

DOI:10.13350/j.cjpb.250225

• 综述 •

人类免疫缺陷病毒(HIV)流行特征研究进展

沈美琪¹,王鹏举^{2*}

(1. 吉林大学护理学院, 吉林长春 130000; 2. 吉林大学第一医院)

【摘要】 人类免疫缺陷病毒(HIV)能够引起获得性免疫缺陷综合征(AIDS),早期症状易被忽视。由于HIV变异快,这给预防和治疗带来诸多挑战。本文介绍了HIV的致病机制,包括其对免疫细胞的侵入和复制过程、高度变异性以及与宿主免疫反应的关系;分析了全球HIV不同地区、不同人群的流行状况及我国当前情况;阐述了高危人群,如性工作者、MSM群体、注射吸毒者等因特定生活行为和社交环境更易受侵害。为应对全球HIV流行差异,需加强国际合作,采取针对性策略,包括加强性教育、推广安全性行为、控制母婴传播、消除歧视等。本文旨在对HIV流行特征研究进展进行综述。

【关键词】 HIV; AIDS; 流行特征; 综述

【文献标识码】 A **【文章编号】** 1673-5234(2025)02-0259-03

[*Journal of Pathogen Biology*. 2025 Feb.; 20(02):259-261, 258.]

Research progress on the epidemic characteristics of human immunodeficiency virus (HIV)

SHEN Meiqi¹, WANG Pengju² (1. School of nursing, Jilin University, Changchun, 130000, China; 2. The first hospital of Jilin University)

【Abstract】 The human immunodeficiency virus (HIV) can lead to acquired immunodeficiency syndrome (AIDS), with early symptoms often being overlooked. The rapid mutation rate of HIV presents numerous challenges to its prevention and treatment. This paper introduces the pathogenic mechanisms of HIV, including its invasion and replication processes within immune cells, high variability, and its relationship with the host's immune response. It also analyzes the epidemiological patterns of HIV across different regions and populations globally, as well as the current situation in China. The paper discusses high-risk groups, such as sex workers, men who have sex with men (MSM), and injecting drug users, who are more vulnerable due to specific lifestyle behaviors and social environments. To address the global disparities in HIV prevalence, it is essential to strengthen international cooperation and adopt targeted strategies, including enhancing sex education, promoting safe sexual behaviors, controlling mother-to-child transmission, and eliminating discrimination. This paper aims to review the research progress on the epidemiological characteristics of HIV.

【Keywords】 HIV; AIDS; epidemic characteristics; review

人类免疫缺陷病毒(Human immunodeficiency virus, HIV)又可称为艾滋病病毒,是获得性免疫缺陷综合征(AIDS)的病原体。自1981年首次在美国报告艾滋病病例以来,HIV的流行特征在全球范围内经历了显著的变化^[1]。HIV的传播途径主要包括性接触传播、血液传播、母婴传播以及器官移植等途径^[2-4]。近年来,HIV流行特征的研究取得了显著进展。科学家们通过分子生物学技术,对HIV的基因组进行了深入分析,揭示了病毒的变异和进化规律^[5]。这些研究有助于理解HIV的传播模式和免疫逃逸机制,为疫苗开发和抗病毒治疗提供了新的思路^[6-7]。在流行病学方面,全球范围内的HIV监测和数据收集工作不断加强。通过大规模的流行病学调查,研究人员能够更准确地评估HIV的感染率、传播速度以及高风险人群的分布情况^[8]。这些数据对于制定有效的公共卫生策略和资源分配具有重要意义。预防措施方面,HIV的预防策略也在不断进步。例如,抗逆转录病毒治疗(ART)的普及显著降低了HIV的传播风险^[9-10]。此外,预防性抗逆转录病毒治疗(PrEP)为高风险人群提供了新的保护手段。公共卫生部门还推广使用安全套、减少注射药物使用以及提供清洁的针具等措施,以

减少HIV的传播。尽管如此,HIV的流行特征在全球范围内仍然存在显著差异。在某些地区,HIV的感染率仍然居高不下,特别是在撒哈拉以南非洲地区。社会经济因素、文化习俗、教育水平以及医疗资源的不均衡分布,都是导致这些差异的重要原因^[11]。未来的研究需要进一步关注HIV的流行特征及其影响因素,特别是在资源有限的地区。同时,需要加强国际合作,共享研究成果,提高全球范围内的HIV防治水平。通过多学科、多领域的合作,人类有望逐步控制并最终战胜这一威胁全球公共卫生的病毒。*

1 HIV致病机制

HIV病毒的直径约80~140 nm,形状为圆形或椭圆形。其外层由类脂质构成的包膜组成,这一包膜源自宿主细胞。HIV病毒利用包膜上的糖蛋白与宿主细胞表面的CD4受体结

* **【通讯作者】** 王鹏举, E-mail: wangpengju87@jlu.edu.cn

【作者简介】 沈美琪(2002-),女,吉林汪清人,在读硕士研究生,研究方向:危重症护理及护理管理。
E-mail: shenmeiqi2002@163.com

合,从而实现免疫细胞的侵入^[12]。病毒的复制周期涉及多个步骤,包括吸附、融合、逆转录、整合、转录、翻译和组装。在这个过程中,HIV病毒极度依赖宿主细胞的机制,这不仅损害了免疫细胞的功能,还促进了病毒在宿主体内的持续复制和传播。研究HIV的致病机制对于理解其感染过程和免疫逃逸至关重要^[14]。作为一种逆转录病毒,HIV的基因组由两条单链RNA构成。当病毒侵入宿主细胞后,其逆转录酶将RNA基因组转录为双链DNA。接着,该DNA通过整合酶的作用整合到宿主细胞的基因组中,使得病毒基因能够在宿主细胞内长期存在并进行复制。HIV主要攻击人体免疫系统中的CD4⁺T淋巴细胞,这些细胞在免疫反应中扮演着关键角色^[15]。随着病毒的复制,受感染的细胞逐渐遭到破坏,导致免疫系统功能逐渐衰退。此外,HIV还能感染巨噬细胞和树突状细胞,进一步破坏免疫系统的完整性^[16]。

HIV的致病机制还包括其高度的变异性。病毒在复制过程中容易发生突变,导致病毒表面蛋白的改变,从而逃避免疫系统的识别和清除^[17]。这种变异使得疫苗开发变得复杂,因为很难找到一个能够覆盖所有HIV变种的疫苗。为了应对HIV的变异,科学家们正在研究所谓的“广谱中和抗体”,这些抗体能够识别并中和多种不同HIV变种^[18]。研究这些抗体的产生机制和识别的病毒表位,有助于开发出更有效的疫苗和治疗策略。

此外,HIV感染还与宿主的免疫反应密切相关。研究发现,某些宿主基因的多态性可能影响个体对HIV的易感性和疾病进展速度。例如,CCR5和CXCR4等趋化因子受体的基因变异与HIV感染的易感性有关^[19]。深入理解这些基因在HIV感染中的作用,有助于开发新的治疗靶点和个性化医疗方案。

2 全球流行状况

2019年底HIV感染者约为3800万人,累计病死约为3269万人。其中,2019年新增HIV感染病例约为170万人,约31%为15~24岁青年人群。在我国2020年HIV感染者约为104.5万,病死31.6万人^[13]。全球范围内,HIV的流行状况呈现出明显的地域差异。在欧美等发达国家,HIV感染得到了相对较好的控制,但仍存在某些特定人群的高风险,如男男性行为者(men who have sex with men, MSM)、注射吸毒者等。发展中国家面临着更多的挑战,如医疗资源不足、社会歧视、贫困等因素,影响了防控工作的开展。

撒哈拉以南非洲地区仍然是HIV感染率最高的地区,其中一些国家的成人感染率超过15%。这一现象部分归因于该地区普遍存在的贫困、教育水平低下、性行为模式以及缺乏有效的预防和治疗措施。此外,该地区还面临着其他健康问题,如结核病和疟疾的高发,这些因素进一步加剧了HIV的传播和影响^[20]。

在亚洲,HIV流行状况也存在显著差异。印度和中国是该地区HIV感染人数最多的国家,但感染率相对较低。东南亚一些国家,如泰国和柬埔寨,曾经面临严重的HIV流行问题,但近年来通过有效的预防和治疗措施,感染率有所下降。然而,该地区仍需警惕HIV在注射药物使用者、性工作者和MSM者等高风险群体中的传播。

在北美和欧洲,HIV流行状况相对稳定,得益于广泛开展

的HIV检测、抗逆转录病毒治疗(ART)的普及以及预防性抗逆转录病毒治疗(PrEP)的推广。然而,这些地区也面临着HIV感染率在某些边缘群体中居高不下的问题,如低收入人群、少数族裔以及MSM者。

拉丁美洲和加勒比地区的情况则更为复杂。虽然该地区的一些国家在HIV防治方面取得了显著进展,但整体上仍面临HIV感染率较高的挑战。社会经济不平等、性教育的缺乏以及对高风险群体的歧视,都是导致该地区HIV流行状况严峻的因素。

3 高危人群

在识别和关注高危人群方面,加强对性工作者、MSM人群、注射吸毒者等群体的干预至关重要。这些群体由于特定的生活行为和社交环境,更易受到HIV的侵害。

3.1 性工作者 性工作者由于职业特性,面临着较高的感染风险。因此,为这一群体提供定期体检、安全性行为教育及避孕套等预防措施至关重要。同时,应加强对性工作者的权益保护,降低社会歧视,使其能更好地融入社会,减少HIV传播风险。

3.2 MSM群体 中国疾病预防控制中心(CDC)多年数据显示,青年人群比例逐步增加,从2010年9373例到2019年15790例,其中青年学生从2010年8.5%至2019年21.7%。徐素芹等^[21]对贵阳地区青年HIV感染群体研究显示,以20~24岁为主,15~20岁青年所占比例逐年上升。MSM群体则是以文化程度较高的单身青壮年为主^[22]。MSM群体在全球范围内常常面临更高的HIV感染风险,这与其性行为特点和社会接受度有关。为此,提高对该群体的关注,开展针对性的预防教育、心理支持和定期检测十分关键。同时,消除社会偏见,提升法律保护,为MSM群体营造一个平等、健康的生活环境,能有效降低HIV在其中的传播。

3.3 注射吸毒者 这一群体由于共用针具行为,增加了HIV传播的风险。为此,提供清洁针具、开展健康教育和心理咨询,以及推广美沙酮替代疗法等综合干预措施,对降低该群体HIV感染率至关重要。同时,消除社会歧视,提高法律保护,帮助他们回归社会,也是防控HIV传播的关键一环。

4 讨论

4.1 HIV致病机制的研究与控制策略挑战 AIDS是由HIV引起的全身性疾病,其传播途径和影响范围广泛。HIV可分为HIV-1型和HIV-2型,其中HIV-1型在全球范围内传播更为广泛,在我国HIV-1型检出居首位。疾病早期症状通常不显著,如发热、咽喉痛、恶心、呕吐、腹泻、盗汗、关节痛、皮疹等,易被忽视或误诊,导致许多感染者未能及时诊断。因此,加强对这些高危人群的筛查和干预工作是防控HIV传播的重中之重。HIV感染能够引起在人体免疫中扮演重要角色的CD4⁺T淋巴细胞减少,从而出现免疫功能性缺陷,易患感染和肿瘤等各种疾病^[23]。HIV具有变异速度快的特点,这使得疫苗的研发和治疗药物的开发面临巨大挑战。尽管如此,科学家们仍在不断努力,通过多种途径寻找有效的预防和治疗手段。目前,抗逆转录病毒治疗(ART)是控制HIV感染的主要手段。通过联合使用多种抗病毒药物,可以有效抑制病毒复制,恢复和维持免疫功能,延长患者寿命。然而,ART并不能彻底清除体内的HIV病毒,因此需要患者长期甚至终身服药。此外,药

物的副作用和耐药性问题也是需要关注的重要方面^[9,24]。综上所述,HIV致病机制的研究不仅揭示了病毒如何破坏免疫系统,还为开发新的预防和治疗手段提供了科学依据。未来的研究将继续深化对 HIV 感染和免疫逃逸机制的理解,为全球 HIV 防治工作提供更多的科学支持。

4.2 综合护理与心理支持的重要性 加强日常护理也是控制 HIV 人群病情发展的必须措施。HIV 患者普遍存在消瘦情况,需加强营养支持,宜低油少盐少糖忌辛辣等刺激饮食,增加优质蛋白和果蔬摄入,提高机体免疫能力,当发生高热情况,需要及时物理降温处理,必要时采取药物治疗。注意观察病情的变化、体温、血压、脉搏、呼吸、大小便的情况。居家患者注意不公用个人物品。艾滋病患者常常面临疾病的痛苦、死亡的威胁、社会的歧视和家庭的压力,家属应多多给予精神支持和心理安慰,帮忙患者正常工作和生活。由于艾滋病病人的血液、精液、阴道内分泌物、胸腹水、脑脊液和乳汁中都含有病毒,医护人员接触病患需采取有效的防护措施。

4.3 国际合作与预防策略的优化 为了应对全球 HIV 流行状况的差异,国际社会需要采取更加针对性的策略。这包括加强国际合作,提供资金和技术支持,特别是在资源有限的地区。随着防控措施的加强,血液传播得到了有效控制,性传播逐渐成为主要的传播方式。受主流社会文化影响,MSM 交友和性工作非常隐蔽,而随着社交媒体和交友软件的普及,使得性接触的机会增加,也为防控带来了新的挑战。为此,加强性教育,提高公众对安全性行为的认识,已成为当务之急。针对这一趋势,相关部门应深化与社区、学校及网络平台的合作,推广科学的性教育知识,强化安全性行为意识。预防 HIV 传播的另一关键措施是推广安全性行为。使用安全套是减少性传播风险的有效方法之一。减少注射药物使用者之间的共用针具行为,提供清洁针具和美沙酮替代疗法,也是控制 HIV 传播的重要策略。此外,母婴传播是 HIV 传播的另一途径,但通过实施母婴阻断措施,如孕期抗病毒治疗、剖宫产和人工喂养等,可以显著降低母婴传播的风险。因此,加强孕产妇的 HIV 筛查和干预工作,对于减少母婴传播具有重要意义。在社会层面上,加强公众对 HIV/AIDS 的认识和教育,消除对患者的歧视和偏见,是构建和谐社会的重要一环。通过多方面的努力,我们有望逐步控制 HIV/AIDS 的传播,为感染者提供更好的生活质量和医疗保障。同时,需要进一步提高 HIV 检测的覆盖率,确保所有感染者都能获得及时的治疗和关怀。通过这些综合性的努力,全球 HIV 流行状况有望得到进一步改善。

【参考文献】

[1] MeLigeyo A, Wekesa P, Owuor K, et al. Factors associated with treatment outcomes among children and adolescents living with HIV receiving antiretroviral therapy in Central Kenya [J]. *AIDS Res Hum Retroviruses*, 2022, 38(6): 480-490

[2] 王海洋,刘恒丽,张双梅,等. 云南省 2004~2022 年经母婴传播 HIV 感染儿童抗病毒治疗效果评价及影响因素分析 [J]. *中国实用医药*, 2024, 19(6): 164-169.

[3] Hidayat R, Marguari D, Hairunisa N, et al. Community HIV screening among MSM in three Indonesian cities [J]. *Curr HIV Res*, 2019, 17(1): 65-71.

[4] Tieu HV, Xug, Bonner S, et al. Sexual partner characteristics,

serodiscordant/serostatus unknown unprotected anal intercourse and disclosure among human immunodeficiency virus infected and uninfected black men who have sex with men in New York city I [J]. *Sex Transm Dis*, 2011, 38(6): 548-554

[5] 杨荣荣,严月康,余丽玲,等. 赣州市 2011-2021 年艾滋病疫情变化及特征分析 [J]. *赣南医学院学报*, 2023, 43(11): 1129-1133.

[6] 张梦然. 新研究展示种系靶向 HIV 疫苗前景 [N]. *科技日报*, 2024-05-17 (004). DOI: 10. 28502/n. cnki. nkjrb. 2024. 002960.

[7] Gironlb, Palmer CS, Liu Q, et al. Non-invasive plasma glycomic and metabolic biomarkers of post-treatment control of HIV [J]. *Nat Commun*, 2021, 12(1): 3922.

[8] 段星,梁欣悦,王继宝,等. 2010-2019 年云南省德宏州新报告男男性行为 HIV 感染者病毒基因亚型分子传播网络分析 [J]. *上海预防医学*, 2023, 35(12): 1168-1174.

[9] Adam T, Caroline AS, Greer B. Life expectancy after 2015 of adults with HIV on long-term antiretroviral therapy in Europe and North America: A collaborative analysis of cohort studies [J]. *Lancet HIV*, 2023, 10(5): 295-307.

[10] Zaake CK, Laith H, Coran B, et al. Non-AIDS mortality is higher among successfully treated people living with HIV Compared with matched HIV negative control persons: a 15-year follow-up cohort study in Sweden [J]. *AIDS Patient Care STDS*, 2018, 32(8): 297-305

[11] GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. *Lancet*, 2020, 396(10258): 1204-1222.

[12] Yin Y, Oin J, dal Y, et al. The CD4 /CD8 ratio in pulmonary tuberculosis: systematic and meta-analysis article [J]. *Iran J Public Health*, 2015, 44(2): 185-193

[13] 李延卿,任伟宏,张岱,等. Th17 和调节性 T 细胞在人类免疫缺陷病毒疾病进展中的作用及其调控机制 [J]. *中国现代医学杂志*, 2024, 34(16): 45-50.

[14] Politou M, Boti S, Androutsakos T, et al. Regulatory T cell counts and development of malignancy in patients with HIV infection [J]. *Curr HIV Res*, 2020, 18(3): 201-209.

[15] Almanzar G, Klein M, Schmalzing M, et al. Disease manifestation and inflammatory activity as modulators of Th17/Treg balance and RORC/FoxP3 methylation in systemic sclerosis [J]. *Int Arch Allergy Immunol*, 2016, 171(2): 141-154.

[16] Hirota K, Hashimoto M, Ito Y, et al. Autoimmune Th17 cells induced synovial stromal and innate lymphoid cell secretion of the cytokine GM-CSF to initiate and augment autoimmune arthritis [J]. *Immunity*, 2018, 48(6): 1220-1232.

[17] Lin YR, Parks KR, Weidle C, et al. HIV-1 VRC01 germline-targeting immunogens select distinct epitope-specific B cell receptors [J/OL]. *Immunity*, 2020, 53(4): 840-851.

[18] 高阳,江昊,王茂林,等. HIV-1 流行株囊膜假病毒系统的构建及广谱中和抗体中和效价的测定 [J]. *病毒学报*, 2023, 39(5): 1314-1325.

[19] Bbosa N, Kaleebu P, Ssemwanga D. HIV subtype diversity worldwide [J]. *Current opinion in HIV and AIDS*, 2019, 14(3): 153-160.

害不容忽视,尤其对于妊娠期女性,强化监测和精准治疗是保障母婴安全的关键。当前研究强调了多重基因型沙眼衣原体感染的严重性,提示临床医生应关注感染基因型的差异,以优化治疗方案。为此,建议在临床实践中,对妊娠期女性进行常规的沙眼衣原体筛查,并根据基因型分型结果制定个性化治疗方案。同时,应加强宣传教育,提高孕妇的自我保护意识,预防生殖道感染的发生。此外,针对沙眼衣原体感染的研究不应局限于病原体本身,还应关注其与生殖道微生物的相互作用,为防治工作提供更多科学依据。

【参考文献】

[1] Adachi K, Nielsen-Saines K, Klansner JD. *Chlamydia trachomatis* infection in pregnancy: the global challenge of preventing adverse pregnancy and infant outcomes in sub-saharan africa and asia[J]. Biomed Res Int, 2019, 1(2): 1-21.

[2] Van Der Pol B, Fife K, Taylor SN, et al. Evaluation of the performance of the Cobas CT/NG test for use on the Cobas 6800/8800 systems for detection of *Chlamydia trachomatis* and *Neisseria gonorrhoeae* in male and female urogenital samples[J]. J Clin Microbiol, 2019, 57(4): 1996-2018.

[3] Hatzidaki E, Gourgiotis D, Manoura A, et al. Interleukin-6 in preterm premature rupture of membranes as an indicator of neonatal outcome[J]. Acta Obstet Gyn Scan, 2021, 84 (7): 632-638.

[4] 马宁,尹山兰,王慧玲,等. 复发性流产患者的生殖系统感染及影响因素分析 [J]. 中国病原生物学杂志, 2023, 18(4): 465-468.

[5] Wilkowska-Trojnieł M, Zrodowska-Stefanow B, Ostaszewska-Puchalska I, et al. The influence of *Chlamydia trachomatis* infection on spontaneous abortions[J]. Advances in medical sciences, 2020, 54(1): 86-90.

[6] Sethi S, Roy A, Garg S, et al. Detection of *Chlamydia trachomatis* infections by polymerase chain reaction in asymptomatic pregnant women with special reference to the utility of the pooling of urine specimens[J]. India J Med Res, 2017, 146 (9): 59-63.

[7] World Health Organization. DEPT of Reproductive Health and

Research. Global incidence and prevalence of selected curable sexually transmitted infections-2008 [M]. Geneva WHO, 2012: 1-20.

[8] 于燕. 孕妇沙眼衣原体感染及基因型与母婴传播的关系研究 [D]. 南方医科大学, 2019.

[9] Keizur EM, Bristow CC, Baik Y, et al. Knowledge and testing preferences for *Chlamydia trachomatis*, *Neisseria gonorrhoeae*, and *Trichomonas vaginalis* infections among female undergraduate students[J]. J Am Coll Health, 2020, 68(7): 754-761.

[10] Unemo M, Bradshaw CS, Hocking JS, et al. Sexually transmitted infections: challenges ahead[J]. Lancet Infect Dis, 2017, 17(8): 235-279.

[11] 曾苒,张先平. 260例女性生殖道解脲支原体、沙眼衣原体耐药情况分析 [J]. 中国病原生物学杂志, 2023, 18(6): 721-724, 733.

[12] Bielanski A, Haber J. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome[J]. Oxyg Catal, 2020, 486(7402): 330-335.

[13] 林艳,韩博,陈媛媛,等. 女性盆腔炎症性疾病(PID)病原菌分布及耐药性分析 [J]. 中国病原生物学杂志, 2023, 18(11): 1337-1340.

[14] Serrana MG, Parikh HI, Brooks JP, et al. Racioethnic diversity in the dynamics of the vaginal microbiome during pregnancy[J]. Nat Med, 2019, 25(6): 1001-1011.

[15] Hassan MF, Rund NMA, El-Tohamy O, et al. Does aerobic vaginitis have adverse pregnancy outcomes? Prospective observational study[J]. Infect Dis Obstet Gynecol, 2020, 1(1): 5842150.

[16] 陈慕璇. 妊娠期女性生殖道菌群与不良妊娠结局的相关性研究 [D]. 南方医科大学, 2022.

[17] 林亚芬,朱秋敏. 胎膜早破孕妇宫颈分泌物B族链球菌、支原体、衣原体感染状况及妊娠结局分析[J]. 中国妇幼保健, 2020, 35(5): 817-819.

[18] 孙伟红,赵鸿雁,崔海春,等. 沙眼衣原体感染对生殖道菌群及妊娠结局的影响[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(14): 2211-2215.

【收稿日期】 2024-10-08 【修回日期】 2024-12-20

(上接 261 页)

[20] Tola A, Mishore KM, Ayele Y, et al. Treatment outcome of tuberculosis and associated factors among TB-HIV coinfecting patients at public hospitals of Harar Town, Eastern Ethiopia. A five-year retrospective study[J]. BMC Public Health, 2019, 19 (1): 1658.

[21] 徐素芹,袁飞,洪峰,等. 2012-2021年贵阳市青年 HIV 感染者和艾滋病患者时空分布特征 [J]. 中国预防医学杂志, 2024, 25 (6): 776-781.

[22] 尤海菲,任强,贾华,等. 2017-2021年陕西省男男同性性行为人群 HIV 感染状况及相关因素分析 [J]. 中国预防医学杂志,

2023, 24(11): 1216-1221.

[23] 周林颖,刘兴,伍勇,等. HIV/AIDS 患者并发 EBV 和 HCMV 感染临床免疫学特征及影响因素分析 [J]. 现代检验医学杂志, 2024, 39(2): 91-95.

[24] Farahani M, Mulinder H, Farahani A, et al. Prevalence and distribution of non-AIDS causes of death among HIV-infected individuals receiving antiretroviral therapy: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Std AIDS, 2017, 28(7): 636-650.

【收稿日期】 2024-09-21 【修回日期】 2024-12-13