名目

前言

目次

1 总则

1.1 范围和目的

1.1.1 范围

1.1.2 目的

1.2 引用文献

1.3 术语、定义、符号和单位

1.3.1 概述

1.3.2 单位

1.3.3 术语、定义、符号和单位表

1.4 与水力性能有关的保证值的性质和范围

1.4.1 概述

1.4.2 模型试验法验证的主要水力性能保证值

1.4.3 模型试验法不能验证的保证值

1.4.4 附加性能数据

2 试验的执行

2.1 试验安装和模型的要求

2.1.1 试验室选择

2.1.2 试验装置安装

2.1.3 模型要求

2.2 模型和真机的尺寸检查

2.2.1 概述

2.2.2 需检查的模型和真机的尺寸

2.2.3 外表的波浪度和粗糙度

2.3 水力相像、试验条件和试验程序

2.3.1 水力相像

2.3.2 试验条件

2.3.3 试验程序

2.4 测量方法介绍

2.4.1 主要水力性能保证值的测量

2.4.2 附加数据与测量

2.4.3 数据的采集和处理

2.5 物理性质

2.5.1 概述

2.5.2 重力加速度

2.5.3 水的物理性质

2.5.4 大气的物理性质

2.5.5　水银密度

国际标准 IEC60193 由 IEC TC4 即水轮机技术委员会编制。

其次版 IEC60193 将取消和替代 1965 年出版的第一版 IEC60193 及其补充 1〔1977〕，IEC60193A〔 1972〕以及 IEC60497〔 1976〕和 IEC60995〔 1991〕。

本标准的第 1 至第 3 章掩盖了上述出版物，第十章给出。

3附加内容

本标准的文本基于以下文献：

FDIS	表决报告
4/XXX/FD	4/XXX/R

上表的表决报告给出了本标准表决标准的全部状况。

附录 B、F、G、K、L 和 M 内容是本标准不行分割的一局部 附录 A、C、D、E、H、J、N 和 P 是供参考内容。

水轮机、蓄能泵和水泵水轮机模型验收试验

1 总则

1.1 范围和目的

1.1.1 范围 本国际规程适用于在试验室条件下所试验的各种类型的冲击式和还击式的水轮机、蓄能泵或水泵水轮机。

本规程适用于的机组功率大于 5MW 或名义直径大于 3 米的原型机所对应的 模型。将该规程所规定的程序完全地应用于机组功率或直径较小的水轮机， 一般 来讲，并不适宜。然而，该规程可以应用在买主和卖主协议认可的一类机器上。

在本规程里， 术语“水轮机”包括做水轮机方式运行的水泵水轮机， 术语“水泵”包括做水泵方式运行的水泵水轮机。

假设验收试验〔见 IEC60041 〕的预期现场条件不能验证原型机的给定保证 值的性能，那么特别建议应当进展模型验收试验。

本规程也适用于其它目的模型试验，例如比较试验和争论及开发性的工作。 假设模型验收试验已经完成，现场试验可以仅限于进展指数试验〔见 IEC60041， 15 章〕

除了一般不行必免地与试验的指导相联系的事项之外， 本规程不包括纯商业 利益的事情。

只要机器的构造或部件不影响模型的性能或模型与真机间的相互关系， 那么 本规程即不涉及机器的具体构造，也不涉及机器部件的机械性能。

1.1.2 目的 本规程包括了为了验证合同保证值的重要水力性能是否得到满足所进展的水轮机、蓄能泵和水泵水轮机的模型验收试验的安排。

假设对试验的任何步骤持异议， 那么可参看本规程， 它包含了指导试验进展 的规章和描述了所实行的测量方法。

本标准的主要目的是： ——定义使用的术语和参数。 ——为了确定模型的水力性能，规定试验方法和所涉及的测量参数。 ——规定结果的计算方法和与保证值的比较方法。

——打算本规程所规定的范围内的合同保证值是否得到满足。

—定义最终报告的范围、内容和构造

保证值可以以以下一种方式给出： ——由考虑了比尺效应的模型试验结果计算出原型机水力性能的保证值。 ——模型水力性能的保证值。

而且对于水轮机原型机的设计或运行，额外的性能数据也是需要的。 与对到 3 章的要求不同，第 4 章给出的额外数据的信息对使用者仅是一个建 议或指导。

假设觉察本标准与任何其它标准相冲突，那么本标准优先。

1.2 引用标准

列标准包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时，所出版本均为有效。全部标准都会被修订，使用标准的各方应探讨、使用以下标准最版本的可能性。IEC 和 ISO 的成员都保存有现行国际标准的登记表。

IEC60041：1991，水轮机、蓄能泵和水泵水轮机水力性能现场验收试验

。IEC60609：1978，水轮机、蓄能泵和水泵水轮机空蚀评定。

IEC60994：1991，水力机械(水轮机、蓄能泵和水泵水轮机)振动和脉动现场测量导则

IEC61364, 水力机械名词术语

ISO31－3：1992，参数和单位——第 3 局部:机械

ISO31－12：1992，参数和单位——第 12 局部:特性数值

ISO468－1982, 外表粗糙度——特别要求的参数，数值和一般规章

£01438-1:1980,用堰板和文吐里法测量明渠中的水流量——第 1 局部:薄堰板法

IS02186：1973，封闭管道中的液流测量——原级和次级之中间传递压力信号的联接件

IS02533：1975，标准大气压补充 1：1985

IS04006：1991，封闭管道中的液流测量——词汇和符号

IS04185：1980，封闭管道中的液流测量——重量法

IS04373：1995，明渠中的液量测量测量——水位测量装置

IS05167-1：1991，通过压差装置测量液流的方法第 1 局部在布满液体的圆形横断面的管道中插入孔板，喷嘴和文吐里等。

IS05168：1978，液流的测量——流速测量不确定时的估量

IS06817：1992，封闭管道中导电液体的测量——电磁流量计法

IS07066－1：1997，流量测量装置标准和使用中不确定度的估量——第 1 局部:线性标准关系

IS07066-2：1988，流量测量装置校准和使用中不确定度的估量第 2 局部:非线性标准关系

IS08316：1987，封闭管道中液流的——容积法

测量IS09104：1991，封闭管道中液——电磁流量计测量液体的性能

流的测量

评价方法

VIM：1993，计量根本和一般术语的国际词汇（BIPM-IEC-IS0－0IML）

1.3 术语、定义、符号和单位

该国际标准将承受以下等同的术语、定义，符号和单位，特别术语将在消灭处赐予解释。

无疑地合同双方在试验前应对测量的术语、定义或单位做出书面澄清。

131.1

点是由在不转变运行条件和设置状况下，由一个或多个连续一组读数和/或

记录组成，在该运行条件和设置下，它足可以计算出机器的性能。

131.2

试验是整个规定运行范围内足可以计算出机器性能的一系列点和结果。

131.3

水力性能

由于流体动力高效应引起的与机器有关的全部性能参数。

1.3.1.4

主要水力性能数据

水力性能参数的集合，例如：功率，流量和 /或比能、效率、稳态飞逸和/或 流量。必需考虑空化的影响。

1.3.1.5

附加数据形式

模型试验上水力性能数据的集合， 由它可以得出一些数据〔见 1.44〕，然而由于一些近似规章的使用，由此行业的相应原型机数据推测精度低于由主要水力 性能数据得出的结果。

1.3.1.6

保证值

合同中同意的指定性能数据。

1.3.2 单位

本标准完全承受国际单位制〔SI, 见 ISO31 － 3〕

全部术语都由 SI 根本单位或导出的相关单位给出。使用这些单位的根本 等式是有效的，在某些数据使用其它相关 SI 单位时，必需考虑这种状况〔例如，功率中千瓦代替瓦，压力中千帕或巴代替帕斯卡、转速中每分钟代替每秒种等〕。 由于确定温度〔以开尔文表示〕很少需要，所以温度以摄氏度给出。

仅在合同双方以书面形式同意的状况下，可以使用任何其它单位制。

1.3.3 术语、定义、符号和单位表

1.3.3.1 下标和符号

子项	术 语	定 义	下标和符号
1.3.3.1	高压参考断面(1)	性能保证所指定的机器高压侧断面〔见图 1〕	1
1.3.3.1	低压参考断面(1)	性能保证所指定的机器低压侧断面〔见图 1〕	2
1.3.3.1	高压测量断面	这些断面应尽可能与断面 1 全都，或 其测量值可换算到断面 1 〔见	1”

1.3.3.1.4	低压测量断面	这些断面应尽可能与断面 2 一 –致，或其测量值可换算到断面 2〔见 3.5.2.1.3〕	2,2 ”
1.3.3.1.5	规定值	带有下标的量值，如转速、流量等，以此保证其它量值	3P
1.3.3.1.6	最大值/最小值	说明任何术语的最大与最小值的下 标	Max Min
1.3.3.1.7	极限	合同规定值 没有超出 到达	
1.3.3.1.8	原型机	:与原型机有关值的下标	P：
1.3.3.1.9	模型	与模型有关值的下标	M
1.3.3.1.10	常雷诺数下的模 型	与模型在常雷诺数下 有关值的下标	M*
1.3.3.1.11		与规定参考条件有关值的下标	Ref
1.3.3.1.12	最优	最优效率点的下标	Opt
1.3.3.1.13	环境	:指在四周大气条件下的下标	Amb
1.3.3.1.14	电站	:与电站原型机运行条件有关值的下标	PI
1.3.3.1.15	飞逸	与飞逸条件有关值的下标	R

4 -IV.

⑴ 术语“高压”和“低压”定义为机器的两侧并与水流方向无关，因此它们与 机器的运行方式也无关。

图 1:水力机械典型示意图

水轮机

进口断面/出口断面

高压参考断面

高压测量断面 机器

低压测量断面

低压参考断面

进口断面/出口断面

泵

图 2:导叶开度和角度

关闭位置：a = 0°或a=0mm

1.332 几何术语

子项	术语	定 义	符号	单位
1.3.3.2.1	面积	垂直于主流流淌方向的净面积	A	“ “2 ~ m
1.3.3.2.2	导叶开度	相邻导叶间的平均最短距离〔假设必要可指规定 断面〕〔见图 2〕	a	
1.3.3.2.3	导叶角度	从关闭位置算起的平均导叶角度	a	。
1.3.3.2.4	喷针开度	从关闭位置开头测得的喷针平均行程	S	m

	〔冲击式 水轮机〕			
1.3.3.2.5	转轮/叶轮叶片角度	从给定位置算起测得的转轮叶片的平均角 度		。
1.3.3.2.6	参考直径	如图 3 给出的水力机器的参考直径	D	m
1.3.3.2.7	转轮/叶轮进出口开发	转轮/叶轮相邻叶片间的平均最短距离〔见图 14 和图 15〕	a_1,a_2	m
1.3.3.2.8	水斗宽度	冲击式水轮机水斗斗内最大宽度〔见图 3〕	B	m
1.3.3.2.9	尺寸比	典型原型机和模型机尺寸比值；正常状况下是机器的直径比，在以此为参考困难的状况下，也可米用其它显著长度的比值	入 L	
1.3.3.2.10	高程	系统中某点位丁规定的基准面〔通常扌曰海平咼〕以上的咼程	Z	m

图 3:参考直径和水斗宽度

具体 X

a） 径向机器，例如混流式水轮机，径向〔离心式〕泵和水泵水轮机；对于多级机器：低压级

b） 斜流式〔混流，半轴流〕机器带固定转轮/叶轮叶片和转轮/叶轮下环。

c） 斜流式〔混流，半轴流〕机器带固定转轮/叶轮叶片，不带转轮/叶轮下环。

d） 斜流式〔混流，半轴流〕机器带可调整转轮 /叶轮叶片。

e） 轴流式机器，例如转浆式水轮机，贯流式水轮机 〔1〕，轴流泵和水泵水轮机，带固定转轮/叶轮叶片。

f） 轴流式机器，例如卡普兰式水轮机，贯流式水轮机 〔1〔轴流泵和水泵水轮机带可调整转轮/叶轮叶片。

g） 冲击式水轮机

〔1〕术语“贯流式水轮机”包括灯泡式，〔〕，全贯流式和 S 型机组。

1.3.3.3 物理量和特性

子项	术语	定 义	符号	单位
1.3.3.3.1	重力加速度	试验地点的 g 值〔见 2.5.2〕;作为纬度和海拔函数的理论值见附录 B 中的表 B.1	g	ms
1.3.3.3.2	温度	热力学温度 摄氏度 9 =9 -273.15	9 9	K C
1.3.3.3.3	密度	单位体积的质量 a〕 水的密度 一般地，用 p 代替 p w,蒸馏水的 p wd 见 2.5.3.1.3 和附录 B 中的表 B.2 b〕 空气密度 空气值见 2.5.4.1 和附录 B 中的表 B5 C〕水银密度 水银值见 2.5.5 和附录 B 中的表 B7	P p w p a p Hg	kgm-3 kgm-3 kgm-3 kgm-3

1.3.3.3.4	汽压压力〔确定〕	在热力学平衡下，在液气混合物中蒸汽部分确实定压力。蒸汽压力只与温度有关。蒸馏水的汽压压力见 2.534 和附录 B 中的表 B4	Pva	Pa
1.3.3.3.5				
1.3.3.3.6	运动粘性系数	动力粘性系数与密度之比。温度作为函数的蒸馏水的运动粘性系数见 2.5.3.3 和附录 B 中的表 B3	V	$m^2 s^{-1}$
1.3.3.3.7	外表张力	表征液体间界面机械性能的量〔见 23031-3〕	CT*	J ■-2 m

1.334 流量速度和转速术语

子项	术语	定义	符号	单位
1.3.3.4.1	流量〔体积流量〕	单位时间内流过系统的任一断面的水的体积	Q	$m^3 s^{-1}$
1.3.3.4.2	质量流量	单位时间流过系统中任一断面的水的质量。p 和 B 必需在同一断面及该断面现有条件下确定。 注：假设在两断面之间没有注入或取出水，则其质量流量不变。	(P 0)	kgs^{-1}
1.3.3.4.3	测量流量	单位时间内流过任一测量断面的水的体积，例如 1”〔见 1.3.3.1.3 和 1.3.3.1.4〕	Q 仁或 $Q_{2”}$	$m^3 s^{-1}$
1.3.3.4.4	参考断面流量	单位时间内流过基准断面 1 或 2 的水的体积	Q_1 或 Q_2	$m^3 s^{-1}$
1.3.3.4.5	参考断面修正流量	相对于环境压力条件下单位时间内流过的基准断面水的体积〔见 1.3.3.5.2〕,例如 Q_{1C}= 〔p 0 1〕 /P amb 正常条件下的模型试验，可以假定 Q_c =Q	Q_{1C} 或 Q_{2C}	
1.3.3.4.6	稳态飞逸流量	在 n_R 条件下的流量〔见 1.3.3.4.12〕	Q_R	$m^3 s^{-1}$
1.3.3.4.7	空载流量	水轮机在规定转速、规定单位比能及空载下且发电机无励磁时的流量	Q_O	$m^3 s^{-1}$
1.3.3.4.8	漏水流量	如图 6 所示的体积损失	q	$m^3 s^{-1}$
1.3.3.4.9	平均流速度	流量 Q 除以面积A	V	ms^{-1}
1.3.3.4.10	圆周速度	参考直径处的圆周速度〔见图 3〕 u=TDn	u	ms^{-1}
1.3.3.4.11	转速	单位时间的转速	n	s^{-1}
1.3.3.4.12	稳态飞逸转速	在规定水力条件和规定导叶/叶片/喷针开度和零机械功率条件下的稳态转速值	n_R	s^{-1}
1.3.3.4.13	最大稳态飞逸转速	在规定水力条件下的稳态飞逸转速的最高值〔对于原型机，具体定义见 IEC60041〕	n_{Rmax}	s^{-1}

1.335 压力术语

子项	术语	定　　义	符号	单位
1.3.3.5.1	确定压力	[相对于抱负真空的流体测量的静压力	$_{P}$ abs	Pa]
1.3.3.5.2	环境压力	四周空气确实定压力〔见 2.542〕海拔为 函数的标准大气值见附录 B 中的表 B6	$_{P}$ amb	Pa
1.3.3.5.3	表计压力	在同一测量地点和测量时间，流体确实定压力与环境压力之差 $P= P_{abs}-P_{amb}$	P	Pa

1.336 比能术语

在国际单位制中，质量〔kg 〕是根本单位之一，单位质量的能量，即比能， 作为本标准的主要术语，以代替早出版物每单位重量的能量，即水头术语。

后一术语〔水头〕有一个缺点，即重量取决于重力加速度 g, 而它要随着纬度和海拔高度不同而变化。尽管如此， 由于水头这一术语使用很广泛，因此在这里仍旧加以应用。这两个有关能量的术语都列入表中，即本条的术语比能和 1.3.3.7 中的水头术语。它们的区分只是 g 这一因素，这里 g 是与所处地点有关的 重力加速度。

子项	术语	定　　义	符号	单位
1.3.3.6.1	比能	任意断面每单位质量的水具有的能量	e	J kg^{-1}
1.3.3.6.2	机器的单位水能	:机器的高压侧 1 和低压侧 2 基准断面 1 和 2 之间的水具有的比能，其中要考虑到水的 可压缩性〔1〕〔 2〕 $E = P_{abs1} = P_{abs2} + V_1^2 - V_2 + 乙-Z)g$ $P \qquad 2$ $= P + P$ 式中 $_P$ 2 并假设 g g_1 g_2 P_1 和 P_2 可分别由P_{abs1} 和 P_{abs2} 计算并考虑 Q1 或 Q2 对两值的影响，这里温度对 P 的影响可无视不计	E	J kg^{-1}
1.3.3.6.3	水泵零流量时的〔断流〕单位水能	水泵在咼压侧断流时，在指定的转速和指定的转轮/叶轮叶片设置下的单位水能	E_o	J kg^{-1}

1.3.3.6.4	机器的吸入单位势能	相应于机器基准面〔见 1.3.3.7.6〕和断面 2 处测压计平面之间压差的单位势能 / ^7 / ^7 \ P ^abs2 P ^amb Es = g(Z r_Z 2) =g(Z r_Z 2) ---------- - ----- 〔见图 45〕	Es	J kg-
1.3.3.6.5	净吸入比能	:断面 2 处确定比能减去机器参考面处汽化压力 P_{va} 所形成的比能 NPSE = PABS2 – P va + 2 g(Z r Z 2) P 2 2 y r = E s + Pabs 2 - P Va + V 2 2 P 2	NPSE	J kg-1

1） 子项 3.5 图讲解明白关于单位能量根本公式的应用状况

2） 关于 E 的误差，见附录 C

3〕 见 1.3.3.3.4

子项	术语	定 义	符号	单位
1.3.3.6.6	托马数	无量纲的这一术语说明白机器运行时的空 化状况。它被表示为净吸入比能 NPSE 与比能 E 的比值〔见 1.3.3.12.9〕		
1.3.3.6.7	空化系数	无量纲的这一术语说明白机器运行时的空 化状况。它被表示为净吸入比能 NPSE 与 n2D2 的比值〔见 1.3.3.12.10〕	C nD	
1.3.3.6.8	托马数 0〔1〕	对于选定的性能参数〔通常是效率〕，其值与高托马数相比保持不变时的最低托马 数。在某些状况下，空化曲线 n n 〔c〕的 外形是很难确定托马数 0 的〔见图 4〕	C 0	
1.3.3.6.9	托马数 1〔1〕	效率与托马数 0 相比时，效率下降 1%时所 对应的托马数。在某些状况下，空化曲线 外形很难确定托马数 1 〔见图 4〕	C 1	
1.3.3.6.10	定义托马数〔1	与所定义的空化有关的托马数，例如规定 效率损失	C d	-
1.3.3.6.11	初生托马数〔1	转轮/叶轮可见空化现象开头时的托马数， 通常由观看得到	C i	-
1.3.3.6.12	电站托马 数	原型机在运行条件下的托马数〔见附录 M〕	C pl	-
1.3.3.6.13	水力比能 损失	任两个断面间水力比能的耗散	丘	J kg-1

1） 也可以给出空化系数的相像定义〔见图 4〕

图 4： （T 0 和 C 1 的定义

(T 0’ (T 1’ （T nDO’ （fnD1’ 没定义

1.337 高度和水头术语

子项	术语	定　　义	符号	单位
1.3.3.7.1	水头	任意断面处单位重量水的能量 h=e/g e 的定义见 1.3.3.6.1	h	m
1.3.3.7.2	水轮机水 头和水泵 标程	H=E/g E 的定义见 1.3.3.6.2	H	m
1.3.3.7.3	水泵零流 量标程 〔断流〕	$H_o=E_o/g$ E_o 的定义见 1.3.3.6.3	H_o	m
1.3.3.7.4	吸出高度	Hs=Es/g Es 的定义见 1.3.3.6.4	Zs	m
1.3.3.7.5	净吸入水 头	NPSH=NPSH/g NPSH 的定义见 1.3.3.6.5	NPSH	m
1.3.3.7.6	机器基准 平面	按图 5 定义的机器上作为基准的某一点的 海拔高程	Zr	m
1.3.3.7.7	空化基准 平面	模型试验时做为空化高程参考面的机器的 某一点的高程	Zc	m
1.3.3.7.8	压力测量 仪器参考 面	压力测量装置的高程〔见图 38〕	Z_M	m

图 5:机器基准面

机器基准面

基准面

1.3.3.8 功率和力矩术语

子项	术语	定　　义	符号	单位
1.3.3.8.1	水力功率	用于生产电能的水力功率〔水轮机〕或赋 于水的水力功率〔水泵〕 Pn=E〔 PQ〕1	Pn	w
1.3.3.8.2	机器的机 械功率 〔功率〕	由水轮机主轴供给或供给水泵主轴的机械 功率，其中包括分派给水力机械有关轴承 和轴密圭寸的损失〔见图 6〕	P	w
1.3.3.8.3	转轮/叶轮 机械功率	通过转轮/叶轮和主轴的连接法兰传递的机 械功率〔见图 6〕	Pm	w
1.3.3.8.4	机械功率 损失	水力机械的导轴承、推力轴承和轴承密封 中损失的机械功率〔见图 6〕	P_{Lm}	w
1.3.3.8.5	水泵零流 量〔断流〕 功率	在咼压侧断流时，在指定的转速和指定的 导叶和转轮/叶位置下的水泵功率	Po	w

1.3.3.8.6	轴力矩	作用在水力机械轴上的力矩和相应于机器的机械功率〔见 1.3.3.8.2〕	T	N -
1.3.3.8	转轮/叶轮力矩	通过转轮/叶轮和轴的联接传递的力矩和相应于转轮/叶轮的机械功率〔见 1.3.3.8.3〕	T	N -
1.3.3.8	摩擦力矩	机器的导轴承、推力轴承和轴密封中的摩擦力矩〔见 1.3.3.8.4〕	T	N -

图 6 功率和流量的流程

图水轮机，水泵

转轮/叶轮和主轴联接法兰

水轮机，水泵

容积效率，水力效率〔注 3〕，效率 注释：1〕公式未计及水的可压缩性

2） 内部损失的具体分析，参见附录 W

3） 圆盘摩擦损失和漏水损失〔容积损失〕在此公式中可看作是水力损失。该“圆盘摩擦损失”是与实际液流 Qm 无关的转轮/叶轮外外表的摩擦 损失。

1.339 效率术语

子项	术语	定 义	符号	单位
1.3.3.9	水力效率	a〕 水轮机：转轮机械功率与水力功率比 值 $n_h = P_m$ b〕 水泵：水力功率与叶轮机械功率比值 $n = P_h - P_m$ 见图	n_h	
1.3.3.9.2	机械效率	a 水轮机 竹 P_{nm} P_m b〕 水 $n = 也_m$	n	
1.3.3.9	效率	a 水轮机 $n = P_h = P_h$ h m b〕 水 □=旦=n	n	

1.3.3.9.4	加权平均 效率	由下述公式计算的效率 WiS “^2^2 “^3^3+… % = W<| + W 2 + w 3 + … 此处 n 1， n 2， n 3 是在规定运行工况点的 效率值，而 W1, 他， w 是对应的经过商定 的加权系数	n w	
1.3.3.9.5	算术平均 效率	当 Wi=W2=W3=^的加权平均效率	n a	_

1〕圆盘损失和漏水损失〔容积损失〕被包括其中，并在此可看作是水力损失 圆盘损失是转轮/叶轮外外表的摩擦损失，并与经过叶片的流淌无关。

1.3310 与振动量有关的一般术语

IEC60994 供给了这些术语的意义，下表列出了一些补充术语，其中的一些 说明如图 7 所示：

子项	术语	定 义	符号	IEC60994 参考
1.3.3.10.1	离散量	由瞬时值表示的量	X	4 TV,
1.3.3.10.2	波动量〔脉动量〕	在预先设定的时间间隔厶 t 内， 量X 的振动变化与平均值的比值	X(t)	2.3.1.5 等
1.3.3.10.3	平均量	—N X 右 XJN .	X	
1.3.3.10.4	最大值		Xmax	
1.3.3.10.5	最小值		Xmin	
1.3.3.10.6	标准偏差〔相对于平均值的有效偏差值〕	Xeff =j N x2 —xn N	Xeff	2.3.3.2
1.3.3.10.7	均方根值	1 Xeff = ” N 严 N x2	Xrms	2.3.3.3
1.3.3.10.8	峰峰值	△ Xpp=Xmax-Xmin	△ Xpp	2.3.2.11
1.3.3.10.9	幅值	正弦量 X〔t〕的最大值 1 A = — ^Xpp 2	A	2.3.2.10

图 7: 与振动量有关值定义的说明

子项	术语	定　　义	符号	单位
1.3.3.11.1	雷诺数	惯性力与粘性力的比值 Re = Du 卡 Bu 或 V V 见〔2.3.1.1〕	Re	
1.3.3.11.2	佛汝德数〔2〕	惯性力与重力的比值 F^[gD]2 或[gB]“ gB gD	Fr	
1.3.3.11.3	韦佰数〔2〕	惯性力与外表张力的比值 We=[PLV 2 ；]2 此处： V 为速度 外表张力 CT P 密度 L 线性尺寸	We	
1.3.3.11.4	欧检数	压力与惯性力的比值 Eu = AP ----- PV2	Eu	
1.3.3.11.5	损失分布 系数	相比照例损失与总的损失之比	V	–
1.3.3.11.6	相比照例 损失	Hn)V	S	
1.3.3.11.7	相对非比 例损失	§ns =(1 — 口 n) — § = (1 — 耳 n)(1 — V)	S ns	
1.3.3.11.8	相对总损 失	—+九		–
1.3.3.11.9	水力效率差值	在不同雷诺数下，两水轮机相像运行工况 点水力效率的差值	△ n n	–

注⑴见 ISO31-12

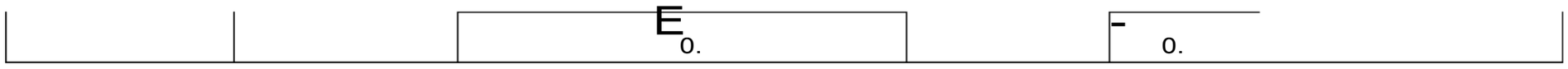
⑵在其它科学手册中也可以查到这些参数的定义

〔3〕见 231.2

1.3.3.12 无量纲术语

机器性能可以由基于比能和直径单位〔例如 E=1， D=1 和 p =1〕或转速和直径单位〔例如：n=1， D=1 ， p =1〕的无量纲方式表示。 无量纲术语和前面定义的关系见附录 A

子项	术语	定　　义	符号	关系
1.3.3.12.1	转速因子	nD	n_{ED}	1


E
0.
-
0.

1.3.3.12.2	流量因子	Q_1 $D^2E^{0.5}$	Q_{ED}	$-\Gamma^{Q\ nD}_{E\ nD}$
1.3.3.12.3	力矩因子	T_m $PQ'E$	T_{ED}	$\frac{_{T}nD}{_{E}nD}$ $\frac{_{P}ED}{_{2}\pi_{n}ED}$
1.3.3.12.4	功率因子	$P_{RD^2E^{1.5}}$ 〔见注释〕	P_{ED}	= Q_E^$_A$T〔水轮机〕 =空！〔水泵〕 %
1.3.3.12.5	能量因子	$E\ n_2D_2$	E_{nD}	$\frac{1}{2}$ $_{n}ED$
1.3.3.12.6	流量因子	$Q_1\ nD_{\cdot}$	Q_{nD}	$\frac{_{Q}ED - Q}{_{n}ED}$ $\blacksquare$- $_{Q}ED$ $\Gamma^{E\ 0.5}_{nD}$
1.3.3.12.7	力矩因子	T_m $R^3n\ D$	T_{nD}	$\frac{T_{ED}}{2}$ 丁 亡 $_{P}nD$ — $_{E}D$ $_{E}nD$ — 门 $_{ED}$ 21
1.3.3.12.8	功率因子	$_{p}$;〔见注释〕 Rn^3D^5	P_{nD}	= EnD $Q_{n^{\wedge}hT}$〔水轮机〕 -En $_{DQ}$ n $_{D}$ *1 $_{np}$ 〔水泵〕 P_{ED} 门$_{.-1.5}$ c -1- $\frac{3}{_{n}ED}$ $\frac{_{P}ED\ E_{nD}}{}$ — 2 乂人 $_0$
1.3.3.12.9	托马数	$\frac{NDSE}{E}$	CT	$\frac{CT}{2}$ $_{n}ED$ DE nD -
1.3.3.12.10	空化系数	$NDSE\ n_2D_2$	〔T nD	$\frac{CJ}{2}$ $_{n}ED$ DE nD —
1.3.3.12.11	比速	$\frac{nQ^{0.5}}{E_{0.75}}$	N_{QE}	$\frac{0.5}{_{n}E_{D}}$ $\frac{Q_{nD}}{Q_{ED}}$ — $\frac{}{E_{nD}^{0.75}}$

注：参考值由转轮/叶轮的机械功率打算

1.3313 与振动量有关的无量纲术语

对于测量的振动量的表达和分析公式，建议使用 1.3.3.12 所定义的无量纲术 语。它们由带有机器部件和单位数量的角标的测量值的符号构成。例如 T_{G1ED} 定义为导叶力矩因子，即基于机器等于单位值的机器的比能和参考直径的作用在导叶上的力矩。用于定义测量的符号如下：

测量量

–F 力

–M 力矩

–P 压力

–T 力矩

机器部件的角标代号是：

–B 转轮叶片

–D 冲击式导流板

–P 压力

–T 力矩

力和力矩重量的角标代号是：

–a 轴向

–r 径向

–x，y，z 与机器有关的座标轴

F 表列出了与振动量有关的无量纲术语

子项	术语	定　　义	符号	IEC60994 参考
1.3.3.13.1	力矩因子	$T_{ED} = \frac{T}{PD^3E}$	T_{ED}	
1.3.3.13.2	力因子	$F_{ED} = PD^2E$	F_{ED}	
1.3.3.13.3	力矩系数	$T_D = \frac{T}{Pn^2D^5}$	T_{nD}	
1.3.3.13.4	力系数	$F = PD^4$	F_{nD}	
1.3.3.13.5	压力脉动因子	$\frac{P}{PE}$	P_E	

1.4 水利性能保证值的性质和范围

1.4.1 概述

141.1 设者数据和全都性

买者必需对基于保证值的，如参考断面，水位，比能，比能损失等特地数据 负责〔见13362〕。买者也必需对打算机器的管道、电气和机器局部相互作用 的全都性负责。

买者应向机器供给者供给以下准确，具体充分的数据：

一水库的水位运行范围

－以进口至出口水管的每一局部水利损失 －包括阀门和闸门与水利机器相连续的水利管道的设计图纸 －管道中与流态相关的状况，例如管道的模型试验结果 －对于是已存机器的修复状况 ,要特别留意已存机器的限制条件 〔例如开口 〕。 应留意模型进出口的流态条件〔见 1.2.4 和 2.1.3.3〕。多数状况下 ,模型范围 应充分包括高压和低压基准断面。模型试验应包括这些断面是本标准的要求。 如 果原型机的安装存在着通过水力管道的总的流态不能完全再现模型状况时， 合同 中应规定实行的步骤， 这其中包括规定水力通道范围的模拟。 在一些其他状况下， 近似条件的有效性必需由买者在模型试验之前通过电站的局部模拟试验进展验 证。

1.4.1.2 水力性能保证值的定义

对于可调整和不行调整原型机机器， 合同中应包括最小保证掩盖的功率， 流 量和 / 或比能，效率，最大暂态飞逸转速，最大 /最小暂态压力和最大稳态飞逸转 速〔对于水泵为反转飞逸〕以及与空化相关的保证 .

对于水泵，保证范围也包括最大比能〔扬程〕和零流星功率，后者指叶轮在 规定转速下在水或空气中的旋转。

保证值也可以在一个或各个运行点给出 〔见 1.4.2.2〕。这些点属于机器的性能曲线，通常由读者供给。在一些状况下〔如小水轮机〕 ，一个表就足够了。

技术的目前状态允许一些原型机保证值通过模型试验〔见 1.4.2〕，另一些则 通过模型试验不能验证。 然而，通过模型获得的特性数据可作为推测原型机运行 的指示〔见 1.4.4〕。

注：〔1〕本标准的可调整是指通过导叶开口，喷针和 /或转轮 /叶轮叶片角度的变 化掌握流量。

1.4.1.3 相关量的保证

建议合同不只适用于一种相关量的保证， 例如，对于可调整水轮机工况，效 率可与流量或功率做出保证，但不都是。

1.4.1.4 保证格式

当基于模型试验的原型机的性能被承受时， 可以承受以下两种保证格式的一 种：

a） 在考虑了比尺效应后，由模型试验结果计算原型机水力性能的保证值。 对于还击式水轮机，依据 3.8 考虑比尺效应。对于冲击式水轮机，与合同中协议 同意时，可依据附录 K 考虑比尺效应。

b） 考虑雷诺数的模型水力性能的保证值须在合同中做出规定〔对于冲击式 水轮机，包括雷诺数、佛汝德数、韦伯数〕 。

对于任一状况， 2.3.1 的模拟条件必需满足。

1.4.1 通过模型试验验证的主要水力性能的保证值

1.4.1.1 任意机器的保证量

通过模型试验验证原型机或模型主要水力性能保证值的具体表达见下面的 1.4.2.1.1 到 1.4.2.1.5。

1.4.1.1.1 功率

术语“功率”通常指转轮 /叶轮的机械功率〔见 1.3.3.8.3〕。对于原型机，当 考虑机器的机械功率时〔见 1.3.3.8.2〕，机械功率损失就必需进展考虑〔见 1.3.3.8.4〕

1.4.1.1.2 流量和 /或比能 这也指参考断面的流量〔见 1.3.3.4.4〕，当机器在规定比能运行下获得的流 量，或指机器在规定流量下获得的比能。

1.4.1.1.3 效率

除非有另外规定，术语“效率”是指水力效率〔见 1.3.3.9.1〕。当保证原型

机效率时 〔见 1.3.3.9.3〕，机械功率损失 〔见 1.3.3.8.4〕或机械效率〔见 1.3.3.9.2〕必需赐予考虑。

对于冲击式水轮机， 在最优点四周， 由于雷诺数比尺效应形式的模型和原型 机效率间的关系，在 3.8 中赐予解释。目前承受的做法是将此关系应用到整个效 率保证范围内〔见附录 F〕，然而，渐渐生疏到远离最优点的牢靠性下降。

1.4.1.1.4 稳态飞逸转速和 /或流量

最大稳态飞逸转速 〔见 1.3.3.4.12〕的保证是必需的 〔水泵工况反飞逸转速〕 ，在飞逸条件下最大流量的附加保证也是需要的。

水轮机运行时，无负荷流量构成了飞逸特性曲线的一局部。

1.4.1.1.5 空化对水力性能的影响

对于水力性能的保证， 合同中应清楚地陈述水力条件 〔比能和净吸出高度〕 。 原型机水力性能的保证应包括空化的影响。 依据目前工程阅历， 该影响可以 依据2.3.1.5.1 ， 2.3.3.3.6， 3.8.2.3.7 和 3.8.3.2，通过模型试验打算。

依据 3.824.2,考虑雷诺数的效率比尺换算的应用受 c 值范围的限制。假设 c_{PL} 落在这个范围之外，合同中应规定使用程序。

在一些状况下， 合同在空化规定方面可能包含一些附加条款， 由于安全裕量考虑，作为标准选择的托马数的测量值将低于电站的托马数 c_{PL} 〔见 3.10.5〕，合同中应对标准和安全裕量做出规定。

1.4.1.2 规定方面

1.4.2.2.1 可调整水轮机〔见 3.10.3.1〕

功率：在一个或多个比能下到达 效率：在一个或多个如下比能下需要保证：

——一个或多个规定的功率或流量

或

—整个规定的功率或流量范围内加权平均效率

或

—整个规定的功率或流量范围内算术平均效率 〔1〕飞逸转速：当运行在最大或任何规定的比能下， 稳态飞逸转速值没有被超过。 在双调整水轮机状况下， 也应指明保证值是指导叶开度和转轮叶片安效角间 关系保持最优〔协联〕或 /和最大飞逸转速发生在最坏非协联条件。

空化：如 1.4.2.1.5.7 所示的保证值在一个或多个比能，流量或功率下是需要 的，通常相应于最小的 c_{pL} 值。

1.4.2.2.2 不行调整水轮机〔见 3.10.3.2〕 功率：在整个比能范围内功率到达或未超过〔1〕。 流量：在整个比能范围内，流量到达和 /或没有超过，该值通常由相应的功率保证值代替。

效率：需保证的值如下：

——一个或多个比能下

或

—在规定的比能范围内的加权平均效率

或

—在规定的比能范围内的算术平均效率 飞逸转速：当机器运行在最大比能下，稳态飞逸转速值没有被超过。 空化：如 1.4.2.15 所述，一个或多个比能下的保证值是需要的，通常相应于 最小的 τ_{pL} 值。

1.4.2.2.3 不行调整 /可调整水泵〔见 3.10.3.3〕

功率：在整个比能或流量范围内，功率没有被超过流量和 /或比能：在比能

规定范围内的流量或规定流量范围内的比能，包括到达和 /或没有超过。

效率：在如下一个或多个比能或流量下的保证值是必要的： 一在一个或多个比能或流量下

或

一在整个规定比能或流量范围内的加权平均效率

或

一在整个规定比能或流量范围内的算术平均效率 〔2〕

飞逸转速：当水泵运行在最大比能下， 最大稳态反飞逸转速没有被超过的保 证值。

在双调整机器状况下， 应明确保证值是在导叶开度和转轮叶片安效角保持最 优〔协联〕或 /和非协联最坏的状况下的最大飞逸转速。

注〔1〕：相应于比能的功率的合同限制，见 3.10.3.2

〔2〕：加权或算术平均效率和一系列单个效率不能同时做出保证。

空化：如 1.4.2.1.5 所述，一个或多个比能， 流量或功率下的保证值是必要的， 通常相应于最小的 σ_{pL} 值。

1.4.2 模型试验不能验证的保证值 某些保证值不能通过模型试验验证，它们是：

1.4.2.1 空化磨蚀的保证

对于原型机，只保证空化坑的数量。原型机上这一保证值的评价将依据 IEC60609 的建议进展。

模型试验中通过可视检查可以觉察一些空化磨蚀的潜在区域〔见 2.3.3.3.6〕

1.4.2.2 最大暂态过速和最大暂态压力上升的保证值

暂态过速〔包括暂态飞逸转速〕 和压力上升主要取决于水管道的几何尺寸 〔钢 管长度、调整井等〕，机组旋转部件的惯性和导叶的操作规律。因此他们不能由 模型上的动态试验直接打算， 由于模型试验即不能再现应用管道的全部范围， 机 组的惯性，也不能再现调速器的特性。 然而，转换到原型机的稳态模型试验数据 可以供给数值，这些数值使瞬时现象的计算带有足够精度。

1.4.2.3 噪声和振动的保证值

通过模型试验打算原型机的噪音和振动超出了本规程的范围。 本规程仅用于 指导这些现象的水力根源的模拟〔例如，通过打算压力脉动或其它功态负荷〕 。

1.4.3 特性性能数据

可以从模型试验中获得特性数据并可以做为原型机运行的指导：

a〕 压力脉动〔见 4.3〕 b

〕 轴力矩波动〔见 4.4〕

c） 水推力，包括轴向和径向〔见 4.5〕

d） 在整个运行范围内，导叶和可调整转轮 / 叶轮的水力矩或作用在喷针和 反射板上的水作用力。

e） 泵的叶轮在水或空气中旋转，零流量〔关闭条件〕时的功率和比能等四 象限运行特性〔见 4.7〕

f） 与原型机指数试验有关的差压测量〔见 4.8〕

g） 双调整机器状况下，最优性能协联关系〔导叶和转轮 /叶轮叶片开口的 关系〕〔见 3.8〕

也可以规定其它特性数据，例如机器不同部件速度或压力的分布等。

2 试验的执行

2.1 试验装备和模型的要求

2.1.1 试验室的选择

任何一个在总体设计，力量和仪器数量方面满足本规程的标准都被认为是适合的，有时选择一个中立试验室是适宜的，特别是对不同制造厂的模型进展比较试验时。

2.1.2 试验装备

2.1.2.1 试验管路的一般特性

当模型消灭空化现象的时候，试验管路其它部位不应发生影响设备稳定或满意运行或模型性能测量的状况。

模型试验中由于空化导致的汽泡不应影响测量仪器的性能，特别是流量和压力测量装置。

在流量测量仪器和模型之间，试验管路应设计成不漏水或额外水进入的状态，该状况应易于验证。

2.1.2.2 试验设备的力量

试验设备力量〔例如功率、压力、比能、流量和 NPS E〕应适合于模型尺寸最小值和满足表 2.3.2.2 中的试验条件。

试验的运行应是稳定和稳态的、而没有振动或波动效应〔见 2.3.2.3〕。

2.1.2.3 水的条件

试验用水应是干净、清亮的，任何固体悬浮物和化学物质可能影响象粘度和汽化压力等特性，试验前应尽可能排解自由气体和汽泡。

试验时应记录试验台用水中的气体含量〔见 2.3.1.6.2〕，包括存在和溶于水的气体，特别是空化试验结果的重复性和以比较为目的方面。测量时应在接近于模型的进口处〔见 2.5.3.2〕

封闭管路的阅历说明，水中溶解的空气可以产生核，核的含量在空化传输中扮演了主要角色〔1〕。它明显地影响了空化行为和导致空化特性〔见 2.3.1.5，2.3.1.6.2 和图 71 及图 72〕。

通过使用相近的比能或/和核注入完成的试验来考虑空化模拟。

〔1〕核是半径小于 50 μm 的小气体或汽泡，空化的传输必需有汽泡随水流的运动。在混流式水轮机的出口，空化的传输是典型的现象〔见附录 P 参考文献〔1〕〕原则上水温不应超过 35C，并且在试验期间不应有显著的变化〔例如每天 5C〕。水温顺仪器的环境温度间的大的差异应当避开，由于他们可能影响测量精度。

2.1.2.4 由设备确定的流淌条件

在模型进口，试验设备应确保水力条件有利于远离涡带，过分湍流和不稳定流。

在模型出口，流态不应受到试验设备的布置或构造的影响。

2.1.2.5 测量仪器

打算主要参数的测量设备应满足本标准规定的条件。每一个仪器被国家或国际标准认可的可追溯性应得到保证。全部仪器应进展原位标准，特别是流量和力矩测量仪器。

为了允许简洁验证，测量仪器独立于数采系统的直接读数应是可能的。

2.1.3 模型要求

模型应满足以下条件：

2.1.3.1 模型尺寸

2.3.2.2 中确定了模型尺寸的最小值。正常地，模型不能小于上述值并且实际上尽可能地大，对于与主要水力性能保证值相关的全部试验和空化的影响应使用同一模型〔见 1.4.2〕。比较模型试验应在一样尺寸的模型上完成。

2.1.3.2 模型的布置和机械设计

模型的布置和机械设计应满足试验规定的工程。以下内容应赐予认真考虑：

—通过适当的设计和材料的选择，在选定的试验水头下，应使由于负荷的作用的变形最不；

—某一部位的机器不同几何外形的部件〔例如转轮/叶轮、导叶、鼻端〕应能重复和

维护；

一轴承系统， 轴和转动部件应有足够的刚度， 以避开在正常试验时遇到迷宫 环。由于机器缘由， 建议叶片外缘间隙和密封间隙不小于 0.15mm；

一建议流道是水力光滑外表； 另外外表条件有一个总的要求， 为了避开局部脱流，应特别留意联接部位的 匹配；

一应选择避开氧化和电化学腐蚀的材料， 在试验期间， 过流外表应保持良好 的状态；

一为了流道的易于清理或修复，模型应分成几个部件； 一为了观看转轮 /叶轮和尾水管邻近局部的流态〔多级泵的低压级〕 ，应有一 个透亮的锥管或观看窗；

一当进展比较模型试验时，轴密封和轴承是模型一局部〔例如多级机器〕 ， 应对这些部件进展一样设计；

一为了同一模型，但是不同叶轮 /转轮的比较试验，各部件应制成在同一间 隙下，适用于全部转轮 /叶轮；

一当进展特征试验时， 〔例如压力脉动， 导叶水力矩，速度分布〕，模型应当 易于安装和检查相应的测量设备；

一假设任何不模拟条件存在 〔例如转轮下环 /上冠厚度、间隙设计等的不同〕 ， 应进展分析说明并且相互认可这些不同。

2.1.3.3 模型范围 基准断面位置和模型上包括的从进口到出口的水利通道范围 〔至少是高压至 低压基准断面之间局部，见图 1 和见图 44 的例如〕。

影响原型机性能的全部水力通道，例如进出流条件应尽可能地包括在模型 中。

特别是对于低比能水轮机，建议模型范围是以原型机进口至尾水管出口。

上下游的闸门槽是不必要的，除非它们被设置在机器的测量或基准断面之 间，这些部件对机器水力性能影响状况可以以模型验收试验以外的另外试验中获 得。

2.1.3.4 模型和原型机的几何相像

2.1.3.4.1 总的要求 从模型试验打算原型机性能的一个根本要求是模型和原型间必需几何模拟， 因此有必要比较两个机器的几何尺寸和全部与水流接触部件的外表光滑度。

模型和原型间的几何模拟可以依据 2.2 检查。

除非有另外规定，在 2.1.3.3 中所定义的过流范围内，模型应与原型机是几 何模拟的，这也包括了可能在性能上的测量影响。然而，在一些特别状况下，由 于相像上的一些最小偏差是不行避开的， 不管是否对结果进展修正， 都应当达成 全都意见。

在对模型和原型机都进展验收试验的状况下， 假设可能， 应承受同一测量断 面。

对于比较模型试验，全部模型应当有一样的旋转方向。

2.1.3.4.2 多级机器

正常状况下，模型试验应当与原型机应当具有一样数目的级数。

对于四级或更多级的原型机， 例外状况是， 模型试验可以在削减的级数上进 行，例如对于四级的原型机可以承受三级模型试验。

2.1.3.4.3 迷宫密封和轴向力平衡局部

由于机械缘由， 不行能或不行能期望〔特别是大的缩比状况〕模型和原型间 的轴和转轮 /叶轮密封间隙和轴向力平衡局部也几何相像或水力等效。在这种情 况下，模型和原型间的漏水损失和轴向力系数是不同的。 为了计算原型机的水力 效率或轴向力，这种差异也可以无视或准确估量。

试验前对所关心监视和测量的漏水是 q”〔见图 6〕和打算机器性能时是否考 虑应达成全都意见。

2.2 模型和原型机尺寸的检查

如 2.1.3.4 所述，应对模型和原型机的几何相像性进展检查，检查程序和允 许值如下所述。

这些可以应用在这种状况， 即模型是依据已存在的原型机进展制造， 此种情 况下，过程的起点是原型机。

2.2.1.1 模型和原型中使用的术语的解释

a 单厂值

该值来源于 ：：

一一样局部同一尺寸不同位置的测量值〔例如转轮 /叶轮的参考直径〕 ；

或：

不同周期性部件一样位置同一尺寸的测量值 〔例如活动导叶最大厚度 〕

b） 平均值

该值是指几个单个值得算术平均值。

c） 理论值

图纸上的设计值，相应于模型和原型机尺寸 L_M 和 L_P 的关系由缩比入 $_L$ 确定〔见 1.3.3.2.9〕。

2.2.1.2 尺寸检查的目的

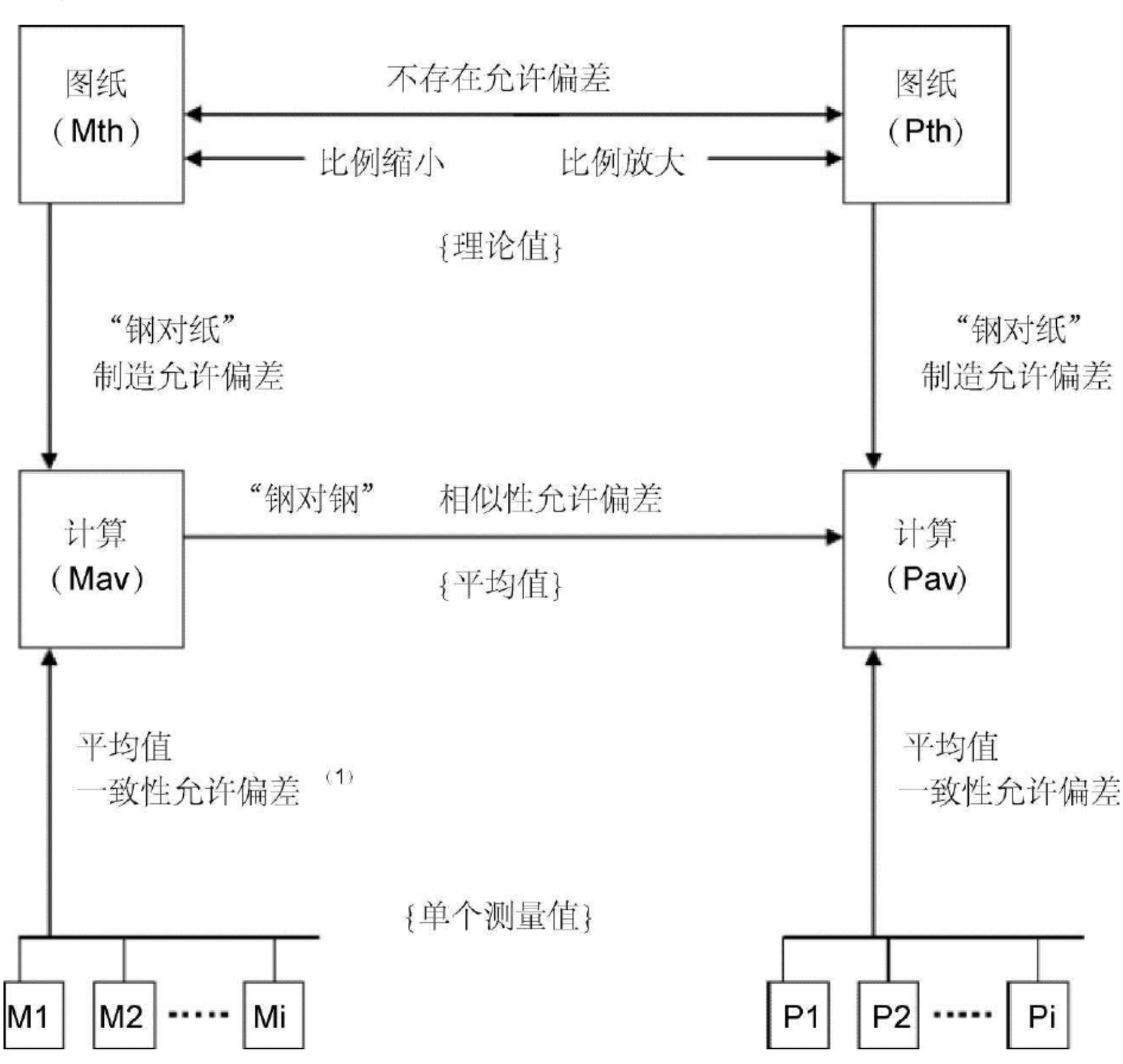
尺寸检查：

a） 确定模型和原型机的主要尺寸

b） 在周期性部件中，检查模型和原型机的全都性，例如，在单个值和相应 的平均值之间比较相对偏差.。在表 222.1.7 和 22225 表“全都性极限” 中给出了允许最大偏差；

c） 在原型和模型间检查几何相像性，例如，在原型机平均值和由入 L 放大的 相应的模型平均值之间相对偏差的比较.。表 2.2.2.1.7 和 2.222.5 “相像 性极限”中给出了允许最大偏差。

图 8 模型和原型尺寸检查，结果比较和允许偏差应用程序



〔1〕相像性允许偏差和一致性允许偏差的数值见 2.2.2.1.7 和 2.2.225。

2.2.1.3 程序

图 8 示意说明白本标准给出的几何允许偏差 模型和原型机单个值和平均值的应用。 a

〕模型和原型机单个部件全都性的检查

通过单个测量值和相应平均值的比较，可以打算全都性是否得到满足

假设全都性要求没有满足，对什么部件需要修正或重制造应达成全都意

当在平均值和理论值的差异在全都性允许偏差之外状况消灭时， 应当同意对 理

论值或部件的几何进展修正。

当只是对一个点进展检查时，例如，当不是对周期性部件或尺寸进展检查时，应当同意用单个值直接对理论值进展比较。

b）原型和模型几何相像性的检查。

本标准给出了模型和原型机相应平均值的比较和考虑相像性允许偏差，可以打算几何相像性是否得到满足。假设同意，相应的理论值可以代替平均值。

假设偏差大于相像性允许偏差，应当达成进一步的协议，这可能包括对模型修改后的的试验。

对于一些在模型和/或原型机上很难测量的尺寸〔例如外形尺寸〕，假设总的制造和/或安装允许偏差小于相像性允许偏差，可以同意用理论值代替模型和/或原型机的平均值。

2.2.1.4 不同型式机器的应用 对于混流式。卡普兰和冲击式水轮机尺寸允许偏差见列表。对于混流式水轮机的允许偏差也可以应用到带固定叶片的斜流式水轮机上.。

卡普兰水轮机的允许偏差也可以应用到带可调整叶片的斜流式水轮机上，和带固定或可调整叶片的轴流式机器上〔转桨式、贯流式等〕。

冲击式水轮机的允许偏差也适用于斜击式冲击水轮机。水泵和水泵水轮机的尺寸允许偏差也适用于离心、混流和轴流式水轮机。

2.2.1.5 方法

为了测量转轮/叶轮叶片，活动导叶和固定导叶的外形，包括三座标测量仪，光学测量系统，样板等几种方法是适宜的。

使用三座标测量系统或光学测量系统沿曲线或外表测量数个点可以完成水力通适型线的相像性检查。

一曲线和机械样板的等效性是必要的，这些样板的使用和说明应当与目前使用的机械样板的主要阅历是相像的；

一曲面是由模型和原型机上几何相像的位置或任意位置上是可以确定完整型线的一系列测量点表示。计算机的计算能够调整“曲面”以便使总的曲线测量“误差”最小。然而，这样的调整受到如 2.2.2.1.7 和 2.2.2.2.5 所示的允许误差的限制。

考虑到转轮/叶轮制造和测量的方法，制造者应用用户同意的最适宜方法以说明原型机和模型的几何相适性。

图 9 至 19 给出了尺寸检查的位置和范围示意图。在一些状况下，不行能直接测量相关尺寸，例如，交界面的点由焊缝掩盖，在这种状况下，应在一个达成全都的位置上测量。

为了保护制造者水力设计的机密，制造者只需供给测量型线和理论型线的差别，而不是型线坐标的实际值。为了检查目的，制造厂是可以供给型线测量确实定值的

图 9：蜗壳和导水机构尺寸检查例

如不同的固定导叶外形 A、B 和 C

图 10：尾水管尺寸检查例如

导叶中心线〔CLD〕，断面 A，断面 B，断面H，断面 J

。图 11；灯泡式机组尺寸检查例如

图 12：径向式机器转轮 /叶轮尺寸检查例如。

图 13：径向式机器转轮 /叶轮，测量断面或测量点的叶片型线位置例如。

图 14：径向式机器转轮 /叶轮，承受如混流式转轮所示的样板或坐标测量系

统，检查开口和叶片型线。

进口叶片型线，通道叶片型线，出口叶片型线，样板位置参考面。

图 15：径向式机器转轮 /叶轮，叶片间进出口开度检查〔例如水泵水轮机转轮〕

图 16：轴流式机器转轮 /叶轮，测量断面或测量点叶片型线位置例如 .

图 17：轴流式机器转轮 /叶轮，叶片调整和叶片型线允许偏差的定义

。图 18：冲击式水轮机，导水机构和立式及卧式机器外壳尺寸检查。

图 19：冲击式水轮机，斗和喷针尺寸检查

。断面 L1，断面 S2，内型线，外形线，喷轴

。

2.2.2 模型和原型尺寸检查

在各方关心同意的范围内， 全部与水力通道有关的重要部件尺寸都要进展检查。

对于水轮机，水泵和水泵水轮机相关尺寸和它们允许偏差的定义见 2.2.2.1 和 2.2.2.2。当一个位置被不仅一个尺寸所定义时，允许偏差只适用于一个尺寸。

几何相像性检查由两部组成：

a〕安装前，应检查单个部件的相像性，由于实际缘由，以单个部件本身做为参 考尺寸；

b 〕整个机器的相像性检查，例如，部件装配，相关外形尺寸通常以转轮轴和 / 或导叶中心线为参考值， 特别应留意相邻部件， 固定和转动局部间的过渡局部所 形成的水力通道，本标准没有规定允许偏差的一般值。

用样板或其他相像的测量技术应当对转轮 /叶轮的子午面进展检查，例如三 坐标测量系统或光学测量系统。

通过对转轮 /叶轮叶片型线和本身几何位置的恰当检查，可以正确确定叶片 安放角。

在以下子项 2.2.2.1 和 2.2.2.2 中，允许最大偏差或是指相应的比例模型的平 均值或是指以下参考尺寸：

T：活动导叶，固定导叶或转轮的每一个测量断面的最大厚度

D ：参考直径〔见图 3〕

Pi：混流式转轮叶片进口节距〔见图 14〕

d：喷嘴直径〔见图 19〕

B ：水斗最大内部厚度〔见图 19 〕

al， a2：转轮/叶轮高压和低压侧两个相邻叶片开度〔见图 14 和图 15〕。开 度即可以定义为测量断面的叶片型线也可以定义为叶片出水边上的一个给定点 到相邻叶片外表的距离。

在以下子项中用以指明水力机器不同部件的术语的定义见 IEC61364。

2.2.2.1 水轮机

2.2.2.1.1主要部件

a） 还击式水轮机

一主要尺寸包括蜗壳 〔或在贯流式水轮机状况下的进口〕 ， 座环， 导水机构，尾水管， 假设必要包括转轮和顶差间距离〔见图 9 和图 10 例如〕 ；

一转轮主要尺寸包括进出口直径； 进口高度， 转轮下环和上冠， 卡普兰水轮 机转轮状况下的轮毂；

一转轮叶片数， 活动导叶和固定导叶片数；

一转轮水力通道外形， 活动导叶和固定导叶外形， 包括固定导叶和活动导叶 的最大厚度， 假设适用， 还指转轮叶片数；

一密封和转轮叶片端部间隙以及活动导叶端部间隙； 一机器全部部件的粗糙度〔见 2.2.3.3〕 ；

一转轮叶片， 活动导叶和固定导叶的波浪度〔通常仅与原型机相关〕 〔见 2.2.3.2〕 ；

b） 冲击式水轮机： 一转轮、分流管， 外壳和喷嘴主要尺寸〔见图 18〕； 一水斗数量；

一水斗， 喷嘴和喷针外形； 一射流与转轮的对准线； 一水斗， 喷嘴和喷针对粗糙度和波浪底〔通常仅与原型机相关〕 。

2.2.2.1.2混流式水轮机转轮

一对于低比速水轮机， 至少在两个断面上检查叶片进口型线， 而对于高比速 水轮机， 至少需要三个断面。 进口断面将从叶片鼻端延长到 0.15D 处[1]， 并且包 含叶片的压力面和吸力面〔见图 13 和图 14 例如〕。

一应对整个叶片型线进展测量〔以进口边到出口边〕 ， 假设可能， 并取决于 转轮的比转速， 至少有一个断面或整个外表的随机位置〔见图 13 和图 14〕。

一在与叶片进口型线测量的同一位置上应检查叶片进口安放角。 例如， 可以 使用以叶片鼻端至 0.15D [1] 处沿叶片两面型线的样板， 将它沿叶片两面同时固定 好给出一个最正确位置 [2]， 就可以测量叶片进口安放角〔见图 14〕。

一至少在三个断面上测量叶片出口型线， 出口断面将从叶片的尾端沿叶片两 面往回延长到 0.15D [1] 处〔见图 14〕。

一取决于比转速的不同， 至少在两个或三个点上检查叶片进出水边位置 〔见图 12〕

一每一个叶片至少在 4 个点上检查叶片间的开口〔见图 14 和见图 15〕。

对于装配的原型机转轮〔通过预装配部件的焊接装配〕 ,可以同意在装配前对叶片型线进展检查， 例如， 单个叶片已经完成了加工。装配后， 检查叶片位置 〔例如图 12 所示〕， 焊缝和开口就足够了。

（1） 取决于比转速和型线长度， 此值可以减到 0.1D

（2） 在叶片外表被处理得足够好的状况下， 叶片安放角的单独检查可以省略〔见 5.2.2.2〕。

2.2.2.1.3卡普兰水轮机转轮

－沿整个叶片正反面两侧〔也可沿圆柱体或平面断面〕至少三个断面或整个外表的随机位置测量点叶片型线〔见图 16〕。

应检查每一个测量断面的鼻端型线。鼻端型线是指从叶片的鼻端沿叶片沿伸至 0.1D 处。在做这些检查时，假设叶片角度和轴的调整与参考型线的正确位置相比，没有超过 2.2.2.1.7 所定义的值，那么可以通过旋转参考型线获得叶片和每一个参考型线的最正确位置。对每一个测量断面，这个调整只能进展一次，并且对于所确定断面的正反面的检查测量只能在这一个位置进展〔见图 17）。

－对于安装在轮毂上的叶片，应当检查叶片的倾角。为此目的，外部测量型线的倾角将被用做比较。所纪录的叶片倾角值的差异不应超过± 0.25°。

2.2.2.1.4冲击式水轮机转轮

－至少在 4 个横向和 4 个纵向断面或整个外表的随机位置检查每一个斗型线〔见图 19〕。

–在每一侧的 4 个点上检查每一个斗的流量角 B〔见图 19〕。

–每一个斗切水刃的外形，切水刃反面的角度丫，分水边和斗的倾角 a 都应该检查〔见图 19〕。

–斗的内部宽度和型线将检查

–为了确保原型机上射流和斗的相互影响小于模型上的状况，斗的外部型线也将检查，外部型线的允许偏差〔见 2.2.2.1.7〕将被用于斗的流量面积，该面积可能影响这种相互作用。

2.2.2.1.5活动导叶

对于圆柱型导水机构布置，至少在一个断面上检查型线；对于锥形布置，至少在两个断面上检查型线。

2.2.2.1.6间隙

转轮 /叶轮密封间隙，叶片端部间隙，还击式水轮机的活动导叶间隙将进展检查。

原型机的间隙不应超过按比例换算的模型间隙。对模型和原型机，应当考虑作用在活动导叶端面间隙上的压力的可能影响。原型机转轮 /叶轮密封的长度不应小于按比例换算的相应的相互尺寸。

2.221.7 原型和模型水轮机间几何相像上的允许最大偏差

	允许最大误差		
	全都性允许误差		相像性允许误差
	模型	原型机	原型机/模型
	单个值与平均值比	单个值与平均值比	原型机平均值与按比例换算的模型平均值比 (Lp-入 $_i$ Lm)(参考值)(1)
水力通道主要尺寸 金属或混凝土通道(蜗壳，尾水管等)(2) 座环直径 最大活动导叶厚度T” 最大固定导叶厚度 T” 座环咼度 导水机构高度 活动导叶分布图直径 固定导叶和活动导叶间 相对位置(例如以角度表示) 活动导叶型线 固定导叶型线 最大导叶型线			
间隙 密封和叶片端面间隙 密封间隙长度 活动导叶端面间隙			
混流式转轮 叶片型线 进出口边 外表的其他局部 进口节距 Pi 进口角B1(3) 出口角B2(3) 开口 a 最大叶片厚度 T(4)靠近出水边的叶片最大 厚度进出口直径和转轮其它 尺寸			

(1)除非另外规定，参考值是指按比例放大的模型平均值，原型机和模型的角度 允许偏差是不同的。

(2) 对于混凝土外表和原型机转轮直径在 1 米和 3 米间的状况，全都性允许偏差 由±2%渐渐降到土 1%，同样对于混凝土外表，由于支撑支架的突然变化， 混凝土和金属外表的相互影响等，对于原型机转轮直径大于 3 米时，该值应 限制在 6mm 以内；

当原型机转轮在 1 米和 3 米间时，该值应渐渐降到 3mm 内。

〔3〕 当叶片外表足够理想时，角度的单独检查是可以省略的〔见 2.2.2〕

（4） 假设供给了全部型线数据就没有必要。

（5） 在一些状况下，当出口节距保持在允许偏差状况时，可以适当同意提高出口 边尺寸的允许偏差〔见图 12 中所示的一些半径〕。

	允许最大误差		
	全都性允许误差		相像性允许误差
	模型	原型机	原型机/模型
	单个值与平均值比	单个值与平均值比	原型机平均值与按比例 换算的模型平均值比〔Lp-入 $_L$Lm〕〔参考值〕
卡普兰和斜流式转轮 叶片型线 鼻端型线 最大叶片厚度 T〔2〕 接近出水边的叶片厚度 低环直径 D 转轮其它尺寸 型线的角度差 型线的轴各调整量 最大叶片角			

冲击式水轮机 喷针和喷嘴直径 喷针和喷嘴型线 喷嘴角度 喷针角度 斗的内部宽度 B 斗的外部型线 斗的内部型线 斗的斜角 a 斗的流量角 B分水刃型线 分水刃背部面角丫 射流分布圆直径 D 对于转轮的射流分支 e 对于转轮 外部直径的斗宽 直径 Di			

（1） 除非有其他说明，将按比例放大的模型平均值〔入 $_L$， L_M〕做为参考值，原 型机和模型间的角度允许偏差是不同的。

（2） 假设供给了全部型线数据则没有必要。

2.222 水泵和水泵—水轮机

2.222.1 主要部件

至少检查以下内容，以说明满足所规定的允许偏差

–蜗壳，集中段，吸入管的主要尺寸以及当需要时叶轮 /转轮和顶盖间的空间〔见图 9 及图 10〕；

–叶轮/转轮的主要尺寸，包括进出口直径 (1)，出口高度，叶轮/转轮的下环 和上冠〔图 12 和 15〕；

–叶轮/转轮叶片数，集中导叶/活动导叶和固定导叶；

–叶轮/转轮水力通道外形以及集中叶/活动导叶和固定导叶外形，包括固定 导叶，集中叶和叶轮/转轮叶片的最大厚度；

–叶轮/转轮密封和叶片端面间隙和活动导叶端面间隙以及其它；

–机器全部部件观光滑度〔见 223.3〕；

–集中叶、活动导叶、叶轮/转轮叶片及其它的波浪度〔通常仅与原型机有 关〕。

22222 离心和混流叶轮/转轮

为了便利，离心和混流叶轮/转轮的要求以单流、单级机器的形式表示，对 于双流和多级机器，对全部进口和级数需进展额外测量。

–至少在三个断面测量叶片进口型线； 进口断面应当是以叶片鼻端延叶片的 两面延长到 0.15 处 [2] 〔见图 14〕

-对于低比能水轮机水轮机，至少需要在二个断面检查叶片出口型线； 对于 高比速水轮机，至少需要三个断面。出口断面是指从叶片出水边沿叶片正、反面 往回延长到 0.15D 处 [2]〔见图 13 和图 14〕。

-假设可能，至少在一个断面上检查整个叶片型线〔从进水边到出水边〕 ，这取决于叶轮/转轮的比速或者在整个外表上随机检查〔见图 13 和图 14〕。

-在与进口型线一样的断面检查叶片进口角。 例如，可以使用从叶片鼻端到 0.15D(2)处沿叶片两面型线的样板，将它沿叶片两面同时固定好给出一个最正确位 置，就可以测量叶片进口安放角〔3〕

-取决于比转速的不同，至少在两个或三个点上检查叶片进出水边位置 〔见 图 12〕

-每一个叶片至少在 4 个点上检查叶片间的开口〔见图 15〕

-对于叶轮/转轮的出口断面，建议承受以下程序〔见图 13 和图 15〕

(1) 水泵一水轮机的“进口 /出口”是指水泵工况

(2) 取决于比转速和型线长度，该值可以减到 0.1D

(3) 当叶片外表被处理得足够好时，角度的单独检查可以省略〔见 222〕。

(1) 取决于比速能，可以在二个或更多个断面测量叶片出口型线

(2) 叶轮/转轮单个叶片通道下环间高度的测量

(3) 当在出口边的最大圆是压力面与吸力面的tg 时，应确定开口宽度 a

对于装配的原型机转轮〔通过预装配部件的焊接装配〕 ，可以同意在装配前对叶片型线进展检查，例如，单个叶片已经完成了加工。装配后，检查叶片位置 〔例如图 12 所示〕，焊缝和开口就足够了。

2.222.3 轴流式叶轮/转轮

叶片型线检查程序与 2.2.2.1.3 中给出的卡普兰水轮机检查程序一样。

2.222.4 活动导叶和间隙

对于活动导叶和间隙，见 2.2.2.1.5 和 2.2.2.1.6。

2.2.2.2.5

	允许最大误差		
	全都性允许误差		相像性允许误差
	模型	原型机	原型机/模型
	单个值与平均值比	单个值与平均值比	原型机平均值与按比例 换算的模型平均值比〔Lp-入 LLm〕〔参考值〕
水力通道主要尺寸 金属或混凝土通道〔蜗壳，			

尾水管等〕〔〕座环直径 最大活动导叶厚度T” 最大固定导叶厚度T” 座环咼度 导水机构高度 活动导叶分布图直径 固定导叶和活动导叶间 相对位置〔例如以角度表 示〕 活动导叶型线 固定导叶型线 最大导叶型线			
间隙 密封和叶片端面间隙 密封间隙长度 活动导叶端面间隙			
混流式转轮 叶片型线 进出口边 外表的其他局部 进口节距 Pi 进口角B1(3) 出口角B2(3) 开口 a 最大叶片厚度 T(4)靠近出水边的叶片最大 厚度			

223 外表波浪度和粗糙度

223.1 定义

2.231.1 波浪度

波浪度是外表型线与由柔性刚尺得到的光滑曲线间的偏差，波浪度表示为最 大偏差与由得到该偏差的整个距离的比值， 这就是图 20 中的 x/u。为了从外表粗 糙度中区分出波浪度，U 不应小于 50mm, 最大偏差 x 点应在 U 的 1/3 处。

应留意外表突起有时比空洞更难确定，但是，突起相对简洁修正。

2.2.3.1.2 外表粗糙度

2.3 水力模拟、试验条件和试验程序

2.3.1水力模拟

2.3.1.1 理论上的根本要求和模拟数

理论上，为了获得两个水轮机 A 和 B 的水力〔力态模拟 A 代表模型，B 代 表原型机〕，下述条件应当满足：

a） 机器 A 和 B 间几何模拟

b） 作用在每一个机器上的流体和部件间各种力有确定的比率。

这些比率由无量纲术语确定，并由模拟数确认。

本标准中，主要的模拟数如表 2 所述

表 2:模拟数

模拟数〔符号〕	力的比值	总的定义	本标准使用的定义
雷诺数〔Re〕	惯性力/粘性力	$\frac{V_c L_c}{V}$	见 1.3.3.11.1
欧检数〔Eu〕	压力/惯性力	$\frac{P_c}{\text{心 } P V:}$	见 1.3.3.11.4
托马数〔S〕		$\frac{NPSE}{E}$	见 1.3.3.6.6
佛汝德数〔Fr〕	惯性力/重力	$\frac{V_c}{(g L_c)^{2}}^{1}$	见 1.3.3.10.2
韦伯数〔We〕	惯性力/外表张力	$P L_c V_c^2 a^*$	见 133.11.〔总定义 的确认〕

Lc：特征长度 Vc：特征速度

△ Pc: 特征差压值 〔T *：流体的外表张力

通常，不行能选择同时满足各种不同模拟数的试验条件。因此，所考虑的模 拟条件应当是对结果有最大影响的一个。

在多数模型试验中， 不行能获得相应于原型机的模拟数。因此，当将这些结 果转换到原型机条件时， 必需对模型试验结果进展修正。 假设模型能量数据的雷 诺数与规定雷诺数不同，也要进展这种修正。

2.3.1.2 本标准中承受的水力模拟条件 从上述根本要求中可知，假设下述条件被满足，可以获得两台机器 A 和 B 在 水力相像运行条件下的运行：

a） 2.1.3.4 和 2.2 中规定的 A 和 B 几何相像要求被满足；

b） 两台机器任何模拟点的相应速度矢量的比值是确定的，并应转轮 /叶轮相应的速度三角形几何相像〔定义确定速度、圆周速度和相对速度重量〕 结果是，在相应的运行工况点， 两台机器有确定的流量， 比能和空化系数 〔见 1.3.3.12〕； 一样的流量系数 〔 Q_{nD}〕 $_A$ =〔 Q_{nD}〕 $_B$

和一样的能量系数 〔E_{nD}〕 $_A$=〔E_{nD}〕 $_B$

和一样的空化系数 〔$_{CT\ nD}$〕 $_A$=〔 a_{nD}〕 $_B$

或确定的流量因子和转速因子及托马数〔见 1.3.3.12〕

一样的流量因子　　$〔Q_{ED}〕_A = 〔Q_{ED}〕_B$

和一样的转速因子　　$〔n_{ED}〕_A = 〔n_{ED}〕_B$

和一样的托马数　　$C_A = C_B$

这些系数和因子的相等表征了两台机器的水力模拟，这是依据 1.4 所保证或 规定的“水力”特征和 /或数据的重要方面。

2.3.1.3 不同类型模型试验的相像性要求

本标准不包括

4.. 格外规试验数据—测量方法和结果

4.1 格外规数据测量介绍

4.1.1 导言

第 1.4.4 节定义的 “格外规数据” 〔力矩、力、 压力脉动等〕为水电站中的水力机械的设 计和运行供给了资料。因此， 格外规测量时必需的，且可以加以具体描述。

将“格外规数据” 的测量精度规定得与常规水力试验一样既不合理也是不行承受的。 “非 常规数据”的测量方法和数据处理技术进展的很快。

为了使用户可以在必要的精度下以可比较的工况进展测量，本节规定了有关建议和指 南。

水力机械的每一个工况点， 不管其为稳定状态还是非稳定状态， 都可以用多种机械量和 水力气 〔通常为脉动量 〕的合成来描述。模型通常工作在稳定工况下。总之，不行能将不稳定 工况下的模型试验结果换算到真机上，仅可将稳定工况下的模型试验数据换算到真机上。

第 4.2 节表达了第 3.1 节中规定的格外规试验的要求。 假设某些模型格外规数据可由一样类型的水力机械中的具有足够精度的数据得出， 则通 常不必对其进展测量〔例如，叶片和导叶力矩、径向力等〕 。格外规数据的测量应按特地的 程序执行〔见 2.3.3.3.2 节〕。

可以将水力机械看作整个水电设施的一局部。 因此， 有必要对由于水流的自然频率引起 的不稳定工况进展争论。模型试验可用来确定在不同工况下机器的扰动频率和波形。第 4.3 和 4.4 节集中介绍了上述鉴别程序。

对于一台机械设计 “安全” 的水力机械来讲， 作用在真机不同部位上的水作用力可由模 型试验数据依据适当的转换定律按比例放大获得。第 4.5 和 4.6 节为获得上述水作用力平均 值和动态重量的方法和试验工况。

开机、关机和 /或任何操作方式的变化都将导致远离“正常”运行范围的不稳定工况。 因此，在某些状况下，要求对某些水力气和机械量在广义运行范围内进展争论。第 4.7 节介 绍了广义运行范围内的水力性能测量〔即所谓泵—水轮机 4 象限范围〕。

最终，第 4.8 节介绍了如何依据模型试验结果来推想真机相应的测试值。

4.1.2 试验条件和试验程序

格外规试验通常在本规程 1 至 3 章规定的进展常规试验所承受的同一个模型装置、 同一 个试验台和一样的试验仪器上进展。 假设与常规试验的试验工况一样， 应对试验工况进展检查，也可转变试验工况。在任何状况下，由振动、共振、机械变形和漏水量增大等缘由引起的干 扰效应和格外规试验测试仪器的缺陷应降至最小限度。 假设有某些与第 2 章和第 3 章所述不 尽一样之处，将在第 4 章有关章节中论述。

IEC60994 具体介绍了对测量仪器的要求和脉动量测量的方法。另外， 在 第 4 章有关章节中也就有关问题相应地作了更具体地介绍。其他格外规试验测量方法见有关 IEC 和 ISO 规程。依据测量仪器、 试验挨次及所能到达和需要的试验条件， 可确定试验程序和试验大纲。 各格外规试验值的测量可分别与 /或与常规水力试验同时进展。

第 2.3 章所述有关规定、预试验、验收试验、检查零点读数等程序也可在格外规试验中 承受。应在试验前就试验条件和根本分析方法达成全都。

4.1.3 测量的不确定度

总地来讲，格外规试验数据测量的总不确定度高于常规试验测量的不确定度， 情愿如下：

a） 在格外规运行范围测量；

b） 被测量量的不确定特性；

c） 所用测量仪器和率定程序的不完善。

依据双方商定的不确定度来选择测量方法。 在很多状况下， 不确定度单位承受物理单位〔Pa,N,N m，……〕。 不确定度的有关特性见第 4.3 至 4.8 节的有关内容。

4.1.4 模型与真机间的换算

依据根本相像定律， 真机上的有关数据可由模型试验值经过换算得出。 相应的换算程序 在下面各节中介绍。一般习惯于用无量纲量来表示模型与真机间的换算结果。

然而， 应首先检查各个量是否完全满足水力和机械相像定律。 否则， 换算时就应在整个 水力发电系统中综合考虑真机的动态—构造状况，这些因素包括进口和出口的水流状况、 共振、外部振源等。以下可能影响模型试验结果的因素应尽可能加以改善：

a〕 流态的影响； b

〕 机械构造的影响；c

〕其他。

4.2 脉动量测量的数据采集和数据处理

4.2.1 导言

第 3.1 节介绍了常规试验量的平均值的测量方法。 很多方法也可以记录测量值的脉动分 量。

第 4.2 节介绍了测定脉动量而承受的数据采集和数据处理方法。 数据处理包括对模型测 量结果的计算、求解和得到结果。 IEC60994 应对此加以考虑。

应在试验前就测量过程、数据采集和数据处理方法达成全都。

测量量应为：

a） 或具有周期性；

b） 或具有非周期性、随机性和间歇型。

应测量脉动量：

a） 均值〔图 7 中的〕；

b） 或仅测量脉动量〔图 7 中的 x 〕。

为猎取脉动量的特性，测量方法应能够以足够高的区分率记录脉动量。测量可承受：

a〕 压力传感器；

b〕 加速度计； c

〕应变仪；

d〕其他类型的机械量传感器。

为进一步对数据进展分析， 从传感器至数据存储系统的整个测量系统应符合信号分析理论的有关准则〔见附录 P 参考文献〕21〕〕。在第 3.1 节介绍的准则尤其应被承受。然而， 本 节争论的对脉动量的测量又提出了某些其他要求，这将在下面加以介绍。

4.2.2 数据采集

4.2.2.1 信号预处理

测量目的和数据采集及数据处理打算了信号调整的形式。信号调整的主要目的为： —滤掉高频噪声以防止发生信号混淆现象〔模拟滤波器〕 ；

—去除不相关的信号重量〔模拟、数字滤波器，或软件方法〕 ；

—偏差补偿。

4.2.2.2 模拟量与数字量的转换

大多数数据采集系统是基于周期采样来完成模拟量与数字量的转换的。图 88 所示为一个典型的数据采集系统。

当信号稳态值不相关且比峰–峰值大时， 偏差补偿可改善信号脉动重量的存储质量。 转 换器输入的 AC 耦合可降低信号的低频畸变。

可编程增益放大器的作用是使模拟信号范围适合于 A/D 转换器的变化范围。 模拟抗混淆低通滤波器用于周期信号的采集， 采样频率取决于滤波器的特性。 由每个测量通道上的采样和保持放大器实现全部信号的同步采集。 采样信号可实现按挨次多路传输和 转换。假设信号按挨次采集，应考虑采样结果的延迟性〔见第 4.2.2.4 节〕。

多数用于信号分析的模拟 /数字转换器传输一系列整数量值，这些值取决于输入量的离 散量。该操作能够产生不行逆的数据损失，应认真对待。

模/数转换器的区分率和准确度打算了其品质。区分率通常用比特来表示。并非总是计 算信号比特。

数字信号的品质也取决于模拟信号极值与转换器工作范围之间的匹配关系。 因此， 应对每一测量通道进展调整以使信号最优地适应转换器工作范围。

4.2.2.3 采样率

周期信号要求信号的全部能量应包含在零到采样频率一半之间〔见附录 P 参考文献［21］〕。假设未满足上述条件，混淆效应将引起所采集信号的不行逆的错误。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
https://d.book118.com/296141115120010155