

一、项目名称：

北京大兴国际机场跑道的防灾关键技术及其应用

二、提名意见：

项目首次发现和提出了机场“锅盖效应”的新现象和新理论，针对北京大兴国际机场 4 条跑道的防灾问题，研发了疏堵结合的“锅盖效应”跑道致灾防治技术、自动化的动力夯实系统、基于北斗卫星导航系统的机场沉降智能监测技术。

这一系列跑道防灾关键技术的实施，贯穿了北京大兴国际机场跑道的设计、施工和建成运营的全过程，大幅降低了跑道灾害的发生概率，有效延长了跑道的服役寿命，对保障大兴国际机场的跑道安全和正常运营、推动我国民用航空运输业的持续发展，具有重要价值和重大意义。

鉴于此，我单位推荐该项目申报北京市科学技术进步奖（技术开发类）一等奖（含特等奖）。

三、项目简介：

北京大兴国际机场（简称大兴机场）是习近平总书记主持政治局常委会审议通过的国家重大机场建设项目，号称世界新七大奇迹之首。作为“生命线工程”的跑道是大兴机场建设的重中之重。而北京大兴位于我国季节性寒冷地区，其跑道碎石垫层中“锅盖效应”积水的结冰膨胀会导致道面出现鼓包开裂等冻胀灾害；同时，大兴机场跑道的粉土地基，易产生遇水湿化、动力液化等现象，导致道面出现不均匀沉降等灾害。这些严重的灾害问题给建设大兴机场的工程技术人员带来了极大的挑战，为此，项目组经过多年的系统深

入研究，取得了如下创新性成果：

（1）首次发现了机场“锅盖效应”新现象，揭示了其致灾机理，针对大兴机场的跑道设计，提出了疏堵结合的“锅盖效应”致灾防治技术，并得以实施。

项目组首次发现并提出了机场“锅盖效应”：即土体中水汽在温度梯度作用下由深层向浅层迁移，并在道面（类似锅盖）下冷凝或凝华，导致水分不断聚积的现象；研制了“锅盖效应”系列室内试验仪；建立了“锅盖效应”分析计算方法；研究并揭示了“锅盖效应”的致灾机理；提出了疏堵结合的“锅盖效应”致灾防治技术，有效解决了大兴机场跑道的“锅盖效应”致灾问题。

（2）针对大兴机场的跑道施工，研发了自动化的动力夯实系统，建立了冲击碾压的智能施工平台，大幅提升了跑道地基的压实效率与质量。

在大兴机场跑道建设区，通过大型现场强夯试验，建立了基于冲量分析的有效加固深度与夯锤参数、提升高度的关系，研发了强夯的自动化动力夯实系统，可精准控制夯锤的落点和落距，大幅提升了地基的压实效率与质量；建立了冲击碾压的智能施工平台，通过北斗定位、物联网、云计算、无人驾驶与虚拟现实等技术的有机融合，实现了压实质量的远程、实时、可视化监控。

（3）研发了基于北斗卫星导航系统的跑道沉降智能监测技术，开发了道基温湿度的自动监测技术，实现了大兴机场跑道“健康安全状态”的实时监测和预警。

研发了基于北斗定位与合成孔径雷达（InSAR）相结合的沉降智能监测技术，实现了对跑道沉降的远程实时监测和自动预警；研发了土体温湿度的自动监测技术，可长期监测“锅盖效应”影响下的道基温度和含水量。最终保障了大兴机场跑道“健康安全状态”的实时跟踪监测与预警。

以上研究成果获得授权发明专利多项，发表中英文论文 50 余篇，出版专著《机场高填方工程基础理论与应用》，入编《民用机场

高填方工程技术规范》等。研发的跑道防灾关键技术，大幅提升了跑道的长期服役性能，为大兴机场四条跑道的安全运行提供了重大技术保障。同时，部分关键技术也分别在沈阳、呼和浩特、承德等机场得到推广应用，为这些机场跑道的安全运行提供了重要技术支撑。

四、主要支撑材料目录

序号	知识产权 （标准规范）类别	名称	国家（地区）	授权号（标准规范编号）	授权公告日 （标准规范发布日期）	发明人（标准规范起草人）	权利人（标准规范起草单位）	应用方式（自用、生产销售、技术开发、技术转让、技术咨询、技术服务、实施许可等）
1	发明专利	一种机场跑道“锅盖效应”引起灾害的防治方法	中国	ZL201510397518.8	2017年5月24日	姚仰平，王琳，王乃东，贾峻峰	北京航空航天大学	技术咨询
2	发明专利	一种防治“锅盖效应”引起灾害的新型道基结构	中国	ZL201510455311.1	2017年6月30日	姚仰平，王琳，王乃东，韩剑	北京航空航天大学	技术咨询
3	发明专利	Automated dynamic compaction system	美国	US 10006184 B2	2018年6月26日	Alan Sharp, Morgan Mattsson, Ole Martin Gausnes, Logan Rowe, 李强, 高志斌, 董家广, 刘少宁	Trimble Navigation Limited, 北京新机场建设指挥部	技术开发
4	实用新型专利	一种分段式环向控温非饱和土土柱试验装置	中国	ZL201520602069.1	2016年2月3日	凌道盛, 张如如, 赵云, 黄博, 周燕国	浙江大学	技术开发
5	实用新型专利	一种强夯施工夯击自动计数系统	中国	ZL201520721711.8	2016年4月6日	韩黎明, 徐军库, 唐科, 董莉, 李博	北京中企卓创科技发展有限公司	技术开发

6	实用新型专利	一种带有自动监测强夯施工有效性功能的强夯机	中国	ZL201320639184.7	2014年3月19日	陈凤晨, 徐军库, 唐科, 李博, 牛华	北京中企卓创科技发展有限公司	技术开发
7	实用新型专利	强夯施工自动监控装置	中国	ZL201620123554.5	2016年8月10日	唐科, 高海林, 徐军库, 董莉, 韩黎明, 李博, 陈凤晨, 任小牧	中国民航机场建设集团公司	技术开发
8	实用新型专利	一种基于卫星定位技术的边坡变形监测系统	中国	ZL201520546124.X	2015年12月30日	陈凤晨, 韩黎明	中国民航机场建设集团公司	技术开发
9	软件著作权	自动化强夯系统 V1.0	中国	2018SR643527	2018年8月13日		北京新机场建设指挥部, 李强, 高志斌, 董家广, 刘少宁, 易巍	技术开发
10	标准规范	民用机场岩土工程设计规范	中国	MH/T 5027—2013	2013年9月24日	李强, 张合青, 韩黎明, 姚荣学, 王孝存, 马新岩, 孔愚, 王广德, 周正飞, 周载阳, 李军世, 徐超, 刘祖德, 邹勇	中国民航机场建设集团公司, 建设综合勘探研究设计院有限公司, 上海民航新时代机场设计研究院有限公司, 同济大学, 武汉大学	技术咨询

序号	知识产权类别	论文(著作)名称	刊名/出版社	年卷期页码	发表时间(年月日)	通讯作者(含共同)	第一作者(含共同)	论文全部作者
11	著作	机场高填方工程基础理论与应用	人民交通出版社股份有限公司	2018 年 10 月, 第一版	2018 年 10 月 30 日		姚仰平	姚仰平, 盛岱超, 李强, 宋二祥, 魏迎奇, 凌道盛, 罗汀, 刘林, 韩黎明, 王乃东, 王琳, 陈含, 曲啸, 丛易敏行, 张升, 滕继东, 贺佐跃, 单锋, 寇璟媛, 徐明, 孔郁斐, 金德海, 赵志宏, 周梦佳, 陈祖煜, 吴帅锋, 杨军, 邱天琦, 黄博, 周燕国, 陈仁朋, 马新岩, 陈凤晨, 赵云, 张凡, 张如如, 王云龙, 王宇, 孟迪, 张吉晗, 陈军, 阮扬志, 张星, 王俊博, 耿轶, 唐科, 董丽, 侯森
12	论文	影响锅盖效应因素的研究	岩土工程学报	2018 年 40 卷第 8 期 1373-1382 页	2018 年 8 月 30 日	姚仰平	姚仰平	姚仰平, 王琳
13	论文	Research on a Real-Time Monitoring Platform for Compaction of High Embankment in Airport Engineering	Journal of Construction Engineering and Management	2018 年 144 卷第 1 期 04017096(1-10)页	2018 年 1 月 30 日	姚仰平	陈军	姚仰平, 阮杨志, 陈军, 耿轶, 张星, 刘冰阳, 宗孝鹏, 余贵珍
14	论文	A coupled model for liquid water-vapor-heat migration in freezing soils	Cold Regions Science and Technology	2018 年 148 卷第 4 期 22-28 页	2018 年 4 月 30 日	张升	贺佐跃	贺佐跃, 张升, 滕继东, 姚仰平, 盛岱超
15	论文	Modelling water content redistribution during evaporation from sandy soil in the presence of water table	Computers and Geotechnics	2016 年 75 卷第 5 期 210-224 页	2016 年 3 月 14 日	滕继东	滕继东	滕继东, Noriyuki Yasufuku, 张升, 何毅

五、候选人及排序

姚仰平、李强、王乃东、张升、马新岩、
凌道盛、宋二祥、陈祖煜、陈凤晨、孔愚、
张合青、盛岱超、韩黎明、董家广、黄博、
滕继东、罗汀、易巍、陈军

六、候选单位及排序

北京航空航天大学、北京新机场建设指挥部、民航机场规划设计研究总院有限公司、中南大学、浙江大学、清华大学、中国水利水电科学研究院、北京中企卓创科技发展有限公司