



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01118118.4

[45] 授权公告日 2005 年 6 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1207546C

[22] 申请日 2001.5.16 [21] 申请号 01118118.4

[71] 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村路 15 号

[72] 发明人 李战华 凌国灿 方 新 彭廷玉

刘 彬 柳绮年

审查员 丁惠玲

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

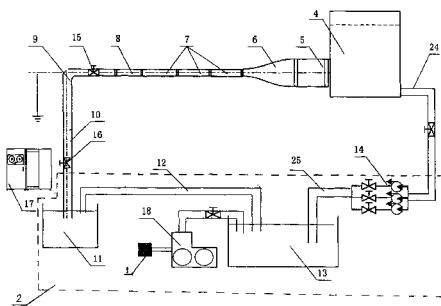
代理人 高存秀

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称 一种具有大流速低端流度的低水位重力式水洞

[57] 摘要

本发明涉及具有大流速低端流度的低水位重力式水洞。包括重力水箱、稳定段、收缩段、实验段、方变圆段、流量计段、阀门段依次连通，重力水箱内装有带孔的溢流板，重力水箱后侧有一溢流区，侧壁开有一方形导流口，其内安装一喇叭形导流管，稳定段内交替安装多层蜂窝状整流板和整流网；收缩段由三维维式曲线壁板构成的；流量计安装在流量计段，两个内径不等的调节阀并联安在阀门段，流量计、调节阀通过电缆与自动控制柜连接。



1、一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，包括重力水箱（4）、圆管形稳定段（5），收缩段（6）、实验段（7）和方变圆段（8）、圆管形流量计段（9）、阀门段（10）依次连通，其中重力水箱（4）有一入水口（19），内接多孔管，通过管路（24）与泵群（14）连接；重力水箱（4）出水口下方的底角做坡；水处理机构（18）安装在水源（1）出口处，它与泵群（14）连通的抽水管（25）末端接入大储水池（13）内；大小储水池（13）（11）之间通过一根方形流道（12）连通；其特征在于：重力水箱（4）内装有带孔的溢流板（22），重力水箱（4）后侧有一溢流区，其侧壁开有一方形导流口（23），其内安装一喇叭形导流管，方形导流口（23）与稳定段连接处用圆弧过度；稳定段（5）截面为正方形，其内交替安装多层蜂窝状整流板和整流网；所述的收缩段（6）由三维维式曲线壁板构成的，其入口和出口截面比为14:1；电磁流量计（15）安装在流量计段（9）上，电动调节阀（16）并联安装在阀门段（10）上，自动控制柜（17）与并联安装在阀门段（10）上的两个阀门（16）和流量计（15）用电缆连接，所述的阀门（16）是两个内径大、小不等的电动、手动两用比例调节阀，二个比例调节阀的电动执行器通过电缆线与自动控制柜（17）连接。

2. 按权利要求1所述的一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，其特征在于：还包括在实验段（7）的两段侧壁开有实验窗口，安装实验模型和测量仪器。

3. 按权利要求1或2所述的一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，其特征在于：所述的方变圆段（8）为其入口截面为 $0.2m \times 0.2m$ 正方形，出口截面直径为20cm，长度为0.8m。

4. 按权利要求1所述的一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，其特征在于：所述的实验段由N段管路组成，N段至少为2。

5. 按权利要求4所述的一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，其特征在于：所述的实验段为3段管路组成。

6. 按权利要求3或4所述的一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，其特征在于：所述的实验段，最佳为每段长1m，截面尺寸 $0.2m \times 0.2m$ 。

7. 按权利要求1所述的一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，其特征在于：所述的泵群至少由二台流量不同的离心式水泵组成。

8. 按权利要求1所述的一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，其特征在于：所述的稳定段内部装有2~4个蜂窝器和4~8道整流网。

一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞

本发明涉及一种水动力学实验装置，特别是用于进行湍流的精细流动实验研究和教学显示的一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞。

目前国内外的水洞装置大致分为动力式和重力式。动力式水洞装置是由电机带动安装在管路里的螺旋桨推动水循环流动，其优点是流速高、流量大，但难以消除驱动装置对流场的干扰，不利于降低实验段流场的湍流度；重力式水洞通常由重力重力水箱、稳定段、收缩段、实验段、方变园段、流量计段、阀门段依次连接组成，它是利用水位势能转换推动流动，避免了驱动装置对流场的干扰，因此来流的背景噪声小。例如文献 1(Petrusma et al, 1996, Exp. In Fluid, Vol. 20, No3, p189–197) 中所述的重力式水洞的湍流度可以达到 0.3%。但是，重力式水洞的实验段流速与来流水位的势能有关，即与重力水箱的高度有关。文献 1 中所述水洞的重力水箱建造在 10 米以上，最大流速也只有 2.7cms^{-1} 。文献 2（林贞彬等, 1993, 中国科学, A 辑, 第 23 卷, 第 3 期, 第 278–282 页）中的重力式水洞，在 2 米高的水位条件下，最大流速可以达到 0.25ms^{-1} 。如何在较低的水位下 ($\approx 3\text{m}$)，提高水洞装置的流速（达到 1ms^{-1} ），并且达到较低的湍流度 (0.3%)，是本发明追求的目标。

本发明的目的是为了克服已有动力式水洞在测量过程中，由于电机带动安装在管路里的螺旋桨推动水循环流动，而对流场带来干扰，不利于降低实验段流场的湍流度的缺点；为了达到在较低的水位下提高水洞装置的流速，并且具有较低的湍流度，从而提供一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞。

本发明的目的是这样实现的：

本发明提供的一种具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，包括重力水箱、稳定段、收缩段、实验段、方变园段、流量计段、阀门段依次连通，其中重力水箱有一入水口，通过管路与泵群连接；水循环机构安装在水源出口处，它与泵群连通的抽水管末端接入大储水池内；流量计和过程控制柜组成闭环调节流速控制部分的控制器与阀门和流量计用电缆连接；其特征在于：重力水箱内装有带孔的

溢流板，重力水箱上有一进水口和内接多孔管，后侧有一溢流区；其侧壁开有一方形导流口，导流口内安装一喇叭形导流管，导流口与稳定段连接处用圆弧过度，为了提高稳定段流动稳定性；重力水箱出水口下方的底角做坡；稳定段截面为正方形，其内交替安装多层蜂窝状整流板和整流网，以获得平稳、低湍流度的水流；所述的收缩段由三维维式（Witzinsky）曲线壁板构成的，其入口和出口截面比为14:1；所述的流速控制部分包括两个内径大、小不等的电动、手动两用比例调节阀，并联安装在阀门段，二个比例调节阀的电动执行器通过电缆线与自动控制器相连接。

所述的实验段可以由N段管路组成，最佳地为3段，每段长1m，截面尺寸0.2m×0.2m²。其中两段的侧壁开有实验窗口，便于安装实验模型和测量仪器。

所述的水循环系统，包括：大小储水池、方形流道、泵群和水处理系统。小储水池其功能是稳定阀门段出口处水面，减少反压脉动对上游流场的扰动。大储水池其功能是蓄水。连接大小储水池的方形流道长10m，截面0.4m×0.6m²。储水池的初始用水由水源提供。为了物理净化水源的水，安装了水处理系统。同时对水去离子化，这是为了防止测量仪器的损坏而对水质提出的要求。泵群由三台流量不同的离心式水泵组成，其流量根据流速范围设定。泵群将储水池的水抽上来并打入重力水箱。

本发明的优点在于：（1）通过合理的水动力学设计大大地降低水洞沿程管道的摩阻。如上所述，重力式水洞的实验段流速与来流水位有关，同时也与管道的沿程阻力有关。如果沿程阻力大，消耗来流的能量，实验段的流速自然提不高。为了降低对来流能量的损耗，本发明采取了以下措施降低管道的沿程阻力：a. 管道沿程阻力与流速平方成正比，流速低才能使管道的沿程阻力降低。根据流场连续性原理，同样流量下增加管径可以降低流速，因此对非实验段的管路尽可能采用大管径的管道；b. 为了降低摩阻，要选择对流场阻力小的器件，如：在管路中安装了电磁流量计和精密电动、手动两用调节阀；等测量和调节器件，选用以上两项措施使本发明的水洞在9米长的本体流道中沿程摩阻损失仅为0.3m水柱，这大大降低了管道损失。使本发明的水洞在水位高度只有2.6m的条件下，达到较宽的流速范围0.05~1ms⁻¹，最大流速可达1.25ms⁻¹；

（2）降低实验段流场的湍流度：a. 合理设计具有溢流区的重力水箱中的整流装置，降低来流的脉动，提高入口流动的均匀性；b. 稳定段中多层整流网，用以消除流向涡及造成的不均匀性，c. 收缩段采用较大收缩比(14:1)，降低来

流的相对湍流度。以上三项措施使实验段流场的湍流度达到 $< 0.3\%$ ，实验段截面 80%-86% 面积上流速非均匀性小于 1%。

(3) 宽流速范围内实现对流速的精细调节：为了降低摩阻采用较大管径，给流速精调带来困难，因此本发明采用大小阀门并联，用闭环调节电路来保证流量精调。

(4) 同时水洞的稳定段、收缩段及实验段全部用有机玻璃材料制成，便于流场观测和教学演示。

下面结合附图和实施例对本发明进行详细描述：

图 1 是本发明的结构示意图

图 2 是本发明的重力水箱结构示意图

图面说明如下：

1-水源；	2-水循环机构；	3-方形口；	4. 重力水箱	5-稳定段；
6-收缩段；	7-实验段；	8-方变园段；	9-流量计段；	10. 阀门段；
11.小储水池；	12 方形流道；	13-蓄水池；	14-泵群；	15-流量计；
16-调节阀门；	17 控制柜；	18-水处理机构；	19-入水口；	20-溢流口；
21-溢流箱；	22-孔板（溢流板）；		23-导流口；	24-管路；
25-抽水管；				

实施例 1

按图 1 制作一台具有大流速低湍流度的低水位重力式水洞，采用 PVC 塑料板制成一 8 吨重力水箱 4，重力水箱 4 的尺寸为 $2m \times 2m \times 2.5m$ ，可储水的容积为 $8m^3$ ；重力水箱的后侧有一 $2m \times 0.5m \times 1.2m^3$ 的溢流箱作为溢流区，溢流箱下有溢流口 20，将多余的水溢走；重力水箱侧壁下方有一入水口 19，重力水箱 4 内安装一带有 266 个直径为 $16m$ m 的小孔的溢流板 22，侧壁开有 $0.75m \times 0.75m$ 的方形口 3 与稳定段 5 连接，其与稳定段连接处用圆弧过度；重力水箱 4 出水口下方的底角做坡；在重力水箱方形口内装有一喇叭形导流管 23；稳定段 5 长 $1.4m$ ，截面为 $0.75m \times 0.75m^2$ 正方形，内部装有两个通常的蜂窝器和六道整流网，其功能是稳定和整理来流。收缩段 6 的长度为 $1.4m$ ，入口和出口截面比为 $14:1$ 。收缩段 6 的型线设计直接关系到流场品质，通过计算机模拟数值计算，选择采用三维维式曲线作为收缩型线。实验段 7 由 3 段管路组成，每段长 $1m$ ，截面尺寸 $0.2m \times 0.2m^2$ ；其中两段的侧壁开有实验窗口，安装实验模型和测量仪器，以便观察和记录。实验段 7 下游连接一方变园段 8，其入口截面为 $0.2m \times 0.2m^2$ 正方形，出

口截面直径为 20cm，长度为 0.8m。因为管路里的流量计 15 及调节阀门 16 的截面都是圆形，因此该段起到改变管路截面形状的作用。流量计段 9 的作用是为了安装流量计 15。其该段长度根据流量计安装的要求设计为 2.3m，直径为 20cm。阀门段 10 为安装电动调节阀 16 而设计，长度 1.6m，直径为 20cm。阀门段 10 的出口通向小储水池。稳定段 5、收缩段 6 密封连接到实验段 7，这三段全部采用有机玻璃材料制做；通过方变园段 8 将实验段 7 与流量计段 9 和阀门段 10 连通。这两段采用塑料管道。电磁流量计 15 安装在流量计段 9 上，电动调节阀 16 并联安装在阀门段 10 上，电动调节阀 16 是采用两个内径大、小不等的即能电动也可手动两用比例调节阀，二个比例调节阀的电动执行器通过电缆线与自动控制柜 17 连接。阀门段 10 的末端接入 1.8 吨的小蓄水池 11，通过 10 米的方形流道 12 一端接入小蓄水池 11 另一端接入 20 吨大储水池 13，方形流道 12 的长度可以根据大小储水池的实际距离确定。泵群 14 的抽水管插入储水池 13，出水管与重力水箱 4 连通。水处理机构 18 安装在水源 1 出口处，末端接入 20 吨储水池 13 内。控制柜 17 安置在出水口附近，与阀门 16 和流量计 15 用电缆连接。

具有供水和储水功能的水循环机构 2，包括：大小储水池 13、11、方形流道 12、泵群 14 和水处理机构 18。小储水池 11 为 $2\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ ，容积 1.8 吨。其功能是稳定阀门段 10 出口处水面，减少反压脉动对上游流场的扰动。大储水池 13 尺寸为 $6.5\text{m} \times 2\text{m} \times 1.7\text{m}$ ，可储水的容积为 20 吨。其功能是蓄水。连接大小储水池的方形流道 12 长 10m，截面 $0.4\text{m} \times 0.6\text{m}^2$ 。储水池的初始用水由水源 1 提供。为了物理净化水源的水，安装了水处理机构 18，其中水处理机构 18 采用市售的热膜流速仪。同时对水去离子化，这是为了防止测量仪器的损坏而对水质提出的要求。泵群 14 由三台流量不同的离心式水泵组成，其流量根据流速范围设定。泵群 14 将储水池的水抽上来并打入重力水箱 4。

水洞的第三部分是流速调节机构，由电动、手动两用比例调节阀、电磁流量计和自动控制柜 17 组成闭环流速调节系统。

本实施例的水洞 9 米长的水洞本体沿程摩阻损失仅为 0.3m 水柱，水洞在水位高度只有 2.6m 的条件下，达到较宽的流速范围 $0.05\sim 1\text{ms}^{-1}$ ，最大流速可达 1.25ms^{-1} ；实验段截面 80%-86% 面积上非均匀性小于 1%，和低湍流度（湍流度 < 0.3%）。实验段流速均匀性如表 1 所示。

表1

低端流度水洞
实验段流速均匀性分析

实验段	剖面	流速 范围 m/s					
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	
第1段	垂直剖面						
	标准偏差 σ	0.45%	0.74%	0.85%	0.96%	1.0%	
	平均偏差 η	0.29%	0.56%	0.63%	0.61%	0.88%	
	均匀长度 e	91%	90%	90%	92%	91%	
	水平剖面						
	标准偏差 σ	0.96%	1.0%	0.32%	0.80%	0.29%	
	平均偏差 η	0.59%	0.9%	0.22%	0.65%	0.22%	
	均匀长度 e	94%	93%	91%	91%	90%	
	均匀区	86%	85%	82%	84%	82%	
第2段	垂直剖面						
	标准偏差 σ	0.98%	0.58%	0.83%	1.0%	0.88%	
	平均偏差 η	0.65%	0.33%	0.73%	0.88%	0.71%	
	均匀长度 e	91%	97%	89%	90%	95%	
	水平剖面						
	标准偏差 σ	0.80%	0.87%	0.69%	0.50%	0.69%	
	平均偏差 η	0.55%	0.62%	0.41%	0.39%	0.47%	
	均匀长度 e	90%	90%	90%	90%	90%	
	均匀区	82%	87%	80%	81%	86%	
第3段	垂直剖面						
	标准偏差 σ						
	平均偏差 η						
	均匀长度 e						
	水平剖面						
	标准偏差 σ						
	平均偏差 η						
	均匀长度 e						
	均匀区						

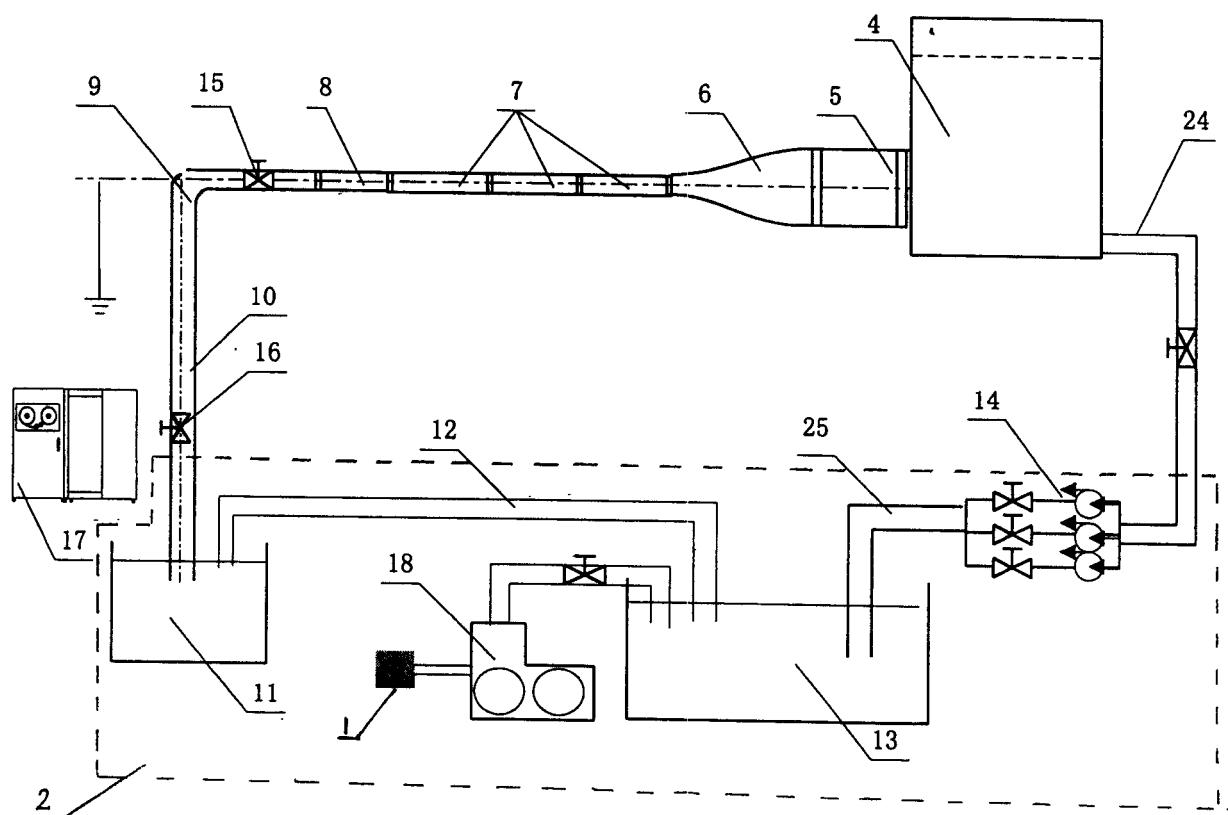


图 1

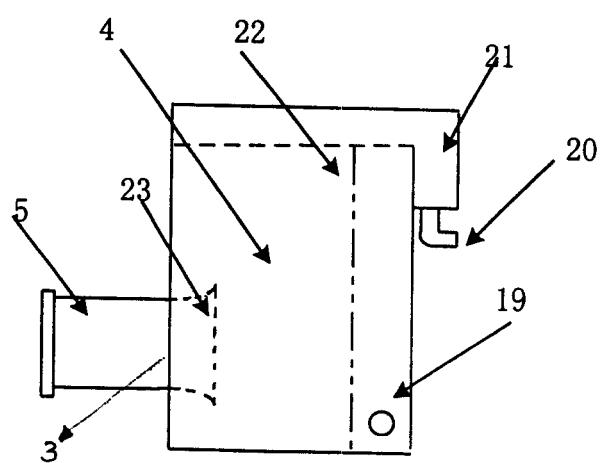


图 2