

关于欧盟水泵最小能效指标（MEI）法规的解读

李广一、鍾曠嶽、段明、于学锋

威乐（中国）水泵系统有限公司

摘要：本文就欧盟有关水泵产品最小能效指标的法规进行了解读，并给出一个最小能效指标的具体算例以帮助读者加深理解，以供同行业人员学习参考。同时帮助国内企业加深对欧盟标准的理解，以便调整自身产品设计，来应对相关产品出口的要求。

关键词：欧盟；Erp 指令；MEI；解读

2012年6月26日欧盟发布了“关于水泵生态设计要求”的法规，即 No547/2012，以执行欧洲议会和理事会指令 2009/125/EC（简称 ErP 指令）。

欧盟的研究显示水泵在欧盟市场中用量极大，仅 2005 年一年水泵消耗的电能达到 1090 亿度，相当于 50 公吨的二氧化碳排放。据不完全统计，到 2020 年这一数值会增加到 1360 亿度。ErP 指令要求在不会过度增加成本的前提下，改善产品对生态环境的影响。欧盟委员会将在电机驱动的水泵产品中执行此标准。水泵在各行各业应用广泛，在这些应用中大约有 20%~30% 的潜在空间可以提高整个水泵系统能源效率。欧盟委员会标准 No640/2009 中已经对电机的生态设计要求进行了规定，因此本次出台的标准是针对水泵的水力效率而言（不包含电机）。同时法规指出应用新法规应规划合理的执行进度，以便水泵生产商，尤其是中小规模的生产商有足够的时间去重新设计产品，避免造成产品其他方面性能的下降，或者成本的激增。

1. 法规的适用范围：

输送清水的转子泵（包括集成在其他产品中的泵）。该法规不适用于以下情况：（a）专门用于输送温度为 -10°C 以下或 120°C 以上的清水的水泵，但也应满足法规中附件 II 中 2(11) 到 3(13) 条款中的规定。（b）仅用于消防的水泵。（c）容积泵。（d）自吸泵。

2. 生态设计要求：

对回转动力水泵的最低效率要求和信息要求列于该法规的附件 II，实施时间如下：

- (1) 从 2013 年 1 月 1 日起，需满足附件 II 第 1(a)点规定的最低效率要求，即要达到 MEI 大于等于 0.1 的要求
- (2) 从 2015 年 1 月 1 日起，需满足附件 II 第 1(b)点规定的最低效率要求，即要达到 MEI 大于等于 0.4 的要求
- (3) 从 2013 年 1 月 1 日起，需满足附件 II 第 2 点规定的信息要求。

3. MEI 的基本概念：

水泵最小能效指标（MEI, Minimum Efficiency Index）与水泵尺寸无关的衡量水泵在高效点、小流量点（部分负载，高效点流量的 75%）和大流量点（过载，高效点流量的 110%）时水力效率的参数。图 1 至图 5 为 MEI 与流量 Q ，比转速 n_s ，效率 η 三者的关系，各图中的数据点为水泵生产商提供的样本，红色数据点代表被淘汰的型号。图 1 为 MEI=0.05 的情况，即在所有样本中淘汰掉 5%，图 2、3、4、5 分别为淘汰掉 20%，40%，60%，80% 的情

况，即 MEI 分别为 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 时的情况。

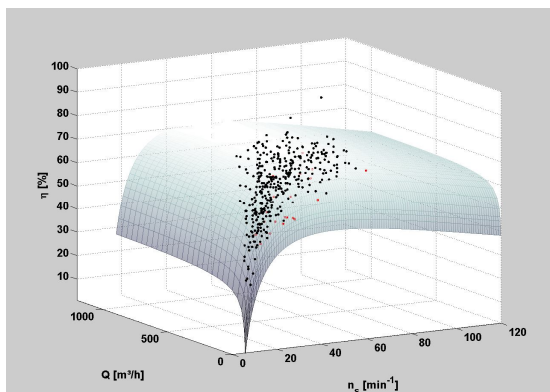


图 1: MEI=0.05

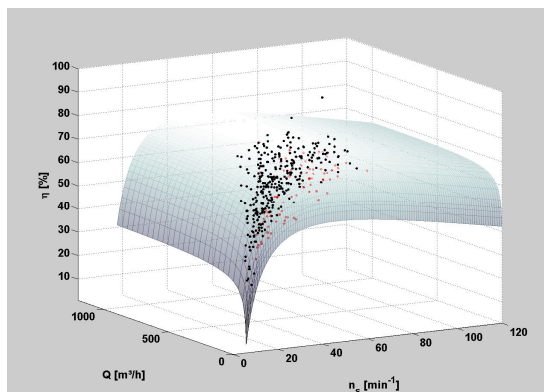


图 2: MEI=0.2

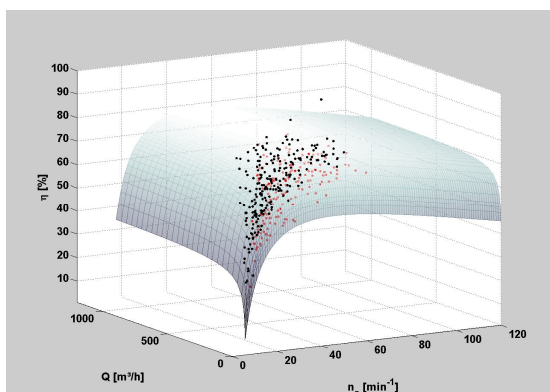


图 3: MEI=0.4

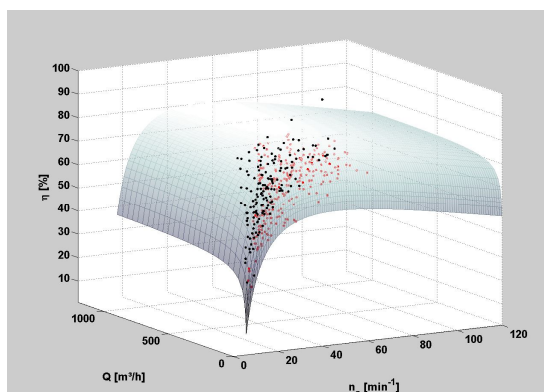


图 4: MEI=0.6

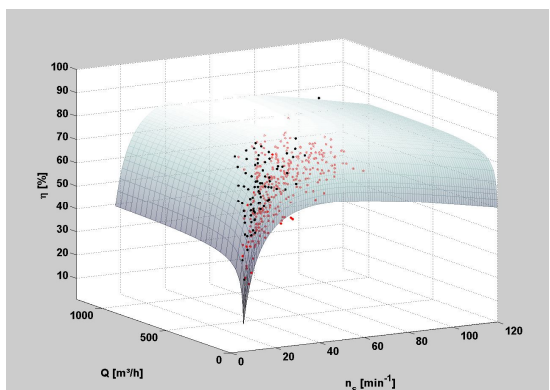


图 5: MEI=0.8

4. MEI 的计算方法:

4.1 几个重要概念:

在介绍 MEI 计算方法之前首先介绍几个基本概念:

- (1) 全尺寸叶轮: 水泵样本中给定了性能曲线的具有最大叶轮直径的叶轮。
- (2) 比转速: 通过扬程、流量、转速 (n) 确定水泵叶轮形状的参数

$$n_s = n \frac{\sqrt{Q_{BEP}}}{(1/10 H_{BEP})^{3/4}}$$

其中:

H 扬程, 单位为 m

n 转速，单位为 rpm
 Q 流量，单位为 m^3/h
 i 叶轮级数

- (3) BEP: 高效点，在水泵性能曲线上效率最高的一点。
- (4) PL: 小流量点（部分载荷点），流量为高效点流量 75%时的工况点。
- (5) OL: 大流量点（大流量点），流量为高效点流量 110%时的工况点。
- (6) 计算 MEI 时水泵类型的划分，共 5 种类型，如图 6 所示：

ESOB（End suction own bearing）泵头中带有轴承的端吸泵，如图 6（a）所示
 ESCC（End suction close coupled）直连式端吸泵，如图 6（b）所示
 ESCCi（End suction close coupled inline）直连式端吸管道泵，如图 6（c）所示
 MS-V（Vertical multistage）立式多级泵，如图 6（d）所示
 MSS（Submersible multistage）潜水多级泵，如图 6（e）所示

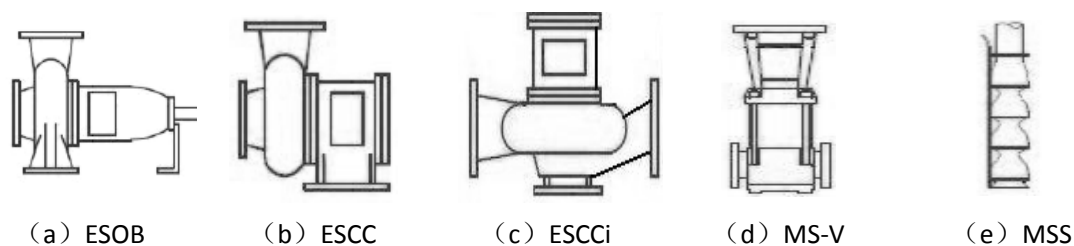


图 6 水泵类型的划分

4.2 MEI 计算过程:

MEI 的计算需要考察全尺寸叶轮情况下高效点、小流量点和大流量点三个点的情况，如图 7 所示。图中黑色折线为 MEI=0.1 的水平，红色折线为 MEI=0.4 的水平。同时考察三个点是为了使水泵的效率曲线在高效点附近的区域尽量平滑，这也是对水利设计的要求。由于三个点的比转速是不同的，一般情况下，同一台泵在小流量处比转速要比高效点略小，其效率也会有所下降，因此，对小流量点和大流量点的最低效率要求都比高效点的要求略低。

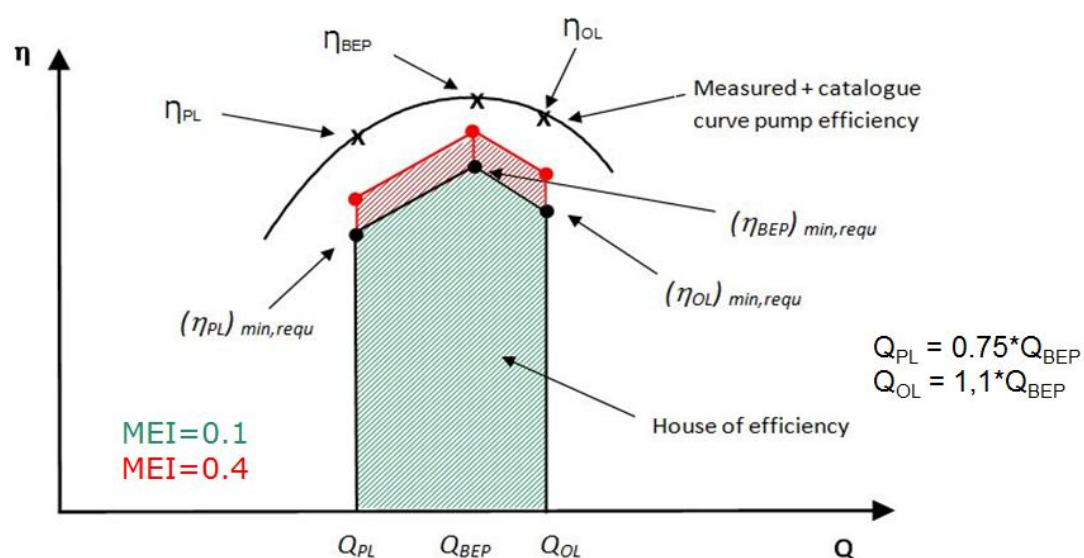


图 7 MEI 图解

水泵在高效点、小流量点、大流量点的最低效率要求的计算公式如下：

$$(\eta_{BEP})_{\min, req} = -11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy + 88.59x + 13.46y - C$$

$$(\eta_{PL})_{\min, req} = 0.947(\eta_{BEP})_{\min, req}$$

$$(\eta_{OL})_{\min, req} = 0.985(\eta_{BEP})_{\min, req}$$

其中： η_{BEP} 、 η_{PL} 、 η_{OL} %

$X = \ln(n_s)$ ， X 为比转速的自然对数。 n_s 的单位为 min^{-1}

$y = \ln(Q_{BEP})$ ， y 为高效点流量的自然对数， Q_{BEP} 的单位为 m^3/h

C ，为常数与 MEI 值以及水泵类型相关，具体数值参见表 1

表 1 MEI 与常数 C 以及水泵型号的对应关系

C for MEI Pump Type	Minimum Efficiency Index						
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
C (ESOB 1450)	132.6	130.7	129.4	128.1	127.0	126.1	124.9
C (ESOB 2900)	135.6	133.4	131.6	130.3	129.2	128.1	127.1
C (ESCC 1450)	132.7	131.2	129.8	128.5	127.4	126.6	125.5
C (ESCC 2900)	135.9	133.8	132.2	130.8	129.9	128.8	127.8
C (ESCCI 1450)	136.7	134.6	133.4	132.3	131.0	130.3	129.0
C (ESCCI 2900)	139.4	136.5	134.9	133.7	132.6	131.3	129.8
C (MS 2900)	138.2	135.4	134.9	134.0	133.4	131.9	130.3
C (MSS 2900)	134.3	132.4	130.9	128.8	127.3	125.2	123.8

设 $F_\eta = -11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy + 88.59x + 13.46y$

则 $C = F_\eta - \eta$ ，据此计算出 C_{BEP} ， C_{PL} ， C_{OL} 三个值，取三者中的最大值进行 MEI 计算。值得注意的是在计算 C_{PL} ， C_{OL} 时，应将这两点的效率值除以相应的系数 0.947 和 0.985。根据计算出的 C 在表 1 中找到相邻的两个数值，进行线性插值计算出这台水泵的 MEI 数值。

举例说明：现有一台水泵类型为泵头带有轴承的端吸泵，水泵转速为 2900min^{-1} ，高效点流量 Q_{BEP} 为 $50\text{m}^3/\text{h}$ ，比转速为 $n_s = 20\text{min}^{-1}$ ，高效点效率 η_{BEP} 为 68.1%，小流量点效率 η_{PL} 为 64.8，大流量点效率 η_{OL} 为 67.5%，求这台水泵的 MEI。

解： $X = \ln(n_s) = \ln(20) = 2.9957$

$Y = \ln(Q_{BEP}) = \ln(50) = 3.912$

$F_\eta = -11.48x^2 - 0.85y^2 - 0.38xy + 88.59x + 13.46y = 197.6$

$C_{BEP} = 197.6 - 68.1 = 129.9$

$C_{PL} = 197.6 - (64.8 / 0.947) = 129.2$

$C_{OL} = 197.6 - (67.5 / 0.985) = 129.1$

$C_{MEI} = \text{MAX}(C_{BEP}, C_{PL}, C_{OL}) = 129.9$

查表 1，得 $C_{左} = 130.3$ ， $C_{右} = 129.2$ ， $MEI_{左} = 0.4$ ， $MEI_{右} = 0.5$ ，

$MEI = (MEI_{右} - MEI_{左}) \frac{C_{MEI} - C_{左}}{C_{右} - C_{左}} + MEI_{左} = 0.436$

至本条例生效以来，按照市场上现有的技术水平，MEI 达到或超过 0.7 的水泵即成为行业中的标杆产品。

5. 法规中关于信息标注的要求:

新法规中除了能效方面的规定外还对信息标注方面做出了具体的要求:水泵的技术文件及水泵制造商网站上应清晰注明 MEI、生产日期,制造商名称或商标、商业注册号以及生产地、产品型号、带平衡叶轮的水力效率或标注水泵效率特性的性能曲线、信息的标注样式、产品相关的拆解、回收或处理信息。同时,制造商网站上还应提供消费者选择不同水泵类型的基准信息等内容。

6. 结论:

自欧盟《制定能源相关产品生态设计要求的框架指令》(Erp 指令)发布后,对于销售量大,某方面环境影响重大的相关产品的专项指令研究明显加快,现已发布外部电源、电动机、循环泵、电视机、制冷设备、通风机等多项生态设计要求,未来还将有越来越多的产品被正式列入到 ErP 指令的范畴之内。

作为水泵生产商应通过各种途径及时了解与自身产品有关的国外通报和技术性贸易壁垒的信息,同时应重视产品的能效设计,通过节能技术的研究、开发和利用,改进产品结构和生产工艺,提高自身产品的能效水平,同时应按照相关法律法规的要求将产品能效水平和相关信息按照正确的格式反映在产品标签上。

本文解读了欧盟关于水泵最小能效指标的法规。为了读者更好的理解,还给出了最小能效指标的具体计算实例。