

Provenance analysis and detrital zircons

Keys to the tectonic setting of the Makran and Sistan basins in Iran

Doctoral Thesis

Author(s):

Mohammadi, Ali

Publication date:

2016

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010593946>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

DISS. ETH NO. 22962

PROVENANCE ANALYSIS AND DETRITAL ZIRCONS: KEYS TO THE
TECTONIC SETTING OF THE MAKRAN AND SISTAN BASINS IN IRAN

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH

(Dr. sc. ETH Zurich)

Presented by

ALI MOHAMMADI

M.Sc. in Geology. University of Tehran

Born on *20.09.1979*

citizen of

Iran

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Jean-Pierre Burg, ETH Zurich, Switzerland (Examiner)

Prof. Dr. Wilfried Winkler, ETH Zurich, Switzerland (Co-examiner)

Prof. Dr. Yani Najman, Lancaster University, UK (Co-examiner)

Prof. Dr. Barbara Carrapa, University of Arizona, USA (Co-examiner)

2016

Abstract

The Makran Accretionary Wedge (MAW), presumably the largest accretionary complex in the world and the Neh Accretionary Complex, a part of the Sistan Suture Zone (SSZ), are located in southeastern and eastern Iran, respectively. The provenance analysis of the thick turbiditic sedimentary rocks in these accretionary complexes permits understanding the Cretaceous to Paleogene geological evolution, the geodynamic context and the tectonic-sedimentation relationships. The multidisciplinary provenance study, including sandstone framework, heavy mineral analysis, in situ U-Pb dating of detrital zircon and Hf isotopic ratios of dated zircons, was undertaken on Upper Cretaceous-Miocene deep marine turbiditic and deltaic sandstones of MAW and the Eocene-Oligocene turbiditic sandstones of southern part of the SSZ.

Two main detrital zircon age populations have been identified in the Upper Cretaceous-Oligocene sedimentary rocks in the Makran basin. Abundant Middle Jurassic detrital zircons with Hf isotopic compositions similar to continental crust, suggesting a rifting related magmatic provenance. Upper Cretaceous-Eocene detrital zircons with Hf isotopic compositions similar to continental crust and non-depleted mantle, suggesting a continental magmatic arc provenance. Moreover, the heavy mineral assemblages, Cr-spinel, and blue amphibole disclose ophiolite and high pressure-low temperature metamorphic rocks as supplementary provenance. Upper Cretaceous-Eocene magmatic rocks outcropping to the north of the Jaz Murian depression have been attributed to the Upper Cretaceous-Eocene arc related magmatism. In this present study the arc system has been recognized as the "North Makran continental arc". The change in tectonic settings from the Jurassic extension to the Late Cretaceous compression is attributed to the convergence between Arabia and Eurasia which commenced during the Late Cretaceous. The Miocene sandstones show recycling and cannibalism in the basin.

Two main detrital zircon ages have been identified in the Eocene-Oligocene sedimentary rocks of the Neh Accretionary Complex. Abundant Upper Cretaceous detrital zircons with Hf isotopic compositions similar to oceanic crust and depleted mantle suggest an intra-oceanic island arc provenance. Eocene detrital zircons with Hf isotopic compositions similar to continental crust and non-depleted mantle suggest a transitional-continental magmatic arc provenance. A similar island arc-continental arc evolution at the same time is reported for the Chagai-Raskoh arc, on the nearby Pakistan-Afghanistan border. This change in provenance is attributed to the Paleocene (65-55 Ma) collision between the Afghan plate and an intra-oceanic island arc. Furthermore heavy mineral assemblages and Cr-spinel disclose ophiolite as a subsidiary source. The westward continuation of the Chagai-Raskoh arc system, along with the associated ophiolites have been recognized as the source of detritus in the Neh Accretionary Complex.

New U-Pb measurements on zircons yield Eocene and Oligocene (ca. 40.5-44.3 Ma and ca. 28.9-30.9 Ma) crystallization ages for the Zehdan and Sah Kuh granitoids. Eocene plutons represent mantle magmas contaminated by ca. 50% of melt derived from the turbidites of the accretionary wedge in which they have been intruded. The wide range of rock compositions has been attributed to the interaction of mantle magmas with crustal turbiditic melts. Oligocene plutons represent mantle derived magmas assimilated by the surrounding turbidites. The rare setting of within-wedge intrusions is attributed to mantle upwelling reaching wedge sediments at the inception of delamination processes, which sign the end of subduction-related deformational and thermal events in the Sistan Suture Zone. This integrated provenance analysis, petrographic, geochronological and geochemical studies shed light on the evolution of the Tethys Ocean segments in SE Iran and provides constraints in assessing models for tectonic and magmatic events during plate interaction and lithospheric behaviors.

Zusammenfassung

Der vermutlich grösste Akkretionskomplex der Welt, der Akkretionskeil im Makran (MAW), und der Neh-Akkretionskomplex, als Teil der Sistan Suturzone (SSZ), befindet sich im Südosten bzw. Osten Irans. Provenanzanalyse der mächtigen turbiditischen Sedimente in diesen Akkretionskomplexen erlaubt es, die kretazische bis paläogene geologische Evolution, den geodynamischen Kontext und die tektono-sedimentären Beziehungen nachzuvollziehen. Die multidisziplinäre Provenanzanalyse, welche die Analyse der Sandsteingefüge und Schwermineralien, in-situ U-Pb Datierung an detritischen Zirkonen und Hf-Isotopenverhältnisse der datierten Zirkone beinhaltet, wurde an spät-kretazischen bis miozänen tiefmarinen Turbiditen und deltaischen Sandsteinen, und an eozän-oligozänen turbiditischen Sandsteinen des südlichen Teils der SSZ vorgenommen.

In den spät-kretazischen bis oligozänen Sedimenten des Makran-Beckens wurden hauptsächlich zwei detritische Zirkonpopulationsalter gefunden: (1) Reichlich vorhandene detritische Zirkone aus dem mittleren Jura mit Hf-Isotopenzusammensetzungen wie die kontinentale Kruste deuten auf eine magmatische Herkunft während eines Rifting; (2) Spät-kretazische bis eozäne detritische Zirkone mit Hf-Isotopenzusammensetzungen wie die kontinentale Kruste und ein nicht-abgereicherter Mantel deuten auf die Herkunft aus einem kontinentalen magmatischen Bogen. Ausserdem enthüllen Schwermineralvereinigungen, wie Cr-Spinel und blaue Amphibole, ophiolithische und hochdruck-niedrigtemperatur metamorphe Gesteine als zusätzliche Quelle. Spät-kretazische bis eozäne magmatische Gesteine, die im Norden der Jaz-Murian Senke aufgeschlossen sind, wurden dem spät-kretazischen bis eozänen Bogenmagmatismus zugeschrieben. In dieser Untersuchung konnte das Bogensystem als "Nord-Makran Kontinentalbogen" identifiziert werden. Die Änderung der tektonischen Konfiguration, von jurassischer Extension zu spät-kretazischer Kompression, wird der Konvergenz zwischen Arabien und Eurasien, welche in der späten Kreide begann, zugeschrieben. Die miozänen Sandsteine zeigen Recycling und Kannibalismus im Becken.

In den eozänen bis oligozänen Sedimenten des Neh-Akkretionskomplexs wurden hauptsächlich zwei detritische Zirkonpopulationsalter gefunden. Reichlich vorhandene detritische Zirkone aus der späten Kreide mit Hf-Isotopenzusammensetzungen wie die ozeanische Kruste und der abgereicherte Mantel deuten auf eine Herkunft aus einem intra-ozeanischen Bogen. Eozäne detritische Zirkone mit Hf-Isotopenzusammensetzungen wie die kontinentale Kruste und ein nicht-abgereicherter Mantel deuten auf die Herkunft aus einem vorübergehenden kontinentalen magmatischen Bogen. Eine ähnliche Entwicklung, von Inselbogen zu kontinentalem Bogen, zeigt der Chagai-Raskoh Bogen in der Nähe zur pakistanisch-afghanischen Grenze. Die Änderung der Herkunft wird der paläozänen (65-55 Ma) Kollision zwischen der Afghan-Platte und dem intra-ozeanischen Bogen zugeschrieben. Ausserdem zeigen

Schwermineralvereinigungen mit Cr-Spinel und blauen Amphibolen eine untergeordnet ophiolithische Quelle. Die westliche Fortsetzung des Chagai-Raskoh Bogensystems, zusammen mit den assoziierten Ophiolithen, wurden als Detritusquelle im Neh-Akkretionskomplex erkannt.

Neue U-Pb-Messungen an Zirkonen ergeben eozäne und oligozäne (ca. 40.5-44.3 Ma und ca. 28.9-30.9 Ma) Kristallisationsalter für die Zahedan und Sah Kuh Granitoide. Eozäne Plutone repräsentieren Mantelschmelzen, wobei ca. 50% davon mit Schmelzen aus den Turbiditen des Akkretionskeils kontaminiert sind, in welchen sie intrudierten. Die grosse Bandbreite an Gesteinszusammensetzungen wurde der Wechselwirkung zwischen den Mantel- und krustalen turbiditischen Schmelzen zugeschrieben. Oligozäne Plutone repräsentieren aus dem Mantel stammende Magmen, welche von den umgebenden Turbiditen assimiliert wurden. Die seltene Konfiguration einer Intrusion in den Keil wird dem Mantelauftrieb zugeschrieben, der die Keilsedimente zu Beginn des Delaminationsprozesses erreicht, was wiederum das Ende des subduktions-bezogenen Deformations- und thermischen Events in der Sistan Suturzone kennzeichnet. Die hier angewandte Integration der Provenanzanalyse, der petrographischen, geochronologischen und geochemischen Studien wirft Licht auf die Entwicklung der Tethys-Ozean-Segmente im Südosten Irans und liefert neue Rahmenbedingungen für die Beurteilung tektonischer und magmatischer Modelle während Platten-Wechselwirkungen und für die Beurteilung lithosphärischen Verhaltens.