

关于2018年度国家科学技术奖励提名项目的公示

根据《国家科学技术奖励工作办公室关于2018年度国家科学技术奖提名工作的通知》（国科奖字〔2017〕44号）要求，中国科学院开展了2018年国家科技奖励提名项目征集、评审工作。我单位完成的“中国多年冻土区重大工程安全监测网络建设与集成应用”项目通过了中国科学院的提名评审，拟作为2018年度国家科技进步奖项目予以提名。现按有关要求将项目信息（附后）予以公示，公示期为2017年1月4日至2017年1月10日。

公示期内，任何个人或单位对项目及项目完成人、完成单位持有异议的，请以书面形式实名向我单位反映，并提供必要的证据材料，以便于核实查证。提出异议的个人或单位须在书面材料上签名或盖章，并提供有效联系方式。凡匿名、冒名和超出时限的异议不予回应。

联系人：宋芳萍

联系电话：0931-4967518

通讯地址：兰州市东岗西路320号

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所

2018年1月4日

附件

2018 年国家科技进步奖提名项目公示

一、项目名称

中国多年冻土区重大工程安全监测网络建设与集成应用

二、提名者及提名意见

提名者：中国科学院

提名意见：

多年冻土区重大工程安全监测网络建设为理解冻土工程与气候、生态环境和冻土之间相互作用关系提供了关键的基础性数据，是冻土区重大工程建设和安全运营维护、工程影响区生态环境保护和冻融灾害防治关键技术的重要基础。本项目紧密围绕着青藏铁路等冻土区重大工程建设，不断构建、完善、更新和创新了我国多年冻土区重大工程安全建设网，获得了大量的冻土动态变化和工程稳定性第一手基础数据，形成了三个创新性理论成果，取得了四个创新性技术成果。这些研究成果在青藏铁路、祁连山冻土铁路、共玉高速公路、青藏直流联网工程、中俄输油管道工程等广泛应用，为我国重大工程建设和安全运营起到了重要的科技支撑作用，并可为我国拟建的多年冻土区青藏高速公路、格拉输油管道工程和“一路一带”的基础设施建设提供强大的数据支撑。研究成果获得了国内外同行的广泛认可，取得了很好的经济和社会效益，为提升冻土工程科学与技术水平做出了难以替代的贡献。

三、项目简介

多年冻土动态变化特征对于理解冻土工程与气候、生态环境和冻土之间相互作用关系至关重要，是重大冻土工程建设、安全运营和工程影响区生态环境保护等方面重要的科学基础。本项目随着青藏铁路等重大冻土工程建设，不断构建、完善、更新和创新冻土工程安全监测网络，获取了大量冻土温度、冻土上限和工程变形等基础数据，为提升冻土工程科学与技术水平做出了难以替代的贡献。是目前中国多年冻土区冻土观测时间最长(22 年)、深孔温度监测数量最多(8 个观测孔深度>100m)、观测深度最大(600m)、范围最广(青藏高原和东北)的重大冻土工程安全监测网络。项目成果属地球科学领域，属于多学科交叉综合研究。

创新性理论成果包括：集 20 年系统观测和分析研究，阐明我国高海拔和高纬度冻土变化时空特征和对气候变化、工程影响和生态环境变化差异性响应规律和机制，揭示冻土温度和活动层厚度对气候变化响应在时空上表现出相反变化规

律，发现冻土温度时频域上的多时间尺度效应，提出气候变化和工程作用下冻土温度变化预报新方法。构建基于海拔和纬度、“等效高程”和植被条件、“等效纬度”的冻土空间分布模型，预测了冻土未来变化趋势。基于长期监测数据，揭示寒区路基水热蠕变耦合机理，提出寒区路基水热蠕变耦合数值分析方法，创建了寒区环境与工程随机水热数值模拟理论。

创新性技术成果包括：构建我国重大冻土工程安全监测网络，集成创新了自动数据采集系统和基于 ZigBee 自组网、Lora 无线通信、移动互联网等无线自动传输技术，研发基于监测网络冻土工程灾害预警系统，为重大冻土工程建设和安全运营做出了重要贡献。明晰了沥青路面热效应形成的物理机制及其对路基下部冻土热状态的长期热影响，研发和试验示范了复合冷却路基调控高温高含冰量冻土热稳定性新技术，解决多年冻土高速公路筑路技术和适应气候变化的工程设计难题。阐明了冷却路基技术应用的长效机制及其抵御气候变化能力，完善了调控热的传导、对流和辐射为理论基础的筑路技术理论，确立了冷却路基筑路技术体系在沼泽化多年冻土湿地区综合应用方案和适宜条件，有力支撑了祁连山多年冻土铁路工程和共玉高速公路建设。预报和评价了中俄原油管道沿线油温变化及管道基础冻结融化过程，阐明管道下部冻土升温趋势和融化圈增大特征，发现了管道局部地段冻胀丘灾害，研发了采用热棒、热棒+保温材料和纵向通风管抑制管道融化圈下沉趋势的系列技术方法。

监测网络加入了 GTN-P 和 CALM 国际监测计划，为对比研究北半球冻土变化差异提供了数据支撑。成果在青藏公路和青康公路整治工程、青藏铁路、中俄输油管道、青藏直流联网工程以及共玉高速公路建设中被广泛应用，取得了显著经济、社会效益，有力地促进了西部地区社会经济发展。成果获得授权发明专利 3，软件著作权 3 项。基于这些长期监测数据，发表论文 146 篇(见附件 45)，其中 SCI 收录 72 篇，他引 1263 次，总引用 2120 次(附件 46)。培养博士 32 人，硕士 26 人，为国家寒区工程建设输送了大量科研人才。

四、客观评价

1. 国内外同行权威评价

(1) 发表在 The Cryosphere (IF=4.801) 文章(附件 1)，被挪威奥斯陆大学地球科学系的冰川冻土学家 Berna Etzelmuller 教授作为全球山地冻土研究的最新进展。他指出：“特别是青藏高原，线性工程设计期间关于地表热状态的空间异质性研究取得了进步”(附件 22)。

(2) 在本项目研究之前，青藏高原多年冻土温度和活动层厚度变化定性和短期定量研究较多，但在定量认识多年冻土变化和对气候变化响应方面相对较少，因而难以认识青藏高原多年冻土变化对水循环、碳循环以及工程稳定性的影响。该项目定量给出了青藏高原多年冻土变化趋势和驱动机制以及对气候变化响应。论文(附件 2 和 3) 被 Nature 论文多次引用(附件 23)。

(3) 王会军院士团队研发新一代寒区路面过程模式中将本成果作为青藏高原

多年冻土温度和活动层厚度变化响应气候变化的验证数据(附件 24),研究成果多次被 IPCC 引用,成为国际上青藏高原多年冻土变化的主要参考文献(附件 25)。

(4) 本项目的研究成果和数据支持发展了基于 InSAR 技术反演冻土环境变化的新方法(附件 26),支持开发了大气冻结水平高度与多年冻土冻融过程的关联模式(附件 27)。

(5) 本项目研究成果的冻土观测方法被编入了冰冻圈科学概论教材中(附件 35)、多年冻土调查手册(附件 36)、多年冻土区公路设计与施工细则(附件 37)和冻土工程地质勘察规范(附件 38)。

2. 应用单位评价

(1) 青藏铁路工程安全运营监测网络所获得基础监测数据,为青藏铁路运营维护提供了重要的支撑,青藏铁路冻土动态变化特征和稳定性变化为青藏铁路冻土路基补强措施的选择提供了基础,同时也为青藏铁路多年冻土区无缝线路铺设提供了科学支撑(应用证明 28)。

(2) 青藏铁路和青藏公路监测所获得的基础数据,为青藏直流联网工程的线路选择和塔基选位提供了重要的基础,同时为青藏直流联网工程监测系统的建设和提前运营提供了重要基础(应用证明 29)。

(3) 祁连山多年冻土区柴木铁路冻土热稳定性的研究以及所建立的监测系统,为柴木铁路建设和运营维护提供了重要的基础,科研成果不仅解决了工程问题,同时也节省了工程投资(应用证明 30, 31 和 32)。

(4) 柴木铁路冻土路基采用差异化热管布设方案和预冷块石路基和块石护道,大大地降低了后期维护费用,确保了柴木铁路的安全运营(应用证明 32)。

(5) 中俄输油管道工程研究项目紧密结合中俄原油管道勘察、设计和施工,解决了中俄原油管道建设中的实际和关键冻土工程技术问题,为中俄原油管道建设做出了重大的贡献(应用证明 34)。

(6) 依据青藏高原东部 214 国道监测的基础数据,评价和预测了沿线多年冻土的变化和工程稳定性,为共和至玉树的高速公路的选线、设计提供了重要的支撑,也为优化多年冻土路段设计提供了科学依据(应用证明 33)。

3. 成果鉴定委员会评价

由青海省组织的“柴达尔-木里铁路多年冻土路基热稳定性评价研究”,在监测系统建立、片块石通风和热棒在提高冻土路基稳定性等方面的适用性等方面,研究成果达到了国际先进水平。获青海省科技进步二等奖(评价证明见附件 40,获奖证明见附件 39)。

五、推广应用情况

本项目获取重大冻土工程的基础性监测数据已在青藏铁路运营维护、青藏公路整治工程、214 国道改扩建和整治工程、祁连山区多年冻土区柴达尔-木里地方铁路建设、青藏直流联网工程建设、共玉高速公路建设和中俄输油管道建设被广泛应用,效果显著。

主要应用单位情况表

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	经济、社会效益
青藏铁路公司	①②	2006-2014	董添春 13897433630	该技术应用到青藏铁路维修养护、补强措施段落选取以及无缝线路铺设(应用证明见附件 28)
中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司	①②③	2009-2012	程东幸 18192320361	青藏直流联网工程选线和塔基选位以及设计原则的确定和冻土综合检测体系广泛地应用了青藏铁路和青藏公路监测数据。(应用证明见附件 29)
大庆油田工程有限公司	①④	2008-2014	郝加前 1394948126	在中俄管道各阶段勘察工作提供了标准和暂行规定,修改设计,提高管道经济技术合理性,节约投资 14 亿元(应用证明见附件 34)
青海地方铁路有限公司	①②	2008-2014	孙立平 13709723011	本项目的科研成果使柴木铁路冻土沼泽地段修筑路基成为,节约大量的工程投资(应用证明见附件 30)
哈木铁路有限公司	①②	2008-2014	邵海勤 13519736181	柴木铁路建立的长期监测系统获取的基础数据及时发现了冻土路基的沉降变形,对病害路段及时进行维修和加固,保障了柴木铁路的安全运营(应用证明 31, 32)。
青海地方铁路建设投资有限公司	①③	2012~2014	陈红伟 13897116644	利用 214 国道获得监测数据研究共玉高速公路冻土环境与路及稳定性,为共玉高速公路显现和设计提供基础(应用证明见附件 33)。

应用技术编号对应技术成果编号 1~4。

六、主要知识产权证明目录

主要知识产权证明目录（不超过 10 件）

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	一种基于地磁异常铁路来车的监测方法和装置	中国	ZL201210122755.X	2015年4月8日	1630501	西安工业大学	雷斌; 秦刚; 王鹏; 吕志刚、张海宁、任安虎	有效
发明专利	超低功耗 RC 积分测量电源电压方法	中国	ZL201210089195.2	2015年3月18日	1609091	西安工业大学	雷斌、秦刚、王鹏、吕志刚、张海	有效

							宁、任安虎	
发明专利	一种适用于高原多年冻土地区的长期监测辅助系统	中国	ZL201210114400.6	2015年6月10日	1692101	中科院寒旱研究所	陈继、盛煜, 吴青柏、冯子亮	有效
软件著作权	寒区工程水热力(弹粘塑性)相互作用数值分析软件	中国	2011SR083434	2011年8月1日	0347108		李双洋, 赖远明, 欧尔峰; 陈武	有效
软件著作权	寒旱区环境与工程随机水热有限元模拟软件	中国	2016SR077179	2015年3月16日	1255796		李双洋; 尹楠; 尹振华; 裴万胜	有效
软件著作权	岩土工程数值仿真智能输入系统	中国	2016SR076652	2015年8月22日	1255269		李双洋; 尹楠; 尹振华; 张明义	

七、主要完成人情况

第1完成人：吴青柏，与合作者一起建立和完善了青藏铁路和青藏公路冻土工程安全监测网络系统；利用监测数据分析了块石路基和块石护坡等冷却路基降温机理和作用及其长效机制；发现了冻土温度在时频域上表现出大、中、小多重尺度周期相互嵌套的多时间尺度周期特征。揭示了沥青路面热效应形成的物理机制和对路基下部多年冻土的长期热影响及其对路基稳定性的影响。

第2完成人：陈继，组织实施了青海省柴达尔-木里铁路、青海省214国道的冻土路基稳定性自动监测系统；主持并完成了祁连山多年冻土区冻土工程和环境自动监测系统。基于冻土工程监测网络及灾害模糊评价方法建立了冻土工程灾害预警系统。

第3完成人：李国玉，研究了中俄原油管道运营后面临的主要冻害问题和致灾机理。建立了管道工程的长期监测系统，提出了一些预防和防治措施建议。揭示了冻土区埋地管道-冻土间复杂的热力相互作用，提出了管道冻融灾害防治措施。

第4完成人：盛煜，开展了祁连山多年冻土柴木铁路冻土路基热稳定性评价研究，建立了柴木铁路冻土工程长期监测系统；建立了214国道冻土工程安全长

期监测网络系统。计算了各种条件下管道等效应力和不同油压和壁厚组合下的管道最大允许变形值。

第5完成人：金会军，系统地对中俄原油管道沿线冻土工程地质进行勘察、评价、分区和预报。建立了兴安岭和黄河源区冻土监测研究体系。提出了“兴安型冻土”受控于局地因子所导致的“温度位移”和有机土的“热半导体效应”的观点。

第6完成人：俞祁浩，建立青藏高原北麓河高等级复合冷却路基试验示范工程，基于试验示范工程的长期监测数据，优选出4种复合冷却路基工程技术措施用于青藏高速公路冻土路基的建设。

第7完成人，李双洋，建立了寒区路基的水-热-蠕变耦合理论模型及随机水热耦合理论体系，研发了系列寒区路基多物理场耦合计算分析的仿真软件，揭示了寒冷地区的路基冻融病害发生发展机理，有针对性地提出了相应的工程治理措施及建议。

第8完成人：徐安花，联合构建了多年冻土区国道214线公路工程长期监测系统，完成了公路路基监测段面的测温钻孔钻探、设备安装等工作；并开展214国道安全运营期间工程长期稳定性的观测。开展了国道214线公路冻土工程地质评价的研究工作。

第9完成人：雷斌，提出了低功耗高精度热敏电阻测量方法及抗漂移技术，研发了连续高精度数据采集系统，实现了监测数据的实施远程传输，构成了物联网的典型应用工程；

第10完成人，刘永智，现场实施了青藏铁路沿线多年冻土区路基稳定性长期监测系统的运行和维护工作。系统建立了青藏铁路多年冻土区路基下部冻土本底数据集，给出了青藏铁路多年冻土区工程长期稳定性的本底基础数据。

八、主要完成单位及创新推广贡献

第1完成单位：中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，构建了中国多年冻土区重大冻土工程安全运营监测网络系统，获取了大量的第一手基础数据，为我国重大冻土工程建设、安全运营维护提供科学基础。（1）研究了多年冻土对气候变化、工程作用和生态环境变化的响应特征，预测了冻土温度和活动层厚度未来变化趋势。（2）基于青藏铁路和公路的冻土热状态和变形的长期观测，揭示了寒区路基水热蠕变耦合机理，提出了寒区路基水热蠕变耦合的数值分析方法，创建了寒区环境与工程的随机水热数值模拟理论。（3）揭示了冷却路基技术应用的长效机制及其抵御气候变化能力，拓展和完善了冷却路基筑路技术体系在多年冻土区沼泽湿地综合应用。提出了复合冷却路基调控高温高含冰量冻土热稳定性的技术和方法。预报和评价了中俄原油管道沿线油温变化及管道基础冻结融化过程，提出了基于保温、排水、修正的管道埋深新思路。

第2完成单位：青海省交通科学研究院联合中国科学院寒区旱区环境与工程研究所，围绕着青藏高原东部多年冻土区214国道公路工程冻土变化和工程稳定性等关键科学与技术问题，承担和完成了相关的科研工作，对项目技术创新和应

用的贡献主要有：逐渐构建和完善了 214 国道公路工程冻土热状态和工程变形的监测系统，较为连续地获取了 2004 年以来 15 断面的公路工程 and 自然地地表下部冻土热状态的监测数据，为阐明 214 国道公路工程与多年冻土相互作用关系提供了第一手的基础数据；研究了 214 国道与多年冻土相互作用关系及其工程稳定性，评价了多年冻土变化与路及稳定性的关系，研究成果被广泛地应用与共玉高速公路的建设。

第 3 完成单位：西安工业大学，在数据采集系统方面，提出了低功耗高精度热敏电阻测量方法及抗漂移技术，研发了连续高精度数据采集系统，具有高精度、低功耗、可远传等特点。在数据传输方面：综合运用 ZigBee 自组网技术、Lora 无线通信技术、移动互联网技术等，实现了监测数据的实施远程传输，构成了物联网的典型应用工程；数据中心采用基于中间件的异构大数据存储及检索技术，保证了各类野外观测要素的综合存储和检索；解决了野外低温环境下监测数据的连续高精度采集数据的难题。

九、完成人合作关系说明

本项目的完成人围绕着项目开展长期的合作研究，吴青柏、陈继、盛煜在青藏铁路和祁连山柴木铁路冻土工程研究中开展了广泛的合作研究，所完成的柴木铁路冻土工程热稳定性研究项目通过了鉴定。吴青柏、盛煜、俞祁浩等合作开展气候变化专项课题的合作研究，项目合作期间联合开展了多年冻土对气候变化的响应机理及其碳循环效应，建立了黄河源、青藏铁路沿线、祁连山等区域冻土监测系统。同时，在冻土工程国家重点实验室的自主项目的支持下，吴青柏、金会军、盛煜、陈继等联合开展了青藏高原多年冻土对气候变化的响应及其与生态环境互馈机制。在中国科学院西部行动计划项目的支持下，吴青柏、俞祁浩、陈继等联合开展了多年冻土高速建设冻土工程问题的研究，建立复合冷却路基工程措施的试验示范工程。金会军、盛煜、李国玉等围绕着中俄原油管道冻土工程问题开展了合作研究，为中俄输油管道建设做出了重要的贡献。围绕着 214 国道冻土工程问题，中国科学院寒区旱区环境与工程研究所与青海省交通科学研究院开展长期合作研究，盛煜、房建宏是双方合作的领导者，共同建立了 214 国道冻土工程监测系统。中国科学院寒区旱区环境与工程研究所与西安工业大学就监测网络的数据采集、远程传输等开展了联合研究，研发的自动监测系统在许多冻土工程监测系统中被广泛应用，取得了很好的效果。