

自研多重网格算法小组

2025/07/07-2025/07/12

工作汇报

兰州大学

核科学与技术学院

2021级核物二班

张鑫

代码托管:

<https://github.com/zhangxin8069/qcu.git>; <https://gitee.com/zhangxin8069/qcu.git>;
<https://github.com/zhangxin8069/PyQCU.git>; <https://gitee.com/zhangxin8069/PyQCU.git>;

代码运行环境:

SNSC;COMPUTER-4060;X99;

电话:

15572348069;

邮箱:

zhangxin2021@lzu.edu.cn;

zhangxin9542@gmail.com;

zhangxin8069@qq.com;

规定：

XYZT时空维度为外禀，

SC自旋与颜色维度为内禀

（包括后续变换后的维度）。单位项：外禀对角的

CLOVER项：外禀对角的

$$2\kappa a\mathcal{M}_{xy} = \left[\underset{-}{1} + \sum_{\mu < \nu} \frac{a^2 \kappa}{u_0^4} \sigma_{\mu\nu} \hat{F}_{\mu\nu}(x) \right] \delta_{x,y} - \frac{\kappa}{u_0} \sum_{\mu=1}^4 \left[(1 - \gamma_{\mu}) U_{\mu}(x) \delta_{x+\mu,y} + (1 + \gamma_{\mu}) U_{\mu}^{\dagger}(x - \mu) \delta_{x-\mu,y} \right].$$

(1-60)

WILSON项：外禀非对角的

约定：

实际使用的GAUGE的shape为CCDTZYX，
实际使用的FERMION的shape为SCTZYX，
实际使用的CLOVER的shape为SCSCTZYX。

- 之所以“实际使用的CLOVER的shape为SCSCTZYX”而不是 $SCTZYX^2$ (即 $FERMION^2$)是因为CLOVER项是外禀对角的，其体现为“外禀维度的任意一点改变不对其他任意点产生影响，即一一强对应”。
- 这使得CLOVER项是可以数值的显式的，而WILSON项不可以(如果数值的，其他大小为即 $FERMION^2$ ，不切实际)。
- 而“数值的显式的”是实现“WILSON-MG”的必要条件，即数值的显式的R和P矩阵可以与细网格Operator运算来得到数值的显式的粗网格Operator。
- 于是我们需要对WILSON项进行与外禀对角不同的“特殊处理”。

$D_c * src_c = R * D_f * P * src_c = dest_c$

反复代入内禀单位的src_c，

即for (xyzt)：

[1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],

[0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],

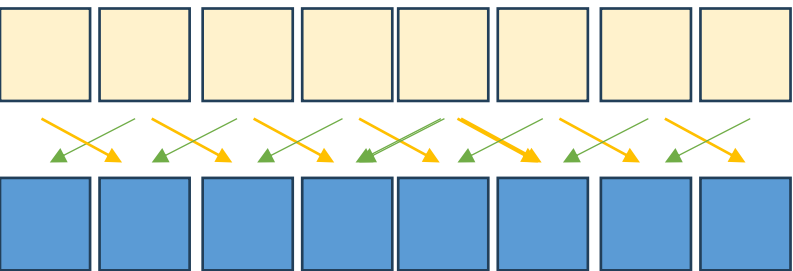
[0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0],

...

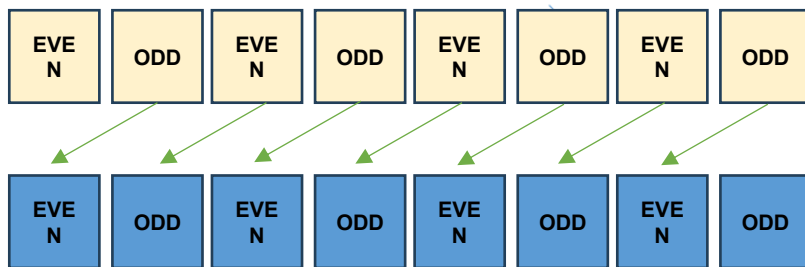
来得到数值的显式的D_c (SCSCTZYX)

约定：

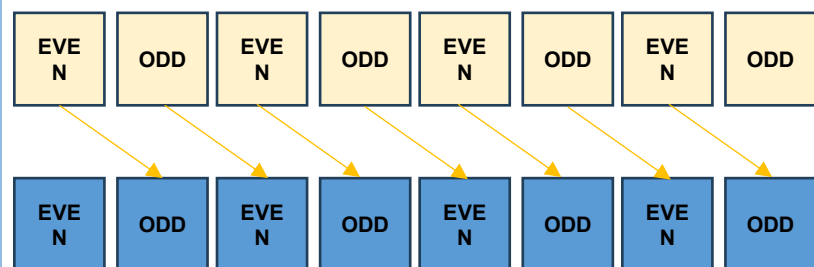
外禀对角的为广义的**CLOVER**项，
外禀非对角的为广义的**HOPPING**项。



$$\left[(1 - \gamma_\mu) U_\mu(x) \delta_{x+\mu, y} + (1 + \gamma_\mu) U_\mu^\dagger(x - \mu) \delta_{x-\mu, y} \right] .$$

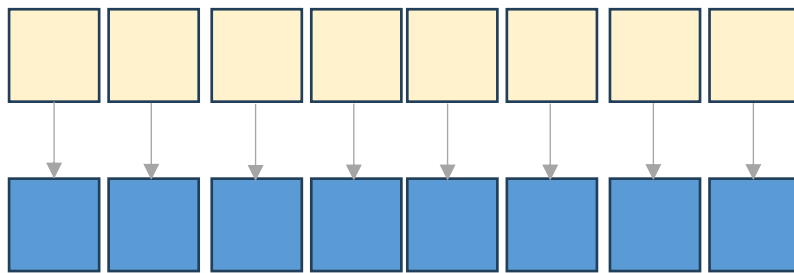


外禀非对角（称为Hopping项）



外禀非对角（称为Hopping项）

$$\left[1 + \sum_{\mu < \nu} \frac{a^2 \kappa}{u_0^4} \sigma_{\mu\nu} \hat{F}_{\mu\nu}(x) \right] \delta_{x,y}$$



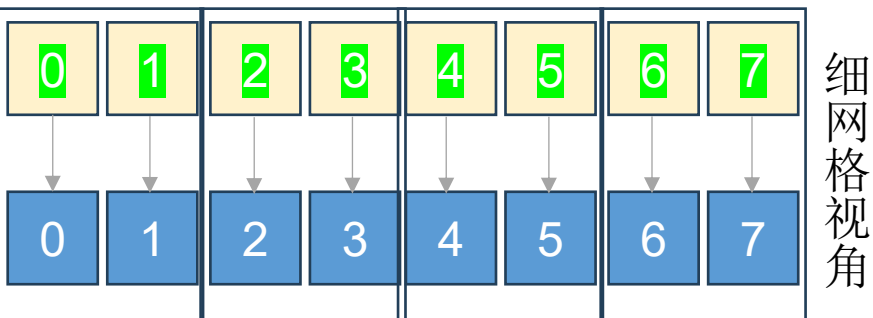
外禀对角（称为Clover项）

约定:

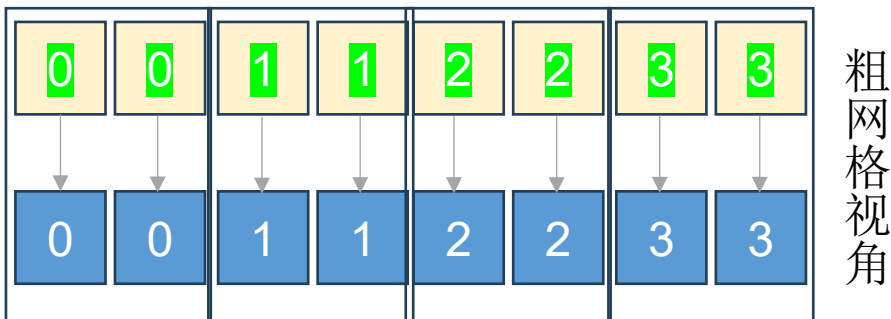
粗化方式为对每个外禀维度**二进一**,
对内禀维度**DOF_i进DOF_i+1(DOF_0即SC=12)**。

$$\left[1 + \sum_{\mu < \nu} \frac{a^2 \kappa}{u_0^4} \sigma_{\mu\nu} \hat{F}_{\mu\nu}(x) \right] \delta_{x,y}$$

外禀对角 (称为Clover项)

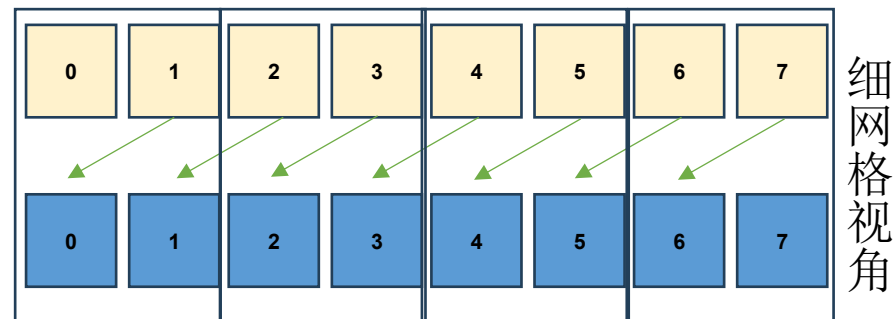


依旧外禀对角 (称为Clover项)

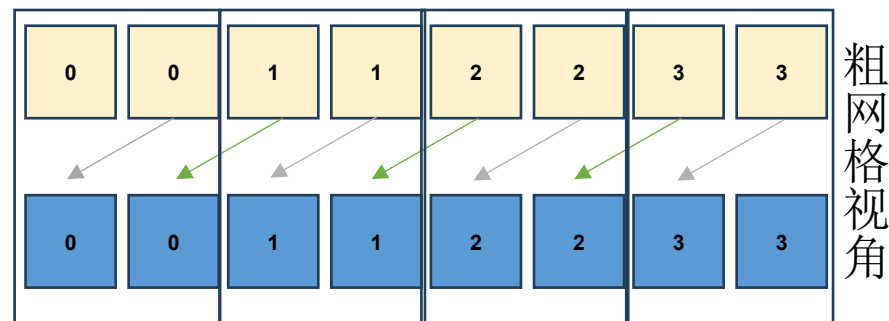


$$\left[(1 - \gamma_\mu) U_\mu(x) \delta_{x+\mu,y} + (1 + \gamma_\mu) U_\mu^\dagger(x - \mu) \delta_{x-\mu,y} \right] \cdot$$

外禀非对角 (称为Hopping项), 以+1项为例, -1项同理

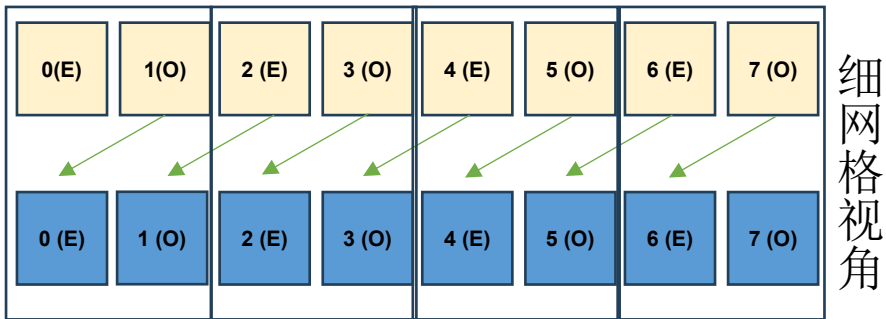


增加了外禀对角 (称为Clover项), 灰色标记的箭头

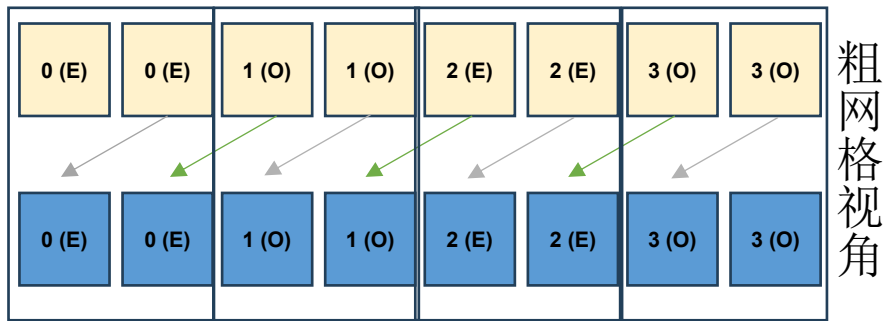


约定：
实际使用时为了粗化过程更加符合Dslash的数学特性
(实际引入了**GMG**的研究方法)，将**CLOVER**项与
HOPPING项分开处理。

外禀非对角（称为Hopping项），以+1项为例，-1项同理



增加了外禀对角（称为Clover项），灰色标记的箭头

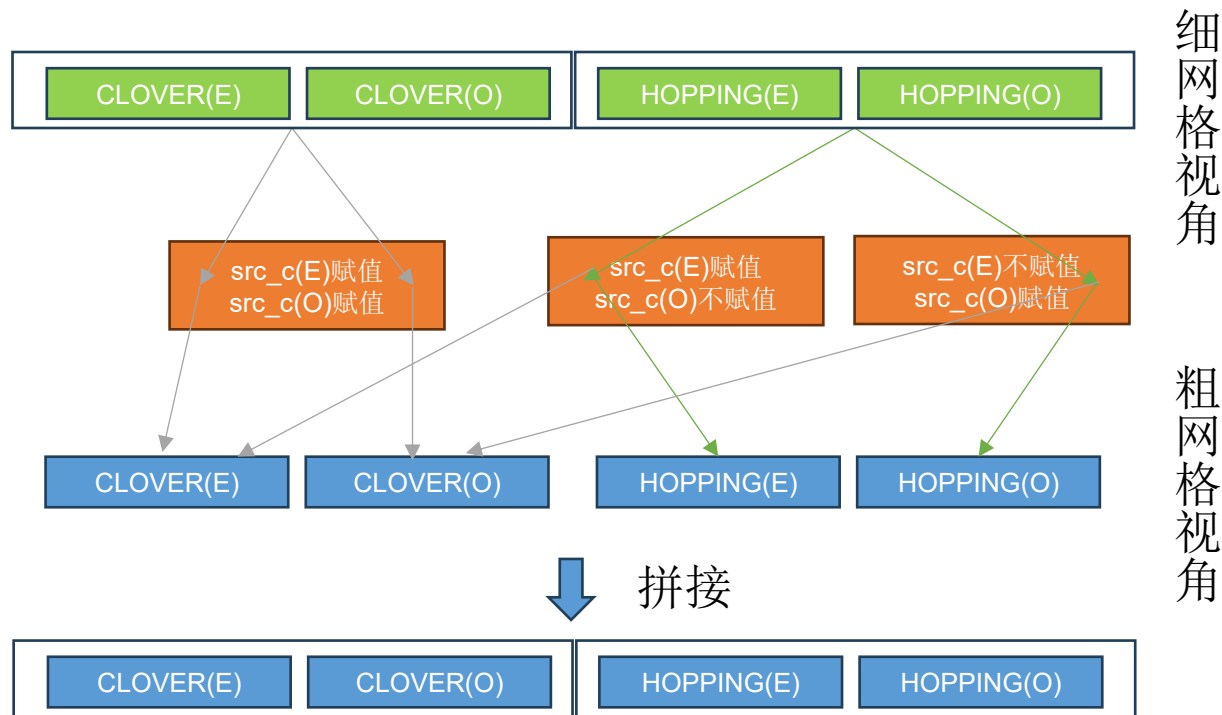


为了使粗化过程中细Hopping项产生的粗Hopping项与粗Clover项分离，在此引入奇偶分离处理。



```
D_c*src_c=R*D_f*P*src_c=dest_c
反复代入内禀单位的src_c,
即for (xyzt) :
[1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
[0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
[0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0],
...
```

来得到数值的显式的D_c (**SCSCTZYX**)



后续参考

https://gitee.com/zhangxin8069/PyQCU/blob/main/test/test-dev50-WILSON_MG.py

与

<https://gitee.com/zhangxin8069/PyQCU/blob/main/test/test-dev48-AMG.py>

Just pass.

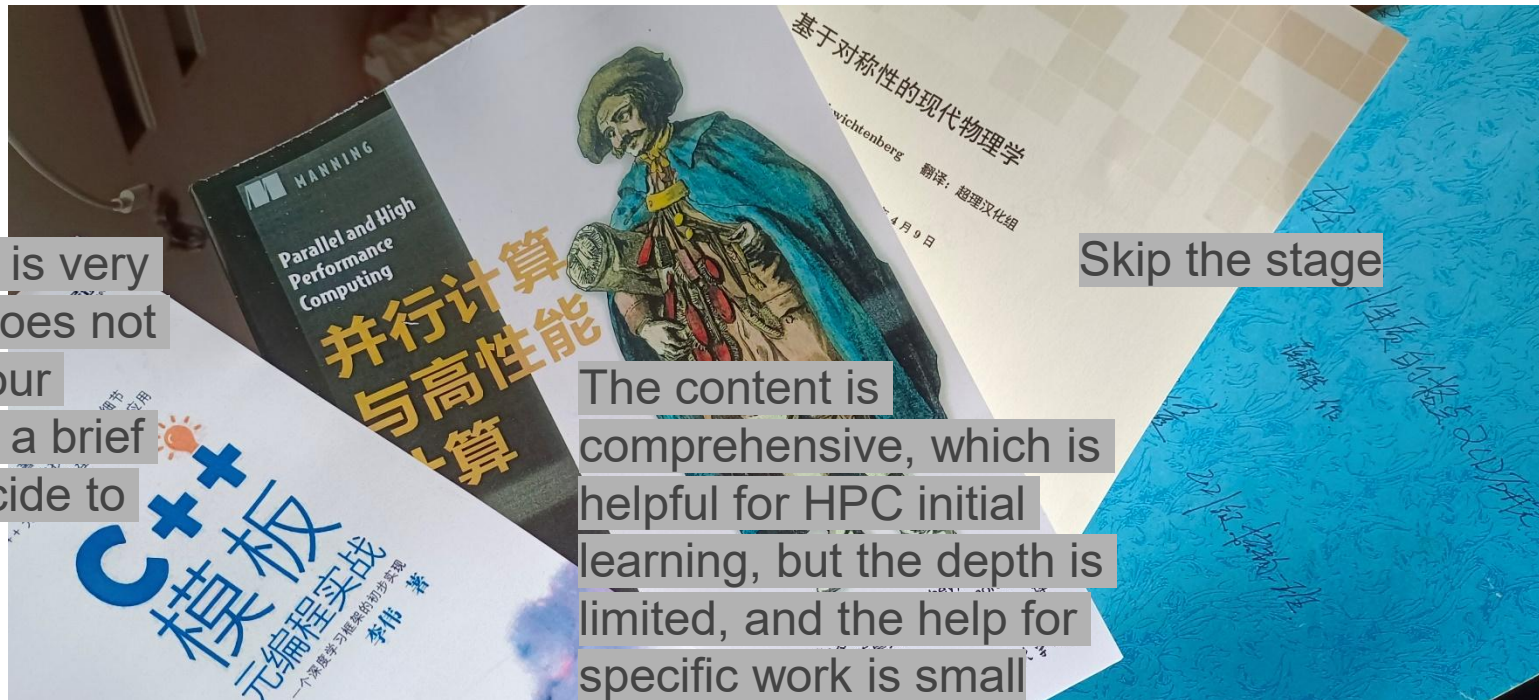
Done!!!

Still unknown

1. ~~Debug clover (multi version).~~----- a long time.
2. Test Performance.----- only a partial analysis of a single threaded program has been completed.
3. Improve wilson dslash.----- may more than a month.

A bit harder, in the process

The content is very tricky, and does not quite meet our needs, after a brief reading, decide to discard



The content is comprehensive, which is helpful for HPC initial learning, but the depth is limited, and the help for specific work is small

希望大家一起讨论，指正

**我的汇报到此结束
谢谢大家!**