

# 基于计算流体力学(CFD)水压力计算的数值模拟

李纪宇

河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098

**【摘要】**众所周知, 在日常生活中一定会发现这样一个问题, 那就是车子在雨后的马路上特别容易打滑, 这也是困扰许多司机的难题之一。其实这并不难解释, 主要涉及水力学理论以及水文力学理论。鉴于上面的例子可见“基于计算流体力学(CFD)水压力计算的数值模拟”这个课题的研究, 不单单是理论上的研究, 对我们的日常生活也有一定的实际意义。

**【关键词】**流体力学(CFD); 水压力; 数值模拟

## 0 引言

下过雨的马路上即使不会有很明显的积水问题, 道路表面也难免会覆盖一层薄薄的水膜, 那么车辆在这样状态的马路上行驶时, 在轮胎与积水接触时, 积水所承受的压力达到一定程度时就会给予轮胎一个上浮的作用力, 进而造成车辆打滑的现象。而且打滑的程度也取决于车辆行驶的速度, 随着车速的加快, 轮胎与地面的接触程度就会越低, 当速度快到一定程度时甚至能够使轮胎处于半悬空的状态, 这是相当危险的。

## 1 加强研究计算流体力学的意义

近几年随着人们经济条件的改善, 汽车的使用逐渐普及, 基本上家家户户都有属于自己的一辆私家车。而且人们对汽车的性能的要求也日渐提高, 当然对轮胎的性能的要求也进一步的提升。所以商家们为了抓住商机, 不断的研发出各个类别的轮胎, 在数量和型号等不同方面暂时满足了汽车行业的发展要求。经过上面对实际例子的分析, 我们可以得知在汽车行驶的过程中, 轮胎是与地面直接接触的最有效的部分。所以车辆的可控程度以及车辆在行使过程的安全系数都最终取决于轮胎的质量。除此之外, 轮胎也具有承担整个车子重量, 传递驱动以及制动力矩的功能。总之, 轮胎的各个方面的状态最终决定了车辆在行驶过程中的安全系数。在阴雨天气下, 在行驶的过程中不注意车速以及轮胎的检查, 就容易出现交通事故。这样的现实例子实属屡见不鲜。同时也是“计算流体力学(CFD)”理论研究的意义所在。

## 2 国内外的研究现状

### 2.1 国内的研究现状

目前国内对该理论的研究进展主要是在汽车轮

胎在干的路面的各种性能的分析, 像是偏侧特性以及刚度特性。而且在这方面收获了许多优秀的成果, 但是对于湿性路面的研究设计的就相对少一些。下面主要介绍三种研究课题。

首先是季天剑和所在团队的研究人员将能量守恒定律作为研究的基础原理, 充分的利用“计算流体力学”理论, 进行一系列的计算, 并将通过实践将一些容易忽视的客观存在的因素加入其中, 得出“路面上一定程度的积水会降低汽车在行驶过程中对路面的附着程度”的结论, 进而得出行车速度和水膜厚度与附着系数的关系式。最终将所研究的理论总结为, 对于附着系数, 在车速较低的情况水膜的厚度是最主要的影响因素; 车速较高的情况, 则速度则是最主要的因素。

其次是孔江生团队, 他们是将实验公式作为理论研究的支撑。将动量方程, 触地区压力大小以及路面上水流的速度作为实验变量, 经过数以千次的实地研究最终推导出“临界平衡压力值”, 也可以说是在路面存在积水的情况下汽车在行驶过程中的临界车速。而且也得出了轮胎抗击水压的能力与水深, 轮胎内部的气压, 轮胎的宽度和汽车行驶的速度都有一定的作用关系, 并根据这种作用关系提出了相应的解决方案。

最后就是以朱永刚以及刘小君为主的研究团队, 他们主要是以流体动力润滑作为理论基础, 讨论轮胎滑水问题, 并进行有关的数学建模。除此之外还利用相关数学理论研究胎面单元对轮胎滑水有什么影响。最终得出了轮胎胎面的滑水的牵引性能与汽车行驶的速度是呈反比例的, 如果将路面的粗糙程度也考虑在内的话, 轮胎的厚度也可以作为影响因素之一, 而且出现轮胎滑水的几率与行驶路面的粗糙程度成正比。

以上是目前国内“计算流体力学”研究领域几个比较重要的研究成果。

## 2.2 流体力学的研究现状

国外对“计算流体力学”理论的研究进展要比国内更先进一点,而所采取的研究方法主要以下面两种研究方法为准,一种是实验解析法,一种是有限元模拟法。而且这两种方法之间并不是完全独立的,而是在内容方面是相互补充的。而且以上两种实验方法都要通过一定的实践操作才能得到有效的检验。

在进行实地操作检验时,也要有很多的注意事项,比如说测试设备比较昂贵,实验的硬件要求也挺高。基于上述的一些因素最终导致国内在这方面的研究暂时搁浅,将主要研究方向集中于轮胎与干路面之间的相互作用。国外在这方面的发​​展要领先于国内。主要是因为国外经济发展较国内早,对汽车的普及应用时间也比国内早,所以该问题暴露的时间也早于国内,再加上国外在这方面的实验研究设备也比较领先,可以有针对性的进行各种实验操作。而且随着计算机互联网领域的发展轮胎滑水问题的数值研究更加精确。

## 3 “计算流体动力学”的特点以及数值模拟研究策略

该理论的特点可以概括为两个方面,一个是适用性比较强,另一个是应用范围比较广。因为在进行有关研究的过程中变量非常的多,而且在进行几何形状以及边界条件的计算过程中,很难一次性计算出结果,所以“计算流体动力学”理论就显得十分重要,它可以直接得到满足工程需要的数值解。当然还可以借助计算机等工具,进行各种复杂的数值实验,像是可以选择不同的参数变量进行物理方程中出现的敏感性实验以及有效性实验最后在做进一

步的对比分析。而且该理论的优势之一就是可以在很大程度上摆脱物理模型以及实验模型的限制,可以省下很大一笔实验资金,灵活性比较强。只要能够提供相对比较精确的资料就可以做到在模拟条件下使得一些在正常情况下难以实现的条件都无限接近理想值。

但是“计算机流体力学”还是有一定的限制的,这种数值解法可以归纳为一种离散近似的计算方法,对物理学,数学以及计算机等学科和工具的依赖性极强,所以最终结果很难以表达式的形式展现出来,而且可能在计算过程中出现一些误差导致最终的结果不是很精确。而且它并不像其他的物理模型性质的实验一样,在实验的初期就可以给出定性的描述,往往需要借助原观测和物理模型实验才能得到一些必要的参数,进而对实验结果进行验证。除此之外在进行相关资料的收集过程,很大程度的过分依赖经验和技巧了。

当然上面所描述的该理论的局限性是可以随着科技水平的不断提升得到有效的解决的。

## 4 结语

基于“计算流体动力学”理论,想要告诫广大的车主朋友们,轮胎是车辆所有部件中在正常行驶过程中与地面进行直接接触的最有效部位,所以轮胎是控制行驶中的车辆以及保证驾驶员安全驾驶的最终的机械部件。所以大家在选择车辆的时候,除了要注意车子的性能以外,也要确保轮胎的品质并注意轮胎要定期进行维修和保养,在路面湿滑的情况下尽量保证减速慢行。我国目前的“算流体力学(CFD)水压力计算的数值模拟”方面的研究虽然已经取得了很大的进展但是还是需要进一步深究才能够使汽车在行驶中的隐患得到有效的解决。

## 【参考文献】

- [1]李兵;李子然;夏源明;;扁平化对子午线轮胎力学性能影响的有限元分析[A];复合材料——基础、创新、高效:第十四届全国复合材料学术会议论文集(下)[C];2006年
- [2]吴东平;涂万堂;何冬梅;;高速公路上车辆爆胎事故的流体力学分析及对策[A];中国公路学会高速公路运营管理分会 2011 年度年会暨第十八次全国高速公路运营管理工作研讨会论文集[C];2011年
- [3]朱冬;杨庆俊;包钢;;基于 FLUENT 的气缸充放气二维非定常流场研究[A];中国机械工程学会流体传动与控制分会第六届全国流体传动与控制学术会议论文集[C];2010年
- [4]盛磊祥;许亮斌;蒋世全;鲁桂荣;;基于 Fluent 的海管内停输管内原油温度变化过程分析[A];2009 年度海洋工程学术会议论文集(上册)[C];2009年
- [5]李志强;刘炳江;周阳;黄浩云;;利用 Fluent 模型对烟塔合一大气污染扩散数值风洞研究[A];2011 中国环境科学学会学术年会论文集(第二卷)[C];2011年

作者简介:李纪宇(1999—),男,江苏淮安人,河海大学(南京)本科生,主要研究方向为城市水环境及生态