



附表 1

完成人合作关系说明

2018 年 8 月起，第一完成人刘桂卫与孙琪皓、王飞、张璇钰共同授权完成“一种多源航空遥感数据采集装置、系统及控制方法”的发明专利；

2021 年 9 月起，第一完成人刘桂卫与孙琪皓、张红、张瑞、董秀军、王飞、张璇钰共同授权完成“一种隐蔽性地质灾害多模态遥感智能识别方法”的发明专利。

2021 年 1 月至 2023 年 12 月，第一完成人刘桂卫与朱武、白璘、席江波共同承担了“遥感图像处理技术及地质遥感判释软件平台构建研究”项目。

2025 年至今，第一完成人刘桂卫先后与朱武、丁明涛合作开展了西安局安康工务段襄渝南线航空综合遥感地质灾害筛查辅助设计项目；

2024 年 11 月至 2025 年 8 月，第一完成人刘桂卫与鲁耀峰合作完成了西安局集团公司安康工务段襄渝东线地质灾害快速判识与评价技术服务项目；

2019 年 7 月至 2020 年 12 月，第一完成人刘桂卫与梁迪、杨旭共同完成了方塔片区村民安置小区滑坡治理工程勘查设计项目；

2018 年 9 月，第二完成人朱武与丁明涛、席江波合著了论文《复合链生重大地质灾害隐患识别理论与方法：现状与展望》。

2024 年 6 月，第二完成人朱武与梁迪共同参与建设“陕西省影像大地测量共性技术研发平台”，在共性技术平台层面形成了稳定的合作关系。

第一完成人签名：

刘桂卫



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	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	刘桂卫、孙琪皓、张红、张瑞、董秀军、王飞、张璇钰	2021.9.1	至今	一种隐蔽性地质灾害多模态遥感智能识别方法	发明专利 (附件 2-2-3)
2	共同立项	刘桂卫/1、朱武/2、白璘/5、席江波/14	2013.4.1	2015.12.31	遥感图像处理技术及地质遥感判释软件平台构建研究	项目合同 (附后)
3	共同知识产权	刘桂卫、孙琪皓、崔庆国、王飞、张璇钰	2018.8.1	至今	一种多源航空遥感数据采集装置、系统及控制方法	发明专利 (附件 1-1-2)
4	产业合作	刘桂卫/1、朱武/2、丁明涛	2025.10.14	至今	西安局安康工务段襄渝南线航空综合遥感地质灾害筛查辅助设计	项目合同 (附后)
5	产业合作	刘桂卫/1、鲁耀峰/12	2024.11.29	2025.8.20	西安局集团公司安康工务段襄渝东线地质灾害快速判识与评价技术服务	项目合同 (附后)
6	产业合作	刘桂卫/1、梁迪/3、杨旭/15	2019.8.13	2019.11.13	方塔片区村民安置小区滑坡治理工程	项目合同 (附后)
7	论文合著	朱武/2、丁明涛/11、席江波/14	2018.9.1	2026.1.15	复合链生重大地质灾害隐患识别理论与方法:现状与展望	科研论文 (附后)
8	共性技术研发平台	朱武/2、梁迪/3	2024.6.25	至今	陕西省影像大地测量共性技术研发平台	项目合同 (附后)

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：刘桂卫



密级： 非密

合同编号： 721303

铁道第三勘察设计院集团有限公司
科 技 开 发 课 题
(科研)

合 同

课 题 名 称： 遥感图像处理技术及地质遥感判释软件平台构建研究

课 题 类 别： 重大课题 ☒ 重点课题 ☐ 引导课题 ☐

承 担 单 位： 工程实验室 地路处

课 题 负 责 人： 刘桂卫

项目起止时间： 2013 年 4 月 至 2015 年 12 月

铁道第三勘察设计院集团有限公司

二〇一三年



8. 研究人员表

姓 名	年 龄	单 位	职 称	研究任务及分工
刘桂卫	31	工程实验室	高工	组长，全面开展课题研究，负责课题关键技术问题攻关、把握研究进度，编写课题研究报告。
胡叙洪	47	办公室	教高	副组长，指导、协调判释平台构建
左 峰	41	线站院	教高	副组长，指导、协调关键技术研究
朱武	31	长安大学	副教授	三维遥感场景制作与软件开发
白璘	32	长安大学	副教授	多源遥感数据处理与分析
席江波	29	中国科学院大学	博士研究生	测绘技术支持、软件测评与质量管理
齐春雨	40	工程实验室	教高	协调组织、人员管理与进度安排
陈则连	44	地路处	教高	调研分析，组织科研试验
孟庆文	46	地路处	教高	地质专业技术支持、标准化技术研究
王在岭	40	地路处	高工	软件测试、优化与生产实践
赵 文	28	工程实验室	工程师	三维遥感判释功能定制开发
宁新稳	29	测绘分院	工程师	三维遥感判释功能定制开发
杜 辉	36	测绘分院	工程师	数据测试与测量技术支持
李桂芳	46	工程实验室	高工	资料收集、经费管理与文档归集
李 鹏	30	工程实验室	高工	资料收集、数据整理与存档
王 华	30	工程实验室	工程师	GPS 数据预处理，3S 技术支持
刘义勤	31	工程实验室	工程师	工程地质判释标志建立与功能开发
牛永效	32	工程实验室	工程师	专业调研与需求分析
高永海	40	地路处	高工	试生产应用测试与野外工作支持
杨军杰	31	地路处	工程师	试生产应用测试与软件维护
张聪颖	26	地路处	工程师	生产信息收集与整理，标准化文档撰写与编排
张立强	36	地路处	高工	京沈专线，试生产应用测试与野外调查
王成恩	35	地路处	高工	青连专线，试生产应用测试与野外调查



9. 分年度拨款计划（万元）

本项目总经费 150 万元	2013 年	2014 年	2015 年	合 计
工程实验室	40	35	20	95
地路处	20	25	10	55
合 计	60	60	30	150

10. 双方签章

铁三院科技处（甲方）

负责人



单位公章

年 月 日

铁三院工程实验室（乙方）

负责人

3.2.0

单位公章

年 月 日





企业名称变更核准通知书

(自贸) 登记内名变核字[2017]第003178号

根据《企业名称登记管理规定》、《企业名称登记管理实施办法》等规定，同意变更核准下列 个投资人出资，注册资本(金) 万元(人民币)，住所设在 的原名称为：铁道第三勘察设计院集团有限公司

变更后名称为：中国铁路设计集团有限公司

字号为：中国铁路

以上变更核准的企业名称保留期至2017年10月18日。在保留期内，企业名称不得用于经营活动，不得转让。经企业登记机关设立登记，颁发营业执照后企业名称正式生效。

天津市市场和质量监督管理委员会

核准日期： 2017年04月18日

- 注：1. 变更核准的企业名称未到企业登记机关完成登记的，通知书规定的有效期满后自动失效。有正当理由，需延长核准名称有效期的，申请人应在有效期满前1个月内申请延期。有效期延长时间不超过6个月。
2. 名称变更核准时不审查投资人资格和企业设立条件，投资人资格和企业登记条件在企业登记时审查。申请人不得以企业名称已核为由抗辩企业登记机关对投资人资格和企业登记条件的审查。企业登记机关也不得以企业名称已核为由不予审查就准予企业登记。
3. 企业登记机关应将本通知书原件存入企业档案。



辅助设计产品（服务）采购合同

合同名称： 西安局安康工务段襄渝南线航空综合遥感地质
灾害筛查辅助设计产品（服务）采购合同

合同编号： 2025 地勘自 024 号

甲方（委托方）： 中国铁路设计集团有限公司

法定代表人： 方天滨

地 址： 天津自贸试验区（空港经济区）东七道 109 号

乙方（受托方）： 长安大学

法定代表人： 李树涛

地 址： 西安市南二环路中段

签订日期： 2025 年 10 月 14 日

签订地点： 天津



本页无正文，为 中国铁路设计集团有限公司（甲方名称）与 长安大学（乙方名称）共同签署的西安局安康工务段襄渝南线航空综合遥感地质灾害筛查辅助设计产品（服务）采购合同（合同名称）签署页。



甲方：（盖章）

法定代表人

或委托代理人

（签字）



乙方：（盖章）

法定代表人

或委托代理人

（签字）：

陈建勋

科研项目专用章

合同联系人：李瑞峰

联系电话：13820088729

2025年10月14日

合同联系人：宁奕冰

联系电话：18706833789

年 月 日
2025年 10月 11日



项目参加人员基本情况表

序号	姓名	性别	专业技术 职称	职务	最高 学位	工作单位
1	刘桂卫	男	正高	副院长	博士	中国铁路设计集团有限公司
2	李志龙	男	工程师	无	硕士	中国铁路设计集团有限公司
3	田阳	男	工程师	无	博士	中国铁路设计集团有限公司
4	朱武	男	教授	副院长	博士	长安大学
5	丁明涛	男	教授	无	博士	长安大学
6	宋闯	男	副教授	无	博士	长安大学
7	占洁伟	男	教授	无	博士	长安大学



正本

合同登记编号:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

技术服务合同

甲方合同编号: XA-YSD-AKGWD-QLK-20240195

乙方合同编号: 20240195/20562

项目名称: 西安局集团公司安康工务段襄渝东线地质灾害快速
判识与评价技术服务采购项目

甲 方 (委托方): 中国铁路西安局集团有限公司安康工务段

乙 方 (受托方): 中国铁路设计集团有限公司

签订地点: 陕西安康



甲方（委托方）：中国铁路西安局集团有限公司安康工务段住

所地：陕西省安康市汉滨区火车站西侧

法定代表人：王宝祥

项目联系人：周 晨 鲁耀峰

联系方式：18291576773

通讯地址：陕西省安康市汉滨区火车站西侧

电话：0915-2221535 传真：0915-2221535

电子信箱：/

乙方（受托方）：中国铁路设计集团有限公司

住 所 地：天津自贸试验区（空港经济区）东七道 109 号

法定代表人：方天滨

项目联系人：刘永高

联系方式：18202536946

通讯地址：天津市河北区岷江路 10 号中国铁设地勘院

电话：18202536946 传真：/

电子信箱：liuyonggao@crdc.com

根据《中华人民共和国民法典》及相关法律法规，遵循平等、自愿、公平和诚实信用的原则，合同双方就 西安局集团公司安康工务段襄渝东线地质灾害快速辨识与评价技术服务采购项目的技术服务事宜，经协商达成一致签订本合同。

第一条 服务内容、方式和要求

甲方委托乙方进行的技术服务内容如下：

（一）技术服务的目标：实现襄渝东线地质灾害筛查、风险隐患快速辨识与评价。

（二）技术服务的内容：襄渝线 53.5 公里线路航拍、铁路遥感数据三维模型、地质灾害和隐患排查结果分析报告。

（三）其他：/

乙方提供技术服务的方式和要为：对襄渝上行线胡家营至旬阳区段进行无人机航空综合遥感地灾筛查、航空多源遥感数据采集、数据处理及三维遥感建模、现场验证及精度评定，提交成果报告。

第二条 履行地点、期限、进度

（一）技术服务地点为：安康工务段管内襄渝线上行线胡家营至旬阳区段。

在本合同履行期间，如履行地点变更，甲方应通知乙方。



本页无正文，为中国铁路西安局集团有限公司安康工务段
(甲方名称)与中国铁路设计集团有限公司(乙方名称)技术服务合同(合
同编号:XA-Ys2D-AKGD-BLK-2024-0195)签署页。

甲方:(盖章)

乙方:(盖章)

法定代表人(负责人)
或委托代理人
(签名)

法定代表人(负责人)
或委托代理人
(签名)

2024年11月29日

2020年11月29日



西安市碑林区行政审批服务局
档案专用章(2)

企业名称变更核准通知书

(国) 名内变字[2023]第39816号

—:

你局送审的信息产业部电子综合勘察研究院企业名称变更登记材料收悉。经审查,核准该企业名称变更为:

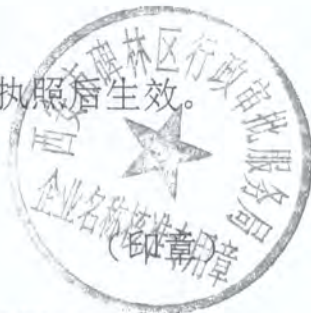
信电综合勘察设计研究院有限公司

(行业:工程勘察活动 代码:7483)。

申请的经营范围:

同时核准以该企业为核心企业组建的企业集团名称为:

—
以上名称在企业登记机关核准变更登记,换发营业执照后生效。



1996年11月04日

- 注: 1、名称变更核准的有效期为6个月,有效期满,核准的名称自动失效。
2、企业名称涉及法律、行政法规规定必须报经审批项目,未能提交审批文件的,登记机关不得以本通知书的企业名称登记。
3、企业变更登记时,登记机关应当将本通知书存入企业档案。
4、企业登记机关应在核准企业变更登记、企业集团设立(变更)登记之日起30日内,将加盖登记机关印章的《企业名称变更核准登记回执》及该企业营业执照复印件报送企业名称核准机关备案。企业应当在企业变更登记之日起30日内将加盖公章的企业营业执照复印件报送企业名称核准机关备案。未报送备案的,名称核准机关在有效期满三个月后将该名称作为未登记的名

西安市碑林区行政审批服务局
档案专用章



信电综合勘察设计研究院有限公司

信电勘设财函（2023）1号

关于信电综合勘察设计研究院有限公司 银行基本账户信息变更的通知

尊敬的合作方：

感谢贵单位一直以来对我公司的信赖与支持！由于我公司名称变更，即日起将我公司基本账户信息调整如下：

原公司基本账户信息：

户名：信息产业部电子综合勘察研究院

开户行：中行西安雁塔路支行

账号：103206571164

开户行行号：104791003108

变更后的公司基本账户信息为：

户名：信电综合勘察设计研究院有限公司

开户行：中行西安雁塔路支行

账号：103206571164

开户行行号：104791003108

新账户于 2023 年 7 月 28 日起正式启用。

特此函告！给贵单位带来不便，敬请谅解！

顺颂商祺！



信电综合勘察设计研究院有限公司

2023 年 7 月 28 日



地质灾害治理工程勘查业务手册

勘查单位：(盖章) 信息产业部电子综合勘察研究院

项目名称	方塔片区村民安置小区滑坡治理工程		
项目地址	延安市宝塔区黄蒿洼		
勘查起止时间	2019.8.13~2019.10.13	勘查费用	861745.00
委托(招标)单位	延安市东新区投资开发建设有限公司		
在滑坡勘查中应用了“山区交通廊道隐蔽性地质灾害智能感知技术及装备”中的“专家知识+多模态数据”驱动的隐蔽地质灾害智能判识模型，准确的对滑坡体进行了边界识别、坡体裂缝判断等，极大的提升了野外的工作效率，节约了外业踏勘工作量，最终完成以下工作量及勘查成果：(1)收集利用技术资料5份；(2)测量：1:1000地形图测量0.20km²，1:500实测地形剖面3.65km/12条；(3)地质调查：调查面积0.80km²，调查天数15天；(4)工程地质测绘：1:500地质填图0.20km²；1:500地质剖面3.65km/12条；工程地质测绘点21个；(5)勘探：钻探3278m/68个，槽探24m/3个；(6)取样及物理力学性质试验：取样368组；常规物理性质试验、剪切等60组；(7)拍照135张，录像15分钟；最终提交通过专家评审的勘查报告一份。			
委托(招标)单位意见	1、勘察期间、按合同及相关技术规范标准进行勘察，及时汇报工作情况和进展情况、按时提供勘察成果。 2、能够积极配合完成各项工作。  (盖章) 2020年11月11日		
奖惩记录			



方塔片区村民安置小区滑坡治理工程

勘查报告

信息产业部电子综合勘察研究院
地质灾害治理工程勘查专用章
资质等级：甲级
资质证书编号：612018120302
发证机关：国土资源部



编写单位：信息产业部电子综合勘察研究院

资质等级：甲级

证书编号：612018120302 号

项目负责人：徐博

徐博

编写人：杨旭

杨旭

李明

李明

审核人：梁迪

梁迪

审定人：甄平福

甄平福

总工程师：南亚林



院长：李曦涛



提交报告日期：二〇一九年九月



平台编号： 2024ZG-GXPT-07



405223899061

陕西省共性技术研发平台

资助协议书

共性技术研发平台： 陕西省影像大地测量共性技术研发平台

产业领域：

牵头单位： 信电综合勘察设计研究院有限公司

(盖章)

联系人： 刘魁

联系电话： 15991719169

签约日期： 2024年06月25日



陕西省科学技术厅 制



五、六江技术研发平台主要研发及工程化人员

序号	姓名	性别	出生日期	证件类型	证件号码	职务	职称	承担任务
1	南亚林	男	1970-10-08	身份证	610103197010082872	党委书记、执行董事兼总工程师	教授级高级工程师	平台主任
2	李振洪	男	1975-03-23	身份证	330722197503237355	院长	教授	首席科学家
3	刘魁	男	1984-08-27	身份证	142325198408270032	科研发展部部长	教授级高级工程师	日常管理、成果应用
4	田镇	男	1990-08-20	身份证	610430199008200096	无	高级工程师	主要研发人员
5	李氩	男	1970-07-20	身份证	610103197007202415	总经理	高级工程师	子平台负责人
6	黄启彬	男	1979-03-09	身份证	650121197903093237	副总工程师	教授级高级工程师	工程化负责人
7	行增奇	男	1971-02-03	身份证	420111197102034215	副总经理	高级工程师	子平台负责人
8	余琛	男	1990-01-06	身份证	140411199001064878	无	教授	研发设计人员
9	贺海超	男	1982-12-27	身份证	610202198212270031	党委副书记、纪委书记	高级工程师	子平台负责人
10	梁迪	男	1984-10-18	身份证	61040419841018201X	副总经理	高级工程师	子平台负责人
11	雷磊	男	1983-10-21	身份证	610103198310211212	副总经理	会计师	财务负责人
12	朱武	男	1982-04-17	身份证	61252719820417001X	无	教授	研发设计人员
13	王利	男	1975-02-19	身份证	610113197502191816	副院长	教授	研发设计人员
14	甄平福	男	1975-06-15	身份证	62010219750615533X	技术质量部部长	教授级高级工程师	工程化人员
15	陈能远	男	1987-08-07	身份证	500225198708071617	生产经营部副部长	高级工程师	工程化人员
16	李阳	男	1988-02-20	身份证	610122198802200914	试验室副主任	高级工程师	工程化人员
17	刘新伟	男	1985-10-16	身份证	610424198510162118	无	高级工程师	工程化人员
18	闵佳	女	1994-06-17	身份证	610524199406170046	无	工程师	工程化人员
19	雷培玉	女	1995-11-28	身份证	610523199511280064	无	助理会计师	财务人员
20	王笑	女	1988-08-08	身份证	610113198808081649	无	高级工程师	工程化人员
21	杨博文	男	1988-06-23	身份证	612301198806232711	无	工程师	工程化人员



22		男	1989-04-19	身份证	411202198904195056	无	工程师	工程化人员
23	张浩	男	1993-10-25	身份证	610481199310255055	无	工程师	工程化人员
24	张双成	男	1979-03-23	身份证	140423197903230819	系副主任	教授	研发设计人员
25	王乐	男	1986-11-02	身份证	370684198611024037	无	高级工程师	研发人员
26	宋闯	男	1994-04-12	身份证	372929199404126637	无	讲师(高校)	研发人员
27	郑小强	男	1990-12-23	身份证	362502199012236817	无	工程师	工程化人员
28	白林	男	1989-05-22	身份证	130984198905223914	无	副教授	研发人员
29	高美玲	女	1993-07-23	身份证	612729199307236622	无	副教授	研发人员
30	师芸	女	1974-09-08	身份证	610124197409080926	无	教授	研发设计人员
31	陈永祥	男	1969-12-10	身份证	362501196912100616	部门负责人	高级工程师	工程化人员
32	贯磊	男	1988-03-25	身份证	610103198803252813	部门负责人	工程师	工程化人员
33	黎飞明	男	1985-04-16	身份证	362528198504164513	无	高级工程师	工程化人员
34	林奇	男	1976-10-30	身份证	61011319761030091X	无	工程师	工程化人员
35	陈颜瑞	男	1990-01-19	身份证	612429199001193336	无	工程师	工程化人员
36	姚亮亮	男	1982-09-13	身份证	610528198209135410	无	高级工程师	工程化人员
37	耿克权	男	1988-04-03	身份证	610121198804037990	无	工程师	工程化人员



十、本资助协议签约各方

甲方：陕西省科学技术厅

业务处室负责人（签章）：郭文奇

业务处室经办人（签章）：李若



乙方：信电综合勘察设计研究院有限公司

项目管理人：李玉林

单位负责人：李氮



联合共建单位意见

项目管理人：李振

单位负责人：陈建

科研项目专用章





• 自然灾害防治体系 •

DOI: 10.3724/BNSFC-2025-0037

复合链生重大地质灾害隐患识别理论与方法： 现状与展望*

李振洪^{1,2**} 宋 闯^{1,2} 王玉峰³ 余 琛^{1,2} 张 文⁴
李为乐⁵ 张成龙^{1,2} 占洁伟^{1,2} 丁明涛^{1,2} 席江波^{1,2}
郭迪洲^{1,2} 朱 武^{1,2} 程谦恭³

1. 长安大学 黄土科学全国重点实验室, 西安 710054
2. 长安大学 地质工程与测绘学院, 西安 710054
3. 西南交通大学 地球科学与工程学院, 成都 611756
4. 吉林大学 建设工程学院, 长春 130012
5. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护全国重点实验室, 成都 610059

[摘 要] 复合链生重大地质灾害受多圈层交互与多动力耦合驱动, 呈现链式级联效应, 其隐患识别存在孕灾机理不清、技术协同不足、空间覆盖不全等挑战。地质灾害的链灾过程是一种熵减过程, 因此, 本文基于最小作用量原理, 阐明灾害链演化的物质—能量时空传递理论, 构建理论、技术与国家三个层面相协同的隐患识别体系: 理论层面解析风险源多物理场互馈耦合机制与空间域判识准则, 技术层面构建融合多源观测、地质力学与能量梯度的隐患识别体系, 国家层面通过数据共享与智能区划优化全域防灾布局。未来研究需进一步突破多圈层耦合建模与多物理场感知瓶颈, 提升复合链生重大地质灾害隐患识别精度, 推动地质灾害防控向智能化、全球化演进。

[关键词] 复合链生地质灾害; 隐患识别; 最小作用量原理; 多场耦合; 多源观测

复合链生地质灾害是由多圈层交互作用与多动力耦合驱动形成的级联灾害, 通常表现为不同灾种通过物质迁移、能量传递和系统扰动产生链式反应。此类灾害涉及的地质灾种包括地震、滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝等, 在与气象、水文、生态等系统过程的相互作用中孕育、发展、成灾, 目前正成为防灾减灾领域的重大挑战^[1]。复合链生地质灾害具有演化过程复杂、突发性强、波及范围广、损失严重等特点^[2,3], 并且灾害间存在显著的“驱动—触发—放大”效应, 单一灾害识别与防灾手段往往难以全面反映其整体风险^[4]。例如, 强降雨触发山体滑坡, 滑坡体堵塞河道形成堰塞湖, 堰塞湖溃决又引发下游泥石流和洪灾, 这一过程构成了典型的复合

链生地质灾害^[5,6]。此外, 还有地震触发滑坡、液化形成的复合灾害链^[7]等。

随着全球变暖和极端气候问题的日益严峻, 地质灾害强度和频率逐年上升, 特别是复合链生重大地质灾害已成为许多国家面临的重大挑战^[8]。这类灾害通常造成严重人员伤亡和经济损失, 引发关键基础设施瘫痪或大规模社会功能中断, 形成跨系统、超出常规应对能力的灾难性后果。例如, 2022年2月15日巴西彼得罗波利斯受极端强降雨影响, 触发城市周边超300处滑坡, 滑坡体汇入狭窄河道形成泥石流并堵塞河道导致洪水改道冲入居民区, 造成超过200人死亡^[9]; 2023年10月3日, 印度南洛纳克冰湖受强降雨和气候变暖影响发生侧碛滑

收稿日期: 2025-08-08; 修回日期: 2025-09-20

* 本文根据国家自然科学基金委员会第410期“双清论坛”讨论的内容整理。

** 通信作者, Email: zhenhong.li@chd.edu.cn

本文受到国家自然科学基金重大项目 (41941019) 的资助。

引用格式: 李振洪, 宋闯, 王玉峰, 等. 复合链生重大地质灾害隐患识别理论与方法: 现状与展望. 中国科学基金, 2025, 39(6): 880–892.

Li ZH, Song C, Wang YF, et al. Theories and methods for identifying compound chain-associated major geohazard risks: Status and prospect. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2025, 39(6): 880–892. (in Chinese)