



附表 1

完成人合作关系说明

一、合作关系概述

本项目由西安重装铜川煤矿机械有限公司(第一完成单位)牵头,联合西安科技大学(第二完成单位)、陕西彬长胡家河矿业有限公司(第三完成单位)共同完成。七名完成人分别来自上述三家单位,围绕冲击地压矿井超前支护液压支架的架型设计、质量检测、吸能构件研发、强度检测及热处理技术等关键环节,形成了"产学研用"紧密协作的创新团队。各单位、各完成人之间分工明确、优势互补,在项目研究、技术开发、成果转化和推广应用各阶段开展了深入合作。

二、完成人之间的具体合作关系

(一) 第一完成人与其他完成人的合作关系

张小利(第1完成人)作为项目总负责人,负责项目总体策划、计划申请、科研经费落实和生产过程全面实施,对项目进行统筹协调,与各完成人均建立了密切的合作关系:

与董明(第2完成人)的合作: 张小利与董明围绕液压支架立柱内部缺陷超声自动检测技术开展深度合作。张小利负责提供工程需求、试验样机及现场工况条件,董明负责超声检测方案的制定与实施。双方共同完成了曲面超声波声场仿真模型搭建、三自由度扫查机构设计及多线程检测系统软件开发,联合申请并获得发明专利"一种液压支架立柱活柱缺陷超声自动检测方法"(ZL 2023 1 0483596.4),为防冲液压支架整机质量管控提供了关键技术支撑。



与陈克华（第3完成人）的合作： 张小利与陈克华在项目技术方案制定、实施及推广方面长期协作。陈克华作为总工程师，在张小利的统筹下负责技术方案的制定与落地执行。双方联合参与了"一种井式电阻炉"（ZL 2024 1 0946830.7）、"一种燃气炉"（ZL 2024 1 0258580.8）等多项发明专利的研发工作，共同推进了高效热处理技术的工程化应用。此外，双方还联合参与了团体标准《冲击地压矿井综采工作面超前支护技术规范》的编制工作。

与赵鹏（第4完成人）的合作： 张小利与赵鹏在项目研究及成果总结方面紧密配合。赵鹏在张小利的领导下负责若干课题研究，并牵头完成项目研究报告、技术成果提炼总结、验收和报奖工作。双方联合参与了"一种井式电阻炉"（ZL 2024 1 0946830.7）、"一种液压支架侧护板折弯加工用智能检测方法"（ZL 2025 1 1285141.7）等发明专利的研发，并共同参与了团体标准的编制。

与陈亚鹏（第5完成人）的合作： 张小利与陈亚鹏在工业性试验及推广应用方面开展了深入合作。陈亚鹏作为应用单位陕西彬长胡家河矿业有限公司机电科科长，在张小利的协调下负责项目总体方案审核及可行性分析、工业性试验及使用情况的跟踪反馈。双方共同参与了团体标准《冲击地压矿井综采工作面超前支护技术规范》的编制，形成了"研发—制造—应用"闭环协作链条。

与丁林海（第6完成人）的合作： 张小利与丁林海在支架主要零部件设计方面密切合作。丁林海作为副总工程师，在张小利的总体部署下负责支架主要零部件的设计及审核工作。双方联合参与了"一



种燃气炉"（ZL 2024 1 0258580.8）、"一种机械设备零件强度检测设备"（ZL 2024 1 0970047.4）、"一种液压支架销轴加工用电镀装置"（ZL 2025 1 0604599.8）、"一种支架强度检测设备及其检测方法"（ZL202311587997.0）等多项发明专利的研发，并共同参与了团体标准的编制。

与张冰冰（第7完成人）的合作：张小利与张冰冰在支架零部件设计及研究报告编制方面密切合作。张冰冰作为副总经理，在张小利的统筹下负责支架零部件设计及研究报告编制工作。双方联合参与了"一种井式电阻炉"（ZL 2024 1 0946830.7）、"一种支架强度检测设备及其检测方法"（ZL202311587997.0）等发明专利的研发，并共同参与了团体标准的编制。

（二）其他完成人之间的合作关系

陈克华与丁林海的合作：双方均为西安重装铜川煤矿机械有限公司技术骨干，在支架结构与加工工艺方面长期协作。联合参与了"一种燃气炉"（ZL 2024 1 0258580.8）、"一种机械设备零件强度检测设备"（ZL 2024 1 0970047.4）、"一种液压支架销轴加工用电镀装置"（ZL 2025 1 0604599.8）等多项发明专利的研发，并共同参与了团体标准的编制。

陈克华与赵鹏的合作：双方均为西安重装铜川煤矿机械有限公司核心技术人员，在技术研发与成果总结方面紧密配合。联合参与了"一种燃气炉"（ZL 2024 1 0258580.8）、"一种液压支架销轴加工用电镀装置"（ZL 2025 1 0604599.8）等多项发明专利的研发，并共同参与



了团体标准的编制。

陈克华与张冰冰的合作： 双方在支架零部件设计、热处理技术等方面开展合作。联合参与了"一种井式电阻炉"（ZL 2024 1 0946830.7）、"一种支架强度检测设备及其检测方法"（ZL202311587997.0）等发明专利的研发，并共同参与了团体标准的编制。

赵鹏与丁林海的合作： 双方均为西安重装铜川煤矿机械有限公司技术骨干，在课题研究及支架设计方面协作。联合参与了"一种燃气炉"（ZL 2024 1 0258580.8）、"一种机械设备零件强度检测设备"（ZL 2024 1 0970047.4）等发明专利的研发。

董明与陈克华的合作： 董明（西安科技大学）与陈克华（西安重装铜川煤矿机械有限公司）在超声检测技术方面开展了跨单位深度技术合作。双方共同完成了液压支架立柱内部缺陷超声自动检测方法的研究与开发，联合申请并获得发明专利"一种液压支架立柱活柱缺陷超声自动检测方法"（ZL 2023 1 0483596.4），实现了高校科研成果与制造企业工程需求的深度融合。

丁林海与张冰冰的合作： 双方均为西安重装铜川煤矿机械有限公司技术骨干，在支架零部件设计方面长期协作，并共同参与了团体标准的编制。

三、跨单位合作关系

西安重装铜川煤矿机械有限公司与西安科技大学： 双方围绕液压支架立柱内部缺陷超声检测开展深度技术合作，联合开发了自动化



检测方法与系统，共同申请并获得发明专利 1 项，为防冲液压支架整机质量管控提供了关键技术支撑。

西安重装铜川煤矿机械有限公司与陕西彬长胡家河矿业有限公司： 双方围绕防冲吸能超前液压支架的工业性试验与工程化应用开展合作。胡家河矿业承担了该型支架在深部煤层冲击地压矿井采煤工作面的工业性试验与长期服役跟踪验证，反馈现场工况数据，为装备的优化改进和规模化推广提供了重要的应用示范与数据支撑。双方共同参与了团体标准的编制。

三方联合： 三家单位联合参与了团体标准《冲击地压矿井综采工作面超前支护技术规范》（中联采标委字（2025）41 号）的编制工作，形成了从技术研发、装备制造到工程应用的完整标准化协作体系。

四、合作关系总结

本项目完成人之间的合作关系具有以下特点：一是分工明确、各展所长，各完成人根据自身专业背景和岗位职责承担相应任务；二是"产学研用"深度融合，高校提供理论支撑与检测技术创新，企业负责研发制造与成果转化，应用单位提供工程验证与数据反馈；三是合作成果丰硕，完成人之间联合申请发明专利 7 件、实用新型专利 2 件，共同制定团体标准 1 项，形成了紧密、稳定、高效的协作关系。

第一完成人签名：

张永利



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	联合研发	张小利/R1 与董明/R2	2021 年	2024 年	联合申请发明专利《一种液压支架立柱活柱缺陷超声自动检测方法》(ZL 2023 1 0483596. 4)	专利证书、专利申请文件
2	联合研发	张小利/R1 与陈克华/R3	2020 年	2024 年	联合参与《一种井式电阻炉》(ZL 2024 1 0946830. 7)、《一种燃气炉》(ZL 2024 1 0258580. 8) 等发明专利研发；联合参与团体标准《冲击地压矿井综采工作面超前支护技术规范》编制	专利证书、团体标准文本
3	联合研发	张小利/R1 与赵鹏/R4	2020 年	2024 年	联合参与《一种井式电阻炉》(ZL 2024 1 0946830. 7)、《一种液压支架侧护板折弯加工用智能检测方法》(ZL 2025 1 1285141. 7) 等发明专利研发；联合参与团体标准编制	专利证书、团体标准文本
4	联合研发	张小利/R1 与陈亚鹏/R5	2020 年	2024 年	联合参与团体标准《冲击地压矿井综采工作面超前支护技术规范》编制；完成防冲吸能超前液压支架工业性试验	团体标准文本、工业性试验报告
5	联合研发	张小利/R1 与丁林海/R6	2020 年	2024 年	联合参与《一种燃气炉》(ZL 2024 1 0258580. 8)、《一种机械设备零件强度检测设备》(ZL 2024 1 0970047. 4)、《一种支架强度检测设备及其检测方法》(ZL202311587997. 0) 等发明专利研发；联合参与团体标准编制	专利证书、团体标准文本
6	联合研发	张小利/R1 与张冰冰/R7	2020 年	2024 年	联合参与《一种井式电阻炉》(ZL 2024 1 0946830. 7)、《一种支架强度检测设备及其检测方法》(ZL202311587997. 0) 等发明专利研发；联合参与团体标准编制	专利证书、团体标准文本
7	联合研发	陈克华/R3 与丁林海/R6	2020 年	2024 年	联合参与《一种燃气炉》(ZL 2024 1 0258580. 8)、《一种机械设备零件强度检测设备》(ZL 2024 1 0970047. 4)、《一	专利证书、团体标准文本



科学技术奖励工作办公室

					种液压支架销轴加工用电镀装置》（ZL 2025 1 0604599.8）等发明专利研发；联合参与团体标准编制	
8	联合研发	陈克华/R3 与赵鹏/R4	2020 年	2024 年	联合参与《一种燃气炉》（ZL 2024 1 0258580.8）、《一种液压支架销轴加工用电镀装置》（ZL 2025 1 0604599.8）等发明专利研发；联合参与团体标准编制	专利证书、团体标准文本
9	联合研发	陈克华/R3 与张冰冰/R7	2020 年	2024 年	联合参与《一种井式电阻炉》（ZL 2024 1 0946830.7）、《一种支架强度检测设备及其检测方法》（ZL202311587997.0）等发明专利研发；联合参与团体标准编制	专利证书、团体标准文本
10	联合研发	赵鹏/R4 与丁林海/R6	2020 年	2024 年	联合参与《一种燃气炉》（ZL 2024 1 0258580.8）、《一种机械设备零件强度检测设备》（ZL 2024 1 0970047.4）等发明专利研发	专利证书
11	联合研发	董明/R2 与陈克华/R3	2021 年	2024 年	联合申请发明专利《一种液压支架立柱活柱缺陷超声自动检测方法》（ZL 2023 1 0483596.4）	专利证书、专利申请文件
12	联合研发	丁林海/R6 与张冰冰/R7	2020 年	2024 年	联合参与团体标准《冲击地压矿井综采工作面超前支护技术规范》编制	团体标准文本

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：张...利