1. **项目名称**

 地铁工程施工引起建（构）筑物损害预警理论及控制技术

1. **推荐单位（专家）意见（不超过600字符）**

我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求。

按照要求，我单位及完成人所在单位均进行了公示，确认完成人、完成单位排序无异议。

地铁工程施工引起的地表沉降、爆破振动及其对建（构）筑物损害预警及控制技术，是地铁隧道穿越城区风险控制技术核心之一，该项目经过十多年对地铁工程穿越城区安全问题进行了系列研究，在以下四个方面取得突破：（1）揭示复杂地质条件下地铁隧道施工引起地表沉降机理，创新地表沉降预测方法；（2）研究地铁工程爆破施工对建筑物的损害机理，创新爆破振动影响范围计算方法；（3）推进地质灾害复杂多变情况下的地铁工程施工对建（构）筑物损害预警理论，研发建筑物损伤检测及抗变形新技术；（4）研发了不同地质条件下地铁工程施工损害精准控制技术难题。该项目共获得发明专利授权21项，实用新型专利14项，软件著作权5项；发表SCI、EI、核心期刊论文20余篇，参编地方和企业规范3部，出版专著2本。其中部分成果被国内外专家评价为地铁工程施工引起地表沉降、爆破振动和环境损害评价的标志性成果，通过山东省教育厅组织的、以蔡美峰院士为主任专家委员会鉴定，鉴定为国际领先水平。相关成果成功应用于青岛、乌鲁木齐、重庆等地的地铁工程施工中。

参照青岛市科学技术奖推荐条件，推荐该项目申报2020年度青岛市科学技术进步奖一等奖或二等奖。

1. **项目简介**

该项目在国家自然科学基金、省部级课题以及现场课题等近 20 项课题资助下，通过对地铁隧道施工“地质条件复杂多变”、“岩土参数复杂随机”、“地质灾害复杂突变”、“周围环境损害难预测”等技术难题开展系统研究，取得了以下研究成果：

（1）系统开展了不同地层地铁隧道施工引起围岩变形和地表沉降的相似材料试验，创新了岩层层面变形信息精准获取方法，揭示了地铁隧道施工引起地表沉降机理，创新了地表沉降动态预测方法，研制了地表及周围环境变形信息识别设备、自动化监测系统及变形信息平台。

（2）系统开展了大量青岛地铁爆破施工现场振动实测和临近建筑物损害评价工作，给出了地铁钻爆法施工试验爆破方法和依据萨道夫经验公式回归计算K、α值的方法，明确了由保护目标允许振速V计算爆破振动影响范围的方法，牵头制定了青岛地铁《钻爆法施工爆破振动影响范围计算指南》。

（3）创新了地铁工程施工对建（构）筑物损害预测识别判据，有效解决了地铁工程施工引起的地表沉降灾害突变对建筑物损伤检测及预警技术难题；研发了地上、下结构相互影响测定及开挖工法，发明了抗变形建筑物设计和既有建筑物调平新技术，显著提升了建筑物抗变形性能。

（4）提出了地铁工程施工对周围环境影响信息的精准获取和关键技术，攻克不同地质条件下地铁工程施工对周围环境影响精准控制的技术难题。开展了土岩复合地层相似材料模拟试验，提出了三维激光扫描技术获取相似材料表层变形点云方法，深入揭示了地铁工程施工引起“从围岩变形、到覆岩破坏、再到地表沉降、乃至建（构）筑物损坏的灾害链”过程，研制了这个灾害链的控制环节、控制时机、控制方法，实施“三控安全管理机制”，确保地铁工程施工的安全。

本项目形成知识产权 40 项，其中发明专利 21 项，实用新型 14 项，软件著作权 5 项；发表SCI、EI、核心期刊论文20余篇，参编地方和企业规范3部，出版专著2本。形成了具有自主知识产权的地铁隧道施工引起地表沉降、爆破振动及其对建（构）筑物损伤预警及控制理论、工艺、设备、技术、信息平台。其中部分成果被国内外专家评价为地铁隧 道施工引起地表沉降、爆破振动和环境损害评价的标志性成果，通过山东省教育厅组织的、以蔡美峰院士为主任专家委员会鉴定，鉴定为国际领先水平。相关成果成功应用于青岛、乌鲁木齐、重庆等地的地铁工程中，近5年新增经济效益 6.5 亿元人民币，具有重大的社会经济效益和推广应用前景。

1. **客观评价**
2. 鉴定结论：

本项目由山东省教育厅组织相关专家进行了科技成果会议鉴定。与会专家听取了课题 组汇报后，审阅了相关文件，经过质询、讨论，认为本项目成果技术难度大、复杂程度高，在以下 3 个方面取得突破：（1）揭示复杂地质条件下地铁隧道施工引起地表沉降机理，创新地表沉降预测方法；（2）推进地质灾害复杂多变下的地铁隧道施工对建（构）筑物损害 预警理论，研发建筑物损伤检测及抗变形新技术；（3）攻克不同地质条件下地铁隧道施工对周围环境影响精准控制的技术难题。评定为国际领先水平。（附件 2.1）

1. 学术评价

该成果还得到了波兰西里西亚工业大学教授Kwasniewski、波兰科学院岩土研究所Litwiniszyn教授、Kenothe教授、国内刘宝琛院士、蔡美峰院士、郑颖人院士、何满潮院士等专家高度评价。

国际岩体力学会教育委员会主席、国际地质力学丛书主编、波兰西里西亚工业大学Kwasniewski教授对专著《地层沉陷的非线性原理、监测与控制》的评价“该书首次将非线性科学的新概念引入到开采沉陷研究中，不仅在几何意义上，而且在物理意义上，都把地层沉陷看作是一种非线性的灾害事件，这极其符合采动岩体破坏和移动的真实本质，研究工作为科学地理解非连续岩体采动破坏和移动规律及采动损害控制奠定了基础。”；

中国工程院院士刘宝琛教授指出：“《地层沉陷的非线性原理、监测与控制》是一部内容新颖、手段先进、富于创造性的专著，是矿山地层沉陷学科的一大进步”；

国际矿山测量学会(ISM)主席俞昶兴教授为《地层沉陷的非线性原理监测与控制》撰写了书评：“该书是一部理论先进、技术可行、系统全面的学术专著，是创造性的研究成果，对地层沉陷理论的发展具有极其重要的推动作用；同时，基于地层沉陷非线性理论研制并试验成功了三项地层沉陷损害控制技术，在国际上尚属首次，处于国际领先地位。”

西里西亚工业大学DouLinming博士在引用本项研究成果时说：“于广明博士开拓性地将非线性科学应用于实际岩体破坏中，并取得显著效果。”；

香港理工大学郑榕明博士在“金山店铁矿地下开采引起地表变形”一文（《岩石力学与工程学报》，2002，21(8)：1130～1135）中写到：“于广明等研究揭示了地层沉陷的复杂性”；

 兰州交通大学谢飞鸿教授在《开挖沉陷地表变形可视化计算分析系统研究》一文（《岩石力学与工程学报》，2005，24(7)：1202～1206）中提到“于广明等著《地层沉陷的非线性原理监测与控制》揭示了地下的岩体开挖后，使原来稳定的上覆岩层失去支撑而发生地层沉陷引起地表产生连续的移动、变形和非连续的破坏的本质”。

辽宁工程技术大学张向东教授在《采动岩体分形裂隙网络计算机模拟研究》一文（《岩石力学与工程学报》，2001，20(6)：809～812）中提到“于广明等利用大量的相似材料模拟实验，系统地研究了采动岩体裂隙的分形分布及其演化规律，提出了采动岩体分形裂隙网络的概念，并建立了采动岩体分形裂隙网络随采宽增加的增维关系”。

中国矿业大学张兆江在博士学位论文《不同时间尺度下沉陷变形动态特征研究》中提到“于广明研究证明，地表点动态下沉曲线具有统计分形特征，符合大“z”型逐级镶嵌小“z”型的分形增长模式，并认为这是工作面推进速度的不均匀性、岩体结构分布的随机性、岩体破坏的非均衡性、表土层覆盖的非均匀性等在地表上的反映，特别是岩体结构的复杂性，使采动岩体破坏表现出强烈的非线性，表现在地表上则使地表点动态下沉曲线呈非光滑形状。”

中国煤炭科工集团西安研究院有限公司刘小平博士在《采动岩体工程分类及力学参数估算方法研究》一文（《煤炭科学技术》，2014，42(1)：146～150）中提到“王国艳、于广明等利用室内相似材料模拟及现场可视化探测等技术，研究了采动岩体内裂隙的分布状态、分形规律以及采动岩体的残余碎胀性空间分布特征，但未能与采动岩体计算中所需的力学参数结合起来”。

1. 用户评价

（1）中铁二十五局青岛地铁三号线 10 标，地质条件差、地下水丰富，属饱水砾砂层，易发生涌砂、滑塌，施工条件复杂多变，隧道沿线地表有跨海大桥接线、4s店等建构筑物，采用该项目成果，对施工工艺和参数进行优化，确保工程顺利完成，不仅取得了5860万的 经济效益，而且社会效益显著。（附件 3.1） （2）中铁隆工程集团有限公司在进行新疆乌鲁木齐1号线工程时，由于地理位置特殊，社会意义巨大，并且隧道岩性复杂、穿越北京北路主干道及多种地下管线、飞机跑道、大量建筑设施，风险大、难度高，应用该项目成果，对地表沉降及管线破坏进行了科学的计 算，制定了该隧道施工风险防范措施及关键技术，确保该隧道安全高效完成，顺利通车， 维护了社会稳定，取得了29955万元的经济效益。（附件3.2）（3）中交隧道工程局在新疆乌鲁木1号线三标盾构施工时，埋深浅、地表扰动大，穿 越冻层，存在冻胀融沉，地表有友谊医院、八路军旧址（文物建筑）等重要风险源。采用 该项目成果，对施工过程中地表沉降成功预警，制定该隧道施工风险防范措施和关键技术， 至今顺利通车，避免重大经济损失和不良社会影响，取得经济效益6250万元。（附件 3.3）

1. **推广应用情况**

地铁工程施工引起建（构）筑物损害预警理论及控制技术，是地铁隧道穿越城区风险控制的技术核心之一，利用十年的时间，在国家自然科学基金、省部级课题 以及现场课题等近20项课题资助下，对该项课题开展了系统研究，提升了行业施工水平， 获得了很好的工程应用效果。 （1）青岛地铁三号线10标，地质条件差、地下水丰富，属饱水砾砂层，易发生涌砂、 滑塌，施工条件复杂多变，隧道沿线地表有跨海大桥接线、4s 店等建构筑物，针对此隧道 工程特点，对施工工艺和参数进行优化，确保工程顺利完成。（附件 3.1） （2）新疆乌鲁木齐 1 号线十三标，地理位置特殊，并且隧道岩性复杂、穿越北京北路 主干道及多种地下管线、飞机跑道、大量建筑设施，风险大、难度高，针对上述风险对工 地表沉降及其对管线造成的破坏进行了科学计算，制定了该隧道施工风险防范措施及关键 技术，确保该隧道安全高效完成，顺利通车，维护了社会稳定。（附件 3.2） （3）新疆乌鲁木 1 号线三标盾构施工时，由于埋深浅、地表扰动大，且穿越冻层，存 在冻胀融沉，而且地表还有友谊医院、八路军旧址（文物建筑）等重要风险源。针对此工 程特点，对施工过程中地表沉降成功预警，并制定该隧道施工风险防范措施和关键技术， 顺利通车。（附件 3.3） 。

1. **主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 国家（地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 | 发明专利有效状态 |
| 发明专利 | 一种地铁隧道变形在线监测系统及监测方法 | 中国 | CN 105783868 B | 2018-08-17 | ZL201610330366.4 | 青岛理工大学 | 于广明,李冰冰,袁长丰,潘永战,高丽燕 | 有效 |
| 发明专利 | 一种地铁隧道施工引起地表坍塌灾害演示方法 | 中国 | CN 106652728 B | 2019-12-03 | ZL201710113047.2 | 青岛理工大学 | 于广明、秦拥军、袁长丰、谢焦焦、吴昊、王大宁 | 有效 |
| 发明专利 | 一种建筑物调平安全监测系统 | 中国 | CN 104950921 B | 2018-01-12 | ZL201510354950.9 | 青岛理工大学 | 于广明，袁长丰，高丽燕，李冰冰，袁子晋 | 有效 |
| 发明专利 | 基于隧道不均匀沉降的列车脱轨事故情景构建方法 | 中国 | CN 106997409 B | 2020-03-17 | ZL201710118196.8 | 青岛理工大学 | 于广明、袁长丰、王大宁、李冰冰、吴昊 | 有效 |
| 发明专利 | 基于过-王破坏准则的混凝土材料损伤预测方法 | 中国 | CN 105022902 B | 2017-11-10 | ZL201510515336.6 | 青岛理工大学 | 高丽燕，于广明，万小梅，王国艳，李冉，李刚，潘泳战 | 有效 |
| 发明专利 | 挤入式地下连续墙终点封闭成墙装置和使用方法 | 中国 | CN 105133574 B | 2017-01-04 | ZL201510437993.3 | 青岛静力工程股份有限公司 | 欧阳甘霖，路世豹，欧阳牧虎，冯晶，赵婉宇 | 有效 |
| 省级规范 | 新疆自治区地方标准《地下轨道交通工程施工风险管理规程》 | 中国建材工业出版社 | XJJ107-2019 | 2019.8.1正式实施 |  | 乌鲁木齐城市轨道交通有限公司、新疆大学、青岛理工大学 | 于广明，赵建锋，于英年等 | 已生效 |
| 行业标准 | 青岛地铁标准《钻爆法施工爆破振动影响范围计算指南》 | 青岛地铁集团 | Q/QD-ZG-J-SJ-95-2019 | 2020.01.20正式实施 |  | 青岛地铁集团有限公司、青岛理工大学 | 黄舰、何鑫、于广明、赵建锋、袁长丰、苑绍东 | 已生效 |
| 专著 | 地面建筑与隧道的施工过程相互影响预测与控制 | 中国建筑工业出版社 | ISBN:978-7-112-24758-5 | 2020年5月出版 |  | 青岛农业大学、青岛理工大学 | 孟丹，袁长丰，于广明 | 已出版 |
| 期刊论文 | 基于多源数据的某地铁车站爆破振速风险评价 | 中国 | 低温建筑技术 | 2020,42(5)：49-51 |  | 青岛市地铁一号线有限公司、青岛理工大学 | 孙山尊，陈秋汝，孙超，李茹，徐振，赵光泉，于广明 | 已刊出 |

1. **主要完成人情况**

1.姓名：于广明，排序：1/15，行政职务：无，技术职称：教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目创新点（1）的贡献是揭示了地铁隧道施工引起地表沉降机理，创新了岩层变形及地表沉降动态预测方法，支撑材料为专利ZL201710113047.2和ZL201710118196.8；对创新点（2）贡献是提出了地铁爆破施工影响范围的计算方法，支撑材料为行业标准Q/QD-ZG-J-SJ-95-2019和论文“基于实测数据的青岛硬岩地铁隧道爆破施工振动影响范围研究”；对本项目创新点（3）的贡献是提出了建筑物调平安全监测系统，支撑材料为专利ZL201510354950.9；对创新点（4）贡献是提出了地铁隧道变形在线监测系统及监测方法，支撑材料为专利ZL201610330366.4和省级规范XJJ107-2019；

2.姓名：赵建锋，排序：2/15，行政职务：无，技术职称：副教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目创新点（2）贡献是提出了地铁爆破施工振速的测试方法，岩性参数回归技术和爆破振动影响范围的计算方法，支撑材料为行业标准Q/QD-ZG-J-SJ-95-2019和论文“基于实测数据的青岛硬岩地铁隧道爆破施工振动影响范围研究”；对创新点（4）贡献是提出了地铁隧道施工风险识别方法，支撑材料为省级规范XJJ107-2019；

3. 姓名：徐振，排序：3/15，行政职务：董事长，技术职称：高工，工作单位：青岛市地铁一号线有限公司，完成单位：青岛市地铁一号线有限公司，对本项目创新点（4）贡献是提出了地铁隧道爆破施工风险评价方法，支撑材料为论文“基于多源数据的某地铁车站爆破振速风险评价”；

4.姓名：孟丹，排序：4/15，行政职务：无，技术职称：副教授，工作单位：青岛农业大学，完成单位：青岛农业大学，对创新点（1）贡献是提出了地铁开挖引起地层变形机理与建筑物沉降分析，支撑材料为专著ISBN:978-7-112-24758-5；对本项目创新点（3）贡献是地铁施工对建筑物损伤的定量预测，支撑材料为专著ISBN:978-7-112-24758-5；

5.姓名：苑绍东，排序：5/15，行政职务：无，技术职称：博士生，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目创新点（2）贡献是提出了爆破振动影响范围的振速控制标准，支撑材料为行业标准Q/QD-ZG-J-SJ-95-2019；

6. 姓名：孙超，排序：6/15，行政职务：业主代表，技术职称：高工，工作单位：青岛市地铁一号线有限公司，完成单位：青岛市地铁一号线有限公司，对本项目创新点（2）贡献是确定爆破振动安全控制标准，支撑材料为行业标准Q/QD-ZG-J-SJ-95-2019；对创新点（4）贡献是提出了地铁隧道爆破施工风险评价方法，支撑材料为基于多源数据的某地铁车站爆破振速风险评价；

7.姓名：欧阳甘霖，排序：7/15，行政职务：董事长，技术职称：研究员，工作单位：青岛静力工程股份有限公司，完成单位：青岛静力工程股份有限公司，对本项目创新点（4）贡献是研发了能够大幅提高承载力的内拱形托换梁装置，在保证地层承载力和防水性能的基础上，降低了水泥的使用量、人工和材料的成本，并把成果在青岛进行工程实施和大力推广应用，支撑材料为专利ZL201510437993.3；

8.姓名：于英年，排序：8/15，行政职务：副经理，技术职称：高工，工作单位：中启胶建集团有限公司，完成单位：中启胶建集团有限公司，对本项目创新点（3）贡献是地铁隧道施工风险识别，支撑材料为省级规范XJJ107-2019；

9. 姓名：孙山尊，排序：9/15，行政职务：业主代表，技术职称：工程师，工作单位：青岛市地铁一号线有限公司，完成单位：青岛市地铁一号线有限公司，对本项目创新点（3）贡献是地铁隧道施工风险识别评价，支撑材料为论文“基于多源数据的某地铁车站爆破振速风险评价”；

10.姓名：王国艳，排序：10/15，行政职务：无，技术职称：副教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目创新点（4）贡献是建立了适用于混凝土材料的屈服接近度模型，参与了项目的工程实施；支撑材料为专利ZL201510515336.6；

11.姓名：高丽燕，排序：11/15，行政职务：无，技术职称：讲师，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目创新点（4）贡献是研发了建筑物调平安全监测系统，基于 Ottosen 和过-王 2种混凝土破坏准则，建立了适用于混凝土材料的屈服接近度模型，支撑材料为专利ZL201510515336.6和专利ZL201510354950.9。

12. 姓名：路世豹，排序：12/15，行政职务：无，技术职称：讲师，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目创新点（4）贡献是研发了能够大幅提高承载力的内拱形托换梁装置，并在青岛进行工程实施和推广应用，支撑材料为专利ZL201510437993.3；

13.姓名：李冉，排序：13/15，行政职务：无，技术职称：讲师，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目创新点（4）贡献是研发了混凝土材料的屈服接近度模型，并在青岛、重庆等地工程中开展工程实施和推广应用，支撑材料为专利ZL201510515336.6；

14.姓名：李刚，排序：14/15，行政职务：无，技术职称：讲师，工作单位：青岛农业大学，完成单位：青岛农业大学，对本项目创新点（4）贡献是混凝土材料损伤预测方法，并把成果在青岛等地进行工程实施，支撑材料为专利ZL201510515336.6；

1. 姓名：潘永战，排序：15/15，行政职务：无，技术职称：讲师，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学，对本项目创新点（3）贡献是研究了地铁隧道施工线监测系统和混凝土材料损伤预测方法，并把成果在青岛等地进行工程实施，支撑材料为ZL201610330366.4。
2. **主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 青岛理工大学 | 排名 | 1 |
| 对本项目应用推广情况的贡献：青岛理工大学组织开展推荐项目的全面实施，揭示了地铁隧道开挖引起地表沉降机理，发明了地铁隧道施工自动化监测系统和相关传感器，创新了地铁隧道开挖引起岩土体直至地表变形自动化监测方法，构建了地铁隧道变形控制技术体系，研发了地铁隧道施工引起周围环境变形自动化监测系统，攻克不同地质条件下地铁隧道施工损害精准控制技术难题，并在青岛、徐州、南京、重庆、新疆开展推荐项目的技术推广应用和完善。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 青岛市地铁一号线有限公司 | 排名 | 2 |
| 对本项目应用推广情况的贡献：青岛市地铁一号线有限公司提出了地铁隧道爆破施工风险评价方法，确定了爆破振动安全控制标准，积极进行了该项成果在青岛地铁1号线、4号线等工程现场的推广应用。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 青岛农业大学 | 排名 | 3 |
| 对本项目应用推广情况的贡献：青岛农业大学针对地铁隧道施工控制变形，开展了地面建筑检测方法研究以及地铁开挖引起地层变形机理与建筑物沉降分析，并在技术推广应用过程中，积极开展了相关工作。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 青岛静力工程股份有限公司 | 排名 | 4 |
| 对本项目应用推广情况的贡献：青岛静力工程股份有限公司针对推荐项目在地铁隧道施工，发明了挤入式地下连续墙成墙装置及方法控制地铁施工引起的建筑物沉降，研究成果成功进行推广应用。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 中启建设集团有限公司 | 排名 | 5 |
| 对本项目应用推广情况的贡献：中启建设集团有限公司参加开发了地铁隧道施工引起周围环境变形自动化监测系统，开展地铁隧道施工风险识别，并积极开展了项目技术推广应用。 |

1. **完成人合作关系说明**

1.合作项目为“地铁工程施工引起建（构）筑物损害预警理论及控制技术”，合作时间为2010年9月01日至2020年12月30日。

2.主要完成人分别为青岛理工大学于广明、赵建锋、苑绍东、王国艳、高丽燕、路世豹、李冉、李刚、潘永战；青岛市地铁一号线有限公司徐振、孙超、孙山尊；青岛农业大学孟丹、李刚；青岛静力工程股份有限公司欧阳甘霖；中启建设集团有限公司于英年。

3.主要完成单位分别为青岛理工大学与青岛市地铁一号线有限公司、青岛农业大学、青岛静力工程股份有限公司、中启建设集团有限公司。

4.研究过程中，完成人按各自的研究任务与分工，并密切协调合作完成了项目总体研究任务：青岛理工大学于广明教授主持本项目研究工作，负责制定项目总研究方案与技术路线，确立研究中所采用的新思路与新方法。青岛理工大学于广明、青岛农业大学孟丹负责地铁隧道施工引起地表沉降机理和地表沉降预测方法，青岛理工大学赵建锋、青岛市地铁一号线有限公司、徐振、孙超、孙山尊负责地铁隧道爆破施工对建筑物的损害机理和爆破振动影响范围计算方法；青岛理工大学于广明、高丽燕、青岛农业大学孟丹、青岛静力工程股份有限公司欧阳甘霖、中启建设集团有限公司于英年负责地质灾害复杂多变情况下的地铁隧道施工对建（构）筑物损害预警理论，研发建筑物损伤检测及抗变形新技术；青岛理工大学于广明、高丽燕、王国艳、李冉、潘永战、青岛农业大学孟丹、李刚负责研发不同地质条件下地铁隧道施工损害精准控制技术。各参与单位和完成人共同推广该项成果在工程实践中的应用。

5.提交总报告成果及验收事宜，由青岛理工大学总体负责，青岛市地铁一号线有限公司、青岛农业大学、青岛静力工程股份有限公司、中启建设集团有限公司协助完成，所得数据各方共享；各单位在自己研究的方面，利用本成果数据发表文章、取得知识产权等则为各单位独自享有；申报奖项时，各方协商联合申请。