

## CT pancreatic fat parameters for predicting post endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis

Ji Rongwen<sup>1</sup>, XU Rong<sup>2\*</sup>, HU Xiaofei<sup>3</sup>, WEI Wei<sup>1</sup>, WEI Zhenli<sup>4</sup>

(1. Department of CT/MR, 3. Department of Nuclear Medicine, Anhui No. 2 Provincial People's Hospital, Hefei 230022, China; 2. School of Pharmacy, Anhui Institute of Medicine, Hefei 230601; 4. Department of Radiology, Jiashou Hospital of Traditional Chinese Medicine, Fuyang 236504, China)

**[Abstract]** **Objective** To observe the value of CT pancreatic fat parameters for predicting post endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) pancreatitis (PEP). **Methods** Totally 124 patients with hepatobiliary and pancreatic diseases after ERCP were retrospectively enrolled and divided into PEP group ( $n=30$ ) and non-PEP group ( $n=94$ ). Pre-ERCP CT pancreatic fat parameters, including pancreatic fat content (PFC), pancreatic CT density index (pancreatic CT value minus splenic CT value), as well as the ratio of pancreatic CT value to splenic CT value were compared between groups. Multivariate logistic regression analysis was performed to screen out the independent impact factors of PEP. Then receiver operating characteristic curve was plotted, and the area under the curve (AUC) was calculated to evaluate the efficacy for predicting PEP. **Results** In PEP group, PFC was significantly higher, while both the pancreatic CT density index and the ratio of pancreatic CT value to splenic CT value were significantly lower than those in non-PEP group (all  $P<0.05$ ). Precutting and guidewire misplacement into the pancreatic duct during ERCP and high PFC were all independent risk factors, whereas the high ratio of pancreatic CT value to splenic CT value was an independent protective factor of PEP (all  $P<0.05$ ). Taken 15.14% as the optimal cut-off value of PFC, its sensitivity for predicting PEP was 80.77%, with specificity of 65.22% and AUC of 0.815. Taken 0.73 as the optimal cut-off value of the ratio of pancreatic CT value to splenic CT value, its sensitivity of for predicting PEP was 79.10%, with specificity of 65.17% and AUC of 0.803. **Conclusion** CT pancreatic fat parameters, including PFC and the ratio of pancreatic CT value to splenic CT value, could be used to effectively predict PEP.

**[Keywords]** cholangiopancreatography, endoscopic retrograde; pancreatitis; tomography, X-ray computed

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2026.01.015

## CT 胰腺脂肪参数预测经内镜逆行胰胆管造影后胰腺炎

季荣文<sup>1</sup>, 徐蓉<sup>2\*</sup>, 胡小飞<sup>3</sup>, 魏巍<sup>1</sup>, 魏珍丽<sup>4</sup>

(1. 安徽省第二人民医院 CT/MR 室, 3. 核医学科, 安徽合肥 230022; 2. 安徽第二医学院药学院, 安徽合肥 230601; 4. 界首市中医院放射科, 安徽阜阳 236504)

**[摘要]** **目的** 观察 CT 胰腺脂肪参数预测经内镜逆行胰胆管造影(ERCP)后胰腺炎(PEP)的价值。**方法** 回顾性分析 124 例 ERCP 后胆胰疾病患者并将其分为 PEP 组( $n=30$ )与非 PEP 组( $n=94$ );比较组间 ERCP 前 CT 胰腺脂肪参数,包括胰腺脂肪含量(PFC)、胰腺 CT 密度指数(即 CT 值<sub>胰腺</sub>-CT 值<sub>脾脏</sub>)及 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>。以多因素 logistic 回归分析筛选 PEP 独立影响因素;绘制受试者工作特征曲线,计算曲线下面积(AUC),评估其预测 PEP 的效能。**结果** PEP 组 PFC 高于,而胰腺 CT 密度指数及 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>均低于非 PEP 组( $P$ 均 $<0.05$ )。ERCP 中预切开及导丝误入胰管、高 PFC 均为 PEP 的独立危险因素,高 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>为其独立保护因素( $P$ 均 $<0.05$ )。以 15.14%为 PFC 预测 PEP

**[第一作者]** 季荣文(1978—),男,安徽滁州人,本科,副主任医师。研究方向:医学影像学。E-mail: 15705694924@163.com

**[通信作者]** 徐蓉,安徽第二医学院药学院,230601。E-mail: 623620251@qq.com

**[收稿日期]** 2025-08-11 **[修回日期]** 2025-12-08

的最佳截断值,其敏感度、特异度及 AUC 分别为 80.77%、65.22% 及 0.815;以 0.73 为 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>的最佳截断值,其敏感度、特异度及 AUC 分别为 79.10%、65.17% 及 0.803。结论 CT 胰腺脂肪参数 PFC 及 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>可有效预测 PEP。

[关键词] 胰胆管造影术,内镜逆行;胰腺炎;体层摄影术,X线计算机

[中图分类号] R657.51; R814.42 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2026)01-0076-05

经内镜逆行胰胆管造影(endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)在胆胰疾病诊疗中发挥重要作用<sup>[1]</sup>,但 ERCP 后胰腺炎(post-ERCP pancreatitis, PEP)相对常见(发生率 15%~40%)且较为严重,延长住院时间、增加医疗费用,甚至引发多器官功能衰竭而危及生命<sup>[2-3]</sup>。胰腺脂肪变性与多种胰腺疾病的发生、发展密切相关<sup>[4]</sup>。胰腺脂肪含量(pancreatic fat content, PFC)升高可能影响胰腺血液循环、代谢功能及免疫反应,增加胰腺对各种损伤因素的易感性<sup>[5]</sup>。CT 能清晰显示胰腺形态、大小及结构并基于定量参数评估 PFC,现已广泛用于诊疗胰腺疾病<sup>[6]</sup>。本研究观察 CT 胰腺脂肪参数预测 PEP 的价值。

## 1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2022 年 10 月—2025 年 3 月安徽省第二人民医院 124 例 ERCP 后胆胰疾病患者,男 64 例、女 60 例,年龄 24~93 岁、平均(65.2±14.4)岁;参照 Cotton 标准<sup>[7]</sup>将其分为 PEP 组( $n=30$ )与非 PEP 组( $n=94$ )。纳入标准:①符合 ERCP 适应证;②年龄>18 岁;③检查前接受腹部 CT;④临床及影像学资料完整。排除标准:①ERCP 前存在胰腺炎;②既往慢性胰腺炎史;③既往曾接受 ERCP;④既往胃肠道重建手术史;⑤检查前存在急性梗阻性化脓性胆管炎或因其他可能影响血清胰酶水平的疾患;⑥CT 图像质量不佳;⑦术前 1 个月内曾服用非甾体抗炎药或接受免疫治疗;⑧妊娠期或哺乳期女性。本研究经院医学伦理委员会批准通过[(R)2025-075],并豁免知情同意书。

1.2 仪器与方法 检查前禁食、禁水 4~6 h。嘱患

者仰卧于 Philips Brilliance 及 Siemens SOMATOM Force 64 排 CT 机的检查床接受全腹部扫描,范围自膈顶至耻骨联合;参数:管电压 120 kV,管电流采用自动毫安调制技术,螺距 0.992。完成平扫后经前臂静脉以流率 2.5~3.0 ml/s 注射对比剂碘海醇(350 mgI/ml)1.2 ml/kg 体质量,采用智能触发扫描技术,于腹主动脉阈值达 150 HU 后分别延迟 25~30 s 及 60~70 s 行动脉期及门静脉期扫描。以层厚、层间距均为 5 mm 重建图像。将门静脉期原始数据传至工作站,采用多平面重建技术以层厚 1.250 mm、层间距 0.625 mm 进行薄层重建。

1.3 图像分析 由 2 名具有 10 年工作经验的影像科医师于 CT 图工作站选取轴位门静脉期重建图像,避开胰管、主血管、钙化灶及周边脂肪组织,分别于显示胰头(肠系膜上静脉右旁)、胰体(肠系膜上动脉前)、胰尾(脾门前)最清晰层面的胰腺实质内放置面积约 100 mm<sup>2</sup> 的圆形 ROI(图 1);测量 ROI CT 值,采用阈值分割法计算 PFC(将 CT 值≤-30 HU 的像素判定为脂肪组织,计算其面积占 ROI 面积的百分比<sup>[8]</sup>);以胰头、体及尾的 PFC 均值为最终结果。尽可能避开血管与钙化灶于连续 3 个层面脾实质内放置面积约 100 mm<sup>2</sup> 的圆形 ROI,以其 CT 值均值为 CT 值<sub>脾脏</sub>;计算胰腺 CT 密度指数<sup>[9]</sup>(即 CT 值<sub>胰腺</sub>-CT 值<sub>脾脏</sub>)及 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 27.0 统计分析软件。以  $\bar{x} \pm s$  表示符合正态分布的计量资料,行独立样本  $t$  检验;以频数描述计数资料,行  $\chi^2$  检验。以组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)评估观察者间测量结果的一致性,ICC>0.75 为一致性良好。采用多因素 logistic 回归分析观察 PEP 的独立影



图 1 于轴位门静脉期重建图像勾画胰腺头(A)、体(B)及尾部(C)ROI(红圈)示意图

响因素。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC),评估 CT 胰腺脂肪参数预测 PEP 的效能,并以 DeLong 检验进行比较。P<0.05 为差异有统计学意义。

### 2 结果

PEP 组直接胆红素(direct bilirubin, DBIL)、白蛋白(albumin, ALB)均低于,而 ERCP 中行预切开及导丝误入胰管者占比均高于非 PEP 组(P 均<0.05);组间其余临床及 ERCP 资料差异均无统计学意义(P 均>0.05)。见表 1。

观察者间测算 PFC、胰腺 CT 密度指数及 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>的一致性均良好(ICC 为 0.895~

0.933)。PEP 组 PFC 高于,胰腺 CT 密度指数及 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>均低于非 PEP 组(P 均<0.05),见表 2。

多因素 logistic 回归分析结果显示,ERCP 中进行预切开、导丝误入胰管,以及高 PFC 均为 PEP 的独立危险因素,而高 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>为其独立保护因素(P 均<0.05),见表 3。

PFC 预测 PEP 的最佳截断值为 15.14%,此时其敏感度、特异度及 AUC 分别为 80.77%、65.22% 及 0.815;CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>预测 PEP 的最佳截断值为 0.73,此时其敏感度、特异度及 AUC 分别为 79.10%、65.17% 及 0.803。PFC 与 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>预测 PEP 的 AUC 差异无统计学意义(P>0.05),见图 2。

表 1 124 例 ERCP 后胆胰疾病患者临床及 ERCP 操作相关资料比较

组别	年龄(岁)	性别(例)		体质指数(kg/m <sup>2</sup> )	吸烟史(例)	饮酒史(例)
		男	女			
PEP 组(n=30)	65.79±14.35	16	14	24.12±1.95	4	2
非 PEP 组(n=94)	64.31±15.28	48	46	23.88±1.87	6	6
$\chi^2/t$ 值	0.469	0.047		0.606	1.482	0.003
P 值	0.640	0.829		0.546	0.224	0.956

组别	糖尿病史(例)	高血压史(例)	空腹血糖(mmol/L)	总胆固醇(mmol/L)	甘油三酯(mmol/L)	低密度脂蛋白(mmol/L)
非 PEP 组(n=94)	7	7	5.64±0.55	4.39±1.27	1.70±0.44	2.53±0.92
$\chi^2/t$ 值	0.200	0.975	1.536	0.557	0.575	0.314
P 值	0.655	0.324	0.127	0.579	0.566	0.754

组别	高密度脂蛋白(mmol/L)	白细胞计数( $\times 10^9/L$ )	DBIL( $\mu\text{mol/L}$ )	总胆红素( $\mu\text{mol/L}$ )	ALB(g/L)	碱性磷酸酶(U/L)
非 PEP 组(n=94)	1.15±0.34	7.79±1.95	28.39±6.24	55.12±5.95	38.74±3.64	330.97±62.39
$\chi^2/t$ 值	0.865	0.080	-2.574	0.428	-7.566	0.460
P 值	0.389	0.936	0.011	0.669	<0.001	0.647

组别	ERCP 中预切开(例)	导丝误入胰管(例)	乳头口球囊扩张(例)	鼻胆管引流(例)	乳头开口类型(例)		
					绒毛型	结节型	其他
PEP 组(n=30)	5	14	8	10	23	4	3
非 PEP 组(n=94)	4	20	24	25	74	7	13
$\chi^2/t$ 值	5.204	7.367	0.015	0.510	1.159		
P 值	0.023	0.007	0.902	0.475	0.560		

表 2 PEP 组与非 PEP 组 CT 胰腺脂肪参数比较

组别	PFC(%)	胰腺 CT 密度指数(HU)	CT 值 <sub>胰腺</sub> /CT 值 <sub>脾脏</sub>
PEP 组(n=30)	18.75±2.89	-10.12±3.28	0.77±0.19
非 PEP 组(n=94)	10.15±3.38	-5.97±1.87	0.88±0.10
t 值	12.541	-8.660	-4.121
P 值	<0.001	<0.001	<0.001

表 3 多因素 logistic 回归分析 PEP 独立影响因素

自变量	B 值	标准误	Wald $\chi^2$ 值	OR 值(95%CI)	P 值
ERCP 中预切开	0.446	0.195	5.230	1.562(1.066, 2.289)	0.029
导丝误入胰管	0.797	0.223	12.761	2.218(1.433, 3.434)	<0.001
高 PFC	0.579	0.196	8.722	1.784(1.215, 2.620)	0.008
高 CT 值 <sub>胰腺</sub> /CT 值 <sub>脾脏</sub>	-0.591	0.191	9.561	0.554(0.381, 0.806)	0.001

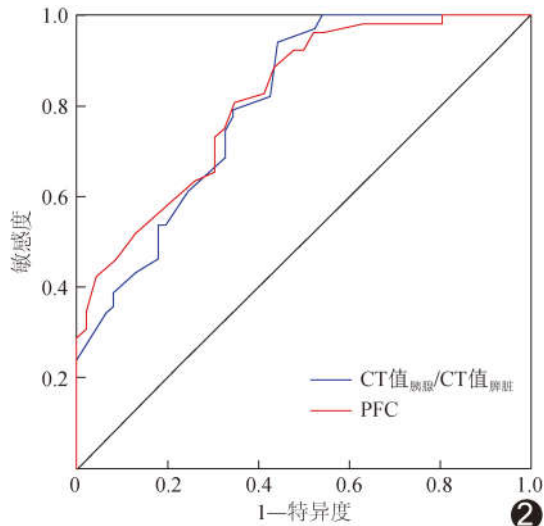


图 2 CT 胰腺脂肪参数预测 PEP 的 ROC 曲线

### 3 讨论

本研究发现, ERCP 中进行预切开及导丝误入胰管均为发生 PEP 的独立危险因素。分析可能原因, ERCP 中进行预切开的主要目的在于提高胆管插管成功率, 但使十二指肠乳头结构和功能被破坏, 可致胰液引流不畅、胰管内压力增加而诱发 PEP<sup>[10]</sup>; 导丝误入胰管则可直接损伤胰管黏膜, 引起黏膜水肿和炎症, 甚至胰液反流、激活胰酶而造成自身消化<sup>[11]</sup>。

本研究结果显示, 高 PFC 为 PEP 另一独立危险因素, 推测胰腺脂肪含量增加通过多种机制促进 PEP: ①直接物理效应介导损伤, 胰腺脂肪浸润导致大量脂肪细胞蓄积于胰腺间质, 压迫腺泡细胞及微血管, 导致局部组织灌注减少和慢性缺氧状态, 进而削弱胰腺组织的耐受性与修复能力<sup>[12]</sup>; ②通过代谢与炎症途径降低组织防御<sup>[13]</sup>, 脂肪变性的胰腺组织中常伴巨噬细胞浸润, 促炎性细胞因子水平升高, 形成低度炎症微环境<sup>[14]</sup>; ③脂肪细胞自身分泌的游离脂肪酸增多, 可能诱发腺泡细胞脂毒性, 干扰其正常分泌功能并增加细胞凋亡风险<sup>[15-16]</sup>。既往研究<sup>[17]</sup>认为局部器官脂肪堆积可用于预测血管相关并发症, 如 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>与 2 型糖尿病合并脑梗死存在一定相关性。本研究 PEP 组 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>显著低于非 PEP 组, 且高 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>是 PEP 的独立保护因素, 可能原因在于 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>反映胰腺组织的相对密度和结构特征, 该值较高提示胰腺组织脂肪含量较低、组织结构较致密, 具有较好抗损伤能力<sup>[18-19]</sup>。ROC 曲线显示, PFC 及 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>均可用于预测 PEP (AUC 分别为 0.815 及 0.803), 提示临床可于 ERCP 前

基于 CT 重点评估胰腺脂肪参数, ERCP 中对高危患者采取针对性预防措施, 以降低 PEP 发生率。

综上所述, CT 胰腺脂肪参数 PFC 及 CT 值<sub>胰腺</sub>/CT 值<sub>脾脏</sub>可有效预测 PEP。但本研究为单中心、小样本回顾性分析, 对所获结果的普适性有待进一步验证; 纳入指标有限, 未能有效构建 PEP 的联合预测模型; 缺少重度 PEP 病例, 未能探讨 CT 胰腺脂肪参数对 PEP 严重程度的预测价值。后续将通过开展多中心、大样本前瞻性队列研究, 探讨 CT 胰腺脂肪参数与其他临床风险因素的联合预测价值, 以建立更为稳健的风险评估模型。

利益冲突: 全体作者声明无利益冲突。

作者贡献: 季荣文统计分析、撰写和修改文章; 徐蓉审阅文章; 胡小飞和魏巍图像处理和分析; 魏珍丽统计分析。

### [参考文献]

- [1] ABIMANSOUR J P, MARTIN J A. Biliary endoscopic retrograde cholangiopancreatography [J]. *Gastroenterol Clin North Am*, 2024, 53(4):627-642.
- [2] 韩维维, 王维钊, 孙超, 等. 全身免疫炎症指数预测老年患者内镜逆行胰胆管造影术后胰腺炎的价值研究 [J]. *中国内镜杂志*, 2024, 30(12):55-60.
- [3] WEISSMAN S, AHMED M, BANIQUED M R, et al. Best practices for prevention of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis [J]. *World J Gastrointest Endosc*, 2021, 13(6):161-169.
- [4] WANG S, ZHANG Y, XU Y, et al. Progress in the application of dual-energy CT in pancreatic diseases [J]. *Eur J Radiol*, 2023, 168:111090.
- [5] PROUVOT C, BOUMAIZA M, MAOUI K, et al. Pancreatic steatosis is a strong risk factor for post-ERCP pancreatitis: An emerging concept [J]. *Dig Liver Dis*, 2025, 57(2):542-548.
- [6] KARIM M M, UR REHMAN A, MAJEED M A, et al. Pancreatic steatosis: A new modifiable high-risk factor for post-ERCP pancreatitis: Yet much to explore [J]. *Gastrointest Endosc*, 2024, 100(3):579-580.
- [7] COTTON P B, LEHMAN G, VENNES J, et al. Endoscopic sphincterotomy complications and their management: An attempt at consensus [J]. *Gastrointest Endosc*, 1991, 37(3):383-393.
- [8] SHI H Y, LU Z P, LI M N, et al. Dual-energy CT iodine concentration to evaluate postoperative pancreatic fistula after pancreatoduodenectomy [J]. *Radiology*, 2022, 304(1):65-72.
- [9] 孙朋涛, 都雪朝, 王若顿, 等. 胰腺脂肪浸润对 2 型糖尿病患者冠状动脉粥样硬化严重程度的预测价值 [J]. *中国医学科学院学报*, 2020, 42(2):172-177.
- [10] SHIN S H, SO H, CHO S, et al. The number of wire

placement in the pancreatic duct and metal biliary stent as risk factors for post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis [J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2020, 35 (7): 1201-1207.

[11] 姚建红, 柴宝, 曹湘君, 等. 内镜逆行胰胆管造影术后并发胰腺炎的风险因素及预测模型构建 [J]. *护理研究*, 2023, 37 (5): 814-818.

[12] WANG K, ZHANG L, DENG B, et al. Mitochondrial uncoupling protein 2: A central player in pancreatic disease pathophysiology [J]. *Mol Med*, 2024, 30(1):259.

[13] YACHIMSKI P, ZHANG J, COTÉ G A, et al. Thirty-day hospital admission following high-risk outpatient ERCP: Incidence and analysis of risk factors based on a secondary analysis of the Stent Versus Indomethacin trial dataset [J]. *Gastrointest Endosc*, 2025, 102(3):375-381.

[14] TAVAKKOLI A, KAPINOS K A, ELMUNZER B J, et al. Burden and cost of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis among commercially insured people undergoing endoscopic retrograde cholangiopancreatography [J]. *Gastrointest Endosc*, 2025, 102 (5):692-700.

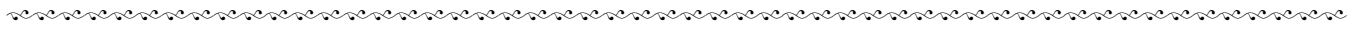
[15] BERAN A, ABOURSHEID T, ALI A H, et al. Predictors of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis: A comprehensive systematic review and meta-analysis [J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2025, 23 (11): 1905-1916.

[16] ALMUJARKESH M K, ALSALEH T, MALIK A, et al. Impact of pancreatic steatosis on risk of post-ERCP pancreatitis: Systematic review and meta-analysis [J]. *Pancreatology*, 2025, 25(8):1418-1425.

[17] 陆雨纯, 应长江, 沃眉宏, 等. 胰腺脂肪浸润的 CT 参数与 2 型糖尿病合并脑梗死的相关性研究 [J]. *医学研究杂志*, 2023, 52(7): 66-70.

[18] OOKURA R, USUKI N, MIKI Y. Correlation between pancreatic fat deposition and metabolic syndrome: Relationships with Location in the pancreas and sex [J]. *Intern Med*, 2024, 63 (15):2113-2123.

[19] PARK C H, CHUNG M J, PARK D H, et al. Impact of pancreatic fat on the risk of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis [J]. *Surg Endosc*, 2022, 36(8):5734-5742.



### 三线表的规范格式

▲表序和表题:表序即表格的序号,一篇论文中如只有 1 个表格,则表序编为表 1,表题即表格的名称,应准确得体并能确切反映表格的特定内容且简短精练。

▲项目栏:指表格顶线与栏目线之间的部分,栏目是该栏的名称,反映了表身中该栏信息的特征或属性。

▲表身:三线表内底线以上,栏目线以下的部分叫作表身,是表格的主体表身内的数字一般不带单位,百分数也不带百分号,均归并在栏目中表身中不应有空项,如确系无数字的栏,应区别情况对待,在表注中简要说明,不能轻易写“0”或画“—”线等填空,因“—”可代表阴性反应,“0”代表实测结果为零。

▲表注:必要时,应将表中的符号标记代码,以及需要说明的事项,以最简练的文字,横排于表题下作为表注也可附注于表下。