

# 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划

## 项目结题报告

项目名称：急流淘刷作用下雷诺护垫受力变形特性与

破坏模式试验研究

项目编号：201410536005

学生姓名：邱朝岭、杨涛、余韬、谭亮、弥玉龙

所在学校和院系：长沙理工大学水利工程学院

项目实施时间：2014.6-2015.6

指导教师：秦卫星副教授、周一平讲师

联系电话：13787096216

填表日期：2015-06-08

湖南省教育厅

2015年制

# 湖南省大学生研究性学习与创新性实验项目计划

## 结题须知

一、凡经立项的项目都必须结题。项目研究工作完成后，项目负责人须从网上下载并填写《湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目结题报告》，经所在单位签署意见后，报教务处实验室建设与管理科。

二、申请结题时，项目负责人须提供以下材料：

- 1、《湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目结题报告》一式三份及电子文档；
- 2、项目研究成果主件（含项目研究报告、论文、专著、软件、其他等）；
- 3、必要的附件（验证项目成果及成果推广效果、效益的资料）；
- 4、项目申请书、开题报告、中期报告复印件；
- 5、以上2~4项以支撑材料的形式装订成册，一式三份；
- 6、本结题报告书适用于湖南省立项项目。

## 一、基本情况

项目名称		急流淘刷作用下雷诺护垫受力变形特性与破坏模式试验研究				
立项时间		2014.6		完成时间		2015.6
项目 主要 研究 人员	序号	姓名	学号	专业班级	所在院（系）	项目中的 分工
	1	邱朝岭	201119040329	水电 1101 班	水利工程学院	试验研究
	2	杨 涛	201119040319	水电 1101 班	水利工程学院	试验研究
	3	余 韬	201119040323	水电 1103 班	水利工程学院	成果整理
	4	谭 亮	201354080317	13 水电卓越班	水利工程学院	资料收集
	5	弥玉龙	201369030105	13 水电卓越班	水利工程学院	资料收集

## 二、研究成果简介

<p>项目研究的目的、意义；研究成果的主要内容、重要观点或对策建议；成果的创新特色、实践意义和社会影响；研究成果和研究方法的特色。限定在 2000 字以内。</p> <p>1. 项目研究的目的、意义</p> <p>目前全国大量山区河岸与坡脚因高速水流持续淘刷破坏严重，雷诺护垫是一种刚、柔相济的护砌结构，不仅能够满足工程安全稳定的要求，同时还能兼顾环境保护与生态的修复功能。但目前对急流淘刷作用下该结构的受力变形特性和破坏模式尚不清楚，影响了其在我国山区河道护岸工程的应用推广。</p> <p>因此，在现有研究基础上，采用理论研究、数值模拟及现场踏勘等手段，分析不同流速、不同水位下山区河流河岸冲刷机理与破坏形态，对比不同急流条件下不同类型雷诺护坡、护脚在不同铺设方式下的抗冲刷效果，进而优化生态护垫结构参数和施工参数，对在我国山区河道治理中推广该生态护砌结构有重大现实意义。</p>
--

## 2. 研究成果的主要内容、重要观点或对策建议

(1) 基于理论分析和数值模拟，试验根据不同流流速（4.0m/s、4.5m/s），不同水深（1.5m、2.0m）设计了三种工况，对天然河道冲刷模拟进行系统研究。通过数据收集、处理得到图 1，分析得出以下结论：

- ①急流条件下，水流流速相同（4.5m/s）时改变水深（1.5m→2.0m）比水深相同（1.5m）时改变水流流速（4.0m/s→4.5m/s）对河岸淘刷破坏更严重；
- ②岸坡破坏点的情况与水深有关系，在河岸高程 5.0m 处破坏最为严重；
- ③水流流速变化（4.0m/s→4.5m/s），水深变化（1.5m→2.0m）破坏最为严重，体现出水流流速越大水深越深，破坏越严重的规律。

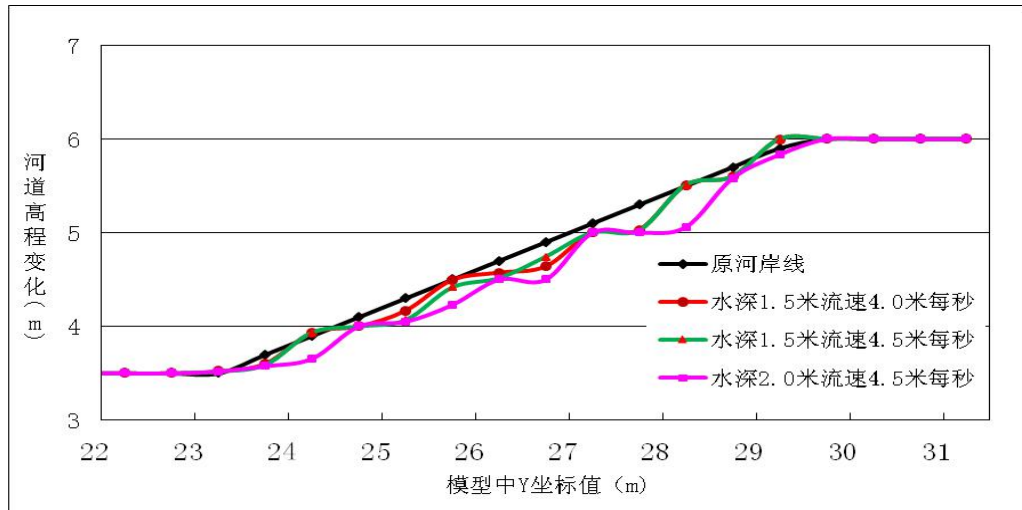


图 1 不同冲刷情况下河岸高程变化

(2) 基于数值模拟，对采用雷诺护垫护岸后的河道，在急流条件下相同水深（1.5m）、相同流速(4.0m/s)时；改变雷诺护垫厚度和改变雷诺护垫阻力系数时的抗冲效果进行系统研究；通过数据收集、处理得到图 2 和图 3，分析得出如下结论：

- ①水深为 1.5m、水流流速为 4.0m/s 时，应该选用厚度为 0.30m 厚的雷诺护垫护岸（见图 2）；
- ②改变雷诺护垫填充材料参数而改变阻力系数对河岸的抗冲效果影响并不大（见图 3）。

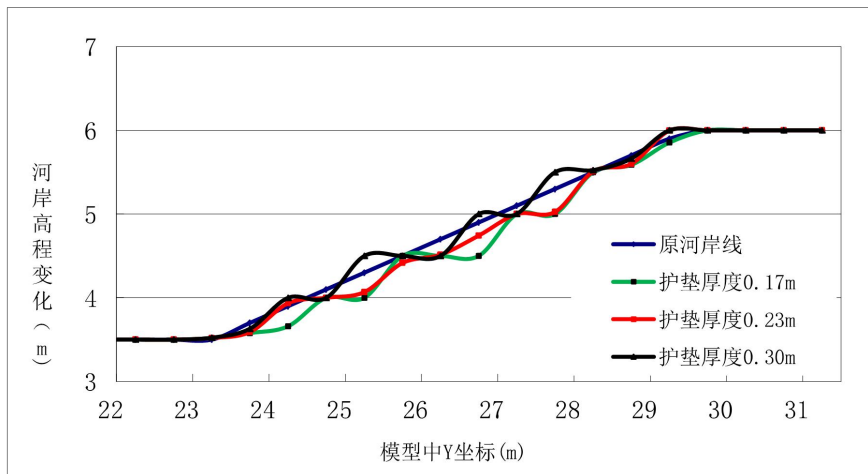


图 2 不同厚度的雷诺护垫护岸防冲效果对比图

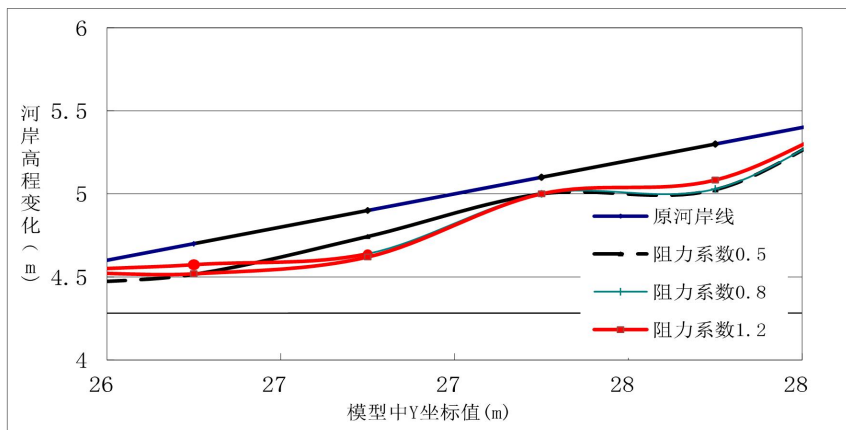


图 3 不同阻力系数雷诺护垫防冲效果对比图

(3) 基于数值模拟，模拟格宾护脚后河道坡脚的淘刷情况，对不同铺设方式、不同格宾尺寸、不同填充材料粒径等情况下的雷诺格宾进行抗冲效果分析；得出如下结论：

①格宾护脚为平铺式时对河道坡脚的保护效果最好，而且相比其他两种铺设方式自身所受到的淘刷破坏也是最少的（见图 4）；

②格宾尺寸为  $6\text{m} \times 10\text{m} \times 1.0\text{m}$  时，泥沙的最大冲刷范围最小，且相比其它达到相同效果不同尺寸（ $8\text{m} \times 10\text{m} \times 1.0\text{m}$ ）的格宾更加经济；

③粒径为  $0.2\text{m}$  时对应的格宾结构，其护脚效果最好，而格宾阻力系数的变化对河岸冲刷影响较小。

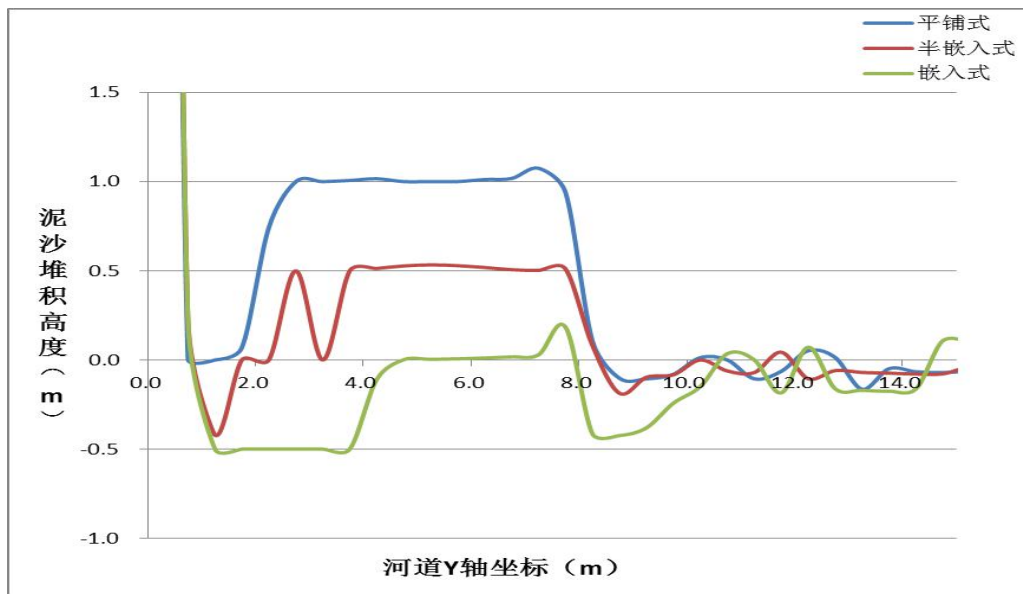


图4 不同铺设方式格宾岸坡冲刷情况

(4)通过对怡马溪覃家村河段进行现场踏勘,在该河段的流域治理过程中,覃家村所在河段采用的雷诺护垫的护坡整体效果好,经受了多次洪水考验,既能满足两岸护坡的技术要求,又大幅缩短工期,降低了施工成本,表明该护坡技术具有广阔应用前景。

### 3. 成果的创新特色、实践意义和社会影响

本项目结合产品生产公司所提供的资料和现场调研情况,采用多种研究手段,对不同流速、不同水位情况下天然河道进行冲刷模拟,以及采用不同铺设方式、不同尺寸、不同填充材料粒径的雷诺护垫进行护岸、格宾进行护脚后的河道进行了较系统的冲刷模拟研究;揭示了不同水流条件下山区河道用雷诺护垫护岸前后、格宾护脚前后,岸坡、坡脚被急流淘刷破坏的情况和雷诺、格宾的响应规律,进而优化了雷诺、格宾的结构型式。为在流域治理中更好地使用生态结构雷诺、格宾提供了理论基础。

### 4. 研究成果和研究方法的特色

结合理论分析、数值模拟及现场踏勘等多种手段对不同水流条件下格宾、雷诺生态护坡护脚结构的抗冲效果进行了较系统全面研究,为在不同水流条件下选用合适的生态护坡结构提供了参考。联合多种研究方法开展研究是本项目

研究方法的一大特色。

### 三、项目研究总结报告

预定计划执行情况，项目研究和实践情况，研究工作中取得的主要成绩和收获，研究工作有哪些不足，有哪些问题尚需深入研究，研究工作中的困难、问题和建议。（字数不限，可加页面）

#### 1. 预定计划执行情况

按时按量地完成了工作任务，具体如下：

（1）2014年6月：了解山区河岸特性研究现状与雷诺护垫技术国内外设计依据、施工工艺以及工程应用情况，并进行资料整理分析，制定研究工作计划。

（2）2014年7-8月：根据研究内容拟定技术路线。

（3）2014年9-10月：实地调研，理论分析，学习Flow-3D软件并进行数值建模训练。

（4）2014年11-12月：利用Flow-3D软件，对不同流速、不同水位情况下的天然河道进行数值模拟，并利用流场图、泥沙堆积高度变化图对其进行冲刷效果对比分析。

（5）2015年1-2月：利用Flow-3D软件，对不同流速、不同水位情况下铺上雷诺护垫后河道进行数值模拟，并利用河岸高程变化曲线对其进行冲刷效果对比分析。

（6）2015年3-4月：利用Flow-3D软件，对不同铺设方式、不同尺寸、不同填充粒径下铺上雷诺格宾后河道进行数值模拟，并利用泥沙堆积高度变化图、最大冲刷深度对比表对其进行冲刷效果对比分析。

（7）2015年5月：分析数据成果，优化工艺参数，确定最佳结构型式。

（8）2015年5-6月：撰写研究报告，申请结题。

#### 2. 项目研究和实践情况

一年来，我们通过网络、图书馆各种文献数据库对国内外山区河岸特性与雷诺护垫技术进行广泛调研，收集分析相应的研究资料，全面了解和掌握目前山区河岸特性与雷诺护垫技术的研究现状。通过理论分析、数值模拟和现场踏勘等多种方式研究雷诺护垫在不同流速、不同水位情况下的最优结构型式和护垫平铺长度，并以此为基础对该护坡结构型式在实际工程中应用给出了建议。



### (1) 河道水流特性及河道冲刷机理

本项目研究的是急流淘刷情况，因此采用弗劳德数 $F_r$ 来衡量急流和缓流，进行急流界定；并且对相应水位下的流速进行急流拟定，进行不同流速下的河道冲刷研究。河道的淘刷主要是因为河岸坡脚受到冲蚀作用，当冲蚀到一定程度，挂空的上部岸坡崩塌，崩塌下来的土块被水流带走，然后水流再次冲刷坡脚形成冲刷循环，加重了岸崩程度，严重的话可能导致洪水爆发和泥石流的生产，图5为天然河道水流条件模拟图。

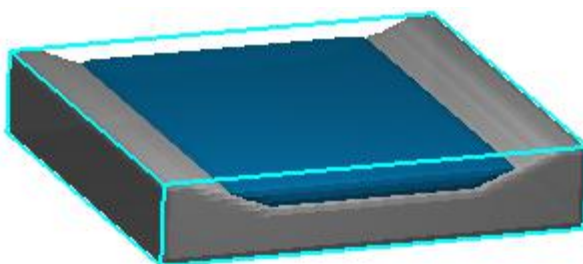


图5 天然河道水流条件模拟图

### (2) 山区河道防护设计依据及实践研究

①本研究采用雷诺护垫和雷诺格宾对河道进行防护，图6为雷诺护坡与格宾护脚后河道剖面图；并且根据不同的流速，对其结构参数和施工参数进行设计，见表1。

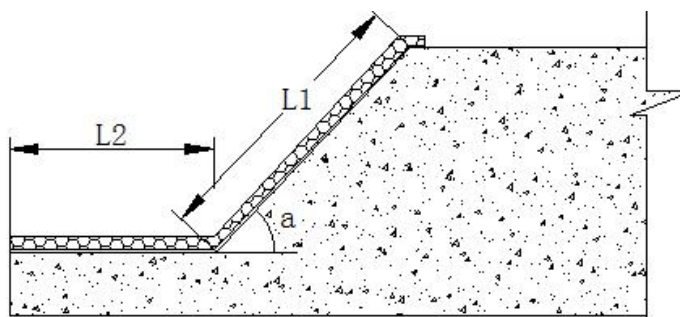


图6 雷诺护垫与格宾护脚后河道剖面图

②怡马溪覃家村河段河道以河漫滩为主，表部土壤流失严重，洪水季节，两侧农田和村庄多次遭受洪水淹没，为了保障当地人民的生活，相关部门引入了雷诺护垫技术，雷诺护垫为平铺方式、尺寸为 $6\text{m} \times 2\text{m} \times 0.23\text{m}$ ，实践表明雷诺护垫技术对该河段防护效果显著，成功解决了水土流失所引起的一系列问题。

表 1 雷诺护垫/格宾相关参数与水流流速参照表

类型	护垫厚度 (m)	填充石料粒径		流速范围(m/s)
		石料粒径 (mm)	d <sub>50</sub> (mm)	
雷诺护垫	0.17	70-100	85	3.5~4.2
		70-150	110	4.2~4.5
	0.23	70-100	85	3.6~5.5
		70-150	120	4.5~6.1
	0.30	70-120	100	4.2~5.5
		70-150	125	5.0~6.4
格宾垫	0.50	100-200	150	5.8-7.6
		120-250	190	6.4-8.0

(3) 不同水流雷诺护坡工作性态及河岸防冲效果研究 (见图 7)

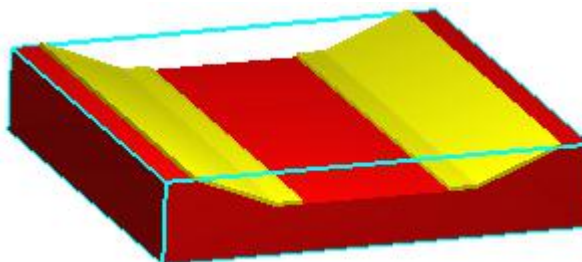


图 7 雷诺护坡后河道模型立体图

①不同厚度和不同阻力系数的雷诺护垫护岸抗冲效果分析。通过研究当水深为 1.5m、水流流速为 4.0m/s 时，采用厚度为 0.17m、0.23m、0.30m 三种雷诺护垫护岸；取三种护岸后河岸高程变化曲线进行对比分析得出雷诺护垫厚度对河岸抗冲效果的影响。

通过以上分析和研究得出：一定水流流速、水深条件情况下，较厚的雷诺护垫护岸效果较好且水深为 1.5m、水流流速为 4.0m/s 应采用厚度为 0.30m 的雷诺护垫。

②抗冲效果分析。通过研究雷诺护垫采用阻力系数为 0.5、0.8、1.2 的三种填充材料时，取三种护岸后河岸高程变化曲线进行对比分析，得出雷诺护垫用

不同阻力系数的填充材料对河岸抗冲效果的影响。

通过以上分析和研究得出：改变阻力系数对河岸的抗冲效果影响并不大

#### (4) 不同水流雷诺格宾工作形态及坡脚防冲效果研究（见图 8）

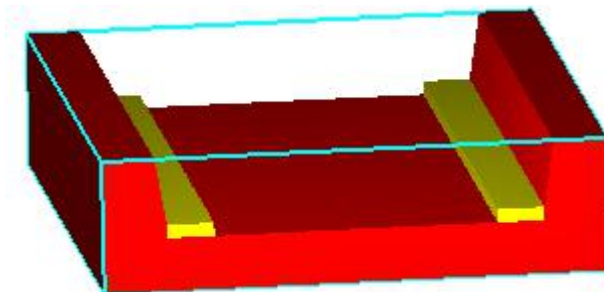


图 8 格宾护脚后河道立体图

①不同格宾铺设方式下雷诺格宾护脚效果分析。通过研究雷诺格宾在铺设方式为平铺式、半嵌入式、嵌入式的情况下的护脚效果，并利用流场图、泥沙堆积高度变化图对结果进行分析，得出铺设方式对格宾护脚效果的影响。

通过以上分析和研究得出：当格宾为平铺式时，叠加于河床之上，对河床底部水流有一个阻碍作用，改善格宾的防冲刷效果，因此雷诺格宾采用平铺式在山区河岸防护中更容易得到推广。

②不同格宾尺寸情况下雷诺格宾护脚效果分析。通过研究雷诺格宾在尺寸为  $6\text{m} \times 10\text{m} \times 0.5\text{m}$ 、 $6\text{m} \times 10\text{m} \times 1\text{m}$ 、 $8\text{m} \times 10\text{m} \times 0.5\text{m}$ 、 $8\text{m} \times 10\text{m} \times 1\text{m}$ 、 $10\text{m} \times 10\text{m} \times 0.5\text{m}$  五种情况下的护脚效果，并利用最大冲刷深度对比表对结果进行分析得出尺寸对格宾护脚效果的影响。

通过以上分析和研究得出：当格宾尺寸为  $6\text{m} \times 10\text{m} \times 1\text{m}$  时的护脚效果最好，不仅抵抗水流的冲刷，而且刚好覆盖住了冲刷部位，较其它具有相同防护效果不同规格雷诺格宾更加经济。

### 3. 主要成绩和收获

在项目实施过程中，项目组成员学得了不少专业知识，分析问题能力和实践动手能力得到了很大提高，同时进一步增强了团队协作意识。主要成绩如下：

(1) 提交研究结题报告 1 份，明确了雷诺护垫最佳结构型式与铺设长度，为该结构在山区河道中使用奠定了良好的技术基础。

(2) 完成本科毕业论文（设计）3 篇。

① **杨涛(组员)**. 山区河岸雷诺护脚的工作形态与结构形式选择研究[D]. 长沙理工大学本科毕业论文. 指导教师:秦卫星, 2015.6

② **邱朝岭(组员)**. 山区河岸雷诺护坡的工作性态与结构型式选择研究[D]. 长沙理工大学本科毕业设计. 指导教师:秦卫星, 2015.6

③ **余韬(组员)**. 怡马溪覃家村河段综合治理工程设计[D]. 长沙理工大学本科毕业设计. 指导教师:秦卫星, 2015.6

#### 4. 研究工作中的困难、问题和建议

(1) 研究中遇到的困难和问题:

①Flow-3D 模拟软理论基础比较复杂, 自学困难;

②工作量较大, 研究时间偏紧。

(2) 建议:

可以在本次研究成果基础上, 进一步从以下两方面开展研究工作, 为更好应用该护坡技术提供支撑:

①考虑波浪对河岸的冲击作用, 分析波浪、急流淘刷联合作用下山区河岸破坏机理及防护效果;

②本研究主要考虑了均质岸坡的冲刷破坏及防冲效果, 可根据山区河道实际, 以非均匀岸坡(譬如二元岸坡结构)为对象开展研究。

#### 四、经费使用情况

经费合计 2.0 万元, 其中, 学校配套资助 1.0 万元, 学院(所)配套资助 0 万元, 其他经费 0 万元。

1. 资料收集、整理	0.20万元
2. 工程现场调研	0.20万元
3. 模型试验	0.60万元
4. 文献检索及打印复印	0.30万元
5. 交通费	0.20万元
6. 论文版面费	0.30万元
7. 其他支出	0.20万元
总计:	2.00万元

## 五、指导教师及学院（系）审核意见

项目指导教师对结题的意见，包括对项目研究工作和研究成果的评价等。

该项目采用理论研究、数值模拟、现场踏勘等多种研究方法，探究了不同流速、不同水位情况下天然河道冲刷机理与破坏形式，并对不同类型生态护坡结构在不同铺设方式下河道岸坡、坡脚的防冲护效果进行了较系统的研究。项目成果揭示了不同水流条件下山区河道在雷诺护垫防护前后岸坡、坡脚被急流淘刷作用下的响应规律，进而给出了相应水流条件下雷诺护垫的结构型式与铺设方式。研究内容丰富、工作量大，项目组成员完成以该生态护砌结构为对象的毕业论文（设计）3篇，撰写了项目研究报告，基本完成了项目预定目标。相关结论对今后工程界更好应用雷诺护垫护坡、格宾护脚有一定指导意义，同意申请结题。

负责人签章：

年 月 日

项目主持人所在学院（系）对结题的意见，包括对项目研究工作和研究成果的评价等

负责人签章：

年 月 日

## 六、学校结题审核意见

学校对项目研究的任务、目标、方法和研究成果水平等进行评价，是否结题。

年 月 日