

# 沉没泵使用手册

OPERATION MANUAL OF SUBMERSIBLE PUMP

大庆市科学技术委员会

# 沉没泵使用手册

编译：裴福钟 黄正秋

审核：冯世功 张斌魁

205232

大庆市科学技术委员会

一九八四年九月



B205232

## 序 言

根据我国石油工业发展的需要,使用沉没泵采油将是今后一个时期内机械采油的重要手段之一。我们根据美国雷达(Reda)公司和森垂立夫特(Centrilift)公司的《沉没泵服务手册》,编译了这本综合性的《沉没泵使用手册》。全书共10章,较系统地叙述了沉没泵的结构、工作原理、型号规格、配套设施、选泵计算方法、安装和检修、运行和维护以及其它的性能曲线等。

本书适合于油田开发设计人员,在现场从事沉没泵安装与维护保养的技术人员、机械采油工人阅读和参考。

本书由冯世功、张斌魁、孙学龙审核定稿,由黄正鹏、陆永祥负责编辑出版,并得到了大庆油田勘探开发研究院制图室的大力协助,在此一并表示衷心的感谢。

由于水平有限,时间仓促,错误难免,希读者指正。

编 译 者

一九八四年九月

# 目 录

<b>第一章  沉没泵管柱的组成</b> .....	( 1 )
§ 1—1 沉没泵管柱的组成部分 .....	( 1 )
§ 1—2 多级离心泵 .....	( 2 )
§ 1—3 保护器 .....	( 9 )
§ 1—4 电动机 .....	( 12 )
§ 1—5 气体分离器 .....	( 18 )
§ 1—6 变压器 .....	( 18 )
§ 1—7 配电盘 .....	( 35 )
§ 1—8 井下压力监测装置 .....	( 47 )
§ 1—9 接线盒 .....	( 47 )
<b>第二章  安装、修理沉没泵需用工具、仪表及材料</b> .....	( 49 )
§ 2—1 雷达公司泵的专用工具、仪表、材料及零配件 .....	( 49 )
§ 2—2 森垂立夫特公司沉没泵专用工具材料和零配件 .....	( 69 )
<b>第三章  电缆连接</b> .....	( 79 )
§ 3—1 雷达公司的电缆连接方法 .....	( 79 )
§ 3—2 森垂立夫特公司的电缆连接方法 .....	( 98 )
<b>第四章  标准沉没泵和级联沉没泵的安装程序</b> .....	( 102 )
§ 4—1 雷达公司沉没泵的现场安装 .....	( 102 )
§ 4—2 森垂立夫特公司的沉没泵的现场安装 .....	( 151 )
<b>第五章  技术资料</b> .....	( 158 )
§ 5—1 电动机的电阻 .....	( 158 )
§ 5—2 电缆电阻 .....	( 160 )
§ 5—3 电动机和电缆的电阻值计算 .....	( 161 )
§ 5—4 电缆卡子的选用 .....	( 161 )
§ 5—5 扁电缆型号及规格的说明 .....	( 162 )
§ 5—6 不平衡电流的计算 .....	( 162 )
§ 5—7 不平衡电压 .....	( 164 )
§ 5—8 电动机启动转矩的计算 .....	( 164 )
§ 5—9 电动机运行与电源频率的关系 .....	( 166 )
§ 5—10 设备安装尺寸的计算 .....	( 166 )
§ 5—11 变压器的连接 .....	( 167 )
§ 5—12 配电盘和变压器的安装 .....	( 167 )
§ 5—13 沉没泵的极限压力(扬程) .....	( 172 )
§ 5—14 配电盘变压器、电流互感器的连接 .....	( 173 )

<b>第六章</b>	<b>压力和温度测量仪表的运行与修理</b>	(174)
§ 6—1	PHD装置	(174)
§ 6—2	PSI装置	(176)
<b>第七章</b>	<b>沉没泵的选择与应用</b>	(185)
§ 7—1	一般知识	(185)
§ 7—2	沉没泵的选择	(191)
<b>第八章</b>	<b>沉没泵的维护和修理</b>	(202)
§ 8—1	沉没泵的检查	(202)
§ 8—2	沉没泵的检修程序	(203)
§ 8—3	沉没泵的运行和运行卡片分析	(210)
<b>第九章</b>	<b>工程图表</b>	(225)
§ 9—1	雷达公司沉没泵(2915转/分,50赫)的性能	(225)
§ 9—2	森垂立夫特公司沉没泵的性能	(226)
§ 9—3	雷达公司的电动机(50赫)的性能	(227)
§ 9—4	森垂立夫特公司544系列电动机的规范 套管直径(6 $\frac{3}{8}$ 英寸)	(229)
§ 9—5	美国石油学会(API)管材	(230)
§ 9—6	比重校正	(232)
§ 9—7	API度或波美度、比重、重度和磅/加仑当量表	(234)
§ 9—8	不同直径的套管选泵规范	(236)
§ 9—9	沉没泵的技术数据	(237)
§ 9—10	油水比重	(238)
§ 9—11	粘度换算	(239)
§ 9—12	赛波特通用粘度与温度的关系	(241)
§ 9—13	液体流速与排量的关系	(242)
§ 9—14	沉没泵电动机功率的选择	(243)
§ 9—15	液体的量法与重量、压力与压头的换算	(244)
§ 9—16	常用单位换算	(245)
<b>第十章</b>	<b>沉没泵性能曲线</b>	(247)
§ 10—1	雷达泵性能曲线	(247)
§ 10—2	森垂立夫特泵性能曲线	(281)

# 第一章 沉没泵管柱的组成

## § 1—1 沉没泵管柱的组成部分

电动离心沉没泵（以下简称沉没泵）由七个部分组成：电动机、多级离心泵、保护器、电力电缆、电动机延伸扁电缆、配电盘和自耦变压器（一个三相变压器或三个单相

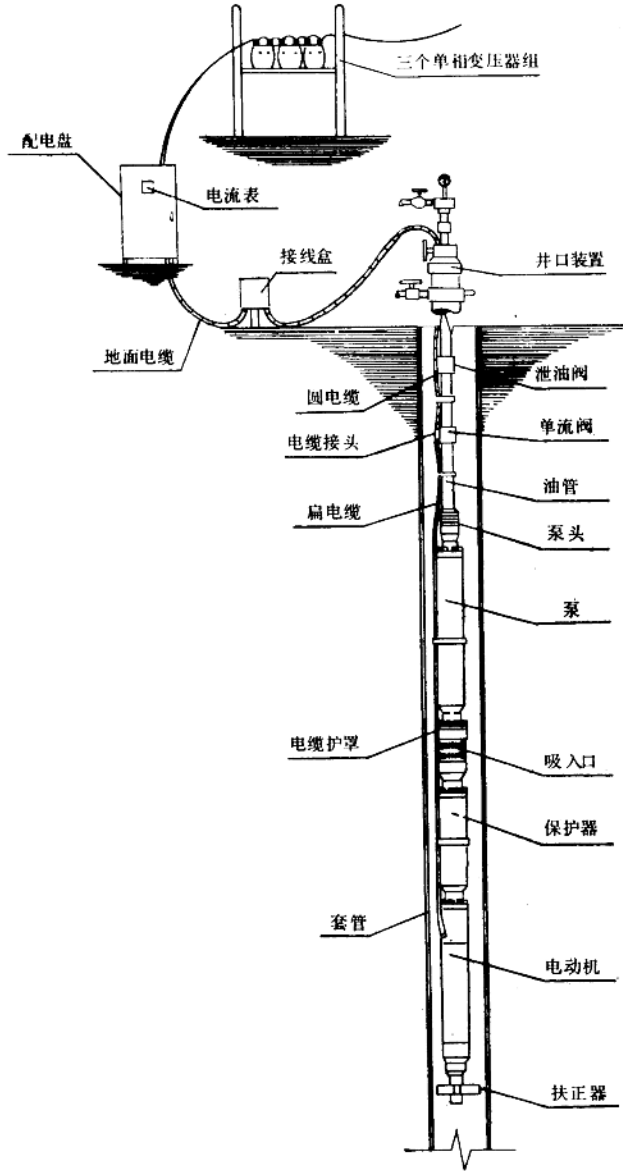


图 1—1 沉没泵的标准安装示意图

变压器组)。除此之外,在安装时还配有电缆卡、电缆滚筒、缆筒支架、减震器和电缆导轮等辅助设施。与其配套的还有扁电缆护罩、单流阀、泄油阀、扶正器、电动机护罩和电缆护罩等。

沉没泵的标准安装见图1-1。井下部分(自下而上)主要有扶正器、电动机、保护器、泵吸入口、电缆护罩、泵体、泵头、小扁电缆、油管、单流阀和泄油阀;地面部分主要有井口装置、接线盒、地面电缆、电流计、配电盘和变压器。

### § 1—2 多级离心泵

沉没泵系一种多级离心泵,每一级都由一个旋转叶轮和固定扩压器(即导轮—译者注)组成。叶轮的结构形式决定泵的排量,叶轮的级数是决定泵的总压头和所需电动机功率的重要因素(参阅第九章)。泵的叶轮由镍铬耐蚀铸铁或Ryton型料制成,泵的轴由K蒙乃尔合金(含镍63%、铜30%、铝3.5%、铁1.5%)制成,它们均具有良好的抗腐蚀性和耐磨性。调整泵的级数,可以改变泵的扬程和吸入量。

典型的多级离心泵(雷达公司生产)的结构见图1-2。为了正确地使用这种泵,必须熟悉它的结构、用途、各系列的型号和尾标、符号等。

表1-1和表1-2列出了雷达公司生产的60赫、3500转/分和50赫、2915转/分的各系列沉没泵的规范,介绍了各系列泵的外径、型号、最大启动功率(马力)、理论排量和实际排量。在系列表中,如系列号只有一组数字,说明泵和底法兰属于同一系列,例如系列号540,说明泵和底法兰都是540系列的;若泵系列号是两组数字,则说明泵和底法兰不是同一系列的,第一组数字表示泵的系列,第二组数字表示泵底法兰的系列。例如,系列号650/738,其中650表示泵系列,738表示泵底法兰系列。对于每一系列的泵,都应按标准规定进行连接。某些未列出的系列,可根据用户的要求进行制造。雷达公司各系列泵的分隔器标准规范如下:

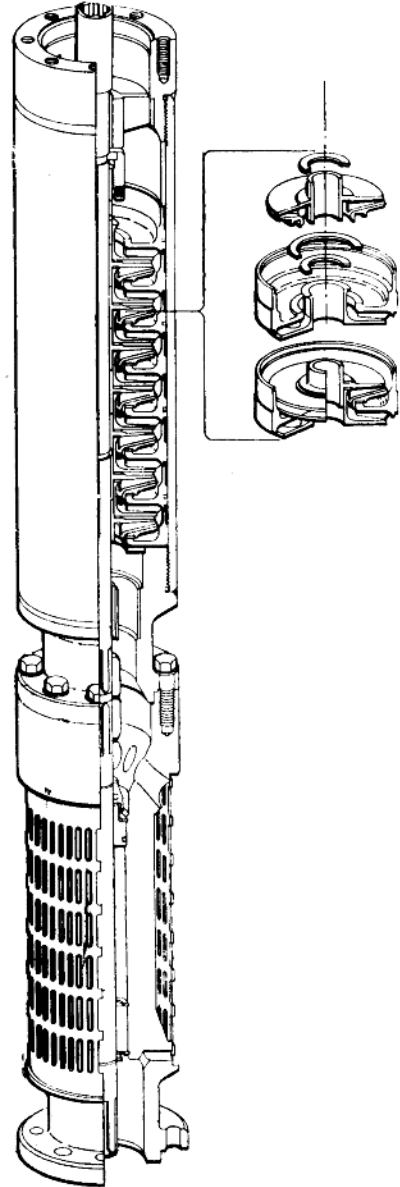


图 1—2 雷达公司生产的多级离心泵结构示意图

泵系列号		吸入口分离器类别
338		70型或338—375系列 61GS型
400		70型或400系列 65GS型
450		70型或450系列 61GS型
540		70型或540系列 74GS型
562		标准整体组合件
650	HBUT	650—738系列 61GS型
650	63CCT	650—738系列 61GS型
650	70CLT	标准整体组合件
650—54GLT		54G气体分离器(整体件)
67536—59HBUT		675—738系列 61GS型
67570—HB单级泵		标准整体件
67554G单级泵		540系列分离器(整体件)
67570CLT		标准整体件
862, 950, 1000, 2000		标准整体件

雷达公司的泵系列表 (60赫、3500转/分)

表 1—1

系列号	外径 (英寸)	泵型号	泵轴最大 额定功率(马力)	理论排量	
				(桶/日)	(米 <sup>3</sup> /日)
338	3.38	A—10	75	280~450	45~72
		A—14E	75	480~640	76~102
		A—25E	75	700~1060	112~168
		A—30E	75	900~1500	143~239
		A—45E	100	1200~1800	191~286
400	4.00	D—12	75	280~460	43~72
		D—13E	75	320~500	51~80
		D—15	75	400~600	64~95
		D—20	75	550~875	87~139
		D—26	100	780~1060	124~168
		D—40	100	950~1800	151~286
		D—51	100	1400~2000	223~318
		D—55E	100	1400~2400	223~382
D—82	205	2100~3500	334~556		
450	4.62	E—35E	130	1000~1500	159~238
		E—41E	130	1100~1750	175~278
		E—100	205	2900~4300	461~684



续表 1-1

540	5.13	G-52E	205	1650~2350	262~374
		G-62E	205	1800~2700	286~429
		G-75P	205	2200~3200	350~509
		G-59E	205	2500~3600	397~572
		G-110	300	3200~4500	509~715
		G-150	300	4400~6400	700~1017
		G-180	300	5000~7250	795~1153
		G-220	300	6000~8000	954~1272
562	5.62	H-350	300	9200~15200	1462~2416
650	6.62	I-250	510	6500~9000	1033~1430
		I-300	510	8000~11500	1272~1828
675	6.75	J-400	510	13600~18000	2162~2862
		J-600	510	17000~24000	2702~3816
825	8.25	L-1050	1000	32000~42000	5081~6677
862	8.62	M-520	510	12000~24000	1908~3816
		M-675	510	19000~30000	3020~4770
950	9.50	N-1050	1000	24000~45000	3816~7154
1000	10.00	N-1500	1000	35000~55000	5564~8744

雷达公司的泵系列表 (50赫、2915转/分)

表1-2

系列号	外径 (毫米)	泵型号	泵轴最大额定功率 (马力)	排量范围	
				(米 <sup>3</sup> /日)	(桶/日)
338	85.90	A-10	62.50	36~60	226~377
		A-14E	62.50	58~86	365~541
		A-25E	62.50	90~140	566~880
		A-30E	62.50	115~195	723~1226
		A-45E	62.50	160~240	1006~1510

续表1-2

400	101.60	D-12	62.50	38~62	239~390
		D-13E	62.50	42~66	264~415
		D-15	62.50	52~80	327~503
		D-20	62.50	75~115	472~503
		D-26	83.00	100~140	629~880
		D-40	83.00	125~240	786~1510
		D-51	83.00	180~260	1132~1635
		D-55E	83.00	190~320	1195~2013
		D-82	170.00	280~480	1761~3019
450	117.35	E-35E	108.00	135~200	849~1258
		E-41E	108.00	140~235	880~1478
		E-100	170.00	380~560	2390~3522
540	130.30	G-52E	170.00	210~310	1321~1950
		G-62E	170.00	240~360	1510~2264
		G-75P	170.00	280~420	1761~2642
		G-59E	170.00	320~480	2013~3019
		G-110	250.00	420~600	2642~3774
		G-150	250.00	575~850	3617~5347
		G-180	250.00	660~960	4151~6038
		G-220	250.00	800~1050	5032~6605
562	142.70	H-350	250.00	1350~2000	8492~12580
650	168.15	I-250	425.00	800~1150	5032~7234
		I-300	425.00	1050~1500	6605~9435
675	171.45	J-400	425.00	1700~2400	10693~15096
		J-600	425.00	2200~3200	13838~20128
825	209.55	L-1050	830.00	4200~5700	26418~35854
862	218.95	M-520	425.00	1600~3100	10064~19500
		M-675	425.00	2500~4000	15725~25160
950	241.30	N-1050	830.00	3200~6000	20128~37740
1000	254.00	N-1500	830.00	4600~7200	28935~45290

型号说明

例如：15M52070HB，数字“15”表示泵的叶轮级数；“M520”表示泵型，“70HB”表示采用液压平衡。

森垂立夫特公司的泵系列表

表1-3

泵系列号	泵型号	高效点排量 (米 <sup>3</sup> /日)	最佳排量 范围 (米 <sup>3</sup> /日)	最大排量 范围 (米 <sup>3</sup> /日)	泵外 径 (毫米)	上 接 头 (英寸)	电动机 系列号	电大 动机 功率 率 (马力)	保 护 器 系 列 号
400	B-11	50	33~60	32~64	101	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	450	167	400
	W-18	79	59~97	53~107	101	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	450	167	400
	H-27	117	87~143	68~145	101	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	450	167	400
	M-34	147	111~185	112~199	101	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	450	167	400
	G~48	212	149~272	139~410	101	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	450	167	400
	J-61	245	165~312	159~344	101	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	450	167	400
	Z-69	230	199~351	165~371	101	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	450	167	400
	N-80	350	232~463	212~483	101	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	450	167	400
513	I-42B	200	142~252	133~268	130	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> E.U.E	544	333	513
	Y-62B	278	199~335	187~378	130	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> E.U.E	544	333	513
	K-70	370	265~457	219~483	130	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> E.U.E	544	333	513
	C-72	320	232~404	219~451	130	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> E.U.E	544	333	513
	KA-100	420	298~550	265~508	130	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> E.U.E	544	333	513
	E-127	560	364~702	338~755	130	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> E.U.E	544	333	513
	S-175	790	530~994	483~1073	130	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> E.U.E	544	333	513
	D-225	1040	769~1285	636~1417	130	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> E.U.E	544	333	513
675	A-177	860	610~1113	530~1179	171	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 套管	544-725	333	513-675
	P-320	1100	848~1457	689~1536	171	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 套管	544-725	357	513-675
	R-330	1500	1139~1828	914~2027	171	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 套管	544-725	475	513-675
	L-500	2650	2067~3037	1564~3392	171	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 套管	544-725	625	513-675
875	IA-600	2845	1855~3515	1440~3785	222	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 套管	725	625	675或875
	IB-700	3245	3210~4060	1745~4360	222	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 套管	725	625	675或875
1025	JA-1100	4690	3325~3940	2565~6320	260	7 套管	725	625	675或875
	JB-1300	5420	3870~7250	7000~7790	260	7 套管	725	625	675或875

注：400系列的泵，用于5<sup>1</sup>/<sub>2</sub>英寸套管；513系列的泵，用于6<sup>5</sup>/<sub>8</sub>英寸套管；675系列的泵，用于8<sup>5</sup>/<sub>8</sub>英寸套管；875系列的泵，用于10<sup>3</sup>/<sub>4</sub>英寸套管；1025系列的泵，用于13<sup>3</sup>/<sub>8</sub>英寸套管

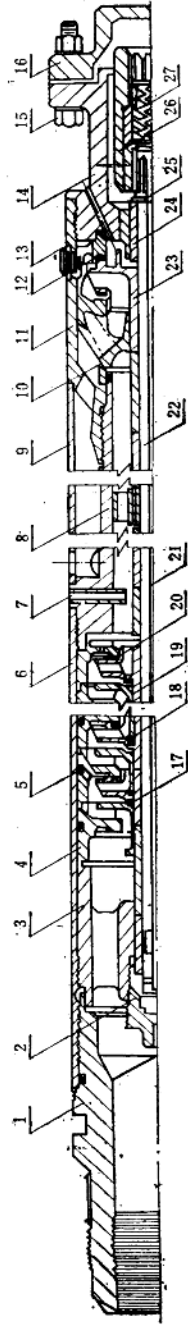


图 1-3 多级离心泵和沉降式分离器的结构简图

- |          |          |           |
|----------|----------|-----------|
| 1—泵上接头   | 2—轴头压盖   | 3—上轴承外套   |
| 4—扩压器    | 5—胶圈     | 3—泵壳      |
| 7—泄油孔    | 8—交叉流道管  | 9—分离器外壳   |
| 10—扩压器壳体 | 11—分离器壳  | 12—分离器叶轮座 |
| 13—半圆头丝堵 | 14—泵下嵌头  | 15—六角螺栓   |
| 16—泵护盖   | 17—上止推垫  | 18—中止推垫   |
| 19—叶轮    | 20—下止推垫  | 21—键      |
| 22—轴     | 23—分离器叶轮 | 24—轴承内套   |
| 25—下管    | 26—花键套   | 27—花键套衬套  |

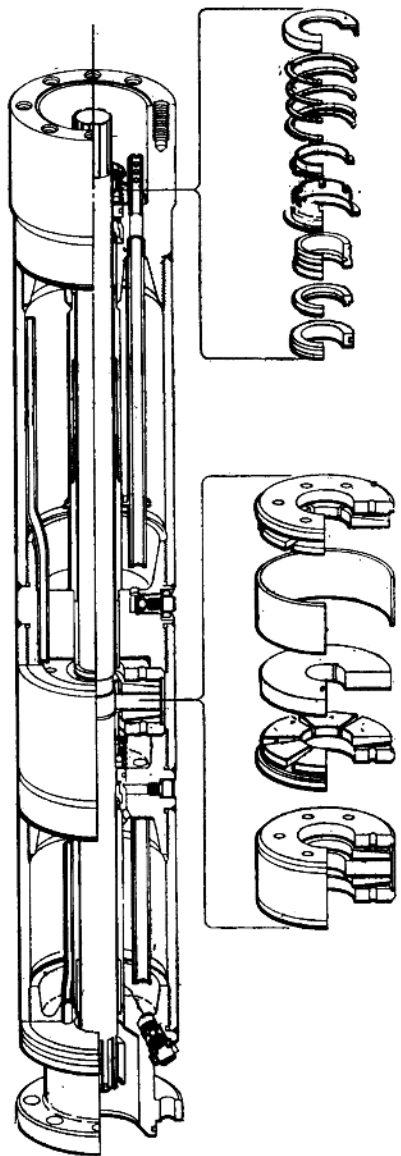


图 1-4 雷达公司66型保护器的结构简图

雷达公司泵的接头螺纹规范表

泵系列号	接头螺纹规范 (英寸)	泵系列号	接头螺纹规范 (英寸)	泵系列号	接头螺纹规范 (英寸)
540	2 $\frac{1}{8}$ 套管扣, 10扣/英寸	400	2 $\frac{3}{8}$ 外加厚, 8扣/英寸	338	3 $\frac{1}{2}$ 外加厚, 8扣/英寸
650	2 $\frac{7}{8}$ 外加厚, 8扣/英寸	562	3 $\frac{1}{2}$ 外加厚, 8扣/英寸	450	5 $\frac{1}{2}$ 套管扣, 8扣/英寸
675—738	5 $\frac{1}{2}$ 套管扣, 8扣/英寸	675	5 $\frac{1}{2}$ 套管扣, 8扣/英寸	650—738	5 $\frac{1}{2}$ 套管扣, 8扣/英寸

沉没泵按叶轮的结构分两大类，一类叶轮是固定式的（如森垂立夫特公司生产的泵），另一类叶轮是浮动式的（如雷达公司生产的泵）。每台泵都带有气体分离器。分离器也分两大类，常用的是沉降式气体分离器，它通常与泵装为一体。而另一类是单独为一节的旋转式气体分离器，这种分离器对于高含气井的分离效果很好。沉没泵和沉降式分离器的结构见图1—3。

### § 1—3 保护器

保护器有四个基本作用：

- 1、连接电动机的驱动轴与泵轴，以及连接泵壳与电动机壳；
- 2、罩住泵的止推轴承；
- 3、保护器的充油部分与容许压力下的井液连通时，保证电动机驱动轴密封，防止井液浸入电动机。
- 4、当电动机运行时，电动机内的油因温度升高而膨胀，保护器有足够的空间储存因膨胀而溢出的油。反之，当油的温度下降而收缩时，保护器内的油又可返回补充给电动机。雷达公司66型保护器的结构见图1—4。

采用保护器的主要目的是使井液和电动机隔离，使电动机内部压力与进口压力（环形空隙压力）之间保持平衡，同时还可以补偿和缓冲因热膨胀而引起的电动机油的胀缩。保护器与电动机之间的机械密封，可以防止井液沿轴向渗入电动机内。下面列举一些与雷达公司标准系列的电动机配套的标准保护器。

保护器系列号	外径		电动机系列号
	(英寸)	(厘米)	
325/375 66型	3.25	8.25	375
375 66型	3.80	9.65	375

400/450	66型	4.00	10.16	456
540	66型	5.40	13.72	540
450	66型	4.50	11.43	456
650/540	66型	6.60	16.76	540
738	66型	7.30	18.54	738
950/738	66型	9.50	24.13	738

雷达公司还有些保护器可以与其它系列的电动机配套使用，列举如下：

400系列的保护器与540系列的电动机；450系列的保护器与540系列的电动机；540系列的保护器与738系列的电动机和738系列的保护器与540系列的电动机等。

还有几种泵，可以与其它系列的保护器配套。例如，375系列的泵与540系列的保护器；400系列的泵与540系列的保护器；400系列的泵与450系列的保护器；450系列的泵与540系列的保护器；540系列的泵与450系列的保护器；540系列的泵与738系列的保护器等。

325/375系列的保护器，直接与338系列泵的底法兰相连接，也可以直接与375系列的电动机相连接。

400/450系列的保护器，直接与400系列的泵相连接，也可以直接与456、450系列的电动机相连接。

400/450/540系列的保护器，用连接器与540系列的电动机相连接。66型、66E型保护器是标准件。

540系列的保护器，直接与540系列的电动机相连接，也可以与540系列泵的底法兰相连接。

738系列的保护器与738系列泵的底法兰直接连接，与738系列的电动机直接连接，也可以用738/540系列的连接器与540系列的电动机相连接。

森垂立夫特公司的连通式保护器见图1—5。这种保护器与雷达公司的保护器属于同一类型。要求用氟油作为隔离液，并采用机械密封。其规范与配套的电动机如下：

保护器系列号	外径（英寸）	电动机系列号
400	4.00	456
513	5.13	504
675	6.75	725
875	8.75	725

以上四大类保护器，适用于四个系列、24种型号的泵。

目前，雷达公司和森垂立夫特公司制造了一种皮囊结构的保护器（见图1—6）。这种新型保护器不需要用氟油，而用皮囊代替。雷达公司制造的有单皮囊和双皮囊两种结构。皮囊可以直接隔离井液。

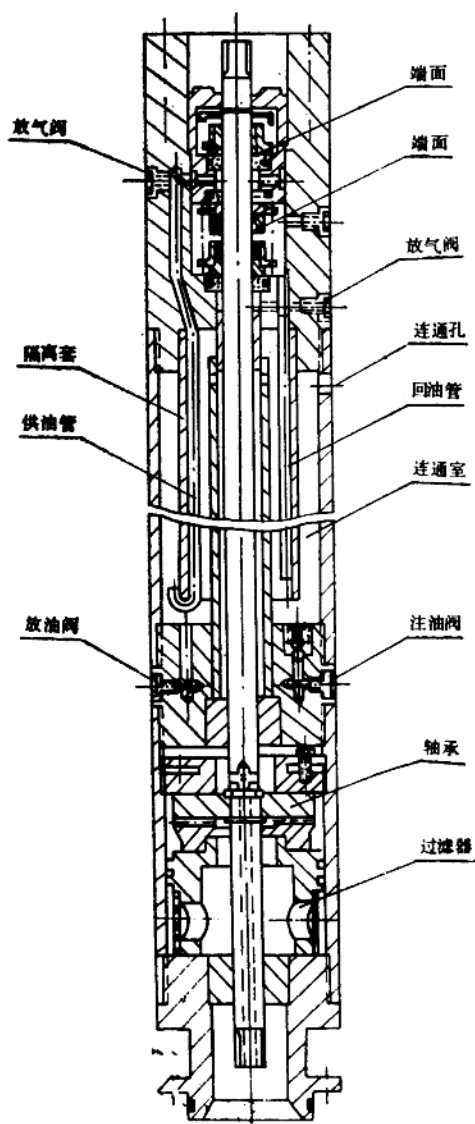


图1—5 森垂立夫特公司的  
保护器结构简图

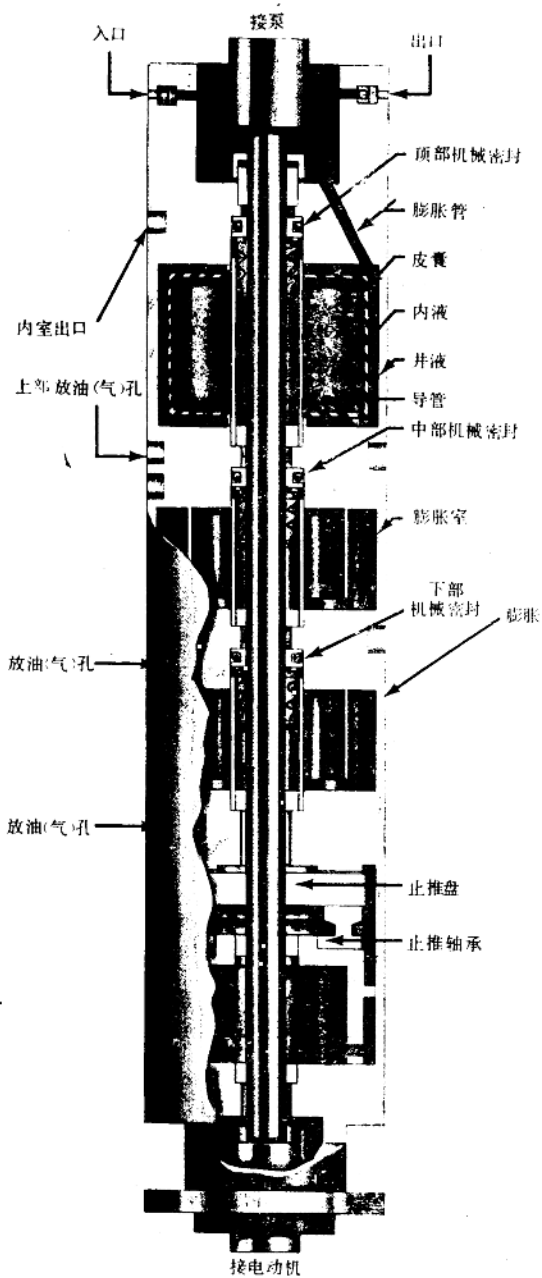


图1—6 皮囊式保护器结构图



## § 1—4 电动机

电动机是泵旋转的原动机。沉没泵用的是双极三相异步鼠笼式感应电动机。在60赫频率时，电动机的相对恒速为3500转/分；在50赫频率时，电动机的相对恒速为2915转/分。电动机内充满高纯度的矿物油。矿物油要求有良好的绝缘强度，对轴承有良好的润滑性能和导热性能。电动机内的绝缘油除润滑轴承以外，还可以把电动机运转时产生的热量传递出去。电动机运行时，产生的热量经电动机外壳被井液带走，因此电动机外壳温度总是低于电动机内液体的温度。此外，沉没泵总是潜入井液内运行，以直接将井液送出地面。电动机与套管应配套使用，根据不同规格的套管选用不同功率的电动机。常用的不同规格的套管与配套使用的电动机如下：

套管外径		电动机功率	电动机功率
(英寸)	(毫米)	(50赫, 马力)	(60赫, 马力)
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	114.30	106.30	127.50
5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	139.70	200.00	240.00
7	177.80	500.00	600.00
8 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	219.10	850.00	1020.00

雷达公司标准电动机的结构见图1—7。若要最经济地选择电动机、电缆和配电盘，必须考虑合适的电动机的电压。

电动机在50赫条件下的运行参数见表1—4。

雷达公司的电动机、电缆型号说明：

H或HT——高温绕组（标准件）

U——万向联轴节

A-B-D——表示轴与连接部分的极限尺寸

CT——表示中级联电动机

UT——表示上级联电动机

LT——表示下级联电动机

A、B、D——标准扁电缆

X——带插头的扁电缆

森垂立夫特公司的电动机在50赫条件下运行时的参数见表1—5。沉没电动机有单节和级联组合结构。雷达公司的级联电动机是内插式，不需要另外的连接短电缆，而森垂立夫特公司的级联电动机，需要一根带双电缆头的短电缆来连接。现将两种级联电动机的区别介绍如下：

雷达公司的电动机：它的中级联电动机无星点，只保证每节上下两端接线插柱的同相序，在上级联电动机上，从上向下看，它的相序为A、B、C，并为顺时针方向。下级联电动机有星点。

森垂立夫特公司的电动机，上级联电动机的电缆插座的三相位置A、B、C，也为