



中华人民共和国国家标准

GB/T□□□□□—2015

潜水推流式搅拌机

Pusher submersible agitator

(征求意见稿)

2015-□□-□□发布

2015-□□-□□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

目次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语	2
4 分类和命名	2
5 技术要求	4
6 检验方法	6
7 检验规则	7
8 标志、包装、运输和贮存	8
附录 A	10
附录 B	12

前 言

本标准按照 GB/T1.1-2009 标准起草。

本标准由国家发展和改革委员会资源节约和环境保护司提出。

本标准由全国环保产品标准化技术委员会（SAC/TC275）归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

本标准为首次发布。

潜水推流式搅拌机

1 范围

本标准规定了潜水推流式搅拌机的术语和定义、分类与命名、技术要求、检验方法、检验规则、标识、包装、运输和贮存。

本标准适用于污（废）水处理厂（站）、给水处理厂（站）、河、湖、塘、渠等水体需要推流、助流、搅拌、混合场所的由电机直接驱动或由电机直联齿轮减速机变速驱动的潜水推流式搅拌机。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 307.3 滚动轴承通用技术规则

GB/T 2818 井用潜水异步电动机

GB/T 3077 合金结构钢

GB/T 3098.1 紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 3452.1 液压气动用 O 型橡胶密封圈 第 1 部分：尺寸系列及公差

GB/T 3480.5 直齿轮和斜齿轮承载能力计算第 5 部分：材料的强度和质量

GB/T 3797 电气控制设备

GB/T 5013.4 额定电压 450/750V 及以下橡皮绝缘电缆第 4 部分：软线和软电缆

GB/T 6404.1 齿轮装置的验收规范第 1 部分：空气传播噪声的试验规范

GB/T 6556 机械密封的型式、主要尺寸、材料和识别标志

GB/T 7324 通用基润滑脂技术指标

GB/T 7631.7 工业齿轮润滑剂的分类

GB/T 9239.1 机械振动恒态(刚性)转子平衡品质要求第 1 部分：规范与平衡允差的检验

GB/T 9944 不锈钢丝绳

GB/T 9969 工业产品使用说明书总则

GB/T 10095.1 圆柱齿轮精度制第 1 部分：轮齿同侧齿面偏差的定义和允许值

GB/T 10095.2 圆柱齿轮精度制第 2 部分：径向缩合偏差与径向跳动的定义和允许值

GB/T 12785 潜水电泵试验方法

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T □□□□□— 201□

- GB 13871 旋转轴唇形密封圈基本尺寸和公差
- GB 18613 中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级
- GB 50014 室外排水设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

潜水推流式搅拌机 *pusher submersible agitator*

潜水推流式搅拌机整机主要由潜水电机、减速机构、桨叶、起吊机构组成。

不同径向尺寸的桨叶由潜水电机直联减速机构或电机直接驱动，以不同的转速实现泥水混合体的搅拌、混合、推流的机电一体化潜水设备。

3.2

低速潜水推流式搅拌机 *low-flow pusher submersible agitator*

简称低速潜水推流器，桨叶一般为 2 片或 3 片，转速小于 80r/min，主要功能侧重于远距离（120m 以内）推流、搅拌，提高泥水混合体的流速。

3.2

中速潜水推流式搅拌机 *medium-flow pusher submersible agitator*

简称中速潜水搅拌机，桨叶一般为 2 片或 3 片，转速范围为 80r/min~300r/min，主要功能侧重于中、短距离（10~20m）推流、搅拌。

3.2

高速潜水推流式搅拌机 *high-flow pusher submersible agitator*

简称高速潜水搅拌机，桨叶一般为 3 片，转速范围为 300r/min~1450r/min，主要功能侧重于近距离（4~10m）搅拌、混合，外加罩壳也适用于污泥回流。

3.2

能效比值 *energy efficiency ratio*

在规定的试验条件下，潜水推流式搅拌机作用于泥水混合物将其向前推流，保持最低流速≥0.3m/s；或搅拌泥水混合物不致沉淀、淤积时，每立方水所消耗的电能。

4 分类与命名

4.1 分类

4.1.1 低速潜水推流器规格型号见表 1

4.1.2 中速潜水搅拌机规格型号见表 2

4.1.3 高速潜水搅拌机规格型号见表 3

表 1 低速潜水推流器规格型号

序号	规格型号	电机功率 (kW)	桨叶旋转直径 (mm)
1	QTD11	11	2200~2500
2	QTD7.5	7.5	1800~2500
3	QTD5.5	5.5	1800~2200
4	QTD4	4	1500~1800
5	QTD3	3	1500~1800
6	QTD2.2	2.2	1200~1500

表 2 中速潜水搅拌机规格型号

序号	规格型号	电机功率 (kW)	桨叶旋转直径 (mm)
1	QJZ15	15	1000~1200
2	QJZ11	11	800~1000
3	QJZ7.5	7.5	600~800
4	QJZ5.5	5.5	400~600
5	QJZ4	4	300~400
6	QJZ3	3	200~300
7	QJZ2.2	2.2	200~250

表 3 高速潜水搅拌机规格型号

序号	规格型号	电机功率 (kW)	桨叶旋转直径 (mm)
1	QJG15	15	800~1000
2	QJG11	11	700~800
3	QJG7.5	7.5	600~700
4	QJG5.5	5.5	500~600
5	QJG4	4	400~500
6	QJG3	3	300~400
7	QJG2.2	2.2	200~300
8	QJG1.5	1.5	150~250

4.2 命名

潜水推流式搅拌机的命名和型号用汉语拼音字母和阿拉伯数字表示。



示例 1: QTD5.5-1800 指电机功率为 5.5kW, 桨叶直径 1800mm 的低速潜水推流器。

示例 2: QJG3-400 指电机功率为 3kW, 桨叶直径 400mm 的高速潜水搅拌机。

示例 3: QJZ4-600 指电机功率为 4kW, 桨叶直径 600mm 的中速潜水搅拌机。

5 技术要求

5.1 工作环境要求

潜水推流式搅拌机在下列条件下应能保证正常运行:

- a) 水温为 $0^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$;
- b) 水 pH 值为 $5.5\sim 10$;
- c) 潜水推流型: 泥水混合体密度不大于 $1150\text{kg}/\text{m}^3$; 潜水搅拌型: 泥水混合体密度不大于 $1250\text{kg}/\text{m}^3$;
- d) 最大潜入水深小于 20m;
- e) 使用电压(交流) 50Hz、380V。

注: 当使用条件不符合上述规定时, 用户应与制造单位商议并进行特殊加工制造。

5.2 基本要求

5.2.1 潜水电机、电气系统

5.2.1.1 所配套的电机应是高效标准电机, 选用电机的能效限定值及能效等级应符合 GB18613 标准规定的 1 级能效等级。

5.2.1.2 电机定子绕组对机壳的冷态绝缘电阻不低于 $50\text{M}\Omega$ 。

5.2.1.3 电机定子绕组应能承受 2 倍额定电压加 1000V 的耐压试验。

5.2.1.4 电机的绝缘等级不得低于 F 级, 外壳防护等级为 IP68。

5.2.1.5 电机三相空载电流任一相与三相的平均值的差值不大于三相平均值的 10%。

5.2.1.6 电机应有可靠的过载、漏电、过电流、缺相、短路保护。

5.2.1.7 电机其他要求应符合 GB/T2818 标准规定。

5.2.1.8 潜水推流式搅拌机的电气控制设备应符合 GB/T 3797 标准规定。

5.2.1.9 潜水推流式搅拌机选用电缆线应采用 8 芯橡胶防水橡胶套电缆, 橡胶材质应具有相对耐酸、耐碱的氯丁橡胶或三元乙丙橡胶, 防水橡胶套电缆其他要求应符合 GB/T 5013.4 标准规定。

5.2.2 减速机构

5.2.2.1 减速机构可以采用星轮减速、环齿减速、少齿差减速或平行轴齿轮减速等传动形式, 不应采用摆线针轮减速传动形式。

5.2.2.2 减速机构齿轮材质性能不应低于 20CrMnTi 或 42CrMo 合金钢的要求, 材质、力学性能应满足 GB/T3077 标准规定; 齿轮材料热处理应符合 GB/T3480.5 标准规定。

5.2.2.3 减速机构圆柱齿轮加工应不低于 GB/T10095.1、GB/T10095.2 标准规定的 7 级精度要求。

5.2.2.4 减速机构的齿轮润滑油选用按 GB/T7631.7 标准执行。

5.2.2.5 减速机构运转应平稳, 无撞击、无振动、无不正常啮合所产生的异常噪音。

5.2.2.6 减速机构的噪声声压级应小于 80dB(A)。

5.2.2.7 减速机构的设计寿命应不小于 70000h。

5.2.3 桨叶

5.2.3.1 桨叶应采用高强度、耐腐蚀的材料，如耐腐轻金属合金、不锈钢或非金属材料。若采用不锈钢材料其机械性能和耐腐蚀性能不得低于铁素体不锈钢性能要求。

5.2.3.2 桨叶工作面应光滑、平整，无积瘤、凹凸等明显缺陷；非工作面不应有凹凸不平的制造缺陷。

5.2.3.3 推流器桨叶翼展宽度范围为 200mm~550mm，后掠角应能避免缠绕。

5.2.3.4 桨叶旋转直径 $\leq 800\text{mm}$ 时应做动平衡试验，桨叶旋转直径 $> 800\text{mm}$ 时应做静平衡试验。

5.2.3.5 配对桨叶同一径向对称度的轴向偏差应小于 2mm。

5.2.3.6 配对桨叶旋转时的径向跳动偏差：桨叶旋转直径 $\leq 800\text{mm}$ 时，偏差不得大于 1.5mm；桨叶旋转直径 $> 800\text{mm}$ 时，偏差不得大于 3mm。

5.2.4 密封

5.2.4.1 潜水推流式搅拌机的密封应能承受相应压力、无渗漏。

5.2.4.2 选用的机械密封应符合 GB/T6556 标准规定。

5.2.4.3 机械密封连续运行寿命不少于 17000h。

5.2.4.4 其他静密封件旋转唇形密封应符合 GB/T13871 标准要求；O 型橡胶密封圈应符合 GB/T3452.1 标准要求。

5.2.5 机壳

5.2.5.1 机壳可采用牌号不低于 HT250 标准要求的灰铸铁；牌号不低于 QT400 标准要求的球墨铸铁；牌号不低于 Q345 标准要求的钢构件；或不低于铁素体不锈钢的复合材料。

5.2.5.2 若采用灰铸铁、球墨铸铁外包不锈钢皮结构时，不锈钢皮应采用奥氏体或铁素体不锈钢。

5.2.5.3 机壳外表面涂覆防腐漆应符合 GB/T6822 标准要求，漆层厚度应大于 0.2mm，要求附着牢固。

5.2.5.4 机壳外表面应平整、光滑、色泽一致。

5.2.6 轴承、螺栓等标准件

5.2.6.1 轴承设计选用时，应按 24h 连续运转作为使用条件，按预期寿命 100000h 确定寿命系数；轴承的旋转精度等级应不低于 GB/T307.3 标准规定的 6 级。

5.2.6.2 轴承润滑脂的选用按照 GB/T7324 标准规定。

5.2.6.3 直接与水体接触的螺栓、螺钉、垫圈等标准件应采用不锈钢材质。

5.2.6.4 用于紧固的螺栓、螺钉的机械性能不低于 GB/T3098.1 标准规定的 8.8 级，不锈钢紧固件机械性能应相当于 8.8 级。

5.2.7 起吊机构

5.2.7.1 起吊用不锈钢钢丝绳应符合 GB/T9944 标准。

5.2.7.2 起吊卷扬机正、反向皆应起吊灵活、轻便，无卡阻现象，并能在任意位置自锁。

5.2.7.3 与水体接触的导杆应采用不锈钢材质。

5.2.7.4 卷筒直径不应低于钢丝绳直径的 16 倍。

5.3 安全性能要求

5.3.1 潜水推流式搅拌机应设有漏水报警装置，报警即自行停机。

5.3.2 设计计算钢丝绳破断拉力时，最低安全系数不得小于 6 倍。

5.3.3 电机及控制设备应可靠接地。

5.4 整机要求

5.4.1 整机应能承受 0.3MPa 的水压，历时 30min 无渗漏现象。

5.4.2 整机无故障运行时间不少于 17000h。

5.4.3 整机使用寿命不少于 8 年。

5.4.4 潜水推流式搅拌机上应设有明显的转向标识，指示桨叶工作时的旋转方向。

5.5 能效等级要求

5.5.1 在规定的试验条件下，低速潜水推流器将水体向前推流，保持最低流速 0.3m/s 时水体消耗的电
能即能效比值应小于 $4\text{W}/\text{m}^3$ ，根据其能效比值不同，可分为 1、2、3 三个能效等级：

a) 1 级能效等级：能效比值 $\leq 2\text{W}/\text{m}^3$ ；

b) 2 级能效等级：能效比值 $2 \sim 4\text{W}/\text{m}^3$ （含 $4\text{W}/\text{m}^3$ ）；

c) 3 级能效等级：能效比值 $> 4\text{W}/\text{m}^3$ 。

5.5.2 在规定的试验条件下，潜水搅拌机搅拌混合水体保持污泥不沉淀、淤积时消耗的电
能即能效比值应小于 $8\text{W}/\text{m}^3$ ，根据其能效比值不同，可分为 1、2、3 三个能效等级：

a) 1 级能效等级：能效比值 $\leq 5\text{W}/\text{m}^3$ ；

b) 2 级能效等级：能效比值 $5 \sim 8\text{W}/\text{m}^3$ （含 $8\text{W}/\text{m}^3$ ）；

c) 3 级能效等级：能效比值 $> 8\text{W}/\text{m}^3$ 。

6 检验方法

6.1 电机、电气系统检验

6.1.1 电机绝缘电阻采用 500V 兆欧表测量。

6.1.2 电机的定子绕组耐压试验使用频率为 50Hz、额定电压为 380V，承受试验电压值 1760V 历时 1min，不被击穿。

6.1.3 电机空载相电流用钳形电流表测量。

6.1.4 电机其他要求试验方法按 GB/T12785 规定。

6.2 桨叶检验

- 6.2.1 桨叶几何尺寸、桨叶对称性检验按附录 A 的规定进行。
- 6.2.2 桨叶的平衡性检验按 GB/T9239.1 标准规定进行，许用平衡品质级别按标 G6.3 级。

6.3 主机密封性能检验

6.3.1 气密性试验

将组装成型的潜水推流式搅拌机主机（未注滑润油）静置于水中，向主机内通入压力为 0.3MPa 的氮气，保压 30min，检查水中有无气泡。

6.3.2 水密性试验

将组装成型的潜水推流式搅拌机主机置于密闭水箱中进行运行试验，采用试压泵对试验水箱进行加压，在 0.3MPa 压力下，保压 30min，检查有无渗漏报警。

6.4 能效比值、水力学性能检测

潜水推流式搅拌机能效比值、水力学性能检测按附录 B 进行。

6.5 其他检验

- 6.5.1 减速机构噪声测试方法应按 GB/T6404 的规定进行。
- 6.5.2 外购材料、标准件检查合格证。
- 6.5.3 机壳、桨叶等外观质量检查采用目测。
- 6.5.4 防腐涂层的检查采用涂层测厚仪检测。
- 6.5.5 起吊机构灵活性检查采用手摇感觉体验，自锁制动性检查采用起吊 3 倍的额定载重的重物，起吊 500mm 高静置 1h，应无异常现象。
- 6.5.6 钢丝绳、卷筒直径用量具检测。

7 检验规则

检验分为出厂检验和型式检验两类。

7.1 出厂检验

- 7.1.1 每台潜水推流式搅拌机应进行出厂检验，检验合格后方可出厂。
- 7.1.2 出厂检验项目及检验方法按表 4 进行：

表4 检验项目及检验方法

序号	检验项目	检验类别		技术要求	检验方法
		出厂	型式		
1	电机、电气检验	—	√	5.2.1.2、5.2.1.3、5.2.1.5、 5.2.1.6	6.1.1、6.1.2、6.1.3、 6.1.4
2	桨叶检验	√	√	5.2.3.3、5.2.3.4、5.2.3.5、 5.2.3.6	6.2.1、6.2.2

3	密封性能检验	√	√	5.2.4.1	6.3
4	能效等级检测	—	√	5.5.1、5.5.2	6.4
5	安全性能检验	√	√	5.3.1、5.3.2、5.3.3、5.4.1	6.5.6、6.3.1
6	外观质量检查	√	√	5.2.3.2、5.2.5.4、5.4.4	6.5.3
7	防腐涂层厚度检查	—	√	5.2.5.3	6.5.4
8	起吊机构灵活、自锁检查	√	√	5.2.7.2	6.5.5

7.2 型式检验

7.2.1 当有下列情况之一时，必须进行型式检验：

- a) 新产品及新规格产品定型或老产品转厂生产；
- b) 产品的结构、工艺及主要材料有较大改变，可能影响产品性能；
- c) 连续停产一年以上恢复生产；
- d) 正常生产三年；
- e) 国家质量监督机构提出型式检验要求。

7.2.2 型式试验抽样与检验项目

7.2.2.1 抽样方法

从出厂检验合格的产品中随机抽样，每批抽样 1 台。

7.2.2.2 检验项目

检验项目与检验方法见表 4。

7.2.3 判定规则

7.2.3.1 检验结果应符合相应技术要求。

7.2.3.2 任一检验项目不合格，即判定为不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品应在明显部位设置标牌，标牌应符合 GB/T 13306 的规定，标牌上应注明下列内容：

- a) 产品名称、型号；
- b) 主要技术参数：
 - 1) 额定功率，kW；
 - 2) 额定转速，r/min；
 - 3) 桨叶旋转直径，mm；
 - 4) 额定电压，V；
 - 5) 额定电流，A；
 - 6) 频率，Hz；
 - 7) 产品质量，kg。
- c) 出厂编号和生产日期；

- d) 制造商名称;
- e) 执行标准。

8.2 包装

8.2.1 包装应符合 GB/T 13384 的规定。

8.2.2 包装、贮运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2.3 包装箱内应附下列文件:

- a) 装箱清单;
- b) 产品合格证;
- c) 产品使用说明书 (应符合 GB 9969 的规定);
- d) 设备安装基础图、电气原理图。

8.3 运输和贮存

运输、贮存时应采取防腐、防损、防雨、防潮等措施;为防爆晒引起电缆线老化不允许露天存放。

附录A
(规范性附录)
桨叶几何尺寸、对称性检测

A.1 组合样板检测法

按 A、B、C……定点制成组合样板，逐个在桨叶同一位置处靠检，用塞尺取得检测误差数据（见图 A.1）。

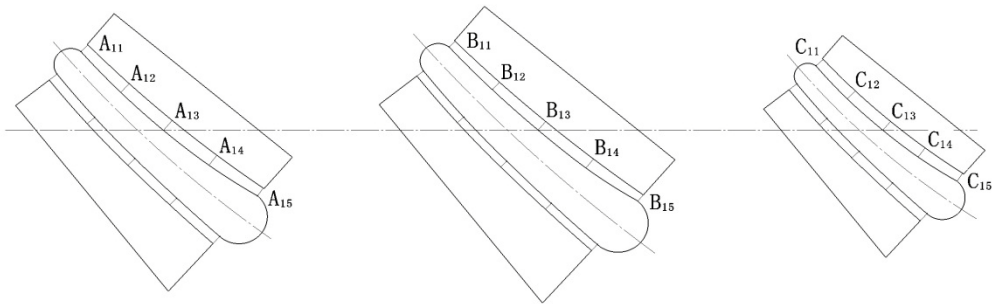


图 A.1

A.2 坐标检测法

A.2.1 桨叶平放检测：将桨叶固定在万能回转工作台或带有刻度的芯棒上（见图 A.2）。

A.2.2 桨叶工作状态检测：将桨叶模拟工作状态进行安装（见图 A.3）。

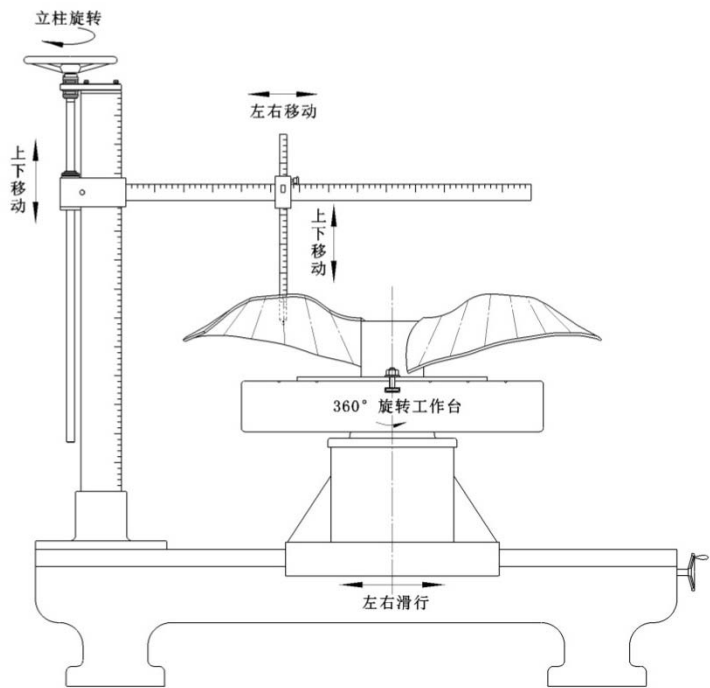


图 A.2

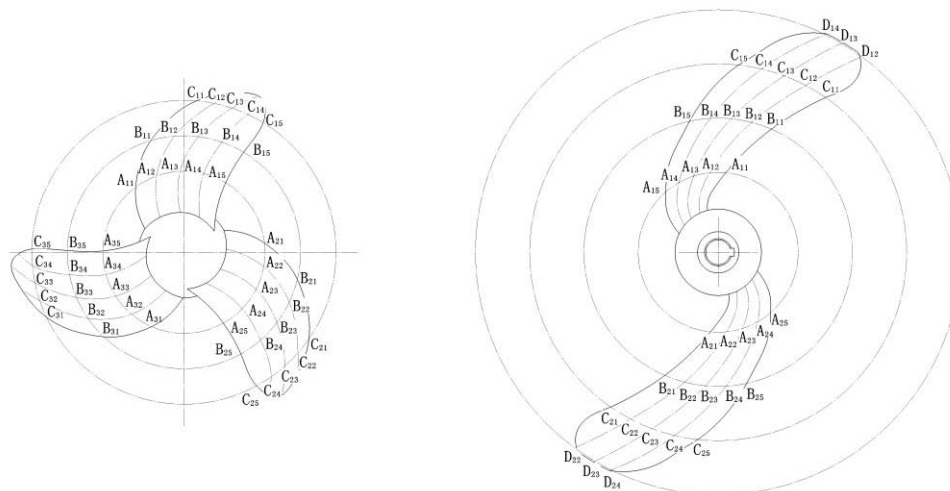


图 A. 2 (续)

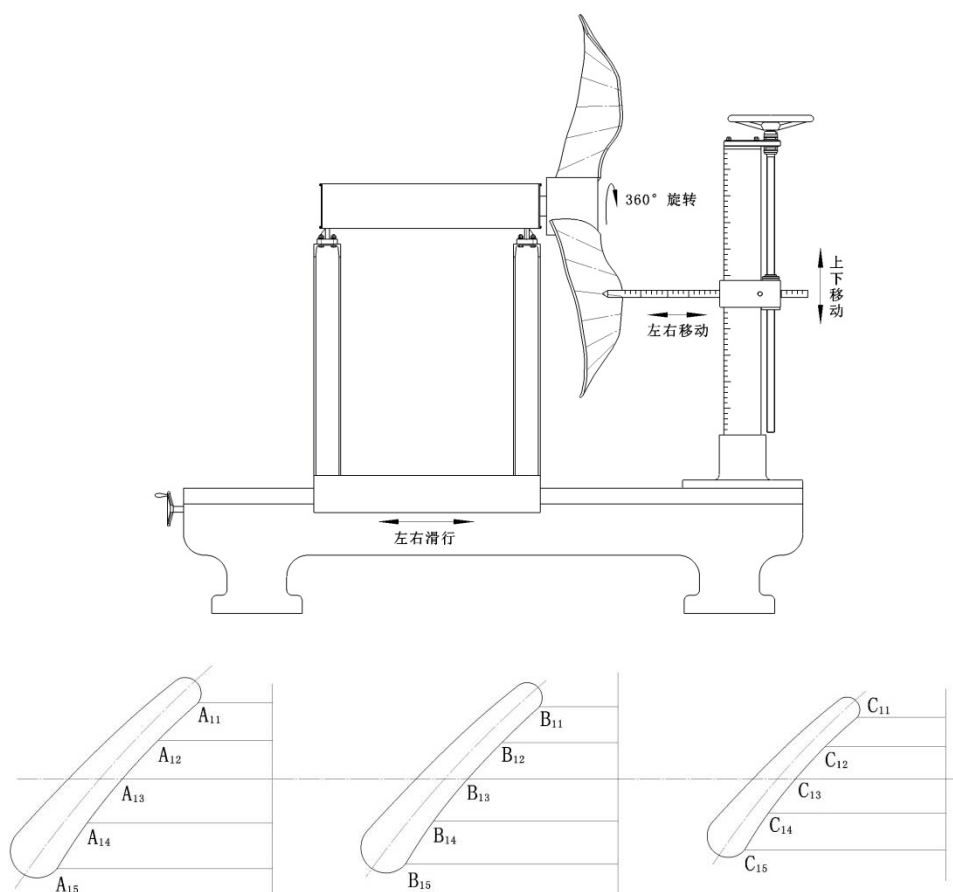


图 A. 3

附录B
(规范性附录)
水力性能检测与能效比值计算

B.1 检测水池

潜水推流式搅拌机的水力性能检测在环形测试水池内进行，水池形状如图 B.1，池形尺寸应符合表 B.1 的规定，池壁应光滑，不得有突出的筋柱或凹槽。潜水推流式搅拌机安装在水池直段的一端，叶轮旋转所在平面距离弯道出口约 5m，叶轮旋转中心线位于 B/2 处，距离池底高度为 H/3。水体截面的中心位置，前端无障碍阻流、吸入端无阻隔。

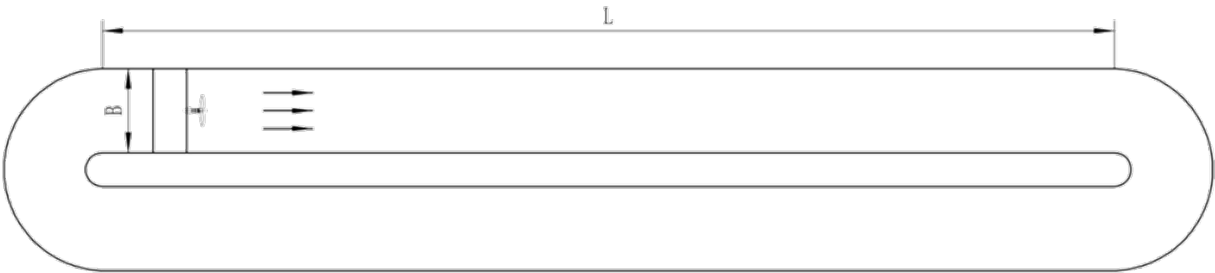


图 B.1

表 B.1 潜水推流式搅拌机检测水池的池形尺寸

叶轮直径 (mm)	有效直段长度 L (m)	有效池宽 B (m)	有效水深 H (m)
≤800	60	3	3
>800	60	5	5

B.2 测点布置

从叶轮旋转所在平面开始，至水流进入弯道前 5m 结束，视为流速测量的有效测量范围。

在有效测量范围内，沿着水流前进方向均匀设置若干截面，截面间距不大于 5m，从叶轮旋转所在截面开始依次编制截面编号 $i=0, 1, 2, 3, 4, \dots$ ，从 1#截面开始作为测试截面。将每个测试截面均分为若干列，两侧距离池壁 300mm，中间列间距不大于 1m，从左向右依次编制列号 $j=1, 2, 3, 4, \dots$ 。每列再均分为若干层（行），最下面一层（行）距池底 300mm，最上面一层（行）距离位于液下 300mm 处，中间层（行）间距不大于 1m，从池底向上依次编制行号 $k=1, 2, 3, 4, \dots$ ，如图 B.2。则每个测点编号为 (i,j,k) ，每个测点的位置坐标标记为 $S(i,j,k)$ 。

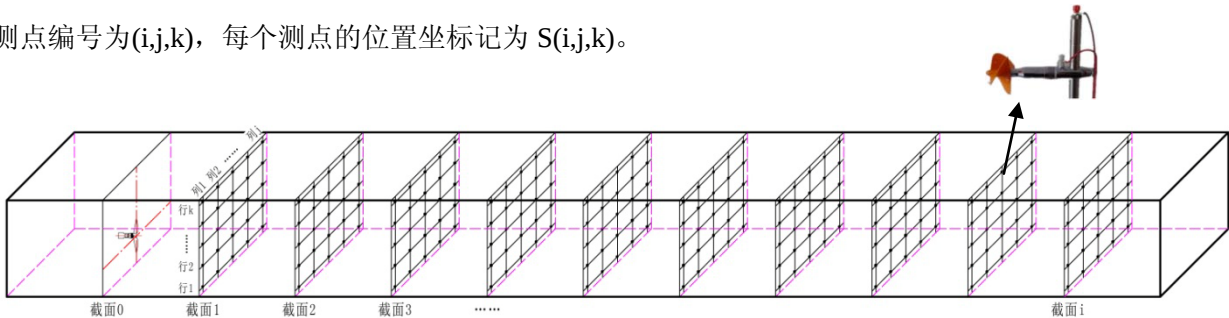


图 B.2

B.3 数据采集与记录

潜水推流式搅拌机开启后运行 45 分钟后（或水流循环 5 周后）开始采集数据。流速仪的精度不得低于 $\pm 0.02\text{m/s}$ 。每个测点测量 3 次流速，每次测量停留时间为 20s~25s。取 3 次测量的平均值为该测点流速，记为 $v(i,j,k)$ 。可以编程将数据直接输入计算机。

B.4 数据处理与分析

B.4.1 计算每个截面的平均流速 $\bar{v}_i$ 及整个水池的平均流速 $\bar{v}$ ，再根据截面积计算平均流量 $\bar{Q}$ 。

B.4.2 取叶轮旋转中心所在水平面内的一组测量数据，绘制等流速曲线，画出该水平面内的流速分布图。绘制方法如下：

1) 以 $S(i)$ 为 X 轴，以 $S(j)$ 为 Y 轴，以 $v(i,j)$ 为 Z 轴建立三维坐标系，绘制叶轮旋转中心所在水平面的流速分布曲面，如图 B.2。

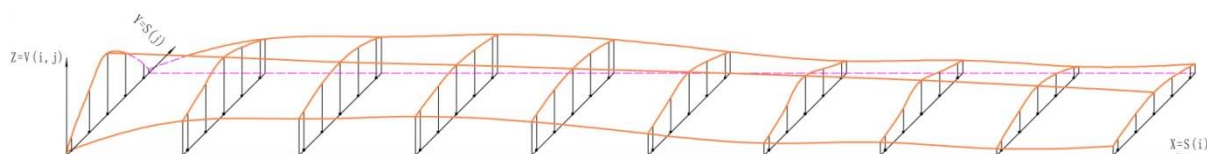


图 B.2

2) 在坐标系内绘制 0.3m/s 的等速平面，该等速平面与流速分布曲面相交形成的曲线即为 0.3m/s 的等流速曲线。如图 B.3。

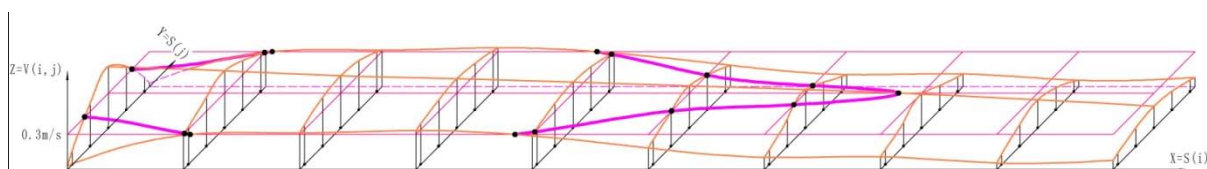


图 B.3

3) 按同样的方法，在坐标系内绘制 0.2m/s、0.4m/s、0.5m/s 的等速平面，与流速分布曲面相交形成 0.2m/s、0.4m/s、0.5m/s 的等流速曲线。将各等流速曲线投影到水平面上，形成叶轮旋转中心所在水平面的流速分布图，如图 B.4。

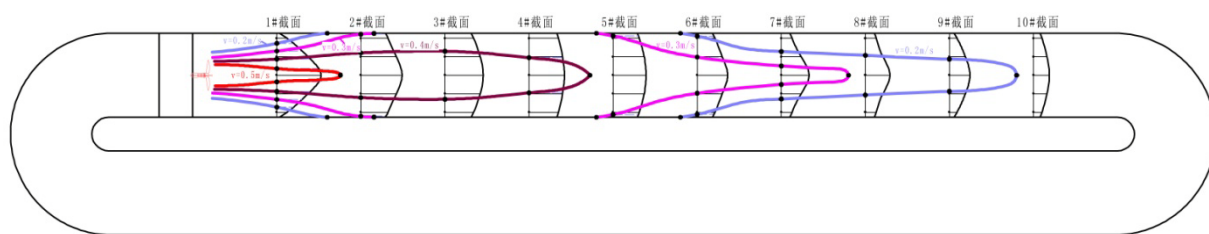


图 B.4

B.4.3 取叶轮旋转中心所在纵剖面内的一组测量数据，绘制等流速曲线，画出该纵剖面内的流速分布图。

B.4.4 计算水流流速不小于 0.3m/s 区域内有效水容量 $V(\text{m}^3)$ ，根据电机的输入功率 $P(W)$ ，折算成能

效比值，再进行等级分类。具体做法如下：

1) 在每个测量截面内测算流速不小于 0.3m/s 的区域面积 A_i ：做各截面的流速分布曲面和 0.3m/s 的等流速平面，若曲面与平面相交为封闭曲线，则该封闭曲线所包容的面积即为 A_i ；若曲面与平面相交为开曲线，则开曲线与流速大于 0.3m/s 的边界所包容的面积即为 A_i ；若曲面低于平面而不相交，则 $A_i=0$ ；若曲面高于平面而不相交，则 $A_i=B \times H$ 。

2) 按台体体积公式计算各段有效水容量 V_i ：

设各截面间距为 ΔS_i ，则 $V_i = \frac{1}{3} \cdot \Delta S_i \cdot (A_i + \sqrt{A_i \cdot A_{i+1}} + A_{i+1})$ 。

3) 计算总的有效水容量，计算公式为： $V = \sum V_i$ 。

4) 测量电机进线的线电流、电压和功率因数，按 $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$ 计算电机输入功率，或者采用有功功率仪直接测得。

5) 计算能效比值 E ，计算公式为： $E = \frac{P}{V}$ 。