

# HERA 分解光子过程中的 双喷注产生

李云德 刘连寿

(华中师范大学粒子物理研究所 武汉 430070)

1995-07-31 收稿

## 摘 要

在次领头级(NLO)近似下计算了 HERA 分解光子过程中的双喷注截面。结果表明：在分解光子过程中，NLO 修正量(当不变质量大于 20GeV 时)约为 LO 的 0.5 到 1。这一结果可解释 ZEUS 的数据分析结果：“LO QCD 理论值比实验值低 1.5 到 2 个因子。”当双喷注不变质量  $M_{JJ} < 30\text{GeV}$ ，快度  $y_{JJ} < -1$  时，光子的胶子分布决定了双喷注截面。利用这一特点可测量光子的胶子分布。当双喷注不变质量较大时(例如： $M_{JJ} > 30\text{GeV}$ )， $-1 < y_{JJ} < 0$  时，光子的夸克分布决定了双喷注截面，利用这一特点可测量光子的夸克分布。

**关键词** 分解光子，双喷注产生，NLO 修正。

## 1 引 言

HERA 光生喷注现象将在检验 QCD 理论以及提供质子和光子的部分子，尤其是胶子分布等方面起很重要的作用。在光生过程中，光子可直接与质子中的部分子作用(该过程称为直接光子过程)，也可以通过部分子作用(该过程称为分解光子过程)。直接光子过程对质子中的部分子，尤其是胶子敏感。分解光子过程对光子中的部分子，尤其是胶子敏感[1]。在 HERA 条件下，由于中低横能量 ( $E_T^{\text{jet}} \leq 30\text{GeV}$ ) 以及负快度(我们取入射电子方向为快度的正方向)区域内，分解光子过程处于支配地位；大横能量以及正快度区域内，直接光子过程处于支配地位，因此有可能对这两个过程分别进行研究。对光生双喷注的研究对于探测光子以及质子的部分子结构有直接意义[2]。目前对光生单喷注现象已经有很多研究[3]。直接光子过程的双喷注现象也有研究[4]。

本文讨论 HERA 分解光生过程中的双喷注产生，图 1 给出了分解光子过程的示意图。计算了

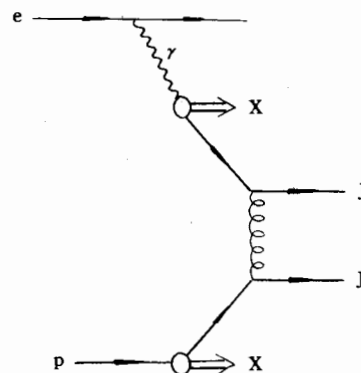


图 1 HERA 分解光子过程示意图。

NLO 级 QCD 修正下双喷注的产生截面. 结果表明: 双喷注系统的不变质量低于 50GeV 时, NLO 级修正量约为 LO 级的 0.5 到 2.5 倍. 因此在分解光子过程中 NLO QCD 修正是必要的.

## 2 理论输入

### 2.1 喷注定义

在快度-方位角,  $y-\varphi$ , 平面上定义喷注的锥体半径  $R$ [5], 喷注的横能量定义为锥体内的部分子横能量之和:

$$E_{\text{T}}^J = \sum_{i \in \text{cone}} E_{\text{T}}^i. \quad (1)$$

喷注的快度及方位角分别定义为锥体内的部分子的快度及方位角的加权,  $E_{\text{T}}^i$ , 平均值:

$$y_J = \frac{1}{E_{\text{T}}^J} \sum_{i \in \text{cone}} E_{\text{T}}^i y_i; \quad (2)$$

$$\varphi_J = \frac{1}{E_{\text{T}}^J} \sum_{i \in \text{cone}} E_{\text{T}}^i \varphi_i. \quad (3)$$

如果一个部分子(快度:  $y_i$ , 方位角:  $\varphi_i$ )在锥体内则:

$$(y_i - y_J)^2 + (\varphi_i - \varphi_J)^2 < R^2. \quad (4)$$

如果喷注由两个部分子构成则由上述定义可得:

$$E_{\text{T}}^J = E_{\text{T}}^1 + E_{\text{T}}^2, \quad (5)$$

$$y_J = \frac{1}{E_{\text{T}}^J} (E_{\text{T}}^1 y_1 + E_{\text{T}}^2 y_2), \quad (6)$$

$$\varphi_J = \frac{1}{E_{\text{T}}^J} (E_{\text{T}}^1 \varphi_1 + E_{\text{T}}^2 \varphi_2), \quad (7)$$

$$[(y_1 - y_2)^2 + (\varphi_1 - \varphi_2)^2]^{1/2} < \frac{E_{\text{T}}^1 + E_{\text{T}}^2}{\max(E_{\text{T}}^1, E_{\text{T}}^2)} R. \quad (8)$$

### 2.2 微分截面计算

本文计算微分截面,  $I = d\sigma / dM_{\text{JJ}} dy_{\text{JJ}} dy^*$ , 其中,  $M_{\text{JJ}}$  为双喷注系统的不变质量,  $y_{\text{JJ}} = \frac{1}{2} (y_{j_1} + y_{j_2})$ ,  $y^* = \frac{1}{2} (y_{j_1} - y_{j_2})$ . 微分截面,  $d\sigma / dM_{\text{JJ}} dy_{\text{JJ}} dy^*$ , 采用 EKS[5, 6] 方案计算. LO 级由“2 → 2”子过程得到. NLO 级由“2 → 2”子过程虚修正项和“2 → 3”子过程得到. 用“减除法”[6] 处理奇异性.

“2 → 2”有限部分:  $A + B \rightarrow 1 + 2$ .

$$I(2 \rightarrow 2, \text{finite}) = \int d\rho \{ G_{\text{Born}}^{2 \rightarrow 2} + [G_{\text{H.O.}}^{2 \rightarrow 2} - (1/\epsilon^p \text{ terms})] \}_{\epsilon=0}, \quad (9)$$

“2 → 3”有限部分:  $A+B \rightarrow 1+2+3$

$$I(2 \rightarrow 3, \text{finite}) = \sum_{n=A, B, 1, 2} \{I[\text{finite}]_n\}_{\epsilon=0} + \sum_{n=A, B, 1, 2} \{I[\text{soft}]_n - (1/\epsilon^p \text{ terms})\}_{\epsilon=0} \\ + \sum_{n=A, B, 1, 2} \{I[\text{collinear}]_n - (1/\epsilon^p \text{ terms})\}_{\epsilon=0}, \quad (10)$$

$$\sum_n I[\text{finite}]_n = \int d\rho \left\{ \sum f_A f_B |M(A+B \rightarrow 1+2+3)|^2 S_3 \right. \\ \left. - \sum_n (\text{soft approximation})_n \right. \\ \left. - \sum_n (\text{collinear approximation})_n \right\}_{\epsilon=0}. \quad (11)$$

对于“2 → 2”,  $A+B \rightarrow 1+2$ , 有限部分: 喷注由单个部分子构成, “1, 2”构成  $\text{Jet}_{1,2}$ .

$$M_{JJ} = \sqrt{2\mathbf{P}_1 \cdot \mathbf{P}_2}, \quad (12)$$

其中,  $\mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2$  分别为“1, 2”的四动量. 对于“2 → 3”,  $A+B \rightarrow 1+2+3$ , 有限部分: 选取部分子“3”横能量最低,  $x_2 = p_2/p_1, x_3 = p_3/p_1$ .  $p_1, p_2, p_3$  分别为“1, 2, 3”的横能量. 在光锥坐标系中:

$$p_i^\mu = \left( \frac{p_i}{\sqrt{2}} e^{y_i}, \frac{p_i}{\sqrt{2}} e^{-y_i}, \mathbf{p}_i \right), \quad i=1, 2, 3. \quad (13)$$

有三种情况:

I: “1” ∈ Jet1, “2” ∈ Jet2,

II: “1” ∈ Jet1, “2, 3” ∈ Jet2,

III: “1, 3” ∈ Jet1, “2” ∈ Jet2.

$$S_3 = S_3^I + S_3^II + S_3^III, \quad (14)$$

$$S_3^I = \theta[R_{13} - (1+x_3)R] \theta[R_{23} - (1+x_3/x_2)R] \\ \times \delta(p_1 x_{j12} - M_{JJ}) \delta(y_1 - y_{j1}) \\ \times \delta(y_2 - y_{j2}) \delta(\varphi_1 - \varphi_{j1}), \quad (15)$$

$$S_3^II = \theta[R_{13} - (1+x_3)R] \theta[(1+x_3/x_2)R - R_{23}] \\ \times \delta(p_1 x_{j123} - M_{JJ}) \delta(y_1 - y_{j1}) \\ \times \delta\left(\frac{x_2 y_2 + x_3 y_3}{x_2 + x_3} - y_{j2}\right) \\ \times \delta(\varphi_1 - \varphi_{j1}), \quad (16)$$

$$S_3^III = \theta[(1+x_3)R - R_{13}] \theta[R_{23} - (1+x_3/x_2)R]$$

$$\begin{aligned} & \times \delta(p_1 x_{j123} - M_{JJ}) \delta\left(\frac{y_1 + x_3 y_3}{1 + x_3} - y_{J1}\right) \\ & \times \delta(y_2 - y_{J2}) \delta\left(\frac{\varphi_1 + x_3 \varphi_3}{1 + x_3} - \varphi_{J1}\right), \end{aligned} \quad (17)$$

$$M_{JJ} = \sqrt{\left(\sum_{i \in jets} P_i\right)^2}, \quad (18)$$

其中,  $R_{ij} = \sqrt{(y_i - y_j)^2 + (\varphi_i - \varphi_j)^2}$ ,

$$x_{j12} = \{2x_2 [\cosh(y_1 - y_2) - \cos(\varphi_1 - \varphi_2)]\}^{1/2}, \quad (19)$$

$$\begin{aligned} x_{j123} = & \{2x_2 [\cosh(y_1 - y_2) - \cos(\varphi_1 - \varphi_2)] \\ & + 2x_3 [\cosh(y_1 - y_3) - \cos(\varphi_1 - \varphi_3)] \\ & + 2x_2 x_3 [\cosh(y_3 - y_2) - \cos(\varphi_3 - \varphi_2)]\}^{1/2}. \end{aligned} \quad (20)$$

### 2.3 HERA 双喷注截面: HERA 实验室系双喷注系统的快度

$$y_{JJlab} = y_{JJ} - \frac{1}{2} \ln \frac{E_p}{E_e}, \quad (21)$$

其中:  $E_p = 820\text{GeV}$ ,  $E_e = 26.7\text{GeV}$  分别为入射质子和电子能量.

相应于 e-p 系统的截面由: Weizsäcker-Williams 等效光子近似得到,

$$d\sigma^{ep} / dM_{JJ} dy_{JJ} dy^* = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f_{\gamma/e}(x) d\sigma^{\gamma p} / dM_{JJ} dy_{JJ} dy^*, \quad (22)$$

其中:  $f_{\gamma/e}(x)$  由 WW 公式给出:

$$f_{\gamma/e}(x) = \frac{\alpha}{\pi x} \left[ (x^2 - 2x + 2) \ln \frac{Q_{\max}^2}{Q_{\min}^2} - (1+x) \right]. \quad (23)$$

$Q_{\max}^2 = 0.01$ ,  $Q_{\min}^2 = (m_e x)^2 / (1-x)$ ,  $m_e$  为电子质量. 本文取:  $x_{\min} = 0.3$ ,  $x_{\max} = 0.7$ ,  $R = 1$ .

光子和质子的部分子分布函数采用 GRV HO[7, 8]. 重整化标度和质子、光子结构函数的因子化标度取:  $\mu = M_p = M_\gamma = \frac{M_{JJ}}{2\cosh y^*}$ .

## 3 结 果

图 2a, b 给出了  $y_{JJ} = 0, -1$ ,  $y^* = 0$ , 时截面的  $M_{JJ}$  分布. 图 2(a) 中,  $M_{JJ} < 20\text{GeV}$  时, NLO 的贡献大于 LO 的贡献.  $M_{JJ} = 10\text{GeV}$ , NLO 大约为 LO 的 2 倍.  $M_{JJ} = 50\text{GeV}$ , NLO 大约为 LO 的 0.5 倍. 图 2(b) 中,  $M_{JJ} < 30\text{GeV}$  时, NLO 的贡献大于 LO 的贡献.  $M_{JJ} = 10\text{GeV}$ , NLO 大约为 LO 的 2.5 倍.  $M_{JJ} = 45\text{GeV}$ , NLO 大约为 LO 的 0.8 倍. 图 2c 给出了  $y_{JJ} = 0, -1$ ,  $y^* = 0$ , 时截面 NLO 与 LO 之比. 从图中可以看到, 当

$M_{JJ} < 10\text{GeV}$  时, NLO 项迅速增加, 这说明此时 NLO 修正可能失效, 在此区域内, 起主要作用的可能是非微扰效应. 当  $10 < M_{JJ} < 50\text{GeV}$ , 时 NLO 项是 LO 项的 0.5 到 2.5 倍. NLO 有如此大的贡献, 说明 NNLO(next-to-next-to-leading order) 修正也许是必要的. 此外, 在  $10 < M_{JJ} < 50\text{GeV}$ , 区域内,  $y_{JJ} = -1$  对应的 NLO 修正量比  $y_{JJ} = 0$  对应的 NLO 修正量大. 这可能是由于沿负快度方向, 光子和质子中的胶子作用几率增大的原因(见图 5(d)、(e)、(f)).

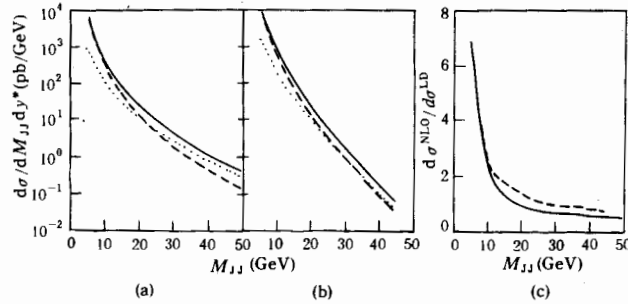


图 2  $e-p$  质心系能量  $\sqrt{s} = 296\text{GeV}$ , 分解光子过程中双喷注截面的不变质量分布  
 $y^* = 0$ : (a)  $y_{JJ} = 0$ ; (b)  $y_{JJ} = -1$ , —: NLO+LO, .....: LO, ----: NLO;  
 (c)  $d\sigma^{\text{NLO}}/d\sigma^{\text{LO}}$ , —:  $y_{JJ} = 0$ , ----:  $y_{JJ} = -1$ .

图 2 结果表明: 在分解光子过程中, QCD NLO 修正项的贡献很重要, 文献[1]的计算发现 LO QCD 结果比实验值低 1.5 到 2 个因子. 这可能就是 NLO 效应所致. 然而在  $20\text{GeV}$  以下, LO+NLO 结果具有较大的标度依赖性(当  $M_{JJ} = 15\text{GeV}$  时由于标度依赖性而引起的理论误差为 30 因此 NLO 修正可能是不够的), NNLO(next-to-next-to-leading order) 修正也许是必要的. 除此之外, (质子和光子) 结构函数的标度依赖性, 非微扰效应都可能不可忽视.

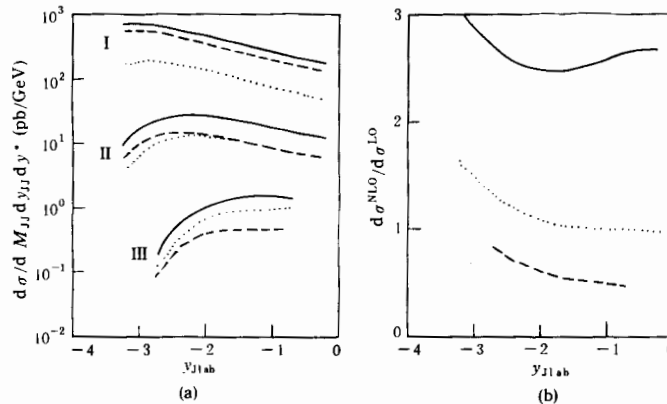


图 3  $e-p$  质心系能量  $\sqrt{s} = 296\text{GeV}$ , 分解光子过程中双喷注截面的实验室快度分布  
 $y^* = 0$ : (a)  $M_{JJ} = 10\text{GeV}$ (I),  $M_{JJ} = 20\text{GeV}$ (II),  $M_{JJ} = 40\text{GeV}$ (III),  
 —: NLO+LO, .....: LO, ----: NLO; (b)  $d\sigma^{\text{NLO}}/d\sigma^{\text{LO}}$ , —:  $M_{JJ} = 10\text{GeV}$ ,  
 .....:  $M_{JJ} = 20\text{GeV}$ , ----:  $M_{JJ} = 40\text{GeV}$ .

图 3(a) 给出了微分截面的实验室快度,  $y_{J\text{lab}}$ , 分布:  $y^*=0$ ,  $M_{JJ}=10\text{GeV}$ (I),  $20\text{GeV}$ (II),  $40\text{GeV}$ (III) 图 3b 给出了 NLO 与 LO 之比随快度的变化. (I):  $d\sigma(\text{NLO}) / d\sigma(\text{LO})$  在  $y_{J\text{lab}} \sim -2$  点取极小值. 其原因可从图 5(a)、(d) 得到解释, 图 5(a) 中,  $gq$  对 LO 的贡献为主项, 图 5(d) 中,  $gg$  对 NLO 的贡献为主项. 随着快度的增加  $gq$  减小的速度比  $gg$  要快. 因此  $y_{J\text{lab}} > -2$  时,  $d\sigma(\text{NLO}) / d\sigma(\text{LO})$  增大. (II), (III):  $d\sigma(\text{NLO}) / d\sigma(\text{LO})$  随快度的增加而减小.

图 4 给出了  $qq, qg, gq, gg$  (式中: 第一个夸克 / 胶子来自光子, 第二个夸克 / 胶子来自质子.) 作用过程微分截面的 LO 和 NLO 项的不变质量分布. 图 4(a)、(b) 为 LO 项  $y_{JJ}=0, -1$  分布. 图 4(a) 中: 当  $M_{JJ} < 25\text{GeV}$  时,  $gq, gg$  子过程的贡献较大;  $M_{JJ} > 25\text{GeV}$  时,  $gq, qq$  子过程的贡献较大;  $qg$  子过程的贡献最小. 图 4(b) 中:  $gq$  子过程的贡献最大;  $M_{JJ} < 35\text{GeV}$  时,  $gg$  子过程的贡献大于  $qq$  的贡献;  $qg$  子过程的贡献最小. 图 4(c)、(d) 为 NLO 项  $y_{JJ}=0, -1$  分布. 图 4(c) 中: 当  $M_{JJ} < 40\text{GeV}$  时,  $gg$  子过程的贡献最大;  $M_{JJ} < 30\text{GeV}$  时,  $gq$  子过程的贡献仅次于  $gg$ ;  $30\text{GeV} < M_{JJ} < 50\text{GeV}$  时,  $gg, qq, gq$  子过程的贡献差别不大;  $qg$  子过程的贡献最小. 图 4(d) 中:  $M_{JJ} < 35\text{GeV}$  时,  $gq$  子过程的贡献最大, 其次是  $gq$  子过程,  $qq, qg$  子过程的贡献较小.

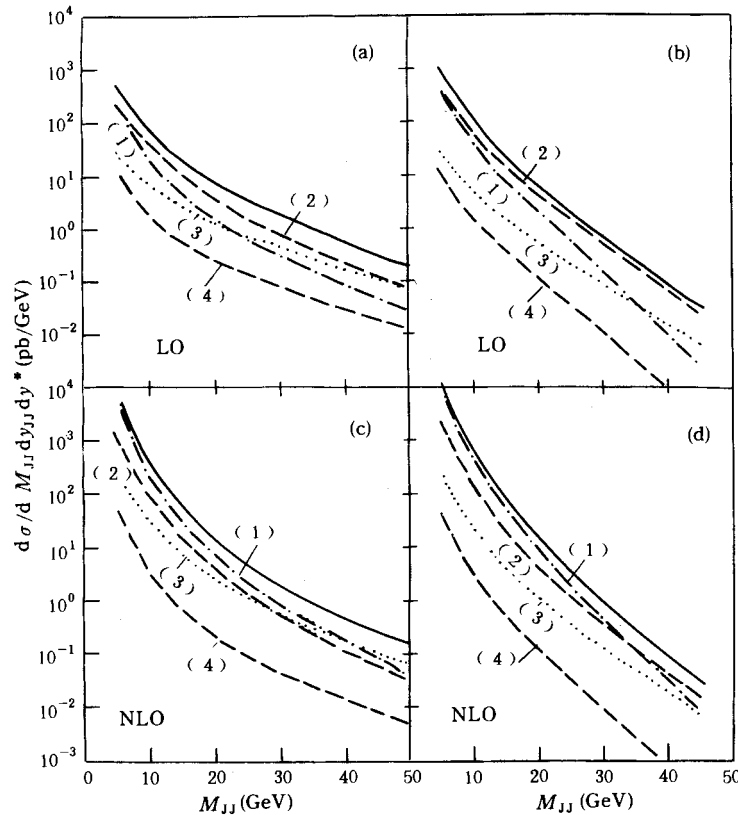


图 4  $e-p$  质心系能量  $\sqrt{s} = 296\text{GeV}$ , 分解光子的子过程中双喷注截面的不变质量分布  $y^*=0$ : (a) (LO); (c) (NLO);  $y_{JJ}=0$ : (b) (LO); (d) (NLO);  $y_{JJ}=-1$ . (1):  $gg$ , (2):  $gq$ , (3):  $qq$ , (4):  $qg$ .

图 5 给出了 qq、qg、gq、gg 作用过程微分截面的 LO 和 NLO 项的快度分布. 图 5(a)、(b)、(c) 为 LO 项  $M_{JJ}=10、20、30\text{GeV}$  时的快度分布. 图 5(a) 中: 当  $y_{\text{lab}} < -0.5$  时, gq、gg 的贡献明显大于 qq、qg. 当  $y_{\text{lab}} \sim -0.5$  时, gq、gg、qq 的贡献相当, qg 的贡献最小. 图 5(b) 中: 当  $y_{\text{lab}} < -1.5$  时, gq、gg 的贡献较大, 随着快度的增大, gq、gg 的曲线迅速下降, 当  $y_{\text{lab}} \sim -0.5$  时, qq 变为主要项, gg、gq、qg 的贡献相当. 图 5(c) 中: 当  $y_{\text{lab}} < -1.5$  时, gq 的贡献最大. 当  $y_{\text{lab}} > -1.5$  时, qq 的贡献最大, 变为主要项. 随着快度的增大, gq、gg 的曲线迅速下降, 当  $y_{\text{lab}} \sim -0.75$  时, gg、gq、qg 的贡献相当. 图 5(d)、(e)、(f) 为 NLO 项  $M_{JJ}=10、20、30\text{GeV}$  时的快度分布. 图 5(d) 中: gg 的贡献最大. 当  $y_{\text{lab}} < -0.5$  时, gq 的贡献明显大于 qq; 当  $y_{\text{lab}} \sim -0.5$  时, gq、qq 的贡献相当. qg 的贡献最小. 图 5(e) 中: 当  $y_{\text{lab}} < -1.5$  时, gq、gg 的贡献较大, 随着快度的增大, gq、gg 的曲线迅速下降, 当  $y_{\text{lab}} \sim -0.5$  时, qq 变为主要项, gg、gq、qg 的贡献相当. 图 5(f) 中: 当  $y_{\text{lab}} < -2.5$  时, gg、gq 的贡献较大. 当  $y_{\text{lab}} > -2.5$  时, qq 的贡献最大, 变为主要项. 随着快度的增大, gq、gg 的曲线迅速下降, 当  $y_{\text{lab}} \sim -0.75$  时, gg、gq 的贡献相当, qg 贡献最小.

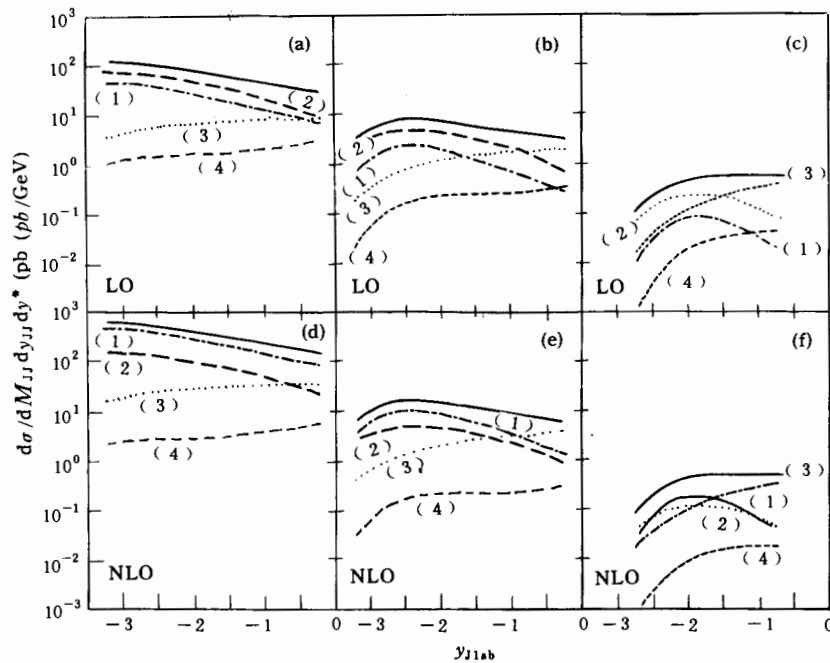


图 5  $e-p$  质心系能量  $\sqrt{s} = 296\text{GeV}$ , 分解光子的子过程中双喷注截面的实验室快度分布

$y^*=0$ : (a) (LO); (d) (NLO);  $M_{JJ}=10\text{GeV}$ ; (b) (LO), (e)(NLO);  $M_{JJ}=20\text{GeV}$ ;

(c) (LO); (f) (NLO);  $M_{JJ}=40\text{GeV}$ . (1): gg, (2): gq, (3): qq, (4): qg.

由图 4, 5 的结果可知: 在  $M_{JJ}$  不大(比如:  $<30\text{GeV}$ )时, 在负快度区(比如  $y_{\text{lab}} < -1$ ), gq、gg 子过程为 LO, NLO 的主要项. 在这两个子过程中, 光子的部分子是胶子, 质子的部分子是夸克 / 胶子, 另外两个处于次要地位的子过程: qq、qg 中光子的

部分是夸克. 此时光子中的胶子分布决定了双喷注微分截面,  $d\sigma/dM_{JJ}dy_{JJ}dy^*$  的不变质量和快度分布. 随着  $M_{JJ}$  的增大(比如当:  $>30\text{GeV}$  时), 在负快度区(比如在  $y_{JJ} > -1$ )内,  $qq, qg$  子过程为 LO, NLO 的主要项. 在这两个子过程中, 光子的部分是夸克, 质子的部分是夸克/胶子, 另外两个处于次要地位的子过程:  $gq, gg$  中光子的部分是胶子. 此时光子中的夸克分布决定了双喷注微分截面,  $d\sigma/dM_{JJ}dy_{JJ}dy^*$  的不变质量和快度分布:

## 4 小 结

本文给出了 HERA 分解光子过程中双喷注产生的微分截面,  $d\sigma/dM_{JJ}dy_{JJ}dy^*$ , 在标度选择:  $\mu = M_p = M_\gamma = \frac{M_{JJ}}{2\cosh y^*}$  下. 完整的  $O(\alpha^3)$  QCD 数值结果. 结果表明在双喷注体系不变质量区域,  $M_{JJ} \in [20, 50]\text{GeV}$ , NLO 项的贡献大约为 LO 项贡献的 0.5 到 1 倍. 这可以用来解释 ZEUS 的结果 [1], 即 LO 级 QCD 理论值比实验值低 1.5 到 2 个因子. 如果再加入 NLO QCD 修正量, 则 QCD 理论值与实验值相符合. 当双喷注不变质量不大(比如:  $<30\text{GeV}$ ), 快度  $y_{JJ} < -1$  时, 光子的胶子分布决定了双喷注截面, 利用这一特点可测量光子的胶子分布. 当双喷注不变质量较大(比如:  $>30\text{GeV}$ ), 快度  $-1 < y_{JJ} < 0$  时, 光子的夸克分布决定了双喷注截面, 利用这一特点可测量光子的夸克分布. 总之, HERA 分解光子过程中的双喷注产生提供了检验 QCD 理论和测量光子的部分子结构的机会.

## 参 考 文 献

- [1] ZEUS Collab., M. Derrick *et al.*, DESY 95-033.
- [2] H1 Collab., T. Ahmed *et al.*, DESY 95-062.
- [3] D. Bödeker, *Phys. Lett.*, **B292**(1992)164; M. Greco, A. Vicini, *Nucl. Phys.*, **B415**(1994) 386; G. Kramer, S. G. Slesh, *Z. Phys.*, **C61**(1994)277; D. Bödeker, G. Kramer, S. G. Slesh, *Z. Phys.*, **C63**(1994) 471.
- [4] D. Bödeker, *Z. Phys.*, **C59**(1993) 501.
- [5] S. D. Ellis, Z. Kunszt, D. E. Soper, *Phys. Rev.*, **D40**(1989) 2188.
- [6] Z. Kunszt D. E. Soper, *Phys. Rev.*, **D46**(1992) 192.
- [7] M. Glück, E. Reya, A. Vogt, *Phys. Rev.*, **D46**(1992)1973.
- [8] M. Glück, E. Reya, A. Vogt, *Z. Phys.*, **C53**(1992)27.



## Two-Jet Production via Resolved Photon Processes at HERA

Li Yunde    Liu Lianshou

*(Institute of Particle Physics, Hua Zhong Normal University, Wuhan 430070)*

Received 31 July 1995

### Abstract

Numerical results are presented for the photoproduction of twojets via resolved quasi-real photons at HERA in next-to-leading order (NLO) QCD. It shows that the NLO contribution is about a factor of 0.5 to 1 of the LO contribution. This may provide an explanation to the ZEUS results: "the LO QCD results is below data a factor of 1.5 to 2". When the invariant mass of two-jet system is not too large, say less than 30GeV, the cross section is dominated by the photon gluon distribution. This may be used to measure the gluon structure of photon. When the invariant mass of two-jet system is larger, say than 30GeV, the cross section is dominated by the photon quark distribution. This may be used to measure the quark structure of photon.

**Key words** resolved photon, two-jet production, NLO correction.