



## 附表 1

### 完成人合作关系说明

本项目围绕青藏高原东特提斯关键陆块晚古生代—三叠纪古地理位置、陆块运动及古洋盆演化开展长期古地磁研究。六位完成人程鑫、周亚楠、卫弼天、姜南、幸龙云和吴汉宁以北羌塘、南羌塘和拉萨地块为主要研究对象，在野外地质与古地磁研究、古地磁数据分析、古纬度恢复及区域构造解释等方面形成了长期稳定的合作关系。相关合作成果集中体现在 5 篇代表性论文中，并共同支撑本项目四项重要科学发现。

#### 1. 合作基础与主要分工

第 1 完成人程鑫：负责项目科学问题凝练、研究方案组织和成果综合。重点开展北羌塘晚古生代古地磁及区域古地理研究，主导代表性论文 1，并作为代表性论文 2、3 的共同通讯作者、代表性论文 5 的通讯作者和代表性论文 4 共同作者，将南、北羌塘和拉萨等不同陆块古地磁成果进行综合，形成东特提斯多陆块、多洋盆演化的系统认识。

第 2 完成人周亚楠：重点负责拉萨地块和北羌塘地块三叠纪古地磁研究，是代表性论文 4、5 第一作者。通过拉萨与羌塘古纬度对比，恢复了拉萨—羌塘相对运动及其间洋盆尺度变化；通过北羌塘三叠纪古地磁研究，定量恢复其大尺度快速北向迁移过程。同时作为代表性论文 1—3 的共同作者，参与晚古生代—三叠纪区域古地理综合研究。

第 3 完成人卫弼天：重点负责南羌塘晚古生代—三叠纪古地磁研究，是代表性论文 2、3 第一作者。获得南羌塘中二叠世首个可靠古生代古纬度约束，并获得晚三叠世古纬度结果，建立了南羌塘中二叠世—晚三叠世快速北漂轨迹，限定了龙木错—双湖洋的主要闭合时期；同时参与北羌塘古地磁及区域构造研究。

第 4 完成人姜南：作为代表性论文 1—3 共同作者，参与南、北羌塘晚古生代—三叠纪古地磁研究以及区域古地理资料分析，参与南羌塘关键古纬度结果、快速北漂过程以及北羌塘晚古生代古地理位置的综合研究，为古特提斯洋盆空间关系和陆块相对运动恢复提供研究支撑。

第 5 完成人幸龙云：作为代表性论文 1—3 共同作者，参与南、北羌塘古地磁研究及区域古地理综合，参与不同地质时期古纬度资料整理、陆块位置对比及区域构造解释，为恢复羌塘地块迁移过程和东特提斯多陆块古地理格局提供数据支撑。

第 6 完成人吴汉宁：负责项目总体质控，是前五位完成人的导师，长期参与项目古地磁研究的学术指导和成果把关，是代表性论文 1—3 共同通讯作者、代表性论文 4 通讯作者和代表性论文 5 的共同作者。重点参与古地磁研究技术路线、数据可靠性评价和区域构造解释，对北羌塘、南羌塘和拉萨系列古地磁成果的形成及综合认识提供学术指导。

#### 2. 关键研究阶段的合作关系



### (1) 北羌塘晚古生代及区域综合研究

程鑫负责北羌塘晚古生代古地磁研究，卫弼天、姜南、周亚楠、幸龙云和吴汉宁共同参与。研究进一步完善了北羌塘晚石炭世—二叠纪古纬度序列，确定了其中二叠世以后由相对稳定状态转入快速北漂的过程，并综合南、北羌塘及周缘陆块资料，讨论了古特提斯内部不同洋盆分支的空间关系及东特提斯多陆块演化，形成代表性论文 1。

上述研究与代表性论文 3、2（解决南羌塘中二叠世—晚三叠世运动过程），代表性论文 5、4（分别约束拉萨和北羌塘三叠纪位置）在时间和空间上相互衔接，5 篇论文共同支撑了本项目的四项重要科学发现。

### (2) 南羌塘晚古生代—三叠纪研究

在前期研究基础上，项目将研究重点拓展至南羌塘。卫弼天重点负责该部分研究，程鑫和吴汉宁负责总体科学问题及构造解释，姜南、幸龙云和周亚楠参与相关古地磁及区域资料综合。

代表性论文 3 首次获得南羌塘约 265 Ma 的可靠古生代古纬度( $22.3 \pm 5.8^\circ\text{S}$ )，据此限定了中二叠世南羌塘古纬度位置以及古特提斯洋盆空间格局；代表性论文 2 进一步获得约 222 Ma 南羌塘的古纬度结果( $30.1 \pm 4.6^\circ\text{N}$ )，将中二叠世至晚三叠世北漂速率限定为约 13.4 cm/yr，为龙木错—双湖洋闭合提供了运动学依据。该阶段成果直接支撑重要科学发现 1、2 和 3。

### (3) 拉萨—北羌塘三叠纪古地理研究

项目围绕拉萨和北羌塘三叠纪古地理问题开展研究。周亚楠负责相关古地磁研究，程鑫和吴汉宁负责研究方案、数据分析和构造解释。

拉萨地块研究获得早—中三叠世( $16.5 \pm 3.9^\circ\text{S}$ )和晚三叠世( $18.4 \pm 10.7^\circ\text{S}$ )的古纬度结果，据此恢复羌塘相对于拉萨的北向运动及两地块之间洋盆的扩张过程，形成代表性论文 5。随后北羌塘三叠纪古地磁研究进一步确定其由  $14.3 \pm 8.2^\circ\text{S}$  迁移至  $29.9 \pm 5.6^\circ\text{N}$ ，约 4800 km 的快速北向迁移过程，形成代表性论文 4。两项研究共同为重要科学发现 2、3 和 4 提供了基础。

## 3. 成果形成与学术分工

在系列成果形成过程中，各完成人承担的主要研究方向较为明确：

程鑫负责项目总体组织、北羌塘晚古生代研究和区域成果综合；周亚楠重点负责拉萨和北羌塘三叠纪研究；卫弼天重点负责南羌塘中二叠世—晚三叠世研究；姜南、幸龙云参与南、北羌塘古地磁数据及区域古地理综合；吴汉宁是研究团队的奠基者，负责古地磁研究技术指导、数据可靠性评价和区域构造解释。

5 篇代表性论文的作者关系与上述分工一致：程鑫为代表性论文 1 第一作者及通讯作者、代表性论文 2 和 3 共同通讯作者、代表性论文 5 通讯作者；周亚楠为代表性论文 4、5 第一作者；卫弼天为代表性论文 2、3 第一作者；姜南和幸龙云均为代表性论文 1—3 共同作者；吴汉宁为代表性论文 1—3 共同通讯作者、代表性论文 4 通讯作者。5 篇论文的作者和通讯作者信息可以作为完成人合作关系的直接证明材料。



#### 4. 合作关系总结

六位完成人围绕同一科学问题开展连续研究，在不同地块和不同时间段形成相对明确的研究分工，并通过系列代表性论文实现成果衔接。整体研究路线由拉萨和北羌塘三叠纪古地理研究，逐步扩展至南羌塘晚古生代—三叠纪研究和北羌塘晚古生代研究，最终将北羌塘、南羌塘和拉萨三个关键陆块的古地磁资料纳入统一的东特提斯古地理演化序列。

上述合作使 5 篇代表性论文分别从不同陆块、不同地质时期提供独立古地磁约束，并共同支撑了“古特提斯多分支及分阶段闭合、羌塘快速北向迁移、班公—怒江中特提斯洋扩张以及东特提斯多陆块—多洋盆演化”四项重要科学发现。

第一完成人签名：

完成人合作关系情况汇总表

| 序号             | 合作方式      | 合作者/项目排名     | 合作时间        | 合作成果            | 证明材料      |
|----------------|-----------|--------------|-------------|-----------------|-----------|
| 1              | 论文合著、共同研究 | 程鑫、周亚楠 / 1、2 | 2015–2024 年 | 代表性论文 1、2、3、4、5 | 代表性论文 1–5 |
| 2              | 论文合著、共同研究 | 程鑫、卫弼天 / 1、3 | 2018–2024 年 | 代表性论文 1、2、3、4   | 代表性论文 1–4 |
| 3              | 论文合著、共同研究 | 程鑫、姜南 / 1、4  | 2014–2024 年 | 代表性论文 1、2、3     | 代表性论文 1–3 |
| 4              | 论文合著、共同研究 | 程鑫、幸龙云 / 1、5 | 2020–2024 年 | 代表性论文 1、2、3     | 代表性论文 1–3 |
| 5              | 论文合著、共同研究 | 程鑫、吴汉宁 / 1、6 | 2015–2024 年 | 代表性论文 1、2、3、4、5 | 代表性论文 1–5 |
| 6              | 论文合著、共同研究 | 程鑫、周亚楠 / 1、2 | 2015–2024 年 | 代表性论文 1、2、3、4、5 | 代表性论文 1–5 |
|                |           |              |             |                 |           |
| (不<br>限条<br>目) |           |              |             |                 |           |

**承诺：**本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：