



中國石油大學
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM
(華東)

基于 $K^*\Sigma$ 光生反应的自旋密度矩阵 研究核子激发态

报告人：王爱超

合作者：韦能昌、黄飞

第六届强子谱和强子结构研讨会（北京）



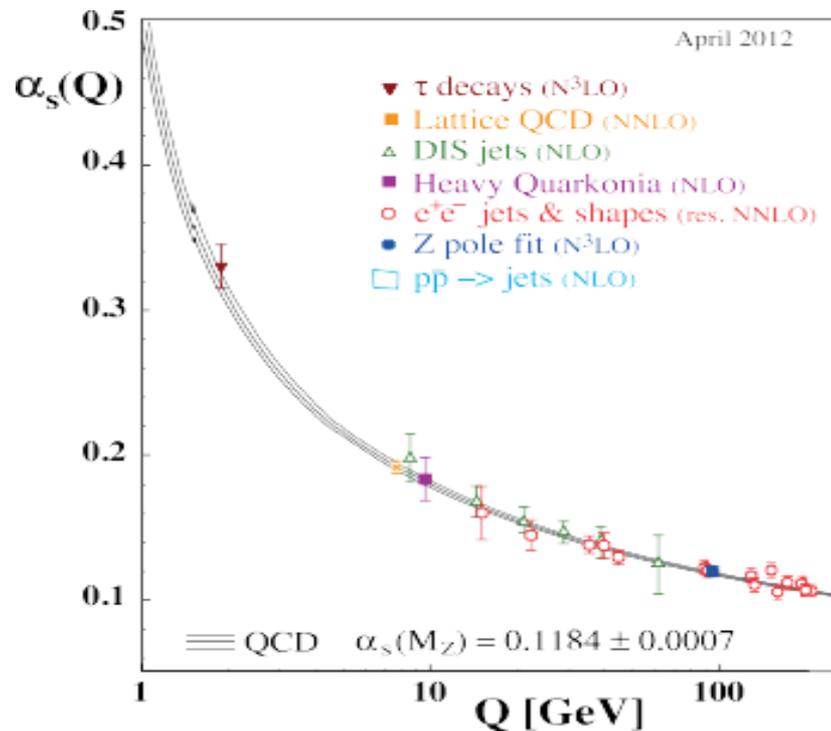
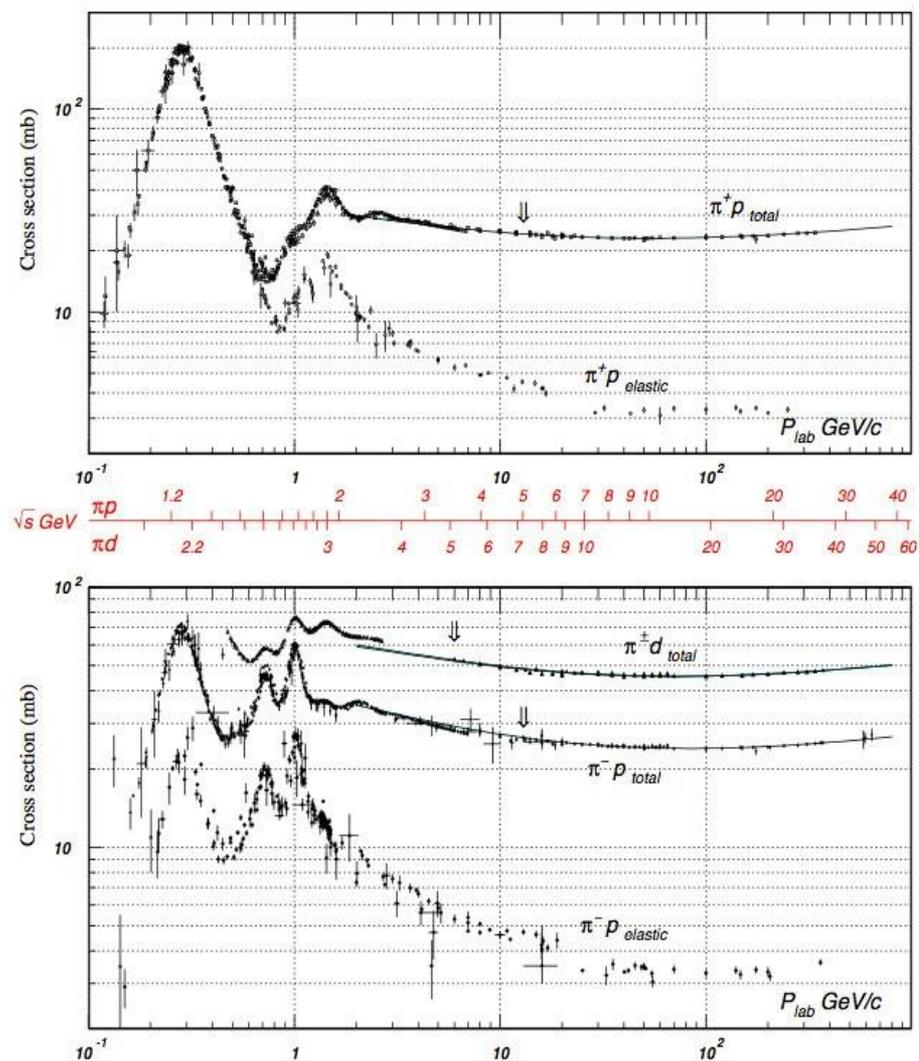
主要内容

- 研究背景和动机
- 国内外研究现状
- 研究成果
- 总结

为什么研究核子激发态？

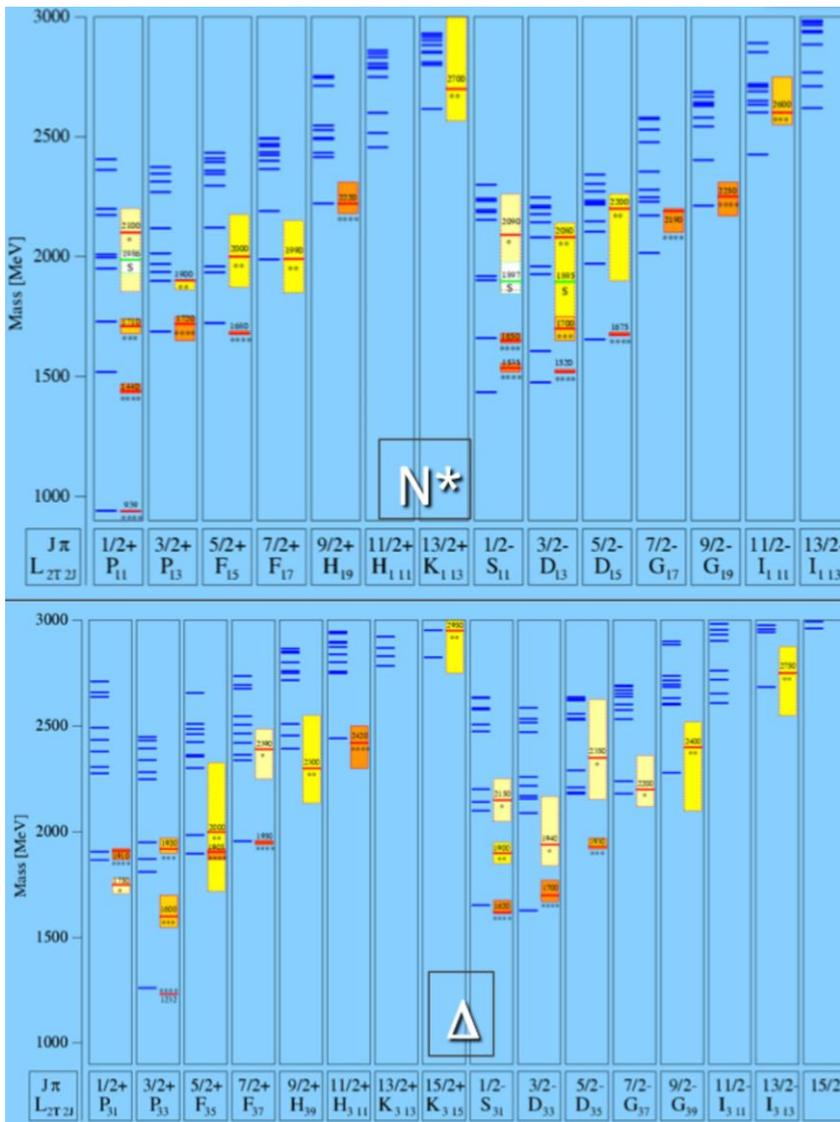


● 对非微扰QCD有重要意义



QCD跑动耦合常数

● 核子激发态的研究现状



Particle	J^P	overall	πN	γN	$N\eta$	$N\sigma$	$N\omega$	ΛK	ΣK	$N\rho$	$\Delta\pi$
N	$1/2^+$	****									
$N(1440)$	$1/2^+$	****	****	****		***				*	***
$N(1520)$	$3/2^-$	****	****	****	***					***	***
$N(1535)$	$1/2^-$	****	****	****	****					**	*
$N(1650)$	$1/2^-$	****	****	***	***			***	**	**	***
$N(1675)$	$5/2^-$	****	****	***	*			*		*	***
$N(1680)$	$5/2^+$	****	****	****	*	**				***	***
$N(1685)$??	*									
$N(1700)$	$3/2^-$	***	***	**	*			*	*	*	***
$N(1710)$	$1/2^+$	***	***	***	***		**	***	**	*	**
$N(1720)$	$3/2^+$										
$N(1860)$	$5/2^+$										
$N(1875)$	$3/2^-$										
$N(1880)$	$1/2^+$	$\Delta(1232)$	$3/2^+$	****	****	****		F			
$N(1895)$	$1/2^-$	$\Delta(1600)$	$3/2^+$	***	***	***		o		*	***
$N(1900)$	$3/2^+$	$\Delta(1620)$	$1/2^-$	****	****	***		r		***	***
$N(1990)$	$7/2^+$	$\Delta(1700)$	$3/2^-$	****	****	****		b		**	***
$N(2000)$	$5/2^+$	$\Delta(1750)$	$1/2^+$	*	*			i			
$N(2040)$	$3/2^+$	$\Delta(1900)$	$1/2^-$	**	**	**		d		**	**
$N(2060)$	$5/2^-$	$\Delta(1905)$	$5/2^+$	****	****	****		d		***	**
$N(2100)$	$1/2^+$	$\Delta(1910)$	$1/2^+$	****	****	**		e		*	**
$N(2150)$	$3/2^-$	$\Delta(1920)$	$3/2^+$	***	***	**		n		***	**
$N(2190)$	$7/2^-$	$\Delta(1930)$	$5/2^-$	***	***						
$N(2220)$	$9/2^+$	$\Delta(1940)$	$3/2^-$	**	*	**		F			(seen in $\Delta\eta$)
$N(2250)$	$9/2^-$	$\Delta(1950)$	$7/2^+$	****	****	****		o		***	*
$N(2600)$	$11/2^-$	$\Delta(2000)$	$5/2^+$	**				r			**
$N(2700)$	$13/2^+$	$\Delta(2150)$	$1/2^-$	*	*			b			
		$\Delta(2200)$	$7/2^-$	*	*			i			
		$\Delta(2300)$	$9/2^+$	**	**			d			
		$\Delta(2350)$	$5/2^-$	*	*			d			
		$\Delta(2390)$	$7/2^+$	*	*			e			
		$\Delta(2400)$	$9/2^-$	**	**			n			
		$\Delta(2420)$	$11/2^+$	****	****	*					
		$\Delta(2750)$	$13/2^-$	**	**						
		$\Delta(2950)$	$15/2^+$	**	**						

$K^*\Sigma$ 光生反应研究动机



➤ 与 πN 耦合作用弱的共振态

分支比(πN)

$N(2060)5/2^-$ 7-12 %

$N(2100)1/2^+$ 8-18 %

➤ $K^*\Sigma$ 的高閾值

閾值(MeV)

πN 1075

$K^*\Sigma$ 2082

Particle	J^P	overall	πN	γN	$N\eta$	$N\sigma$	$N\omega$	ΛK	ΣK	$N\rho$	$\Delta\pi$
N	$1/2^+$	****									
$N(1440)$	$1/2^+$	****	****	****		***				*	***
$N(1520)$	$3/2^-$	****	****	****	***					***	***
$N(1535)$	$1/2^-$	****	****	****	****					**	*
$N(1650)$	$1/2^-$	****	****	***	***			***	**	**	***
$N(1675)$	$5/2^-$	****	****	***	*			*		*	***
$N(1680)$	$5/2^+$	****	****	****	*	**				***	***
$N(1685)$	$?^?$	*									
$N(1700)$	$3/2^-$	***	***	**	*			*	*	*	***
$N(1710)$	$1/2^+$	***	***	***	***	**		***	**	*	**
$N(1720)$	$3/2^+$	****	****	***	***			**	**	**	*
$N(1860)$	$5/2^+$	**	**							*	*
$N(1875)$	$3/2^-$	***	*	***		**		***	**		***
$N(1880)$	$1/2^+$	**	*	*		**		*			
$N(1895)$	$1/2^-$	**	*	**	**			**	*		
$N(1900)$	$3/2^+$	***	**	***	**	**		***	**	*	**
$N(1990)$	$7/2^+$	**	**	**					*		
$N(2000)$	$5/2^+$	**	*	**	**			**	*	**	
$N(2040)$	$3/2^+$	*									
$N(2060)$	$5/2^-$	**	**	**	*				**		
$N(2100)$	$1/2^+$	*									
$N(2150)$	$3/2^-$	**	**	**				**			**
$N(2190)$	$7/2^-$	****	****	***		*		**		*	
$N(2220)$	$9/2^+$	****	****								
$N(2250)$	$9/2^-$	****	****								
$N(2600)$	$11/2^-$	***	***								
$N(2700)$	$13/2^+$	**	**								

$K^*\Sigma$

$K^*\Sigma$ 光生反应研究现状

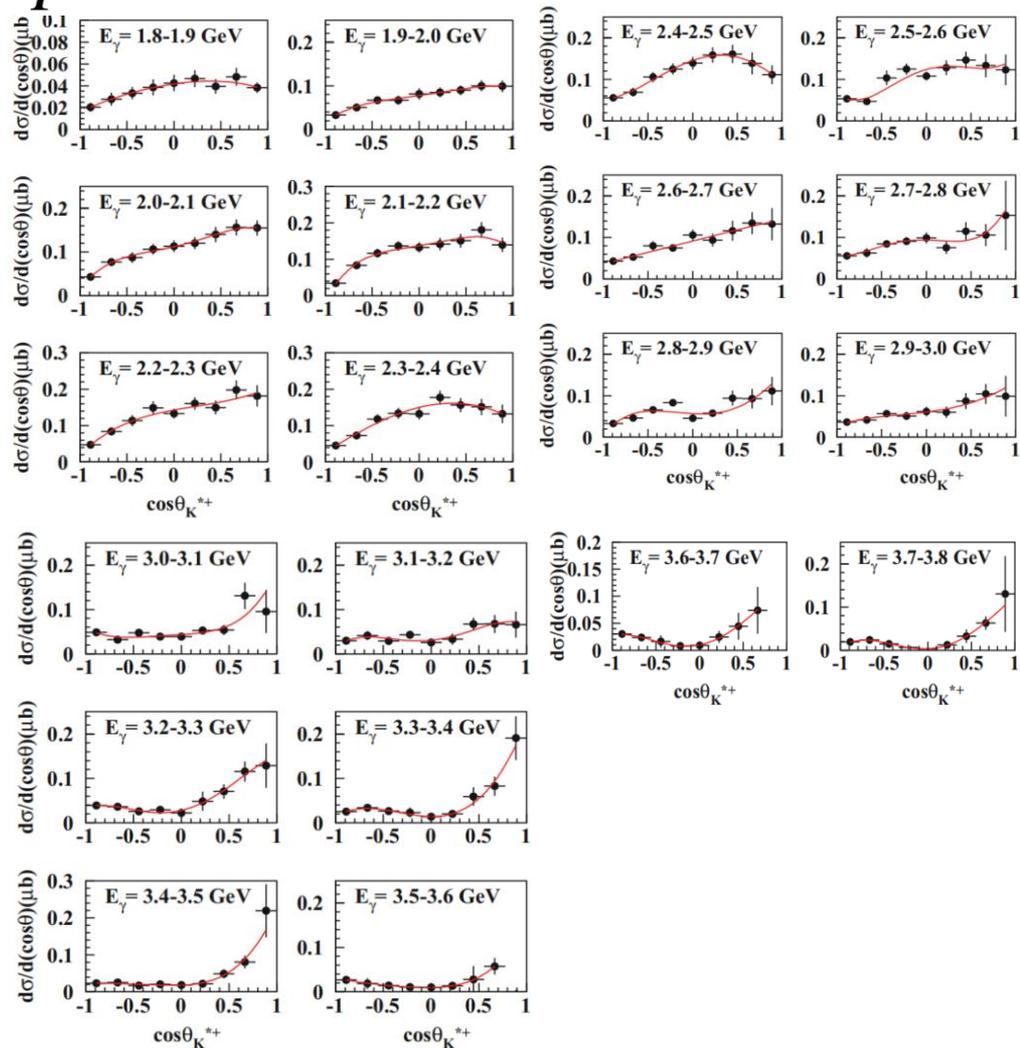


实验数据:

➤ CLAS实验组发表了 $K^{*+}\Sigma^0, K^{*0}\Sigma^+$

两个衰变反应道的微分截面实

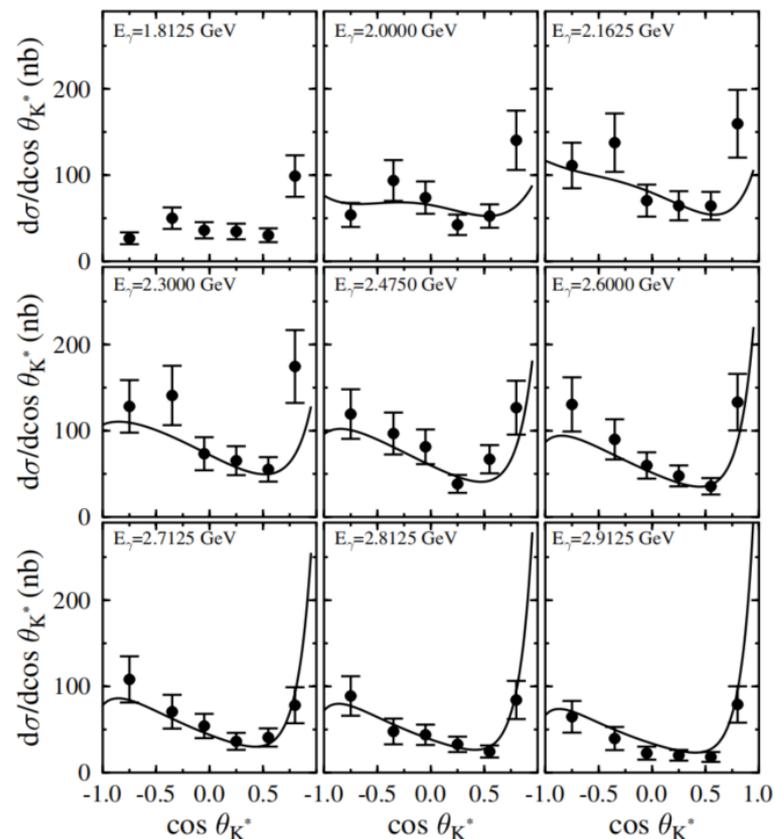
验数据



$K^*\Sigma$ 光生反应研究现状



实验数据:



$K^*\Sigma$ 光生反应研究现状



实验数据:

- LEPS实验组发表了 $K^{*0}\Sigma^+$ 衰变反应道的自旋密度矩阵实验数据

TABLE I. Measured spin-density matrix elements by an unbinned extended maximum likelihood fit with event selection at very forward angle in the GJ frame and the helicity frame, respectively, averaged over photon energies from 1.85 to 2.96 GeV.

$\hat{\rho}_s$	GJ frame	Helicity frame
ρ_{00}^0	0.155 ± 0.051	0.082 ± 0.025
ρ_{10}^0	0.108 ± 0.068	-0.023 ± 0.021
ρ_{1-1}^0	0.090 ± 0.191	0.037 ± 0.040
ρ_{11}^1	0.031 ± 0.052	-0.016 ± 0.049
ρ_{00}^1	-0.140 ± 0.074	-0.049 ± 0.044
ρ_{10}^1	-0.088 ± 0.039	0.000 ± 0.034
ρ_{1-1}^1	0.322 ± 0.068	0.355 ± 0.057
ρ_{10}^2	0.127 ± 0.051	-0.038 ± 0.035
ρ_{1-1}^2	-0.357 ± 0.063	-0.395 ± 0.051

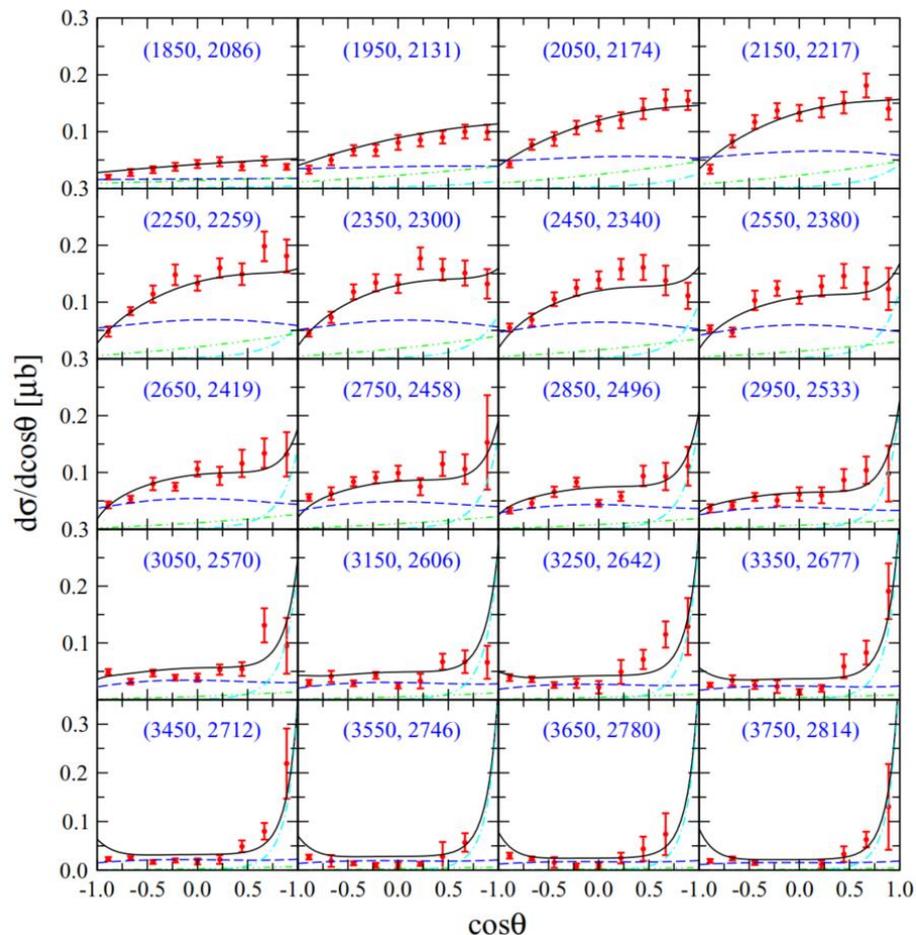
PRL **108**, 092001 (2012)

$K^*\Sigma$ 光生反应研究现状



理论工作1:

- 对 $K^{*+}\Sigma^0$, $K^{*0}\Sigma^+$ 两个衰变反应道的微分截面进行了同时分析



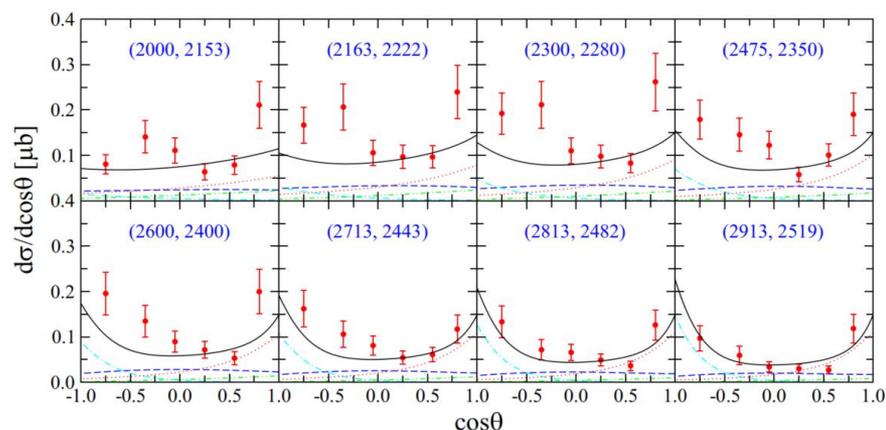
$K^*\Sigma$ 光生反应研究现状



理论工作1:

➤ $\Delta(1905) 5/2^-$ 在该反应中有重要作用

➤ t道K交换负责 $K^{*0}\Sigma^+$ 反应道的前角提升



PHYSICAL REVIEW C **98**, 045209

$K^*\Sigma$ 光生反应研究现状



理论工作2:

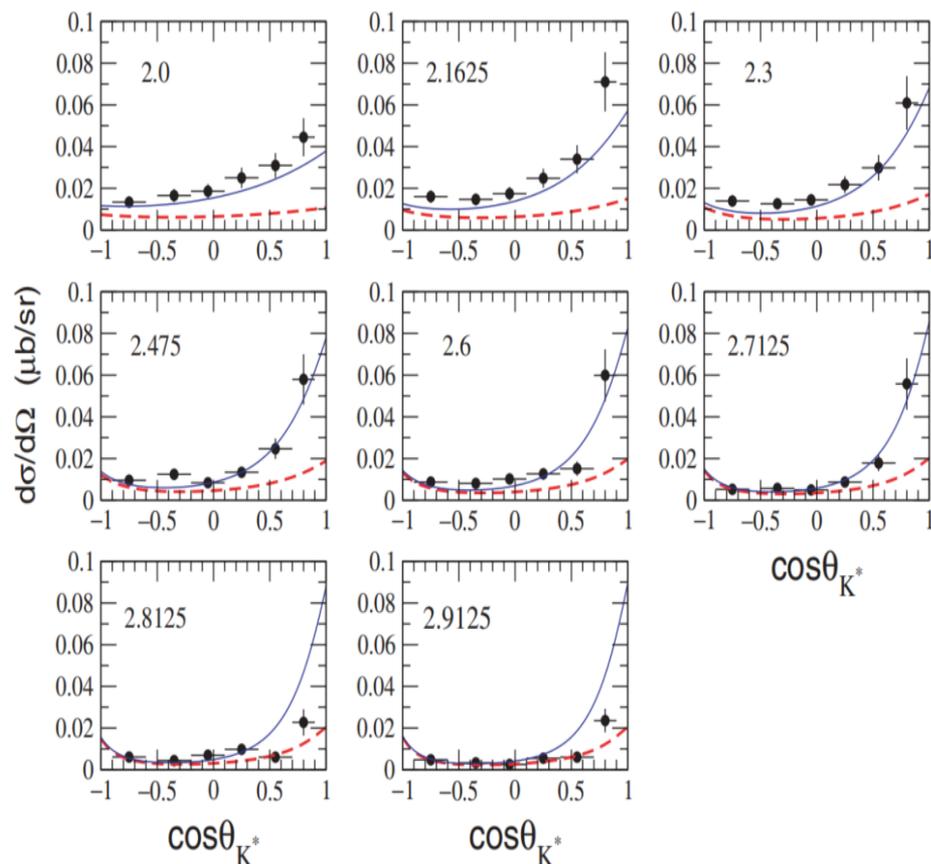
➤ 分析了 $K^{*0}\Sigma^+$ 衰变反应道的

微分截面

➤ t道 κ 交换负责前角提升

➤ 对共振态以及t道作用情

况存在争议



$K^*\Sigma$ 光生反应研究现状



中國石油大學
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM
(華東)

理论工作1和2:

- 目前为止，尚未有人对LEPS的自旋密度矩阵研究
- LEPS自旋密度矩阵 ρ_{σ} 情况可以帮助我们判断第二个反应道的前角作用粒子
- 有必要对两个反应道的微分截面以及自旋密度矩阵实验数据同时进行分析，以对我们之前提出的 $\Delta(1905) 5/2^-$ 共振态进一步验证，并对有争议的t道作用粒子进行分析

$K^*\Sigma$ 光生反应研究结果



中國石油大學
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM
(華東)

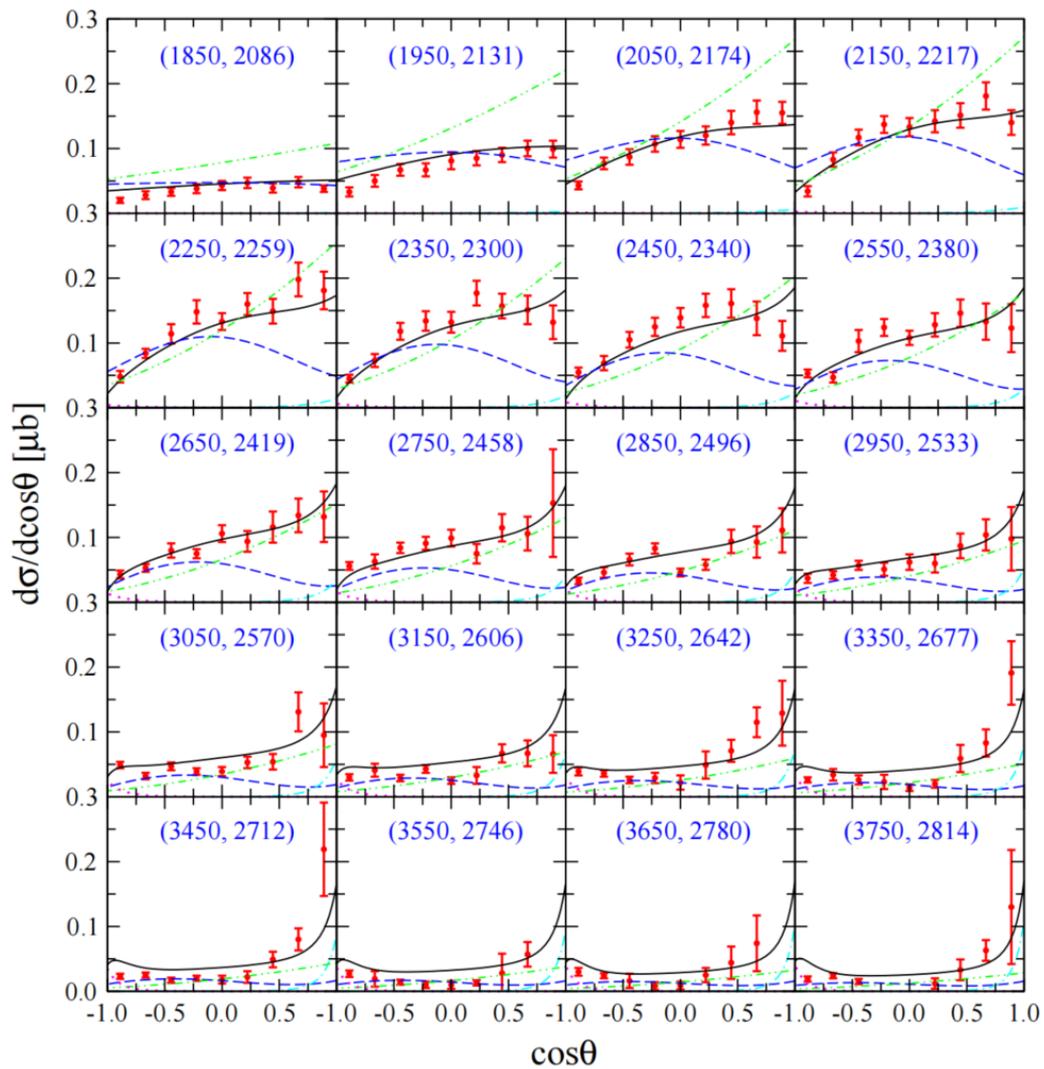
研究结果:

- 原来的理论结果不能描述新引入的自旋密度矩阵实验数据
- 在引入之前发现的 $\Delta(1905) 5/2^-$ 共振态的基础上, 得到两组可以同时描述所有实验数据的fit结果, 但有不同的物理机制

$K^*\Sigma$ 光生反应研究结果



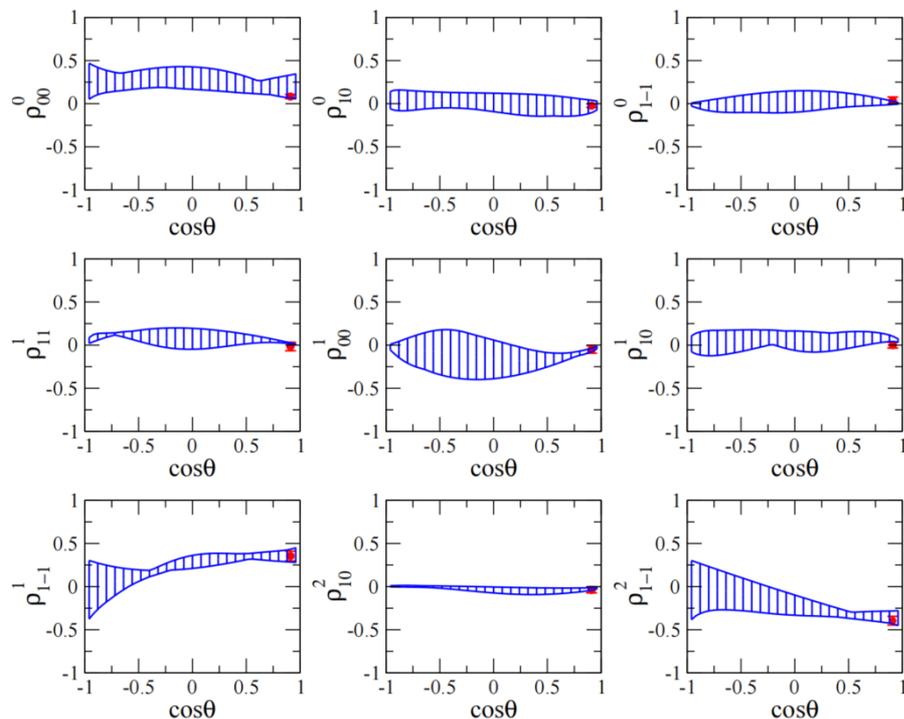
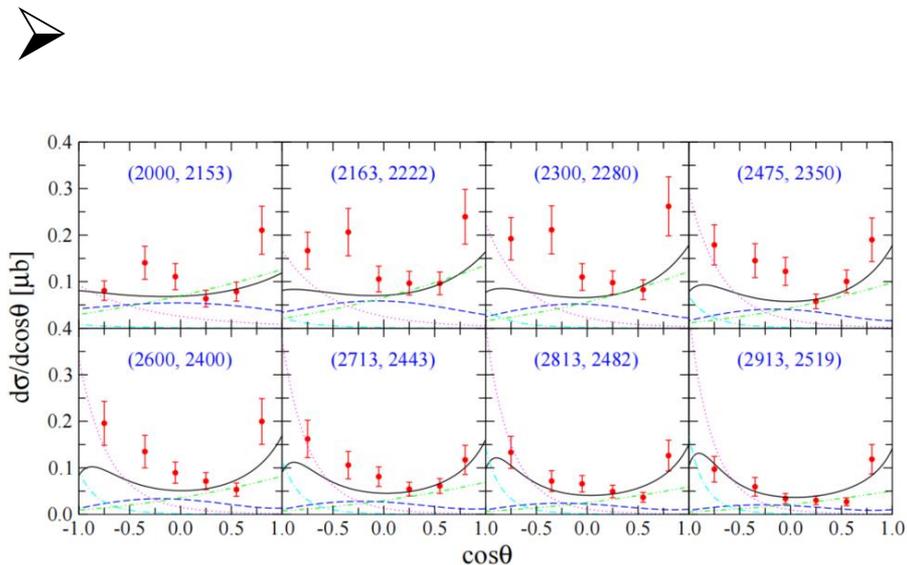
Fit结果1:



$K^*\Sigma$ 光生反应研究结果



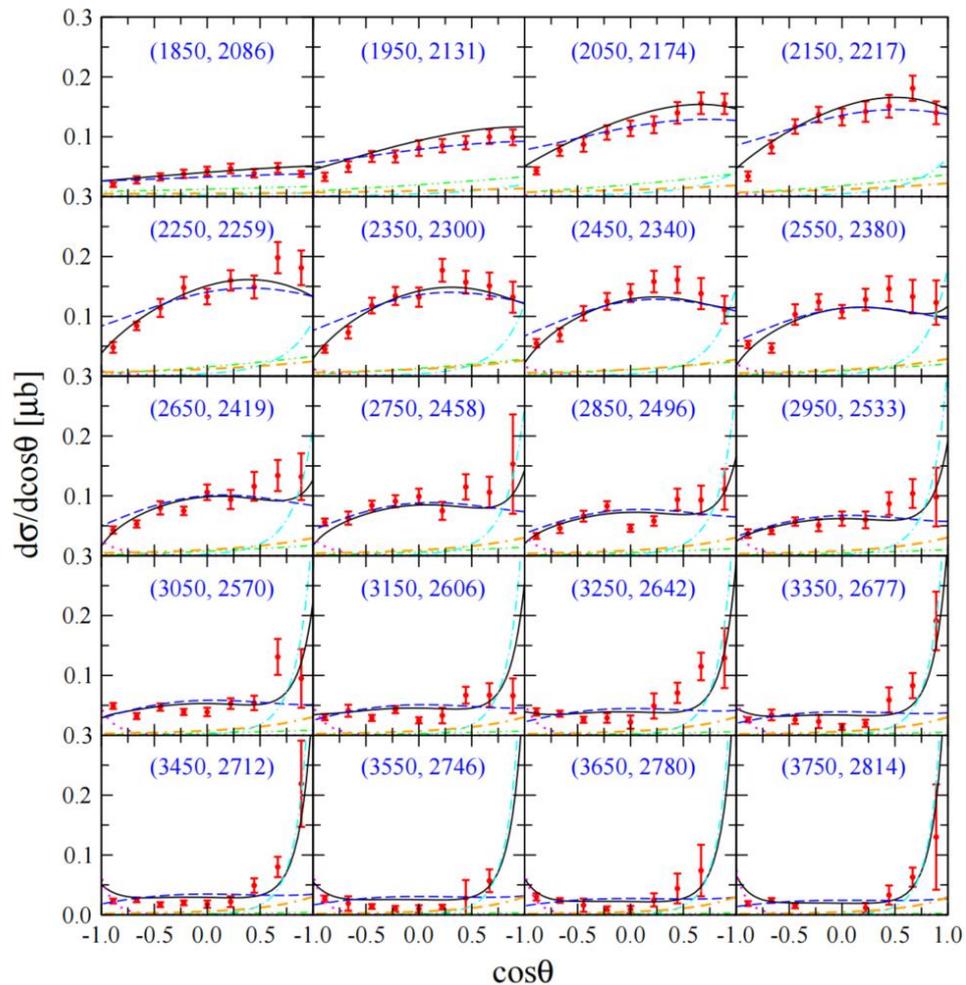
Fit结果1:



$K^*\Sigma$ 光生反应研究结果



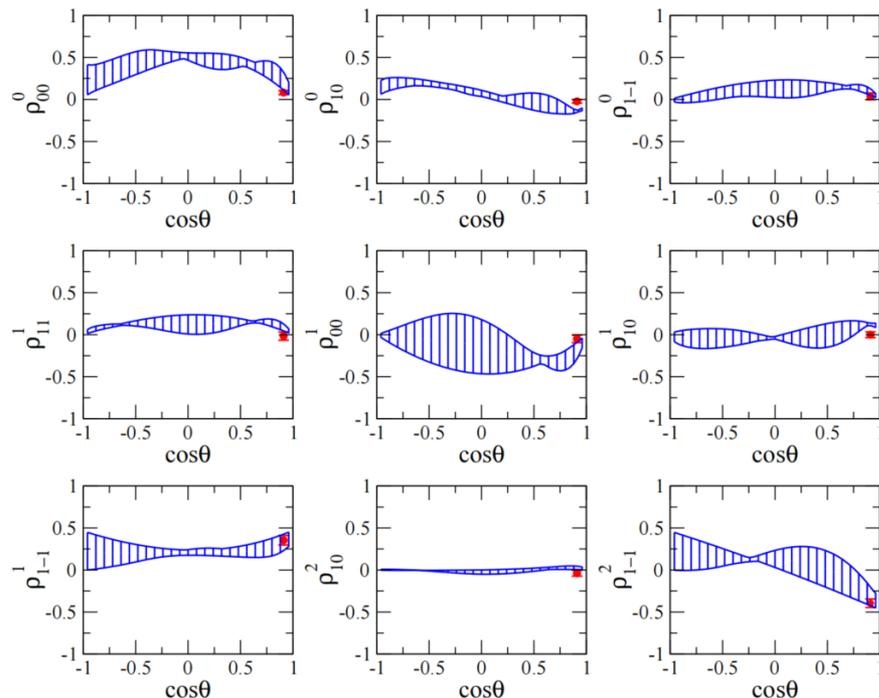
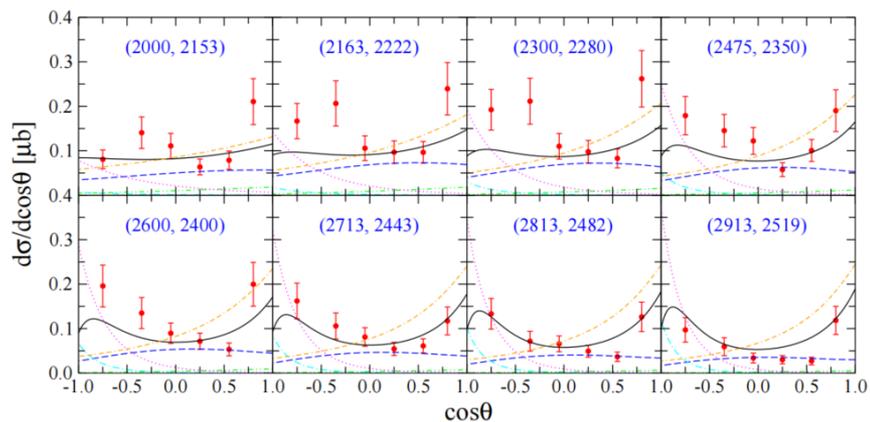
Fit结果2:



$K^*\Sigma$ 光生反应研究结果



Fit结果2:

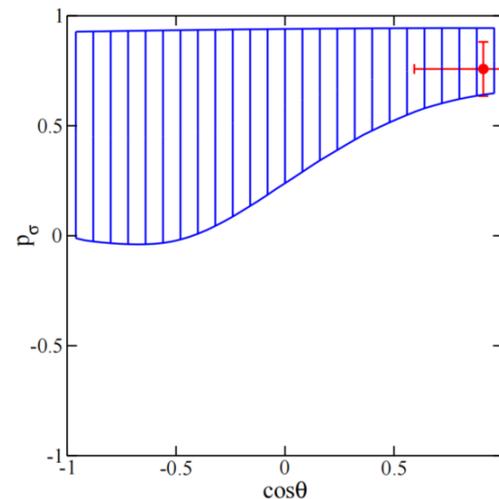
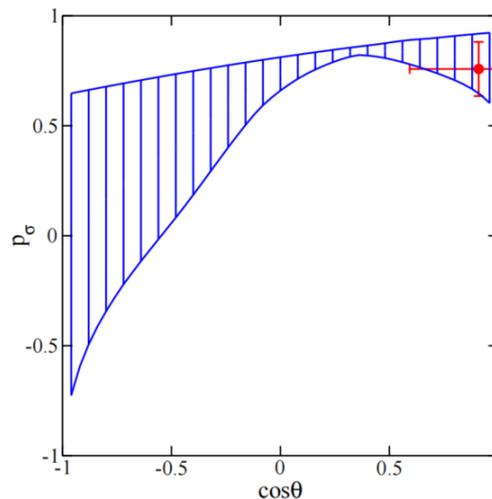


$K^*\Sigma$ 光生反应研究结果



Fit结果1与2:

- 都可以对 P_σ 实验数据很好的描述
- 但是作用粒子有明显不同



$$P_\sigma = 2\rho_{1-1}^1 - \rho_{00}^1$$

$K^*\Sigma$ 光生反应研究结果



中國石油大學
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM
(華東)

Fit结果1与2:

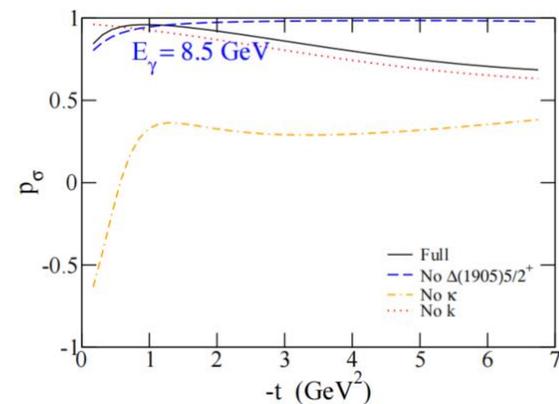
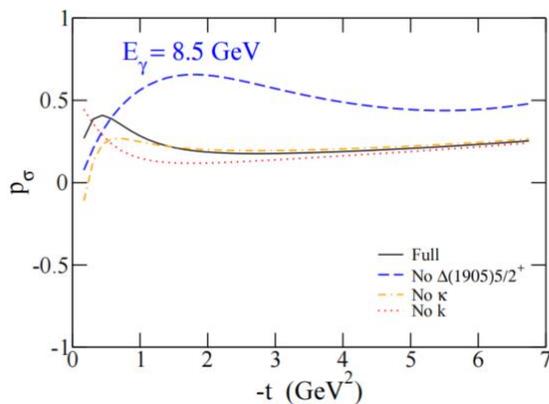
- Fit1中: 前角提升由共振态引起, Fit2中: 前角提升由 κ 引起
- 对于 p_σ , 单独K交换的值为-1而单独 κ 交换的值为1; 如果想要通过 p_σ 判断t道主要作用粒子, 能量得足够高, 以排除其他作用粒子的干扰。

$K^*\Sigma$ 光生反应研究结果



Fit结果1与2:

- 对实验室系8.5GeV能量的 p_σ 的前角情况进行了预言，发现 p_σ 会有不同的角分布形态





总结

- 在引入自旋密度矩阵实验数据后， $\Delta(1905)5/2^-$ 共振态仍然可以描述两个反应道的实验数据
- 目前的 p_σ 实验数据能量不够高，无法明确判断t道作用粒子，因此，我们对高能区的 p_σ 进行预言，以区分两组fit结果，帮助明确t道作用机制

谢谢!