

# 单圆柱桥墩绕流流场试验研究

严建科<sup>1,2</sup>, 焦 臣<sup>2</sup>, 龙 涛<sup>2</sup>, 杨久诚<sup>2</sup>, 沈 波<sup>1</sup>

(1. 长安大学, 陕西 西安 710064; 2. 中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710075)

**摘 要:**通过单圆柱桥墩绕流现象观测, 结合观测水流流态、测定水位、流速等, 研究单圆柱墩周围三维水流变化规律, 以及单圆柱桥墩的水力学特性. 结果表明: 随着来流的增大, 圆柱周围各点流速明显增大, 圆柱后水流扰动更加剧烈, 横向绕流更加明显, 但绕流宽度逐渐减小; 在恒定的来流流速下, 水流在墩前壅水处流速减小, 桥墩两侧流速急剧变大, 墩后流速减小, 流向不规则, 并伴有漩涡出现. 距离桥墩越远, 水流流态越平顺; 一定的来流流速下, 自圆柱处开始, 横向水流流速先增大而后减小, 垂向流速也是先增大后减小的趋势; 无论平面还是垂向, 河道流速越大, 绕流流程相对越长.

**关键词:**单圆柱; 桥墩; 绕流; 水力学特性

**中图分类号:** U442.3<sup>+</sup>9

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2012)06-0779-07

一个世纪以来, 圆柱绕流一直是众多理论分析, 试验研究及数值模拟的对象<sup>[1]</sup>. 但由于圆柱周围三维水流复杂性, 迄今对该流动现象物理本质理解仍是不完整<sup>[2]</sup>, 特别是对于圆柱绕流流态与圆柱桥墩周围冲刷关系问题, 尚未形成系统理论研究; 对桥墩局部冲刷深度随时间变化, 极限平衡冲刷深度与现行桥位勘测规范桥墩局部冲刷计算值的关系, 也尚未有明确研究成果. 本文利用超声波流速仪测量单圆柱周围各测点的流速, 得出圆柱桥墩绕流纵向、横向和垂向的三维时均流速分布, 对圆柱下游流态结构进行分析, 为圆柱绕流流场和桥墩冲刷机理及防护研究提供参考, 为双排及群桩试验研究奠定基础.

## 1 试验设备

### 1.1 试验水槽

试验水槽布置于西农水工厅内, 修建了人工水槽, 并配有独立的供、回水系统. 根据经验, 水槽进出口要留一定长度的过渡段, 水槽进口一般要留有 5.7 倍河宽或水深的过渡段, 出口一般要留有 3.5 倍河宽或水深的过渡段. 为使水流行至试验区时流速均匀, 在水槽 15 m, 在进口砌有一道花墙, 并设有一整流栅, 经过二道整流设施的调整, 整流栅后 2 m 下游水流均匀进入试验区定床段.

试验水槽设计尺寸为长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $=15\text{ m}\times1.5\text{ m}\times0.7\text{ m}$ , 槽底比降为 1‰, 矩形直线开放水槽, 上游进口端有进水阀门和电磁流量计, 下游出口端有尾门, 上游的进水阀门和下游的尾门可调节通过水槽的流量和水深. 水槽试验段上游约 3 m 为定床, 为使水流行至试验区时流速均匀; 下游 7 m 为动床段. 试验段选取在水槽中间的动床段, 并设置若干断面进行观测. 试验模型桥墩水槽立面布置见图 1, 平面布置如图 2 所示.

### 1.2 试验模型沙

动床铺设中值粒径  $d_{50}=0.547\text{ mm}$ , 比重为  $2.65\text{ kN/m}^3$  的均匀天然沙, 试验沙颗粒级配曲线如图 3 所示.

### 1.3 试验流速仪

采用挪威 Nortek AS 公司推出的一款高精度三维点式超声波流速仪测流速, 按不同方位角布置于圆柱周围. 设定流速仪的采样频率为 25 Hz, 每个测点持续测速 8 s, 可得到 200 个数据, 利用流速仪中

收稿日期: 2012-05-28 修改稿日期: 2012-11-30

基金项目: 中交第一公路勘察设计研究院有限公司科技项目(KJYF2005-A04)

作者简介: 严建科(1979-), 男, 陕西眉县人, 博士, 高级工程师, 研究方向为高等桥梁结构理论.

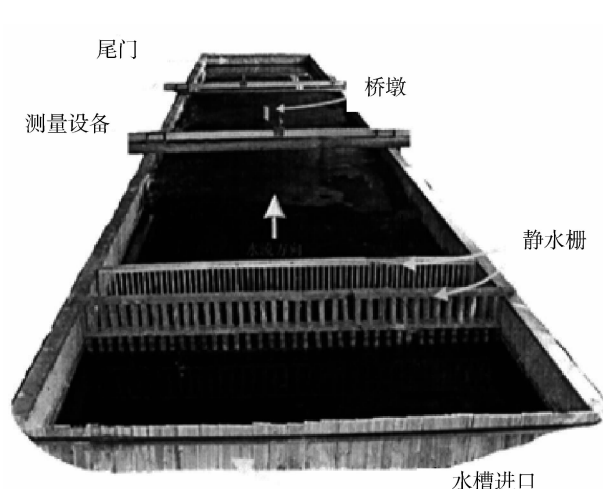


图1 试验水槽立体图

Fig. 1 Three-dimensional shape of experimental water channel

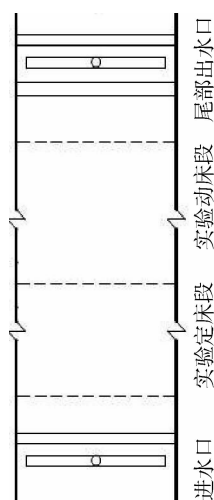


图2 试验水槽平面布置示意图

Fig. 2 Plane layout of experimental water channel

的 Data Conversion 命令,转化得到 200 个流速值组成的流速系列,即:

$$\begin{aligned} u(i) &= u(t_i), v(i) = v(t_i) \\ w(i) &= w(t_i), i = 1, 2, \dots, 200 \\ \text{取 } \bar{u} &= \frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} u(i), \bar{v} = \frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} v(i) \\ \bar{w} &= \frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} w(i) \end{aligned}$$

其中:  $u(i)$ ,  $v(i)$  和  $w(i)$  分别为纵向(沿  $y$  轴正向为正)、横向(沿  $x$  轴的正向为负)和垂向(向上为正)的瞬时流速;  $\bar{u}$ ,  $\bar{v}$  和  $\bar{w}$  分别为纵向、横向和垂向的时均流速。

## 2 试验方案

试验选定了两个对本试验影响最大的要素,即水槽中水流流速和桥位及桥墩模型布置形式作为控制要素。

**模型试验水流流速确定:** 根据模型模拟理论,对水流及泥沙采取重力相似条件,在满足为避免模型水流表面张力对试验结果的影响,模型中最小的试验水深不得小于 1.5 cm,一般水深应大于 3 cm,表面流速应大于 23 cm/s 条件下,流速选取大于、等于、小于泥沙起动流速,选取上游水流平稳的过水断面 0.0 作为控制断面,根据计算上游控制断面控制水深  $h = 14.62$  cm,由此选取流量分别为  $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$  和  $0.08 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

**桥位及桥墩模型的确定:** 对桥位模型采用与实际高速公路桥梁相似比尺进行设计,即:单墩桥墩模型制作考虑水槽压缩比应与天然河流建桥断面压缩比相近。某河道宽 30 m,河中独柱桥墩直径为 2 m,即压缩比为  $1/15$ ,而试验中水槽宽度为 1.5 m,圆柱桥墩直径为 10 cm,则压缩比为  $10/150 = 1/15$ ,与天然河流建桥断面的压缩比相同。

**试验测试:** 在圆柱桥墩上下游共设置 13 个测流断面,各断面顺着水流方向间距均为 5 cm,以 1 断面和桥墩中纵轴线的交点为原点建立平面坐标系,  $x$  轴垂直水流方向(沿断面方向),  $y$  轴沿水流方向,如图 4 示;在  $y$  轴两侧,各个测流断面上以 5 cm 为间距,垂直于水流方向均匀设置若干测点,测定各点

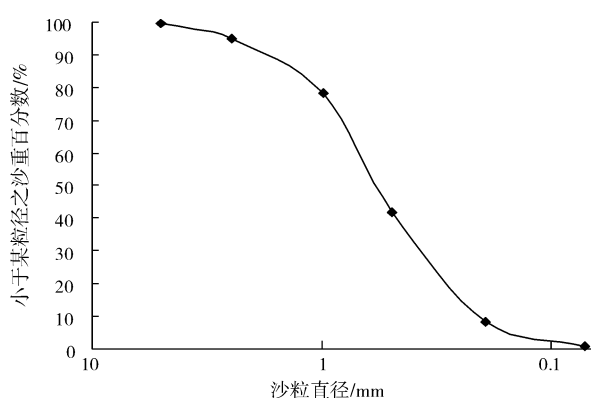


图3 试验沙颗粒级配曲线

Fig. 3 Grading curve of experimental sand particle

流速. 圆柱绕流试验采用3组不同流量下的放水试验, 利用超声波流速仪测量圆柱周围各测点的流速, 得出圆柱桥墩绕流纵向、横向和垂向的三维时均流速分布.

### 3 单圆柱墩绕流流速特性试验分析

#### 3.1 单圆柱墩绕流平面二维流场的观测与分析

圆柱绕流的主要特点是水流流经桥墩时, 一部分受阻挡的水流在桥墩处产生一定的挤压, 出现壅水现象, 另一部分则折向桥墩两侧, 桥墩两侧流速急剧增大, 在桥墩两侧产生挤压绕流, 这部分水流运动主要影响桥墩的局部冲刷. 试验中的圆柱绕流流态如图5所示.

试验过程中, 随着断面平均流速增大, 圆柱挤压绕流, 边界层将发生分离, 形成相互反向旋转的2个对称漩涡, 漩涡趋于拉长, 然后开始波动, 接着开始脱离圆柱. 漩涡的脱落是交替发生的, 先从圆柱的一侧而后再从另一侧, 脱落的漩涡随即被主流冲走. 流速继续增大, 漩涡从圆柱两侧连续交替脱落, 并在尾流中形成两排漩涡, 即为冯·卡门涡街. 本试验圆柱绕流的流谱变化如图6所示.

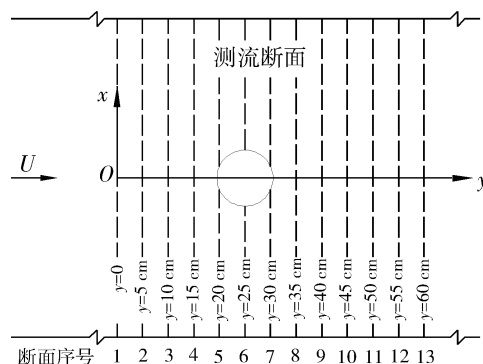


图4 单墩测流断面平面布置

Fig. 4 Plane layout of single pier flow-test section

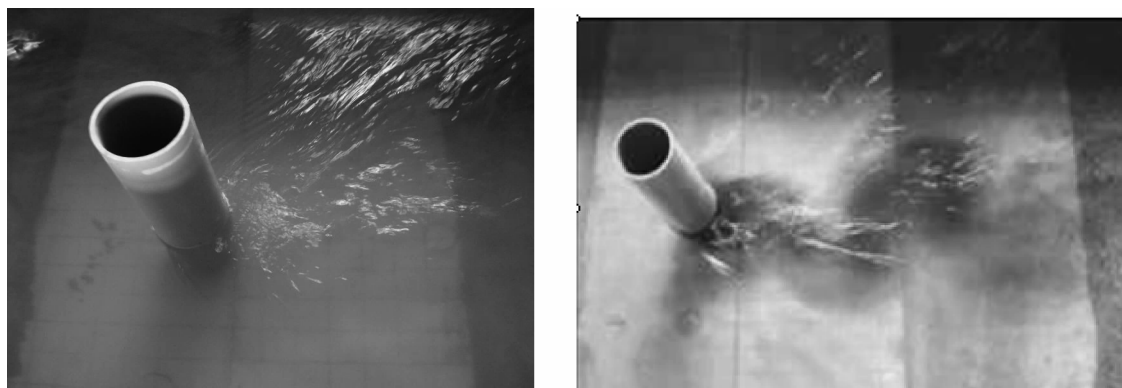


图5 试验中的圆柱绕流流态

Fig. 5 Vertex flow state around single-cylinder pier in experiment

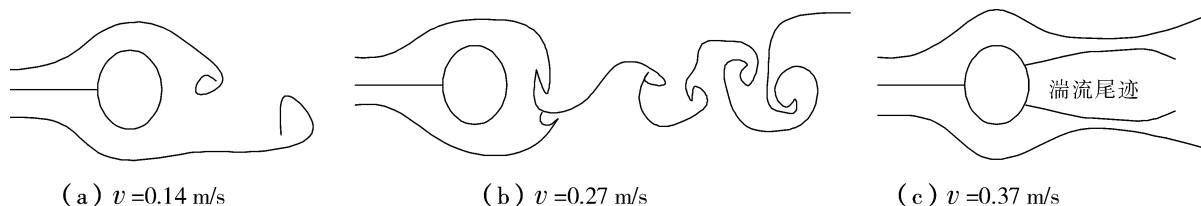


图6 不同来流断面平均流速下圆柱绕流流谱示意图

Fig. 6 Sketch map of vertex flow pattern around single-cylinder pier at various mean velocity

在不同流量下纵向时均流速  $\bar{u}$  和横向时均流速  $\bar{v}$  矢量合成后得到的圆柱周围的平面二维流速场, 如图7所示. 该流场中流速是所测时均流速的定量描述, 其大小和方向均为试验实测资料, 测流断面平面布置如前图4所示.

(1) 当流量  $Q=0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ , 来流断面平均流速  $v=0.14 \text{ m/s}$  时, 墩前流场中的流速在  $0.12 \sim 0.14 \text{ m/s}$  之间, 流态比较平顺. 墩后流速在  $0.14 \sim 0.16 \text{ m/s}$  之间, 水流扰动不大. 随着  $v$  的增大, 各点流速明显增大, 且墩后水流扰动更加剧烈. 当来流断面平均流速  $v=0.37 \text{ m/s}$  时, 平面流场中流速范围增大为  $0.32 \sim 0.44 \text{ m/s}$ .

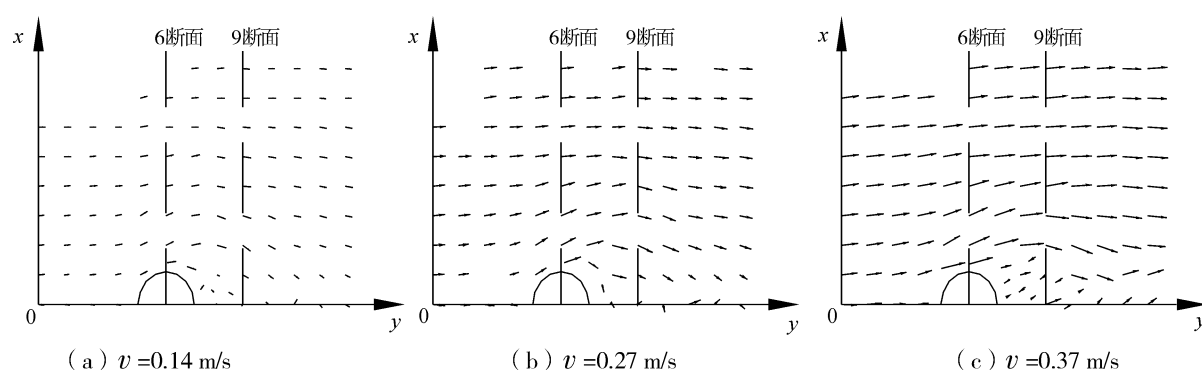
图7 不同来流断面平均流速( $v$ )下圆柱绕流单侧时均流速矢量场分布图

Fig. 7 Flow velocity distribution of vertex flow around single-cylinder pier at various mean velocity

(2)同一流速  $v$  情况下,水流在墩前壅水处流速减小,桥墩两侧流速急剧变大,墩后流速较小,流向不规则,并伴有漩涡出现.距离桥墩越远,水流流态越平顺.

### 3.2 单圆柱墩绕流横向时均流速的变化

图7流场中的流速是横向时均流速  $\bar{v}$  与纵向时均流速  $\bar{u}$  矢量的合成,平面二维流场中流速的偏移方向直接受横向流速大小的影响.在不同流速  $v$  下为了分析  $\bar{v}$  在圆柱周围各测点处的变化规律,选定圆柱上下游4个断面作为反映  $\bar{v}$  变化的典型断面.不同来流流速  $v$  下墩前4、6断面圆柱墩绕流单侧横向时均流速分布如表1所示,断面不同来流流速  $v$  下墩后8、9断面圆柱墩绕流单侧横向时均流速分布如表3(定义  $m$  表示横向测点距  $y$  轴的距离  $x$  与圆柱半径  $r$  的比值,即测点与桥墩纵轴线间相对距离  $m=x/r$ )所示.

表1 不同来流流速  $v$  下墩前4、6断面圆柱墩绕流单侧横向时均流速  $\bar{v}$  分布

Tab. 1 Unilateral transversal velocity of section 4 and 6 around single-cylinder pier at various incoming mean velocity

断面	平均流速 $v/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	各相对距离 $m$ 处的横向流速 $\bar{v}/\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$									
		0	0.91	1.82	2.73	3.64	4.55	5.45	6.36	7.27	8.18
4 断面 ( $y=15 \text{ cm}$ )	0.14	-0.58	-2.15	2.80	2.45	1.73	1.44	1.22	1.46	—	—
	0.27	-1.75	-4.37	4.48	4.60	3.32	2.68	2.14	2.04	—	—
	0.37	-1.94	-5.98	-5.49	4.86	3.17	2.06	1.98	1.69	—	—
6 断面 ( $y=25 \text{ cm}$ )	0.14	—	—	-3.00	-1.66	-1.20	-1.21	-0.83	-0.94	-0.84	-0.82
	0.27	—	—	-6.34	-4.81	-2.64	-2.16	-1.80	-1.59	-1.39	-1.34
	0.37	—	—	-8.50	-6.50	-3.72	-2.75	-2.23	-1.96	-1.78	-1.58

由表1可见:

(1)同一断面平均流速  $v$  下,自桥墩纵轴线( $m=0$ )开始,  $\bar{v}$  先增大而后减小,最大值一般在相对距离  $m=1.82$  附近,在  $m>6.36$  时  $\bar{v}$  值趋向稳定,圆柱绕流对横向水流的影响减弱.

(2)结合图8可以看出,  $\bar{v}$  为正值表示流场中流速的方向偏向桥墩,负值表示方向偏离桥墩.在4断面,墩轴线附近  $\bar{v}$  的流向主要为负,  $m>1.82$  范围内流向主要为正,说明墩前水流方向在墩轴线附近偏向桥墩,以补偿桥墩后被遮流后空白负压区,外侧偏离桥墩是桥墩阻水挤压水流使其在获得惯性力基础上绕流通过桥墩局部影响区域.在6断面,所测测点范围内水流方向在不同流速  $v$  下均偏离桥墩.可见水流从4断面流向6断面时,圆柱绕流开始发生.

(3)在桥墩轴线横向断面6处,  $m<1.82$  范围,偏离桥墩水流方向的轴线的速度由小逐渐增大;  $m>1.82$  范围,偏离桥墩水流方向的轴线的速度由大逐渐减弱.流量增大,来流速度增大,在墩前4断面,横向的流速  $\bar{v}$  正值即偏离桥墩水流方向的轴线,变为负值即向桥墩沿水流方向的轴线靠近;在墩后6断面,横向的流速随流量增大(即:控制水深不变,来流速度增大)而增大.

由表2可以看出:

(1)横向时均流速  $\bar{v}$  随断面平均流速  $v$  的增大而增大,  $v$  越大,  $\bar{v}$  的变化越大,横向绕流越明显.

表 2 不同来流流速  $v$  下墩后 8,9 断面圆柱单侧横向时均流速  $\bar{v}$  分布

Tab. 2 Unilateral transversal velocity of Sections 8 and 9 around single-cylinder pier at various incoming mean velocity									
断面	平均流速 $v/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	各相对距离 $m$ 处的横向流速 $\bar{v}/\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$							
		0.91	1.82	2.73	3.64	4.55	5.45	6.36	7.27
8 断面 ( $y=35\text{ cm}$ )	0.14	1.98	1.71	0.99	1.10	1.01	1.26	0.80	-1.22
	0.27	4.76	2.21	2.44	2.26	-1.79	-1.56	-1.50	-1.22
	0.37	5.21	2.47	-4.92	-3.72	-3.45	-2.85	-2.30	-2.54
9 断面 ( $y=40\text{ cm}$ )	0.14	5.45	1.91	1.25	1.26	1.41	0.91	0.99	1.3
	0.27	6.32	2	1.84	1.99	2.47	-1.73	-1.73	-1.34
	0.37	11.3	7.91	2.77	-2.57	-2.11	-2.47	-2.61	-3.15

(2)当断面不同来流流速  $v=0.14\text{ m/s}$  时,从 8 断面向 9 断面的过渡过程中,流场中方向偏向桥墩的流速范围逐渐扩大,即绕流宽度逐渐扩大,在 9 断面产生最大的绕流宽度,此时绕流宽度大于  $7.27r$ ,  $r$  为圆柱桥墩半径.随着流速的增大,绕流宽度逐渐减小,当  $v=0.37\text{ m/s}$  时,9 断面绕流宽度约为  $3r$ .

3.3 单圆柱墩绕流垂向流速的变化

在二维流场分析的基础上,进一步分析典型断面垂向时均流速  $\bar{w}$  的变化.图 8 给出 8 断面( $y=35\text{ cm}$ )和 13 断面( $y=60\text{ cm}$ )的垂向时均流速分布.

由图 8(定义  $m$  表示垂向测点距  $y$  轴的距离  $x$  与圆柱半径  $r$  的比值,即测点与桥墩纵轴线间相对距离  $m=x/r$ )所示可见:

(1)在不同来流断面平均流速  $v$  下,垂向  $\bar{w}$  均出现先增大后减小的趋势,且在  $m=0.91$  附近,即近似在桥墩直径遮掩的边界出现最大的垂向波动流速,横向在  $m>3$  逐渐趋于平稳.由 8 断面到 13 断面,圆柱轴线附近的垂向流速逐渐变大.

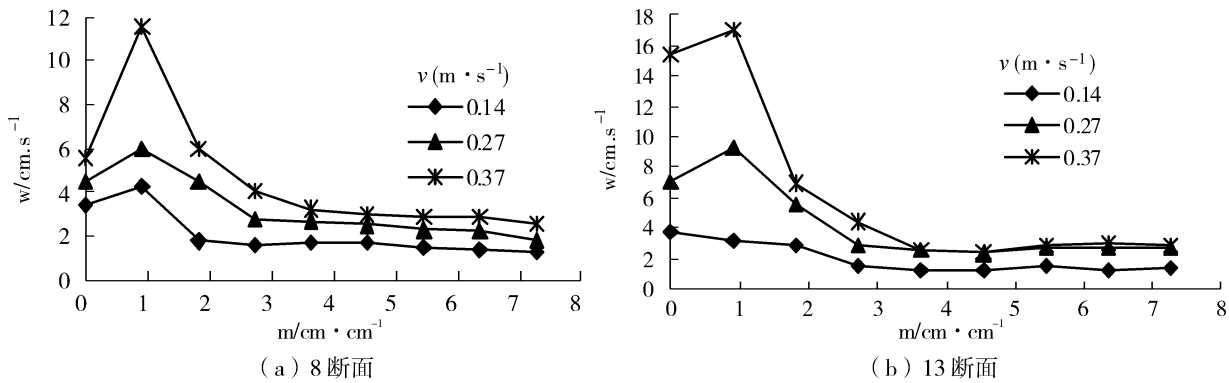


图 8 不同来流流速  $v$  下圆柱单侧垂向时均流速  $\bar{w}$  分布  
Fig. 8 Unilateral vertical velocity around single-cylinder pier at various incoming mean velocity

(2)当来流断面平均流速  $v=0.14\text{ m/s}$  时,13 断面垂向流速数值较 8 断面减小,且无明显波动,即:圆柱对绕流影响减弱;随着  $v$  值的增大,13 断面垂向时均流速  $\bar{w}$  数值及波动范围均比 8 断面大,即河道流速越大,绕流流程相对越长,与平面流场所得结论相同.

3.4 单圆柱墩绕流后紊动强度变化特征

圆柱下游  $x=0$  的对称面,平面流向和垂向紊动强度随着冲刷坑的发展有明显的强弱变化.冲刷前,平面流向紊动强度随着远离圆柱逐渐增大,在墩后端流过渡区达到最大值,之后又逐渐减小,趋于恢复,垂向紊动强度及其变化规律与平面流向类似.随着冲刷坑的逐渐发展,两侧的冲刷坑在圆柱后端汇合后,冲刷坑内平面流向紊动强度变化不大,而垂向紊动强度增强,其值高于水平分量.两者都在冲刷坑边缘附近达到最大值,在冲刷坑下游紊动强度逐渐减弱,并随着远离冲刷坑紊动强度沿垂向的变化逐渐减小.

### 3.5 单圆柱墩局部冲刷深度随时间的变化

单圆柱桥墩在不同流量条件下动床冲刷深度随时间变化关系试验曲线如图9所示. 由图可见, 圆柱桥墩冲刷在不同流量条件下, 均是先快后慢. 在开始冲刷不足20 min时, 冲刷深度已基本达到最大值, 其后基本达到冲淤平衡, 冲刷趋势减缓, 虽有小幅波动, 但总体冲深没有大的变化. 在流量 $Q=0.08\text{ m}^3/\text{s}$ 时, 在开始冲刷20 min时冲深达到10.12 cm, 以后冲刷基本达到平衡, 直至试验结束, 历时150 min, 冲深仅增加了1.685 cm. 流量 $Q=0.03\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $Q=0.06\text{ m}^3/\text{s}$ 过程类似, 仅由于流量不同, 冲深最大值不同, 其最大值分别为5.52 cm和6.16 cm. 由此可见, 圆柱桥墩冲刷在开始的短时间内就基本完成, 达到最大, 其后即达到冲淤平衡, 冲刷深度不再发生大的变化.

## 4 结 语

本文通过对圆柱墩绕流进行试验研究, 得出圆柱墩周围三维水流变化规律:

(1) 随着断面平均流速增大, 圆柱墩挤压绕流, 边界层将发生分离, 形成相互反向旋转的2个对称漩涡, 漩涡趋于拉长, 然后开始波动, 接着开始脱离圆柱. 漩涡的脱落是交替发生的, 先从圆柱的一侧而后再从另一侧, 脱落的漩涡随即被主流冲走. 墩前水流方向在墩轴线附近偏向桥墩, 以补偿墩柱后被遮流后空白负压区, 外侧偏离桥墩是桥墩阻水挤压水流使其在获得惯性力基础上绕流通过桥墩局部影响区域.

(2) 随着来流的增大, 圆柱周围各点流速明显增大, 圆柱后水流扰动更加剧烈, 横向绕流更加明显, 但绕流宽度逐渐减小.

(3) 相同来流流速下, 水流在墩前壅水处流速减小, 桥墩两侧流速急剧变大, 墩后流速较小, 流向不规则, 并伴有漩涡出现. 距离桥墩越远, 水流流态越平顺.

(4) 一定的来流流速下, 自圆柱处开始, 横向水流流速先增大而后减小, 在距轴线1.82倍柱径附近流速最大, 在距轴线6.36倍柱径后流速趋向稳定; 垂向流速也是先增大后减小的趋势, 在桥墩直径遮掩的边界出现最大的垂向波动流速.

(5) 无论平面还是垂向, 河道流速越大, 绕流流程相对越长.

(6) 平面、垂向紊动强度及其变化规律类似, 冲刷前, 紊动强度随着远离圆柱逐渐增大, 在墩后湍流过渡区达到最大值, 之后又逐渐减小, 趋于恢复. 区别在于: 随着冲刷坑的逐渐发展, 两侧的冲刷坑在圆柱后端汇合后, 冲刷坑内平面流向紊动强度变化不大, 而垂向紊动强度增强, 其值高于水平分量. 两者都在冲刷坑边缘附近达到最大值, 在冲刷坑下游紊动强度逐渐减弱, 并随着远离冲刷坑紊动强度沿垂向的变化逐渐减小.

(7) 圆柱桥墩冲刷在开始的短时间(试验中不足20 min时), 冲刷深度已基本达到最大值)内就基本完成, 达到最大, 其后即达到冲淤平衡, 冲刷深度不再发生大的变化.

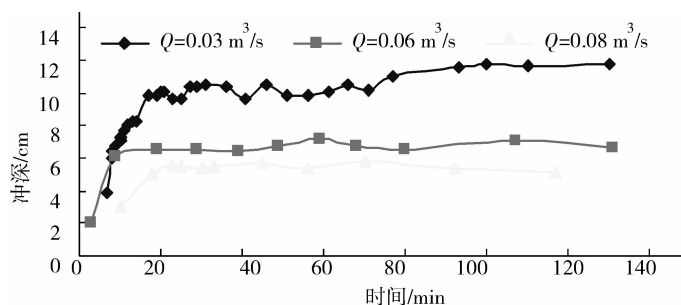


图9 单圆柱桥墩不同流量时桥墩局部冲刷深度随时间变化关系

Fig. 9 Variation of single-cylinder pier scouring depth with time at various flow

## 参考文献 References

- [1] 米居正. 库区下游桥梁基础冲刷与防护[J]. 中国公路学报, 1993(2): 35-37.  
MI Ju-zheng. Scouring and protection of bridge foundation in the downstream reservoir area [J]. China Journal of Highway and Transport, 1993(2): 35-37.
- [2] 李 玲, 李玉梁, 祁学春, 等. 浅水层圆柱绕流流动模式的试验研究[J]. 自然科学进展, 2000, 10(6): 554-555.  
LI ling, LI Yu-liang, QI Xue-chun, et al. Experimental study of cylinder turbulent flow patterns in a shallow water

- layer [J]. Progress in Natural Science, 2000, 10(6): 554-555.
- [3] 王兴奎,邵学军. 河流动力学基础[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.  
WANG Xing-kui, SHAO Xue-jun. The basis of river dynamics[M]. Beijing: China WaterPower Press,2002.
- [4] 季日臣,刘志强,张多平. 山区斜交桥渡水流特性的分析[J]. 甘肃科学学报,1999,11(4):31-34.  
JI Ri-chen, LIU Zhi-qiang, ZHANG Duo-ping. On characteristics of skew bridge hydraulics[J]. Journal of Gansu Sciences, 1999,11(4):31-34.
- [5] 季日臣,何文社,房振叶. 斜交桥壅水试验研究与理论探讨[J]. 水科学进展,2007,18(4):504-508.  
JI Ri-chen, HE Wen-she, FANG Zhen-ye. Experimental and theoretical study of skew bridge backwater[J]. Advances in Water Science, 2007,18(4):504-508.
- [6] 拾兵,贺如泓,于浩方. 斜交桥渡的壅水及设计计算[J]. 水科学进展,2001,12(2):202-205.  
SHI Bing, HE Ru-hong, YU Hao-fang. Calculations of Backwater and Aperture on Skew Bridge Crossing[J]. Advances in Water Science, 2001,12(2):202-205.
- [7] 李付军,张佰战,林桂宾. 斜交桥下水流流向偏转角度的理论分析[J]. 水科学进展,2005, 16(5):634-637.  
LI Fu-jun, ZHANG Bai-zhan, LIN Gui-bin. Theoretical analysis of the deflection degree of the flow direction under bevel bridge[J]. Advances in Water Science, 2005,16(5):634-637.
- [8] 凌建明,林小平,赵鸿铎. 圆柱形桥墩附近三维流场及河床局部冲刷分析 [J]. 同济大学学报,2007(5): 582-586.  
LING Jian-ming, LIN Xiao-ping, ZHAO Hong-duo. Analysis of Three-Dimensional Flow Field and Local Scour of Riverbed Around Cylindrical Pier[J]. Journal of Tongji University, 2007(5): 582-586.

## Single-cylindrical pier experimental study on vertex flow field

YAN Jian-ke<sup>1,2</sup>, JIAO Chen<sup>2</sup>, LONG Tao<sup>2</sup>, YANG Jiu-cheng<sup>2</sup>, SHEN Bo<sup>1</sup>

(1. Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2. Chinese First Institute Limited Corporation of Highway Survey & Design, Xi'an 710075, China)

**Abstract:** By observation of vertex phenomenon around single-cylinder pier, combined with the observation of flow pattern, the determination of water level, flow velocity, etc., the paper studies the three-dimensional flow pattern around single cylindrical piers and hydrodynamic characteristics of single cylindrical pier. The results show: With the flow increases, the flow velocity around the cylinder significantly increases, vertex flow behind the cylinder is more intense, transverse vertex flow shows more obvious, but the width of the vertex flow around gradually decreases. Under the same flow velocity, the flow velocity decreases in front of the cylinder, and dramatically increases on both sides of the cylinder, and decreases behind the cylinder, as flow's direction is irregular, accompanied by a whirlpool appearance. The farther the distance from the pier, the more smooth the flow pattern. Since the flow meets the cylinder under a certain flow velocity, the horizontal flow velocity firstly increases and then decreases. The trend of vertical velocity is the same as the horizontal flow velocity. The longer the process of the vertex flow, the faster the velocity of the flow is.

**Key words:** *single-cylinder; pier; vertex flow; hydrodynamic characteristic*