

Coupling of Permian-Triassic Volcanic Activity in Dashanbao with P-T Boundary Mass Biotic Extinction

Liqiong Xu, Qian Ma, Chunnuan Deng*

College of Tourism and Geographic Science, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

Email: *dengchunnuan@126.com

Received: Jan. 4th, 2018; accepted: Jan. 18th, 2018; published: Jan. 25th, 2018

Abstract

Emei Mountain has a large area of basalt formed after volcanic eruption. It covers many parts of the Yunnan, Guizhou and Sichuan provinces, including the Dashanbao in Zhaotong, Yunnan province. This paper integrates and summarizes the Emeishan basalt area (EBA) and Dashanbao package through a variety of data and knows that the Dashanbao volcanic activity occurred in the Permian-Triassic (P-T). At the same time, the largest biological extinction ever occurred in this period. It may be caused by volcanic eruption. By using U-Pb to measure the rock under the EBA, the main eruption time is about 260 Ma. Therefore, Dashanbao basalt formed within the P-T boundary. There is a great coupling between Dashanbao volcanic activity and the Permian-Triassic biological extinction.

Keywords

Mountain Package Basalt, Late Permian, Biological Extinction

大山包二叠系 - 三叠系火山活动与P-T边界生物大灭绝的耦合性

徐丽琼, 马 欠, 邓春暖*

云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明

Email: *dengchunnuan@126.com

收稿日期: 2018年1月4日; 录用日期: 2018年1月18日; 发布日期: 2018年1月25日

*通讯作者。

文章引用: 徐丽琼, 马欠, 邓春暖. 大山包二叠系 - 三叠系火山活动与 P-T 边界生物大灭绝的耦合性[J]. 自然科学, 2018, 6(1): 97-104. DOI: 10.12677/ojns.2018.61015

摘要

峨眉山具有大面积的火山喷发后形成的玄武岩。它覆盖了云贵川三省的许多地区，其中就包括云南省昭通市的大山包。此文通过多种资料对峨眉山玄武岩(Emeishan basalt area, EBA)，大山包整合、归纳，知道大山包火山活动发生在二叠系 - 三叠系(P-T)。同时，在这一时期发生了有史以来一次最大规模的生物灭绝。其成因可能是火山喷发所致。通过使用U-Pb对EBA下伏的岩石进行测定得到其主要喷发时间约为260 Ma。因此，大山包玄武岩形成在P-T边界内。大山包的火山活动和二叠系 - 三叠系生物大灭绝存在着很大的耦合性。

关键词

大山包玄武岩，二叠纪晚期，生物灭绝

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 国内外研究现状及意义

人们认为大规模的火山喷发是导致生物灭绝的直接原因[1] [2] [3] [4]。例如，P-T 边界生物消亡事件和 Siberia 火山喷发时间吻合。因为，Siberia 火山喷发活动的时间为二叠系 - 三叠系时期。因此，P-T 边界生物消亡和 Siberia 火山喷发在某种程度上存在着一定程度的关联性[2] [5]-[11]。

同理，EBA 火山喷发与二叠 - 三叠系生物大灭绝有着很大程度上的关联系[12] [13] [14]。此后，人们陆续提出了新的测年方法。如用 $\delta^{40}\text{Ar}/\delta^{39}\text{Ar}$ 测年，得到峨眉山火山喷发于晚二叠世[15] [16]，得到的年代与 Siberia 火山喷发比较接近。为此，作为 EBA 一部分的大山包与 P-T 边界生物消亡时间上存在一致性。21 世纪以来人们又发明了一种新的测定方法用锆石 SHRIMP 来测定，即 U-Pb 测年。U-Pb 测年，显示 EBA 火山喷发的时间约为 260 Ma。综上所述，我们可以推论 P-T 边界生物消亡事件与 EBA 火山作用有关[17]-[22]。

因为，火山的大面积喷发在引发森林大火烧死植被、杀死一部分动物等生物的过程中，还会释放出大量的有害气体。此外，气体的释放还会促使环境发生改变。

在云南省昭通市大山包分布着大面积的玄武岩，且以陆相玄武岩为主，也存在着玄武岩火山碎屑沉积岩，属于峨眉山玄武岩系的一个重要组成部分。玄武岩其主要分布在大山包的下段：位于大山包北部边缘及附近地区，主要由灰绿、暗灰、灰黄色玄武质火山集块岩、火山角砾岩及少量杏仁状含斑玄武岩组成[10]，其厚度约有 20~510 m，分布广泛，凡有玄武岩露出之地都有[11]。由于对大山包的关注较少，所以对它进行研究就显得十分具有意义，并对峨眉山玄武岩系的进一步研究提供一定的理论依据。

2. 地质概况及峨眉山玄武岩系岩石特征

2.1. 地质基础和岩浆活动

云南昭通大山包地处扬子准地台西南缘。同时，还处在小江深断裂带和昭通 - 曲靖深断裂带之间[10]。大山包离威宁很近，位于西昌过渡带内(见图 1)。大山包在内力作用下，岩浆沿着裂谷两侧上涌，形成大规模的峨眉山玄武岩系[10]，包括了云南，贵州，四川三省。大山包是峨眉山玄武岩系的一个部分，距今

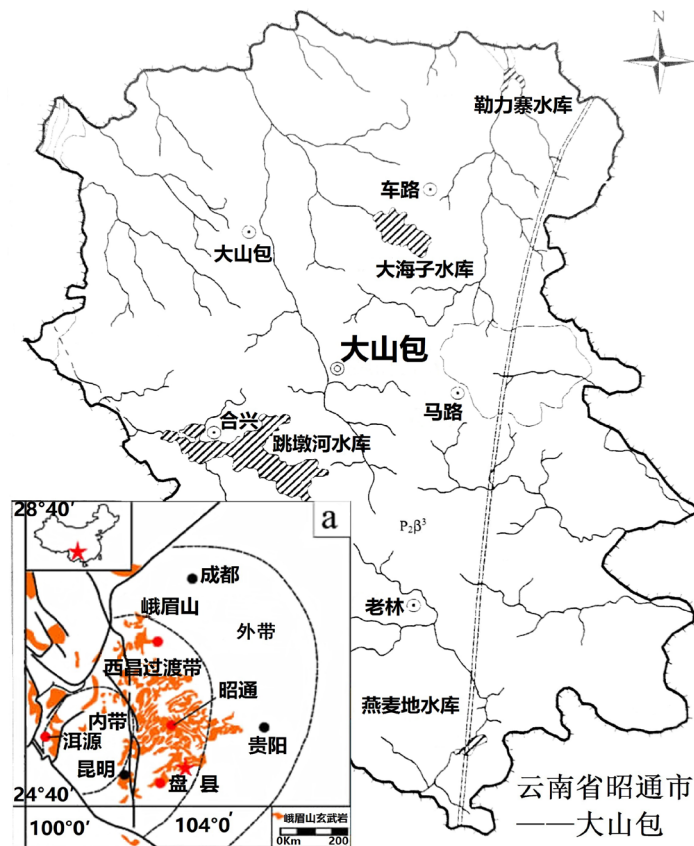


Figure 1. Relation of Dashanbao and the surroundings

图 1. 大山包与周边的关系

260 Ma。属于陆相喷发和溢流构成的火山岩，广泛分布于四川凉山、峨眉山、滇东及其滇东北地区[10]。大山包大面积出露的玄武岩是云贵川三省峨眉山玄武岩系的重要组成部分。

玄武岩覆盖或者被覆盖地区，与其他组成假整合接触关系。玄武岩柱是一种六边形柱状节理的发育。火山喷发时间大致为晚二叠系或者更早，在喷发过程中有停顿。大山包经历时间较长，是多次喷发的结果，距今大约 2.7~2.6 亿年。大山包历经了以下几种旋回：火山集块、杏仁状、斑晶状、致密状等玄武岩旋回[11]。

大山包在喷发过程中是随着裂隙安静的陆续喷发，分布广、时间久和稳定的特点。大山包玄武岩的盖层构成为：火山岩、含煤碎屑和铝土等，缺石灰系、中生界、古近系、新近系[10]。褶皱多占据大部分，呈北东和北北东向。多为隔挡式，向斜表现最为明显，断裂少，规模小[11]。

大山包古生界二叠系面积最大。下古生界志留系和新生界第四季面积较小[11]。二叠系是地台型建造，分为上下两个部分。下二叠统主要是碳酸盐岩，志留系与它一样。上二叠统变化大分为：陆相基性火山岩、陆相含煤沉积岩等[10]。地表裸露的主要为玄武岩，分为：致密、斑状等。其次是沉积岩：石灰岩和白云岩等。

2.2. 地层的岩石类型及分布

2.2.1. 志留系

志留系主要位于大山包西北边缘，面积比较小。主要以泥质钙质粉砂岩、瘤状灰岩、页岩、钙质页

岩、泥质灰岩、灰岩为主[10]。

2.2.2. 下二叠统

下二叠统包括梁山组、栖霞组和茅口组三个组成部分，位于上二叠统上部(表 1)。以珊瑚等为主，腹足类、腕足类、苔藓虫等也较常见与上覆的峨眉山玄武岩组，呈假整合接触关系(见图 2) [11]。

2.2.3. 上二叠统

上二叠统(假整合接触)：玄武岩和宣威组(见图 3)。

Table 1. Relationship of the Permian sequence and their chronostratigraphy, lithostratigraphy and biostratigraphy in Southwestern China [29]

表 1. 西南地区茅口组层序地层与年代地层、岩石地层及生物地层关系[29]

岩石 - 年代地层			层序地层			生物地层
统	阶	组	层序	厚度	年限	蜓类带
			S6	51	4	Yabeina-Neomisellina
中二叠统	瓜达卢普阶	茅口组	S5	90	4	Neoschwagerina simplex
			S4	100	2	Cancellina linzhiensis



Figure 2. Maokou group and basalt mouth false integration relationship

图 2. 茅口组与玄武岩假整合接触



Figure 3. Basalt columns

图 3. 玄武岩柱

- 1) 上段大约厚 220~840 m，主要由致密、杏仁状等玄武岩为主[10]。分布在大山包东部和南部[11]。
- 2) 中段大约厚 120~520 m，主要由斑状、杏仁状玄武岩为主[10]。分布在大山包西部和东北[11]。
- 3) 下段大约厚 20~520 m，主要由集块、角砾火山岩为主[10]。分布于大山包玄武岩裸露的所有地区[11]。
- 4) 宣威组：大约厚度为 75~200 m，页岩、砂泥岩为主。分布在马路村东北部且与玄武岩组呈假整合接触[10]。植物化石丰富，有大羽羊齿、平静瓣轮叶等[11]。

2.2.4. 第四系

第四系为更新世和全新世。以粘土、泥炭、砂砾石、淤泥等为主[10]。

3. EBA 火山活动与 P-T 边界生物消亡的关系

峨眉山玄武岩覆盖的区域，即峨眉山大火成岩的地区，是大火成岩省。根据朱江、陶琰等的文献可以知道其火山主要的喷发时间为 260 Ma 左右[1]。大山包是峨眉山大火成岩省的一个重要组成部分，形成于晚二叠世早期，从开始喷发距今 2.71 亿~2.65 亿年无较长的间断[10]。它的发生时间应该与峨眉山火山活动的时间一致。此外，大山包的玄武岩和上部的宣威组其厚达百米以上。凝灰岩主要分布在中段、上段和宣威组。上二叠统中段：西边、东北地区，玄武岩夹凝灰岩，厚 124~511 m。上二叠统上段：东边、南边，厚 260~830 m。上二叠统宣威组：东北边，厚 77~194 m。在宣威组还发现了大量的植物化石。例如：大羽羊齿、平静瓣轮叶[10]等。同样，在大山包临近的贵州省内的盘县地区也发现了厚达百米的凝灰岩。凝灰岩经过处理选取里面的锆石，经过分割等后把它进行年代的测定，即：锆石年代测定或者 U-Pb 测定。如，云南洱源通过对凝灰岩的年代测定，其大体时间在 257 Ma 或者 263 Ma 左右。盘县经过 U-Pb 测定得到年代为 251.0 ± 1.0 Ma [1]。

贵州盘县是 EBA 的一个部分，是火山活动的重要组成部分，其作用和地位应该和大山包的地位同等重要。或者说它们的发生时间大体上是一致的，即：大山包的火山喷发的主要时间应该也是发生在 251.0 ± 1.0 Ma 左右。

火山喷发后会形成大量的火山灰、石英和火山玻璃等火山物质。火山物质对于年代的测定具有重要

的作用, 通过这些物质我们可以发现大量的锆石, 并且用来进行年代的测定。例如: 广元、煤山通过这些火山物质进行了年代测定, 其时间和盘县接近。其具体时间可以参照 Mundil *et al.* (2004) 可得为 252.6 ± 0.2 Ma [8]。

通过炭屑我们可以知道火山喷发形成泥灰岩的过程有森林被大火燃烧, 植被燃烧后形成的木屑通过气体沉淀于火山物质中。因此, 通过对火山碎屑、炭屑等火山物质中的锆石、铂族元素(PGE)等进行年代测定我们可以了解到火山喷发的时间。

通过, 田力等人, 2015年提出晚二叠世末是生物灭绝期, 海洋的环境和生态的变化[23]。Xu *et al.* (2007) 等人通过铂元素(PGE) [24]测定, 和峨眉山及 Siberia 进行比较, 发现他们有很好的亲缘性。宋虎跃, 田力, 2014 提出华南在 P-T 边界发生了史上最大的一次生物大灭绝, 并且因为浅水相区缺氧过程变化[25]。赵晗, 2016 年提出广元在 P-T 边界上大规模海洋生物灭绝[26]。吴亚生等在 2013 年, 对江西修水提出了在 P-T 边界由于海平面下降, 大量生物灭绝[27]。从以上的案例中我们不难看出在 P-T 边界峨眉山火山喷发与华南地区由于火山喷发, 甚至引发海平面的升降变化和引起了大规模的生物灭绝。杨逢清提出威宁其发生时间为 247.5 ± 2.8 Ma [28]。

作为 EBA 一部分的大山包在时间上和华南地区应该具有很大一致性。因此, 大山包与发生在 P-T 边界最大生物消亡存在着某种程度上的相关性。

4. 结果分析

属于峨眉山玄武岩组的大山包自然保护区我们从地层组合中也发现了大量的凝灰岩。在大山包保护区的玄武岩与下部茅口组 and 上部宣威组普遍呈假整合接触, 且厚度高达数百米以上。通过彭明春、朱江等的结论, 我们知道大山包火山喷发在晚二叠纪早期, 三叠纪之初[1]。大山包火山喷发必然引起大面积的森林火灾进而引起大量生物的消亡。通过对大山包火山物质进行 U-Pb、PGE、 δ 等进行测年, 可以得到火山活动在 P-T 边界, 同时在这一时期还经历了史上最大规模的生物消亡, 并且与它存在一定程度上的耦合性。

5. 讨论

5.1. 大山包火山喷发结束时间的界限

人们普遍认同峨眉山火山喷发的主要时间在 260 Ma。但是, 结束时间观点不一。如, 有的大山包火山主要喷发的时间在 271 Ma 左右, 贵州威宁在 247.5 ± 2.8 Ma 左右, 它们差距悬殊高达上千年。从侧面可以暗示其结束时间也是不一样的。

5.2. EBA 火山活动与华南地区 P-T 边界生物大灭绝的关系

P-T 边界中发现的火山物质通过年代测定为二叠系 - 三叠系时期生物消失和灭亡提供了重要的证据支持。如, 发现的石英、火山玻璃等物质, 且通过使用 δ 、铂元素、锆石等都可以测得其具体发生的年代。例如: 贵州、浙江等地的 U-Pb 测年。

6. 结论

作为峨眉山重要部分的大山包, 其火山开始喷发的时间为 2.71 亿~2.65 亿年, 那么它主要喷发的时间应该是在 260 Ma。通过大山包玄武岩上覆的凝灰岩及某些裸露的地段中火山物质的测定可以进行年代的测定, 其时间极有可能与周边贵州、四川地区在玄武岩上覆的凝灰岩中发现的火山物质测定的年代一致, 且为其火山喷发结束的时间。所以, 大山包火山活动的时间与 P-T (二叠系 - 三叠系) 边界生物大消亡

存在着很大可能的耦合性。

基金项目

国家自然科学基金项目资助(21467031)。

参考文献 (References)

- [1] 朱江, 张招崇, 侯通, 等. 贵州盘县峨眉山玄武岩系顶部凝灰岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄: 对峨眉山大火成岩省与生物大规模灭绝关系的约束[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 2743-2751.
- [2] Wignall, P.B. (2001) Large Igneous Provinces and Mass Extinctions. *Earth-Science Reviews*, **53**, 1-33. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00037-4](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00037-4)
- [3] Wignall, P.B. (2005) The Link between Large Igneous Province Eruptions and Mass Extinctions. *Elements*, **1**, 293-297. <https://doi.org/10.2113/gselements.1.5.293>
- [4] Saunders, A.D. (2005) Large Igneous Provinces: Origin and Environmental Consequences. *Elements*, **1**, 259-263. <https://doi.org/10.2113/gselements.1.5.259>
- [5] Bowring, S.A., Erwin, D.H., Jin, Y.G., *et al.* (1998) U/Pb Zircon Geochronology and Tempo of the End-Permian Mass Extinction. *Science*, **280**, 1039-1045. <https://doi.org/10.1126/science.280.5366.1039>
- [6] Courtillot, V. (1999) *Evolutionary Catastrophes: The Science of Mass Extinctions*. Cambridge University Press, Cambridge, 1-237.
- [7] Kamo, S.L., Czamanske, G.K., Amelin, Y., *et al.* (2003) Rapid Eruption of Siberian Flood-Volcanic Rocks and Evidence for Coincidence with the Permian-Triassic Boundary and Mass Extinction at 251Ma. *Earth and Planetary Science Letters*, **214**, 75-91. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(03\)00347-9](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(03)00347-9)
- [8] Mundil, R., Ludwig, K.R., Metcalfe, I., *et al.* (2004) Age and Timing of the Permian Mass Extinctions: U /Pb Dating of Closed-System Zircons. *Science*, **305**, 1760-1763. <https://doi.org/10.1126/science.1101012>
- [9] Svensen, H., Planke, S., Polozov, A.G., *et al.* (2009) Siberian Gas Venting and the End-Permian Environmental Crisis. *Earth and Planetary Science Letters*, **277**, 490-500. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.11.015>
- [10] 彭明春, 王崇云, 钟兴耀. 云南大山包黑颈鹤自然保护区综合科学考察研究[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [11] Saunders, A.D. and Reichow, M. (2009) The Siberian Traps and the End-Permian Mass Extinction: A Critical Review. *Chinese Science Bulletin*, **54**, 20-37. <https://doi.org/10.1007/s11434-008-0543-7>
- [12] Yin, H.F., Huang, S.J., Zhang, K.X., *et al.* (1992) The Effects of Volcanism on the Permo-Triassic Mass Extinction in South China. In: Sweet, W.C., Yang, Z.Y., Dickins, J.M. and Yin, H.F., Eds., *Permo-Triassic Events in the Eastern Tethys*, Cambridge University Press, Cambridge, 169-174.
- [13] Chung, S.L. and Jahn, B.M. (1955) Plume-Lithosphere Interaction in Generation of the Emeishan Flood Basalts at the Permian-Triassic Boundary. *Geology*, **23**, 889-892. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1995\)023<0889:PLIIGO>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1995)023<0889:PLIIGO>2.3.CO;2)
- [14] Chung, S.L., Jahn, B.M., Wu, G.Y., *et al.* (1998) The Emeishan Flood Basalt in SW China: A Mantle Plume Initiation Model and Its Connection with Continental Breakup and Mass Extinction at the Permian-Triassic Boundary. In: Flower, M., *et al.*, Eds., *Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia*, AGU Geodynamic Series, Vol. 27, 47-58. <https://doi.org/10.1029/GD027p0047>
- [15] Lo, C.H., Chung, S.L., Lee, T.Y., *et al.* (2002) Age of the Emeishan Flood Magmatism and Relations to Permian-Triassic Boundary Events. *Earth and Planetary Science Letters*, **198**, 449-458. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(02\)00535-6](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(02)00535-6)
- [16] 范蔚茗, 王岳军, 彭头平, 等. 桂西晚古生代玄武岩 Ar-Ar 和 U-Pb 年代学及其对峨眉山玄武岩省喷发时代的约束[J]. 科学通报, 2004(49): 1892-1900.
- [17] Zhou, M.F., Malpas, J., Song, X.Y., *et al.* (2002) A Temporal Link between the Emeishan Large Igneous Province (SW China) and the End-Guadalupian Mass Extinction. *Earth and Planetary Science Letters*, **196**, 113-122. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00608-2](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00608-2)
- [18] Ali, J.R., Thompson, G.M., Song, X.Y., *et al.* (2002) Emeishan Basalts (SW China) and the End-Guadalupian Crisis. *Journal of the Geological Society*, **159**, 21-29. <https://doi.org/10.1144/0016-764901086>
- [19] Wignall, P.B., Sun, Y.D., David, P.G., *et al.* (2009) Volcanism, Mass Extinction, and Carbon Isotope Fluctuations in the Middle Permian of China. *Science*, **342**, 1179-1182. <https://doi.org/10.1126/science.1171956>
- [20] Bond, D.P.G., Hilton, J., Wignall, P.B., *et al.* (2010) The Middle Permian (Capitanian) Mass Extinction on Land and in the Oceans. *Earth-Science Reviews*, **102**, 100-116. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.07.004>

- [21] Xu, Y.G., Chung, S.L., Shao, H., *et al.* (2010) Silicic Magmas from the Emeishan Large Igneous Province, Southwest China: Petrogenesis and Their Link with the End-Guadalupian Biological Crisis. *Lithos*, **119**, 47-60. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.04.013>
- [22] He, B., Xu, Y.G., Zhong, Y.T., *et al.* (2010) The Guadalupian-Lopingian Boundary Mudstones at Chaotian (SW China) Are Clastic Rocks Rather than Acidic Tuffs: Implication for a Temporal Coincidence between the End-Guadalupian Mass Extinction and the Emeishan Volcanism. *Lithos*, **119**, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.06.001>
- [23] 田力. 华南古、中生代之交碳酸盐岩相区生物——环境演变[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2015.
- [24] Xu, L., Lin, Y., Shen, W.J., *et al.* (2007) Platinum-Group Elements of the Meishan Permian-Triassic Boundary Section: Evidence for Flood Basaltic Volcanism. *Chemical Geology*, **246**, 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2007.08.013>
- [25] 宋虎跃, 童金南, 田力, 等. 南盘江地区二叠纪 - 三叠纪之交浅水台地古氧相研究[J]. 中国科学(地球科学), 2014(6): 1273-1282.
- [26] 赵晗. 初步认识四川广元上寺二叠系 - 三叠系生物灭绝事件[J]. 环球人文地理, 2016(18): 141-142.
- [27] 吴亚生, 姜红霞, 廖太平. 江西修水二叠系 - 三叠系界线地层剖面海平面下降与生物大灭绝事件的等时性[C]. 中国古生物学会第十一次全国代表大会暨第 27 届学术年会. 中国浙江东阳, 2013.
- [28] 杨逢清, 殷鸿福, 喻建新, 等. 贵州威宁岔河陆相二叠系 - 三叠系界线地层研究[J]. 中国科学(D 辑), 2005, 35(6): 519-529.
- [29] 覃建雄, 陈洪德, 田景春. 西南地区二叠纪层序古地理特征及演化[J]. 中国区域地质, 1999, 18(3): 289-297.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org