



北京航空航天大学

Beijing University of Aeronautics and Astronautics

操作系统实验过程 深度分析

王雷

大纲

- 操作系统实验设计
- 操作系统实验实施
- 操作系统实验过程管理
- 操作系统实验过程分析与改进

操作系统实验设计

- Linux
- Windows
- 小型操作系统

设计目标

- 缺乏课程间联系 → 操作系统课程设计与硬件课程等衔接。
- 分析型教学实验 → 设计一个真正的小型操作系统。
- 操作系统课程原理验证 → 提供工程化方法指导学生设计操作系统。
- 目标：学生能在一学期内实现一个小型操作系统。

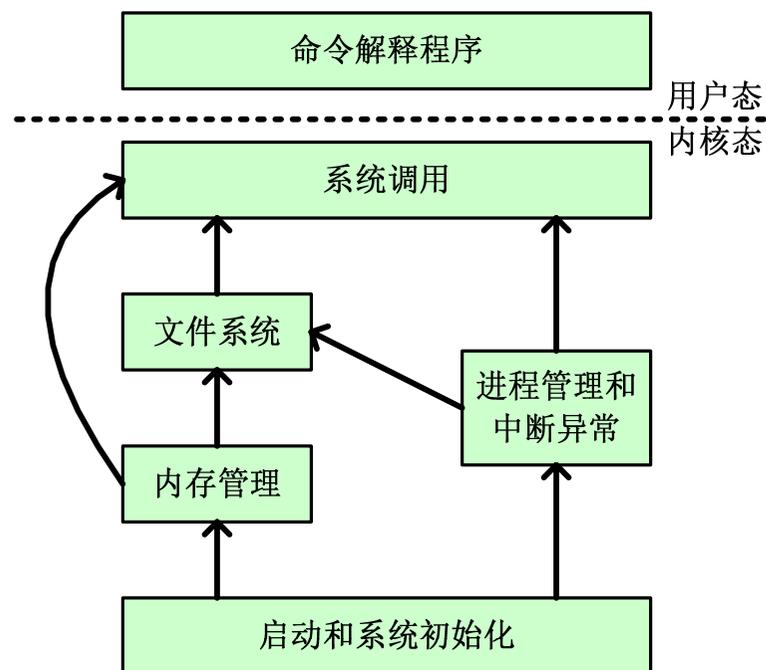
操作系统实验实施

- 2007年引入MIT的操作系统实验
- 2008年Prof. Frans Kaashoek 清华讲课
- 2009~2010年MIPS移植
- 2008~2012年分组与小规模实施
- 2013~2015年独立完成与大规模实施

实验的各个部分及相互关系

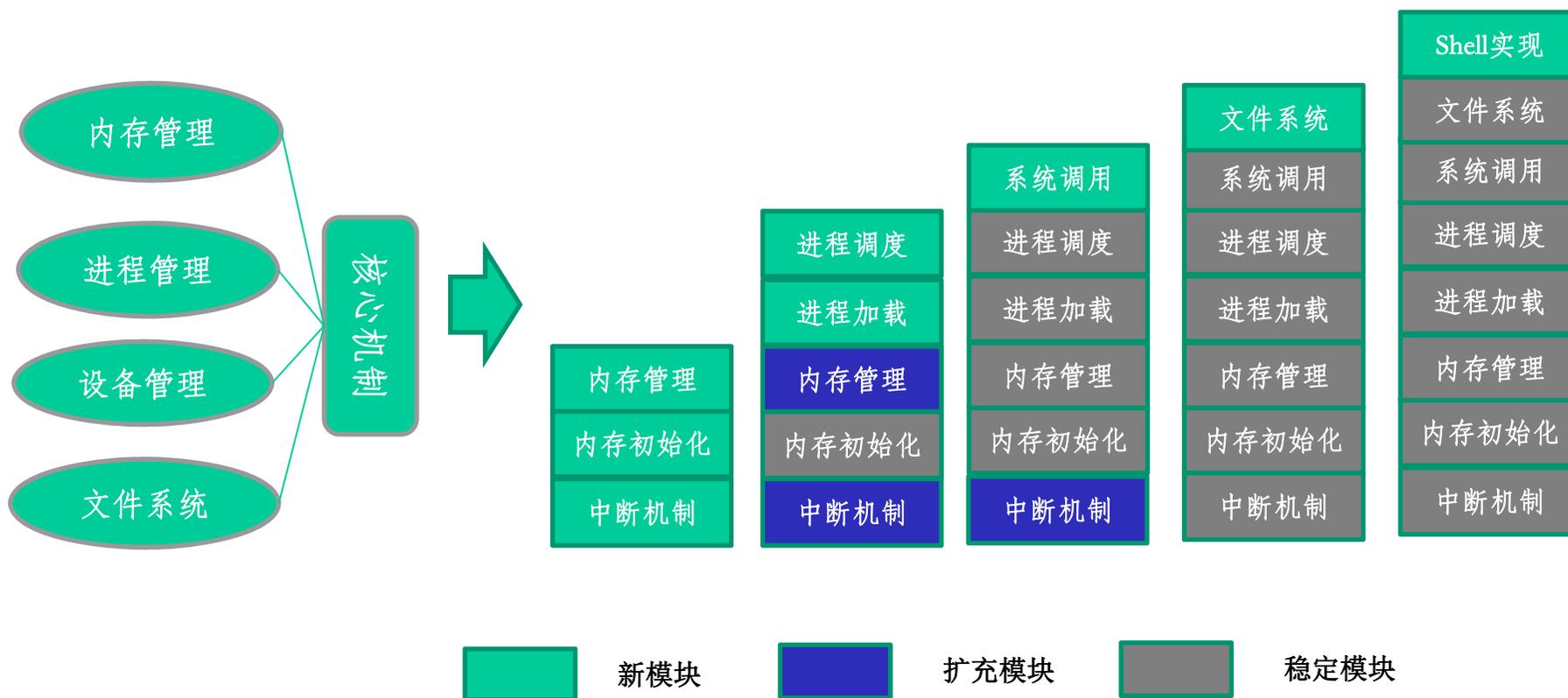
■ 实验设计（六个实验都已MIPS仿真器上实现）

- 启动和系统初始化
- 内存管理
- 进程管理和中断异常机制
- 系统调用
- 文件系统
- 命令解释程序

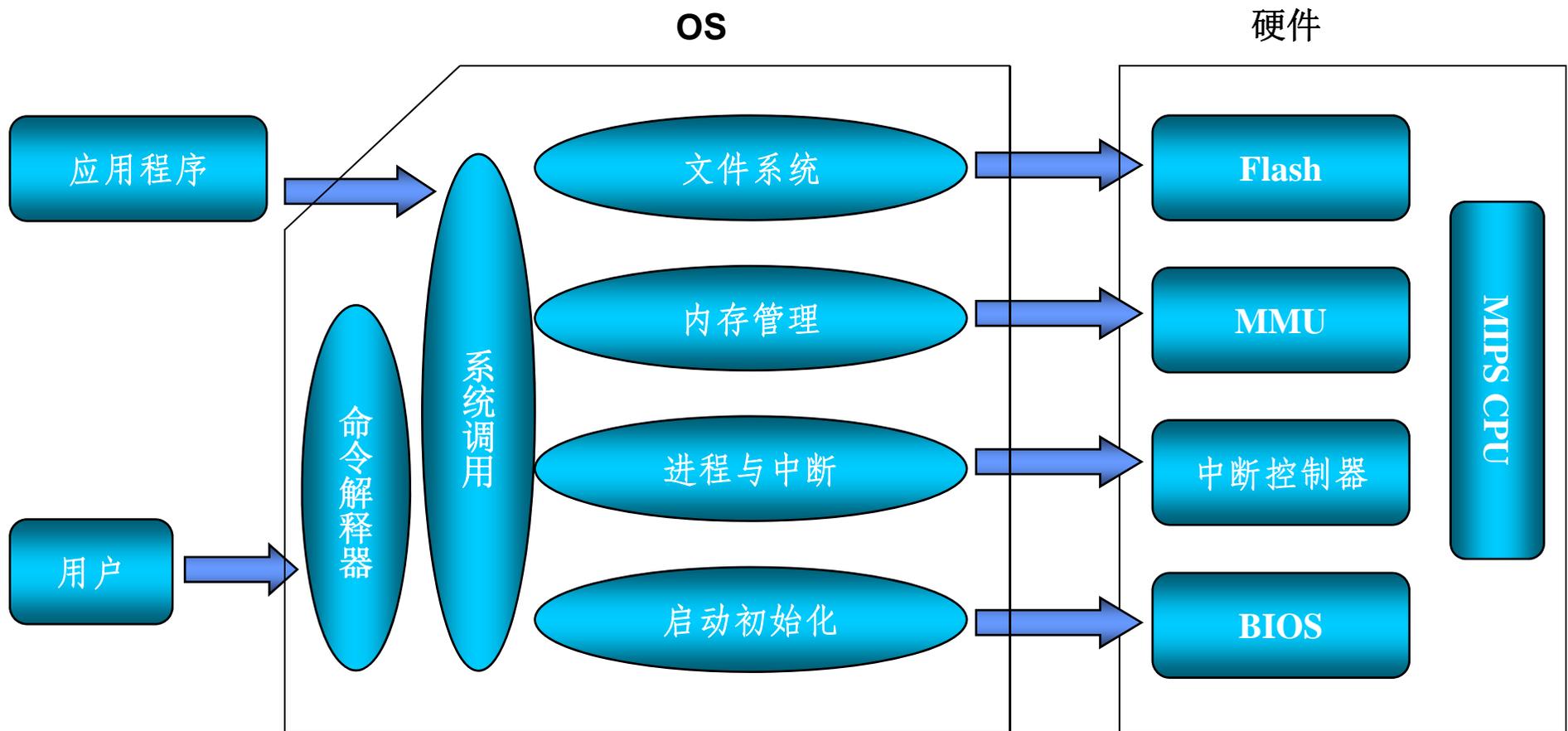


原理

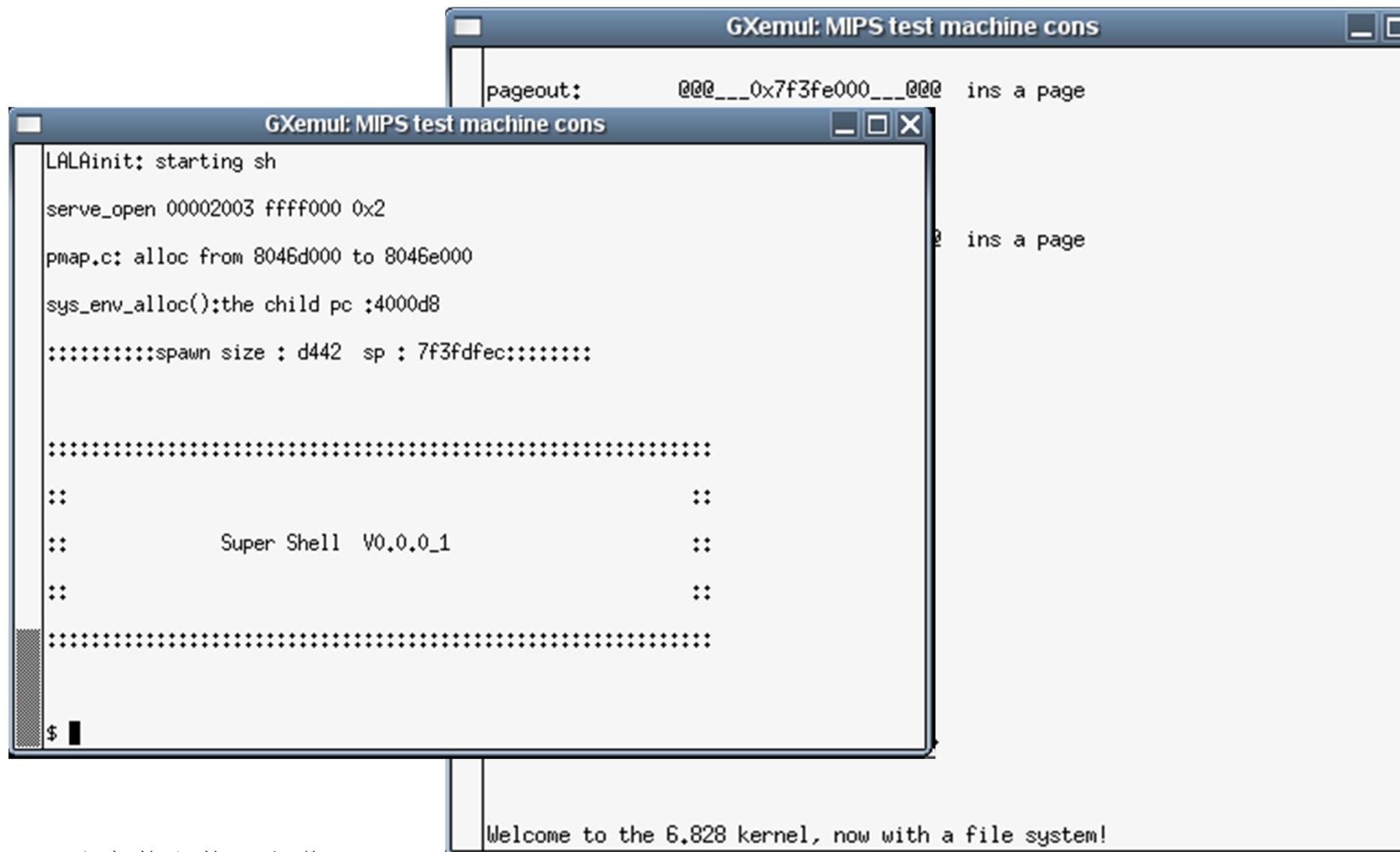
实现



各个实验模块与硬件、应用程序的关系



仿真器上运行的完整系统



```

GXEmul: MIPS test machine cons
pageout:      @@@__0x7f3fe000__@@@ ins a page

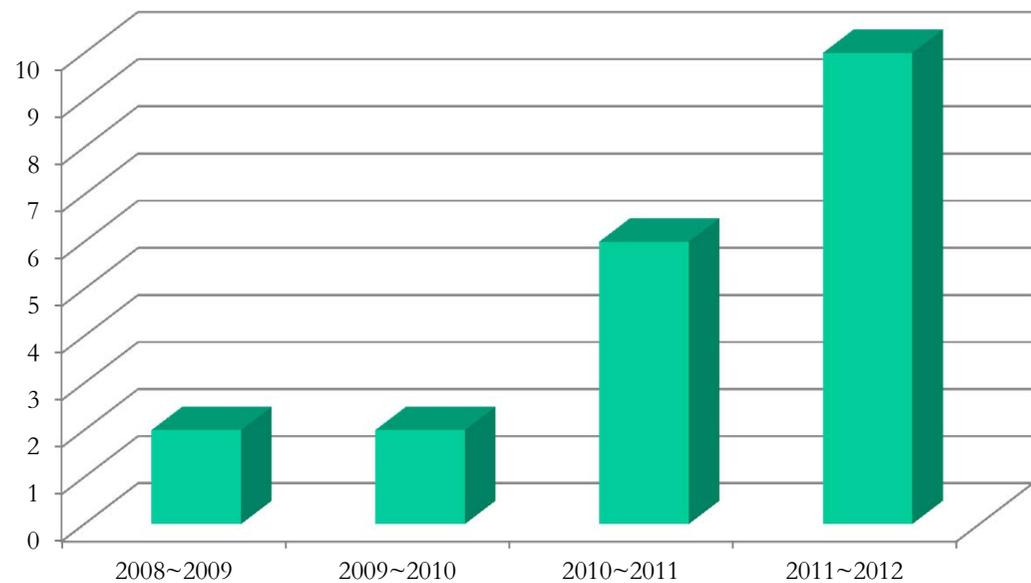
GXEmul: MIPS test machine cons
LALInit: starting sh
serve_open 00002003 ffff000 0x2
pmap.c: alloc from 8046d000 to 8046e000
sys_env_alloc():the child pc :4000d8
:::::::::spawn size : d442  sp : 7f3fdfec:::::::::

:::::::::
::
::          Super Shell  V0.0.0_1
::
::
:::::::::
$ █

Welcome to the 6.828 kernel, now with a file system!
```

项目实施效果

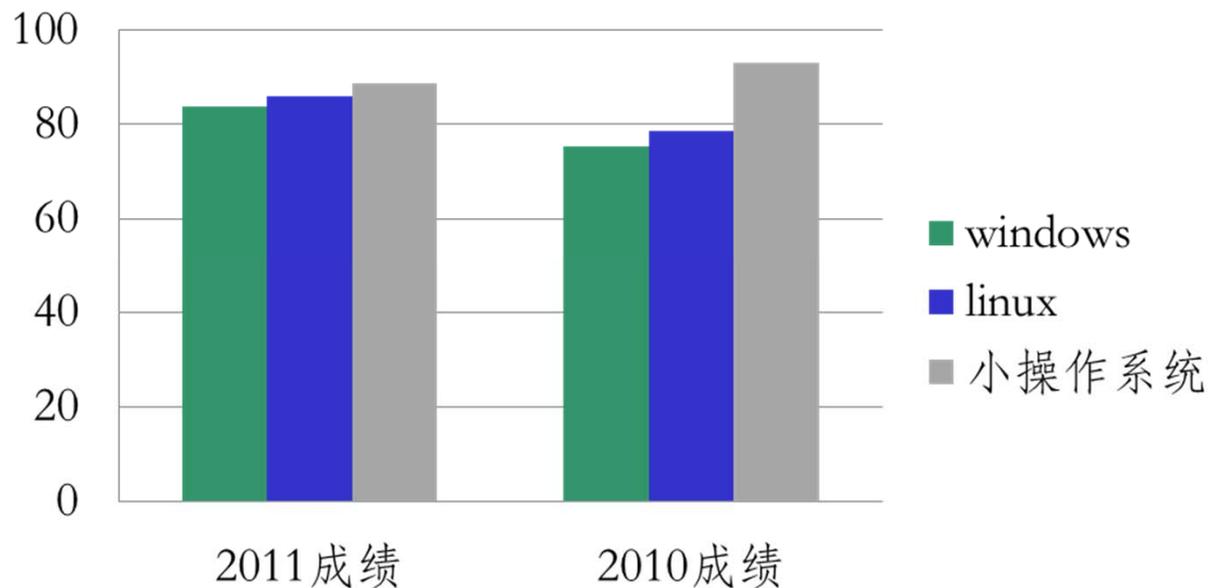
- 选MIPS操作系统实验的小组数
- 2010~2011年度选MIPS操作系统实验的学生成绩都在良好以上，平均分达到了89分



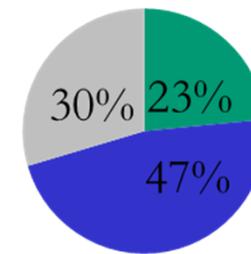
小操作系统实验的学生逐年提高

- 连续三届学生对MIPS体系结构下的小操作系统实验认可度越来越高。通过小操作系统实验，学生对知识能有更好的掌握，进而取得更加优异的成绩。

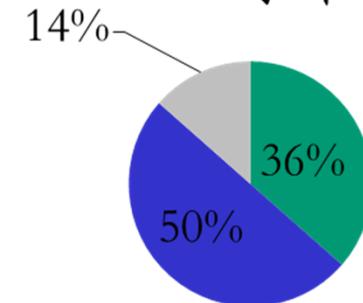
图表标题



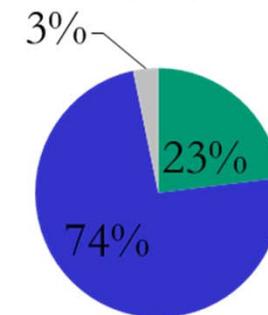
2012学年



2011学年



学年2010



实验推广

- 2013年（实验班20人，每人独立完成）
 - 100%完成实验4
 - 70%完成实验5和6
- 2014年（全大班255人，每人独立完成）
 - 38%完成实验4
 - 8%完成实验5和6

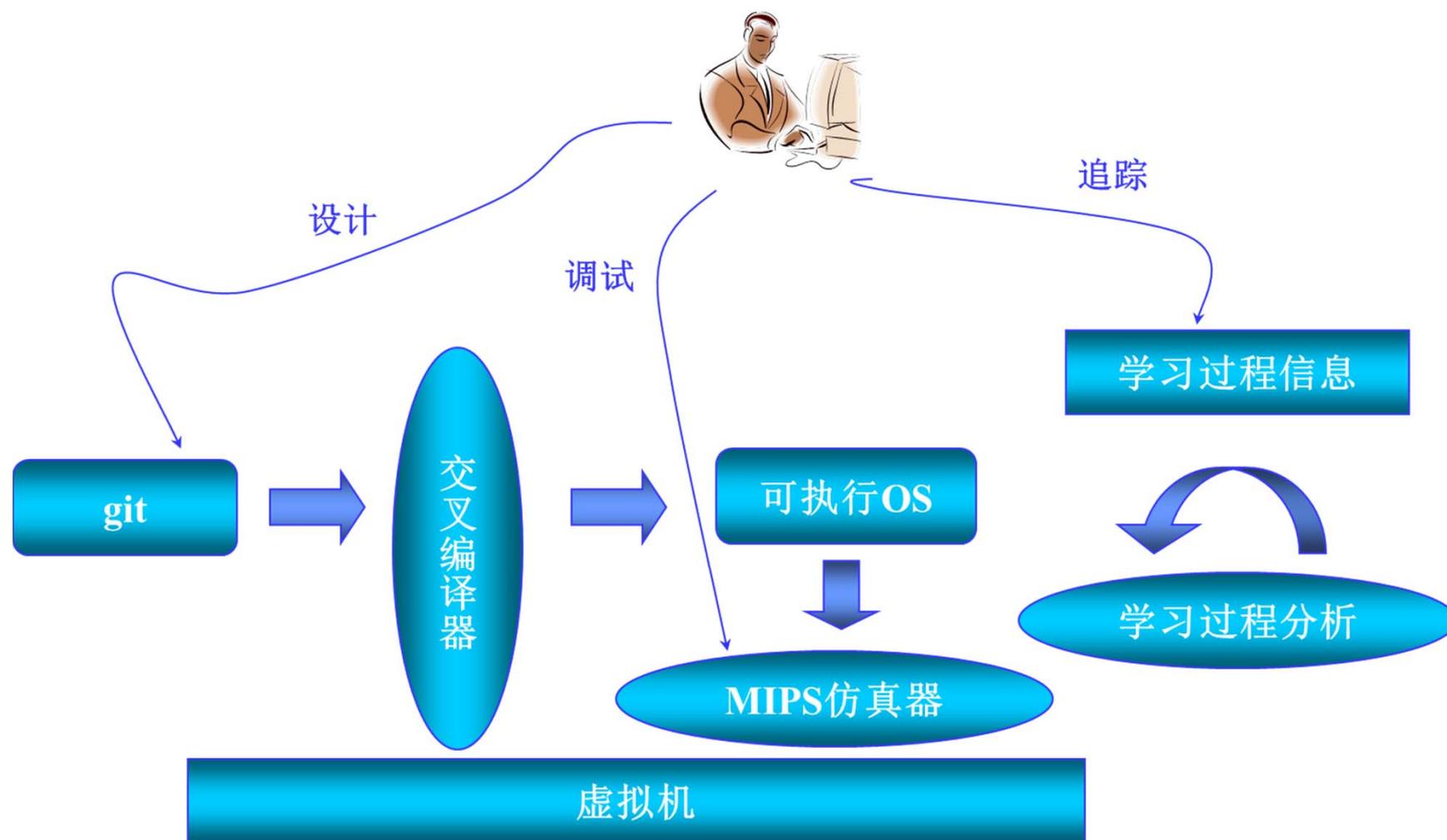
存在问题

- 教师
 - 精英教育转为普及教育（实验班与普通班比较）
 - 无法提供精细的指导
 - Linux、GCC和仿真器版本问题
 - 实验批改工作量大
- 学生
 - 觉得实验很难，但有说不出到底什么地方难
 - 其他课程的压力

操作系统实验过程管理

- 教学质量蕴含在教学过程中!
- 自动化工具支持

操作系统实验环境

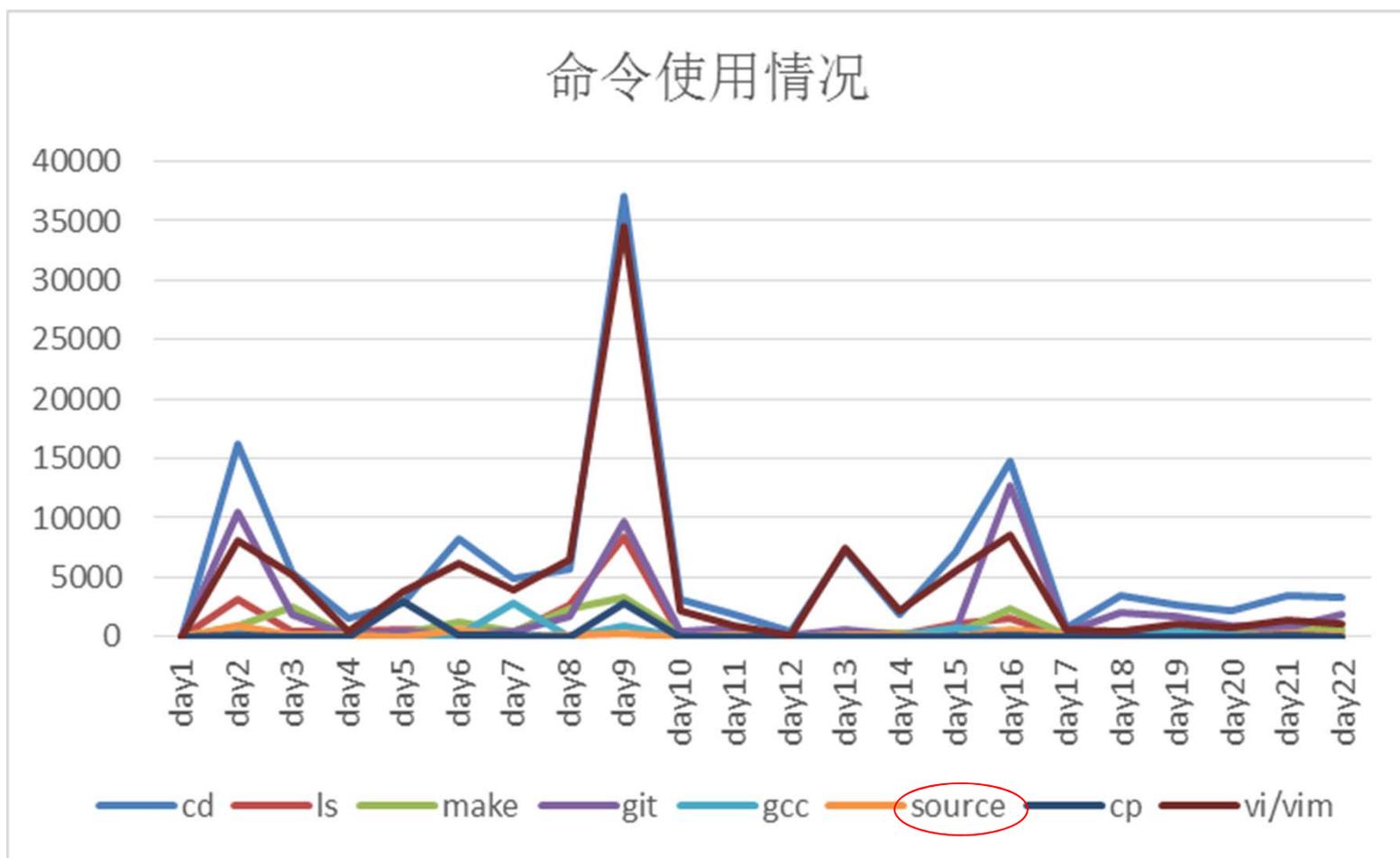


```
10.111.1.96 - PuTTY
wang@ubuntu:/OSLAB$ cd ~
wang@ubuntu:~$ git clone git@10.111.1.96:oslab
Cloning into 'oslab'...
remote: Counting objects 1/1
remote: Compressing objects 1/1
remote: Total 1 (delta 0)
Receiving objects 1/1
Resolving deltas 0/1
wang@ubuntu:~$ cd oslab/
wang@ubuntu:~/oslab$ git checkout wang
Branch wang set up to track remote branch wang from origin.
Switched to a new branch 'wang'
wang@ubuntu:~/oslab$ git push
wang@ubuntu:~/oslab$ git push
* master
remotes/origin:
remotes/origin:
remotes/origin:
wang@ubuntu:~/oslab$ git push
[wang 99b047c] S
1 file changed,
wang@ubuntu:~/oslab$ git push
Counting objects 1/1
Delta compression used 0/0
Compressing objects 1/1
Writing objects: 1/1
Total 3 (delta 2)
To git@10.111.1.96:oslab
fd63e8f..99b047c
wang@ubuntu:~/oslab$

root@ubuntu: ~
wang@ubuntu:~/oslab$ git checkout wang
Branch wang set up to track remote branch wang from origin.
Switched to a new branch 'wang'
wang@ubuntu:~/oslab$ git push
wang@ubuntu:~/oslab$ git push
wang@ubuntu:~/oslab$

gaoc@ubuntu: ~/gaoc-lab
remote: *****
remote:
remote: AUTOTEST SYSTEM
remote:
remote: *****
remote: You have changed the branch:refs/heads/lab4-exam.
remote: 2015 07 21 21:38:06 J CST
remote: Autotest: Begin
remote:
remote: 569db4fd83
remote: /home/git/temp/569db4fd83
remote: Cloning into 'gaoc-lab'...
remote: Switched to a new branch 'lab4-exam'
remote: Branch lab4-exam set up to track remote branch lab4-exam from origin.
remote: Already up-to-date.
remote: /home/git/temp/569db4fd83/log/1437485890.log
remote:
remote: @@@@@@@@@@@@@@@@@@
remote: Cleaning the project.....
remote: for d in mm user boot drivers init lib ;
remote: do
remote: make --directory=$d clean; \
remote: done; \
remote: rm -rf *.o *~ gxemul/vmlinux
remote: make[1]: 正在进入目录 `/home/git/temp/569db4fd83/mm'
remote: rm -rf *~ *.o
remote: make[1]:正在离开目录 `/home/git/temp/569db4fd83/mm'
remote: make[1]: 正在进入目录 `/home/git/temp/569db4fd83/user'
remote: rm -rf *~ *.o *.b.c *.x *.b
remote: make[1]:正在离开目录 `/home/git/temp/569db4fd83/user'
remote: make[1]: 正在进入目录 `/home/git/temp/569db4fd83/boot'
```

预备知识问题



Linux	小计	比例
熟悉	1	3.45%
使用过	16	55.17%
没使用，但知道	9	31.03%
不知道	3	10.34%
本题有效填写人次	29	

GCC	小计	比例
熟练	0	0%
使用过	16	55.17%
没用过，但知道	8	27.59%
不知道	5	17.24%
本题有效填写人次	29	

make	小计	比例
熟练	0	0%
使用过	13	44.83%
没用过，但知道	11	37.93%
不知道	5	17.24%
本题有效填写人次	29	

vi	小计	比例
熟练	5	17.24%
使用过	17	58.62%
没用过，但知道	3	10.34%
不知道	4	13.79%
本题有效填写人次	29	

Gxemul	小计	比例
熟练	0	0%
使用过	8	27.59%
没用过，但知道	10	34.48%
不知道	11	37.93%
本题有效填写人次	29	

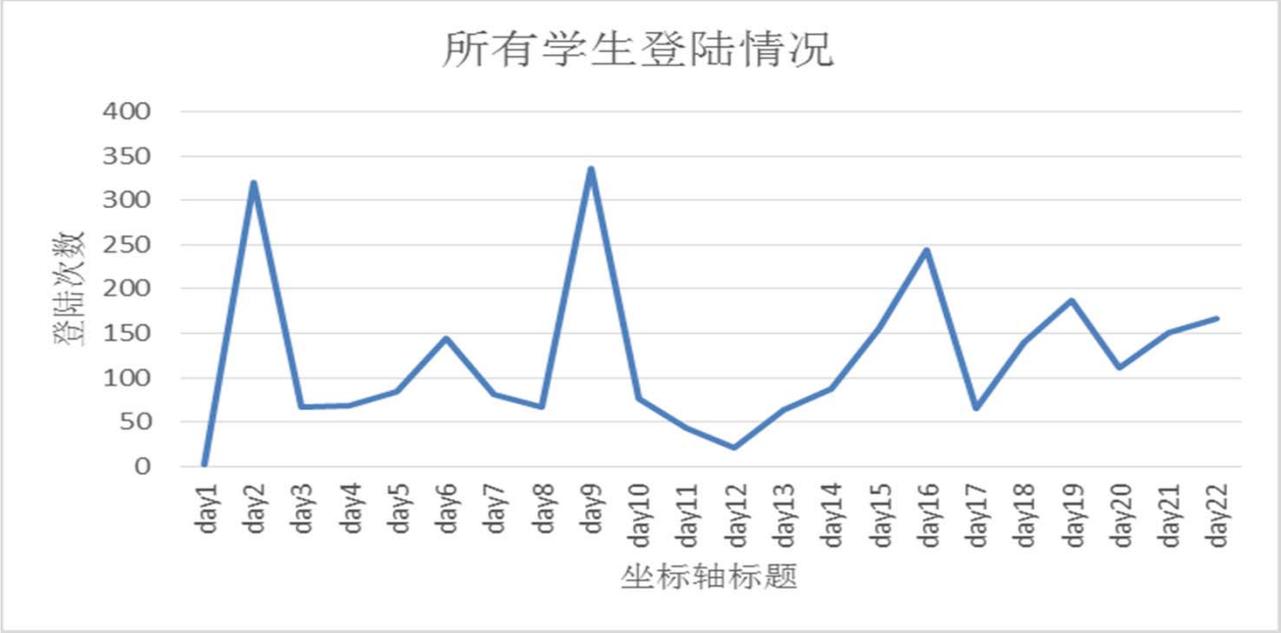
lds	小计	比例
熟练	0	0%
使用过	9	31.03%
没用过，但知道	5	17.24%
不知道	15	51.72%
本题有效填写人次	29	

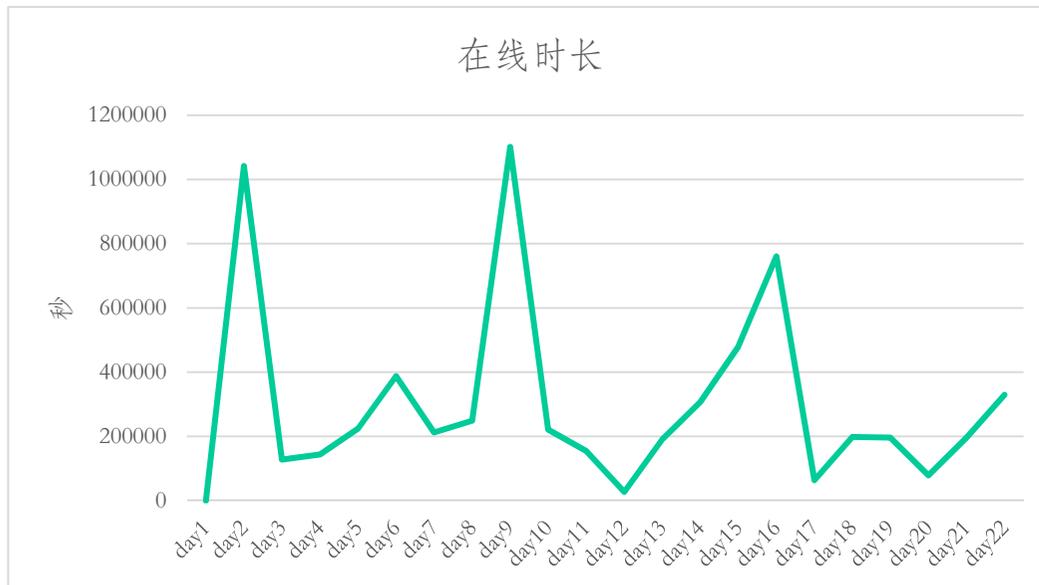
shell	小计	比例
熟练	3	10.34%
使用过	14	48.28%
没用过，但知道	6	20.69%
不知道	6	20.69%
本题有效填写人次	29	

git	小计	比例
熟练	3	10.34%
使用过	18	62.07%
没用过，但知道	4	13.79%
不知道	4	13.79%
本题有效填写人次	29	

解决方案

- 增加lab2的时间（本学期）
- 与其他课程协商，在其他课程中训练
- 下学期增加一个星期培训





实验用时对比

- Lab1平均在线时间12小时
- Lab2平均在线时间9.8小时

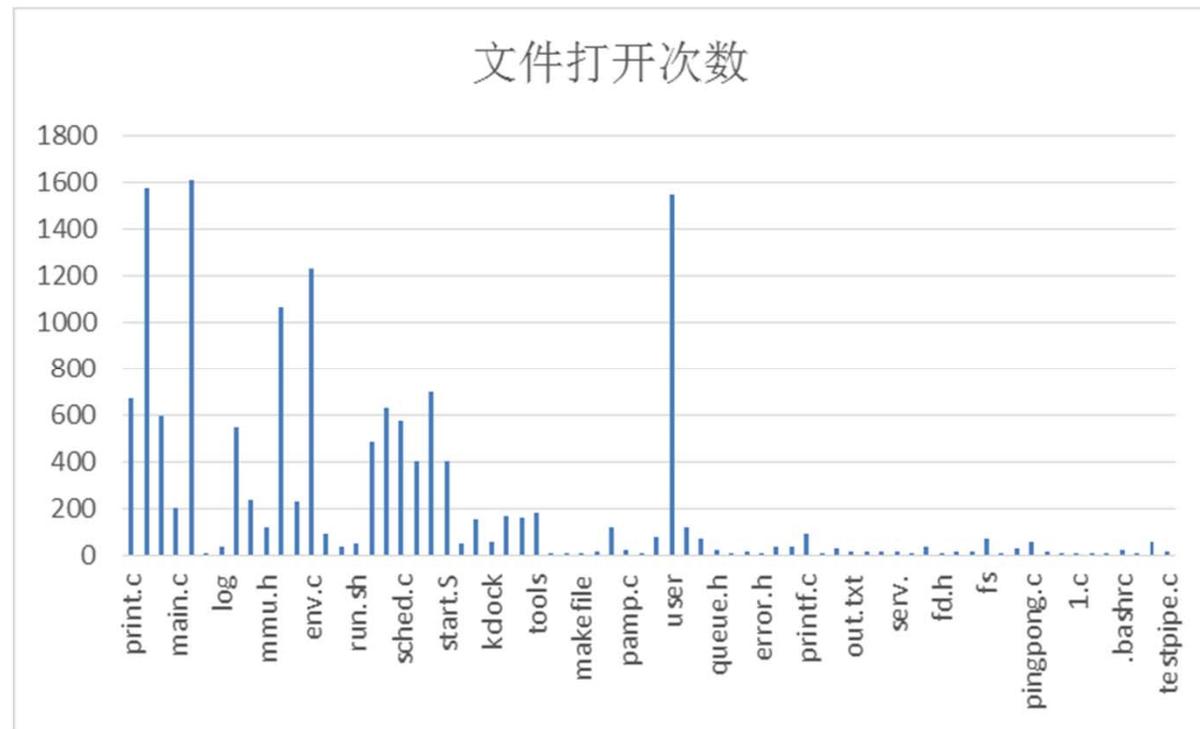
选项	小计	比例
2~3小时	0	0%
3~5小时	2	5.56%
5~8小时	10	27.78%
8~12小时	9	25%
12~16小时	7	19.44%
16小时以上	8	22.22%
本题有效填写人次	36	

实验时间问题

- 单纯增加实验时间效果不好
- 减少实验的粒度
- 实验期限1周提交1次最好

实验难度问题1

- 通过平时提问发现，学生在体系结构相关问题比较多，但是学生对实验中相关代码阅读并不多（mmu.h、genex.S、syscall.S等）
- 如何引导学生阅读一些难以理解的代码？增加一些代码相关问题。



实验难度问题2

题目 \ 选项	很简单	不难	中规中矩	比较难	很难	平均分
Lab1	10(27.78%)	7(19.44%)	12(33.33%)	2(5.56%)	5(13.89%)	2.58
Lab2	1(2.78%)	3(8.33%)	5(13.89%)	14(38.89%)	13(36.11%)	3.97
Lab3	0(0%)	1(2.78%)	7(19.44%)	15(41.67%)	13(36.11%)	4.11
Lab4	0(0%)	0(0%)	6(16.67%)	10(27.78%)	20(55.56%)	4.39

题目 \ 选项	很简单	不难	中规中矩	比较难	很难	平均分
Lab1-exam	9(25%)	17(47.22%)	9(25%)	0(0%)	1(2.78%)	2.08
Lab2-exam	2(5.56%)	8(22.22%)	10(27.78%)	11(30.56%)	5(13.89%)	3.25
Lab3-exam	1(2.78%)	8(22.22%)	16(44.44%)	7(19.44%)	4(11.11%)	3.14

原因与解决方案

- 教师与学生的知识储备不同
- 做前面实验时并没有真正掌握，只是测试点通过了
- 积累问题导致后面的实验越来越难
- 仅仅测试还不够，需要增加实验点评

成绩与实验过程数据的相关性

- 做完lab5~6同学在登录次数、在线时间、阅读文件数、提交次数与平均值对比（lab2现象）

Lab1在线时间	Lab2在线时间	打开文件数	Lab1登录次数	Lab2登录次数
44277.42105	42565.34211	147.4211	22.75	25.45833
43714.08497	35146.84314	101.1467	21.86179	17.61789

Lab1提交文件次数	Lab2提交文件次数
25.42105	59.5
25.41176	79.65359

实验完成情况对比

- 2013（实验班20人）
 - 100%完成实验4
 - 70%完成实验5和6
- 2014
 - 38%完成实验4
 - 8%完成实验5和6
- 2015
 - 62%完成实验4
 - 46%完成实验5和6

谢谢！ 敬请指正！