

# 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划 项目申报表

项目名称: 水位涨落和急流淘刷作用下山区沿河路基破坏机理试验研究				
学校名称	长沙理工大学			
学生姓名	学号	专业	性别	入学年份
肖竞杨	201603150304	土木工程 (中外合作办学)	男	2016
王周宇	201603150207	土木工程 (中外合作办学)	男	2016
黄彪	201603150414	土木工程 (中外合作办学)	男	2016
王晨宇	201603150214	土木工程 (中外合作办学)	男	2016
指导教师	秦卫星、 周一平	职称	副教授、 讲师	
项目所属 一级学科	土木工程	项目科类(理科/文科)	理科	
<p><b>学生曾经参与科研的情况</b></p> <p>小组成员在校期间积极参与实践实训活动,锻炼了实践能力。如“测量实习”、“工程地质实习”、“恒大集团房地产公司实习”、“湖南省沅陵县草塘河一期综合治理工程”等。</p>				
<p><b>指导教师承担科研课题情况</b></p> <p>(1) 国家自然科学基金项目“基于锚喷-加筋喷混凝土拱肋技术的海底隧道软弱带围岩加固机制研究”(负责人:秦卫星)2013.1~2015.12。</p> <p>(2) 湖南省自然科学基金项目“上游式尾矿坝宏观堆积特性及其坝坡失稳模拟研究”(负责人:秦卫星)2011.1~2013.12。</p>				

## 项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

山区沿河公路极大改善了当地交通条件，促进了社会经济发展。但山区河流水位涨落快、水流冲刷大，常导致沿河路基破坏，甚至造成严重的生命财产损失。然而目前水位涨落和急流淘刷联合作用下山区沿河路基的破坏机理尚不清楚，给山区公路的建设与运营维护带来了非常不利的影响。

为揭示水位涨落和急流淘刷联合作用下山区沿河路基的破坏机理，本项目拟采用物理模型、数值模拟以及原位实验等多种方式研究不同水位涨落速率、水流流速以及冲刷历时情况下沿河路基破坏过程，分析其破坏模式和变形失稳特征，为预防山区沿河公路路基变形破坏和除险加固提供借鉴和参考。

## 国内外研究现状和发展动态

近年来随着国家中西部建设、山区扶贫等工作的开展，修建了大量的山区公路，为山区经济发展和人民生活水平提高做出了巨大的贡献。山区公路建设过程中，受地形地质条件的制约，公路常常沿河走线。然而，受山区河道水位暴涨暴落诱发的非稳定渗流场与急流冲刷等影响，沿河路基常出现严重破坏，造成交通中断，甚至导致极大生命财产损失，见图1。因此，研究水位涨落和急流淘刷联合作用下山区沿河路基的破坏机理，分析其破坏模式与变形失稳特征，可为山区沿河公路工程安全运营及防灾减灾提供借鉴和参考。



a)



b)

图1 山区沿河路基破坏图

### 1 山区公路沿河路基病害研究

刘春焕<sup>[1]</sup>（2010）针对山区沿河公路水毁灾害，广泛搜集国内外相关资料，并进行分析归纳，得出沿河公路水毁类型和水毁形态特征，系统分析水毁灾害的影响因素，提出了沿河公路水毁的识别原则与内容。

王昱<sup>[2]</sup>（2010）发现弯道横比降、弯道环流、冲刷深度三个因素是弯道处公路路基破坏的河流侵蚀原因，表明泥石流固相石块的切割作用与液相浆体磨蚀淘刷作用是泥石流侵蚀公路路基的两大因素，也是泥石流作用下山区沿河公路路基损毁的主要原因。

张麒麟<sup>[3]</sup>（2010）综合考虑了山区沿河路基受冲刷边坡几何形态变化、河道水位及地下水位对公路路基稳定性的影响情况，建立了沿河路基冲刷崩塌理论模式，并通过对工程实例进行计算分析，探讨了各因素对沿河路基边坡稳定性的影响规律，提出了沿河路基边坡稳定性的判定方法，可作为沿河路基设计与施工的有益参考。

钟杰<sup>[4]</sup>（2011）针对山区公路路基侵占河道的特殊情况，提出了路基束窄河段水流计算的一维数学模型，分析了束窄河段临河路基边坡失稳原因和稳定性计算方法，在此基础上提出了路基侵占河道的临界束窄度计算方法。

陈远川<sup>[5]</sup>（2012）以山区沿河公路水毁风险为研究对象，研究提出了公路水毁风险的耦合对抗形成机制，建立了小流域山洪对沟口段公路的危险性评价方法；构建了山区沿河公路崩滑灾害危险性评价方法。在山区沿河公路水毁风险评价单元划分的基础上，对山区沿河公路线形评价单元在潜在多灾种作用下的危险性评价给出了危险度计算方法。

陈远川等<sup>[6]</sup>（2012）从流固耦合动力学的角度，论述了山区沿河公路路基洪水毁损的机理，认为山区沿河公路路基洪水毁损属于一种被动洪水毁损过程，山区沿河公路路基抗冲蚀能力是该过程的关键控制因素。

曲艳芬<sup>[7]</sup>（2013）将结合不同水毁类型的形成因素，对路基岩土在水毁机制作用下的影响因素进行分析，并从积极探索水毁公路的防治措施上来提升山区沿河公路的抗水毁能力，从而提高山区沿河公路的养护水平和质量。

唐兰<sup>[8]</sup>（2014）以路基缺口为研究对象，研究了路基有护坡无面板，受山洪及泥石流作用下路基缺口的力学形成机制。为路基缺口的形成部位，发展过程，雨期缺口的形成时间起到了指导作用。

李小明<sup>[9]</sup>（2016）针对沿河公路水毁断道应急修复这一重大社会公益性科技问题，采用现场调查观测和结构工程学等研究手段方法，提出“路基缺口组合式桥梁”、“路基冲失段锚拉框架结构”和“钢筋混凝土路面板悬空段应急抢修技术”三种

沿河公路水毁断道灾害的应急修复技术。

梅坤<sup>[10]</sup>（2017）从山区公路路基病害种类着手，分析路基病害原因，并探索其防治措施，延长山区公路的使用时间，提升其经济价值。

综上所述，路基破坏研究一直是公路工程领域热点研究问题，相关研究主要集中在路基破坏类型、影响因素、判断方法及防治措施等方面。

## 2 沿河路基破坏机理研究

贾建彬<sup>[11]</sup>（2008）在用常规条分法分析的基础上，采用有限元方法分析交通荷载、水位升降变化、土工格栅刚度和布设方式对浸水路基稳定性的影响。

沈水进<sup>[12]</sup>（2012）全面深入地开展公路水毁机理与决策系统研究，进行暴雨型公路水毁的规律与成灾机理分析，深入分析和探讨降雨作用下公路路基边坡水毁机制，为正确判断公路水毁灾害的成灾可能性和合理施加预防性防护措施提供科学的决策依据。

陈远川等<sup>[13]</sup>（2013）根据路基缺口水毁的宏观表象和失稳力学模式，将沿河路基缺口类型概化为滑动失稳型、倾倒失稳型和坠落失稳型 3 类，进一步将 3 类路基缺口的形成机制分别概括为水动力荷载作用下路基结构的压剪断裂、拉裂倾倒和拉剪断裂导致的突发性动力失稳机制。

徐东伟<sup>[14]</sup>（2013）对沿河路基冲刷机理及常用防护措施进行简要介绍，结合工程实际，对凹岸冲刷提出挡土墙配合石笼的防护措施。

高翔等<sup>[15]</sup>（2013）介绍了高速公路浸水路基的特点、类型、稳定性验算、填筑及其基底、边坡的防护，简要分析了在水的作用下浸水路地稳定性所受的影响，给出了渗透动水压力的计算及边坡稳定性的验算过程。

刘露<sup>[16]</sup>（2014）以会展大道沿河黄土路基边坡为研究对象，研究指出：造成会展大道边坡失稳最主要的力学机制是坡前水位变化过程边坡内外的孔隙水压力差。边坡的稳定性在坡前水位降速和下降比提高的过程中减小；安全系数的变化率随边坡填筑材料渗透系数的减小而增大；考虑基质吸力可以提高边坡的稳定性；考虑黄土表面垂直裂缝，水流沿裂缝快速入渗会加速不稳定渗流场的形成。

陈洪凯等<sup>[17]</sup>（2015）基于非饱和土体吸水渗透理论和简化路基模型，运用瑞典圆弧法建立了路基动态稳定系数计算式。实例分析表明，当土质路基受到河水渗透-浸泡耦合作用时，路基整体稳定性随时间逐渐降低，并可能发生沉陷破坏。

研究成果对于提升路基沉陷水毁机制认识水平有积极意义。

梁丹<sup>[18]</sup>（2016）从水力学角度出发分析得到水流的启动切应力是沿河路基冲失水毁的动力来源，再从力平衡原理出发，分析冲失临空面上部土体在自重作用下的破坏机制。根据实际工程算例对方法进行验证，计算结果表明，预测结果比较符合实情。

丹增平措等<sup>[19]</sup>（2017年）以西藏昌都地区沿河公路为研究对象，基于现场调查，将水毁的破坏形式归纳成几种常见的类型：路基防护工程损毁、路基局部沉陷、路基整体塌陷及路基边坡坍塌，并对其破坏机理进行分析，在此基础上，针对不同病害形式提出了具体的抢修措施。

综上所述，沿河路基破坏机理研究方面已取得了不少研究成果，但当前大多从降雨入渗、水位涨落或冲刷等单一角度来进行研究，没能很好反映水位涨落和急流淘刷联合作用下山区沿河路基破坏机理，不利于山区沿河公路安全运营和防灾减灾。

因此，本项目拟采用物理模型、数值模拟以及实地调研等多种方式，系统研究不同水位涨落速率、水流流速以及冲刷历时下沿河路基破坏过程，分析其破坏模式和变形破坏特征，进而揭示水位涨落和急流淘刷联合作用下路堤破坏机理，为预防山区沿河公路工程破坏和除险加固提供借鉴和参考。

## 参考文献

- [1]刘春焕. 沿河公路水毁识别技术研究[D].长安大学,2010.
- [2]王昱. 山区沿河公路路基在泥石流作用下破坏机制与防护技术研究[D].重庆交通大学,2010.
- [3]张麒麟. 山区沿河路基边坡冲刷崩塌模式与稳定性计算分析[J].水利与建筑工程学报,2010,8(06):49-51.
- [4]钟杰,孙红月,沈水进等. 临界束窄度在保障山区公路安全中的应用研究[J].公路,2011(10):33-38.
- [5]陈远川. 山区沿河公路水毁评估与减灾方法研究[D].重庆交通大学,2012.
- [6]陈远川,陈洪凯. 山区沿河公路路基洪水毁损过程及机理研究[J].公路,2012(11):95-103.
- [7]曲艳芬.山区公路路基水毁因素分析及对策[J].科技传播,2013,5(19):92-93.

- [8]唐兰. 山区沿河公路路基缺口机制研究[D].重庆交通大学,2014.
- [9]李小明. 沿河公路水毁断道应急修复技术研究[D].重庆交通大学,2016.
- [10]梅坤. 山区公路路基病害及防治措施[J].建材与装饰,2017(36):261-262.
- [11]贾建彬. 临河浸水路基稳定性分析[J].公路交通技术,2008(1):12-14.
- [12]沈水进. 公路水毁机理与决策系统研究[D].浙江大学,2012.
- [13]陈远川,陈洪凯. 沿河公路路基缺口形成机制[J].中外公路,2013,33(03):16-19.
- [14]徐东伟. 沿河路基冲刷机理与防护措施初探[J].北方交通,2013(03):29-31.
- [15]高翔,韩娆娆等. 浅谈高速公路浸水路基的设计与施工[J].城市道桥与防洪,2013(3):42-44.
- [16]刘露. 海东市平安新城会展大道沿河黄土路基边坡治理方法研究[D].辽宁工程技术大学,2014.
- [17]陈洪凯,梁丹. 渗透-浸泡耦合作用下沿河路基沉陷机制[J].公路,2015,60(12):39-43.
- [18]梁丹. 沿河公路路基冲失水毁机制[A]. 中国地质学会工程地质专业委员会.2016年全国工程地质学术年会论文集[C].中国地质学会工程地质专业委员会,2016:6.
- [19]丹增平措,肖亚军. 西藏昌都地区沿河公路路基水毁抢修措施探讨[J].西藏科技,2017(10):63-65.

### 本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

项目团队成员已查阅很多关于山区沿河路基破坏研究的文献资料,对本项目的背景及现状有了清楚认识。学习了相关专业基础课程《Statics》、《Mechanics of Material》、《Dynamics》、《Soil Mechanics》、《水力学》、《工程地质》等),具备了较扎实的理论基础。小组成员通过专业实践课程学习、社会实践等活动锻炼了实验操作能力和理论分析能力,具有良好团队意识和合作精神,为本创新实验项目顺利实施奠定了良好基础。

## 项目的创新点和特色

通过多种研究手段系统研究不同水位涨落速率、水流流速以及冲刷历时情况下沿河路基破坏过程，分析其破坏模式和变形失稳特征，揭示水位涨落和急流淘刷联合作用下路堤破坏机理。

## 项目的技术路线及预期成果

### 1 技术路线

本项目以某山区沿河路基为研究对象，采用物理模型、数值模拟以及实地调研等多种手段，系统研究了不同水位涨落速率、水流流速以及冲刷历时情况下沿河路基破坏过程，分析其破坏模式和变形破坏特征，揭示其破坏机理，为山区沿河公路防灾减灾提供技术支持。

#### (1) 物理模型试验

在实验室制作山区沿河公路路基模型，研究不同水位涨落速率、水流流速以及冲刷历时情况下沿河路基破坏过程。进行以下三组模型试验，监测路基破坏过程（淘刷深度、破坏范围、路堤变形等）和破坏模式。

第一组，不同水位涨落速率（0.10m/h、0.15m/h、0.20m/h）作用下路基破坏过程对比试验；

第二组，不同流速（3m/s、4m/s、5m/s）作用下路基破坏过程对比试验；

第三组，不同冲刷历时（5h、10h、15h）作用下路基破坏过程对比试验。

#### (2) 数值模拟实验

利用 FLOW-3D 软件进行分析，与物理模型试验进行对比验证数值分析结果，进而对更多不同水位涨落速率、水流流速以及冲刷历时下路基的破坏过程进行仿真模拟分析，进一步揭示水位涨落和急流淘刷作用下山区沿河路基的破坏机理。

#### (3) 正交试验法分析

结合前面两项内容的研究成果，对水位涨落速率、流速以及冲刷历时等多个因素进行正交试验，分析它们之间的相关性。

#### (4) 原位试验与调研

选取典型沿河路基进行原位试验与实地调研，收集工程资料，验证研究成果。

#### (5) 数据分析整理

分析试验数据，研究不同水位涨落速率、水流流速以及冲刷历时下沿河路基的破坏过程，分析其破坏模式，揭示其破坏机理。

本项目技术路线流程图见图 2。

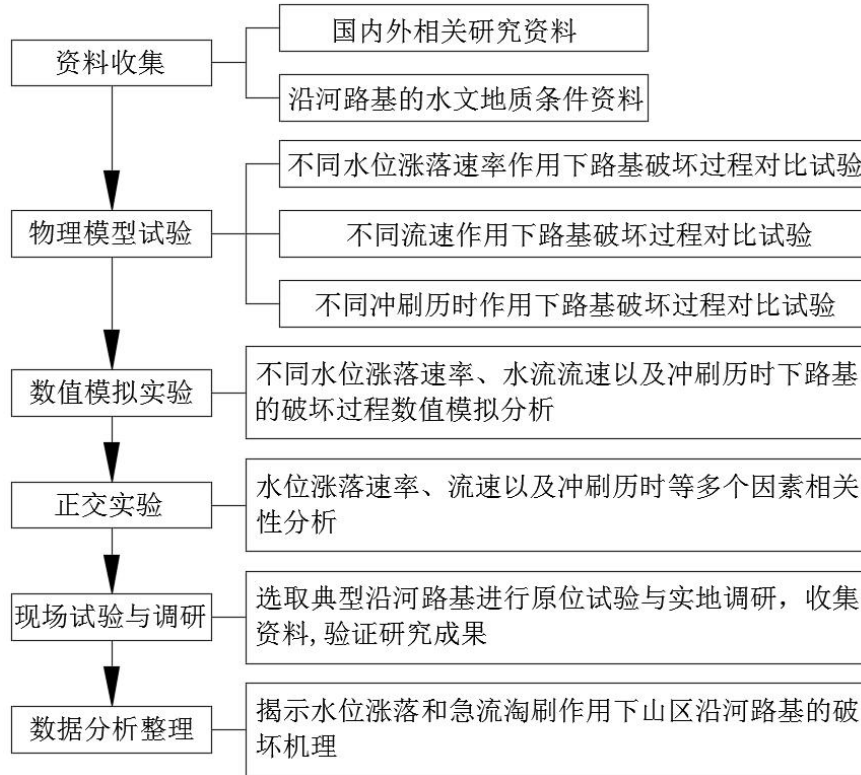


图 2 技术路线图

## 2 预期成果

(1) 研究不同水位涨落速率、水流流速以及冲刷历时下沿河路基破坏过程，分析其破坏模式，揭示水位涨落和急流淘刷联合作用下路堤破坏机理。

(2) 公开发表论文 1 篇，申请专利 1 项。



### 年度目标和工作内容（分年度写）

本项目拟于 2018 年 6 月启动，在一年半完成。具体进度安排如下：

2018 年：

- (1) 2018 年 6-7 月：完成资料收集，制定研究工作计划；
- (2) 2018 年 7-9 月：制作物理模型；
- (3) 2018 年 9-12 月：进行物理模型试验。

2019 年：

- (1) 2019 年 1-4 月：学习 FLOW-3D 软件，验证物理试验结果；
- (2) 2019 年 4-7 月：设计数值模拟试验方案，并进行试验；
- (3) 2019 年 7-10 月：进行正交实验、现场试验与实地调研；
- (4) 2019 年 10-12 月：整理试验数据，撰写相关学术成果和结题报告。

### 指导教师意见

沿河路基在山区广泛分布，常因水位涨落和淘刷造成破坏，给山区沿河公路的安全建设与运营维护带来非常不利的影响。本项目拟重点研究不同水位涨落速率、水流流速和冲刷历时下沿河路基破坏过程，分析其破坏模式，揭示水位涨落与急流淘刷联合作用下山区沿河路基破坏机理，为山区沿河公路防灾减灾提供借鉴和参考，选题具有较高理论与实践价值。此外，项目组成员做了较多前期工作，现有知识储备能胜任本项目的研究工作，我们愿意担任指导他们的老师。

签字：

日期：