



基于TCT的渡运交叉水域安全研究

武汉理工大学



1.渡运水域研究背景

- **交通事故**与严重冲突之间存在着紧密的关联性
- **渡运交叉水域**是指渡船航路之间或渡船航路与其他船舶航路交叉的水域。交叉水域是通航环境最为错综复杂的水域之一，这是由于其作为航路网络的结点，导致交通安全隐患严重。

渡船航行多过江、跨海，常与主航道形成交叉态势，进而导致交叉水域内船舶交通流复杂，海损事故发生概率大，存在着巨大的安全隐患。



1.渡运水域研究背景

- 以对事故的统计为基础的安全评价方法包括了**绝对数法和相对数法**。绝对统计法通常包括事故的总件数、碰撞事故数、死亡人数、受伤人数和造成的直接经济损失五项指标；**相对数法**包括安全指标包括人口事故率、死亡数、运行事故率等作为评价指标。无法将同一水域不同时期或同一时期不同水域的安全状况进行比较，尤其是对小区域地点的交通安全评价的有效度和可信度不尽人意。以非事故统计为基础的评价方法主要是基于**交通冲突技术**的评价法。

1.渡运水域研究背景

- **交通冲突技术**是一种基于非事故统计的间接安全评价法，**广泛应用于道路和航空领域**。它不直接以已发生事故的数据作为评价基础，而是通过对行驶船舶与交通事故发生有直接影响的潜在交通冲突为安全评价依据，通过对船舶间驾驶行为特性进行研究，基于对冲突角度、冲突距离等因素进行界定，来作为冲突发生的依据，并通过对冲突有效性的研究，来对研究水域的安全等级做出评价。

2.交通冲突概述

2.1 交通冲突技术

- **交通冲突** (Traffic Conflict, TC) 实质是交通事故潜在的事故因素。
- **交通冲突技术** (Traffic Conflict Technique, TCT) 是指根据安全评价或预测分析的需要, 确定某种标准对交通冲突的行为及其严重程度进行判别, 并据此作为判断依据的技术, 是主要应用于解决交通冲突问题的一种技术。

2.交通冲突概述

2.2水上交通冲突技术

- **水上交通冲突（VTC）**是指在可观测的时间和空间上，两艘或多艘船舶彼此接近到一定程度，若此时任意一方不改变其运动状态，包括变速、转向等，则将会发生碰撞的危险局面，称为水上交通冲突。

2.交通冲突概述

2.3常用冲突指标

- (1) 冲突距离是指冲突双方从冲突发生时的位置距预计发生事故点的距离。
- (2) 冲突速度是指冲突双方在冲突发生时瞬间速度。
- (3) 冲突时间是指冲突发生瞬时至事故预计发生时的时间。
- (4) 冲突角度是指冲突发生时冲突双方路线的交汇夹角。
- (5) 冲突严重性是指冲突发生的可能性大小。

如何界定严重冲突是TCT研究的一个难点，也是以冲突为基础进行评价研究的关键问题之一。界定严重冲突与非严重冲突的标准繁多，一般而言全面考虑上述各项指标对冲突严重程度的界定是最为精准的。

2.交通冲突概述

2.4调查方法

- (1) 人员调查
- (2) 雷达信息采集
- (3) 海事CCTV录像调查
- (4) AIS信息采集

3.渡口水域的安全研究

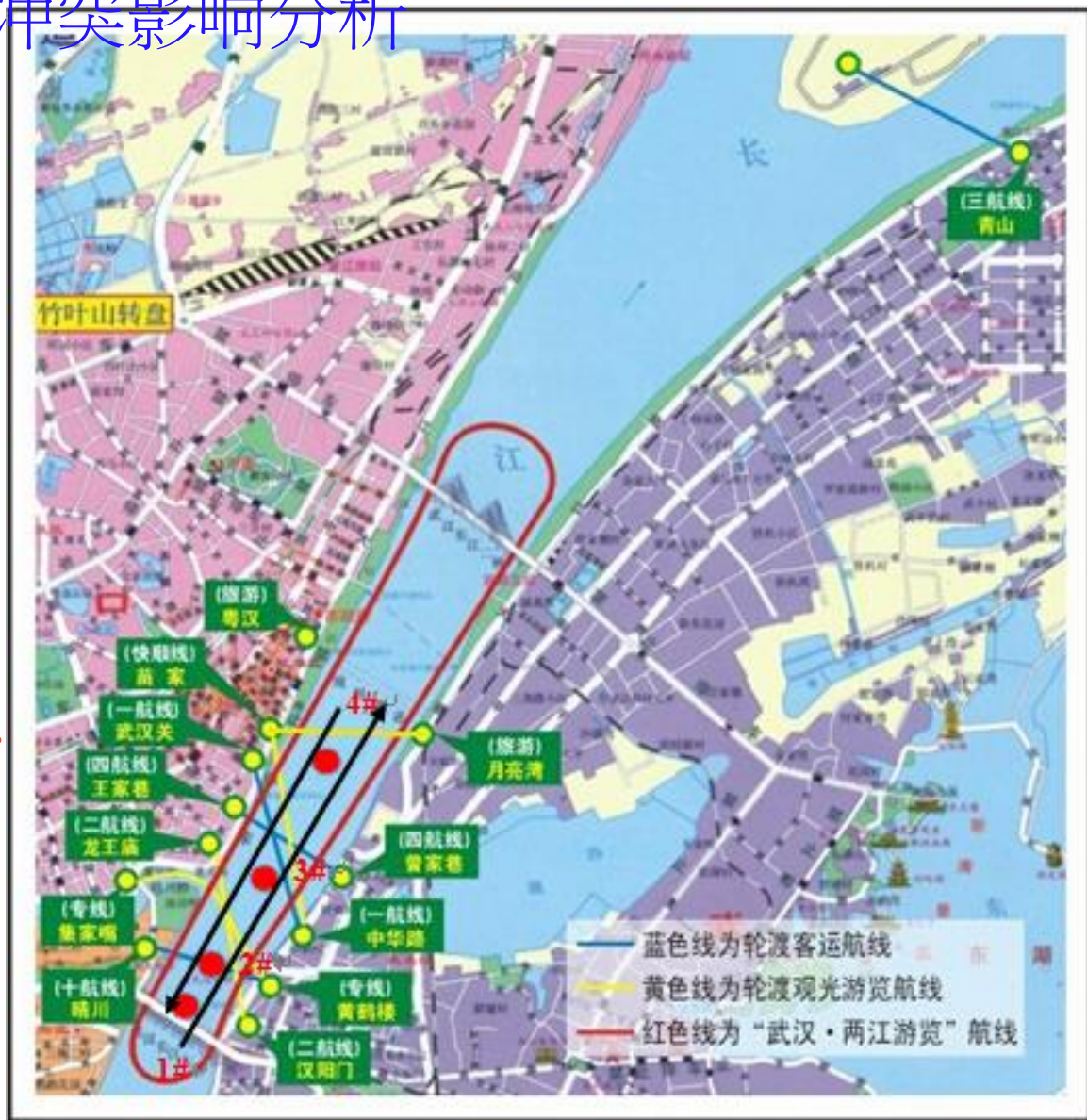
3.1评价指标选择

- 水上交通冲突的评价指标通常有下列2种：**冲突绝对数**和**冲突相对数**。
- 冲突绝对数是通过对比不同航路交叉点交通冲突发生的绝对数目，对各个研究对象交通安全状况的优劣进行排序；冲突相对数是采用一定的数学方法对评价指标进行计算分析，得到安全评价的结果，该方法在评价指标的处理上也较为全面。
- 我们选择评价指标不仅考虑绝对交通冲突数的因素，还要综合考虑交通流量对安全的影响，**确立以冲突绝对数和冲突相对数同时为评价水域安全的指标**。

3.渡口水域的安全研究

3.2 渡运交叉水域交通冲突影响分析

为研究交通冲突在水上安全评价中的应用，本文选取武汉地区长江大桥与长江二桥之间作为典型水域进行安全评价，范围包括长江与汉江交汇水域在内的轮渡密集航行水域，选取4个小水域作为比较的目标水域，分别为1#、2#、3#和4#水域。



3.渡口水域的安全研究



3.渡口水域的安全研究

(1) 水域环境概况

- 研究水域内渡船航路与主航路之间、渡船航路彼此之间都有交叉。此外，这一水域部分主航道位于桥区水域，航行船舶的操作受限，且汉江与长江在此水域内交汇，水流态势复杂，气象水文对航行安全也有巨大的影响，尤其是风况和雾在这一区域内常直接影响航行安全。
- 根据航道资料显示，汉口水道长8km，宽为1200m左右，汉口水道向下游逐渐放宽，河道较为顺直。由于汉江水流汇入，在汉江河口至长江南岸的断面历年形态较为稳定，北岸河床变化较为明显，而南岸相对稳定。
- 船舶各自靠右航行原则是该水域目前的交通原则，左岸一侧为上行船舶航路，右岸一侧为下行航路，上、下行船舶通航分道各为航标标示宽度的 $\frac{2}{5}$ 、 $\frac{3}{5}$ ，有关部门要求在该通航分道内的航行船舶应尽可能让开分隔线，顺应通航分道中的船舶总流向行驶。

3.渡口水域的安全研究

(2) 交通流的构成

- 根据AIS统计显示，研究水域内船舶交通流主要由主航道航行船舶与过江渡轮，该区域内2014年3月17日0800-1800主航道的船舶类型分布如下表所示：

船舶类型	总流量	客船	普通货船	危险品船	集装箱船	渔船	船队	公务船	工程船	其他船舶
流量(艘)	599	4	372	29	41	8	17	6	3	91

- 正常情况下，考虑来回渡运，渡船流量为每日南岸至北岸航行次数的两倍。

航线	日航行次数	流量
汉阳门到龙王庙	14	28
黄鹤楼到晴川	6	12
中华路到武汉关	39	78
曾家巷到王家巷	8	16
月亮湾到苗家	14	28
黄鹤楼到王家巷	11	22
汉阳门到集家嘴	36	72

3.渡口水域的安全研究

(3) 附近船舶习惯航法

- 上行船舶采取走经济航路的航法，沿长江右岸缓流上行，同时考虑汉江长江交汇水域的水文情况，上行走缓流船舶会与岸边保持一定的安全距离，特别是在洪水期，此水域水情复杂，此时上行船舶的安全距离要适当拉大，避免船舶受汉江较大流量的影响，使船舶发生倒头。上行航经汉江河口的船舶一般沿着长江水流与汉江水流产生的剪刀水上行驶过该水域。

3.渡口水域的安全研究



3.渡口水域的安全研究

(4) 冲突双方船速比

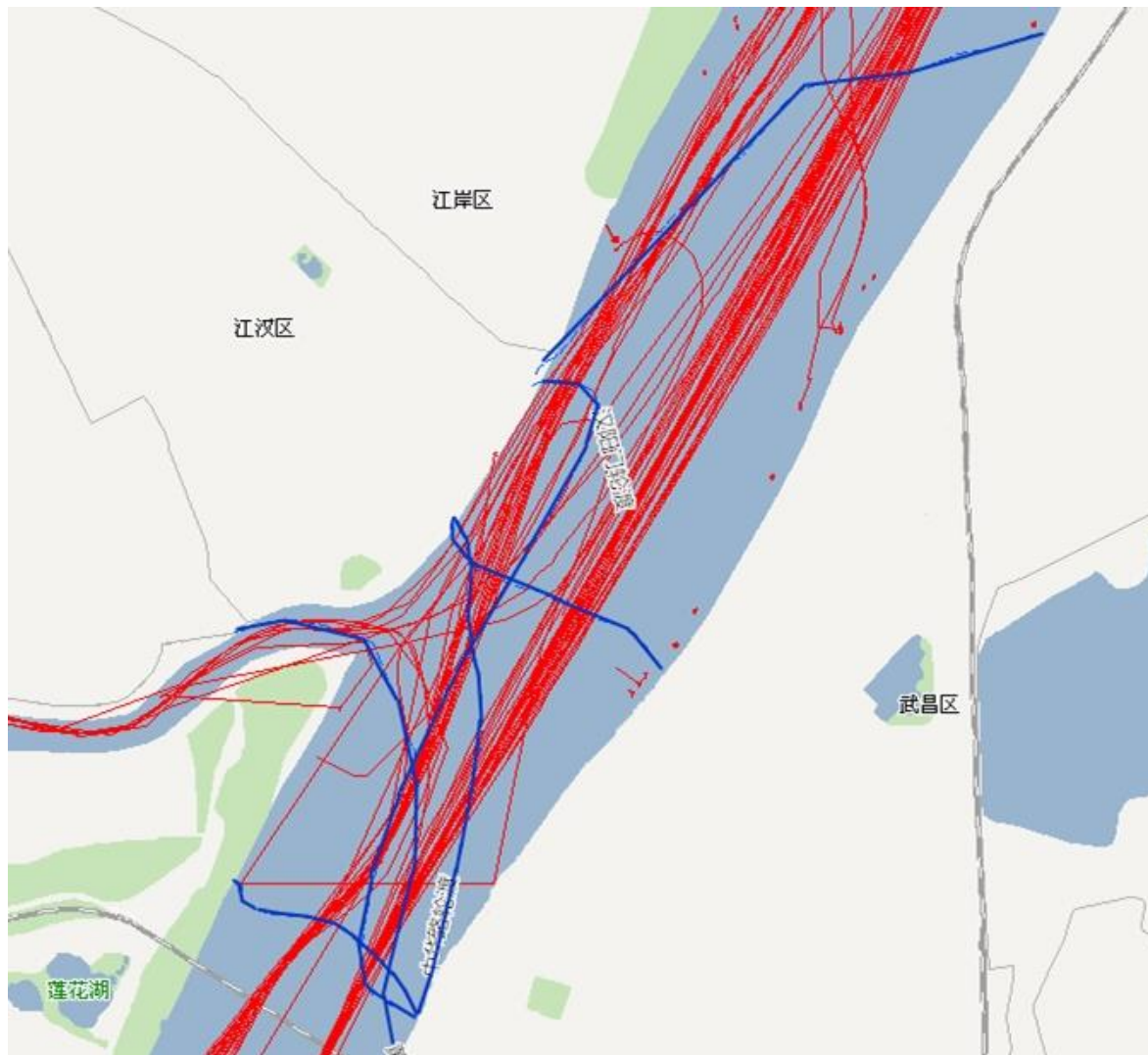
- 冲突双方的船速比是指发生冲突的两船间，较快船舶的船速与较慢船舶的船速之比。一般较快速船舶的避让能力优于较慢速度船舶，则可以推出若船速比越大，避免碰撞的难度和危险度就越小；相反，船速比越小，避免碰撞的难度和碰撞的危险度就越大。本文根据观测一小时内通过该水域主航道的船舶的航行状况，取这一小时内的船舶平均速度作为研究假定的主航道船舶的航行速度，每一条航线的渡船速度为航行时间除以其航行距离。

3.渡口水域的安全研究

(5) 冲突夹角

- 根据武汉轮渡公司网站公布，这一水域有8条渡运路线，其中有4条客渡线，分别为黄鹤楼—晴川阁客渡，中华路—武汉关客渡，曾家巷—王家巷客渡，月亮湾到苗家客渡；3条观光游览航线，分别为，汉阳门—龙王庙，黄鹤楼—集家嘴，中华路—苗家；1条“武汉·两江游览航线”，这些渡线均有固定班次表。近年来部分轮渡航线有所修改，如原来的汉阳门—王家巷航线改为黄鹤楼—王家巷，但交叉角度并变化并不大，调整的航线开收班时间和营运班点也没有变化。

3.渡口水域的安全研究



3.渡口水域的安全研究

- 本文中的冲突夹角即为航路间的交汇夹角，蓝色轨迹为轮渡航行航路，红色轨迹为主航道船舶和汉江航道航行船舶轨迹，各渡船航线之间、渡船航路与主航道航线之间多为大角度交叉相遇。各航路之间仍有发生追越或对遇的交汇态势，但该水域内实施了分道通航制度，主航道内船舶发生追越或对遇的态势概率较低，渡轮航行班次有其管理公司安排，发生追越或对遇的态势概率也是极低的。
- 综上所述，该渡口航行水域内的船舶交汇角度多为大角度的交叉相遇，结合本文对水上交通冲突的分类，认为该水域的交通冲突多为交叉冲突。

4.武汉轮渡航行水域安全的评价

4.1指标数据的采集

- 本章以2014年3月17日的武汉轮渡公司渡船航行航线与主航道航行船舶交汇水域作为研究对象，**利用AIS采集0700-1900的水上交通冲突数据**，我们将Min DCPA小于船舶安全会遇领域，且TCPA小于3min，如存在碰撞危险则认定为存在一次水上交通冲突，而TCPA小于1 min，如存在碰撞危险则认为存在为一次严重水上交通冲突。
- 参考所评价的水域船舶流量受时段影响情况，并对研究水域内船舶交通流量（Vessel Traffic Flow，VTF）和水上交通冲突数据进行连续采集统计，得到非严重冲突与严重冲突的相对冲突量VTC1/VTF及VTC2/VTF。这样针对某一特定渡船交汇水域而言，其交通安全状况和交通流运行情况基本上可以由VTC1、VTC2、VTF及其相互关系所反映。

4.武汉轮渡航行水域安全的评价

- 根据研究水域的调研和长期船舶流量观测情况，利用AIS对所选取的四个交叉水域（图4.1-2中）持续观测12h（0700-1900），获取如下数据：

研究对象（次）	1#	2#	3#	4#
非严重冲突 VTC1	115	283	322	91
严重冲突 VTC2	122	225	218	87
船舶流量 VTF	532	568	599	587

4.武汉轮渡航行水域安全的评价

4.2数据分析

计算出采集到数据的相对冲突量，即非严重冲突和严重冲突分别占各自断面流量的比重。

研究对象	1#	2#	3#	4#
VTC1/VTF	0.2162	0.4982	0.5376	0.1550
VTC2/VTF	0.2293	0.3961	0.3639	0.1482

可以看出，安全评价结果从差到优的顺序依次为：
2→3→1→4。

4.武汉轮渡航行水域安全的评价

- 根据实际调研资料，2#、3#水域汇集汉江上的船舶，流量相对较大，这在一定程度上增加了船员的心理压力，且2#、3#水域渡运繁忙，交汇频繁且该水域临近武昌岸有锚地，特别是3#水域位于河口交汇段，水流急乱，增加进出汉江河口船舶的航行、避让难度，这些情况都会使船舶之间可能形成紧迫局面，酿成险情或事故。1#水域属于桥区水域，主航道上船舶航行受到限制；而4#水域虽然流量大，但主航道可航水域最宽，碍航物最少，渡运量较小，冲突量也较小，航行安全度最高。
- 由此可见，利用交通冲突技术对研究水域的安全评价的结果与实际情况基本吻合，具有可行性。

5.结束语与展望

本文基于交通冲突技术，分析渡船航路交叉水域的交通现状，在当前的研究过程中也有许多不足之处，希望其他学者在未来的研究中完善对以下内容的研究：

- (1) **对水上冲突指标的界定不够完整**。水上交通冲突的界定以及冲突严重性的判定影响因子较多，单一地从安全距离和时间进行限定是具有片面性的，在今后的研究中还需进一步优化。
- (2) **数据采集时间段的选取存在多种方式；短时间的数据收集不能足以反映研究水域内长期通航状况**。今后将继续对冲突数据进行采集，再次分析，并补充有效性的验证。
- (3) **本文在船舶冲突模型中只选取了静态环境，并没有考虑船舶可能采取的避碰措施**。现实情况是，船舶驾驶员会根据危险状况采取相应措施，并且船舶在采取措施后相应航向、船速发生变化，冲突参数的大小也产生了变化，因此本文计算结果可能会与实际情况有所偏差。



谢谢聆听！

