中国科学院计算技术研究所 INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

北京开源芯片研究院 BEIJING INSTITUTE OF OPEN SOURCE CHIP

香山开源处理器社区 XiangShan Open-Source Processor Community



XSCC：高性能RISC-V编译器

报告人 王陆霖


中国科学院计算技术研究所
INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY ,CHINESE ACADEMY OF SCIENCES


北京开源芯片研究院
BEIJING INSTITUTE OF OPEN SOURCE CHIP


香山开源处理器社区
XiangShan Open-Source Processor Community

香山高性能编译团队

香山编译团队简介

- **计算所编译团队：长期从事编译与编程研究**



- **北京开源芯片研究院编译团队：研-产传播（2023-未来）**
- **长期联合：** 山东科技大学 傅游团队 | 西华师范大学 何先波团队 | 北京邮电大学 王雪莹团队



香山编译团队跨架构分析方法

多负载分析

高性能计算

- SPEC CPU 2006
- SPEC CPU 2017
- SPEC CPU 2026

嵌入式

- CoreMark
- Dhrystone

AI加速器

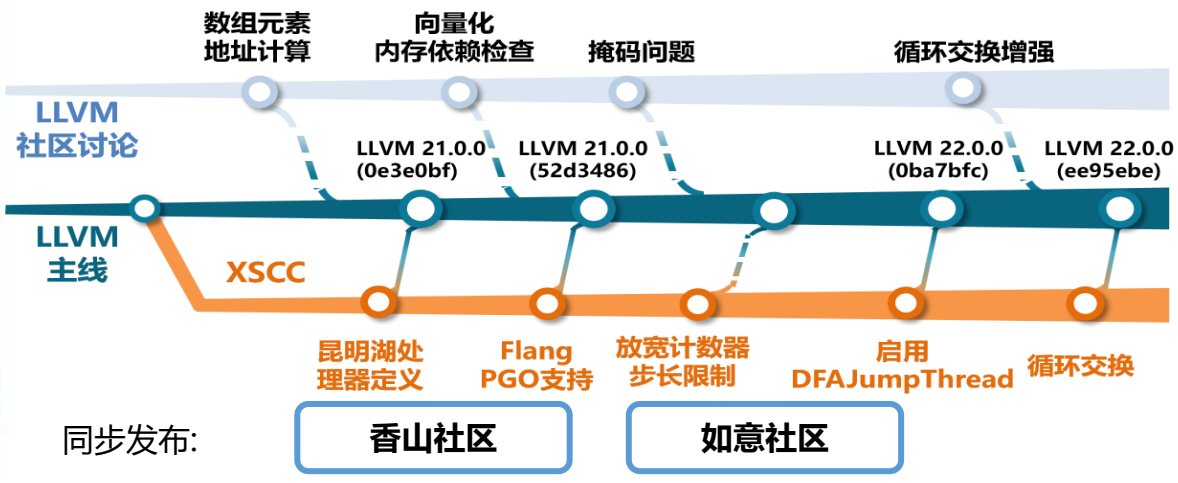
- TSVC
- LianXiang

编译器优化分析

性能分析

- 访存相关优化
- 控制流优化
- 地址计算提升
- 分支相关优化
- 循环优化
- 向量化探索
- 新型加速指令探索

优化设计与社区贡献

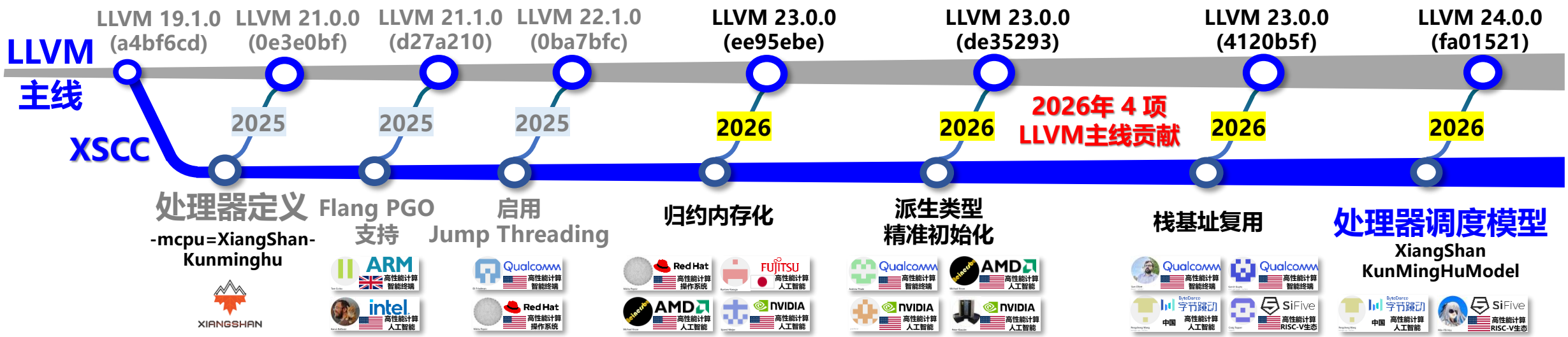


同步发布: 香山社区 | 如意社区

跨架构分析

- XuanTie C910/C920
- SpacemiT X60/X100
- **KMHv2/v3**
- Intel/AMD
- ARM Neoverse N2/V2/V3

XSCC 团队主线贡献



优化循环计数器 讨论中

[IndVarSimplify] Eliminated Pure LoopCounter #146845

优化点：放宽循环计数器步幅限制，激发多循环优化潜力

社区建议：涉及基础优化结构，影响较大，需进一步验证

关注者：

循环强度削弱 讨论中

[RFC]LoopStrengthReduce Missed in Outer Loops Containing Inner Loops

优化点：降低归纳变量计算强度，增加循环与向量化优化机会

社区建议：现有设计较为老旧，建议进一步分析其影响

关注者：

向量访存分析增强 讨论中

[RFC] LLVM Vectorization Memory Analysis needs improvement

优化点：提升访存关系分析能力，提供自动向量化机会

社区建议：涉及放宽访存检查要求，还需谨慎讨论验证

关注者：

条件分支合并 讨论中

[RISC-V] Add Conditional Branch Combine Pass #191158

优化点：自动合并长链条件分支以降低分支密度、缓解前端压力

社区建议：社区整体认可优化思路，建议考虑跨架构方案

关注者：

冗余临时变量消除 讨论中

[flang] Avoid unnecessary temporaries for PARAMETER actual arguments passed to INTENT(IN) dummies #197636

优化点：避免创建不必要的临时变量，减少拷贝开销

社区建议：支持减少无谓拷贝，需进一步分析，确保在只读内存场景下不会引入潜在崩溃

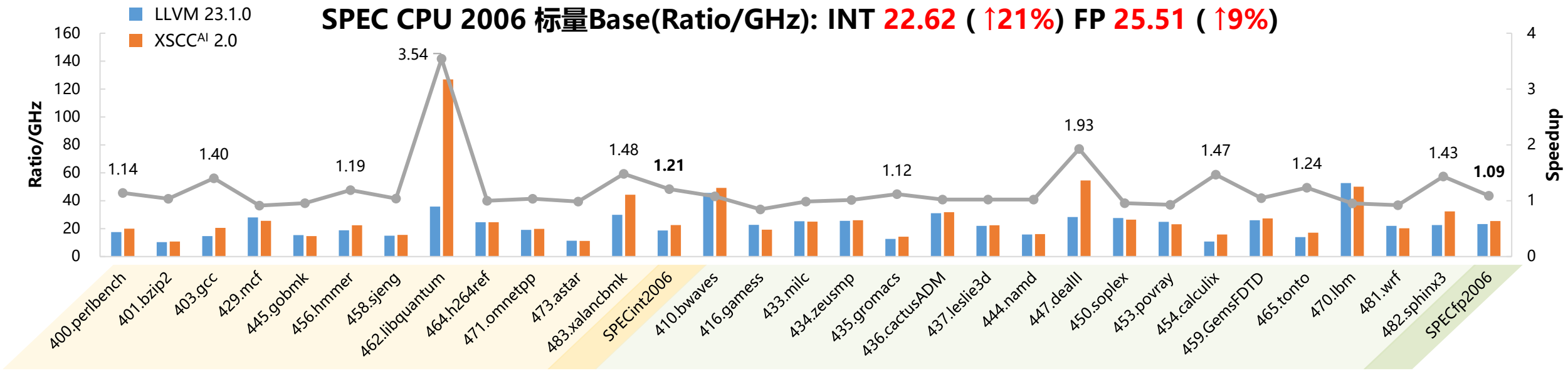
关注者：

香山高性能RISC-V编译器

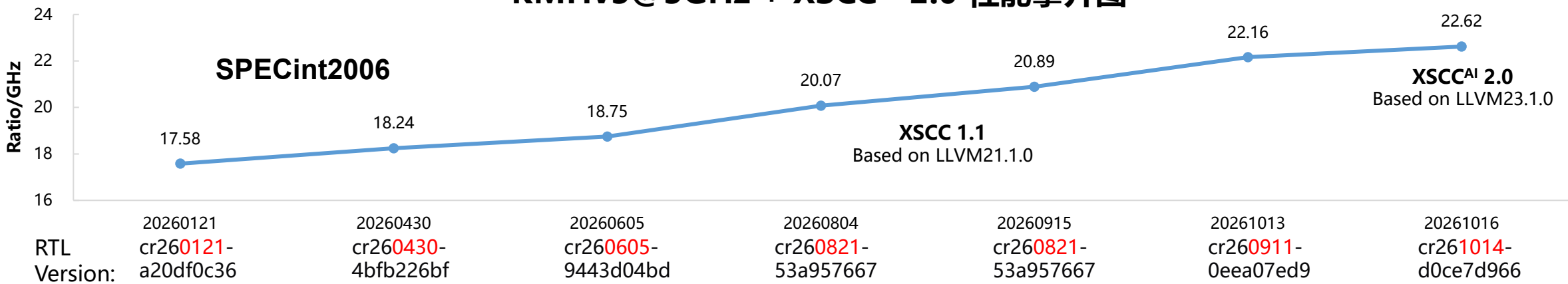
XSCC^{AI} 2.0

香山高性能RISC-V编译器——XSCC^{AI} 2.0

KMHv3@3GHz + XSCC^{AI} 2.0

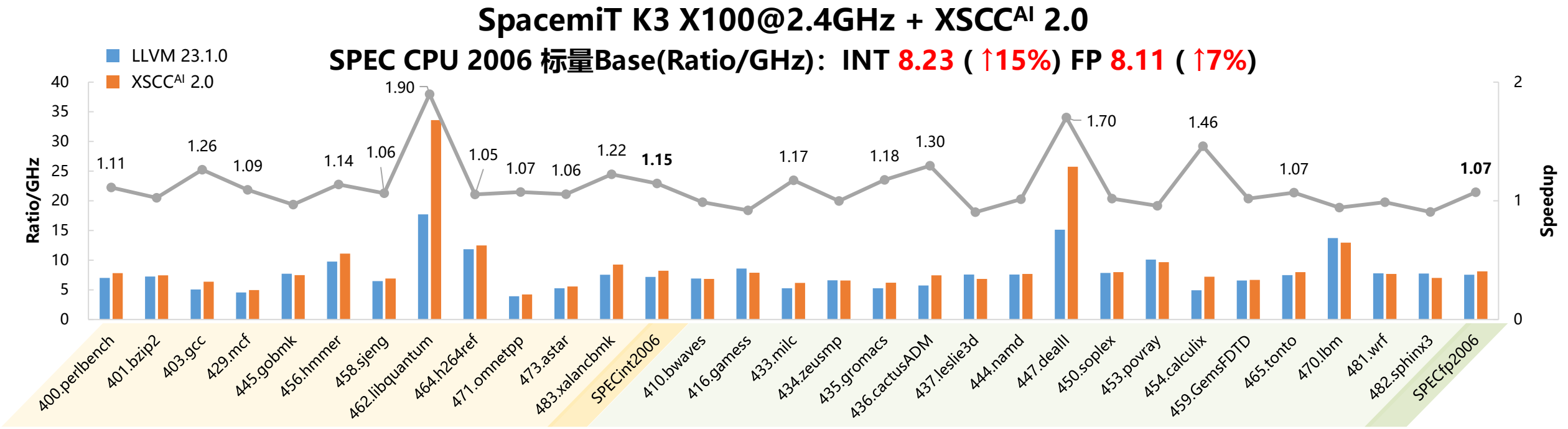


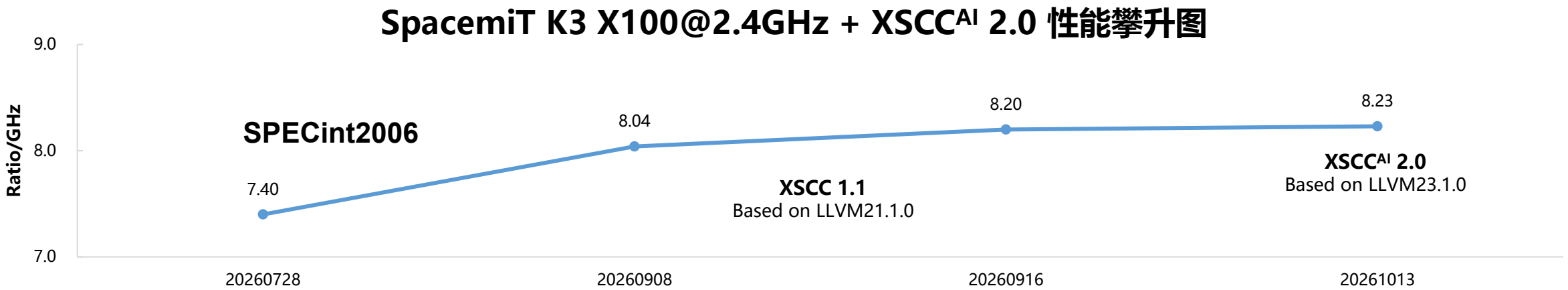
KMHv3@3GHz + XSCC^{AI} 2.0 性能攀升图



*数据来源：https://riscv100.top

香山高性能RISC-V编译器——XSCC^{AI} 2.0





*数据来源：https://riscv100.top

XSCC^{AI} OPTer

充分挖掘“ Single Instruction, **Multiple Data**”，实施高性能的融合映射

基于 LLM 构建指令级别融合的知识库增强 XSCC 优化变型的能力

1 OPTer Agent 挖掘高端指令集优化方案

- 源代码 + LLVM IR 双层语义分析
- 识别循环、依赖与访存模式
- 借鉴 x86 / ARM ISA 优化知识，生成候选映射

核心特点：扩大向量化ISA选择空间

LLVM 默认向量化

SSE2 | AVX2 | AVX 512F | AVX 512VL | … | FMA | AVX512 VNNI | …

OPTer Agent 挖掘映射

OPTer 优化方案

SSE2 | AVX2 | AVX 512F | AVX 512VL | … | FMA | AVX512 VNNI | …

2 XSCC^{AI} OPTer 优化模块设计

语义正确性 | 编译运行 | Perf / Runtime

候选映射 / OPTer Pass → 编译、运行与性能验证

1.78× 相比 LLVM 默认向量化加速比 以TSVC s115为例

反馈迭代

3 XSCC^{AI} OPTer Pass 优化映射实现

候选映射 / OPTer Pass → 编译、运行与性能验证

RISC-V			Arm			x86	
IME	VME	AME	NEON	SVE	SME	VNNI	AMX

XSCC^{AI} 编译器

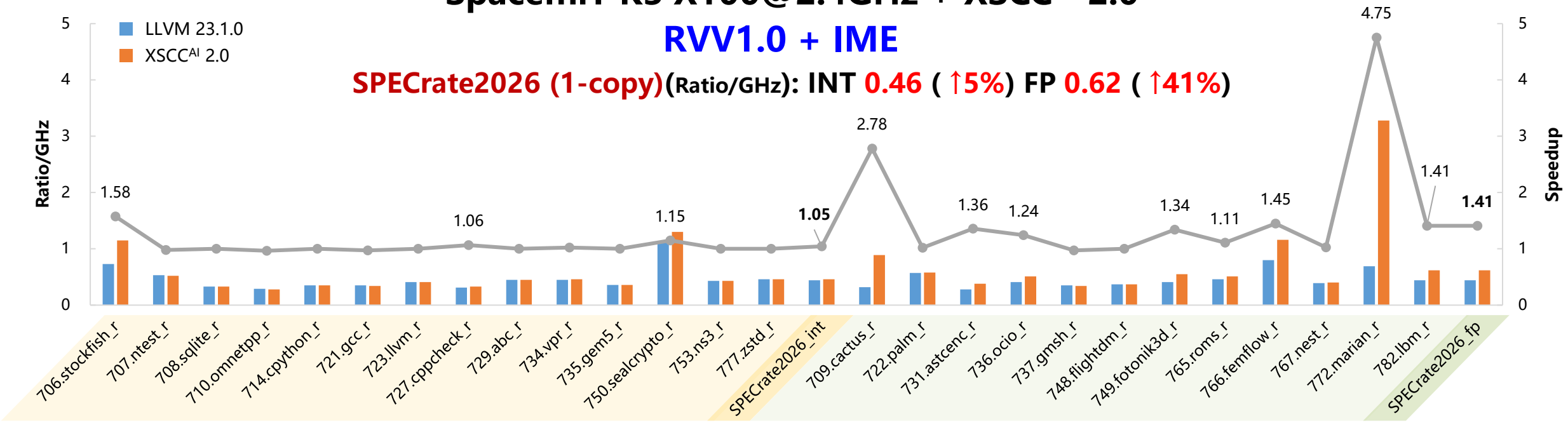
新型应用程序 → OPTer Pass → 高效指令流

香山高性能RISC-V编译器——XSCC^{AI} 2.0

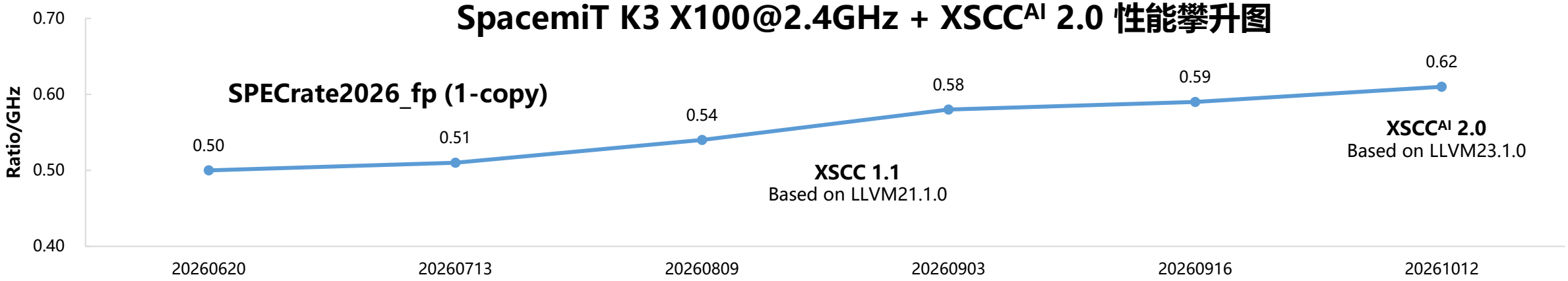
SpacemiT K3 X100@2.4GHz + XSCC^{AI} 2.0

RVV1.0 + IME

SPECrate2026 (1-copy)(Ratio/GHz): INT 0.46 (↑5%) FP 0.62 (↑41%)



SpacemiT K3 X100@2.4GHz + XSCC^{AI} 2.0 性能攀升图

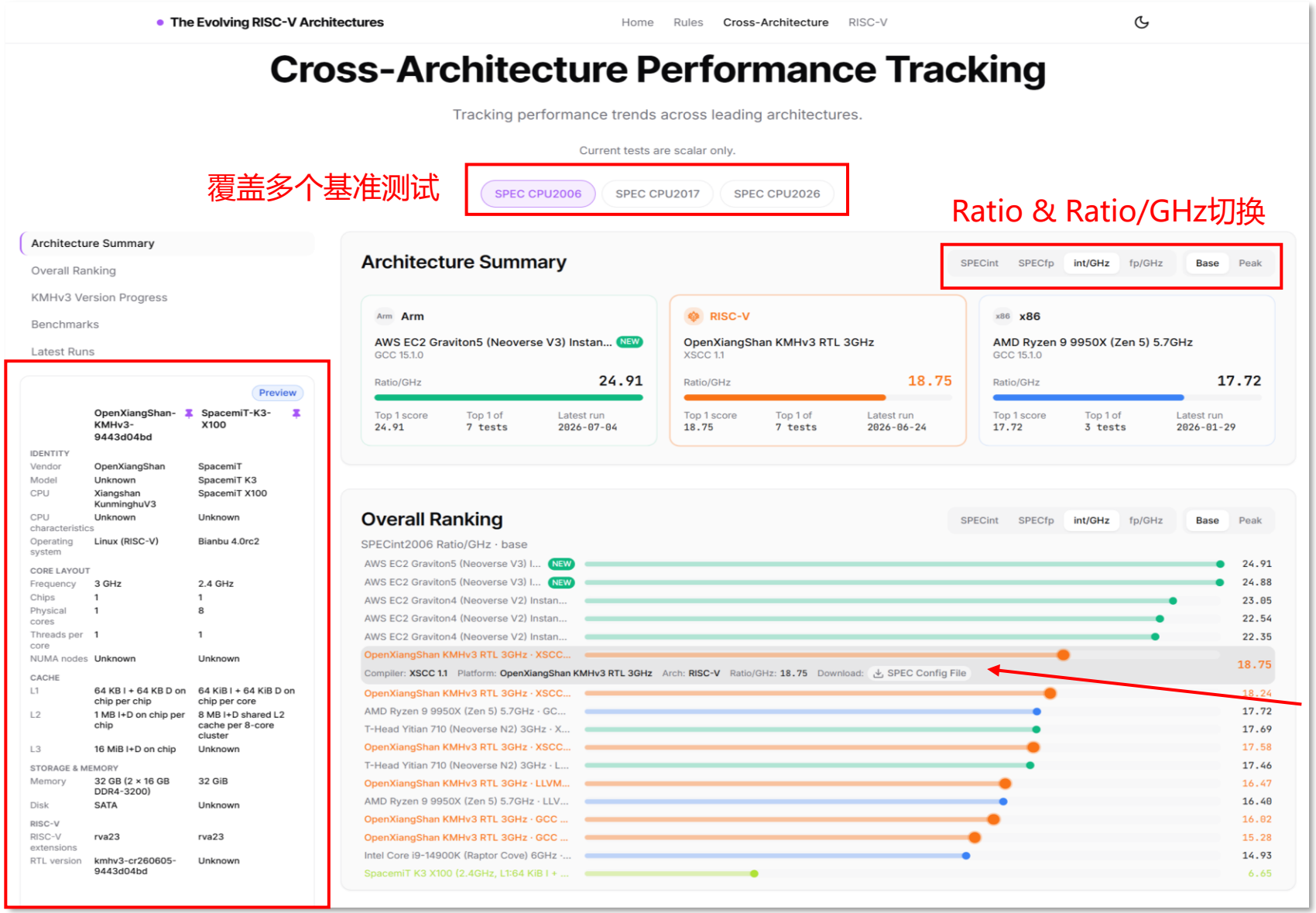


*数据来源：https://riscv100.top

演进式RISC-V架构性能评测

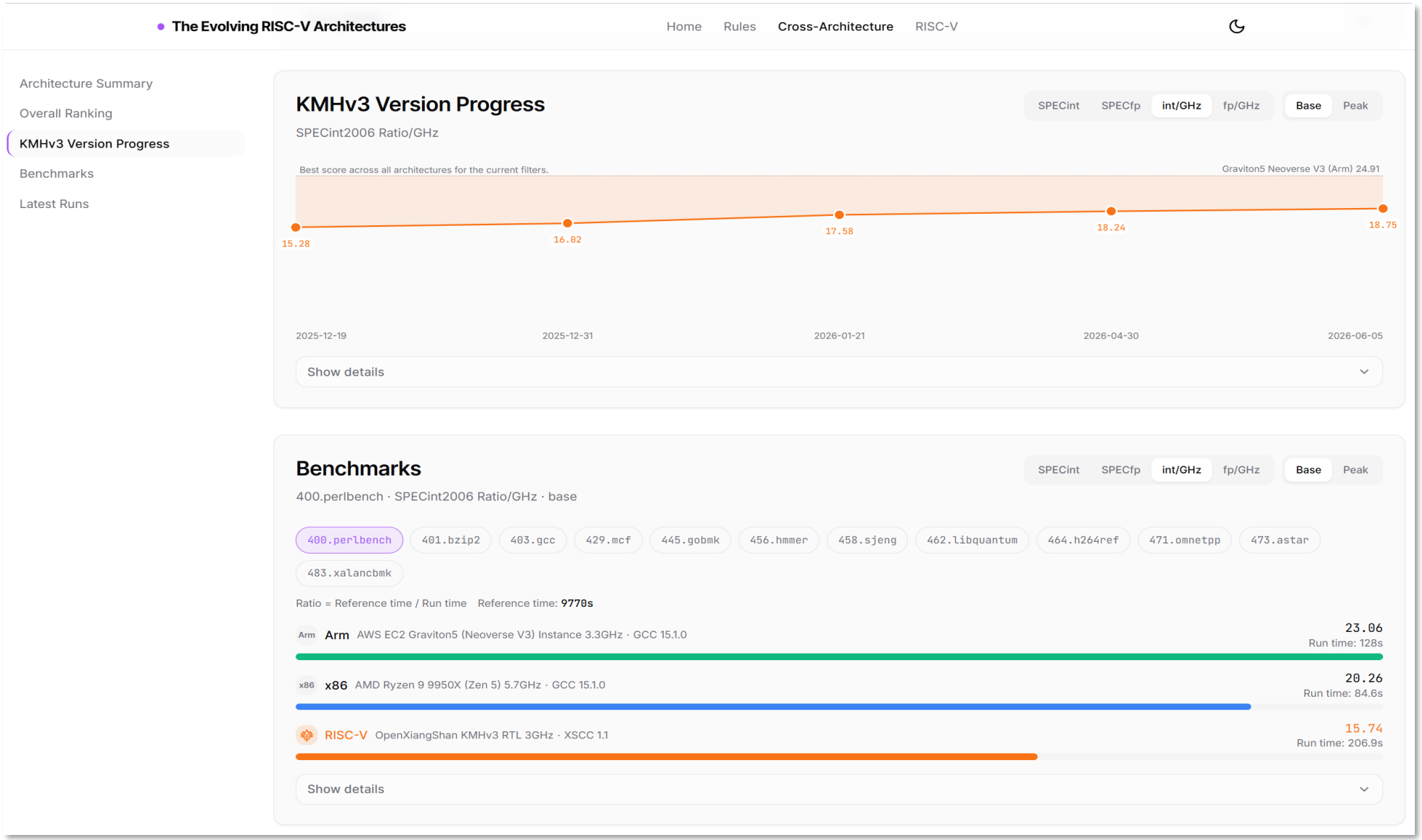
演进式RISC-V架构性能评测平台

https://riscv100.top



演进式RISC-V架构性能评测平台

https://riscv100.top



XiangShan
Kunminghu
性能演进过程

各个子项的
跨架构对比

KMHv3 + XSCC 性能

https://riscv100.top

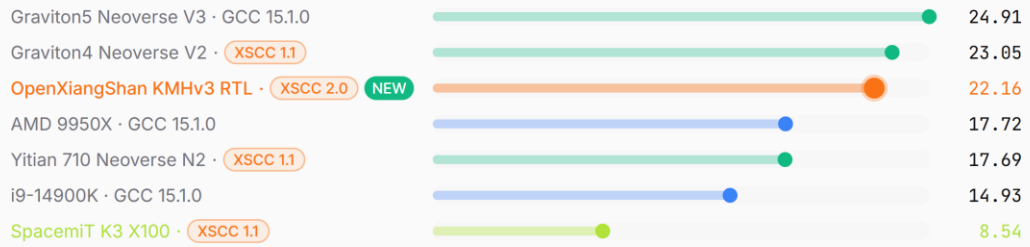
跨架构对比

Overall Ranking

SPECint2006 Ratio/GHz · base

SPECint | SPECfp | int/GHz | fp/GHz | Base | Peak

SPECint2006



Show details

Overall Ranking

SPECspeed2017_int Ratio/GHz · base

SPECint | SPECfp | int/GHz | fp/GHz | Base | Peak

SPECspeed2017_int



Show details

RISC-V 架构对比

Overall Ranking

SPECint2006 Ratio/GHz · base

SPECint | SPECfp | int/GHz | fp/GHz | Base | Peak

SPECint2006



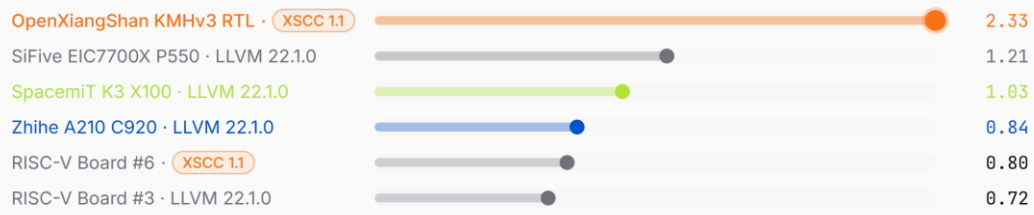
Show details

Overall Ranking

SPECspeed2017_int Ratio/GHz · base

SPECint | SPECfp | int/GHz | fp/GHz | Base | Peak

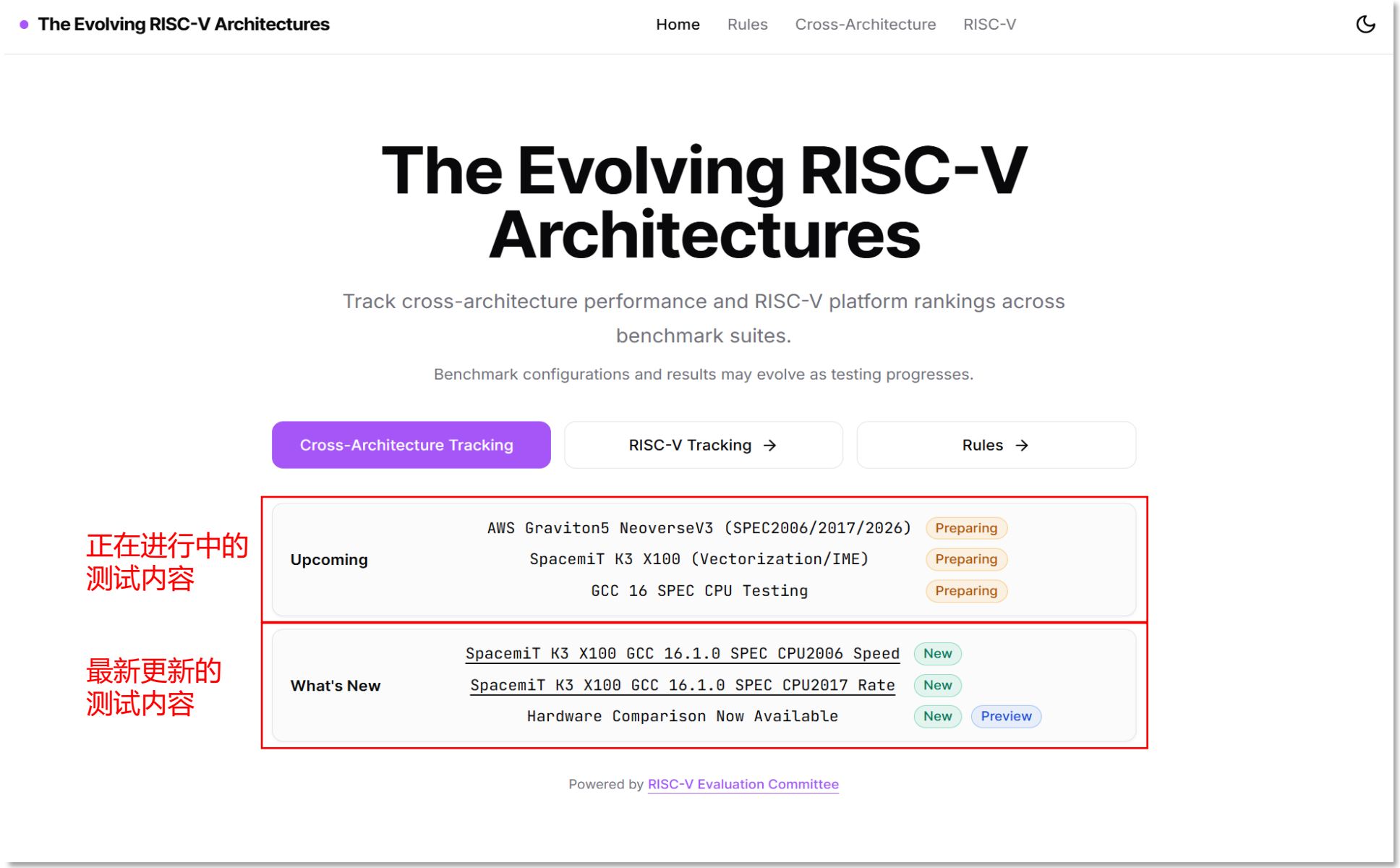
SPECspeed2017_int



Show details

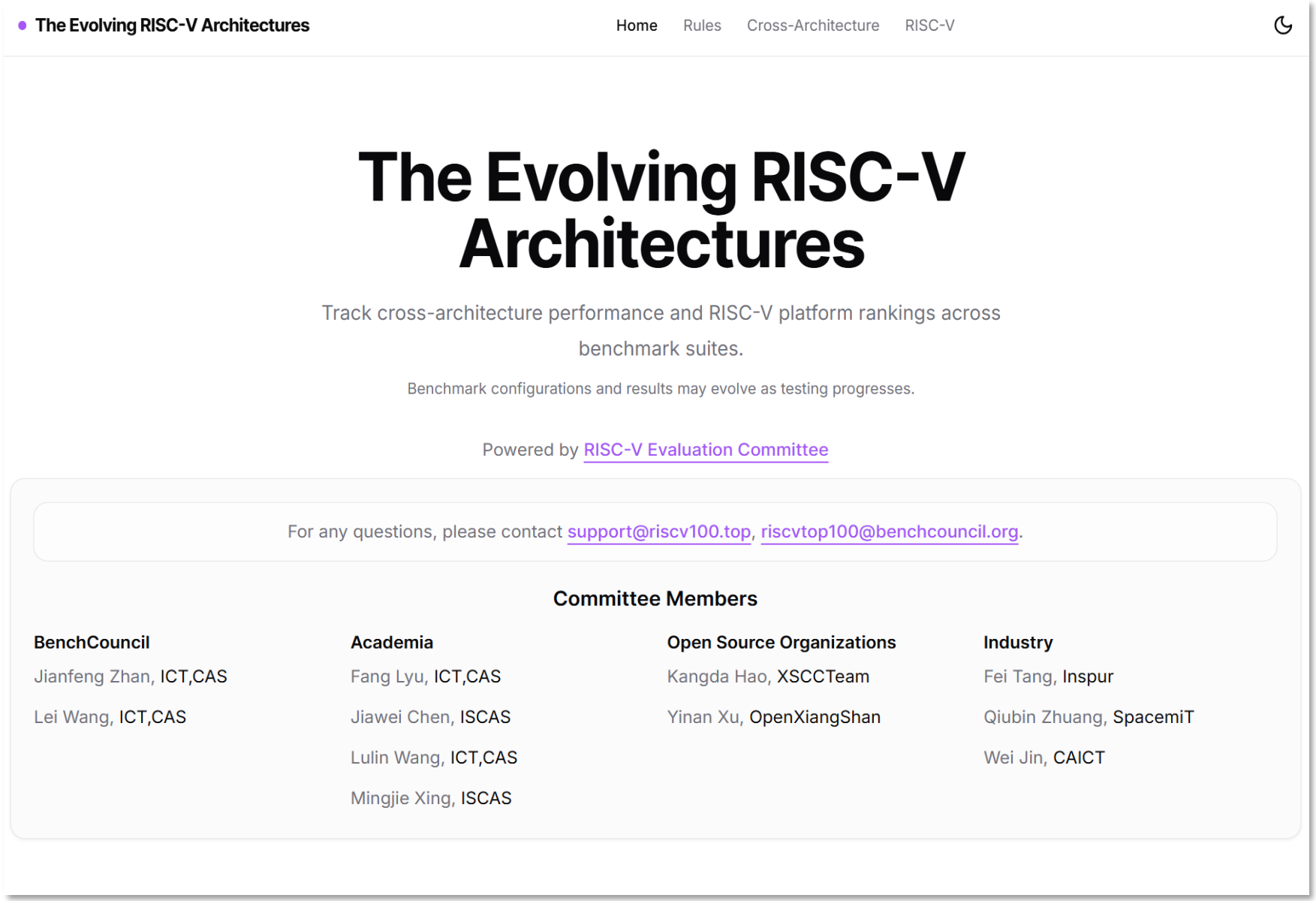
演进式RISC-V架构性能评测平台

https://riscv100.top



演进式RISC-V架构性能评测平台

https://riscv100.top



委员会成员构成：

国际测试委员会

中科院计算所

中科院软件所

北京开源芯片研究院

浪潮集团

进迭时空

中国信息通信研究院

感谢支持！

欢迎大家批评指正！

OpenXiangShan/xscc