

国家标准  
《污水处理用潜水推流式搅拌机  
能效限定值及能效等级》

（征求意见稿）

编制说明

标准编制小组

2016年12月

## 1 任务来源

污水处理用潜水推流式搅拌机是污水处理工程中搅拌泥水混合液，通过推流、混合而达到不让污泥沉淀的最佳流速，是泥水混合均匀、加强曝气传质传质效果、防止污泥沉积必不可少关键设备，全年在污水中连续不停歇运转，其能耗为污水处理厂第三位，为响应《中华人民共和国节约能源法》，提高污水处理设备的能源利用效率，引导节能技术进步，优化装备产品技术标准要求，提高我国污水处理设备的国际竞争力，中国标准化研究院委托全国环保产品标准化技术委员会与中冶华天工程技术有限公司为主编单位，汇同蓝深集团股份有限公司、南京贝特环保通用设备制造有限公司、南京布鲁克林环保设备有限公司、国家环保设备质量监督检验中心（浙江）（推荐该单位为本标准能效值专业检测机构）即行业研发单位、制造单位、检测单位和产品应用单位共同编制《污水处理用潜水推流式搅拌机能效限定值及能效等级》标准。

## 2 标准制定的背景和意义

### 2.1 国内外污水处理用潜水推流式搅拌机现状

污水处理用潜水推流式搅拌机按搅拌、混合、推流的侧重方向，可分为低速、中速、高速潜水推流式搅拌机三种类型，安装在水下 6m 左右，主要起搅拌、混合和推流的作用，即将污泥搅拌、混合并实现造流，行成一定的流场流态，使污泥不沉淀、不淤积。污水处理用潜水推流式搅拌机在污水处理厂中应用量大，除曝气设备和水泵外，能耗排在第三位，能效直接影响污水处理成本。

目前，在国内普遍使用的国外污水处理用潜水推流式搅拌机主要有 ITT（瑞典）公司的飞力系列、德国 ABS 公司、KSB 公司、EMU 公司、丹麦格兰富公司等系列产品，用户选用这些国外产品只是单方面考虑所谓的使用寿命、和虚诩的可靠性因素，并没有从能效角度进行有目的的选择，至于其应用能效、流场流态，均没有经过国内任何一家权威检测机构进行应用检测。如上海桃浦污水处理厂使用的美国 ITT（瑞典公司）生产的 6 台 4670 型低速潜水推流器，该公司提供资料注明为 16P、13kW，额定电流 44A，起动电流 117A，而实际运行时电耗为 27.6kW，实耗为其铭牌标称的两

倍，浪费了我国很多的能源。可见，国外污水处理用潜水推流式搅拌机的可靠性和长寿命是以大代小、高能耗而换得的！甚至，国外产品参照 ISO(国际)标准所规范的要求仅是片面的参考了船舶用推进器的推力功耗，而 ISO 中检测方法与污水厂的潜水推流式搅拌机工况、功能毫无相似之处，只单方面考虑了轴向推力而没有全面考虑切向推力产用搅拌、混合效果所耗用的能源。

国内的污水处理用潜水推流式搅拌机应用需求较大，因而国内生产制造单位也很多，但其设计、生产、制造、检验能力和手段参差不齐，有些单位连起码的生产、制造、检验能力根本不具备，纯粹是作坊式的外购配件从事简单的装配。甚至某些企业往潜水推流式搅拌机升降不锈钢导杆空腔内灌注混凝土，借以提高刚性而蒙骗用户（见图 1）。中冶华天工程技术有限公司系央属设计研究院，单水处理方面各学科的博士、硕士和高级科研人员百余人，而且与河海大学的水动和流体机械院系互相联通，具国内一流的流体机械研究、设计、制造能力，同时中冶华天下属二十多个污水处理厂可用于试验验证、实际应用跟踪和现场数据采集。



图 1 潜水推流式搅拌机升降导杆内浇灌的混凝土

低速潜水推流器由电动机、减速机构、水力构件桨叶和密封、电控、起重机构组成（高速搅拌机除了无减速机构外，其余组成部件相同），是一个综合性的、多学科、技术含量较高的产品。国产污水处理用潜水推流式搅拌机的制造多以仿制为主，经历设计——模拟工作站优化——试验验证——工程应用——现场数据采集——反馈再优化的全过程原创设计除中冶华天外国内没有第二家。由于近几年暗箱操作的无序、无底线的低价位竞标机制，使得一些不良制造商以次充好、采用非标准电动机以小充大的现象极为普遍，如电动机采用 5kW 非标准电动机（见图 2），众所周知，即便是标准

电动机并非任何一台都能满足电机能效等级要求，可以想象非标准电动机又如何能达到节能之目的？另外，国产大多低速潜水推流器的桨叶均是仿制国外所谓的“镰刀”型和“香蕉”型（见图3），其共性均是靠近旋转中心的根部粗大，而边缘狭窄，这种桨叶工作时消耗的能量大多用以做无用功，而用于搅拌、混合、推流的有效功占极小。



图2 国内某单位产 5kW 低速潜水推流器



图3 “镰刀”型和“香蕉”型桨叶

国内生产潜水推流式搅拌机的单位众多，仅南京地区就有数十家，但国产的潜水推流式搅拌机经权威机构检测过的并不多，能效差别很大，下面列举两例同一规格产品进行对比。

(1) 外形对比



A 型 叶轮直径 1800mm



B 型 叶轮直径 1800mm

图4 国产规格型号相同的 A、B 两种低速潜水推流式搅拌机

(2) 国产 A、B 两种低速潜水推流式搅拌机在同一水池中 CFD 模拟有效推流体积（蓝色为流速不小于 0.3 米/秒的水体）比较图

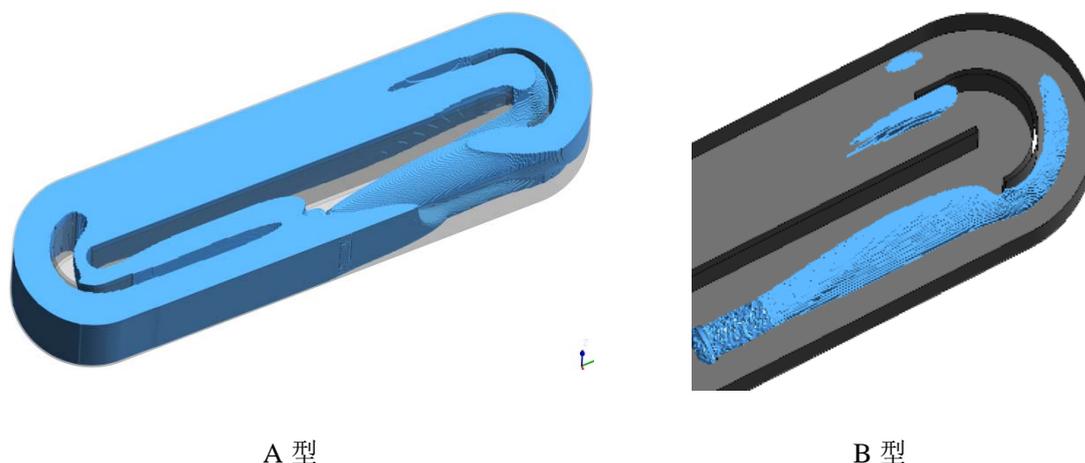


图 5 国产规格型号相同的两种低速潜水推流式搅拌机 CFD 模拟有效推流体积对比

图 5 中 A 型潜水推流式搅拌机搅拌、混合、推流的效果远远强于 B 型潜水推流式搅拌机，使用 A 型潜水推流式搅拌机池中不存在搅拌、混合盲区，池中污泥不易沉淀；而 B 型潜水推流式搅拌机仅能对其中部分水体进行搅拌、混合与推流，池中污泥极易沉淀、淤积。因为 A、B 型两种潜水式推流器叶轮结构存在差异，消耗相同的能量，但作用效果完全不同，能效比值差异较大。

## 2.2 行业可持续发展的需要

环保事业仍在不停地发展，污水处理工作并未衰减，国家对出水水质指标要求愈来愈高，对污水处理用潜水推流式搅拌机的质量要求和节能、高效要求也愈来愈高。国内用户选择应用单纯依据低价格，至于使用寿命、质量可靠性和能源效率从不考虑！鉴于国内产品以小充大、进口产品以大充小的局面，节能技术、能效比值无从谈起。

为压降污水处理成本，同时使广大污水处理用户对能效有真正的认识，不再一味地选用价低质次的设备，真正响应《中华人民共和国节约能源法》，制定《污水处理用潜水推流式搅拌机能效限定值及能效限定值》标准非常及时、非常必要：1) 潜水推流式搅拌机作为污水处理厂的关键设备必须积极响应《节能法》，真正做到环保产品首先

必须节能；2) 统一提升国内多行业编制的潜水推流式搅拌机标准要求，形成公平、公正的市场竞争环境；3) 同时对国产潜水推流式搅拌机和进口同类产品实行节能管理以及相应制度保障，对同类广普设备或是品牌设备同等看待，使设计、生产制造企业自觉遵守，并自觉“自检”；4) 促进第三方国家权威检测机构加强对潜水推流式搅拌设备的能效检测能力建设，提高检测水平；5) 加强国家监督管理部门监管力度，全方位杜绝生产制造的缺陷和管理方面的漏洞；6) 将质次、高能耗的产品拒绝在市场门外，直至最终自行淘汰消失；7) 正确引导企业自行调整产品结构，向“专、精、特”方向发展，全国提升潜水推流式搅拌技术水平，积极进行节能技术创新与进步，推进推流搅拌技术向节能、降耗、增效方向健康发展，提升国产设备在国际市场的竞争力，力争在国际上的话语权。

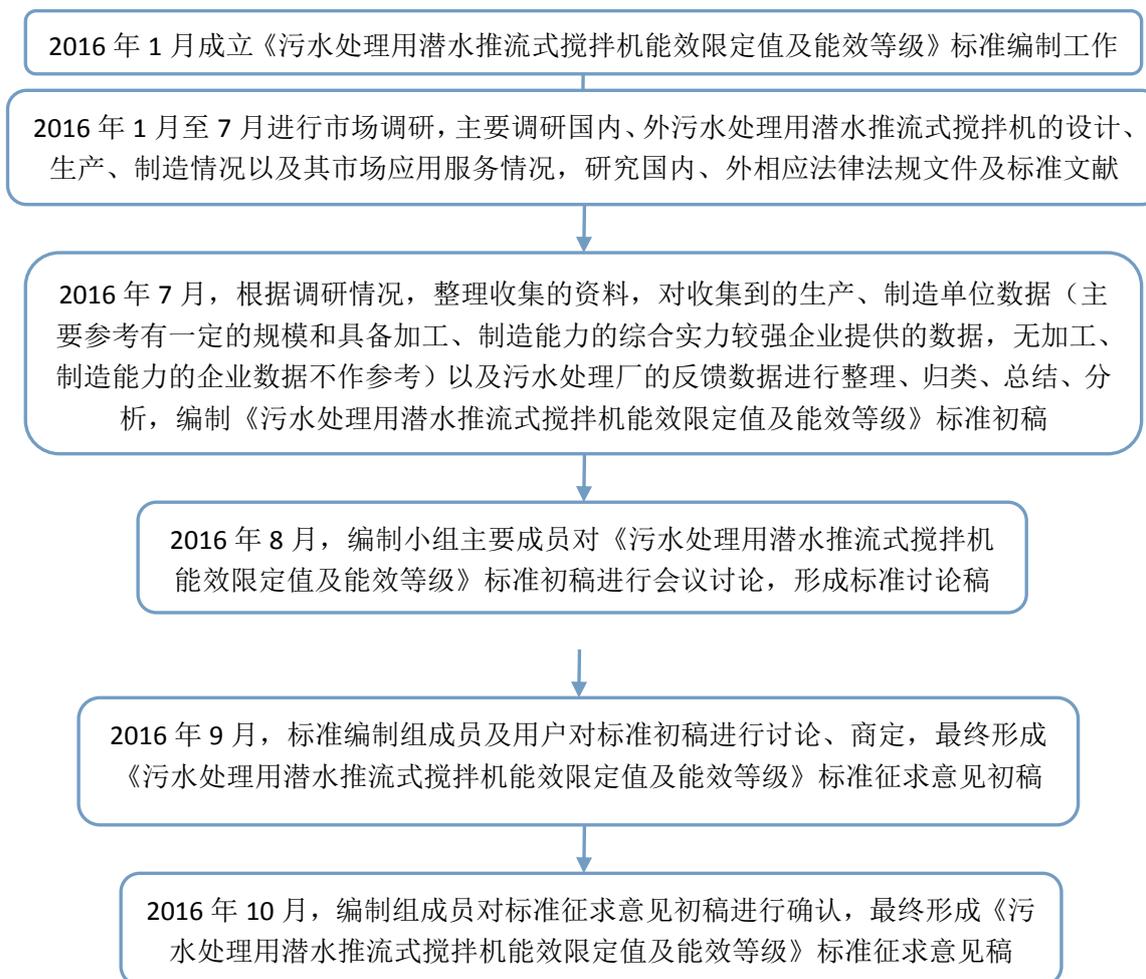
### 3 标准编制原则

本标准的编制具有规范性和系统性，编制规范严格按照 GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》的要求和规定进行：1) 遵循重点突出的原则，按照新型工业道路和科学发展观的要求，突出技术进步、自主创新、节能减排、行业发展对能效标准的要求；使标准能真正引导生产制造企业创新设计、改进结构；2) 满足市场需求的原则，围绕《节能法》、产品生产、制造和应用等方面积极制定能效标准，规范市场秩序，满足市场需求，保护消费者利益，正确指导用户选型应用，真正实现节能、降耗，从水处理关键设备选型开始降低污水处理成本，降低能源消耗；使环保产品真正做到节能、环保；3) 与国际接轨的原则，通过能源标准的制定与实施，实现国产潜水推流式搅拌技术的突破，提高产品能效，打破国外品牌垄断的局面。

本标准的编制以主编单位和参编单位多年来在该领域的研究创新结晶作为技术支撑，具有可操作性，全面考虑用户的利益，寻求最大的经济和社会效益，完全实现从单纯的生产型制造到节能服务型制造的重大变革。

### 4 主要工作过程

本标准制定工作流程如下：



## 5 标准主要内容介绍

### 5.1 标准范围

本标准明确规定适用范围为由潜水电机直接驱动或由潜水电机直联齿轮减速机减速驱动的潜水推流式搅拌设备,应用于各污水处理厂、水厂和不能自流的河、湖、沟、渠等水体面源等场所,实现造流、助、推流、搅拌、混合的目的,使污泥不致沉淀、淤积;本标准不适用于其他非潜水电机驱动的搅拌设备,也不适用于液压等驱动的搅拌设备。

### 5.2 术语和定义

为响应《中华人民共和国节约能源法》，淘汰低效率、高能耗等能效比差的产品、提高能源利用效率而制定本标准，其中“能效限定值”和“节能评价值”是本标准的核心内容，本标准中对能效评定的依据引入“能效比”定义，因为污水处理用潜水推流式搅拌机的主要功能是搅拌、混合和推流，目的是使污水中的污泥处于流动状态而不沉淀、淤积，当污泥处理淤积状态时，不仅减少了池容，更重要的是影响了污水处理效果，最终导致污水处理出水不达标。

在 ISO 21630 中提出了“推力功率比”，故此引用 ISO 标准的单位提出与本标准不同的观点，本标准编制组认为用“推力功率比”作为评定潜水推流式搅拌机的性能是有参考价值的，但也是不够全面的，理由如下：

1) 适用对象及应用场合不同：若将“推力功率比”衡量船舶螺旋桨性能比较恰当，因为船舶螺旋桨主要作用是产生推力使载重船舶前进；污水处理用潜水推流式搅拌机首先要形成有效的流场与流态，在有效的流场中要求污泥不沉淀；其功能与船舶螺旋桨绝不相同，况且，潜水推流式搅拌机如应用于缺氧池中，绝不能使污水翻滚，否则，会造成缺氧池因水波动而曝气充氧，失去缺氧酸化效果。

2) 检测环境与应用场合不吻合：ISO 21630 的检测条件为“无边界”，即将潜水推流式搅拌机放到边界足够大或是没有边界的理想水池中进行检测，检测时潜水推流式搅拌机只对水体产生作用力，即将电能转化为动能；而实际上潜水推流式搅拌机的应用水池在长、宽、深均有限制的水池中，而且正常工作时，水体在潜水推流式搅拌机的作用下会形成环流，即潜水推流式搅拌机不仅只对水体产生作用力，同时又受到环流至其后的水体的反作用力，同一台潜水推流式搅拌机在这两种环境条件下产生的推力绝不相等。用并不吻合的环境条件检测数据来指导应用具有误导指向。

3) 提倡“推力功率比即  $R_{FP}=F/P_1$ ”观点，认为“不管使用哪种搅拌机，最终输出的都是推力”，这句话本身没有问题，但力是矢量，是有方向性的，推流搅拌机的作用不仅仅表现为向前推流的“纵向力”(F)产生轴向或纵向的流速  $u$ ，不可忽视的还有使水体环流的“切向力”，只有切向力足够大，才能使水体得到充分的搅拌，并最终均匀混合状态向前流动。当配套电机功率相同而使用不同结构形状的水力件桨叶时，形成的流场流态肯定不同，能耗也就完全不同，此时并不能轻易结论为实耗功率小的搅拌效率就高呀。若仅以推流的“纵向力”作为衡量指标显然是不够全面的。

4) ISO21630 中指出：搅拌机的系统效率的主要影响要素是叶轮直径和转速，叶轮的功率值不是最主要的关注点。即 ISO21630 中只单纯地检测不同叶轮但叶轮直径与转速相同的情况下产生的推力大小，并没有综合考虑实际消耗功率。而作为能效等级和能效限定值标准，重点考核对象是同等条件下的单位能耗。

参照与本标准产品潜水推流式搅拌机相似产品交流电风扇的能效限定值及能效等级标准 GB12021.9-2008，该标准中规定以“标准规定测试条件下交流电风扇的最低允许能效值单位为  $\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{w}$ ”，即以“单位能耗所产生的风量”作为能效评价标准，且本标准为与 GB50014《室外排水设计规范》保持一致，故将 GB/T××××(项目编号：20121486-T-303)中定义的“比功率”(在规定的试验条件下，实现每立方水体造流流速不小于 0.3m/s 时所消耗的总功率)作为潜水推流式搅拌机的能效评价标准。

## 5.3 技术要求

### 5.3.1 基本要求

因为污水处理用潜水推流式搅拌机并非是单一产品，而是由很多外购产品(部件)如电机、桨叶、减速部件(选用)等组装而成，这些关键部件的能效直接影响整机的能效，故有必要纳入到本能效标准中进行管辖，有助于实现搅拌机整机能效的提升。故在本标准中增加基本要求条款，分别对配套用电动机、减速部件、桨叶的选用进行了规定。

本标准中规定总能耗作用下，搅拌多少水体并满足流速 $\geq 0.3\text{m/s}$ 作为评价污水处理搅拌机的能效标准，因为当流速 $\geq 0.3\text{m/s}$ 时，污泥混合搅拌、混合效果好，便不致于沉淀、淤积。能效比值越低，实现每立方米水体有效造流所消耗的总功率就低，则证明用于做有用功(使污泥处于流动状态而不沉淀)的能耗占比高，用于做无用功的能耗占比小，为理想的高能效设备，具有广泛推广应用价值；反之，能效比值越高，则设备用于做无用功的能耗占比高，设备的效率低，应归为低产能或落后产能产品，应用价值非常低。

### 5.3.2 能效限定值

本标准中的能效限定值是污水处理用潜水推流式搅拌机市场准入的能源效率限定门槛值，在 GB50014-2006《室外排水设计规范》中规定：缺氧区（池）、厌氧区（池）应采用机械搅拌，混合功率（应为作用于污水的比功率）宜采用  $2\text{W}/\text{m}^3 \sim 8\text{W}/\text{m}^3$ 。因 GB50014 为 2006 年版，经过十年的发展，其中能效  $8\text{W}/\text{m}^3$  已不能适应节能、降耗产业政策，为与 GB50014 标准相协调、对应，本标准中规定污水处理用潜水推流式搅拌机的侧重功能不同，分别对高、中、低速推流式搅拌机的最大耗电量作出限制性规定，最大耗电量的规定依据调研统计数据。

国内生产潜水推流式搅拌机的厂家众多，如南京地区就有数十家企业，但象蓝深集团、贝特环保、布鲁克林等具备研发、设计能力的单位寥寥无几，大数是作坊式企业，根本不具备设计、生产制造能力，但是该地区生产的潜水推流式搅拌机几乎覆盖了全国各地。

鉴于上述原因，标准调研只能采取不完全统计方法，即针对性地调查统计，另本标准参编单位南京贝特环保、蓝深集团积极配合参与调研，至目前为止，能积极提供调查数据的仅是为数不多的企业，具体统计数据见下表。

表 2 低速潜水推流式搅拌机能效值调查数据统计表

序号	制造单位	型号	性能参数				检测单位	备注
			流速 m/s	轴向有效 推进距离 m	有效扰动 半径 m	比功率 $\text{w}/\text{m}^3$		
1	中冶华天工程技术 有限公司	DT7.5-1800	0.25	87	4.5	1.786	国家环保设备 质量监督检验 中心（浙江）	水深 5 米 污泥浓度 9704mg/l
			0.3	43	4.5	3.61		
2	江苏亚太水处理工程 有限公司	YQD-3-1800 YQD-7.5-2500	0.8	20	6	1.6	同济大学环境 保护产品检测 中心	2011.10
			0.5	45	6	1.6		
3	泰州泰丰泵业有限公司	1.5~7.5kW		16~70	2~6	1.6		
4	南京布鲁克林环保设备 有限公司	1.5~7.5kW		25~55	3~6			
5	赛莱默（中国）有限公司	0.9~5.7kW		120	8			
6	南京贝特环保通用设备 制造有限公司	1.5~7.5kW		20~100	2~8	4~6		
7	蓝深集团股份有限公司	QJB4/4-2200		36.41	4.21		江苏省泵阀产 品质量监督检 验中心	2015.12
8	南京科莱尔泵业有限公司	1.5~7.5kW		20~100	2~8	4~6		

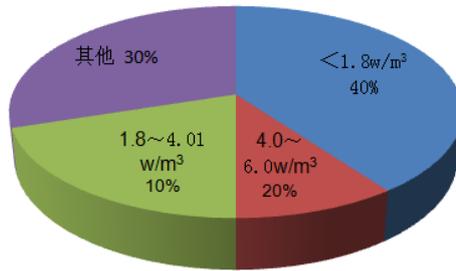


图6 低速潜水推流式搅拌机能效调查统计图

表3 中速潜水推流式搅拌机能效值调查数据统计表

序号	制造单位	型号	性能参数			检测单位	备注
			轴向有效推进距离 m	有效扰动半径 m	比功率 (w/m <sup>2</sup> )		
1	江苏亚太水处理工程有限公司	YQZ-3-480 YQZ-7.5-620	35	3	3.8		
2	泰州泰丰泵业有限公司	0.75~15kW	5~60	0.5~5.5	2		
3	南京布鲁克林环保设备有限公司	0.85~4kW	5~15.5	0.8~2			
4	南京贝特环保通用设备制造有限公司	0.75~11kW	1~15	1~11	2~4		
5	蓝深集团有限公司	QJB4/6-400	27.42	2.43		江苏省泵阀产品质量监督检验中心	
6	南京科莱尔泵业有限公司	4~10kW	25~50	7~14	6		

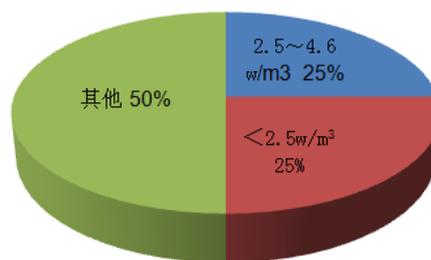


图6 中速潜水推流式搅拌机能效调查统计图

表4 高速潜水推流式搅拌机能效值调查数据统计表

序号	制造单位	型号	轴向有效推进距离 m	有效扰动半径 m	比功率 (w/m <sup>2</sup> )	检测单位	备注
1	江苏亚太水处理工程有限公司	YQG-1.5/YQG-5.5	20	2	1.5		
2	泰州泰丰泵业有限公司	0.75~7.5kW	5~60	0.5~5.5	8		

3	赛莱默（中国）有限公司	0.9~25kW	150	10			
4	南京布鲁克林环保设备有限公司	1.5~15kW	9~63	1.2~5		国家经济贸易委员会（鉴定）	
5	南京贝特环保通用设备制造有限公司	0.37~22kW	10~80	1~6	6~8		
6	蓝深集团有限公司	QJB4/6-400	27.42	2.43		江苏省泵阀产品质量监督检验中心	2015.12
7	南京科莱尔泵业有限公司	0.85~15	6~50	2~8	6		

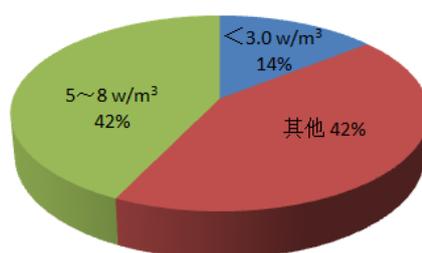


图7 高速潜水推流式搅拌机能效调查统计图

### 5.3.3 能效等级

潜水推流式搅拌机经过若干年的发展，国内的生产、制造、销售单位众多，但每个单位的生产、制造能力完全不同，为兼顾到一些企业的生存与发展，同时又必须响应国家《节能法》，故本标准中将污水处理用潜水推流式搅拌机能效细分为三个等级，具体划分原则主要依据以下几点：

一级能效为节能产品的最高水平，指标定位于当前市场同类产品的最高水平；

二级能效为节能产品的正常水平，指标定位高于市场同类产品的平均水平；

三级能效为节能产品的稍低水平，指标定位于市场同类产品的平均水平及以下，并可依据淘汰 10% 市场同类高能耗、低产能产品。

## 6 标准实施的可行性

### 6.1 技术可行性

本标准污水处理用潜水推流式搅拌机的各组成部件如电动机、桨叶、减速部件等

已是成熟的技术产品，如电动机其能效等级及评价标准早已颁布实施，各搅拌机生产、制造企业应当而且必须摒弃偷工减料的制作方式，则基本能达到市场准入门槛，如一味地追求低价位而放弃质量要求，只能被市场无情地拒之门外直至被淘汰，因而本标准具有技术可行性和可操作性。

## 6.2 经济可行性

本标准积极响应《中华人民共和国节约能源法》，将污水处理用潜水推流式搅拌机能效分为四个等级，总体原则为性价比对等，目的是让更多不同能效等级的产品同时参与市场竞争，通过市场竞争规律自然淘汰质次、低产能产品，不断提升高效、低耗产品的市场竞争力，保证了不同的经济投入得到不同的效益回报，实现厂商和用户的双赢，确保从生产制造到现场运行有效制止浪费，合理地利用有限资源。通过本标准的实施，行业结构得到优化，竞争力得到全面提升，形成协调发展的产业格局。可见，本标准在经济方面同样具有可行性。

## 7 本标准与现行相关法律、法规、规章、标准，特别是强制性标准的协调性

本标准符合《中华人民共和国节约能源法》规定要求，与 GB50014《室外排水设计规范》协调一致，响应国家其他法律、法规和强制性国家标准的要求，有助于《中华人民共和国环境保护法》等相关法律、法规等标准的实施。

## 8 贯彻国家标准的建议

本标准为首次制定，目前国内外均无同类产品能效标准可供参考，为规范国内同类产品市场秩序、尽快提升节能产品品质，将《中华人民共和国节约能源法》落到实处，建议国家标准化主管部门加快审查，尽早颁布实施。

## 9 实施国家标准的建议

建议本标准发布 6 个月后实施。

## 10 废止现行相关标准的建议

无

## 11 其他应予说明的事项

无