



Kreiselpumpen-Lexikon
离心泵大全

[德] Dieter-Heinz Hellmann 著

清华大学出版社





清华大学出版社数字出版网站

WQBook  中文
www.wqbook.com

ISBN 978-7-302-31387-8



9 787302 313878 >

定价：180.00元

013071190

TH311

13

Kreiselpumpen-Lexikon

离心泵大全

[德] Dieter-Heinz Hellmann 著



北航

C1677010

TH311

13

清华大学出版社
北京

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

离心泵大全/(德)海尔曼(Hellmann,D-H.)著.--北京:清华大学出版社,2013
ISBN 978-7-302-31387-8

I. ①离… II. ①海… III. ①离心泵—介绍 IV. ①TH311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 025707 号

责任编辑:杨倩 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京雅昌彩色印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:160mm×230mm 印 张:27.75

字 数:619千字

版 次:2013年6月第1版

印 次:2013年6月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:180.00元

产品编号:051208-01

前 言

《离心泵大全》紧扣时代脉搏,与时俱进,是一部难得的综合性工具书,内容包括泵技术和相关专业领域的主要、最新词汇,选词科学、释义准确、简明易懂。经过修订工作,主要是对插图作了适量的增补,第一次以中文形式翻译出版。

为了便于读者查阅,我们在词例的编排方式上采用了不同的颜色、字体和页边字母。同时,也增加了中文关键字的索引。

编写出版本词典的目的是为我们的客户、研发和生产部门的工程师和技术人员提供一部查阅科技词汇的工具书。本词典还可供高校师生在学习泵技术专业时使用。

在此,我作为全书的责任翻译、校对和审阅,再次感谢吴玉林、唐学林、邓礼平、乐秀辉、刘东升等在水力机械原理、泵结构、水力系统原理、阀门结构和电气部分等方面无偿地给予翻译校对的帮助。本书由上海译冉信息科技有限公司进行了基本翻译工作,翻译工作力争忠实德文原版,但由于各种原因,若有不当的翻译或错误,KSB股份公司和编者不承担任何法律责任和其他责任。KSB股份公司和编者对广大读者的批评指正表示衷心感谢。

最后,再次感谢 Hellmann 教授对我们翻译和出版的信任和支持,使得 KSB 泵的理论 and 实践成为在中国的应用指导和知识传播。

王保钢博士,2013年3月
上海



中文版前言

在德文第 5 版《离心泵大全》发行的同时,我们第一次在中国发行此书的中文版。凯士比作为一个全球化的企业,对于一个迅速发展的中国市场,能使中国读者方便地使用该书是非常重要的。我们的合作伙伴,即有关大学和设计单位,以及泵的用户将会把这部书作为他们工作中的一个主要工具。

凯士比已有 140 多年的泵生产经验。从 1978 年开始,凯士比企业在中国运营。这些积累的经验融入于这本简明易懂的离心泵大全中。

凯士比和中国——知识上的伙伴!

迪特-海英滋·海尔曼教授
佛兰肯塔,2012 年 12 月



离心泵大全

德文版前言

我们出版了第5版《离心泵大全》，为了详细精确地向读者介绍技术内容，书的后半部分增加了放大的图表。而且，为了更清楚地阐述产品性能特点，扩充了图表内容。

在此，感谢所有参与此书的工作者，他们给予了我们很大的帮助。对于离心泵理论工作者和实践者而言，《离心泵大全》将成为一本有价值的工具书。

迪特·海英滋·海尔曼教授

佛兰肯塔, 2011年12月

Hellmann, Dieter

大全编排

《离心泵大全》精心编排、便于查找

1. 字体颜色

- 蓝色： 词条
- 蓝色： 小标题
- 橙色： 图片标题、注明参看插图、附录中的放大插图或表格提示

2. 字体

- 一般文字
- 释义、公式和式中符号说明

3. 页边字母

- 蓝色 D 留出了安排单个字母的空白地方
- 灰色 D 附录
- 白色 D 索引

4. 查找功能

- 单个蓝色页边字母
- 某页第一个词汇的前三个字母在页眉的左页边距处
- 第一个和最后一个词汇在页眉处

5. 参见请参照德文原文

例如：请参见滑动轴承(Gleitlager)

请按照德文寻找

左侧为页边字母，
右侧为词汇的前
三个字母

本页第一个词条

Druckhöhenverlust in einer Rohrleitung/管道内的压头损失

图1 水头损失：沿程阻力系数 λ 和雷诺数 Re 以及相对粗糙度 k/d 之间的关系(请参见附录的大图、插图)

管道材质	工艺	$k/\mu\text{m}$ ($=0.001\text{mm}$)
无缝钢管, 新管	轧制	20-60
	酸洗 镀锌	30-40 100-160
钢管, 新管, 纵向焊接	轧制	50-110
	刷涂沥青	45-60
	电镀 渗碳	8-2 21-28
焊接钢管		1000-10000
钢管, 旧管	一般程度的锈蚀	100-200
	轻微结垢 严重结垢 清洗后	200-400 400-4100 150-200
石棉水泥管, 新管		30-100
	陶管(非水), 新管	200-7000
混凝土管, 新管	粗制	1000-3000
	精整	300-700
离心混凝土管, 新管	粗制	200-700
	精整	100-170
钢筋混凝土管, 新管	粗制	100-170
	精整	100-170
其他混凝土管, 旧管	精整	200-300
金属管	精拔	1-2
		1-2
	玻璃钢, 塑料管	1.3-1.7
	橡胶管, 新管	200-1000
	未老化	200-300
木管, 新管		1500-2000
木管, 长期使用的 砌砖管		

图2 水头损失：管道壁面凸出部位的平均高度 k (绝对粗糙度)

推荐的流体速度：
• 冷水：

放大插图提示

吸入管
压力管
• 热水：
吸入管
压力管

Druckhöhenverlust
内的水头损失/
流体在圆管
沿程水头损失

λ —沿程阻力系数
Druck—压力
L—流段
d—管道直径
Druck—压力
v—断面流速
($=Q/A$)
g—重力加速度

可通过
流体流动状态
关。非圆形

A—过流断面
U—流速
通过
态。雷诺
要参数

离心泵大全

本页最后一个词条

带标题的说明文字

Axi

A

水损失/Head loss in a pipe

7~1.5m/s
0~2.0m/s

5~1.0m/s
5~3.5m/s

蓝色词条

损失 in einer Rohrleitung/管道
head loss in a pipe

面、直管道内流动时产生的
计算公式:

$$h_f = \lambda \frac{L v^5}{d 2g}$$

力系数 请参见 水头损失
höhenverlust 的图 1

长度, 单位: m
径, 单位: m (请参见水头损失图 1)

höhenverlust 的图 4

平均流速, 单位: m/s

$Q/(\pi d^2)$, Q, 单位: m³/s

加速度, 单位: m/s²

式验求出沿程阻力系数。它只和
径和管道的相对粗糙度(d/k)有
关。管道直径(d)计算公式为:

$$d = 4 \frac{A}{U}$$

水断面面积, 单位: m²

流与固体边界接触部分的周长称

湿周, 单位: m (不具有自由水面

时, 明渠水流)。

雷诺数(Re)来判定流体流动的特

性是表征流体流动特性的一个重

要参数。雷诺数的计算公式为:

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

流体的速度, 单位: m/s (= 4Q/

(πd^2), Q, 单位: m³/s)

流体的运动粘度, 单位: m²/s (当温

度为 20℃ 时, 水的运动粘度为:

1.00×10^{-6} m²/s)

管道直径, 单位: m 请参见图 4: 水

Axialschub/轴向推力/Axial thrust

立式泵壳减速作用。

轴向推力的平衡有以下几种形式

- 机械方面: 靠推力轴承来完全承受轴向力(例如滑动轴承、滚动轴承)
- 设计方面: 叶轮对称布置法(对称式泵)和由推力轴承来承受剩余的平衡轴向推力
- 通过节流(开平衡孔, 在压力侧增加一个密封圈)和动力效应来平衡轴向力(请参见图 7 和图 9)
- 通过由其本身的工作条件来平衡轴向推力的平衡装置(例如平衡盘和双吸叶轮)或是通过平衡鼓和双平衡鼓来平衡一部分轴向推力
- 个别叶轮因为背叶片而减少(动态效应)轴向推力(请参见轴流泵 Axialschub)

图 8

机械轴向推力平衡

靠滚动轴承来承受轴向推力是一种影响离心泵的效率、且效果很好的平衡轴向推力的方法。成本高的推力滑动轴承可能会因缺少特殊装置而大大削弱效率和成本优势。

结构性的轴向推力平衡

在管道泵壳内布置叶轮时, 如果在装置侧的 2 段结构处出现吸空和空穴现象, 则采用四级叶轮分为两组进行对称布置时, 各级叶轮最多可产生两倍的轴向推力。请参见图 5: 轴向推力 Axialschub

但是如果采用成本更高的叶轮面对面或者背靠背地按一定次序排列起来的对称布置法时, 各级叶轮各自最多可产生一倍的轴向推力。请参见图 6: 轴向推力 Axialschub

蓝色小标题

公式和
式字符
号说明

每个词条
的插图编
号(每个
词条均从
1 开始编号)

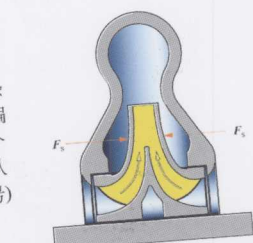


图3 轴向推力: 双吸叶轮布置时的轴向力

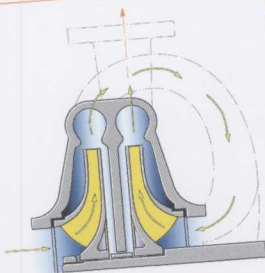


图4 轴向推力: 双吸叶轮背靠背布置时的轴向力

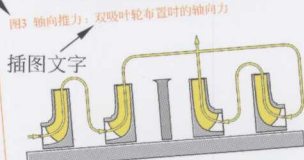


图5 轴向推力: 管道泵壳内采用四级叶轮分为两组进行背靠背布置时的轴向力

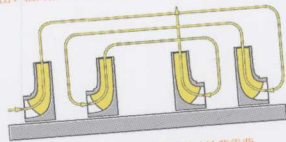


图6 轴向推力: 管道泵壳内采用四级叶轮背靠背地按一定次序排列起来的对称布置法时的轴向力

插图文字

29

KSB

KSB

KSB

A/D-Wandler/A/D 转换器/A/D converter

这个名称中的“A”代表模拟，“D”代表数字。模数转换器是一个利用不同转换方法将模拟信号转换为数字信号电子元件。然后会在数字设备上对转换成的数字信号进行处理和存储。

Abdrehen von Laufrädern/叶轮切削/ Impeller trimming

叶轮切削是指通过减小叶轮外径,进而减小离心泵叶轮出口圆周速度,来达到调节离心泵的工作点的目的。

通过叶轮切削,使叶片长度和叶片出口角以及叶轮出口宽度发生改变。这种工况点调节方法的效果取决于叶轮的结构形式。

单叶片叶轮和斜流式叶轮的切削量可以保持在很小的限度内。在设计这种叶轮结构时就应确保输送介质能够在泵内作连续而均匀的流动。

转速恒定时,离心泵管路特性曲线的斜率和形状不允许通过节流调节(请参见离心泵工况调节 Regelung)来同时减少扬程(H)和流量(Q)。如要在转速不变时,同时减少扬程和流量,缩小叶轮外径就是一种相对简便易行且非常有效的措施。可在加工设备(例如车

床)上把叶轮外径切削小后再安装运行。

如果叶轮直径的切削量保持在合理的范围内,也就是叶片仍保持重叠,则根据相似定理推导出的叶轮切削前(x)和切削后(y)的流量(Q)、扬程(H)和叶轮直径(D)之间的关系式如下:

$$\frac{Q_x}{Q_y} \approx \frac{H_x}{H_y} \approx \left(\frac{D_x}{D_y}\right)^2$$

带下标 x 和 y 的 Q 和 H 这对数值均在过 QH -坐标系原点的直线上。参见图 1: 叶轮的切削 Abdrehen von Laufrädern

可在离心泵效率没有损失的情况下对较小比转速(小于约 $n_s = 25 \text{r/min}$)的叶轮外径进行较大的切削;较大比转速的叶轮,切削量太大会使泵效率明显降低。

叶轮外圆的车削是一种改变离心泵叶轮直径的方法。

Abgeschirmtes Kabel/屏蔽电缆/ Shielded cable

屏蔽电缆由至少一个屏蔽层(导电护套)外包的导体组成。这个电缆层(屏蔽层)可用来保护内部导体免受外部电磁干扰的影响。此外,它也能直接遮挡电缆中的电磁辐射和有效防止内导体在传送信号时产生的电磁辐射对周边环境产生有害影响。为了增强屏蔽效果,可采用多屏蔽层结构。

在三相异步电动机(例如用于离心泵)进行可变转速运行时,建议采用屏蔽电缆作为变频器和电动机端子箱之间的连接电缆。

例如同轴电缆就是一种屏蔽性能优良的屏蔽电缆。

Ablagerung/ 结垢/Sediment

在水利工程领域,结垢是指物质在重力的作用下在接触液体的物体表面形成的沉积现象。可能会在所有的供水管网和未涂水泥砂浆内衬的铸铁给水管线的管道上观察到一层或多层结垢沉积物。这种结垢沉

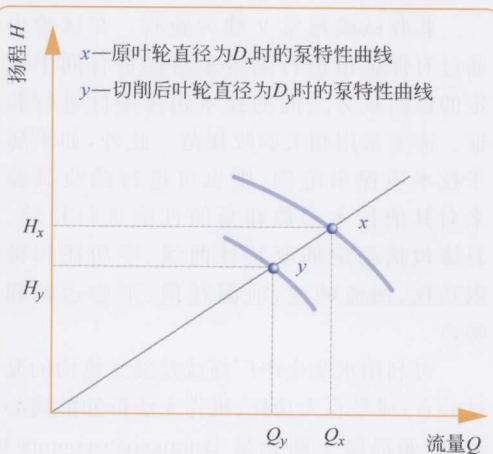


图 1 叶轮的切削：叶轮直径切削量的计算

积物由钙铁混合物组成。有时会因水管内积厚的结垢物,而导致只有少量的水能够通过管道。

Ablösung/分离流动/Flow separation

在空气动力学和流体动力学中,分离流动是指因边界层内流体动量的减少或物面方向的变化而使边界层内的流体无法继续贴着物面流动而“分出”——边界层从物面脱离的现象。从边界层脱离固体壁面的分离点后,厚度会明显增加,流体速度为零的死水区会形成局部回流区。分离后的边界层可能会形成较大的旋涡区,导致很大的水流能量损失。

Abnahme/验收/Acceptance testing

验收通常又称为验收试验。就这一点而言,“验收”是一个技术上的概念,而不是法律意义上的概念,因此顺利完成验收试验本身并不是指德国《民法典》第 640 条所规定的法律意义上的“验收”。

Abnahmeregeln/验收规范/ Acceptance test codes

验收规范是指验收试验规范。多数情况下,验收规范是以标准的形式发布的。

验收规范的内容

- 技术验收及实施细则
- 保证试验准备及实施指导建议
- 试验报告和验收报告编制建议
- 为了验证是否与供货合同中规定的保证值相符而对所有测量值和计算值(转速、压力、转矩、扬程、排量、空化余量值、有效功率和效率)进行定义
- 在考虑到测量不确定性因素的情况下,对保证所允许的技术测量方法进行说明
- 测量结果和保证值对比细则以及得出对比分析结论

现有的验收规范

- DIN EN ISO 9906 旋转动力泵水力性能验收试验——1 级和 2 级
- 水力学会(HI)标准,分类:离心泵验收标准(美国克利夫兰)

新版 DIN EN ISO 9906 目前正由德国机械设备制造业联合会(VDMA)负责起草,该标准也包含美国水力学会标准的部分内容。目的是在世界范围内采用一个统一的验收试验规范。

除了现有的验收规范以外,在特殊情况下,进行评估时还要考虑到下列规则。

特殊情况下应遵守的规则:

- DIN 4325 蓄水泵的现场验收试验
- IEC-推荐标准,出版物 198,蓄水泵现场验收试验国际规范
- API 610: 炼油厂通用设施用离心泵,第四节:检查和试验;第五节:质保书
- ASME PTC 8.2 离心泵功率试验规范
- DIN 1184 泵房/水泵站
- DIN 4047-2 农业水利

Abnahmeversuch/验收试验/Acceptance test

验收试验通常又称为验收。在试验中通过对保证值进行测量来对供货合同中规定的供需双方之间的技术担保条件进行验证。需要采用相关验收规范。此外,如果属于技术质保书范围,则也可进行验收试验来对其他技术参数和泵的性能进行检验。具体包括稳定的泵特性曲线、零功耗和极限功耗、回流转速、泄漏耗损、平稳运转和噪声。

可利用水泵生产厂商或是独立机构的泵试验台,或是将大功耗、机壳无法拆卸的离心泵(例如混凝土蜗壳泵 Betongehäusepumpe)和泵站现场作为验收试验的场所。应在供货合同中对验收试验的场所、时间、范围和

费用进行协商确定。请参见冷却水泵 K_{ühlwasserpumpe} 的图 6

在进行验收试验之前,供需双方应明确下列问题并在订货确认单中加以详细说明:

采用了哪些验收规范? 允许存在哪些测量不确定度? 水泵试验台上的哪些工作点和工况可以使用冷却水或其他输送介质进行检验? 应该采用全转速还是降低的转速进行运转? 应该采用哪些转换效率计算公式? 验收试验时,哪些运行工况是在泵站里实现的?

在对根据测量数据求得的值和验证的效率进行对比时,正(高于额定值)或负(低于额定值)问题也可以起到一定作用。

Abrasion/磨蚀/Abrasion

磨蚀是指因输送介质中的固体颗粒对材料表面产生的机械作用而出现的磨损现象。

造成离心泵内磨损的主要因素:

- 输送介质和泵体之间的相对速度的 2~3 次幂
- 腐蚀、空化和机械磨损同时对泵体施加应力
- 固体颗粒浓度成比例增加
- 固体颗粒(例如石英)和泵体硬度的比例
- 固体颗粒(例如矿石)和泵体密度的比例
- 不同于圆形颗粒的锐角固体颗粒(例如烧结块)
- 固体颗粒的粒径(例如砂砾)
- 工作点与最佳流量值(Q_{opt})点明显有出入

在没有对普通离心泵采取防磨损措施的时候,需要根据经验值规定固体颗粒物允许浓度、粒径和流速相应的极限值。

为了在离心泵内进行固体物质输送,必须在设计和材料选择方面采取特殊措施。

水泵内应具有坚固耐用的轴承和泵轴。此外,会在有可能出现磨损、磨蚀的部分对壁厚进行加厚。应尽可能避免出现较大的流速,保证只能产生一定范围的压力差。

在对运行一段时间后可能会出现磨损的零部件进行设计时,应做到以较少的操作和尽可能短的运行中断时间对其进行更换。

根据这一原理在对重载泵进行设计时,应做到磨损件(重载件)由最大硬度的材料构造而成,以确保只需在少数几个位置处对其进行机械加工。

此外,很多水泵需要装调速器。这样出现磨损后尽管随着不平衡性的加大,扬程的逐渐降低,可以延长运行时间。

密封间隙过小,固体颗粒会产生滑动磨蚀(sliding abrasive wear),可通过大量的清水冲洗法或是用超强耐磨材料来减轻磨粒磨蚀。

材料硬度和冲击角的影响适用于下列关系: 固体颗粒以大的冲击角(约 90°)冲击硬质材料表面,会造成疲劳破坏,使材料表面产生裂纹,造成脱落。韧性材料对这种冲击磨蚀或冲蚀磨蚀的抵御能力最强。

固体颗粒以较小冲击角(约 15°)冲击韧性材料表面,会对材料表面挖槽或刨削,使材料表面发生剥蚀。硬质材料对这种冲刷磨蚀(流体磨料磨蚀)表现得最耐磨。请参见磨蚀 Abrasion 的图 1

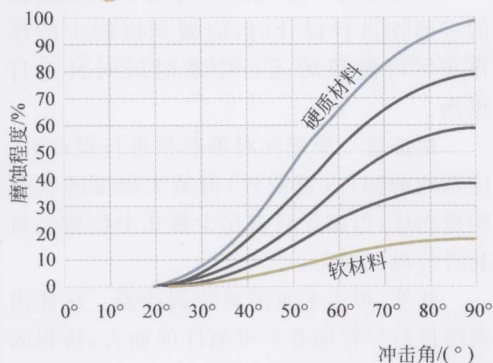
对材料表面的破坏多数是由冲刷磨损引起的,因此建议选用高硬度的材料(NORIHARD[®]、高硅铸铁、NIHARD[®]、带碳化钨或钴合金的重载件、陶瓷)作为水泵零部件的材料。

泵内只有少数部位会承受冲击磨损或冲蚀磨损。主要磨损部位包括蜗壳前缘、导叶和动叶片以及泵进出口液体的偏离最佳入流角。在这些部位应采用耐磨韧性材料。请参见磨蚀 Abrasion 的图 2

Abschirmung/屏蔽/Shielding

屏蔽是保护导体免受外部电磁干扰的关键措施(请参见屏蔽电缆 abgeschirmtes

冲击磨蚀 P



冲刷磨蚀 S

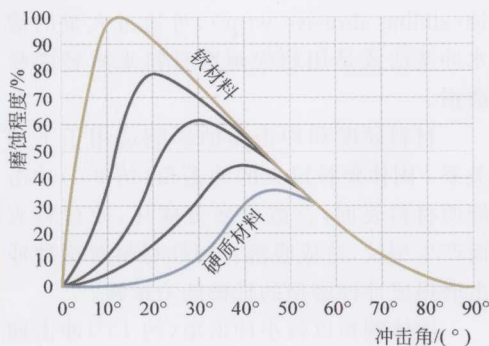


图1 磨蚀：磨蚀程度取决于材料和冲击角的大小

P = 冲击磨蚀; S = 冲刷磨蚀

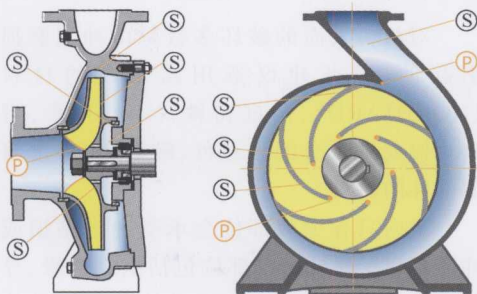


图2 磨蚀：蜗壳泵内的易磨损部位

Kabel)。

Abschlusskörper/关闭件/Obturator

关闭件是阀门内的移动部件,它可切断管道内流动和对管道内输送介质的流动方向进行机械控制。阀门内的关闭件形状多数为锥体。可细分为闭塞锥、节流锥、启闭锥和控制锥。标准形状的控制锥的流量特性为线性特性或等百分比特性。

Abschreibung/折旧/Depreciation

折旧是指企业资产(这里指固定资产)价值的下降并且多数是从企业经济学的角度来计算折旧额。资产在使用过程中会因老化、磨损或事故损坏等原因而逐渐损失其价值(请参见经济效益 Wirtschaftlichkeit)。

Absolutdrucksensor/绝对压力传感器/

Absolute pressure sensor

和进行空气压力测量时一样,绝对压力传感器是一种将物理量“绝对压力”转换成与压力成比例的电子输出值的测量元件(请参见传感器 Sensor)。

绝对压力传感器可安装在气压计内,用于对空气压力进行测量。这对采用气压测高原理和对测量点的当前气压进行测量的测高计也适用。

Absolutgeschwindigkeit/绝对速度/

Absolute velocity

绝对速度是液体相对于静止坐标系的速度(c)与相对速度(w)和圆周速度(u)构成了速度三角形,并首先在透平机设计和制造时被采用。

Absperrorgan/关闭装置/Shut-off element

关闭装置是一种管道部件,用于对液体流量进行控制(调节阀)、使阀门畅通和关闭(关闭阀)(请参见阀门 Armatur)。

Abwasserpumpe/排污泵/Waste water pump

排污泵也叫污水泵,可用于输送含有有机物、无机物或矿物质固体成分的污水。

排污泵主要是单级离心泵,通常不具有自吸功能,通过叶轮对污水进行抽送,是一种潜入输送介质中工作的泵类。泵用轴封采用耐磨的端面机械密封。

排污泵可广泛应用于食品、建筑、造纸、制糖、金属(例如金属电解)、采矿和水资源开采(例如冷却水、海水淡化和脱盐)等行业。根据要求的不同,排污泵可分为市政用排污泵和工业用排污泵。市政用排污泵主要用于下列输送介质的抽送:城市污水(例如住宅区污水、粪污水)、废水(沉淀池清洗水)、污泥(例如活性污泥、生污泥、消化污泥

和接种污泥)和雨水。

消化污泥是指为原污泥经厌氧消化后得到的污泥;接种污泥是指用于新调试条件下的外来活性污泥。

对于工业用排污泵来说,选择合适的材料具有重要意义,因为工业废水可能具有很强的腐蚀性或磨蚀性(请参见磨损 Abrasion)。泵外壳可加装易更换的泵体口环或由高耐磨材料制成的耐磨保护装置。

排污泵可安装在液面以上或以下。安装在液下的排污电机泵叫做潜水电机排污泵。请参见排污泵 Abwasserpumpe 的图 2,图 3 和图 5

排污泵的安装可以为卧式(请参见排污泵 Abwasserpumpe 的图 1,图 4 和图 6)或立

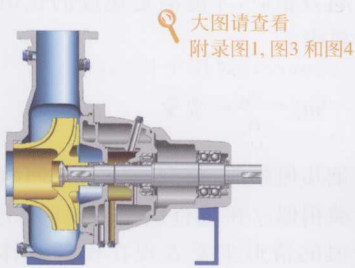


图1 排污泵:带流道式叶轮的卧式排污泵

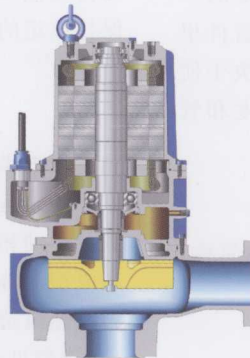


图3 排污泵:带无堵塞叶轮的潜水电机排污泵

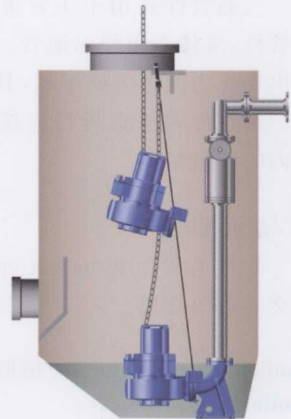


图5 排污泵:带钢绳导向装置的潜水电机排污泵



图2 排污泵:带单叶片叶轮的潜水排污泵

大图请参见附录图2 排污泵:

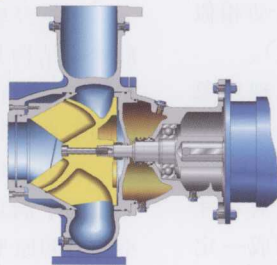


图4 排污泵:采用单元组合结构的带斜流式单叶片叶轮的卧式排污泵



图6 排污泵:带V形传动带的卧式排污泵

式(例如可卧式安装,构造原理)。

请参见井用潜水泵 Wellentauchpumpe 的图 2 与之相对的是清水泵。

所采用的叶轮形状取决于输送介质

- 形状为单流道叶轮、双流道叶轮或三流道叶轮的流道式叶轮(闭式叶轮或开式叶轮)请参见排污泵的图 1 和图 2
- 开式单流道叶轮和斜流式叶轮请参见排污泵的图 4
- 无堵塞叶轮(请参见无堵塞泵 Freistrompumpe)请参见排污泵的图 3

Abzweigstück/三通管件/Branch fitting

三通管件是用于主管道分支管处的一种管件,液体会流经三通管。在三通管件里会出现压力的损失或增加,其大小取决于使用三通管件对管道进行连接时的角度和管道内的流量情况。

AC/交流电/AC

它是英文“alternating current”的简称,即交流电的意思。

Ähnlichkeitsbedingungen/相似准则/ Similarity conditions

相似理论要求水力学模型试验需满足 3 个充分的相似准则和条件:模型(M)与原型(G)保持几何相似(长度相似)、运动相似(速度相似)和动力相似(同名力相似)。

运动相似和动力相似统称为物理现象相似(请参见模型定律 Modellgesetze)。

几何相似

为了满足几何相似,模型泵的所有尺寸(l_M)与原型泵的对应尺寸(l_G)必须成一定的比例(m_l : 模型比例):

$$m_l = \frac{l_M}{l_G} = \text{常量}$$

模型泵和原型泵及其配套设备的几何形状基本相似,且符合流体流动状态的要求。在对泵的入口侧进行流动研究时,几何相似性与压力侧之后的设备可以是不相关的。

为了达到微观上的几何相似,在设计模型泵时,可使原型泵的壁面粗糙度得到近似的满足,因此只能在满足一定条件的前提下才可以研究模型泵中边界层流型与不因地面摩擦而产生的综合压力损失。

运动相似

运动相似要求模型(v_M)和原型(v_G)的速度向量图成几何相似,即速度大小的比值相同、方向一致(请参见速度三角形 Geschwindigkeitsdreieck)。只有同时满足几何相似和动力相似,才能满足速度的比值保持恒定的要求。

$$m_v = \frac{v_M}{v_G} = \text{常量}$$

如不满足几何相似,模型和原型之间就难以满足运动相似。在进行模型实验时,不满足运动相似的情形主要表现在模型流体和原型流体中的湍流度不相等。湍流度会影响湍流边界层上方的层流边界层转换过程(请参见边界层,流体力学 Grenzschicht, Strömungslehre),会导致流体流动过程中发生分离进而造成很大的流体能量损失。因此在模型中通常无法对其加以详细确定。

根据经验,模型和原型中边界层的不同形状和结构只在很小的程度上不具备运动相似,并没有发生很不同的流体分离现象,例如不在叶片表面附近进行的研究。

动力相似

为了满足动力相似,流动过程确定的模型(M)和原型(G)的力(F)必须对应成一定的比例(m_f)。

$$m_f = \frac{F_M}{F_G} = \text{常量}$$

不考虑固液两相流中的两相流动效应时,在水泵模型技术领域出现的动力是指惯性力、重力、压力和摩擦力。

模型和原型的惯性力和重力相似表现为弗劳德数(Fr)保持恒定:

$$Fr = \frac{\text{惯性力}}{\text{重力}} = \frac{v^2}{gl}$$

$$Fr_M = Fr_G$$

v —流体的特征速度

l —特征长度

g —重力加速度

上述参数对雷诺数(Re)的表达也适用:

$$Re = \frac{\text{惯性力}}{\text{摩擦力}} = \frac{vl}{\nu}$$

$$Re_M = Re_G$$

ν —输送介质的运动粘度

通过欧拉数(Eu)相等来表征模型和原型的压力和惯性力相似:

$$Eu = \frac{\text{压力}}{\text{惯性力}} = \frac{P}{\rho v^2}$$

$$Eu_M = Eu_G$$

P —压力特性(压力差)

ρ —流体密度

g —重力加速度

对于离心泵来说,通常取泵的压力增加值为特征压差,取叶轮外径(u_2)处圆周速度为特征速度,欧拉数可表示为压力数。模型和原型的欧拉数和压力数的数值相等要求除了几何相似和运动相似以外,模型和原型的弗劳德数和雷诺数也要相等。

在同频率 f 的非正常流中,斯特罗哈系数发挥作用。在水力模型技术领域,不满足动力相似的情形主要表现在模型和原型的弗劳德数和雷诺数因实验技术的原因而不相等。多年来的经验表明,可在没有破坏物理现象相似的前提下,让模型和原型的这两个数值略微不同(请参见效率提高 Wirkungsgradaufwertung)。

Affinitätsgesetz/相似定律/Affinity laws

相似定律是模型定律的一种特殊情况,它表明可通过以下规律来描述不同转速泵的曲线特性:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{n_2}{n_1}$$

$$H_2 = H_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

$$Y_2 = Y_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

Q —流量

H —扬程

Y —输送功

n —转速

如果 $P_Q = \rho g Q H$ (请参见泵输出功率 Förderleistung) 和 $P = P_Q / \eta$ (请参见功率需求量 Leistungsbedarf), 假设输送介质的密度(ρ)不变和泵的效率(η)恒定,则可相应地得到下式:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

不同转速时的泵特性曲线上的对应点位于 $Q-H$ 和 $Q-Y$ 坐标系原点所在的带顶点的抛物线上。对于这些点来说,速度三角形是相似的。

因为不同雷诺数所表征的转速不同(请参见相似准则条件 Ähnlichkeitsbedingungen), 所以无法满足摩擦影响的物理现象相似条件。

因此相似定律只能适用于无摩擦的、不可压缩的(温度和压力变换保持恒定时,密度不会发生变化)和不会产生空化的输送介质(请参见空化 Kavitation)。

随着转速的变化,工况点也在移动。

Aggressivität/侵蚀性/Aggressiveness

侵蚀性描述了物质对其周围环境的作用和影响。主要特征为:可燃、碱性、不含酸和不含水(请参见稳定性表 Beständigkeitstabelle)。

Aktor/执行器/Actor

执行器是调节系统中的一个用于对过程进行控制的执行机构。它可将控制器的开关动作转换成作用力并通过信号(多数情况下)对阀门的开闭等机械动作进行调节和控制。在控制和调节技术领域,相对传感器而言,执行器是一种动作转换元件。

Akustik/声学特性/Acoustics

泵和设备的声学特性描述了由故障所引起的泵外壳和管道发出的可以听见的振动声(请参见泵和设备的外壳 Geräusche bei Pumpen und Anlagen)。

Amortisation/投资回收期/Amortisation

投资回收期是指泵或泵站的运行所产生的收益抵偿初始投资所需要的时间(请参见经济效益 Wirtschaftlichkeit)。

**Analoge Datenübertragung/模拟数据传输/
Analog data transmission**

在进行数据的模拟传输时,模拟信号是一个连续变化的物理量。在规定的时间内隔内的取值是连续的(请参见通信系统 Kommunikationssystem)。

Analogschnittstelle/模拟接口/**Analog interface**

模拟接口是一种通信电子连接器,用于电气电子设备中的待处理模拟电子信号的连接。标准模拟接口是 $0/4 \dots 20\text{mA}$ 或 $0/2 \dots 10\text{V}$ 。也称为标准信号接口。

因为电流信号的抗干扰能力强,电磁干扰(附近用电设备)和电压损失(电缆电阻的影响)不会对电流信号产生大的影响,所以会优先采用电流信号传输的方法。电源线的最大长度是由线路的最大负载来决定的。

负载是带电流输出信号的电子变送器/转换器的负载阻抗及线路的电缆电阻。

Analogsignal/模拟信号/Analog signal

模拟信号的强度(幅度)的取值是连续的,幅值可由最小值和最大值之间的无限个数值表示。

Anfahren/启动/Start-up

启动是指泵组的启动过程。

**Angreifende Flüssigkeit/侵蚀性液体/
Aggressive fluid**

侵蚀性液体是指与周围物质发生反应的

