

推荐国家科技进步奖项目公示

项目名称	软土地下工程稳定性理论与环境控制关键技术及应用
推荐单位	教育部
推荐单位意见： <p>我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。</p> <p>该项成果为同济大学、上海隧道工程有限公司、上海陆家嘴金融贸易区开发股份有限公司、上海建工集团股份有限公司和上海理工大学依托国家和上海市重大项目，在复杂应力路径软土变形强度特性与软土地基稳定性项目、复杂地层和环境下软土地下工程开挖稳定性分析与控制、敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制等三个方面取得了重要的创新成果，解决了复杂条件下软土地下工程设计和施工的一系列关键技术难题，提高了我国在软土地下工程领域的设计理论与施工技术，该研究成果具有理论创新性和工程实用性。</p> <p>项目研究成果在上海长江西路越江隧道、虹梅南路越江隧道、浙江钱江隧道、上海轨道交通区间隧道和车站深基坑工程以及上海东西通道、世纪大都会等深基坑工程中得到了成功应用，有效地保障了软土地下工程的安全和环境保护，直接经济效益达到了 2.44 亿元。该项研究成果推动了软土地下工程安全和环境影响分析理论与控制技术的发展和项目授权专利 24 项(含发明 22 项、实用新型 2 项)，发表 SCI 收录 43 篇，EI 收录 137 篇，SCI 他引 184 次；研究成果纳入上海市有关规范，对推动行业技术进步和学科发展作出了重要贡献，对于软土地下工程设计和施工领域具有重要的推广和应用价值。</p> <p>对照国家科学技术进步奖授奖条件，推荐该项目申报 2017 年度国家科学技术进步奖二等奖。</p>	

项目简介:

本项目针对复杂环境条件下软土地基中地下工程安全和环境影响分析与控制关键技术难题,从软粘土基本变形强度特性出发,结合理论研究、室内试验以及新施工技术开发与应用,对复杂应力路径软土变形强度特性与软土地基稳定性、复杂地层和环境下软土地下工程开挖稳定性分析与控制、敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制等三个方面进行了深入和系统的研究,形成一系列复杂环境条件下软土地下工程安全与环境影响控制的分析理论和关键技术,解决了软土地下工程安全与环境影响控制的技术难题,取得如下主要成果:

创新成果 1:建立了考虑主应力轴旋转的软土三维强度理论和泥浆渗入土体强度准则,建立了开挖卸荷引起超固结软土的变形强度理论和软土小变形特性参数,建立了K0固结软土地基稳定性的数值极限分析方法。

创新成果 2:建立了考虑复杂地层和地下水渗流的软土基坑抗隆起稳定性分析方法,提出了考虑强涌潮、渗流和泥浆渗透的隧道开挖面稳定性的分析方法,建立了基于隧道开挖面稳定高精度动态平衡控制的复杂地层盾构施工安全控制技术。

创新成果 3:建立了基于土体小应变特性的基坑开挖变形和地下工程开挖环境影响位移控制分析方法以及基于邻近建(构)筑物自身变形承受能力的变形控制指标,提出了基于超固结土特性的开挖条件下桩基础设计方法,建立了基于考虑邻近建(构)筑物自身承受能力控制标准的地下工程开挖环境影响控制技术。

项目成果在上海长江西路越江隧道、虹梅南路越江隧道、打浦路隧道复线、浙江钱江隧道,上海轨道交通汉中路站、昌邑路站、龙漕路站以及上海东西通道、世纪大都会等深基坑工程,上海轨道交通 7 号线、9 号线、12 号线等区间隧道工程以及杭州地铁 1 号线越江隧道等重大项目中得到了成功应用,近三年直接节约投资金额 2.44 亿元。此外,还获得三年以上应用工程的节约投资金额 0.95 亿元。该项目成果推动了软土地下工程安全和环境影响分析理论与控制技术的发展,项目授权专利 24 项(含发明 22 项、实用新型 2 项)、申请受理发明专利 12 项;授权软件著作权 3 项;发表论文 180 篇,其中 SCI 收录 43 篇, EI 收录 137 篇, SCI 他引 184 次,获国际知名岩土期刊杰出论文奖;研究成果纳入上海市有关规范,对推动行业技术进步和学科发展作出了重要贡献,对于软土地下工程设计和施工领域具有重要的推广应用价值。

客观评价：

(1) 成果鉴定意见[教 NF2009 第 012 号]：“首次提出了 K0 固结粘土基坑抗隆起稳定性的多块体极限分析上限解；首次开展了深开挖条件下抗拔桩承载力的离心模型试验，提出了深开挖条件下抗拔桩承载力损失的计算方法；提出了基于地层损失比的层状地基中地下工程开挖引起的临近群桩以及既有管线变形和内力的位移控制分析方法；研究成果总体上达到国际领先水平。”

(2) 成果验收意见[沪科验（2012）第 1207 号]：“首次开展了不同中主应力系数和主应力轴旋转角度下上海软粘土的空心圆柱不排水剪切试验；建立了考虑渗流影响的 $c-\phi$ 土中隧道开挖面稳定的极限分析简化上限解以及三维极限平衡解；首次建立了基于 Prandtl 机构的极限简化上限解以及基于组合块体集的上限极限分析新方法。”

(3) 成果验收意见[沪科验（2012）第 0180 号]：“超深基坑对邻近地铁枢纽的施工安全与环境控制研究”验收委员会的验收意见表明：“课题所依托的示范工程进展顺利，基坑及紧邻的地铁和建筑物变形均在设计控制范围内；研究成果达到了国际先进水平。”

(4) 成果鉴定意见[浙鉴字 2014 第 7 号]：“基于宏微观试验、模型试验和离心机试验，创建了钱塘江流域强涌潮条件下超大盾构隧道前摄性隧道施工工法，解决了盾构掘进与复杂地层和强涌潮下开挖面稳定性和施工关键参数匹配技术；研究成果总体达到国际先进水平，其中强涌潮下超大盾构隧道前摄性隧道施工工法达到国际领先水平。”

(5) 成果验收意见[沪建交科验（2009）第 045 号]：“盾构施工对合流污水总管保护关键技术研究”验收委员会的验收意见认为：“课题研究取得了盾构近距离穿越大口径管线施工方法的创新成果，具有较好的推广应用价值，总体上达到国际先进水平。”

(6) 本项目在国内外学术期刊上发表 SCI 收录论文 43 篇，EI 收录论文 137 篇，SCI 他引 184 次，获国际知名岩土期刊《Computers and Geotechnics》杰出论文奖；获授权国家发明专利 22 项，充分体现了本项目成果在国内外岩土工程界的认可度。

(7) 项目完成人在国际土力学及岩土工程协会主办的第 14 届亚洲土力学及岩土工程大会（2011，中国内地唯一大会报告）、与 ASCE 合办的 GeoShanghai2010 国际会议（大会报告），日本地盘工学会主办的 IWDPF07 国际会议（特邀报告），新加坡岩土工程学会主办的 ISAFE2013 国际会议（特别报告）上报告了本项目的相关成果，具有国际影响力。

推广应用情况：

本项目成果在上海、杭州等软土地区建设的 10 多项典型城市地下工程中得到了成功的示范应用，应用范围涵盖了地下空间综合开发、紧邻交通枢纽的超深基坑以及隧道穿越工程等不同类型的软土地下工程，取得了良好的经济、社会和环境效益。这些示范工程在设计分析及建设施工等方面的新理论和新技术可为今后类似工程提供了参考借鉴。成果代表性应用单位如下表所示：

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话
上海陆家嘴金融贸易区开发股份有限公司	上海：紧邻地铁枢纽站深基坑施工安全与环境影响控制	2008.01-2014.12	褚峰/021-68810273
上海陆家嘴金融贸易区开发股份有限公司	上海：超大型地下空间框架逆作法变形控制技术	2008.01-2014.12	褚峰/021-68810273
上海建工集团股份有限公司	上海：超深地下综合交通枢纽施工安全与环境影响控制	2013.01-2015.12	杨森浩/021-55885959
上海建工集团股份有限公司	上海：生命线管道上方大面积开挖卸荷施工安全控制技术	2013.01-2015.12	杨森浩/021-55885959
上海隧道工程有限公司	上海：盾构超近距离穿越群桩基础和运行轨道交通控制技术	2011.1-2014.12	翟一欣/021-65989999
上海隧道工程有限公司	上海：地铁深基坑对运营高架区间影响的控制技术	2013.01-2015.09	翟一欣/021-65989999
上海隧道工程有限公司	上海：超深盾构隧道软土开挖面稳定施工控制技术	2011.01-2015.12	翟一欣/021-65989999
上海隧道工程有限公司	上海：软土越江隧道及管线工程施工控制技术	2008.01-2015.12	翟一欣/021-65989999
上海隧道工程有限公司	杭州：高承压水砂性地层超大直径盾构隧道施工安全控制技术	2010.2-2014.12	翟一欣/021-65989999
上海隧道工程有限公司	上海：紧邻地铁枢纽站深基坑施工安全与降水控制技术	2010.12-2012.12	翟一欣/021-65989999
上海隧道工程有限公司	上海：盾构穿越浅覆土隧道施工环境保护技术	2008.01-2010.06	翟一欣/021-65989999
上海隧道工程有限公司	上海：盾构穿越邻近保护建筑物施工控制技术	2011.06-2012.08	翟一欣/021-65989999
上海隧道工程有限公司	上海：盾构隧道穿越污水总管	2009.01-2011.12	翟一欣/021-65989999
上海隧道工程有限公司	杭州：高承压水砂性地层地铁盾构隧道施工安全控制技术	2008.04-2011.12	翟一欣/021-65989999

主要知识产权证明目录:

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	模拟筏板基础筏板受六个方向荷载作用的试验装置	中国	ZL201210593959.1	2014-12-10	1542709	同济大学	黄茂松、木林隆、凌巧龙
发明	既有隧道受双线地铁施工影响的室内模型试验装置	中国	ZL201210469996.1	2016-03-23	1996815	上海理工大学	张治国、黄茂松、王卫东
发明	一种隧道及地下工程多功能模型试验系统	中国	ZL201010159472.3	2013-12-25	1327046	同济大学	张子新、石振明、黄昕、雷庆华
发明	超大直径盾构隧道近距离穿越城市高架桩基的施工方法	中国	ZL201110155188.3	2014-06-25	1428128	同济大学	张子新、刘超
发明	地铁盾构超浅覆土穿越运营隧道的施工方法	中国	ZL201010105681.X	2012-11-28	1091118	上海隧道工程有限公司	李刚、吴惠明、顾春华、陶育、吴列成、金国鑫、邓喜
发明	盾构隧道穿越机场跑道的施工方法	中国	ZL201010610862.8	2013-04-03	1168211	上海隧道工程有限公司	李刚、张曙、吴列成、王浩、吴佳琪
发明	盾构隧道近距离穿越建筑物变形控制的隔离桩施工方法	中国	ZL200910200698.0	2011-06-01	787799	上海隧道工程有限公司	杨磊、丁志诚、黄德中、戴仕敏、周隽、马元、晁东辉、杨启本、王金一、吴惠明、郑宜枫、顾沉颖、周永习、郝亮
发明	盾构同步注浆量与注浆压力的标定方法	中国	ZL201010533472.5	2012-06-13	969503	上海隧道工程有限公司	丁志诚、黄德中、郑宜枫、戴仕敏、段创峰、马元、周振、周永习、顾沉颖、侯永茂、巴雅吉乎、魏林春
发明	超大型全断面矩形顶管掘进施工方法	中国	ZL201410382709.2	2016-04-13	2021247	上海隧道工程有限公司	黄德中、李刚、舒钢强、王旋东、徐连刚、张荣辉、黄俊、刘喜东、陈旭光、朱雁飞、赵峻、吴列成、李晓春
发明	盾构隧道注浆施工对邻近桩基影响的室内模型试验装置	中国	ZL201310539782.1	2016-04-27	2042395	上海理工大学	张治国、白乔木、张玉梅

主要完成人情况:

1. **黄茂松**, 排名 1, 教授, 工作单位: 同济大学, 完成单位: 同济大学, 是该项目主要负责人, 对创新成果 (1)、(2)、(3) 均有创造性贡献。具体负责复杂应力路径软土变形强度特性与软土地基稳定性的研究, 提出了考虑主应力轴旋转的软土三维强度理论, 建立了开挖卸荷引起超固结软土的变形强度理论及稳定极限分析理论; 负责复杂地层和环境下软土地下工程开挖稳定性分析与控制理论研究, 提出了考虑渗流的基坑抗隆起与隧道开挖面稳定性分析理论; 提出了建立了基于邻近建(构)筑物自身变形承受能力的地下工程开挖环境影响位移控制分析方法和变形控制指标。

2. **张子新**, 排名 2, 教授, 工作单位: 同济大学, 完成单位: 同济大学, 对创新成果 (1)、(2) 有创造性贡献。具体提出了特殊水文、地层条件下考虑渗流和泥浆渗透的隧道开挖面稳定性分析理论; 参与敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制研究, 提出了盾构隧道近距离穿越建(构)筑物的环境影响控制技术。

3. **朱雁飞**, 排名 3, 总工程师, 教授级高工, 工作单位: 上海隧道工程有限公司, 完成单位: 上海隧道工程有限公司, 对创新成果 (2)、(3) 有创造性贡献。具体建立了高承压水砂性地层深基坑及考虑渗流影响的盾构隧道施工安全控制技术; 参与敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制的研究, 提出了盾构隧道近距离穿越建(构)筑物环境保护综合控制技术。

4. **梁发云**, 排名 4, 教授, 工作单位: 同济大学, 完成单位: 同济大学, 对创新成果 (2)、(3) 有创造性贡献。具体参与敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制的研究, 提出了基于反分析的考虑土体小应变特性的基坑开挖变形分析方法, 参与提出了盾构隧道近距离穿越建(构)筑物环境保护控制技术。

5. **褚峰**, 排名 5, 高级工程师, 工作单位: 上海陆家嘴金融贸易区开发股份有限公司, 完成单位: 上海陆家嘴金融贸易区开发股份有限公司, 对创新成果 (3) 有创造性贡献。具体参与敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制的研究, 提出软土地区深基坑开挖对紧邻地铁隧道变形的控制关键技术。

6. **黄德中**, 排名 6, 教授级高工, 工作单位: 上海隧道工程有限公司, 完成单位: 上海隧道工程有限公司, 对创新成果 (2)、(3) 有创造性贡献。具体参与建立了超深盾构隧道以及盾构穿越浅覆土施工安全控制技术; 参与提出了盾构隧道近距离穿越建(构)筑物环境保护综合控制技术。

7. **周希圣**, 排名 7, 教授级高工, 工作单位: 上海建工集团股份有限公司, 完成单位: 上海建工集团股份有限公司, 对创新成果 (2) 有创造性贡献。具体应用了项目提出的地下工程开挖稳定分析理论, 提出了大型地下综合体深基坑施工安全控制技术。

8. **李镜培**, 排名 8, 教授, 工作单位: 同济大学, 完成单位: 同济大学, 对创新成果 (2)、(3) 有创造性贡献。具体参与复杂地层和环境下软土地下工程开挖稳定性分析与控制理论研究, 提出了考虑地下水渗流的基坑抗隆起稳定性分析理论。

9. **张治国**, 排名 9, 副教授, 工作单位: 上海理工大学, 完成单位: 上海理工大学, 对创新成果 (2)、(3) 做出创造性贡献。具体参与建立了地下工程开挖对环境影响的位移控制分析方法; 参与提出了盾构隧道近距离穿越建筑物环境保护控制技术。

10. **李刚**, 排名 10, 高级工程师, 工作单位: 上海隧道工程有限公司, 完成单位: 上海隧道工程有限公司, 对创新成果 (2)、(3) 做出创造性贡献。具体参与提出了盾构穿越浅覆土施工安全控制技术; 参与敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制的研究。

主要完成单位及创新推广贡献:

(1) 同济大学, 排名: 1

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献: 提出项目的总体研究目标、技术方案和实施方案, 负责编写项目报告及技术报告, 并总体负责项目成果的集成应用及示范推广; 建立了考虑主应力轴旋转的软土三维强度理论和泥浆入渗土体强度准则, 建立了开挖卸荷引起超固结软土的变形强度理论和软土小变形特性参数, 建立了 K0 固结软土地基稳定性的数值极限分析方法; 建立了复杂地层条件下考虑地下水渗流的基坑抗隆起稳定性分析理论, 提出了特殊水文、地层条件下考虑渗流和泥浆渗透的隧道开挖面稳定性分析理论; 提出了基于反分析的考虑土体小应变特性的基坑开挖变形分析方法, 建立了基于邻近建(构)筑物自身变形承受能力的地下工程开挖环境影响位移控制分析方法和变形控制指标, 形成了盾构隧道近距离穿越建(构)筑物环境保护综合控制技术。

(2) 上海隧道工程有限公司, 排名: 2

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献: 参与本项目部分成果的研发和应用推广, 协调本项目的现场试验工作, 负责项目成果的集成应用及示范推广; 参与复杂地层和环境下软土地下工程开挖稳定性分析与控制的研究, 建立了高承压水砂性地层深基坑和盾构隧道施工安全控制技术; 参与敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制的研究, 形成了盾构隧道近距离穿越建(构)筑物环境保护综合控制技术; 结合上海轨道交通汉中路站等深基坑工程、上海轨道交通 7 号线等区间隧道工程、以及上海长江西路隧道等重大工程项目, 成功应用了本项目提出的软土地下工程稳定与环境影响控制关键技术。

(3) 上海陆家嘴金融贸易区开发股份有限公司, 排名: 3

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献: 参与本项目部分成果的研发和应用推广, 协调本项目的现场试验工作, 负责项目成果的集成应用及示范推广; 参与敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制的研究, 针对紧邻地铁隧道变形敏感环境中的深基坑工程, 提出软土地区深基坑开挖对紧邻地铁隧道变形的控制关键技术; 结合上海世纪大都会 2-3 地块以及上海陆家嘴“塘东总部基地”项目的深基坑工程, 成功应用了本项目提出的软土地下工程稳定与环境影响控制关键技术, 提高了深基坑工程变形的计算精度。

(4) 上海建工集团股份有限公司, 排名: 4

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献: 参与本项目部分成果的研发和应用推广, 协调本项目的现场试验工作, 负责项目成果的集成应用及示范推广; 参与复杂地层和环境下软土地下工程开挖稳定性分析与控制的研究, 应用本项目提出的软土地下工程开挖稳定分析理论, 形成了大型地下综合体施工的安全控制技术; 结合上海轨交昌邑路车站深基坑工程和东西通道工程的现场实测研究, 分析新老建筑在叠次扰动施工下土体变形规律, 有效地保护了地下管线和已建构筑物的安全。

(5) 上海理工大学, 排名: 5

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献: 参与本项目部分成果的研发和应用推广, 参与敏感环境软土地下工程开挖影响与关联效应分析及控制的研究, 建立了邻近建(构)筑物地下工程开挖环境影响位移控制分析方法, 参与提出了盾构隧道近距离穿越建(构)筑物环境保护控制技术。

完成人合作关系说明：

项目由同济大学牵头，联合上海隧道工程有限公司、上海陆家嘴金融贸易区开发股份有限公司、上海建工集团股份有限公司和上海理工大学共同完成，以软土地下工程稳定性理论与环境控制关键技术为主线开展系统研究，以分析理论、计算方法和控制技术为突破口，创建了自主知识产权的新理论和技术体系，形成了复杂环境条件下软土地下工程安全与环境影响控制的关键技术和相关行业工程化应用能力。完成人的具体合作关系说明如下：

项目人员排名 1、2、4 和 8 是同济大学“软土工程基础理论与关键技术”研究团队成员；项目人员排名 3、6 和 10 是上海隧道工程有限公司团队成员；项目人员排名 5 是上海陆家嘴金融贸易区开发股份有限公司项目研究成员；项目人员排名 7 是上海建工集团股份有限公司项目研究成员；项目人员排名 9 是上海理工大学项目研究成员。

项目人员排名 1 和 2 共同承担有关钱江流域超大直径盾构开挖面稳定关键技术的科研项目；项目人员排名 1、3、4、5 和 8 共同承担有关上海世纪大都会深基坑工程的科研项目；项目人员排名 1、4、5、8、9 和 10 共同获得 2013 年上海市科技进步一等奖；项目人员排名 3、6 和 10 共同获得发明专利授权；项目人员排名 1 和 4 共同承担上海市优秀学科带头人计划项目和发表论文；项目人员排名 1 和 9 共同发表论文；项目人员排名 1、4 和 8 共同参与制定了上海市《基坑工程技术规范》；项目人员排名 2 和 7 共同承担关于上海东西通道浦东段拓建基坑工程的科研项目。