

ICS 47.020.99
U 34



团 体 标 准

T/CHIDA 305.1—2021

疏浚水下电动机

Submersible electric motor of dredger

2021-07-29 发布

2021-07-30 实施

中国疏浚协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类 2

5 基本参数 2

6 技术要求 4

7 试验方法 9

8 检验规则 11

9 标志、包装、运输和储存 12



前 言

本标准按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本标准由中国疏浚协会团体标准专业委员会提出并归口。

本标准主要起草单位：天津普友机电设备股份有限公司、哈尔滨理工大学、中交疏浚（集团）股份有限公司、中交天津航道局有限公司、上海交通大学。

本标准主要起草人：晏青、仇普营、康尔良、霍桂勇、杨舒、钟志生、柴桂军、杨启、杨强、肖宜伟、郭恩泽、王德川。



疏浚水下电动机

1 范围

本标准规定了疏浚水下电动机（以下简称水下电机）的分类、基本参数、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和存储。

本标准适用于水下电机的生产、检验和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 191-2008 包装储运图示标志
- GB/T 755-2019 旋转电机 定额和性能
- GB/T 1032-2012 三相异步电动机试验方法
- GB 1971-2006 旋转电机 线端标志与旋转方向
- GB/T 2818-2014 井用潜水异步电动机
- GB/T 4942.1-2006 旋转电机整体结构的防护等级（IP代码）分级
- GB/T 14048.1-2012 低压开关设备和控制设备 总则
- GB/T 14711-2013 中小型旋转电机通用安全要求
- GB/T 21211-2007 等效负载和叠加试验技术 间接法确定旋转电机温升
- GB/T 22719.1-2008 交流低压电机散嵌线组匝间绝缘 第1部分：试验方法
- GB/T 22719.2-2008 交流低压电机散嵌线组匝间绝缘 第2部分：试验限值
- GB/T 25442-2018 旋转电机（牵引电机除外）确定损耗和效率的试验方法
- IEC 60204-1-2016 机械电气安全 机械电气设备 第一部分 通用要求(Safety of machinery-Electrical equipment of machines-Part 1:General requirements)
- NEMA MG1-2014 （电动机和发电机）Motors and Generators

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

疏浚水下电动机 **submersible electric motor of dredger**

用于驱动绞刀、水下泵等疏浚设备的水下电机。

3.2

潜没深度 **submerged depth**

水下电机潜入工作液面下的深度。

3.3

服务系数 **service factor**

水下电机在额定电压、额定频率且其温升不超过规定值时额定功率的工作倍数。

4 分类

4.1 按结构形式

水下电机按结构形式可分为：

- a) 充液式；
- b) 干式。

4.2 按内部介质

水下电机按内部介质可分为：

- a) 充油式；
- b) 充水式；
- c) 充气式。

4.3 按潜没深度

4.3.1 水下电机按潜没深度可分为：

- a) I 级：不大于-45 m；
- b) II 级：大于-45 m 且不大于-300 m；
- c) III 级：大于-300 m 且不大于-3000 m。

4.3.2 水下电机按潜没深度可选用形式如下：

- a) I 级潜没深度的水下电机可以选用充油式、充水式或充气式水下电机。
- b) II 级、III 级潜没深度的水下电机可以选用充油式或充水式水下电机。

注：充油式或充水式水下电机，应配备压力自动平衡装置。

4.4 按连接形式

按水下电机与被驱动设备连接形式，可分为：

- a) 非同轴结构：水下电机与被驱动设备通过联轴器进行连接。
- b) 同轴结构：被驱动设备直接安装在水下电机延长轴上，被驱动设备运行的轴向力、径向力全部由水下电机承担。

5 基本参数

5.1 额定电压与额定频率

水下电机额定电压、额定频率参见表1。

表1 水下电机额定电压与额定频率

额定频率 (Hz)	额定电压 (kV)					
50	0.38 / 0.4	0.69 / 1	3 / 3.3	6 / 6.6	10 / 11	-
60	0.46 / 0.48	0.575 / 0.6	2.3 / 2.4	4 / 4.16	6.6 / 6.9	13.2 / 13.8
注：根据需求，可商定额定电压与额定频率						

5.2 额定功率

水下电机额定功率参见表2。

表2 水下电机额定功率

功率范围 (kW)	额定功率选值 (kW)						
0~100	22	30	37	45	55	75	90
100~200	110	132	150	160	185	/	/
200~300	200	220	250	280	/	/	/
300~400	300	315	335	355	375	/	/
400~500	400	425	450	475	/	/	/
500~600	500	530	550	580	/	/	/
600~700	600	630	650	670	/	/	/
700~800	710	750	780	/	/	/	/
800~900	800	850	/	/	/	/	/
900~1000	900	950	/	/	/	/	/
1000~2000	1000	1250	1400	1500	1600	1700	1800
2000~3000	2000	2250	2500	2600	2700	2800	2900
3000~4000	3150	3300	3550	3700	3850	/	/
4000~5000	4000	4250	4500	4750	/	/	/
5000~6000	5000	5500	5800	/	/	/	/
≥6000	6000	/	/	/	/	/	/

5.3 工作制

5.3.1 水下电机应为连续工作制 S1。

5.3.2 水下电机的定额是以连续工作制 (S1) 为基准的连续定额。

5.4 极数与同步转速

极数与同步转速应符合表3的规定。

表3 水下电机极数与同步转速

频率	转速 (rpm)									
	2P	4P	6P	8P	10P	12P	14P	16P	20P	24P
50 Hz	3000	1500	1000	750	600	500	428	375	300	250
60 Hz	3600	1800	1200	900	720	600	514	450	360	300

注：P为水下电机极数。

5.5 服务系数

水下电机服务系数宜不小于1.15。

5.6 防护等级

水下电机外壳防护等级应为IP68。

6 技术要求

6.1 环境条件

6.1.1 水质条件

水下电机工作环境水质应满足：

- a) 工作水温-4℃~+35℃；
- b) 水的PH值5~9。

6.1.2 环境温度

水下电机工作环境温度为-25℃~+45℃。

6.1.3 工作角度

水下电机可在水平放置和向下竖直放置之间任意角度正常运行。

6.2 电气性能

6.2.1 电源电压和频率

电源电压和频率变化应满足：

- a) 电源电压变化为额定电压的+6%~-10%；
- b) 频率变化为额定频率的±5%。

注：变频电机不受此限制。

6.2.2 电气性能保证值的容差

水下电机的电气性能保证值的容差应符合表4的规定。

表4 电气性能保证值的容差

电气性能名称		容差
效率(η)	150kW 以上水下电机	-0.15 (1- η)
	150kW 及以下水下电机	-0.10 (1- η)
功率因数 $\cos\Phi$		-1/6 (1- $\cos\Phi$), 最小绝对值-0.02, 最大绝对值-0.07
转差率 (在满载和工作温度下)		保证值 $\pm 20\%$
注: η 为效率, Φ 为功率因数		

6.2.3 绕组温升限值

6.2.3.1 充油式、干式及充气式水下电机采用 F 级或以上绝缘; 当环境温度符合 6.1.2 规定时, 水下电机定子绕组的温升限值 (电阻法) 应不超过 105K。

6.2.3.2 充水式水下电机绕组线采用交联聚乙烯型或其绝缘性能更好的绝缘材料; 当环境温度符合 6.1.2 规定时, 水下电机定子绕组的温升限值 (电阻法) 应不超过 60K, 内腔水温 (温度计法) 应不超过 80℃。

6.2.4 工频耐电压

6.2.4.1 非变频水下电机定子绕组应能承受 (2U_e+1000V) /min 的正弦波工频耐电压试验, 并不发生击穿。

6.2.4.2 变频水下电机的试验耐压值为非变频水下电机实验耐压值的 1.4 倍。

6.2.4.3 非变频水下电机常用工频耐电压试验值按表 5 的规定执行。

表5 非变频水下电机常用工频耐电压试验值

额定电压 (V)	第 1 次耐电压试验 (V)	第 2 次耐电压试验 (V)
380	1760	1496
460	1920	1632
660	2320	1972
690	2380	2023
1000	3000	2550
3000	7000	5950
6000	13000	11050
10000	21000	17850

6.2.5 绝缘电阻

6.2.5.1 定子绕组对机壳及绕组间的绝缘电阻在实际冷却状态时, 应符合产品标准的规定。

6.2.5.2 定子绕组对机壳的绝缘电阻在热态、温升试验后，额定电压 1kV 及以下的水下电机的绝缘电阻应不低于 $2\text{ M}\Omega$ ，额定电压 1kV 以上的水下电机的绝缘电阻应不低于 $(U/1000+1)\text{ M}\Omega$ 。

6.2.5.3 定子绕组对机壳的绝缘电阻在 40°C 交变湿热试验后，绝缘电阻应满足表 6 要求。

6.2.5.4 定子绕组应能承受 $80\% \times (2U_e + 1000\text{V})/\text{min}$ 的工频耐电压试验，且不发生击穿。

表6 绝缘电阻

额定电压 (kV)	绝缘电阻 ($\text{M}\Omega$)
0.38	≥ 1.14
0.46	≥ 1.38
0.69	≥ 2.07
1	≥ 3.0
3	≥ 9.0
6	≥ 18.0

6.2.6 不平衡电流

当三相电源平衡时，水下电机的三相空载电流的任一相与三相平均值的偏差应不大于三相平均值的 5%。

6.2.7 匝间冲击试验电压

6.2.7.1 冲击试验电压峰值应符合 GB/T 22719.2-2008 中 4.2 的要求，运行系数宜取 1.2。

6.2.7.2 水下电机绕组匝间绝缘冲击试验电压应不低于 $1.7 U_G$ 。

注： U_G 为定子或转子绕组对地绝缘工频耐电压试验值。

6.2.7.3 匝间冲击耐电压试验方法按 GB/T 22719.1-2008 的规定进行，试验值应符合表 7 的规定。

表7 常用匝间冲击耐电压试验值

额定电压 (V)	工频耐电压试验值 U_G (V)	匝间冲击耐电压试验值 (V)
380	1760	2992
460	1920	3264
660	2320	3944
690	2380	4046
1000	3000	5100
3000	7000	11900
6000	13000	22100
10000	21000	35700

6.2.8 过载

水下电机应能承受历时 30s 的过转矩，且过转矩值应不小于 1.6 倍额定转矩。

6.2.9 电气间隙和爬电距离

水下电机接线盒内的电气间隙和爬电距离应符合GB/T 14711中11条规定。

6.2.10 空载电流和空载损耗

6.2.10.1 水下电机应在空载运行至绕组和轴承温度稳定后进行空载试验。

6.2.10.2 充油式水下电机可在空气中进行空载测试，当绕组温度达到 80℃和（或）电机轴承温度达到 90℃时进行空载测试，接受条件如下：

- a) 水下电机空载电流值与额定空载电流的偏差应不超过±10%；
- b) 水下电机空载损耗值与额定空载损耗的偏差应不超过±15%；
- c) 前后轴承的温差值不超过 20℃；
- d) 型式试验时，需测量空载特性曲线。

6.3 机械性能

6.3.1 轴承

6.3.1.1 滚动轴承允许温度应不超过 90℃，使用寿命不少于 24000h。

6.3.1.2 在工作角度规定的范围内，轴承应能承载相应的径向力和轴向力。

6.3.1.3 水下电机运行时，轴承应平稳轻快，无停滞现象，声音均匀和谐，且无有害杂音。

6.3.2 恒转矩与恒功率调速

6.3.2.1 变频水下电机应注明恒转矩和恒功率调速范围。

6.3.2.2 当转速在额定转速的 10 %~100 %，水下电机应为恒转矩调速。

6.3.2.3 当转速在额定转速的 100 %~135 %，水下电机应为恒功率调速。

6.3.3 径向跳动

水下电机轴伸接合部中点的圆周面，在轴转动时的径向跳动应符合表8的规定。

表8 径向跳动限制

轴伸直径 (mm)	径向跳动限制 (mm)	
	滚动轴承支撑	滑动轴承支撑
≤ 30	0.04	0.07
>30~50	0.05	0.08
>50~80	0.06	0.10
> 80	0.07	0.11
注：滑动轴承支撑时，径向跳动限值不包含轴承的双面间隙。		

6.3.4 潜没深度

6.3.4.1 当水下电机的潜没深度大于 30m 时，应配备压力平衡装置。

6.3.4.2 充水式水下电机，其绕组线应能承受潜没深度所对应的压力值的 1.2 倍。绕组线在 1.2 倍潜没深度的压力值，经 120h 水压试验，其绕组线的绝缘特性不应发生改变。

6.3.5 密性性

6.3.5.1 干式水下电机内腔、静密封及动密封部位应能承受不低于 0.45 MPa 气压密封试验，保压 5 min 无渗漏。

6.3.5.2 充液式水下电机内腔、静密封部位、动密封部位及所配备的压力平衡装置应能承受不低于 0.2 MPa 的气压密封试验，保压 5 min 无渗漏。

6.3.5.3 充气式水下电机内腔、静密封及动密封部位应能承受不低于潜没深度对应压力值再增加 0.1 MPa 的气压密封试验，保压 5 min 无渗漏。

6.3.5.4 水下电机接线箱密封性与定子主体密封性相同。

6.3.5.5 水下电机内部正压值：对于充油式及充气式水下电机，应保证内部压力始终大于外部压力 0.05 MPa。

6.3.6 出线端、接地标志

6.3.6.1 水下电机内部与外部相连接的动力电缆、信号缆有明显的标志。

6.3.6.2 水下电机的接线箱内、机座底脚有接地螺栓，并在接地螺栓的附近有接地的标志，确保此标志在使用期间内不易被磨损、丢失。

6.3.6.3 水下电机定子绕组的出线端及接线装置处均有相应的线端标志，并确保字迹在使用时期内不易磨灭。

6.3.6.4 动力线端标志应符合表 9 的规定。

6.3.6.5 信号线端标志应符合表 10 的规定。

6.3.6.6 未作明确规定的其他标志按 GB1971 要求执行。

表9 动力线端标志

定子绕组名称	线端标志	
	始端	终端
第一相	U_1	U_2
第二相	V_1	V_2
第三相	W_1	W_2

表10 信号端标志

传感器及检测	标志内容
开关型温度传感器	绕组- P_1 、 P_2 ，其他- P_3 、 P_4 ，依次连续
热电阻型温度传感器	绕组- T_1 、 T_2 ，绕组备用- T_3 、 T_4 ，轴承- T_5 、 T_6 ，其他依次连续
油室进水检测	S_1
电机腔内进水检测	S_2
接线箱进水检测	S_3
接地	标志接地标志

6.3.7 防锈与防腐

水下电机内、外表面应根据设计工况要求设置防锈、防腐措施，确保在电机使用寿命期限内机壳不被腐蚀损坏。

6.4 信号要求

6.4.1 水下电机可按需要带有可靠的温度传感器、转速传感器、进水检测传感器、压力传感器等，各信号线对地绝缘电阻不低于 $2M\Omega$ ；

6.4.2 水下电机运行监测信号可通过标准工业总线数据传输接口，实现与外部信号通讯连接。

6.5 安全要求

水下电机的安全要求应符合IEC 60204-1-2016和GB/T 14711-2013的规定。

6.6 外观质量

6.6.1 成品或部件的涂漆表面无漆瘤、漆泡、漏涂、粘手、漏漆、掉漆及划痕等不良现象。

6.6.2 零件的机加工表面光洁，不粘漆，涂防锈油或防锈漆。

6.6.3 成品或部件表面无过程检验标识。

6.6.4 焊接部位应无药皮、熔渣、焊瘤，焊口无夹渣、裂纹、气孔等不良现象。

7 试验方法

7.1 环境条件

7.1.1 水质条件

使用水温仪和PH测量仪分别测量水温和PH值，结果应满足6.1.1的要求。

7.1.2 环境温度

用精度不低于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的水银温度、红外测温仪、电阻温度计或电偶温度计测量，分别在距工件表面1m的位置测量前、后、左、右4个位置的温度，取测量结果平均值为环境温度，结果应满足6.1.2的要求。

7.1.3 工作角度

电机处于工作位置时，将角度仪基准面与轴外表面贴紧，测量轴与地面（水平面）之间的夹角，结果应满足6.1.3的要求。

7.2 电气性能

7.2.1 电源电压和频率

按照GB/T 1032-2012中4.3.2的规定测量电源电压和频率，结果应满足6.2.1的要求。

7.2.2 电气性能保证值的容差

按照GB/T 1032-2012中第11章的规定进行效率、功率因数的试验，按照GB/T 1032-2012中4.3.5的规定进行转差率的测量，结果应满足6.2.2的要求。

7.2.3 绕组温升限值

按照GB/T 1032-2012中第6章的规定进行温升试验，结果应满足6.2.3的要求。

7.2.4 工频耐电压

按照GB/T 1032-2012中12.6的规定进行耐电压试验，结果应满足6.2.4的要求。

7.2.5 绝缘电阻

按照GB/T 1032-2012中5.1的规定测定绝缘电阻，结果应满足6.2.5的要求。

7.2.6 不平衡电流

按照GB/T 1032-2012中8.1的规定测定空载电流，并计算不平衡电流，结果应满足6.2.6的要求。

7.2.7 匝间冲击耐电压

按照GB/T 1032-2012中12.5的规定进行匝间冲击耐电压试验，结果应满足6.2.7的要求。

7.2.8 过载

按照GB/T 1032-2012中12.4的规定进行过载试验，结果应满足6.2.8的要求。

7.2.9 电气间隙和爬电距离

按照GB/T 14048.1中附录G规定的方法测量，结果应满足6.2.9的要求。

7.2.10 空载电流和空载损耗

按照GB/T 1032-2012中8.1的规定测定空载电流、空载损耗值和轴承温度，结果应符合6.2.10的规定。

7.3 机械性能

7.3.1 轴承

计算轴承的使用寿命、径向力及轴向力，并按照GB/T 755-2019中8.5的规定测量轴承的温度，结果应符合6.3.1的规定。

7.3.2 恒转矩与恒功率调速

通过计算的方法检查恒转矩和恒功率调速范围，结果应符合6.3.2的规定。

7.3.3 径向跳动

用百分表测量轴头径向跳动，结果应符合6.3.3的规定。

7.3.4 压力平衡

计算水下电机的潜没深度，结果应符合6.3.4的规定。

7.3.5 密封性

水下电机处于静止状态时，按照GB/T 2818-2014中4.18的规定进行密封性能试验，结果应满足6.3.5的要求。

7.3.6 出线端、接地标志

用目视法检查出线端和接地标志，结果应满足6.3.6的要求。

7.3.7 防锈和防腐

用目视法检查，结果应满足6.3.7的要求。

7.4 信号要求

使用万用表、绝缘电阻测量仪检查各信号线对地绝缘电阻，结果应满足6.4的要求。

7.5 安全要求

按照IEC 60204-1-2016和GB/T 14711-2013的规定进行检验，结果应满足6.5的要求。

7.6 外观质量

用目视法检查电机外观质量，结果应满足6.6的要求。

8 检验规则

8.1 检验分类

水下电机检验分为型式检验和出厂检验。

8.2 型式检验

8.2.1 水下电机有下列情形之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品经鉴定定型后，制造厂第一次试制或小批试制生产时；
- b) 设计或工艺上的变更足以引起某些特性和参数发生变化时；
- c) 产品停产达3年以上，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

8.2.2 型式检验项目按表11的规定进行。

表11 检验项目

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
1	水质条件	6.1.1	7.1.1	+	-
2	环境温度	6.1.2	7.1.2	+	-
3	工作角度	6.1.3	7.1.3	+	-
4	电源电压和频率	6.2.1	7.2.1	+	+
5	电气性能保证值的容差	6.2.2	7.2.2	+	-
6	绕组温升限值	6.2.3	7.2.3	+	-
7	工频耐电压	6.2.4	7.2.4	+	+
8	绝缘电阻	6.2.5	7.2.5	+	+
9	不平衡电流	6.2.6	7.2.6	+	+

表 11 检验项目（续）

序号	检验项目	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
10	匝间冲击耐电压	6.2.7	7.2.7	+	+
11	过载	6.2.8	7.2.8	+	-
12	电气间隙和爬电距离	6.2.9	7.2.9	+	-
13	空载电流和空载损耗	6.2.10	7.2.10	+	+
14	轴承	6.3.1	7.3.1	+	+
15	恒转矩与恒功率调速	6.3.2	7.3.2	+	-
16	径向跳动	6.3.3	7.3.3	+	+
17	压力平衡	6.3.4	7.3.4	+	-
18	密封性	6.3.5	7.3.5	+	+
19	出线端、接地标志	6.3.6	7.3.6	+	+
20	防锈和防腐	6.3.7	7.3.7	+	+
21	信号要求	6.4	7.4	+	+
22	安全要求	6.5	7.5	+	+
23	外观质量	6.6	7.6	+	+
注：“+”为必检项目，“-”为免检项目。					

8.3 出厂检验

8.3.1 每台水下电机都应进行出厂检验，检验合格后（包括用户特殊要求检验项目）方能出厂，出厂产品应附有产品合格证明书。

8.3.2 出厂检验项目按表 11 的规定进行。

9 标志、包装、运输和储存

9.1 标志

水下电机标志应符合下列规定：

- 铭牌材料及铭牌上数据的刻画方法应保证其字迹在整个使用时期内不易磨灭。
- 铭牌材料为 H62 或 316L 不锈钢，厚度为不小于 1mm。
- 铭牌应固定在电机机座的上半部，应标明的项目如下：
 - 制造厂名称；
 - 电机名称；
 - 电机型号；
 - 额定功率；
 - 额定频率；
 - 额定电流；

- 额定电压；
- 额定功率因数；
- 额定转速；
- 允许温升；
- 制造厂出品年、月和出品编号；
- 重量；
- 标准编号。

9.2 包装

水下电机包装应符合下列规定：

- a) 水下电机的包装应能保证在正常的储运条件下，自发货之日起的一年时间内不致因包装不善而导致受潮与损坏；
- b) 水下电机对外连接的加工面上应加防锈及保护措施；
- c) 水下电机轴伸平键需绑扎在轴上，轴伸和平键表面及凸缘加工面应加防锈保护措施；
- d) 包装应坚固结实，能适合多次装卸运输；
- e) 包装箱应采取防潮和防淋措施，水下电机在箱内或托盘上不应松动，备件应牢固，并用板与水下电机隔开；
- f) 包装箱外壁文字和标志应清楚整齐，其内容包括：
 - 发货站及到货站；
 - 制造单位和收货单位名称及地址；
 - 水下电机净重和整装箱毛重；
 - 包装箱外形尺寸；
 - 包装箱外适当位置标有的字母或符号，应符合 GB/T 191 的规定；
 - 包装箱吊装方式和位置。
- g) 每台水下电机的随机文件应放在防潮袋内，并固定于包装箱内部。随机文件应包括如下内容：
 - 产品合格证；
 - 使用维护说明书；
 - 船检证书（如有）；
 - 装箱清单；
 - 产品标准中规定的其他文件。

9.3 运输

运输过程中不得受雨、雪侵袭。

9.4 储存

应放置在空气流通，相对湿度不大于90%，温度不高于+45℃，且不低于-25℃的仓库中。