大陆俯冲带壳幔相互作用的碰撞后镁铁质岩浆岩记录

赵子福*, 戴立群, 郑永飞

中国科学院壳幔物质与环境重点实验室, 中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥 230026

* 联系人, E-mail: zfzhao@ustc.edu.cn

2013-05-22 收稿, 2013-06-19 接受, 2013-08-07 网络版发表

国家重点基础研究发展计划(2009CB825004)和国家自然科学基金(41125012, 41221062)资助

摘要 对大别-苏鲁造山带和华北陆块东南缘中生代碰撞后镁铁质岩浆岩进行详细的同位素年代学和地球化学研究, 结果显示出弧型微量元素分布特征、富集的 Sr-Nd-Pb-Hf 同位素组成和异常的锆石 $\delta^{18}\text{O}$ 值. 尤其特别的是, 大别造山带部分镁铁质岩浆岩具有低的锆石 $\delta^{18}\text{O}$ 值并含有新元古代和三叠纪 U-Pb 年龄的残留锆石, 这是区分俯冲华南陆块与上覆华北陆块的鉴定性特征. 这些特征指示它们来源于造山带岩石圈地幔的部分熔融. 在三叠纪大陆碰撞过程中, 来源于俯冲华南陆块的长英质熔体与上覆华北岩石圈地幔橄榄岩反应, 形成了富集的造山带岩石圈地幔. 根据某些特定的微量元素比值如 Ba/Th, Sr/Rb 和 (La/Yb)_N 等, 可以厘定出卷入大陆俯冲隧道壳幔相互作用的陆壳物质既有俯冲陆壳基底, 也有上覆沉积盖层. 因此, 碰撞造山带以及上覆陆块边缘的碰撞后镁铁质岩浆岩为大陆俯冲带壳幔相互作用提供了岩石学和地球化学记录.

关键词

大陆碰撞
镁铁质岩浆岩
地球化学
壳幔相互作用
大陆俯冲隧道

板块俯冲作用是实现地壳与地幔之间物质和能量转换的重要机制. 俯冲地壳进入地幔可以导致地幔不均一性; 反过来, 地幔通过部分熔融可以形成镁铁质熔体, 由此演化形成各种地壳物质^[1-3]. 尽管在大陆俯冲带之上缺乏与弧型火山岩相对应的同俯冲岩浆岩, 但是在大陆碰撞造山带内部产有同折返和碰撞后岩浆岩, 在上覆陆块边缘也产有相应的岩浆岩. 研究这些岩浆岩(特别是镁铁质岩石)的岩石学和地球化学性质, 对于理解大陆深俯冲过程中的壳幔相互作用具有重要意义^[4].

大别-苏鲁造山带是华南陆块与华北陆块在三叠纪时期俯冲/碰撞所形成的超高压变质带, 其内部和造山带以北产有中生代碰撞后岩浆岩, 包括大量的花岗岩和少量的镁铁质侵入岩; 火山岩仅在局部区域有出露, 如大别造山带北淮阳浅变质带和苏鲁造山带北部的莱阳盆地^[5]. 其中大别造山带出露的镁铁质岩浆岩主要包括辉长岩、辉石岩和角闪石岩侵入体

以及基性岩墙/脉(辉绿岩、煌斑岩)和基性火山岩; 而苏鲁造山带出露的基性岩较少, 主要是一些基性岩墙和少量的碱性辉长岩. 在华北陆块东南缘(鲁西)也发育有大量的中生代岩浆岩, 主要包括花岗岩、辉长岩和玄武岩. 同位素年代学研究表明, 大别造山带碰撞后镁铁质岩浆岩形成于 113~132 Ma^[5-8]; 苏鲁造山带同折返镁铁质岩形成于 201~213 Ma^[9,10], 碰撞后镁铁质岩形成于 111~129 Ma^[5,11]; 华北东南缘的镁铁质岩浆岩主要形成于 113~136 Ma^[12-16]. 锆石 U-Pb 年龄结果表明, 在大别地区的部分镁铁质岩中存在老的残留锆石核(图 1(a)), 年龄主要为新元古代中期以及三叠纪, 表明有俯冲华南陆壳物质的加入.

大别造山带早白垩世镁铁质岩浆岩的主量元素成分变化范围较大, K₂O+Na₂O 的含量从 0.3% 变化到 8.7%, SiO₂ 含量为 40.2%~57.2%, Mg# 为 41.7~87.0. 它们具有典型的弧型岩浆岩特点: 大离子亲石元素(LILE)、轻稀土(LREE)和 Pb 富集, 高场强元素(HFSE)

引用格式: 赵子福, 戴立群, 郑永飞. 大陆俯冲带壳幔相互作用的碰撞后镁铁质岩浆岩记录. 科学通报, 2013, 58: 2310-2315

Zhao Z F, Dai L Q, Zheng Y F. Postcollisional mafic magmatism records the crust-mantle interaction of continental subduction-zone. Chin Sci Bull, 2013, 58: 2310-2315, doi: 10.1360/972013-622

图1 大别-苏鲁造山带及华北东南缘(鲁西)碰撞后镁铁质岩浆岩锆石 U-Pb 年龄和 O 同位素组成

(a) 大别造山带碰撞后镁铁质岩残留锆石 CL 图像和 U-Pb 年龄;
(b) 大别-苏鲁-华北东南缘中生代镁铁质岩锆石 $\delta^{18}\text{O}$ 值分布图。

数据引自文献[6,7,11,14,15,17]

亏损(图2)。大别镁铁质岩具有较高的初始 Sr 同位素比值(0.7059~0.7113)、低的 $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值(-20.6~-2.3)(图3), 以及低的放射成因 Pb 同位素组成[($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_i=15.906~17.207, ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_i=15.230~15.680, ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_i=36.612~37.916]。大别造山带早白垩世碰撞后

镁铁质岩具有弧型的微量元素配分型式(图2)和富集的 Sr-Nd 同位素组成(图2), 表明其地幔源区中含有显著的地壳组分。大别镁铁质岩中锆石 O 同位素比值变化较大^[6,17], $\delta^{18}\text{O}$ 值为 2.3‰~7.3‰(图1(b)), 大多数锆石具有与正常地幔锆石不同的 $\delta^{18}\text{O}$ 值。而且这些岩石中含有少量新元古代和三叠纪 U-Pb 年龄的残留锆石(图1(a)), 部分岩浆锆石具有相对低和不均一的 $\delta^{18}\text{O}$ 值, 表明陆壳组分可能为经过高温热液蚀变的俯冲华南陆壳。结合锆石 Hf-O 同位素相关性及其与大别造山带不同构造单元岩石的 Hf-O 同位素对比^[6], 可以认为这些地壳组分来自于俯冲进入地幔的不同层次的华南陆壳。

苏鲁造山带晚三叠世和早白垩世镁铁质岩均具有较高的碱含量。其 $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 的含量主要集中在 4.2%~8.6%, SiO_2 含量从 44.7%变化到 55.4%, Mg#为 46.5~77.1。在微量元素蛛网图上, 它们明显富集 LILE, LREE 和 Pb, 没有明显的 Eu 异常, 具有明显的 Nb, Ta 和 Ti 等高场强元素负异常(图2)。苏鲁造山带中生代镁铁质岩具有类似于大别造山带镁铁质岩的 Sr-Nd 同位素组成, 其初始 Sr 同位素比值为 0.7073~0.7099, $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 -9.4~-20.6(图3), 但是具有较高的放射成因 Pb 同位素组成: ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_i 为 16.773~18.115, ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_i 为 15.078~15.634, ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_i

图2 大别-苏鲁造山带及华北东南缘(鲁西)碰撞后镁铁质岩浆岩微量元素蛛网图

原始地幔(primitive mantle)微量元素含量据文献[18]。数据引自文献[7~9,11,12,14~17,19~26]

图3 大别-苏鲁造山带及华北东南缘(鲁西)碰撞后镁铁质岩浆岩 Sr-Nd 同位素组成

数据来源同图2

为 36.528~38.076. 锆石 $\delta^{18}\text{O}$ 值主要集中在 5.4‰~6.0‰. 苏鲁造山带中生代镁铁质岩具有类似于岛弧玄武岩的微量元素特征(图2)和富集的 Sr-Nd 同位素组成(图3), 同样表明其地幔源区中含有显著的俯冲华南陆壳组分.

华北陆块东南缘(鲁西)镁铁质岩浆岩 $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 的含量从 0.8%变化到 4.8%, SiO_2 含量为 46.6%~60.2%, $\text{Mg\#}$ 为 46.6~78.3. 它们在微量元素组成上表现为弧型岩浆岩特征(图2; 富集 LREE, LILE 和 Pb, 亏损 HFSE), 在 Sr-Nd 同位素组成上普遍表现为富集的特点, 其初始 Sr 同位素比值为 0.7040~0.7118, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 -21.2~-4.0(图3). 华北东南缘中生代基性岩具有类似于苏鲁造山带基性岩高的放射成因 Pb 同位素组成: $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i$ 为 16.671~17.667, $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i$ 为 15.320~15.591, $(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i$ 为 36.562~38.472. 这些镁铁质岩的 Sr-Nd-Pb 同位素特征从东南缘向西北方向表现为初始 Sr 同位素比值和放射成因 Pb 同位素组成逐渐减小和 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值逐渐升高的趋势, 表明俯冲华南陆壳对仰冲板块之下岩石圈地幔不同程度的交代. 另外, 这些镁铁质岩石具有中元古代到古元古代的 Nd-Hf 模式年龄, 与俯冲华南陆壳重要的地壳生长事件相一致^[14,15]. 因此, 华北陆块东南缘中生代镁铁质岩石元素和同位素特征同样表明其地幔源区受到了俯冲华南陆壳的改造.

幔源岩浆具有镁铁质成分, 而大陆地壳具有长英质成分, 两者之间在微量元素、稳定和放射成因同位素组成之间也存在一系列差异^[4]. 幔源岩浆在上升进入大陆地壳后, 有可能发生地壳混染作用. 由于大

陆地壳的 SiO_2 含量明显高于幔源岩浆, 并且 Si 是一个高度活动性元素, 因此一旦地壳混染影响了幔源岩浆的地球化学组成, 则结果的镁铁质岩石在出现 Sr-Nd 同位素变化的同时, 其 SiO_2 含量乃至 LILE 和 LREE 含量会出现同步变化^[5]. 前大量的元素和同位素地球化学研究表明, 大别-苏鲁造山带以及华北陆块东南缘中生代镁铁质岩浆岩在岩浆上升过程中未受到显著的陆壳物质混染, 它们的地球化学特征可以用来确定其地幔源区的性质^[7,9-11,14-17,22,23]. 尽管岩浆结晶分异导致它们具有较大的化学成分变化和不同的岩石类型, 但是其微量元素和同位素地球化学组成都具有明显的陆壳物质特征, 如富集 LILE 和 LREE、亏损 HREE(图2), 具有高的初始 Sr 同位素比值和低的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值(图3). 因此它们的源区不是亏损的 MORB 型地幔, 而是富集的大陆岩石圈地幔. 俯冲大陆地壳来源的熔体与上覆华北岩石圈地幔橄榄岩反应, 可以形成相对富化和富集的造山带岩石圈地幔^[4]. 大陆俯冲隧道中循环进入地幔的地壳组分可以是大陆基底和上覆的沉积盖层.

对于循环进入地幔的地壳组分, 可以根据特定微量元素比值(例如 $(\text{La}/\text{Yb})_N$, Ba/Th 和 Sr/Rb)和初始 Sr-Nd 同位素组成进行区分(图4). 地壳物质在石榴石稳定域内发生深熔作用时, 由于斜长石发生分解, 可形成具有高 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 比值的埃达克质岩石. 因此, 大陆地壳基底花岗质岩石深熔形成的熔体与上覆沉积盖层来源的熔体相比, 具有较高的 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 比值. Ba 在变质脱水过程中会相对富集在变沉积岩中; 而 Rb 在变花岗质岩石部分熔融过程中, 由于白云母的分解会被释放出来. 因此, 变沉积岩来源的熔体具有高的 Ba/Th 和 Sr/Rb 比值而低的 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 比值, 而变花岗岩来源的熔体具有相对较低的 Ba/Th 和 Sr/Rb 比值而高的 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 比值. 如图4(c)和(d)所示, 具有相对较低 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 比值的镁铁质岩石同时具有较高的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值和较低的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值, 表明这些镁铁质岩石中沉积物组分来源于新生弧型地壳岩石的风化作用. 具有高 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 比值的镁铁质岩石同时具有较低的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值和较高的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值, 表明这些镁铁质岩石具有相对古老的变花岗质岩石组分的加入. 这一推断与大别-苏鲁地区超高压变质岩的地球化学特征^[5]一致.

对于大陆俯冲带之上壳幔相互作用及其衍生的镁铁质岩浆作用, 可能涉及大陆俯冲隧道过程的不

图4 大别-苏鲁造山带及华北东南缘(鲁西)中生代镁铁质岩浆岩全岩地球化学组成变化图解

不同性质地壳组分在 Ba/Th (a), Sr/Rb (b)和 $(La/Yb)_N$ 比值上的差别及其与 $\epsilon_{Nd}(t)$ (c)和 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ (d)比值之间的关系允许确定大陆基底花岗岩及其上覆沉积岩衍生熔体对地幔源区的贡献. 数据来源同图2

同阶段和表现形式, 这个过程可以用 SARSH 模型予以概括: (1) 俯冲(subduction): 大陆地壳俯冲到深于 100 km 的克拉通岩石圈地幔深度(图 5(a)); (2) 深熔(anatexis): 俯冲地壳受上覆地幔楔加热发生深熔作用, 形成富集 LILE 和 LREE、亏损 HFSE 的长英质熔体; (3) 反应(reaction): 在大陆俯冲隧道中, 这些长英质熔体会与上覆大陆岩石圈地幔楔橄榄岩发生反应, 形成造山带岩石圈地幔内部由富辉石橄榄岩、辉石岩和角闪石岩等组成的超镁铁质地幔交代物质; (4) 储存(storage): 这些富化、富集的交代地幔物质储存在造山带岩石圈地幔之中保持稳定, 储存时间长度可以从几个百万年到几十乃至几百百万年; (5) 加热(heating): 碰撞造山带根部受到加热引起地幔交代物质部分熔融(图 5(b)), 形成造山带内部及其上覆板块边缘具有弧型微量元素特征的镁铁质岩浆作用. 因此, 深俯冲陆壳来源熔体对上覆岩石圈地幔楔的交代作用, 是大陆碰撞造山带壳幔相互作用的重要过程. 造山带内部和上覆陆块边缘的碰撞后镁铁质

岩浆岩为大陆俯冲带壳幔相互作用提供了间接的物质记录. 尽管引起造山带根部加热的原因有多种, 例如造山带岩石圈自身拉张垮塌或者造山带根部拆沉之后软流圈地幔侧向对流上涌, 但是如果软流圈地幔上涌并部分熔融引起镁铁质岩浆作用, 其产物不仅会表现出亏损的放射成因同位素组成, 而且具有 MORB 型微量元素分布^[27,28]. 这些地球化学特点在大别-苏鲁造山带碰撞后镁铁质岩浆岩中是不具备的.

就大别-苏鲁造山带超高压变质岩的形成来说, 大陆碰撞发生在三叠纪^[4], 大陆俯冲隧道中通过壳源熔体与橄榄岩之间反应来实现的壳幔相互作用也发生在这个时期. 另一方面, 大别-苏鲁造山带及华北陆块东南缘的碰撞后镁铁质岩浆作用发生在早白垩世, 在这两个构造事件之间的时间差异达 80~100 Ma. 如何解释这个时间差异, 关键在于理解储存性质. 出现这一时间差异的主要原因可能是, 由于受到深俯冲大陆地壳衍生熔体交代所形成的富化、富集岩石圈地幔物质处于软流圈热边界层之上, 在晚三叠世-晚侏

图5 俯冲大陆地壳与上覆造山带岩石圈地幔相互作用、大陆俯冲带碰撞后镁铁质岩浆作用示意图

修改自文献[7]。(a) 三叠纪大陆地壳俯冲及其壳幔相互作用形成富集的造山带岩石圈地幔；(b) 富集的岩石圈地幔在早白垩世发生部分熔融形成造山带内部和上覆陆块边缘的镁铁质岩浆岩

罗世期间没有受到对流软流圈地幔的显著热扰动，因此没有发生部分熔融。但是在早白垩世，古太平洋板块西向俯冲引起中国东部大陆岩石圈减薄^[29,30]，导致这些三叠纪交代地幔物质发生部分熔融，这样

就引起了早白垩世碰撞后镁铁质岩浆作用。因此，交代地幔物质会在造山带岩石圈内储存多长时间后得以部分熔融，取决于引发大陆碰撞造山带根部发生垮塌或者拆沉的地球动力学事件。

参考文献

- 1 Zindler A, Hart S. Chemical geodynamics. *Annu Rev Earth Planet Sci*, 1986, 14: 493–571
- 2 Hofmann A W. Mantle geochemistry: The message from oceanic volcanism. *Nature*, 1997, 385: 219–229
- 3 Willbold M, Stracke A. Formation of enriched mantle components by recycling of upper and lower crust. *Chem Geol*, 2010, 276: 188–197
- 4 Zheng Y F. Metamorphic chemical geodynamics in continental subduction zones. *Chem Geol*, 2012, 328: 5–48
- 5 赵子福, 郑永飞. 俯冲大陆岩石圈重熔: 大别-苏鲁造山带中生代岩浆岩成因. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2009, 39: 888–909
- 6 Dai L Q, Zhao Z F, Zheng Y F, et al. Zircon Hf-O isotope evidence for crust-mantle interaction during continental deep subduction. *Earth Planet Sci Lett*, 2011, 308: 224–244
- 7 Dai L Q, Zhao Z F, Zheng Y F, et al. The nature of orogenic lithospheric mantle: Geochemical constraints from postcollisional mafic-ultramafic rocks in the Dabie orogen. *Chem Geol*, 2012, 334: 99–121
- 8 Xu H J, Ma C Q, Song Y R, et al. Early Cretaceous intermediate-mafic dykes in the Dabie orogen, eastern China: Petrogenesis and implications for crust-mantle interaction. *Lithos*, 2012, 154: 83–99
- 9 Yang J H, Chung S L, Wilde S A, et al. Petrogenesis of post-orogenic syenites in the Sulu Orogenic Belt, East China: Geochronological, geochemical and Nd-Sr isotopic evidence. *Chem Geol*, 2005, 214: 99–125
- 10 Zhao Z F, Zheng Y F, Zhang J, et al. Syn-exhumation magmatism during continental collision: Evidence from alkaline intrusives of Triassic age in the Sulu orogen. *Chem Geol*, 2012, 328: 70–88
- 11 Zhang J, Zhao Z F, Zheng Y F, et al. Zircon Hf-O isotope and wholerock geochemical constraints on origin of postcollisional mafic to felsic dykes in the Sulu orogen. *Lithos*, 2012, 136–139: 225–245
- 12 Xu Y G, Ma J L, Huang X L, et al. Early Cretaceous gabbroic complex from Yinan, Shandong Province: Petrogenesis and mantle domains beneath the North China Craton. *Int J Earth Sci*, 2004, 93: 1025–1041
- 13 Yang C H, Xu W L, Yang D B, et al. Petrogenesis of Mesozoic high-Mg diorites in Western Shandong: Evidence from chronology and petro-geochemistry. *J China Univ Geosci*, 2005, 16: 297–308
- 14 Yang Q L, Zhao Z F, Zheng Y F. Modification of subcontinental lithospheric mantle above continental subduction zone: Constraints from geochemistry of Mesozoic gabbroic rocks in southeastern North China. *Lithos*, 2012, 146–147: 164–182
- 15 Yang Q L, Zhao Z F, Zheng Y F. Slab-mantle interaction in continental subduction channel: Geochemical evidence from Mesozoic gabbroic intrusives in southeastern North China. *Lithos*, 2012, 155: 442–460

- 16 Yang D B, Xu W L, Pei F P, et al. Spatial extent of the influence of the deeply subducted South China Block on the southeastern North China Block: Constraints from Sr-Nd-Pb isotopes in Mesozoic mafic igneous rocks. *Lithos*, 2012, 136-139: 246–260
- 17 Zhao Z F, Zheng Y F, Wei C S, et al. Zircon U-Pb age, element and C-O isotope geochemistry of post-collisional mafic-ultramafic rocks from the Dabie orogen in east-central China. *Lithos*, 2005, 83: 1–28
- 18 McDonough W F, Sun S S. The composition of the Earth. *Chem Geol*, 1995, 120: 223–253
- 19 Guo F, Fan W M, Wang Y J, et al. Late Mesozoic mafic intrusive complexes in North China Block: Constraints on the nature of subcontinental lithospheric mantle. *Phys Chem Earth*, 2001, 26: 759–771
- 20 Guo F, Fan W M, Wang Y J, et al. Origin of early Cretaceous calc-alkaline lamprophyres from the Sulu orogen in eastern China: Implications for enrichment processes beneath continental collisional belt. *Lithos*, 2004, 78: 291–305
- 21 Huang F, Li S G, Dong F, et al. Recycling of deeply subducted continental crust in the Dabie Mountains, central China. *Lithos*, 2007, 96: 151–169
- 22 Huang X L, Zhong J W, Xu Y G. Two tales of the continental lithospheric mantle prior to the destruction of the North China Craton: Insights from Early Cretaceous mafic intrusions in western Shandong, East China. *Geochim Cosmochim Acta*, 2012, 96: 193–214
- 23 Jahn B M, Wu F Y, Lo C H, et al. Crustal-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: Geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from post-collisional mafic-ultramafic intrusions of the northern Dabie complex, central China. *Chem Geol*, 1999, 157: 119–146
- 24 Liu S, Hu R, Gao S, et al. U-Pb zircon age, geochemical and Sr-Nd-Pb-Hf isotopic constraints on age and origin of alkaline intrusions and associated mafic dikes from Sulu orogenic belt, Eastern China. *Lithos*, 2008, 106: 365–379
- 25 Wang Y J, Fan W M, Peng T, et al. Nature of the Mesozoic lithospheric mantle and tectonic decoupling beneath the Dabie Orogen, Central China: Evidence from Ar/Ar geochronology, elemental and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of early Cretaceous mafic igneous rocks. *Chem Geol*, 2005, 220: 165–189
- 26 Zhao Z F, Zheng Y F, Wei C S, et al. Origin of postcollisional magmatic rocks in the Dabie orogen: Implications for crust-mantle interaction and crustal architecture. *Lithos*, 2011, 126: 99–114
- 27 Salters V J M, Stracke A. Composition of the depleted mantle. *Geochem Geophys Geosyst*, 2004, 5: Q05004
- 28 Workman R K, Hart S R. Major and trace element composition of the depleted MORB mantle (DMM). *Earth Planet Sci Lett*, 2005, 231: 53–72
- 29 Zhang J J, Zheng Y F, Zhao Z F. Geochemical evidence for interaction between oceanic crust and lithospheric mantle in the origin of Cenozoic continental basalts in east-central China. *Lithos*, 2009, 110: 305–326
- 30 郑永飞, 吴福元. 克拉通岩石圈的生长和再造. *科学通报*, 2009, 54: 1945–1949