

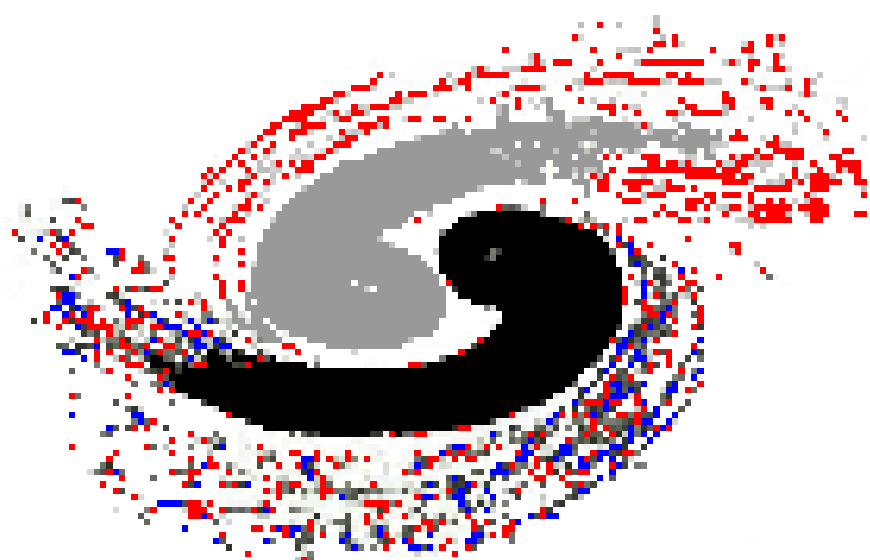
课题五： 基于国产超算的格点软件和数据 进展交流



报告人：陈莹

依托单位：中国科学院高能物理研究所

CCAST, 2023年4月26日



中国科学院高能物理研究所



CLQCD

报告提纲

- 一、软件方面
- 二、组态方面
- 三、完成的工作
- 四、展望

一、软件方面

★课题五和北航的合作

- ◎ 面向格点软件新框架研发的任务：
 - DDQ在天河三上的适配研发和优化
 - MetaTensor的基础功能研发、各种插件研发
- ◎ 与北航栾钟治团队有长期的成功合作
(此前每周五下午；此后每周三下午)
 - 合作承担了科技部重点研发专项
 - 面向神威架构的SWLQCD软件
 - CVM的测试和改进
 - CVM在天河三原型机上的移植与优化
 - OSP在天河三上的移植



一、软件方面

目前工作进展：

- 实现了DDQ在天河三的DSP上的移植适配并成功运行
- 实现了DDQ在天河三的CPU和DSP之间的通用任务推送功能
- 为DDQ添加了算子优先级功能
- MetaTensor的一些基础功能函数正在开发中，进展基本顺利
- 包含memcpy/dmcopy的datacopy插件正在开发中，将是第一个实用的“通用数据传输代码生成器”

关于DDQ适配天河三的技术：

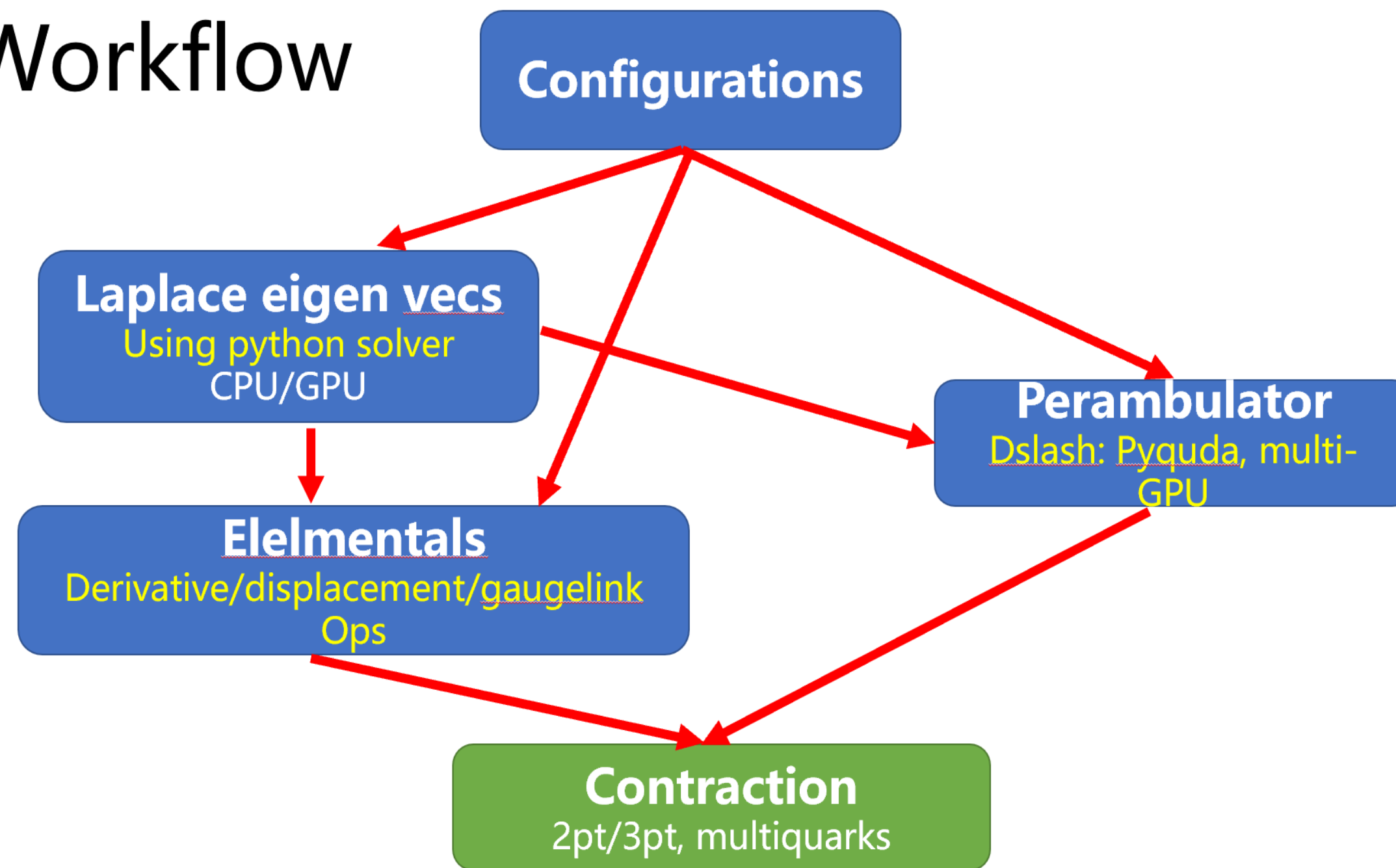
- 节点上有CPU核+DSP簇。DDQ运行在1CPU+所有DSP核上，两级主从结构。
- 主调度器可以把“计算图”打包推送给从调度器，然后从调度器按依赖关系逐步运行图中的算子。
- 设计考虑了异构内存的复杂情况，可以处理数据的打包和转发，保证数据对算子可见。
- 所有数据传输都是异步进行的，实现与计算负载并发

一、软件方面

★一个蒸馏算法的易用Python包——EasyDistillation (X.Y. Jiang & C.J. Shi)

Available : <https://github.com/IHEP-LQCD/EasyDistillation>

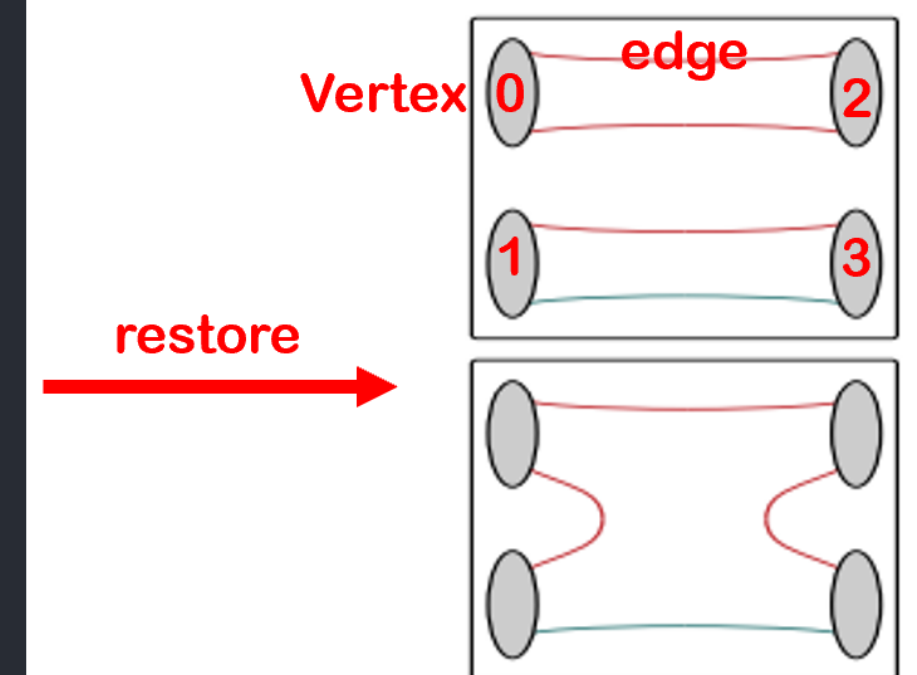
Workflow



Graph representation system

- 1) Define source i , sink j .
- 2) define `edgeList` = [None, `line_ charm`, `line_light`, `line_local_light`]
- 3) Adjacency matrix $A[i, j] = k$:
 k -th edge(s) from i -th to j -th vertex

```
D_D = QuarkDiagram([[0, 1], [1, 0]])
Ds_Ds = QuarkDiagram([[0, 1], [1, 0]])
DDsbar_DDsbar_direct = QuarkDiagram([
    [0, 0, 1, 0],
    [0, 0, 0, 2],
    [2, 0, 0, 0],
    [0, 1, 0, 0],
])
DDsbar_DDsbar_cross = QuarkDiagram([
    [0, 0, 2, 0],
    [3, 0, 0, 0],
    [0, 0, 0, 3],
    [0, 2, 0, 0],
])
```



一、软件方面

• Input: wave function
(src/sink, flavour, insertion)
Many terms ...

• Graphs

• Optimizations orders
• compute contractions

Automatic Contraction
2pt/3pt, multiquarks

Automatic! More complex systems, many wave function terms, 2+1 light hadrons.

二、组态方面

β	a_s (fm)	ξ_g	ξ_f	m_π (MeV)	$L^3 \times T$	N_{conf}
2.0	0.1517	4.95	5.30	350	$16^3 \times 128$	7000
2.0	0.1517	4.95	5.30	350	$24^3 \times 192$	800
2.0	0.1361	5.036	4.978	415	$16^3 \times 128$	800
2.0	0.1361	5.060	4.956	360	$16^3 \times 128$	800
2.0	0.1361	5.022	4.956	305	$16^3 \times 128$	800
2.0	0.1361	5.044	5.043	305	$24^3 \times 192$	800
2.0	0.1361	5.050	5.017	245	$16^3 \times 128$	800

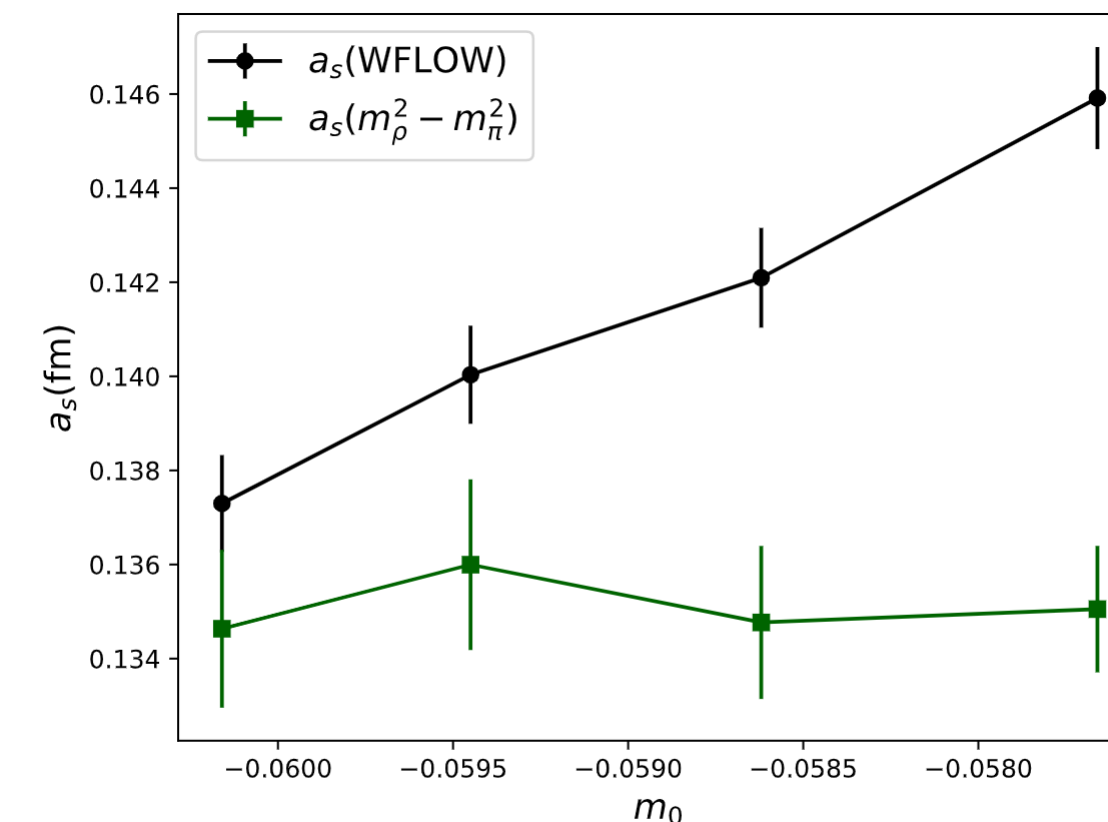
1. Quark mass Dependence

2. Hadron-hadron Scattering

⊙ 新组态：轻夸克perambulators已经产生完成，需要调strange和charm价夸克参数；

⊙ 定标： $\Delta m^2 \equiv m_V^2 - m_{PS}^2 \approx 0.56 - 0.58 \text{ GeV}^2$

$q_l \bar{q}$	m_V (GeV)	m_{PS} (GeV)	$m_V^2 - m_{PS}^2$ (GeV ²)
$n\bar{n}$	0.775	0.140	0.581
$n\bar{s}$	0.896	0.494	0.559
$s\bar{s}$	1.020	0.686 [35]	0.570
$n\bar{c}$	2.010	1.870	0.543
$s\bar{c}$	2.112	1.968	0.588
$n\bar{b}$	5.325	5.279	0.481
$s\bar{b}$	5.415	5.367	0.523



三、完成的工作

★ 已发表或完成，并致谢重大项目的文章：

1. 1^{-+} Hybrid in J/ψ Radiative Decays from Lattice QCD
Feiyu Chen, Xiangyu Jiang, Ying Chen, Ming Gong, Zhaofeng Liu, Wei Sun, Chunjiang Shi,
Phys. Rev. D 107, 054511 (2023)

No. 11935017, No. 12075253, No. 12070131001 (CRC 110
by DFG and NNSFC), No. 12175063, No. 12205311, and
No. 12293065. The Chroma software system [46] and QUDA

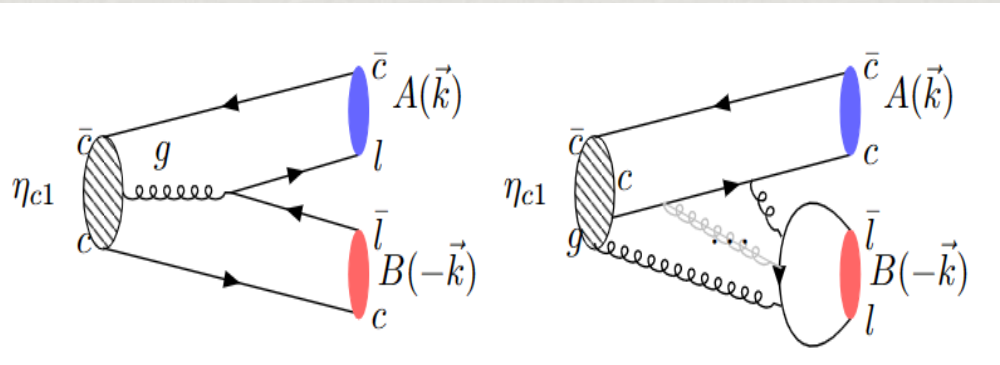
2. RI/(S)MOM renormalizations of overlap quark bilinears with different levels of hypercubic
smearing
Yujinag Bi, Ying Chen, Ming Gong, Fangcheng He, Keh-Fei Liu, Zhaofeng Liu, Yi-Bo Yang,
Dian-Jun Zhao, arXiv:2302.01659 [hep-lat]

China under Contract No. 2020YFA0406400 and by the National Natural Science Foun-
dation of China (NSFC) under Grants No. 12075253, 11935017, 12192264, 12293065,
12047503, 12293062. K. L. is supported by the U.S. DOE Grant No. DE-SC0013065

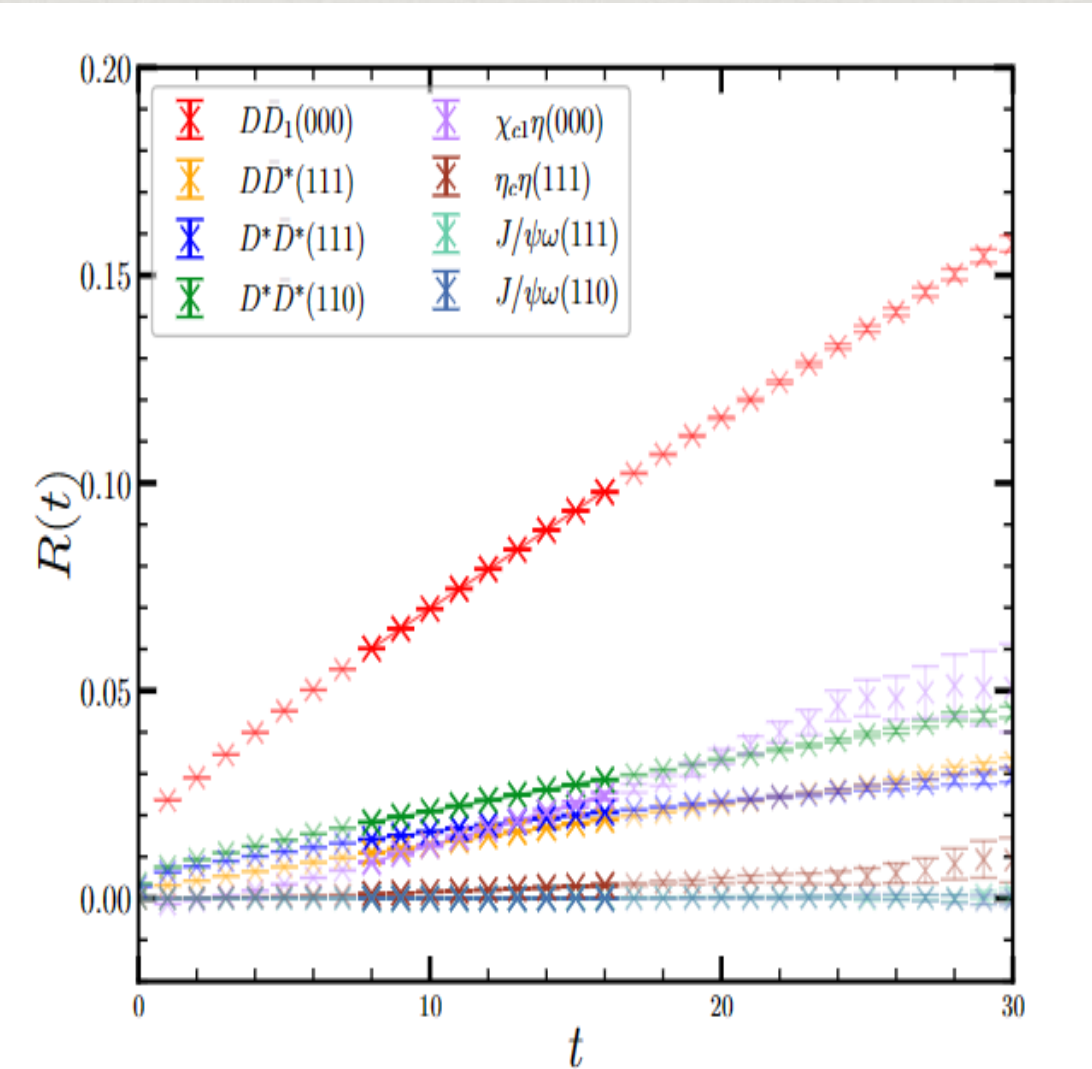
★即将完成的工作:

ence Foundation of China (NNSFC) under Grants No. 11935017, No. 12293060, No. 12293061, No. 12293065, No.12075253, No. 12070131001 (CRC 110 by DFG and NNSFC), No. 12175063, No. 12205311. The Chroma

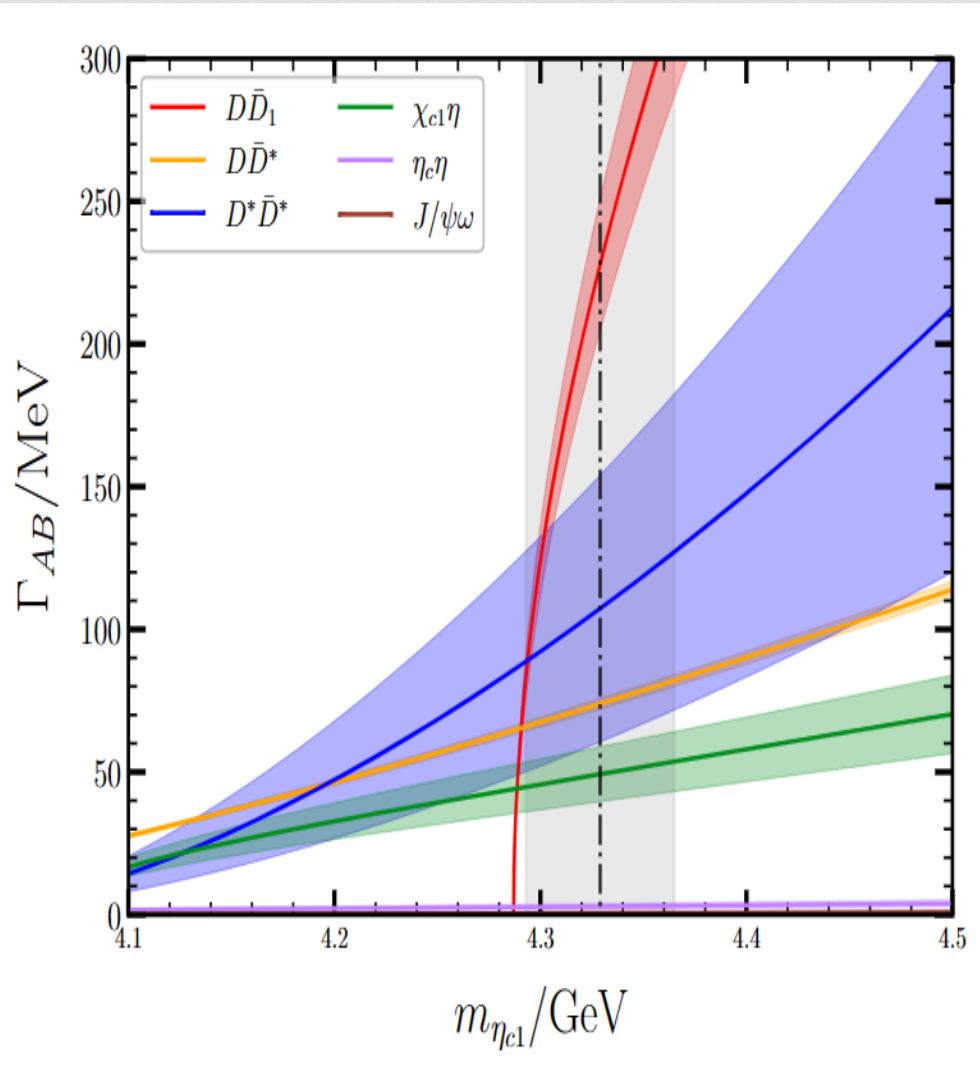
- Decays of 1^{-+} Charmoniumlike Hybrid
Chunjiang Shi, Ying Chen, Feiyu Chen, Ying Chen, Ming Gong, Xiangyu Jiang, Zhaofeng Liu, Wei Sun, in preparation



$$R_{AB}(\vec{k}, t) = \frac{C_{AB, \eta_{c1}}^{33}(\vec{k}, t)}{\sqrt{[C_{AA}(\vec{k}, t)C_{BB}(-\vec{k}, t)]^{33}C_{\eta_{c1}, \eta_{c1}}^{33}(\vec{0}, t)}} \\ \approx t \left(1 + \frac{1}{24}(a_t \Delta t)^2\right) \frac{1}{\sqrt{8L^3 m_{\eta_{c1}} E_A E_B}} \\ \times \sum_{\lambda(\lambda' \lambda'')} \frac{a_t x_{AB}^{(\lambda' \lambda'') \lambda} [\epsilon_{(\lambda' \lambda'')}^3(\vec{k}, AB) \epsilon_{\lambda}^{3*}(\vec{0})]}{\sqrt{\mathcal{P}_A(\vec{k}) \mathcal{P}_B(-\vec{k}) \mathcal{P}_{\eta_{c1}}^{33}(\vec{0})}} t$$



Mode (AB)	$\hat{k}(\text{IE})$	r_1 ($\times 10^{-3}$)	g_{AB}	g_{AB} (ave.)	Γ_{AB} (MeV)
$D_1 \bar{D}$	(000)(L16)	4.74(1)	4.10(2)	4.3(2)	228(106)
	(000)(L24)	2.86(4)	4.54(7)		
$D^* \bar{D}$	(111)(L16)	1.02(1)	7.70(5)	7.6(1)	74(9)
	(220)(L24)	0.70(2)	7.53(13)		
$D^* \bar{D}^*$	(111)(L16)	0.83(1)	2.85(2)	3.9(9)	107(51)
	(110)(L16)	1.295(8)	4.25(3)		
	(200)(L24)	0.83(2)	3.98(7)		
	(111)(L24)	0.49(20)	4.59(10)		
$\chi_{c1} \eta(2)$	(000)(L16)	1.999(50)	1.29(4)	1.4(2)	—
	(000)(L24)	1.34(38)	1.58(9)		
$\eta_c \eta(2)$	(111)(L16)	0.25(2)	1.60(8)	1.9(3)	—
	(220)(L24)	0.25(4)	2.26(35)		
$J/\psi \omega$	(111)(L16)	0.019(3)	0.060(9)	0.05(4)	0.52(26)
	(200)(L24)	0.0052(47)	0.043(40)		



二、研究内容、研究目标和研究方案

★时空非对称格子上的规范组态序列

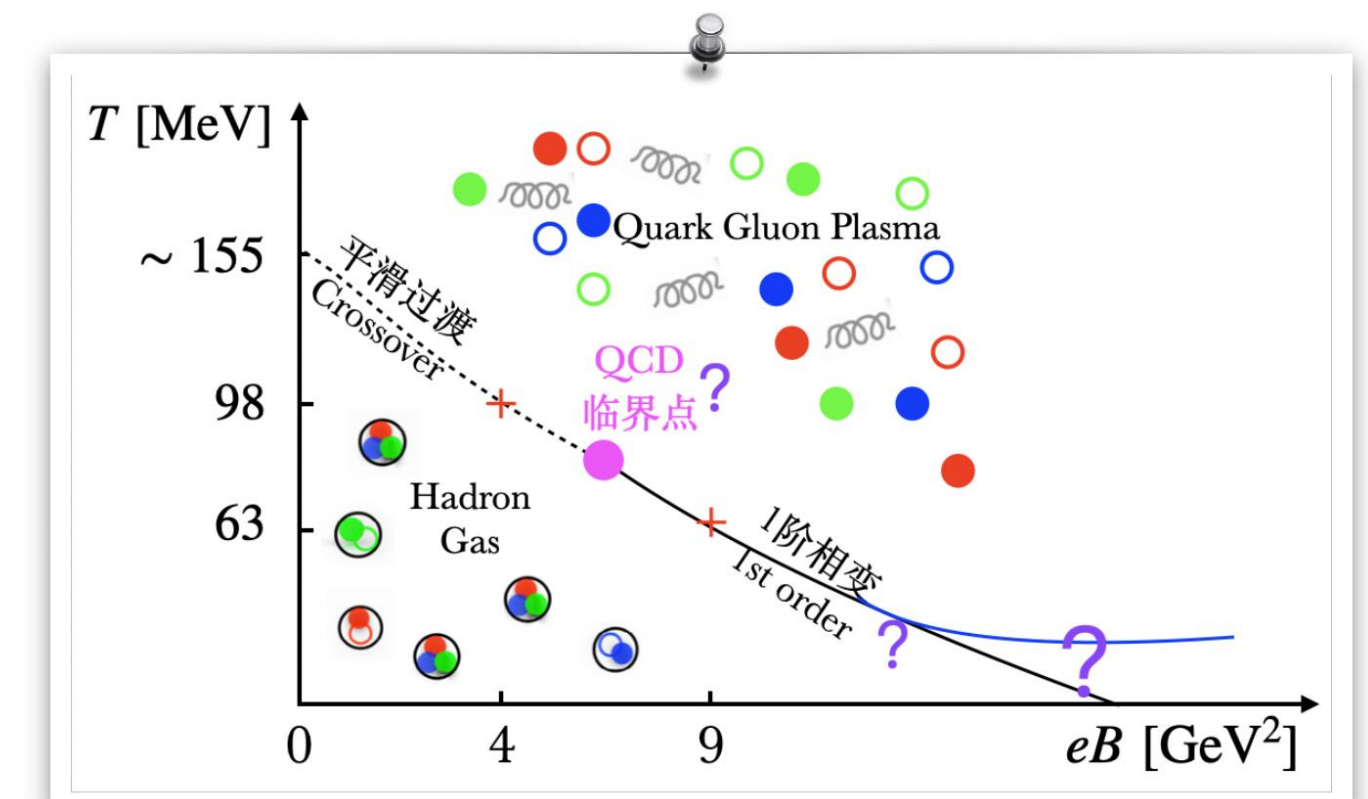
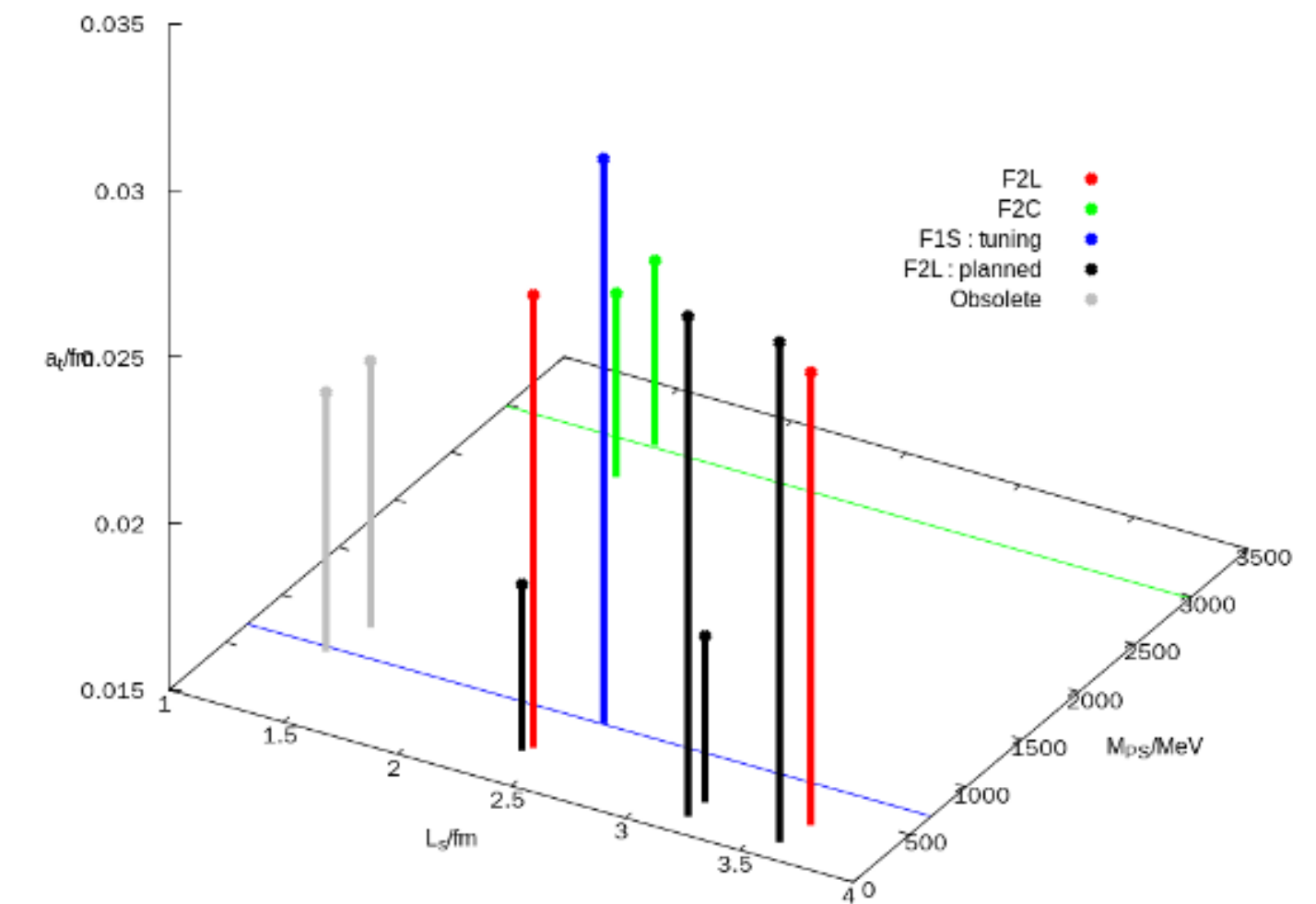
- 适合于研究课题一中强子谱学研究以及课题二中的含奇异夸克或粲夸克的强子结构等。
- BESIII 物理相关的粲偶素物理和奇特强子态物理都密切相关。
- 作用量的选取——Clover or HISQ?

Clover: CLQCD action vs. USQCD action

- 非对称率多大算好?

★采用HISQ费米子作用量的一系列组态 (包括强磁场下的零温及非零温组态)

- 这套组态在课题四中被用于研究在强磁场等极端条件下的QCD性质。



四、挑战与展望

- ★ 课题研究的开展要有一个**路线图**，时间节点要把握好
- ★ 新的软件框架的可行性——尽早有一个**验证程序** (Demo)
- ★ 课题人员**分工明确，各负其责**
- ★ 课题间通力合作
- ★ 明确可用的国产超算资源——程序开发和实际计算

谢谢!