

# 大数据系统可靠性基准测试 ReliabilityBench

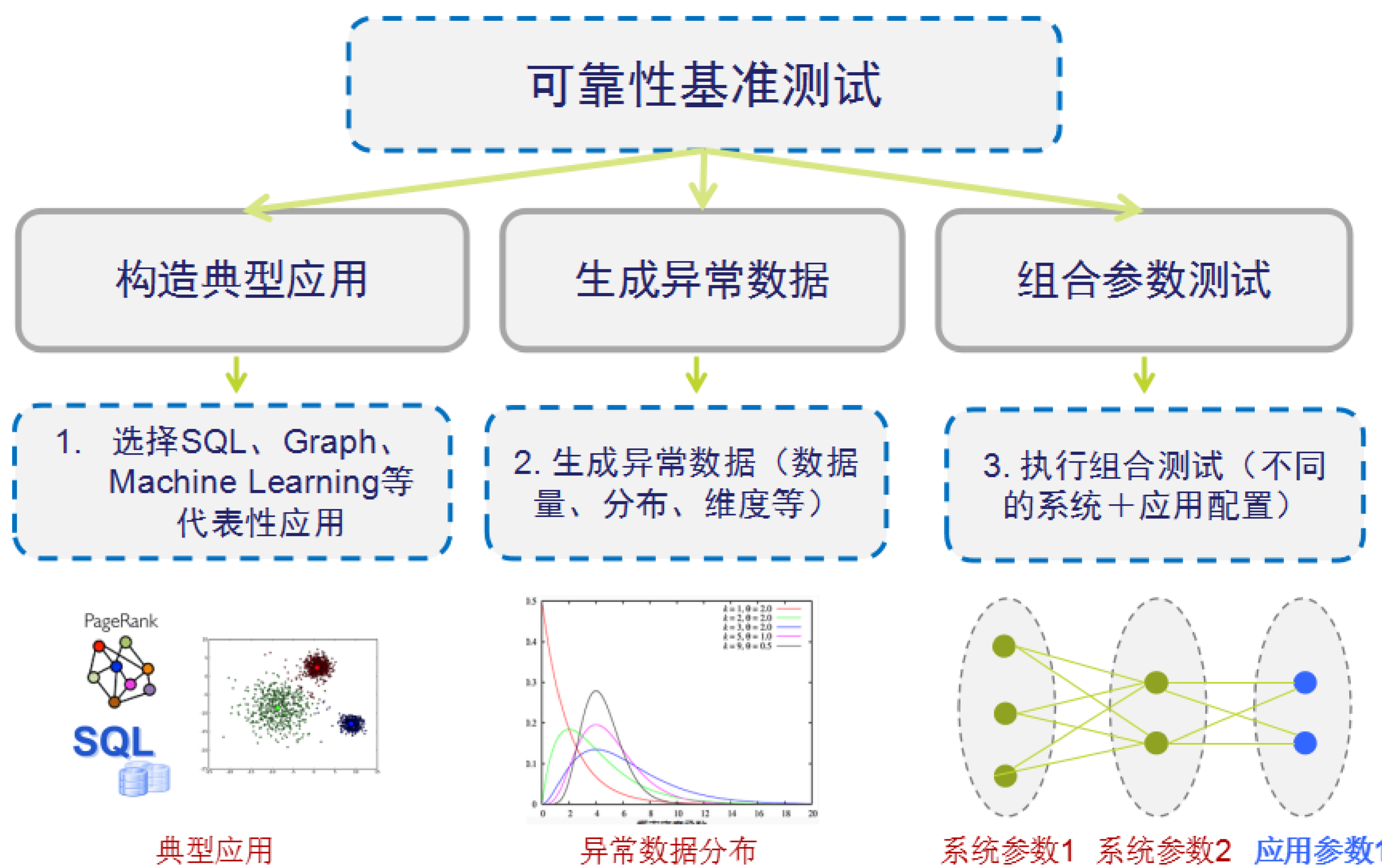
系统研发团队：郑莹莹，许利杰，刘重瑞，沈雯婷，赵伟，王伟

联系我们：zhengyingying14@otcaix.iscas.ac.cn

“大数据系统的运行是否可靠？有没有隐藏的缺陷？”  
“数据处理和分析结果靠不靠谱？”  
“系统升级是否引入了新的问题？”

系统上线运行前，应用开发、运维人员和用户是否还在为这些问题“纠结”？

ReliabilityBench是一种面向大数据系统的可靠性测试框架，提供大数据SQL查询、大规模图分析以及机器学习等广泛使用的典型应用，并根据应用的计算特征生成满足异常规则的测试数据，同时利用组合测试技术削减参数组合空间。该框架可用于提前发现大数据系统、应用和数据存在的可靠性问题。



## 典型应用构造

针对社交网络、搜索引擎、数据采集及数据查询等应用场景，结合现有大数据系统基准测试中提供的应用类型，选取了若干SQL、Graph、Machine Learning以及Streaming类型、使用广泛并且具有一定计算特征的应用作为典型应用。

类别	应用	计算属性
SQL	Scan	单表操作
	Aggregate	单表操作
	Join	多表关联
	Mix	混合操作
Graph	PageRank	迭代计算
	TriangleCount	
	ConnectedComponents	
	SingleSourceShortestPaths	
Machine Learning	LogisticsRegression	分类算法、迭代计算
	K-means	聚类算法、迭代计算
	ALS	交替最小二乘法
	RandomForest	分类、回归、宽度优先树
	SVM	分布式双梯度下降
Streaming	WindowJoin	数据流的关联操作
	WindowWordCount	数据流的flatMap操作

## 异常数据生成

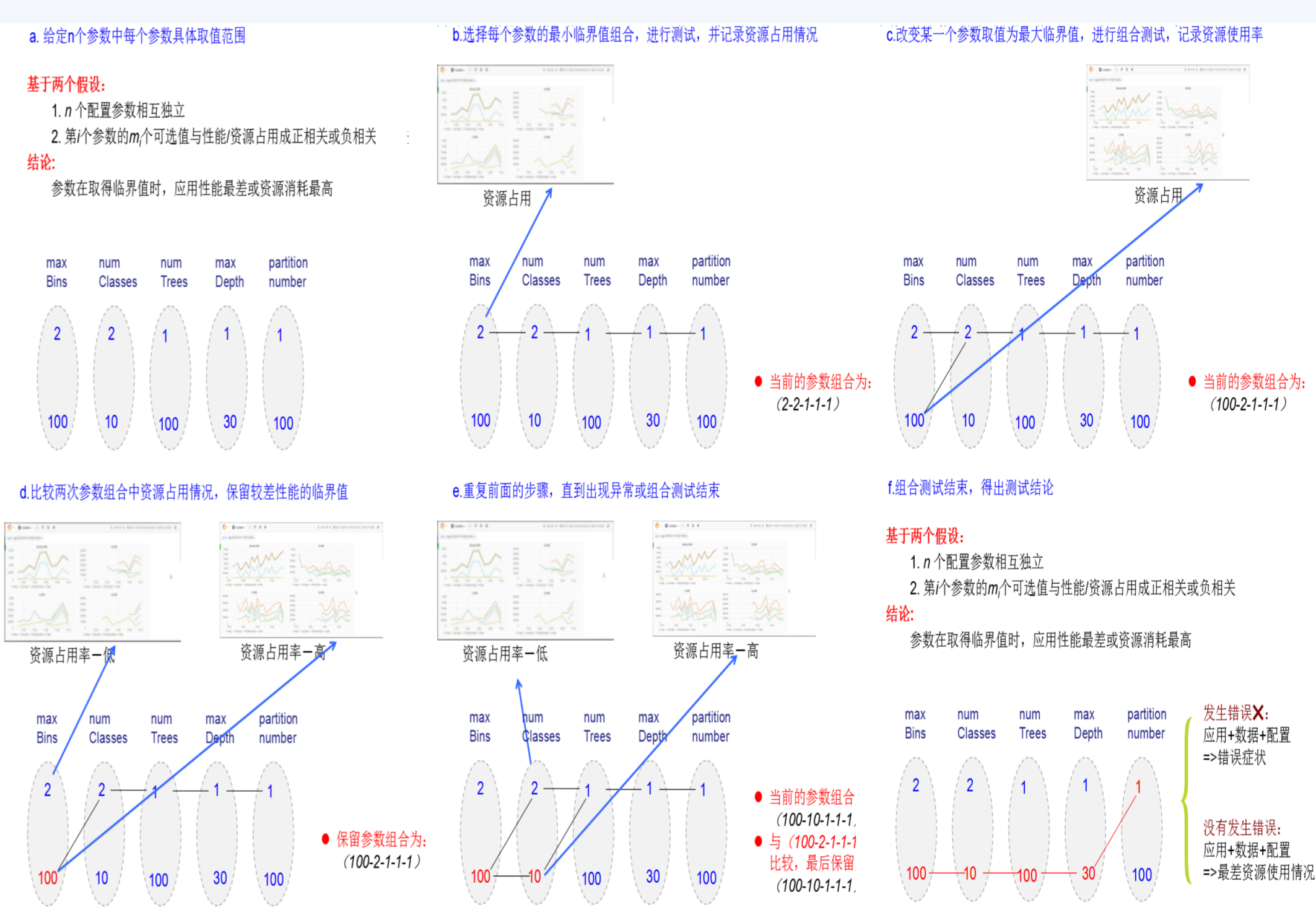
将具有以下特征的数据称为异常数据：数据量大、数据倾斜、数据稀疏、数据维度高以及数据分布异常。

异常数据生成的步骤如下：1. 给定一个应用；2. 分析应用计算特性；3. 根据应用特征，选取异常规则；4. 生成异常数据。

应用类型	计算特性	异常规则	异常数据
SQL	SQL基础查询语句中Scan、Aggregate、Join等应用在处理key/value对，其计算复杂度与key的分布相关。	数据量大 数据倾斜	1. 对影响较小的属性列，采用范围内的均匀分布； 2. 对两表连接的关联列以及满足Zipf定律的属性列，采用Zipf分布生成倾斜数据。
Graph	Graph中的应用大多需要迭代计算，在以顶点为中心的迭代模型中，如果顶点收集消息阶段有很重的操作时，单个顶点的计算压力会增大。	数据量大 数据稀疏 数据分布异常	1. 使用泊松分布生成顶点分散的图； 2. 使用Zipf分布生成顶点度异常分布的稀疏图。
Machine Learning	Machine Learning中的应用（如LogisticRegression和K-means等）采用矩阵特征作为输入数据，因此其计算与矩阵特征（1. 矩阵总大小；2. 矩阵维度；3. 每个矩阵列的分布；4. 矩阵稀疏性等）有关系。 其它应用，如RandomForest等，需要在内存中保存宽度优先树并使用随机采样来训练树。当数据维度过高时，资源使用量也增加。	数据量大 数据稀疏 数据分布异常	1. 原始数据扩展生成异常数据； 2. 随机合成满足不同维度、实例数、稀疏度以及异常分布（高斯分布、伽马分布、泊松分布、指数分布、Zipf分布及其混合）等数据。

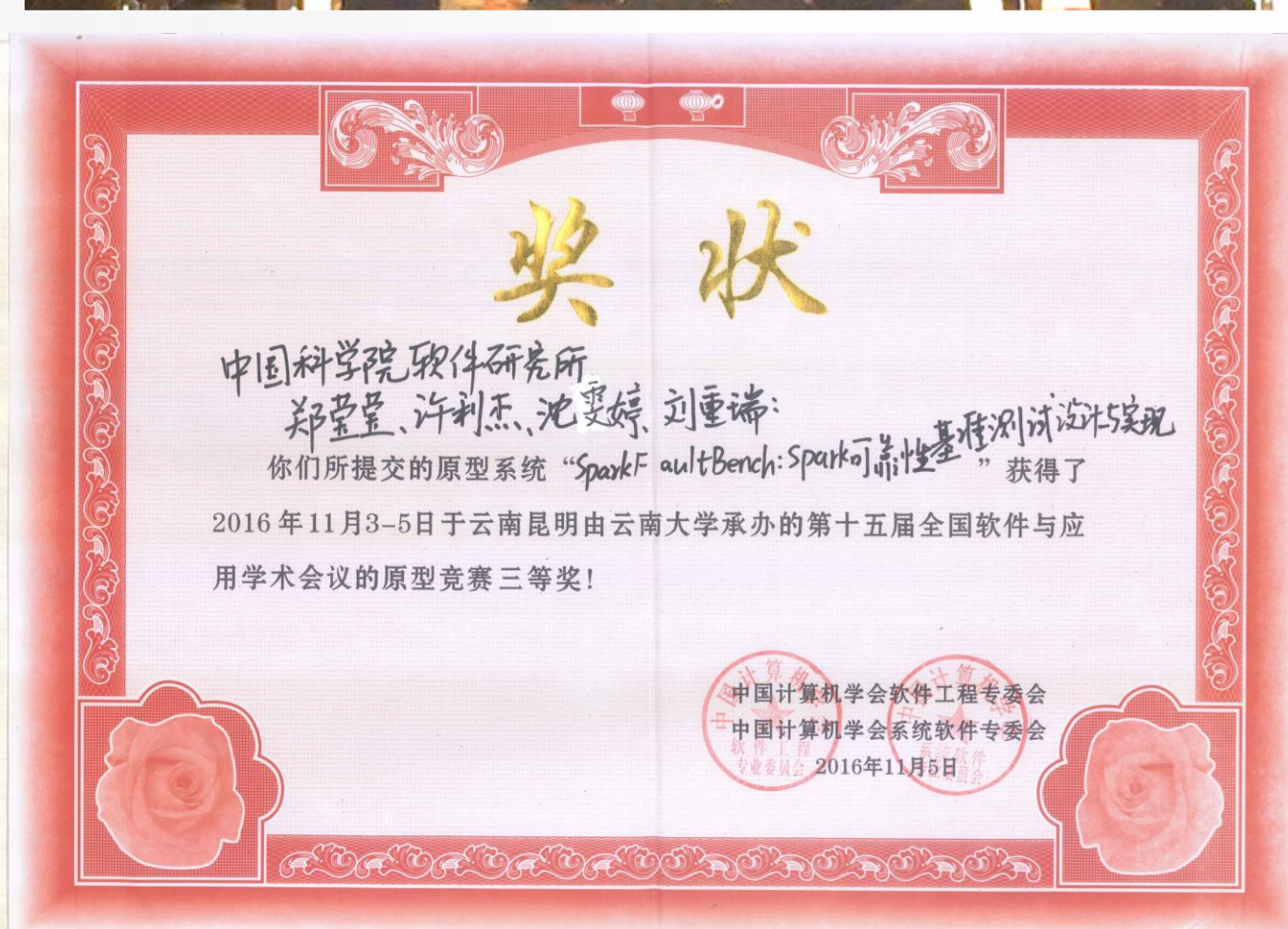
## 组合参数测试

大数据系统参数包括：系统参数（可能会影响系统数据分配或任务分配等的参数）和应用参数（应用或算法本身运行时需要的参数）。针对上述参数，在两个假设（参数相互独立及参数取值与资源占用有正负相关性）的基础上，使用贪心算法进行参数组合空间削减测试。针对参数取值不满足相关性要求的，使用探测性方法来确定参数取值。



## 系统获奖及论文发表

- ✓ 2016年度OW2国际程序竞赛第2名
- ✓ 2016年度NASAC软件系统竞赛三等奖
- ✓ ICDCS 2017 JCC Workshop论文

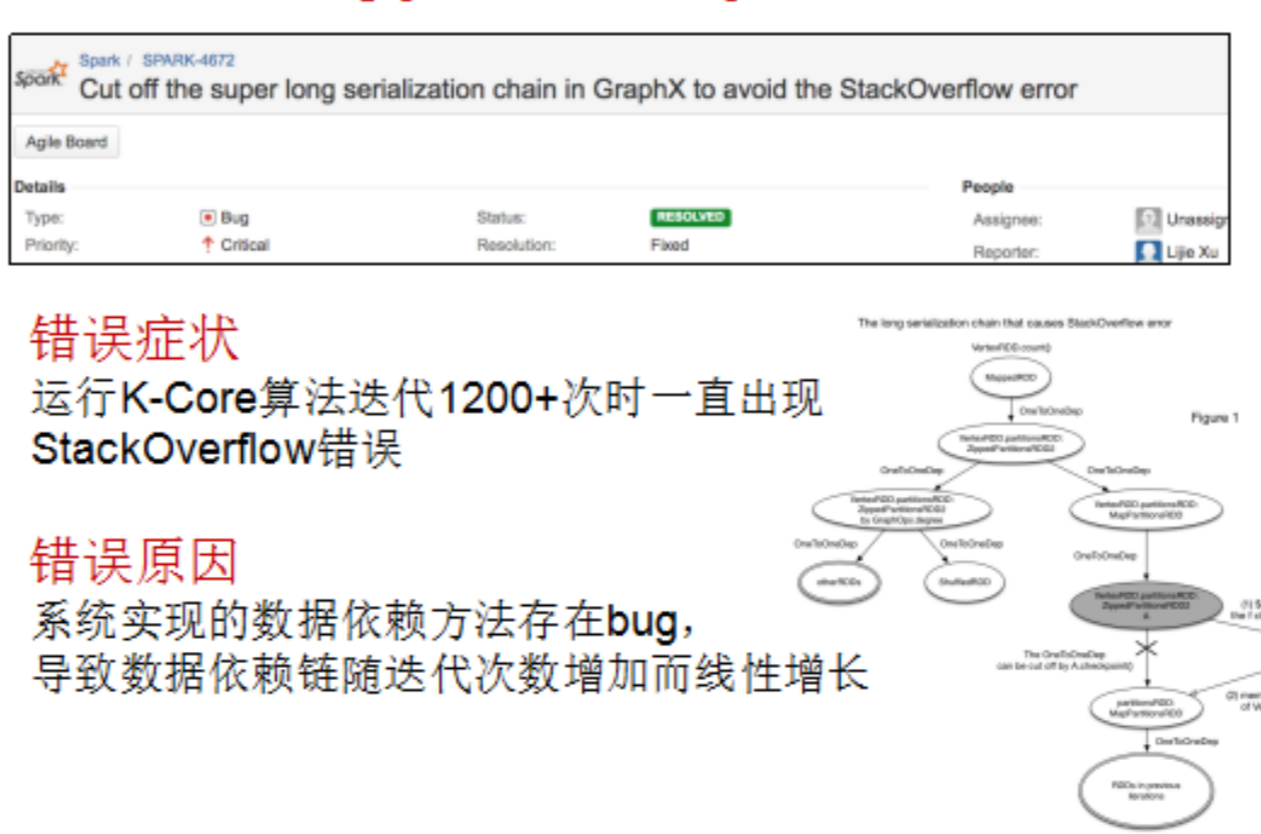


## 评测发现的系统缺陷与应用错误

目前已发现Apache Spark系统的1个严重系统缺陷和6个应用错误：

- ✓ 发现的严重bug [SPARK-4672]，适用于所有的迭代图应用
- ✓ Join查询：小表内连接大表出现内存溢出错误
- ✓ Mix查询：一表同时参与多次Join操作时计算结果错误
- ✓ RandomForest应用：在数据维度高、多实例数、数据混合分布时出现内存溢出错误
- ✓ LogisticsRegression应用：在数据量大、数据维度高、倾斜数据时出现运行超时错误
- ✓ ALS应用：在数据量大以及迭代次数多时出现内存溢出错误
- ✓ PageRank应用：在数据量大以及数据倾斜时出现内存溢出错误

### 发现的严重bug [SPARK-4672]—适用于所有的迭代图应用



应用名	输入数据	配置参数/操作描述	错误类型
Join	10GB 倾斜数据	小表Inner Join大表	内存溢出
Mix	10GB 倾斜数据	一表多次Join操作	计算结果出错
RandomForest	1 百万实例, 1000 维度, 伽马、泊松混合分布	numTrees=100, maxDepth=30, dimensions=1000	内存溢出
LogisticsRegression	1.05GB 倾斜数据, 20216830 维度	split=268.25MB, partitionNum=4	运行超时
ALS	3GB 数据量	numIterations=20, sampleFraction=0.001, dataFeature=20	StackOutOfMemory
PageRank	10GB 数据, 1 百万顶点, 2 千万边	收敛精度=0.001	内存溢出