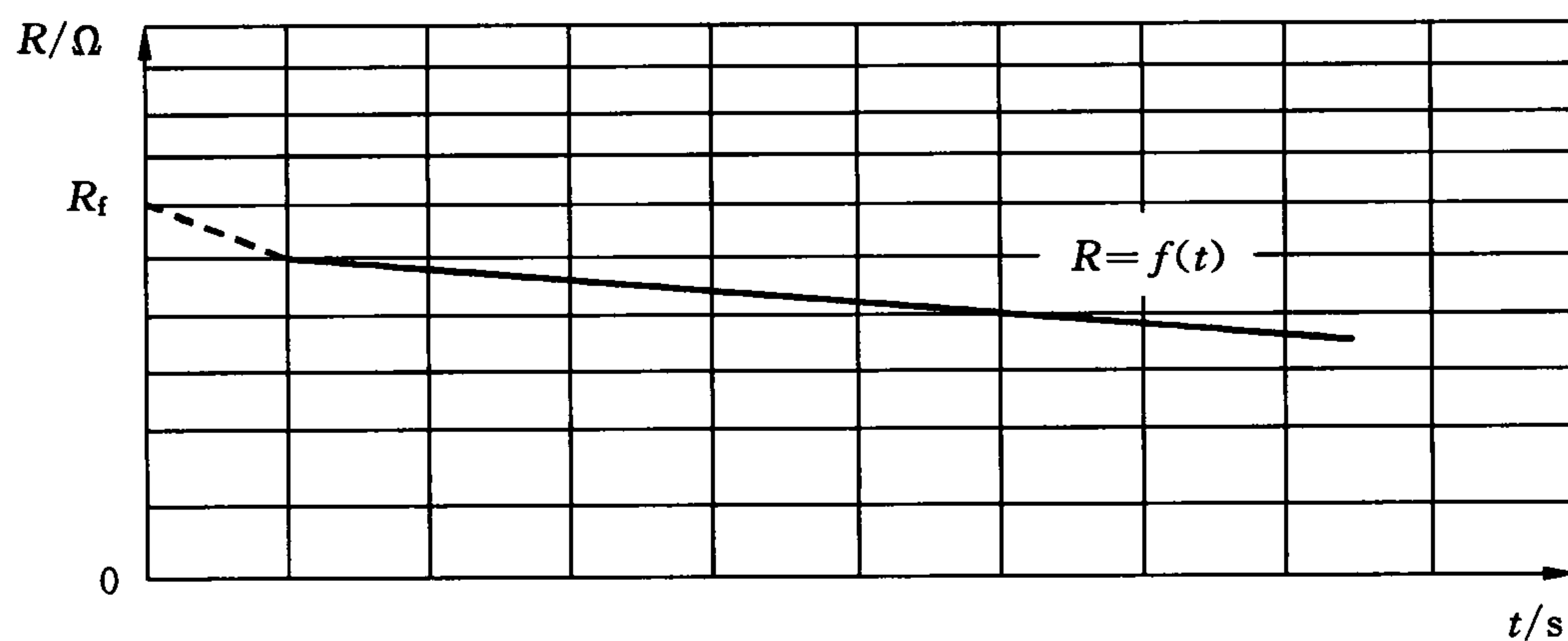


图 5 绕组热态直流电阻测量曲线

6.1.2.7.3 测量结果计算

定子绕组平均温升 $\Delta\theta_1$ 按式(14)计算。

$$\Delta\theta_1 = \frac{R_f - R_0}{R_0} (K_a + \theta_0) + \theta_0 - \theta_f \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$\Delta\theta_1$ ——定子绕组平均温升,单位为开尔文(K);

- R_f —— 试验结束时绕组直流电阻,单位为欧姆(Ω);
- R_0 —— 试验开始时绕组直流电阻,单位为欧姆(Ω);
- θ_f —— 试验结束时冷却介质温度,单位为摄氏温度($^{\circ}\text{C}$);
- θ_0 —— 试验开始时冷却介质温度,单位为摄氏温度($^{\circ}\text{C}$);
- K_a —— 常数,铜绕组 235,铝绕组 225。

电机试验达不到额定电流,应换算到额定功率时的绕组温升 $\Delta\theta_N$ 。

当 $\frac{I_t - I_N}{I_N}$ 在 $\pm 10\%$ 范围内时,按式(15)换算。

$$\Delta\theta_N = \Delta\theta_1 \left(\frac{I_N}{I_t}\right)^2 \left[1 + \frac{\Delta\theta_1 \left(\frac{I_N}{I_t}\right)^2 - \Delta\theta_1}{K_a + \Delta\theta_1 + \theta_f} \right] \dots\dots\dots(15)$$

当 $\frac{I_t - I_N}{I_N}$ 在 $\pm 5\%$ 范围时,按式(16)换算。

$$\Delta\theta_N = \Delta\theta_1 \left(\frac{I_N}{I_t}\right)^2 \dots\dots\dots(16)$$

式中:

- $\Delta\theta_N$ —— 额定功率时的绕组温升;
- I_N —— 满载电流,即额定功率时的电流,单位为安培(A);从工作特性曲线上求得;
- I_t —— 温升试验时的电流,单位为安培(A);取在整个试验过程最后的 1/4 时间内,按相等时间间隔测得的几个电流平均值。

6.1.2.7.4 检验结果判定

额定功率时的绕组温升符合 5.2.1.8 的规定。

6.1.2.8 效率、功率因数、转差率

6.1.2.8.1 测量要求

采用泵负载法或测功机法测量电机工作特性曲线,即电机在额定电压和额定频率下,电机实测输入功率 P_{mi} 、定子电流 I_1 、效率 η_m 、功率因数 $\cos\varphi$ 及转差率 S_{ref} 与电机输出功率 P_{mu} 的关系曲线(见图 6)。

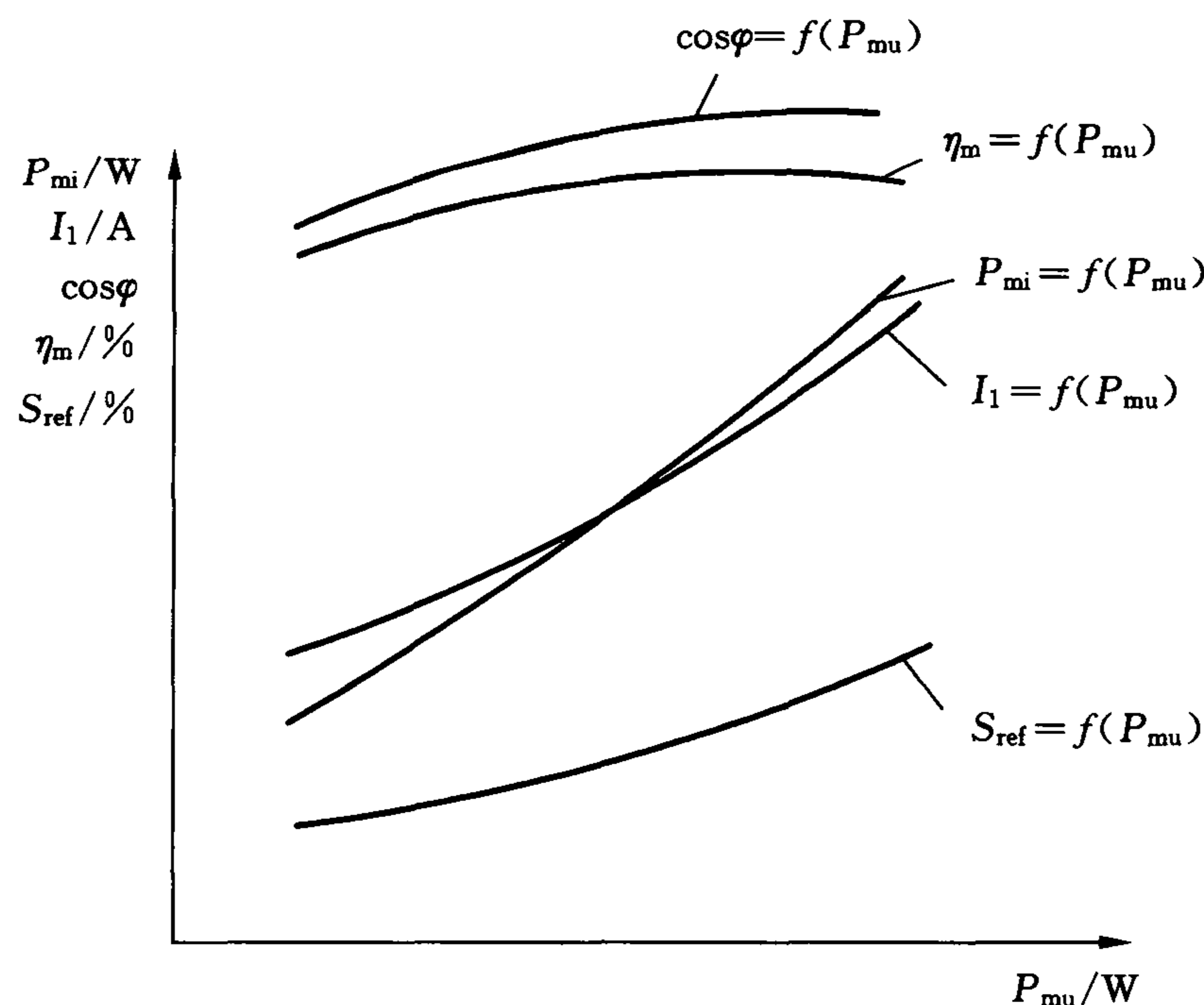


图 6 电机工作特性曲线

6.1.2.8.2 测量方法

6.1.2.8.2.1 泵负载法

电机应在额定电压、额定频率、额定排量规定的工作温度和流速下启动运行 2 h~4 h, 运行期间保证入井冷却介质温度在规定工作温度的±5 °C 范围内。输入功率稳定后开始测量。

离心泵的试验宜从零流量开始, 至少要试到大流量点的 115% (大流量点是指泵工作范围内大于规定流量的边界点)。

混流泵、轴流泵和漩涡泵的试验应使阀门从全开状态开始, 至少试到小流量点的 85% (小流量点是指泵工作范围内小于规定流量的边界点)。Q_{min}、小流量点、额定点、大流量点、Q_{max}, 其中测 13 点以上。小流量点、额定点、大流量点为必测点。

每点同时记录三相电压、三相电流、输入功率、转速、频率、流量、泵出口压力、泵出入口介质温度。

转速测量建议采用感应线圈法或振动测速仪: 感应线圈法是将一只带铁心的多匝线圈密封后, 紧贴在被试电机的上端或下端, 线圈与磁电式检流计相连, 测量检流计光标摆动次数及所需时间; 振动测速仪是将振动测速仪的传感器吸附在试验管路上, 即可测量电机转速。

停机后应测量定子绕组电阻并用外推法修正到断电瞬时的电阻。

6.1.2.8.2.2 测功机法

试验时, 被试电机应达到热稳定状态, 并且加规定工作温度的冷却水, 其流速为工作流速。电机施加 1.25 倍的额定功率, 然后逐渐降低电机功率至 0.25 倍额定功率为止, 测取 6~8 点, 其中额定功率点为必测点。测量时同时记录三相电压、三相电流、输入功率、转速、转矩和冷却介质温度。

6.1.2.8.3 检验结果计算

6.1.2.8.3.1 效率按式(17)计算。

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

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。

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

式中:

$\sum P$ ——总损耗, 单位为千瓦(kW);

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

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);

$$R_{1ref} = R_f \frac{K_a + \theta_{ref}}{K_a + \theta_f}$$

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);

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

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。

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

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。

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

式中:

$\cos\varphi$ ——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($\cos\varphi$)、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60s。

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_{1ref} , 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。

$$I_{0R} = \frac{P_0 - P_{fw}}{3U_N} \dots\dots\dots(21)$$

6.1.2.10.3.2 空载电流的无功分量按式(22)计算。

$$I_{0X} = \sqrt{I_0^2 - I_{0R}^2} \dots\dots\dots(22)$$

6.1.2.10.3.3 堵转电流按式(23)计算。

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

6.1.2.10.3.4 堵转功率按式(24)计算。

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

6.1.2.10.3.5 堵转电流的有功分量按式(25)计算。

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

6.1.2.10.3.6 堵转电流的无功分量按式(26)计算。

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

6.1.2.10.3.7 最大转矩倍数 K_T 按式(27)计算。

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

式中:

取 $C=0.9$

K_T ——最大转矩倍数;

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

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

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

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

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

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

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

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

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。

6.1.2.10.4 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,观察有无气泡及泄漏。

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 密封试验

密封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。机械密封检验时将压力为 0.035 MPa 干燥气体送入密封腔内，持续时间 5 min；螺纹密封检验时将压力为 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，观察有无气泡及泄漏。

6.1.3.1.2 检验结果判定

符合 5.2.2.2 和 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。启动试验电机运行 5 min，观察并记录功率，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 潜油电泵在额定电压、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。

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

式中:

H ——扬程,单位为米(m);

P_2 ——泵出口压力,单位为帕斯卡(Pa);

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)。

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。

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

式中:

P_1 ——泵入口压力,单位为帕斯卡(Pa);

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。

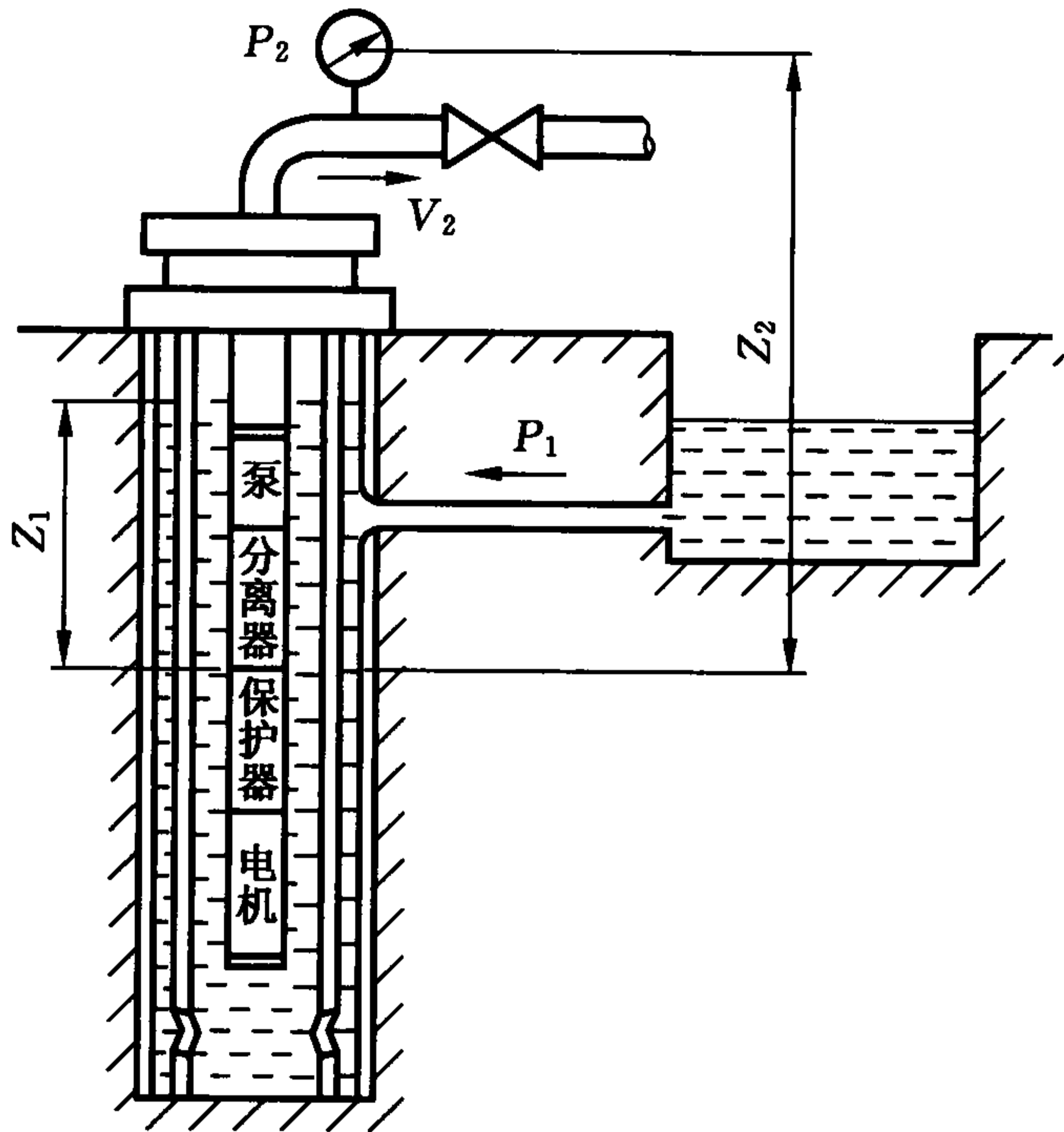


图7 I号井况示意图

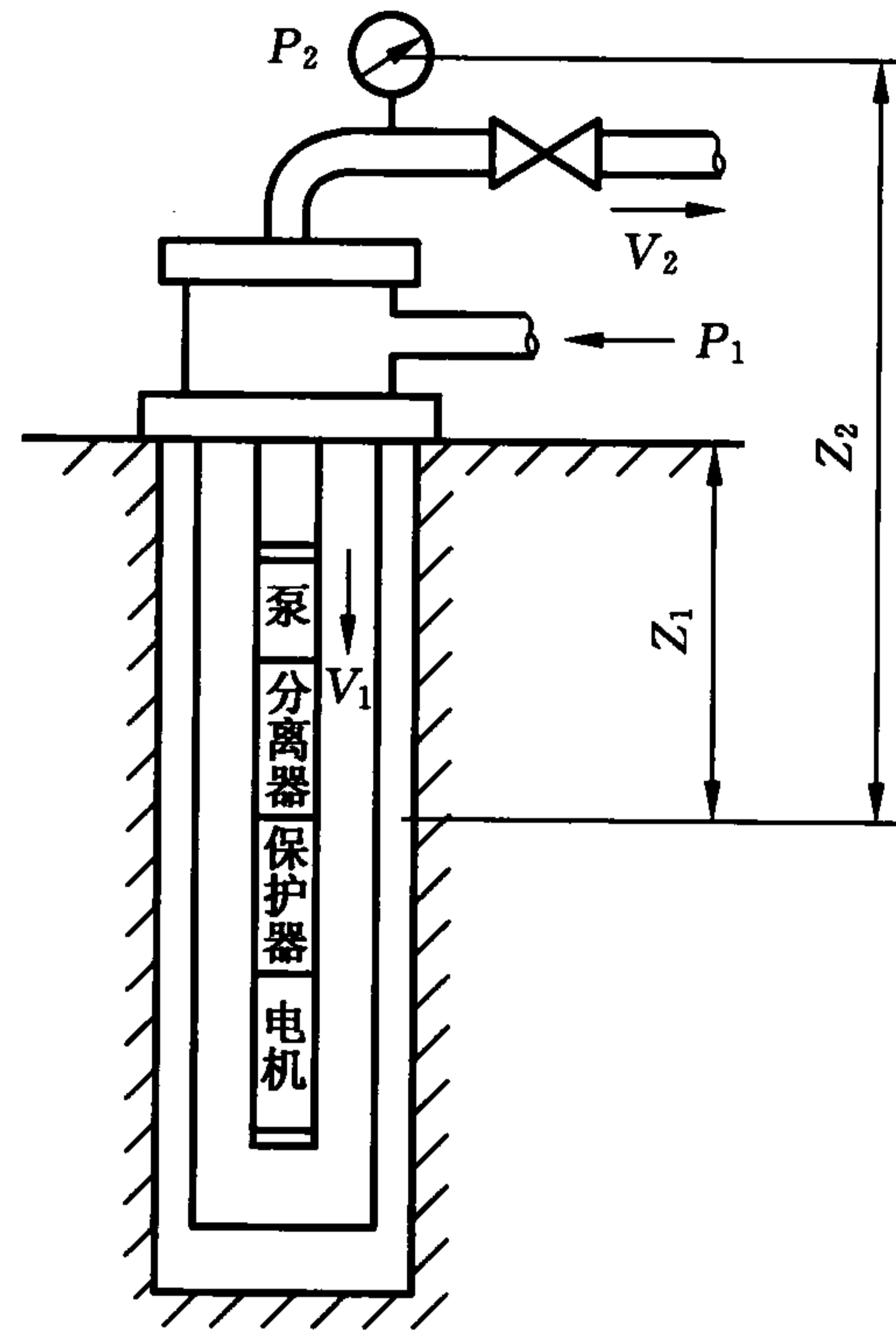


图8 II号井况示意图

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)。

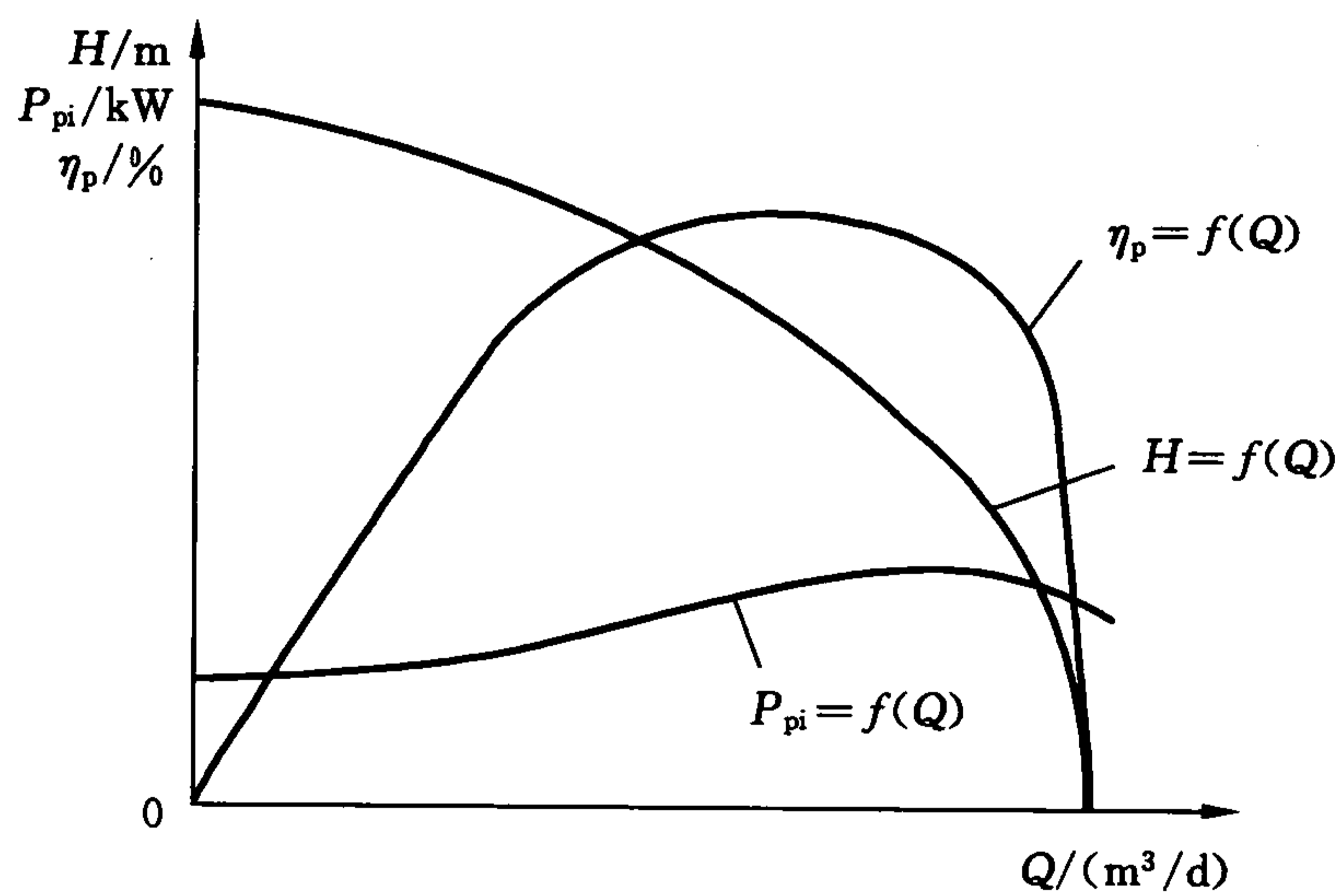


图9 潜油泵性能曲线

6.1.4.1.3.4 泵轴功率按式(31)计算。

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

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(18)计算。

6.1.4.1.3.5 泵效按式(32)计算。

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

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/m^3);

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

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)。

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

式中:

H_0 —— 泵扬程,单位为米(m);

Q_0 —— 泵流量,单位为(m^3/d);

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。

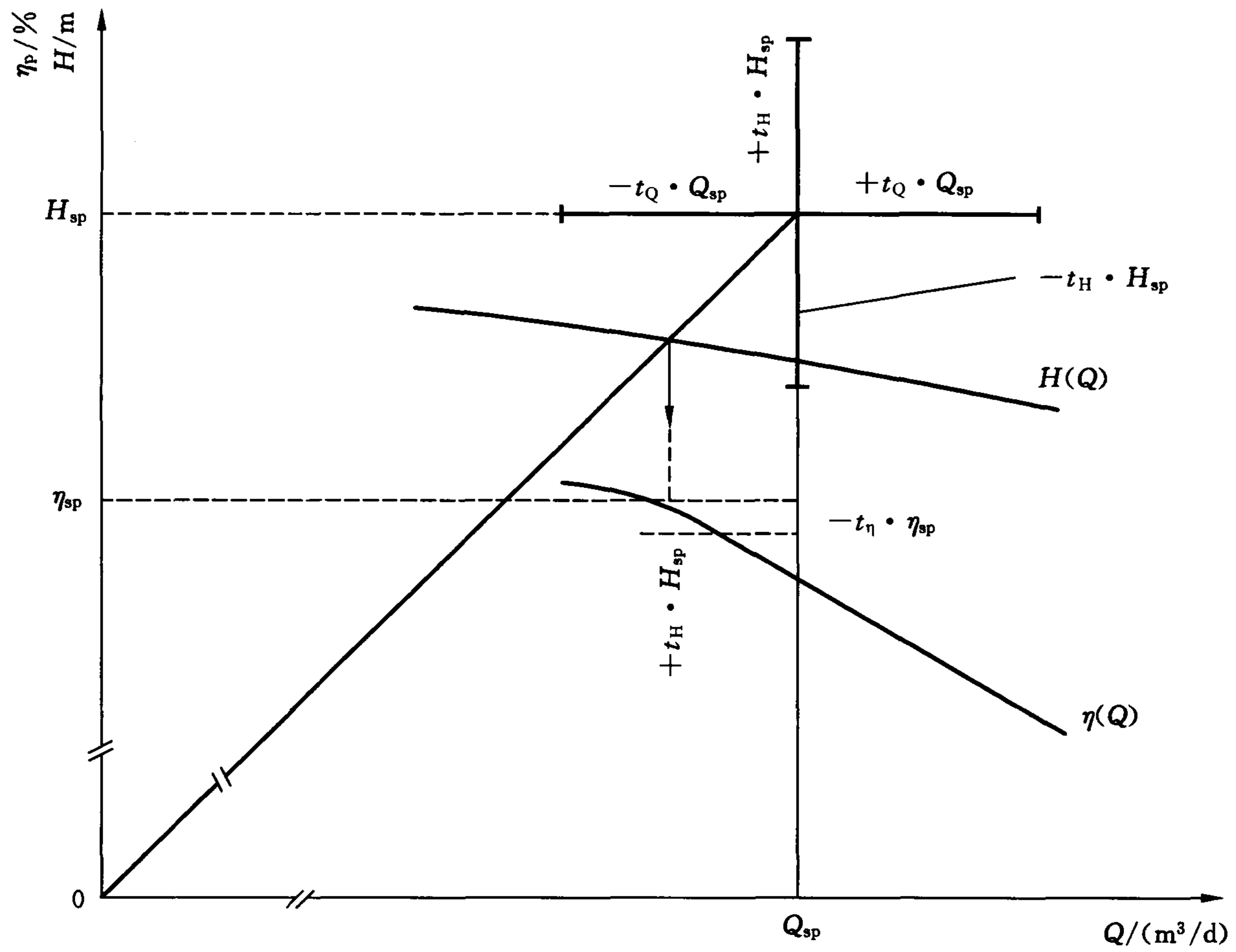


图 10 对流量、扬程和效率的保证的证实

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。

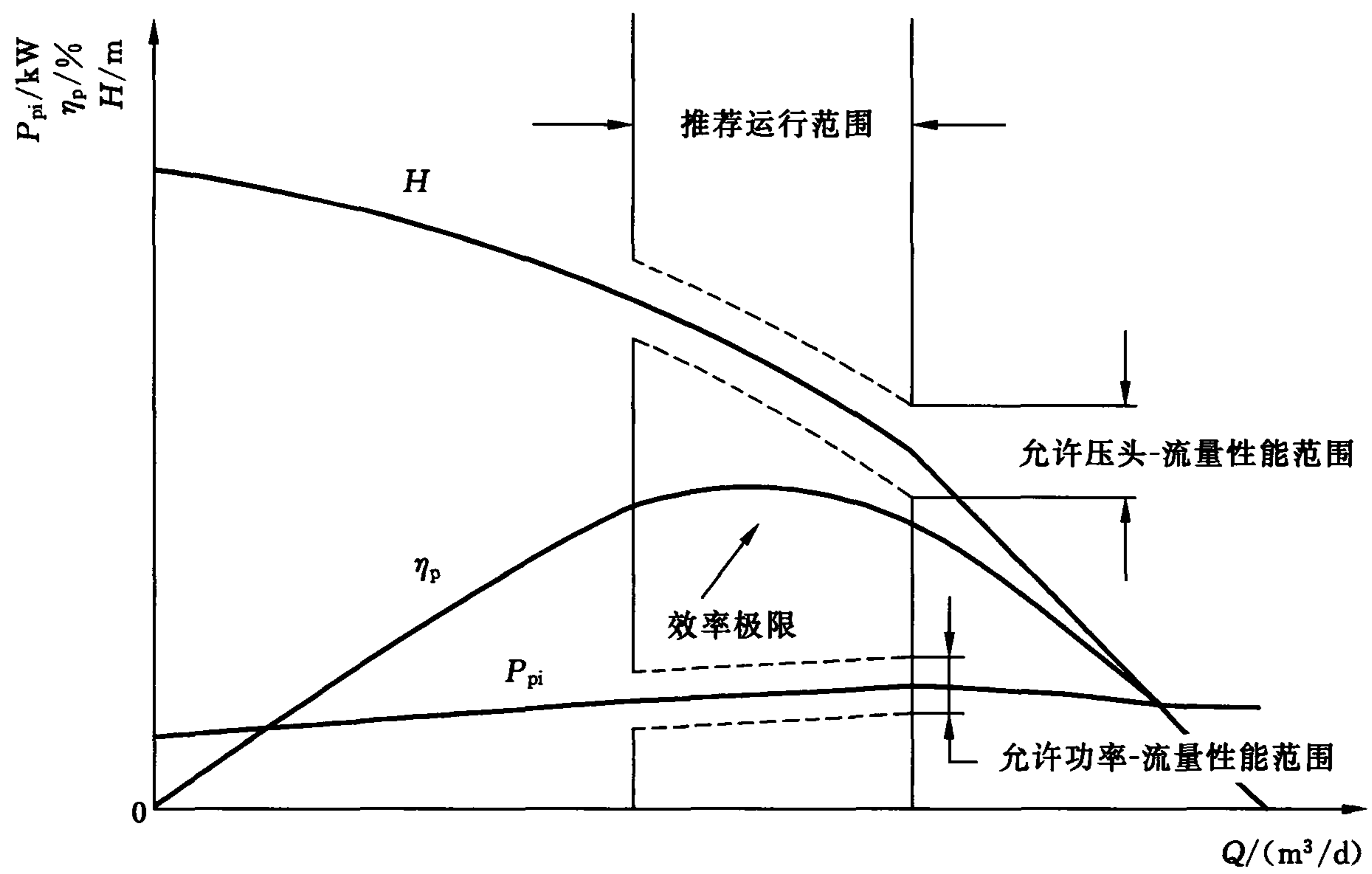


图 11 带有公差表示的典型泵特性曲线

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。泵试验验收极限见表 24。

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 $\pm 5\%$, 流量 $\pm 5\%$	推荐的运行范围
轴功率-流量曲线	轴功率 $\pm 8\%$	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 $\pm 20\%$ 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。

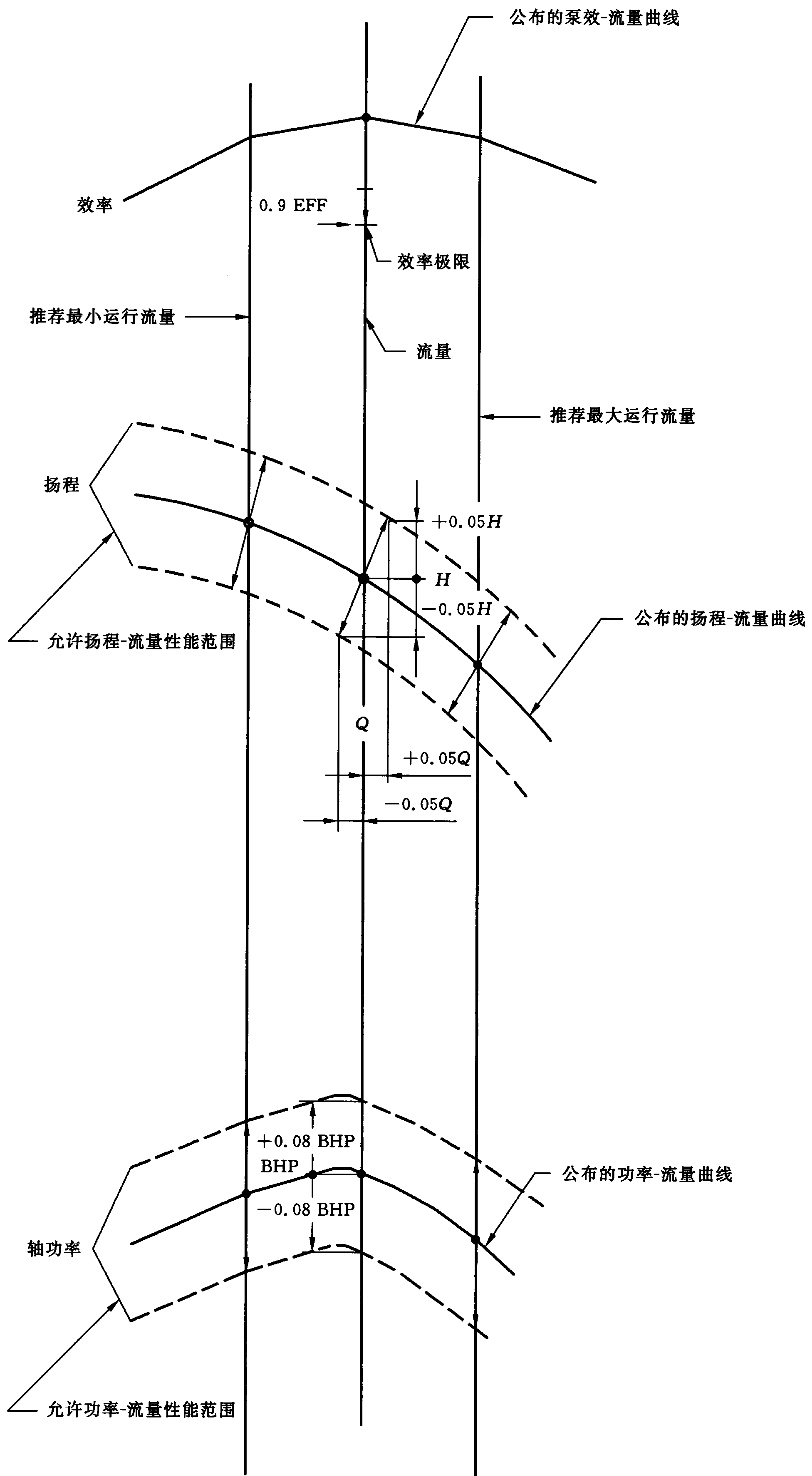


图 12 按特性曲线得出的泵试验验收极限

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

用卡尺测量电缆外形尺寸。

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根据 GB/T 528 取样,将所取试样制成 5~10 个哑铃试片(见图 13)。试片的厚度应为 $0.8 \text{ mm} \leq \delta \leq 2.0 \text{ mm}$ (δ 为试片厚度),试片尺寸见表 25(一般用 2 型试片)。

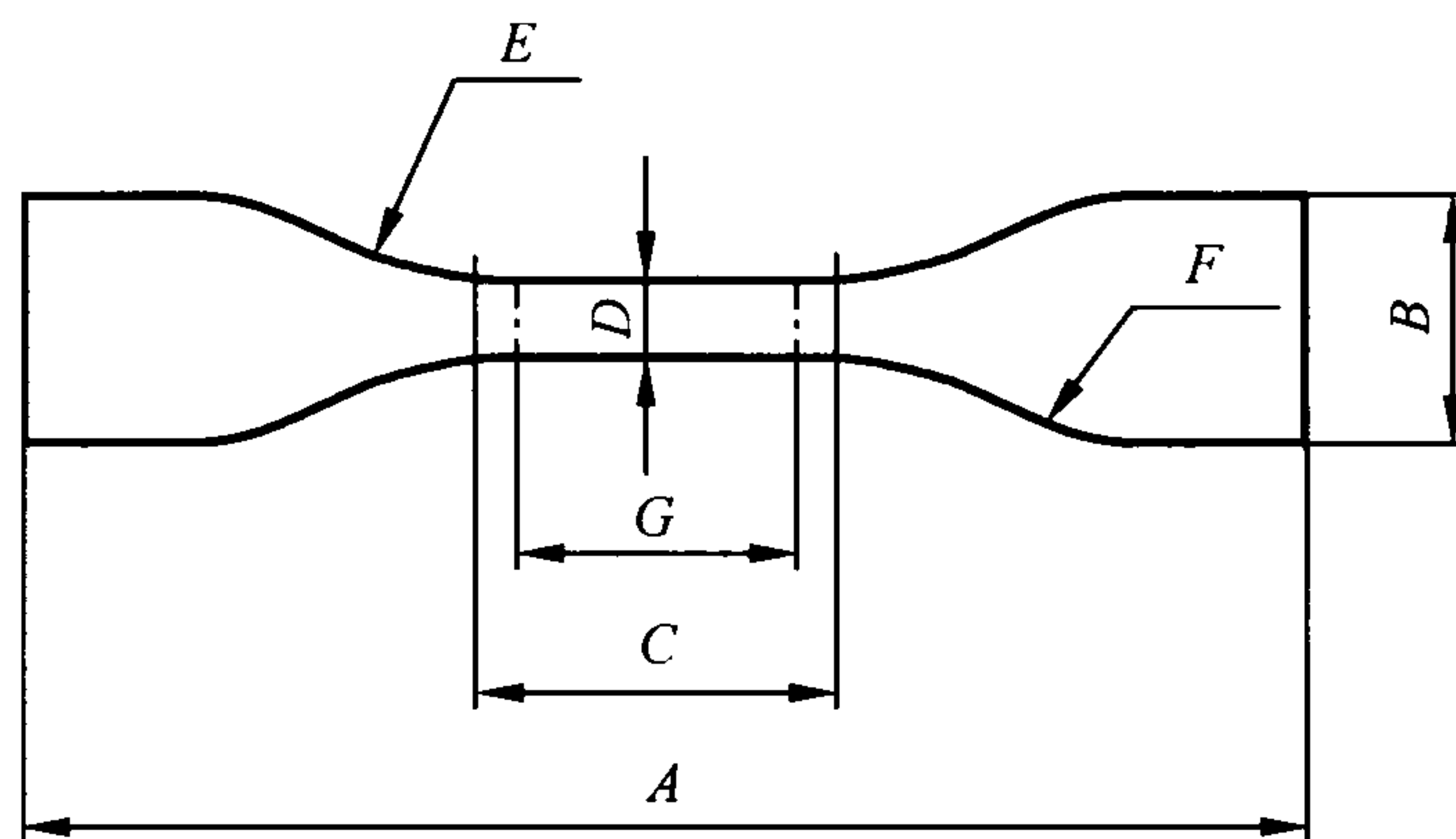


图 13 哑铃试片

表 25 哑铃状试样用裁刀尺寸

单位为毫米

尺寸	1 型	1A 型	2 型	3 型	4 型
A 总长度(最小) ^a	115	100	75	50	35
B 端部宽度	25.0±1.0	25.0±1.0	12.5±1.0	8.5±0.5	6.0±0.5
C 狭窄部分长度	33.0±2.0	20.0 ⁺² ₀	25.0±1.0	16.0±1.0	12.0±0.5
D 狭窄部分宽度	6.0 ^{+0.4} ₀	5.0±0.1	4.0±0.1	4.0±0.1	2.0±0.1
E 外侧过度边半径	14.0±1.0	11.0±1.0	8.0±0.5	7.5±0.5	3.0±0.1
F 内侧过度边半径	25.0±2.0	25.0±2.0	12.5±1.0	10.0±0.5	3.0±0.1
G 试验长度	25.0±0.5	20.0±0.5 ^b	20.0±0.5	10.0±0.5	10.0±0.5

^a 为确保只有两端宽大部分与机器夹持器接触,增加总长度从而避免“肩部断裂”。

^b 试验长度不应超过试样狭窄部分的长度(尺寸 C)。

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)。在两标志线之间取 3 点测试试片厚度,取 3 点中的最小值。

试片在 23 °C ± 5 °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4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。

6.1.5.6.3 测量结果计算

抗张强度按式(34)计算。

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

式中:

σ ——试片的抗张强度,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 ——试片标志线内截面积,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 ——试片的断裂伸长率,%;

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,抗张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,抗张强度和断裂伸长率两项结果均取算术平均值。

6.1.5.6.4 检验结果判定

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(见表13~表17)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 抗张强度变化率按式(36)计算。

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

式中:

TS ——抗张强度变化率,%;

σ_0 ——老化前抗张强度中间值,单位为牛顿每平方米(N/mm²);

σ_1 ——老化后抗张强度中间值,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

抗张强度变化率、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的每一相(另外两相与铠带相连)对地及相间的绝缘电阻。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每千米(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 26 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:

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

式中:

K_t ——测量时温度校正系数,见表 26;

T ——测试温度,单位为摄氏度(°C)。

每千米绝缘电阻按式(39)计算。

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

式中：

R_i ——每千米绝缘电阻,单位为兆欧千米($M\Omega \cdot km$)；

R_{it} ——实测绝缘电阻,单位为兆欧($M\Omega$)；

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 °C 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 °C 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 26；

$K_{15.6}$ ——温度为 15.6 °C 时的温度校正系数;见表 26。

表 26 温度校正系数

温度/°C	温度校正系数	温度/°C	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。

6.1.5.8.5 检验结果判定

换算至 15.6 °C 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。

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 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 采用直流双臂电桥或微欧计测量,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 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时单相的直流电阻 R_{20} ,其中 K_T 是温度校正系数,表 27 规定了在 $t\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时测量导体电阻校正到 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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_U 、 R_V 、 R_W 中的最大值,单位为欧姆(Ω);

R_{20} ——换算 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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($^{\circ}\text{C}$)。

表 27 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 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 电阻温度系数为 $0.004/^{\circ}\text{C}$ 计算的。

三相直流电阻不平衡率按式(43)计算:

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

式中:

- ϵ_{cR} ——三相直流电阻不平衡率, %;
- R_{\max} —— R_U 、 R_V 、 R_W 中的最大值, 单位为欧姆(Ω);
- R_{\min} —— R_U 、 R_V 、 R_W 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 °C 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 °C ± 2 °C 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(接线方式见图 14)。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 ± 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

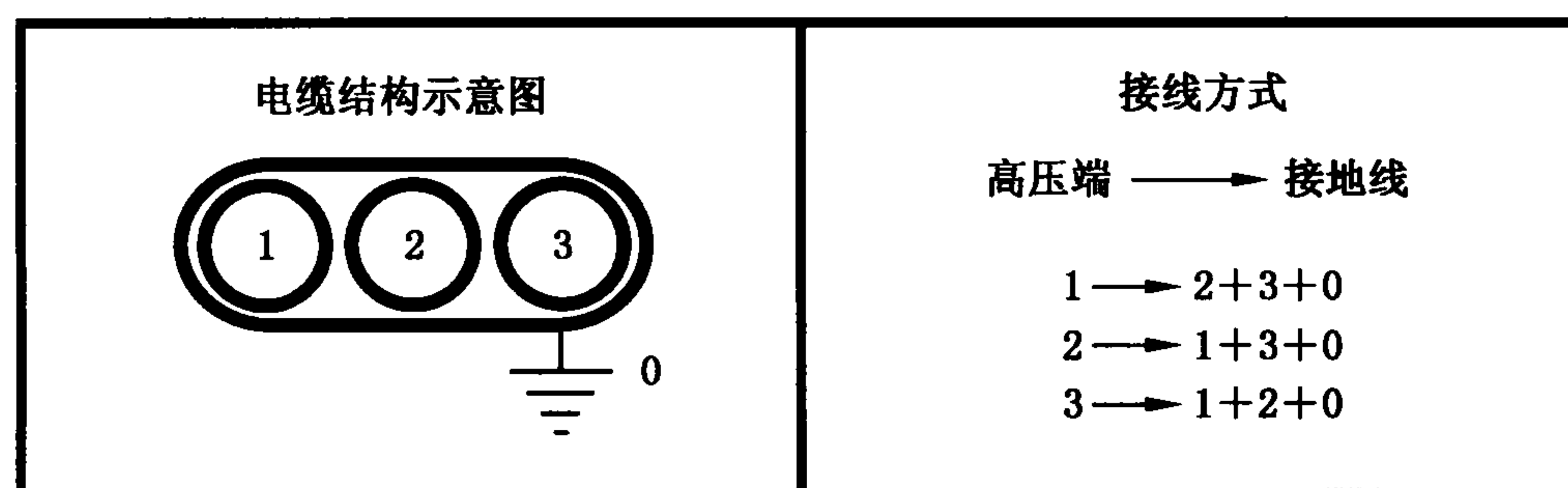
6.1.5.11.1.1 整盘电缆浸入 20 °C ± 2 °C 的恒温水中或在空气中进行, 且保证芯线温度与环境温度平衡。

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(接线方式见图 14)。重复性试验施加为规定电压的 80%。



说明:

- 1、2、3——三相电缆芯线;
- 0 —— 铠带接地。

图 14 潜油电缆直流耐压检验接线图

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(接线方式见图 15),所施加电压为 $3U_0$ (U_0 为相电压),时间 4 h。

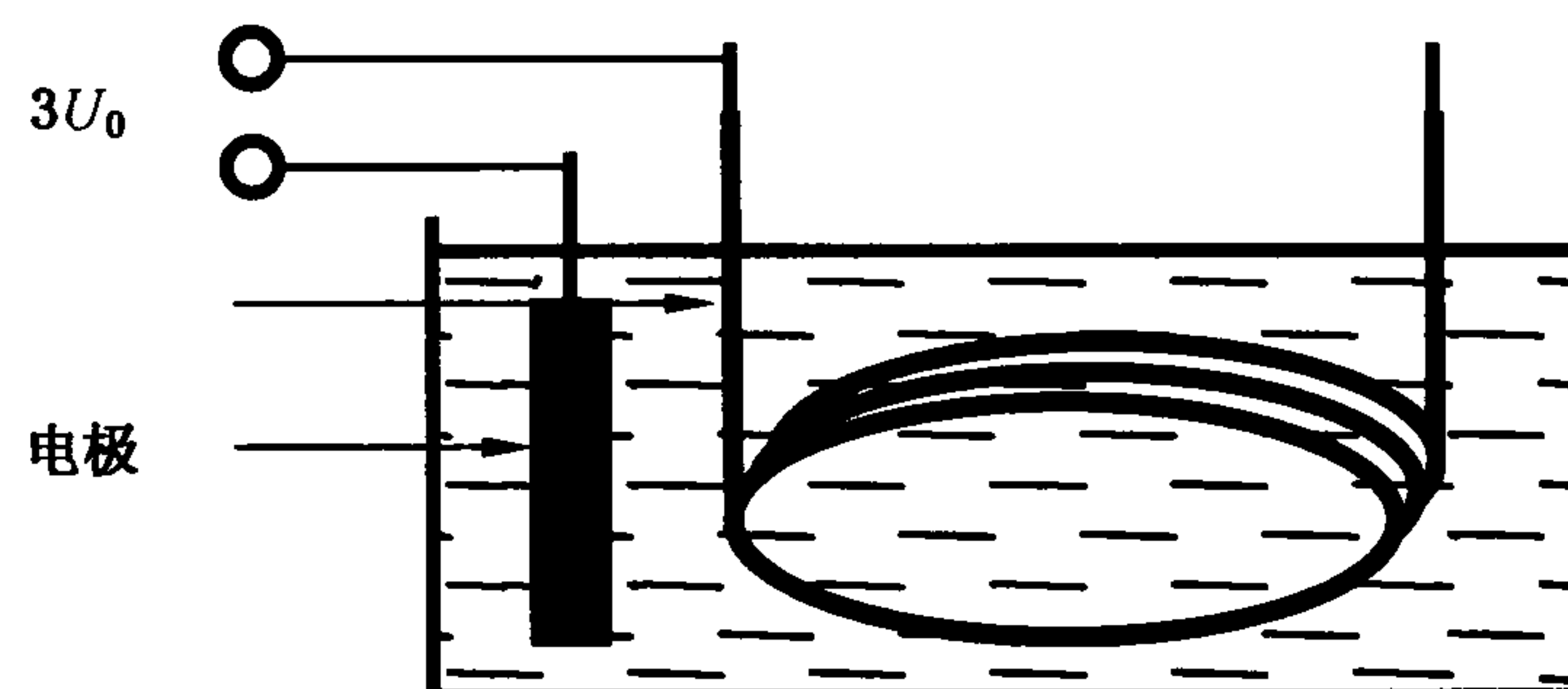


图 15 潜油电缆 4 h 高电压检验接线图

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 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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(接线方式见图 16)。

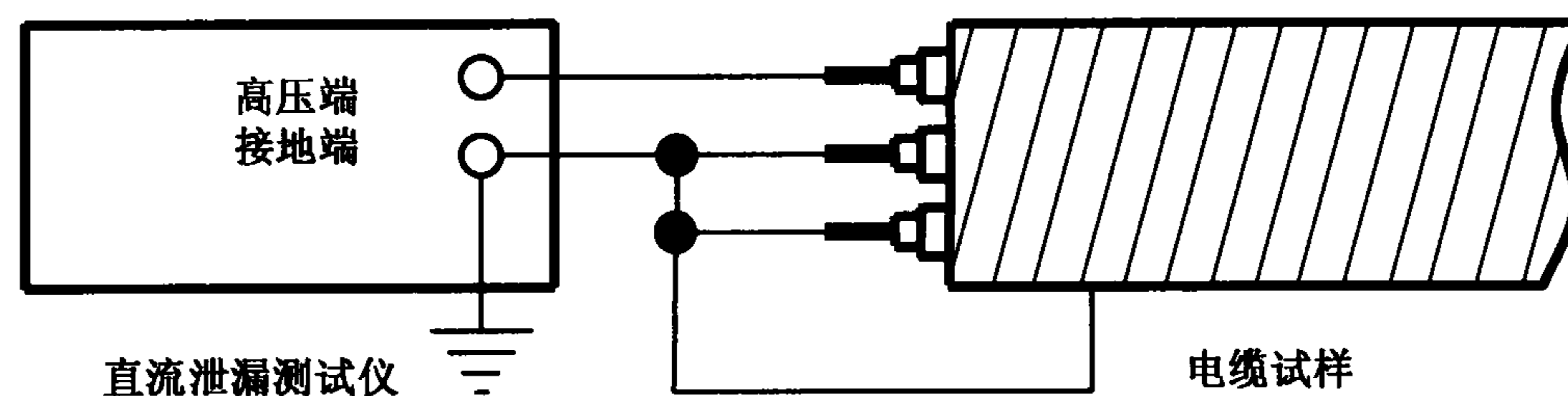


图 16 潜油电缆直流泄漏检验接线图

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。

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 $15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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:

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

式中:

I_B ——标准的直流泄漏电流,单位为微安每千米($\mu\text{A}/\text{km}$);

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:

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

式中:

I'_b ——每千米泄漏电流,单位为微安每千米($\mu\text{A}/\text{km}$);

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 $15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时每千米泄漏电流按式(46)计算:

$$I'_{bt} = \frac{I'_b}{K_t} \quad \dots\dots\dots(46)$$

式中:

I'_{bt} —— $15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时每千米泄漏电流,单位为微安每千米($\mu\text{A}/\text{km}$);

K_t ——测量时温度校正系数,见表 26。

6.1.5.13.6 检验结果判定

$15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 °C 清水、常压容器内。

6.1.5.14.2 测量方法

6.1.5.14.2.1 短样电缆测量方法如下:

- 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 28 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 整盘电缆测量方法如下:

- 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 °C 时测量其对地及相间绝缘电阻。
- d) 恒温 90 °C,2 h 后再测量其对地及相间绝缘电阻。

表 28 电缆试验温度、压力

井下环境 温 度 °C	电缆导体长期 工作温度 °C	容器内 温 度 °C	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,常规试验在空气或水中进行,型式试验时浸入汽轮机油 HU-20、HU-30、硅油或电机油中,并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通入干燥气体或油,试验压力为 0.35 MPa,保持 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 °C ~ 40 °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。

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

式中:

ϵ_{Tr} ——三相直流电阻不平衡率, %;

R_{tav} ——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 29 的规定,其频率在 45 Hz~55 Hz 之间。重复性试验按表 29 规定电压的 85% 进行。

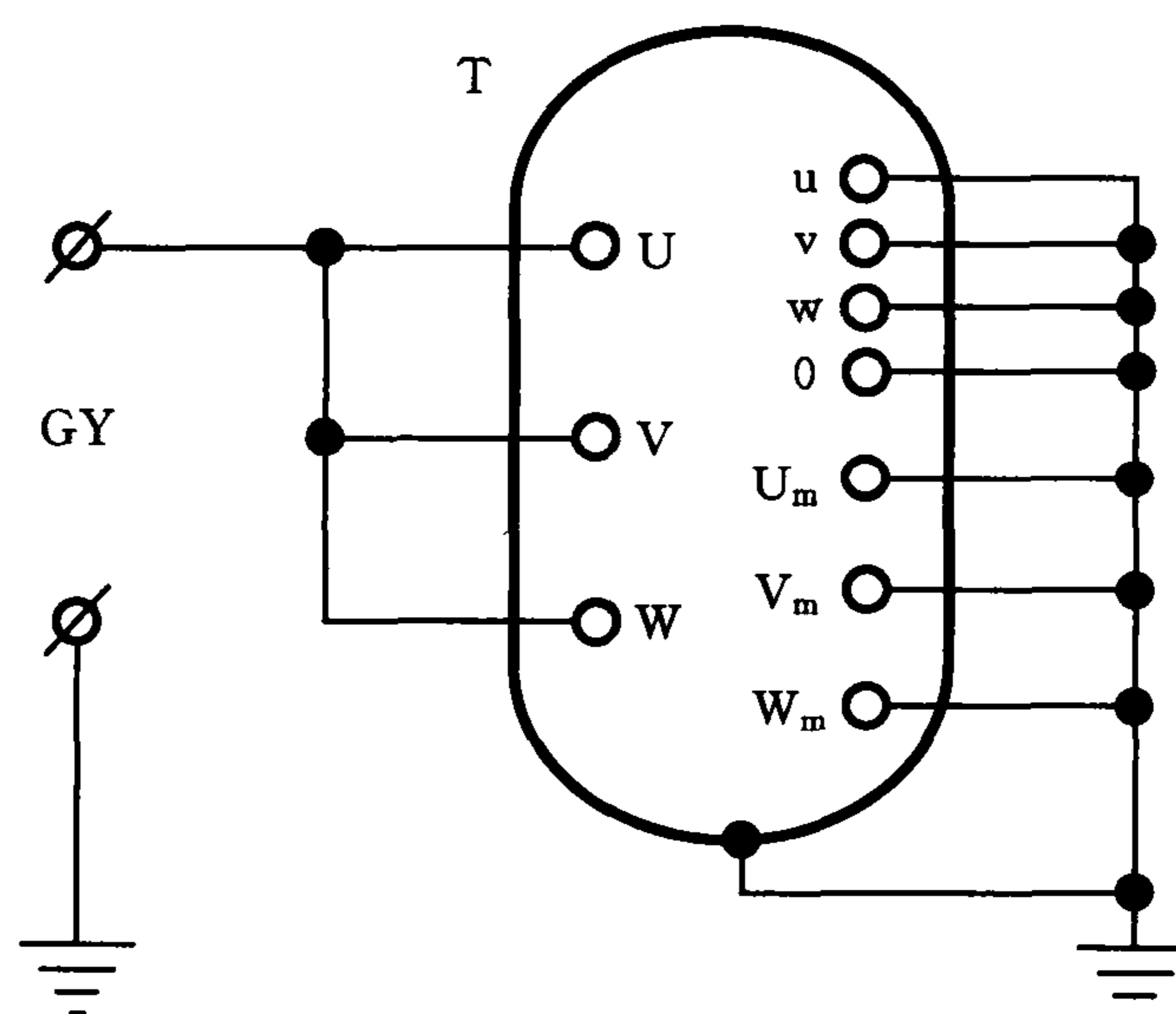
表 29 变压器外施试验电压

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。接线方式见图 17。



说明:

GY —— 外施耐压实验装置;

T —— 被试变压器。

图 17 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。

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

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。

$$P_0 = P_{0m} / (P_{h0} + K_U P_{v0}) \dots\dots\dots(49)$$

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_{h0} ——磁滞损耗与总损耗之比,见表 30;

P_{v0} ——涡流损耗与总损耗之比,见表 30。

表 30 变压器磁滞损耗、涡流损耗与总损耗之比

材料	P_{h0}	P_{v0}
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 °C~40 °C。

6.1.7.8.1.4 油浸式变压器监视油顶层温度,散热器出口温度(称监视部位温升)。在不小于 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 lgR=f(t)曲线,见图 18,确定断电瞬间绕组热态直流电阻 R₂。

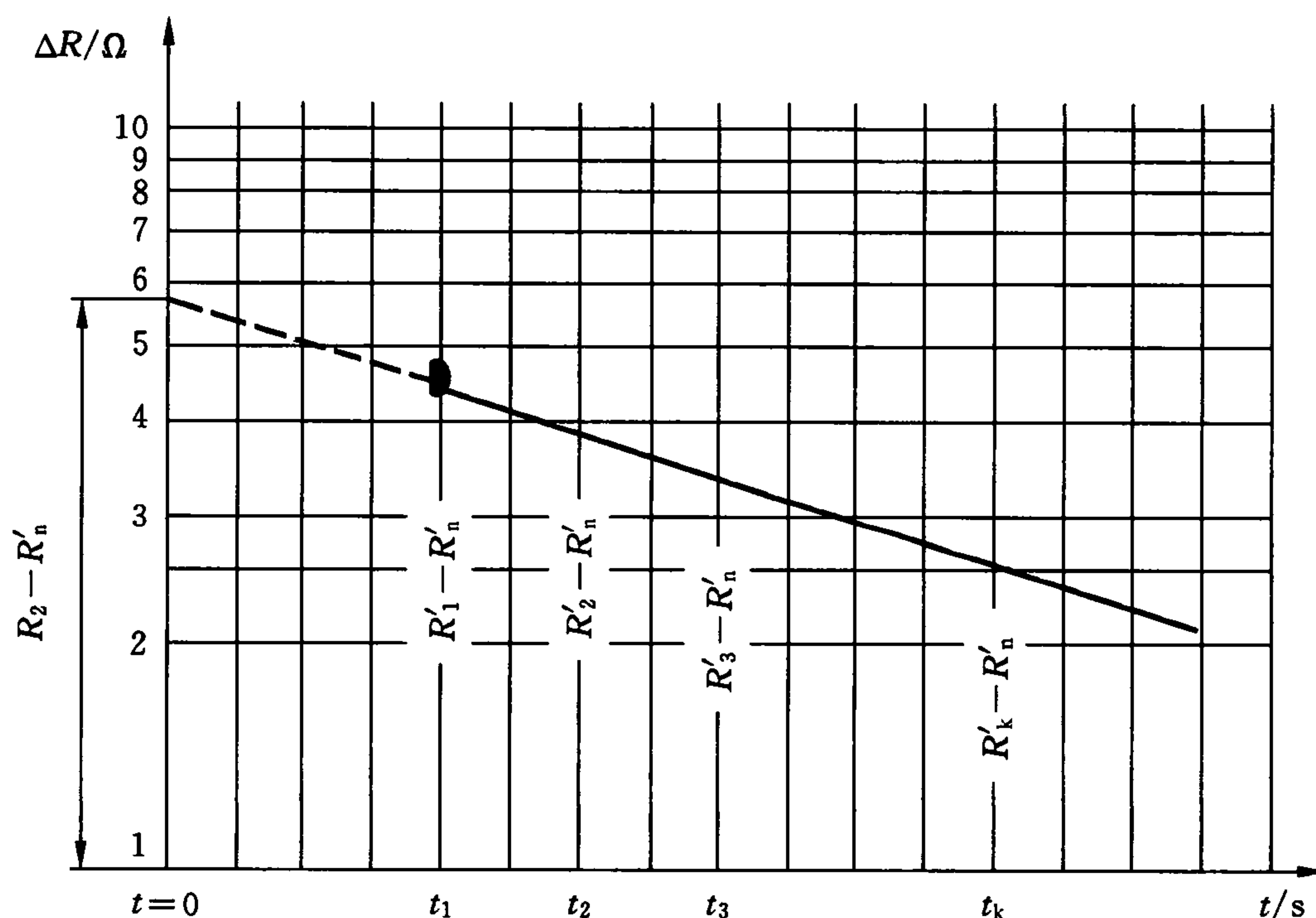


图 18 时间和热电阻差值的曲线

6.1.7.8.3.2 对于油浸式变压器的油顶层温升 τ₁,单位为开尔文(K);按式(50)计算。

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

式中:

θ₁ ——总损耗下温升稳定后的油顶层温度,单位为摄氏度(°C);

θ₀₂ ——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(°C)。

6.1.7.8.3.3 绕组平均温升 τ₂,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($^{\circ}\text{C}$)；

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

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)；

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($^{\circ}\text{C}$)。

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(干式变压器无此项试验)

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(干式变压器无此项试验)

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 工频控制柜

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 $10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 、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 ℃~40 ℃、相对湿度小于 85% 进行,提供实测值。

6.1.8.2.1.2 拆除与中心控制器有关的线路、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。

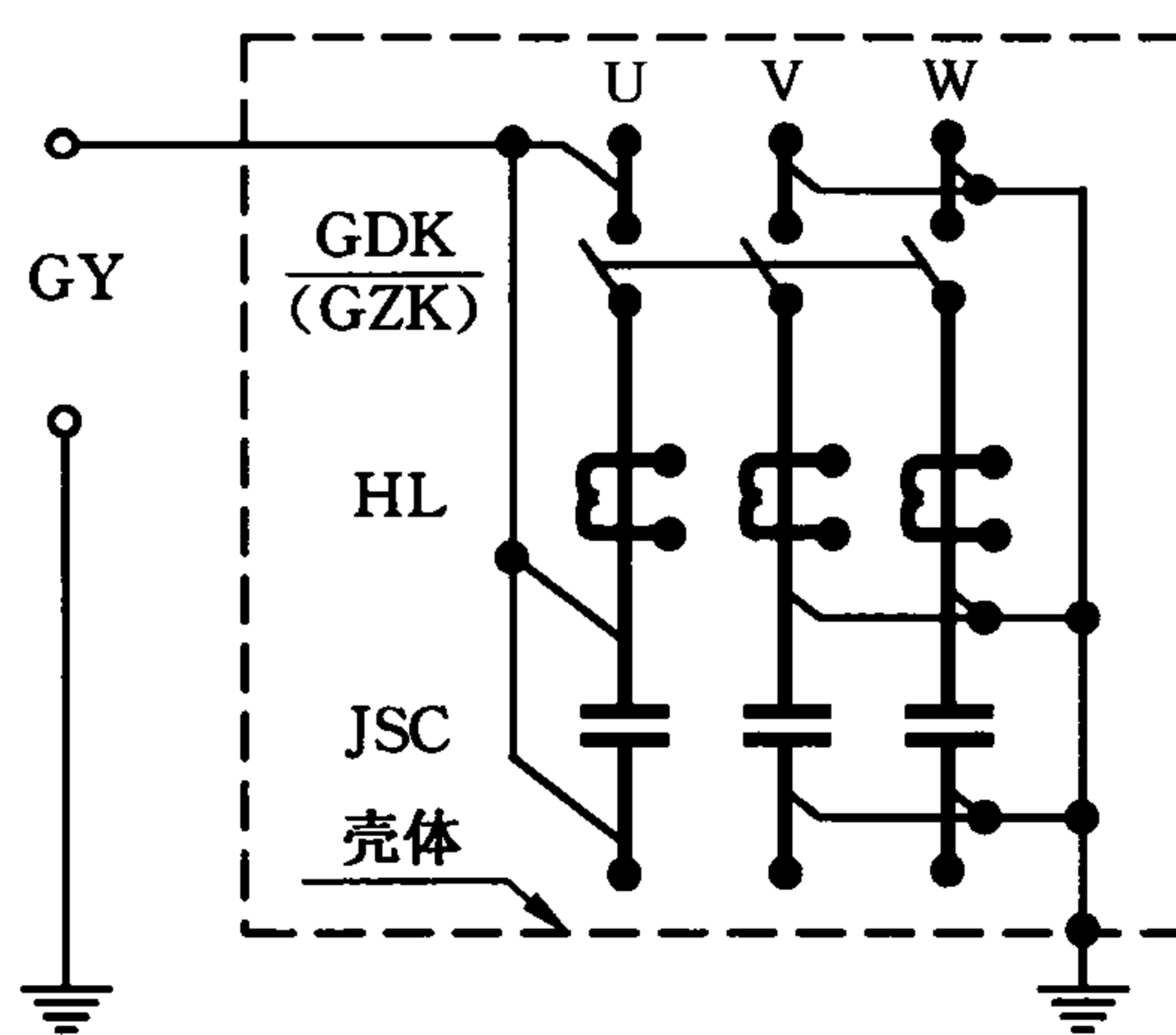
6.1.8.3 主电路工频耐压

6.1.8.3.1 测量要求

6.1.8.3.1.1 保留控制变压器和电压互感器的一次接线的一端,其余各端和与主电路有关的其他控制电路均拆除,短接电流互感器二次侧。电源总开关保持合闸状态,真空接触器保持或等效于吸合状态。

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 测量接线方式见图 19。



说明:

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 —— 工频耐压实验装置。

图 19 工频控制柜主电路工频耐压接线图

6.1.8.3.2 测量方法

6.1.8.3.2.1 对三相主电路分别施加试验电压,其余两相和壳体相连接,并接地。

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 $10\ ^\circ\text{C} \sim 40\ ^\circ\text{C}$ 、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,模拟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值。通入过载电流,检验中心控制器过载保护和延时动作功能。过载停机时实测电流值与设定值的误差应小于或等于 $\pm 2.5\%$,延时时间实测值与设定值的误差应小于或等于 $\pm 1\ \text{s}$ 。

6.1.8.5.2.3 设定欠载电流和欠载动作时间值。通入欠载电流,检验中心控制器欠载保护和延时动作功能。欠载停机时实测电流值与设定值的误差应小于或等于 $\pm 2.5\%$,延时时间实测值与设定值的误差应小于或等于 $\pm 1\ \text{s}$ 。

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

6.1.8.5.2.5 设定欠载延时自动启动时间值 T_S ,检验到设定的欠载延时时间时自动启动功能。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,各项误差符合 6.1.8.5.2 对应项的规定。

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

6.1.10.2.2 测量方法

采用 2 500 V、指示量限不低于 1 000 M Ω 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 31 的规定。

表 31 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

出厂检验项目：

- 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

出厂检验项目：

- 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

出厂检验项目：

- 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

出厂检验项目：

- 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(干式变压器无此项试验)；
- 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(干式变压器无此项试验)。

6.3.7 控制柜

出厂检验项目:

- 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

出厂检验项目:

- 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

6.4.1 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) 当出厂检验结果与上次进行型式检验结果发生不可容许的偏差时;
- d) 停产两年以上(含两年)恢复生产时;
- e) 国家质量技术监督机构提出型式检验要求时。

6.4.2 型式检验项目包括全部出厂检验项目再加试以下项目。

6.4.2.1 电机

全部出厂检验项目再加试以下项目:

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

6.4.2.2 保护器

振动测试。

6.4.2.3 吸入及处理装置

分离器及气体处理器的振动测试。

6.4.2.4 泵

振动测试。

6.4.2.5 电缆

全部出厂检验项目再加试以下项目:

- 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。

6.4.2.6 变压器

温升试验。

6.4.2.7 控制柜

50 Hz 耐电压试验。

6.4.3 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

7.1.1 电机铭牌

铭牌应包括但不限于以下内容：

- 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) 制造厂名称和厂址。

7.1.2 保护器铭牌

铭牌应包括但不限于以下内容：

- 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) 制造厂名称和厂址。

7.1.3 吸入及处理装置铭牌

铭牌应包括但不限于以下内容：

- 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) 制造厂名称和厂址。

7.1.4 泵铭牌

铭牌应包括但不限于以下内容：

- 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) 制造厂名称和厂址。

7.1.5 电缆铭牌

铭牌应包括但不限于以下内容：

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

7.1.6 变压器铭牌

铭牌应包括但不限于以下内容：

- 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) 制造厂名称和厂址。

7.1.7 控制柜铭牌

铭牌应包括但不限于以下内容：

- 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) 制造厂名称和厂址。

7.1.8 接线盒铭牌

铭牌应包括但不限于以下内容：

- 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) 制造厂名称和厂址。

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进行其他防腐蚀处理。

7.2.2 电机、保护器、吸入及处理装置、泵检验合格后，应分别置于金属包装箱内，也可集中放置在一个金属包装箱内。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、接线盒均可用带底座的木质包装箱，也可按用户要求进行包装。

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，并对电缆两端部进行密封，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) 包装外型尺寸；
- g) 收货单位及名称(适用时)；
- h) 发货站(适用时)；
- i) 到货站(适用时)。

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、泵、吸入及处理装置内应做防锈处理。

7.4.2 电缆头应有带密封圈的护盖,并牢固地固定在电缆滚筒内。

7.4.3 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。

7.4.4 控制柜储存过程中应防尘,不得受损或受潮。

7.4.5 潜油电泵机组在储存 12 个月以上时,使用前应按规定进行复检。

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。

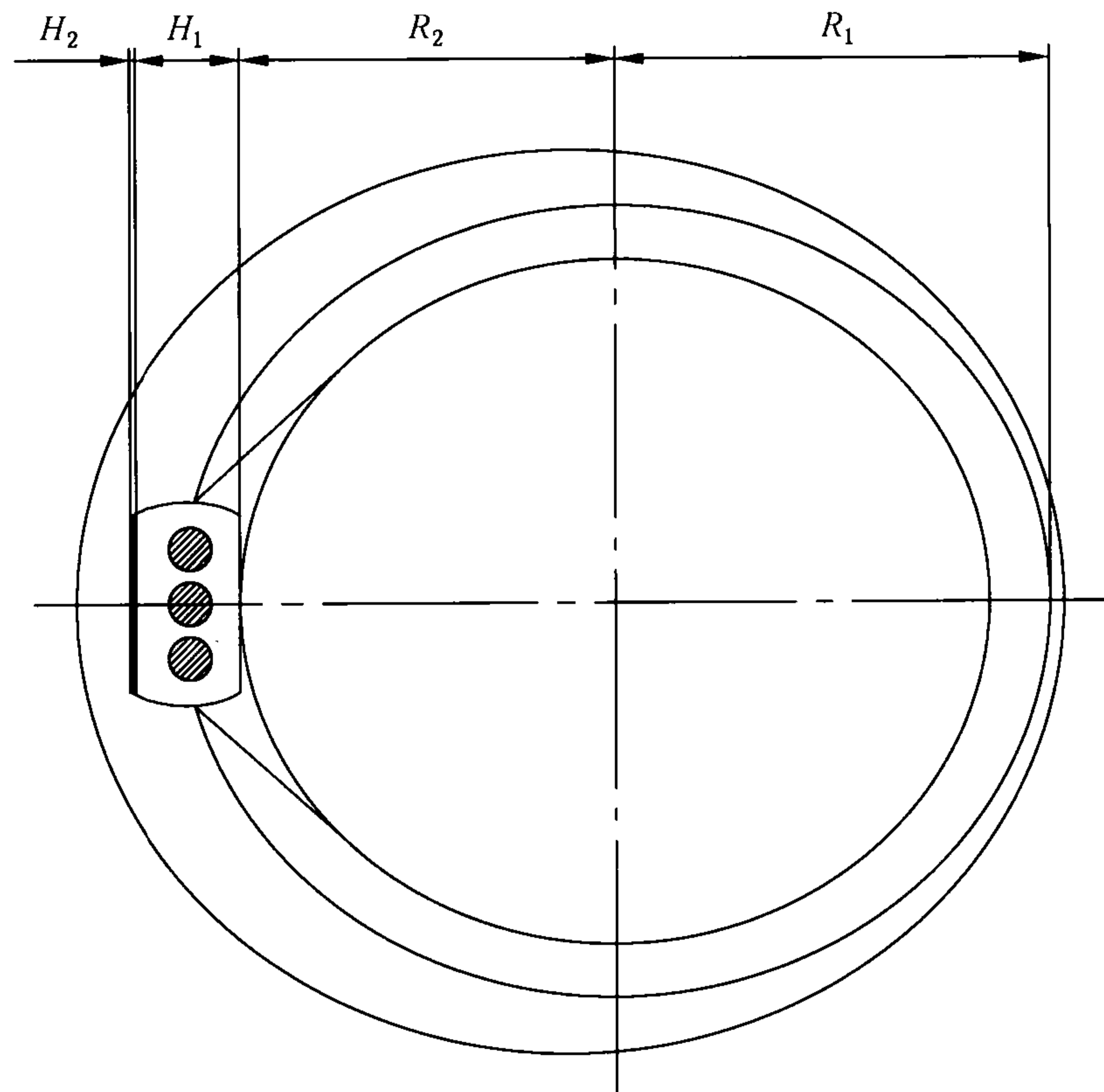


图 A.1 常规潜油电泵机组最大轴向投影

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

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。

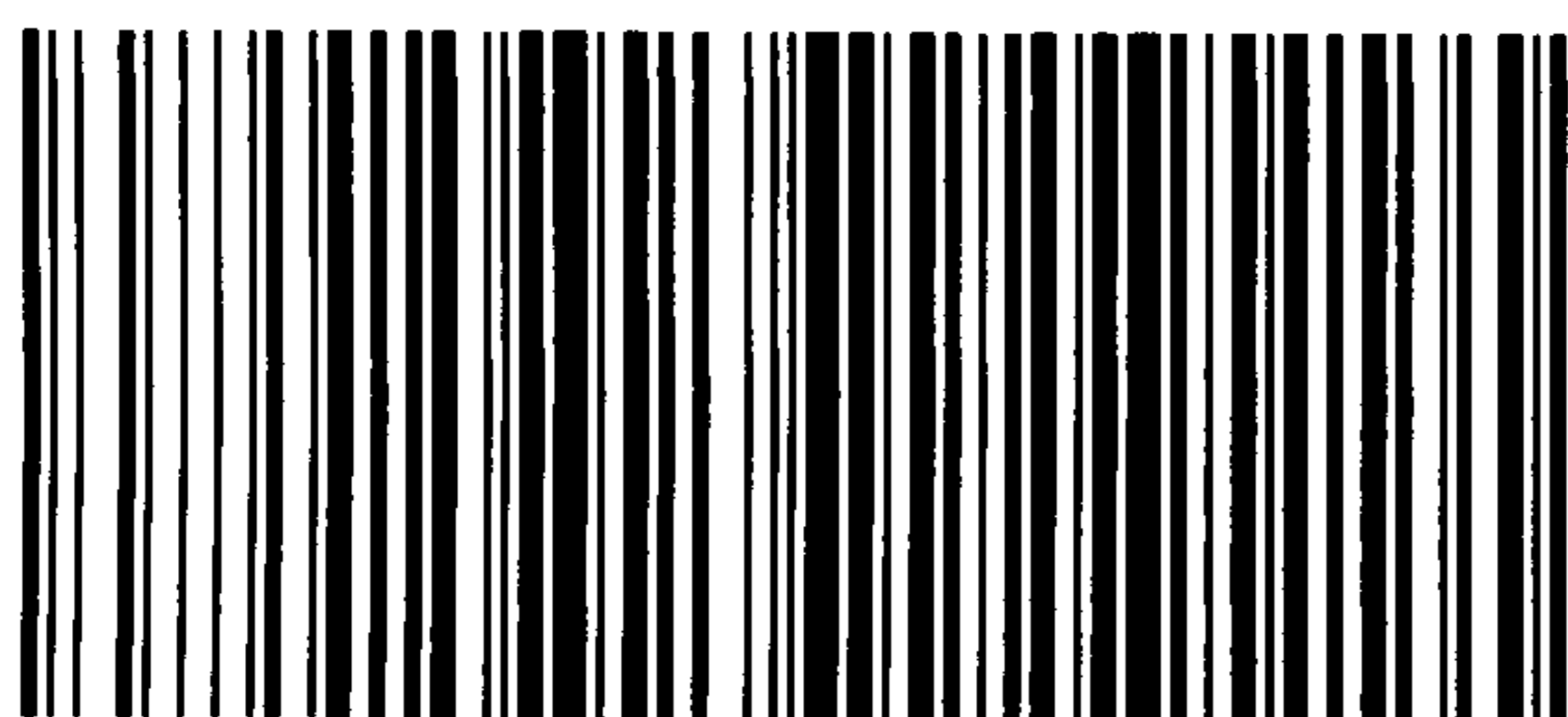
表 B.1 聚丙烯电缆工厂测试, 100%K(15 240 MΩ·km)

导体标称截面/ 线规 mm ² /AWG	导体根数/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)

导体标称截面/ 线规 mm ² /AWG	导体根数/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



GB/T 16750-2015

版权专有 侵权必究

*

书号: 155066·1-54374

定价: 63.00 元

