附件：

2020年新疆维吾尔自治区科技进步奖励提名公示

## 一、项目名称及申报等级

项目名称：强腐蚀低负温下混凝土性能劣化及对策的全寿命成套技术研究及应用

申报等级：科技进步一等奖

## 二、提名单位及意见

提名单位：中铁二十一局集团有限公司

提名单位意见：以中铁二十一局集团第一工程有限公司为第一完成单位实施的“强腐蚀低负温下混凝土性能劣化及对策的全寿命成套技术研究及应用”项目，符合新疆维吾尔自治区科技进步奖评审评选要求。该项目以解决西北盐渍土低负温地区混凝土腐蚀、冻融破坏、高性能混凝土配制及应用等工程实际问题为出发点，从西北地区特殊水文气候环境特点出发，通过调研，分析混凝土结构物受到环境影响，确定了相应的研究方法，对不同侵蚀制度、不同配合比、不同养护方式条件下混凝土性能的劣化机理、劣化规律等方面进行了研究，形成了一套适用于西北特殊气候环境中高性能混凝土建、管、养一体化的全寿命理论体系。

最终形成强腐蚀低负温下混凝土性能劣化及对策的全寿命成套技术研究及应用。其进行了广泛的应用推广，取得了巨大的社会经济效益。项目为强腐蚀低负温地区构筑物的设计及施工提供参考，具有重要的工程指导意义和借鉴价值。

项目申报材料内容真实，完成单位、完成人排名顺序无争议：严格遵守了《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规，无侵犯他人知识产权的情形。提名本项目申报2020 年新疆维吾尔自治区科技进步奖一等奖。

## 三、项目简介

在西部大开发战略以及“一带一路”建设目标的推动下，我国的铁路、公路等大型钢筋混凝土构筑物得到了广泛应用。西部地区分布着大量盐渍土、盐湖以及高含盐量的地下水，同时长期处于寒冷干燥、正负温交替频繁的环境中。混凝土工程长期处于恶劣的强腐蚀低负温环境中，致使一些结构物在长期的服役过程中，因材质劣化造成过早失效，导致该环境下的结构物耐久性难以保证。因此混凝土的抗冻、抗硫酸盐腐蚀、耐久性问题引起了工程界的广泛关注。

混凝土结构长期处于含有大量高浓度的腐蚀介质和冻融环境中，随着水泥基材料毛细孔中盐分的聚集、结晶作用，并在冻融破坏耦合作用下，致使很多构筑物大面积出现较为严重的腐蚀、表面剥落，钢筋锈蚀等病害。

因此对强腐蚀低负温下混凝土性能劣化及对策的全寿命成套技术的研究显得尤为重要。提高混凝土的耐久性，延长工程结构使用寿命，是最大的节能减排，是国家实施低碳经济和可持续发展战略的关键。

项目发表学术论文48篇，其中SCI论文30篇， EI论文2篇，申请国家发明专利4项，已授权3项，获得软件著作权登记8项，参编规范1项，出版论著1部，省（部）级工法1项。

主要技术内容：

1.干寒环境盐渍土地区混凝土腐蚀机理分析研究。调查干寒环境盐渍土地区气候环境、地质条件及既有混凝土结构病害，进行干寒环境盐渍土地区所含有害成分的种类和数量测定，通过化学、物理两方面的分析，研究有害成分对混凝土的破坏过程以及破坏机理；

2.通过研究不同因素下混凝土硫酸盐侵蚀性能劣化和离子传输扩散规律，分析盐渍土地区混凝土内部离子传输及性能劣化规律，提出硫酸根离子传输模型；

3.针对恒定-5℃环境下混凝土性能的劣化演变，进行入模温度和引气剂对混凝土抗压强度、抗氯离子渗透性能及微观孔隙结构影响的研究，分析基于等强度持续负温（-5℃）下混凝土性能劣化演变规律；

4.硬化水泥浆体在一定程度上可以看作是一种多孔多相材料，因此基于多种非球形颗粒（包括超椭圆、超椭球、凹形粒子、凸形粒子等）建立了不同形式的二维和三维两相孔隙介质模型，探讨颗粒状孔隙的几何特征对多孔介质中孔隙连通行为的影响；

5.通过改变混凝土水胶比优化、改变配合比中砂石之间的搭配关系、改变矿物掺合料的种类、掺量以及掺入方式，最终通过考察不同配合比的硬化混凝土的各项指标以及在腐蚀环境下其性能的发展规律及在服役期间其抗腐蚀性能的变化规律，提出了适合该地区结构物配合比的关键参数和具体指标；

6.针对该地区环境特点研制新型的养护技术。在养护措施对混凝土性能影响的研究基础上，分析遴选最佳的养护制度，进而提出经济适用、适合强腐蚀低负温地区混凝土养护的措施，确保实际工程条件下的混凝土达到设计所需的性能；

7.通过研究国内外混凝土结构物防腐蚀、抗冻融破坏的处治对策及效果，优化外包型防腐蚀材料，探究其可行性提并出相关的建议；

8.通过研究不同材料组成下混凝土气泡的影响规律及不同的施工工艺，结合具体施工环境，得出抗冻融破坏的对策。

## 四、推广应用及效益情况

课题组研究成果已应用于格库铁路、和若铁路、阿富准铁路等工程建设中。形成的一套西北特殊气候环境中高性能混凝土建、管、养一体化的全寿命理论体系，提高了混凝土的密实性和流动性，保证了混凝土的强度，降低了混凝土的电通量，适应强腐蚀、低负温环境。研究成果可在新疆、西北其他地区、东北地区，乃至整个北方地区进行推广应用。

强腐蚀低负温下混凝土性能劣化及对策的全寿命成套技术研究及应用，有效解决了新疆地区强腐蚀、低负温环境下，混凝土抗腐蚀、抗冻融破坏的技术难题。通过干寒环境盐渍土地区混凝土腐蚀机理分析、不同因素下混凝土硫酸盐侵蚀性能劣化和离子传输扩散规律研究、低负温环境下混凝土性能劣化演变规律研究、颗粒形状对水泥基复合材料微结构及传输性能影响、干寒环境盐渍土地区混凝土配合比设计优化和养护制度的研究、干寒盐渍土地区防腐涂料适用性等防治措施研究，缩短了工期、节约了成本、保证了混凝土的使用寿命，从根本上保证了混凝土的耐久性。

通过对强腐蚀低负温下混凝土性能劣化及对策的全寿命成套技术及应用研究，形成了一套适用于西北特殊气候环境中高性能混凝土建、管、养一体化的理论体系，在施工过程中得以实施，其关键建造技术运用后，对工程环保、质量、成本、工期等方面起到了明显促进作用。施工时采用不同养护方式、配合比优化、包裹钢板、防腐涂料涂刷等措施，有效解决了强腐蚀、低负温下混凝土耐久性不足的技术难题，为新疆地区的混凝土工程基础建设提供了保障，社会效益明显。

## 五、主要知识产权证明目录

**（一）发表学术论文**

1. Zhang Rongling，Ma Lina，Liu Peng，Chen Huisu，Zhu Han Xing，Xiao Huigang，Xiong Zeyu.Influence mechanisms under different immersion methods and different strengths of concrete in corrosive environments, and verification via long-term field test[J].Structural Concrete，2020，1 (18)：1-15
2. Zhang Rongling，Liu Peng，Ma Lina，Yang Zijiang，Chen Huisu，Zhu Han Xing，Xiao Huigang，Li Jia.Research on the Corrosion/Permeability/Frost Resistance of Concrete by Experimental and Microscopic Mechanisms Under Different Water–Binder Ratios[J].International Journal of Concrete Structures and Materials，2020，14 (1)：8-18
3. Zhang Rongling，Ma Lina，Wang Qicai，Li Jia，Wang Yu，Chen Huisu，Samosvat Valeriia.Experimental Studies on the Effect of Properties and Micro-Structure on the Creep of Concrete-Filled Steel Tubes[J].Materials，2019，12 (7)：1046
4. W.X. Xu, H.S. Chen, Z. Lv.An overlapping detection algorithm for random sequential packing of elliptical particles[J].Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2011, 390(13), 2452-2467
5. Lin Jianjun，Chen Huisu，Liu Lin，Zhang Rongling.Impact of particle size ratio on the percolation thresholds of 2D bidisperse granular systems composed of overlapping superellipses[J].Physica A: Statistical Mechanics and its Applications，2020，544：123564
6. Lin Jianjun，Chen Huisu，Zhang Rongling，Liu Lin.Characterization of the wall effect of concrete via random packing of polydispersed superball-shaped aggregates[J].Materials Characterization，2019，154：335-343
7. Xiao Huigang，Zhang Fengling，Liu Rui，Zhang Rongling，Liu Zhiguo，Liu Hongxia.Effects of pozzolanic and non-pozzolanic nanomaterials on cement-based materials[J].Construction and Building Materials，2019，213：1-9
8. Lin Jianjun，Zhang Wulong，Chen Huisu，Zhang Rongling，Liu Lin.Effect of pore characteristic on the percolation threshold and diffusivity of porous media comprising overlapping concave-shaped pores[J].International Journal of Heat and Mass Transfer，2019，138：1333-1345
9. Shuo Feng, Huigang Xiao\*, Rongling Zhang, Chengwu Yang. Bond performance between substrate concrete and repair mortar: Effect of carbon fibre and expansive agent. Construction and Building Materials. 250, 2020,118830
10. Chen Ying，Liu Peng，Zhang Rongling，Hu Yan，Yu Zhiwu.Chemical kinetic analysis of the activation energy of diffusion coefficient of sulfate ion in concrete[J].Chemical Physics Letters，2020，753：137596
11. 张戎令,王起才,马丽娜,祁璐帆,祁强.膨胀剂和钢管侧限对混凝土徐变应变的影响[J].复合材料学报,2017,34(09):2099-2105.
12. 徐镭.现浇梁裂缝成因分析及预防应对措施研究，铁道建筑技术，2019，306期，62-65
13. 徐镭.低温养护条件下矿物掺合料对混凝土抗硫酸盐腐蚀性能试验研究，轨道建筑，2018.6（32），4-7
14. 郝兆峰,张戎令,李志杨,宁贵霞,黄国栋,段运.钢管混凝土构件不同缺陷率注浆补强前后承载能力试验研究[J].建筑结构学报,2019,40(S1):241-250.
15. 郝兆峰,张戎令,王起才,祁强,庄立普,黄国栋.钢管混凝土缺陷对徐变性能的影响[J].复合材料学报,2020,37(05):1191-1199.
16. 黄国栋,张戎令,李华,郭海贞,郝兆峰.基于正交试验设计的内养护剂SAP在钢管微膨胀混凝土中的应用[J].公路交通科技,2020,37(06):68-78+96.
17. 郭海贞,张戎令,王起才,代金鹏,娄许煜,谢智刚.-3℃养护条件下矿物掺合料对混凝土强度和孔隙结构的影响研究[J].混凝土,2020(04):103-106+109.
18. 郭海贞,张戎令,王起才,代金鹏,娄许煜,谢智刚.负温条件和矿物掺合料耦合作用对混凝土强度和抗渗性影响[J].铁道科学与工程学报,2019,16(10):2475-2482.
19. 卓彬,张戎令,宁贵霞,李志扬,李传喜,罗贯霄.空心大小对钢管混凝土轴压力学性能的试验研究[J].建筑科学,2019,35(03):101-106.
20. 王朦诗,张戎令,宁贵霞,胡锐鹏,祁强,王炳忠.SAP对膨胀混凝土力学性能及孔隙结构的影响[J].长江科学院院报,2019,36(08):165-169.
21. 马娇娇,张戎令,杨霞林,祁强,王炳忠.强度和温度对钢管混凝土徐变性能的试验研究[J].混凝土,2019(03):23-26+29.
22. 王朦诗,宁贵霞,张戎令,胡锐鹏,李航辉,何子舟.SAP对水泥水化热及不同水胶比膨胀混凝土强度的影响[J].硅酸盐通报,2019,38(03):788-793.
23. 张瑞稳,王起才,张戎令,代金鹏.-3℃养护下引气混凝土孔结构与抗渗性研究[J].铁道科学与工程学报,2018,15(05):1147-1154.
24. 张瑞稳,王起才,张戎令,代金鹏,张凯,王云天.-3℃养护条件下不同龄期引气混凝土强度及渗透性试验规律研究[J].混凝土,2017(07):22-25.
25. 张瑞稳,王起才,张戎令,代金鹏,张凯,王炳忠.-3℃养护下引气混凝土早期胶结强度与冻结强度试验关系研究[J].混凝土,2017(05):15-18.
26. 张瑞稳,王起才,张戎令,代金鹏,张凯.-3℃养护条件下引气混凝土胶结强度与冻结强度增长规律研究[J].硅酸盐通报,2017,36(02):558-563.
27. Lin J.J., Chen H.S. Lattice Boltzmann simulation of fluid flow through random packing beds of Platonic particles: Effect of particle characteristics. Particuology, 2019, 47: 41-53.
28. Lin J.J., Chen H.S., Liu L. Impact of polydispersity of particle shape and size on percolation threshold of 3D particulate media composed of penetrable superellipsoids. Powder Technology, 2020, 360:944-955.
29. Lin J.J., Chen H.S. Measurement of continuum percolation properties of two-dimensional partculate systems comprising congruent and binary superellipses. Powder Technology, 2019, 347:17-26
30. Lin J.J., Chen H.S., Xu W.W. Geometrical percolation threshold of congruent cuboidlike particles in overlapping particle systems. Physical Review E, 2018, 98(1):012134.
31. Lin J.J., Chen H.S. Effect of particle morphologies on the percolation of particulate porous media: a study of superballs. Powder Technology, 2018, 335:388-400.
32. Peng Liu, Zhiwu Yu\*, Zhaohui Lu, Ying Chen, Xiaojie Liu. Predictive convection zone depth of chloride in concrete under chloride environment. Cement and concrete composites, 2016,72:257-267.
33. Peng Liu, Ying Chen\*, Zhiwu Yu Zhaohui Lu. Effect of sulfate solution concentration on the deterioration mechanism and physical properties of concrete. Construction and Building Materials, 2019, 227, 116641.
34. Liu Peng, Hu Yan, Geng Bo, Xu Dongyu\*. Investigation on novel embedded piezoelectric ultrasonic transducers for corrosion monitoring of reinforced concrete. Smart materials and structures, 2019, 28(11):115041.
35. Peng Liu, Ying Chen, Zhiwu Yu, Zhu Ding, Feng Xing, Zhaohui Lu, Jiashan Hu. Early hydration properties and performance evolution of phosphoaluminate cement concrete. Construction and building materials, 2020,233:117318
36. Peng Liu, Ying Chen\*, Zhiwu Yu, Zhaohui Lu, Weihua Shi. Evolution of the dynamic properties of concrete in a sulfate environment. Construction and Building Materials, 2020, 245:118468
37. Liu Peng, Hu Yan\*, Geng Bo, Xu Dongyu\*. Corrosion monitoring of the reinforced concrete by using the embedded annular piezoelectric transducer. Journal of materials research and technology. 2020, 9(3):3511-3519.
38. Peng Liu, Ying Chen\*, Zhiwu Yu, Feng Xing. Vertical water transport model in concrete based on the coupled effects of the capillarity, gravity and evaporation. Construction and Building Materials, 2020,240:117880(13)
39. Liu Peng, Hu Yan\*, Ying Chen, Geng Bo, Xu Dongyu\*. Investigation of novel embedded piezoelectric ultrasonic transducers on crack and corrosion monitoring of steel bar. Construction and Building Materials, 2019,235:117495.
40. Peng Liu, Ying Chen\*, Feng Xing, Zhiwu Yu, Weilun Wang, Lixin Miao. Water transport behavior of concrete: boundary condition and water influential depth. Journal of materials in civil engineering-ASCE, 2018,30(11): 04018288(14).
41. Ying Chen, Peng Liu\*, Zhiwu Yu. Effects of environmental factors on concrete carbonation depth and compressive strength. Materials, 2018,11(11):2167(11).
42. Peng Liu, Ying Chen\*, Zhiwu Yu and Rongling Zhang. Effect of Temperature on Concrete Carbonation Performance. Advances in Materials Science and Engineering, 2019, 2019:9204570(6).
43. Peng Liu, Ying Chen\*, Weilun Wang\*, Zhiwu Yu. Effect of physical and chemical sulfate attack on performance degradation of concrete under different conditions. Chemical Physics Letters, 2020,745: 137254(10)
44. Peng Liu, Ying Chen, Zhiwu Yu, Zhaohui Lu. Damage constitutive model and mechanical performance deterioration of concrete under sulfate environment. Mathematical Problems in Engineering, 2020, 2020: 3526590(16). https://doi.org/10.1155/2020/3526590. (SCI,3区)
45. Peng Liu, Ying Chen\*, Zhiwu Yu, Lingkun Cheng, Yongfeng Zheng. Research on sulfate attack mechanism of cement concrete based on chemical thermodynamics. Advances in Materials Science and Engineering, 2020, 2020: 6916039(P16). https://doi.org/10.1155/2020/6916039.
46. Peng Liu, Ying Chen\*, Zhiwu Yu. Effects of temperature, relative humidity and carbon dioxide concentration on concrete carbonation. Magazine of Concrete research, 2019,71(6),1-12.
47. 冯硕，肖会刚\*. 膨胀剂对修复材料及其新老混凝土界面性能的影响. 《第二届全国可持续混凝土理论与应用技术学术交流会论文集》，2019，299-305.
48. 皮振宇，肖会刚. 表面改性超细钢纤维-水泥基体界面性能和微观结构. 《第二届全国可持续混凝土理论与应用技术学术交流会论文集》, 2019, 554-561.

**（二）申请专利**

1. 一种混凝土结构自免疫自修复微胶囊制备方法, 2016-04-20, 中国, CN201310084735.2.
2. 一种用于混凝土帆布体系的快凝快硬水泥基体及使用方法：中国,0312536.2[P].2015-09-09
3. 一种FRP-三维间隔织物增强水泥基复合材料及其制造方法：中国,0342007.0[P].2018-01-02
4. 利用疏水硅胶材料制备表面疏水水泥石材料的方法，ZL201610885287.X

**（三）软件著作权**

1. 混凝土表层氯离子对流区深度模型软件V1.0，登记号：2018SR454127
2. 混凝土内部水分传输及其湿度场分布计算模型软件V1.0，登记号：2018SR196307
3. 混凝土内温度变化预测模型软件V1.0，登记号：2018SR319162
4. 混凝土内相对湿度预测模型软件V1.0，登记号：2018SR308762
5. 混凝土碳化计算模型V1.0，登记号：2017SR690392
6. 自然环境温度变化预测模型软件V1.0，登记号：2018SR309877
7. 自然环境中空气绝对湿度预测模型软件V1.0，登记号：2018SR308774
8. 自然环境中空气相对湿度预测模型软件V1.0，登记号：2018SR319103

**（四）编制规范**

1. 中国工程建设标准化协会《混凝土结构耐久性室内环境模拟试验方法标准》，CECS202X

**（五）出版专著**

1. 余志武，刘鹏。混凝土结构耐久性时间相似理论与工程应用.中国科学出版社，2020.

**（六）工法**

1. 高腐蚀性戈壁地区桥梁桩基永久性钢护筒施工工法，2017.

## 六、完成人合作关系说明

强腐蚀低负温下混凝土性能劣化及对策的全寿命成套技术研究及应用，以新疆地区环境气候特点为工程背景，主要面临混凝土内部劣化机理、相应性能提高对策、服役混凝土全寿命预测、研究理论在现场的可实施性等技术难题，为此中铁二十一局集团第一工程有限公司联合兰州交通大学、东南大学、哈尔滨工业大学、中南大学以及中铁二十一局集团有限公司，共同开展技术研究攻关，形成了一套适用于西北特殊气候环境中高性能混凝土建、管、养一体化的全寿命理论体系，并在实际工程中进行了推广应用，配制的混凝土保证了其有较好的密实性和流动性，提高了混凝土的强度及耐久性，有效支撑了西北特殊气候环境下混凝土构筑物施工及全寿命维护的顺利实施。

## 七、主要完成人及创新推广贡献

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 姓名 | 年龄 | 文化程度 | 所学专业 | 职务/职称 | 工作单位 | 对本项目技术创造性贡献 |
| 1 | 张戎令 | 1984.07  | 博士 | 土木工程 | 道桥工程灾害防治国家地方联合实验室副主任/教授 | 兰州交通大学 | 负责项目方案设计、实施、关键技术研发及推广应用，提出提高混凝土耐久性的对策 |
| 2 | 王立博 | 1983.01 | 本科 | 土木工程 | 格库项目总工程师/高级工程师 | 中铁二十一局集团第一工程有限公司 | 指导项目关键技术研究及应用，实际工程中推广应用 |
| 3 | 陈惠苏 | 1973.07 | 博士 | 材料工程 | 江苏省土木工程材料重点实验室副主任/教授 | 东南大学 | 关键技术研发，提出混凝土的内在机理 |
| 4 | 袁宪灿 | 1980.02 | 本科 | 桥梁工程 | 格库项目经理/高级工程师 | 中铁二十一局集团第一工程有限公司 | 指导项目关键技术研究及应用，现场方案的实施 |
| 5 | 肖会刚 | 1977.03 | 博士 | 防灾减灾工程及防护工程 | 教授 | 哈尔滨工业大学 | 关键技术研发，得出混凝土低温抗冻性机理 |
| 6 | 刘鹏 | 1982.06 | 博士 | 材料工程 | 副教授 | 中南大学 | 关键技术研发，提出混凝土腐蚀破坏的成因 |
| 7 | 马丽娜 | 1985.04 | 博士 | 土木工程 | 土木工程系副主任/副教授 | 兰州交通大学 | 室内试验，提出腐蚀的本构模型 |
| 8 | 李启成 | 1974.07 | 本科 | 土木工程 | 高级工程师 | 中铁二十一局集团第一工程有限公司 | 进行实际工程的实施 |
| 9 | 段江伟 | 1975.01 | 本科 | 土木工程 | 高级工程师 | 中铁二十一局集团第一工程有限公司 | 进行现场方案的实施 |
| 10 | 徐 镭 | 1976.09 | 本科 | 桥梁工程 | 教授级高工 | 中铁二十一局集团第一工程有限公司 | 进行现场方案实施 |
| 11 | 王保军 | 1972.08 | 本科 | 土木工程 | 高级工程师 | 中铁二十一局集团第一工程有限公司 | 现场方案实施 |
| 12 | 王磊 | 1970.08 | 本科 | 土木工程 | 高级工程师 | 中铁二十一局集团第一工程有限公司 | 现场方案实施 |

根据《关于做好2020年度自治区科技奖励提名工作的通知》（新科成字﹝2020﹞35号）的要求，现将兰州交通大学拟提名2020年度新疆维吾尔自治区科技奖励项目的基本情况（见附件）予以公示。

自公布之日起7天内（8月1日-8月7日），任何单位和个人对公示的项目持有异议的，应当以真实身份书面向我处提出，并提供相应的证明材料。凡匿名异议和超出期限的异议不予受理。

通讯地址：兰州交通大学科技处

邮    编：730070

联 系 人：杜三山

联系电话：0991-4938594

电子邮箱：2041384@qq.com