附件2

2018年度国家科技进步奖提名项目公示材料

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 复合地基理论、关键技术及工程应用 |
| 提名者 | 中国岩石力学与工程学会 |
| 提名意见：  该成果针对软弱地基工程建设的迫切要求，并结合我国国情，经过近30年科技攻关，在复合地基理论体系、考虑基础刚度影响的路堤下复合地基设计理论和方法、经济高效的新型复合地基技术和复合地基工程应用体系等四个方面取得自主创新突破，形成系统的复合地基理论、设计方法和关键技术，主编了我国与复合地基相关的主要规范和标准，建立了完整的工程应用体系，并在重大工程中得到了广泛应用，经济效益和社会效益显著。  项目研究成果为复合地基技术应用提供了理论支撑和技术保障，推动了我国复合地基理论与技术的发展，确立了复合地基与浅基础和桩基础一起成为土木工程中的三种主要地基基础型式，促进了复合地基技术在建筑工程、高速公路、高速铁路、市政道路、港航、机场等工程建设领域中的广泛应用。  提名该项目申报2018年度国家科学技术进步奖一等奖。 | |

项目简介：

我国大量和广泛分布软土、湿陷性黄土等软弱和不良地基。传统的地基处理方法难以满足高速公路、高速铁路、市政道路、重载码头堆场等工程对软弱与不良地基处理的高承载力与稳定性、高标准控制工后沉降、大面积快速高效与经济处理的要求。结合我国国情，项目组在14项国家自然科学基金项目资助下，经过近30年科技攻关，系统地开展了复合地基理论、关键技术及其工程应用研究，取得如下主要创新成果：

**（1）创建了复合地基理论体系。**提出了复合地基的定义、形成条件和分类方法，系统建立了不同形式复合地基承载力计算、固结与沉降分析、稳定分析及抗震设计的理论和计算方法，形成了完整的复合地基理论体系，确立了复合地基在基础工程中的地位，并与浅基础、桩基础一起成为土木工程中三种主要地基基础型式。出版了复合地基领域的第一本专著(1992)。

**（2）揭示了基础刚度对复合地基性状的影响，建立了路堤荷载下复合地基设计理论和方法。**建立了考虑不同基础刚度的不同类型桩体复合地基沉降计算方法和路堤荷载下复合地基的稳定分析系统理论和方法，解决了高速铁路、高速公路复合地基工后沉降控制标准高、传统砂石桩复合地基稳定分析方法不适用于其它类型桩体复合地基并显著高估其稳定性等难题；提出了适用于软黄土的低强度桩-柔性筏基复合地基技术，解决了软黄土地段路基不均匀沉降的问题。

**（3）研发了系列新型复合地基技术，提高了复合地基工程应用能力。**研发了系列新型桩体复合地基、刚柔性桩组合型复合地基及强加筋垫层+筋箍碎石桩双向增强体复合地基等新技术，使复合地基增强体及复合地基承载力和稳定性大幅提高，满足了复合地基高承载力和高标准沉降控制的各种需求。

**（4）系统地建立了“基础理论”→“新技术研发”→“设计规范”→“工程应用”的复合地基工程应用体系。**主编了我国第一部复合地基地方标准和第一部国家标准，成果还支撑了我国地基基础领域主要标准中复合地基相关部分的编制。为复合地基技术应用提供了理论支撑和技术保障，克服了传统砂石桩复合地基低承载力、低稳定性、沉降量大及工后沉降控制困难的局限性，促进了我国复合地基技术的发展及其在建筑工程、高速公路、高速铁路、市政道路、机场、港航等领域的广泛应用。

主编我国复合地基相关主要规范、标准5部，参编1部；出版学术著作6部，发表论文360篇（SCI检索40篇、EI检索186篇），CNKI引用10500余次；授权发明专利17项、实用新型专利39项；获批国家及省部级工法4项。成果已成功应用于京津城际高速铁路、京沪高速铁路、京沈客运专线、通平高速公路、新台高速公路、兰海高速公路等重大工程中，产生了巨大的社会经济效益。

成果获中国岩石力学与工程学会科技进步特等奖、中国公路学会科技进步一等奖、湖南省科技进步一等奖各1项。

客观评价：

**1.鉴定结论**

由王思敬院士、何满潮院士、肖绪文院士等组成的鉴定委员会专家认为，课题组开展大量的理论分析、现场实测、试验研究和数值仿真，对复合地基理论和工程应用进行了长期研究，编制了我国与复合地基相关的主要规范、标准，形成了完整的复合地基技术工程应用体系，广泛地推动了我国复合地基理论与技术的发展与工程应用，并已在京津城际高速铁路、京沪高速铁路、广东省新台高速公路等多个工程中得到了应用。

鉴定委员会一致认为项目研究成果丰富，系统性和创新性突出，经济效益和社会效益显著。项目研究成果达到国际领先水平。

**2.检索评价**

发表论文360篇，其中SCI收录40篇、EI收录186篇，CNKI他引8095次；出版著作6部，引用2492次。在复合地基领域引用频次最高的论文中排名第1~4的4篇论文均为项目组发表，引用频次最高著作中排名第1和第3均为项目组出版。

**3.科技获奖**

项目成果获中国岩石力学与工程学会科技进步特等奖、湖南省科技进步一等奖、中国公路学会科技进步一等奖各1项。

**4.行业认可**

主编完成国家标准《复合地基技术规范》（GB/T50783-2012），行业标准《刚-柔性桩复合地基技术规程》（JGJ/T210-2010）和《劲性复合桩技术规程》（JGJ/T 327-2014），浙江省工程建设标准《复合地基技术规程》（DB33/1051-2008），江苏省工程建设标准《劲性复合桩技术规程》（DGJ32/TJ 151-2013），参编行业标准《建筑地基处理技术规范》（JGJ79-2012），为我国复合地基技术的应用提供了技术法规保障，并在许多重大工程中得到了推广应用。

**5.学术界认可**

（1）本项目负责人龚晓南教授因在复合地基领域方面的杰出贡献，当选为2007年度《岩土工程学报》黄文熙讲座人，并发表了《广义复合地基理论及工程应用》的报告。

（2）固结方面的资深专家，澳大利亚科学与工程院院士Buddhima Indraratna教授分别在《Computers and Geotechnics》（2015）和《Candian Geotechnical Journal》（2017）高度评价了本项目的研究成果，并采用本项目的分析结果来验证其计算程序的精确性和可靠性。

（3）美国土木工程师学会岩土分会主席Jie Han教授在专著《Principles and Practice of Ground Improvement》指出：关于复合地基的破坏，郑等人（2010）发现软土中当刚性桩体发生弯曲破坏后，破坏面以上的桩体可能发生旋转，但仍可继续起到阻滑作用；在相对较好的土层中，上部桩体还可发生二次弯曲破坏。

（4）行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ9-2012在第3.08条的条文说明中指出：本次修订规范组对处理地基的稳定性分析方法进行了专题研究，天津大学在《软土地基整体稳定计算方法》专题报告中提出了可采用考虑桩体弯曲破坏的等效抗剪强度计算方法、扣除桩分担荷载的等效荷载法、等效砂桩法进行软土地基上复合地基整体稳定方法的建议。

推广应用情况：

本项目的研究成果已在京津城际高速铁路、京沪高速铁路、湖南省通平高速公路、广东省兴宁至汕尾高速公路、高恩高速公路、惠清高速公路、新台高速公路、兰海高速公路、浙江台州湾大桥接线工程、北京至沈阳客运专线、商合杭高速铁路、江苏盐城莱茵城工程、盐城权健肿瘤医院等项目中得到了直接的成功的应用。

表1 主要应用情况表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 应用情况 |
| 湖南省通平高速公路建设开发有限公司 | 组合型复合地基 | 2009~ 2012 | 罗卫华  13908471121 | 应用于湖南省通平高速公路 |
| 中冶建筑研究总院有限公司 | CFG桩复合地基 | 2010，2016~2017 | 党昱敬  13801058512 | 应用于北京首开华润城、通州运河核心区等项目 |
| 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 | 搅拌桩复合地基 | 2011~ 2013 | 张留俊  13991869261 | 应用于兰海高速公路武都至罐子沟段 |
| 中国铁路设计集团有限公司 | CFG桩复合地基 | 2014~ 2016 | 乔平  13920315666 | 应用于商合杭高铁、沈白和敦白高铁、牡佳高铁 |
| 中交第四工程局有限公司 | 搅拌桩复合地基 | 2014~ 2016 | 林新元  13811955563 | 应用于台州湾大桥接线工程 |
| 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 | 刚性桩复合地基 | 2014~ 2016 | 张留俊  13991869261 | 应用于广东省道S111中山段改建工程 |
| 江苏安泰德置业有限公司 | 组合桩复合地基 | 2015~2016 | 陈振飞  13813710005 | 应用于盐城凰家御庭小区 |
| 中国铁建港航局集团有限公司 | 复合地基 | 2015~2017 | 魏贤华  13825650881 | 应用于江门、江苏、惠州、重庆等地工程项目 |
| 江苏劲桩基础工程有限公司 | 组合桩复合地基 | 2015~ 2017 | 冯新林  13485175333 | 应用于南通、盐城、淮安、唐山、无锡、日照等地工程项目 |
| 盐城权健肿瘤医院 | 组合桩复合地基 | 2016 | 盛敬明  13770248505 | 应用于盐城权健肿瘤医院 |
| 广东高恩高速公路有限公司 | 搅拌桩复合地基 | 2016~2017 | 王向上  13602804525 | 应用于高恩高速公路 |
| 江苏博汇纸业有限公司 | 组合桩复合地基 | 2017 | 何以军  1537116 8171 | 应用于江苏博汇纸业有限公司二期工程 |
| 广东省高速公路有限公司台山分公司 | 管桩复合地基 | 2016 | 梁铎强  13809817686 | 应用于广东省新台高速公路 |
| 广东宁华高速公路有限公司 | 刚性桩复合地基 | 2015~ 2016 | 蒲春平  13580618863 | 应用于兴宁至汕尾高速公路 |
| 广东惠清高速公路有限公司 | 刚性桩复合地基 | 2016~ 2017 | 赵明  13535035556 | 应用于惠清高速公路 |

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 |
| 发明专利 | 一种高置换率散体材料桩复合地基固结度计算方法 | 中国 | ZL201510381515.5 | 2017.1.18 | 2351801 | 中国矿业大学 | 卢萌盟,王坤,靖洪文,李传勋,郭彪,邓岳保 |
| 发明专利 | 钢筋混凝土桩-素混凝土桩分区组合式复合地基 | 中国 | ZL201610064759.5 | 2017.6.6 | 2506849 | 天津大学 | 郑刚,杨新煜,刁钰,孙佳羽 |
| 发明专利 | 复合桩的施工方法 | 中国 | ZL01108106.6 | 2004.9.22 | 173109 | 邓亚光 | 邓亚光 |
| 发明专利 | 预置劲芯夯实水泥土桩及其施工方法 | 中国 | ZL200410093879.5 | 2007.6.20 | 330701 | 天津大学 | 郑刚,刘冬林,顾晓鲁,刘畅 |
| 发明专利 | 软土固化剂 | 中国 | ZL200820019417.7 | 2010.6.16 | 639626 | 邓亚光 | 邓亚光 |
| 发明专利 | 双阀布袋袖阀管注浆方法 | 中国 | ZL200910039944.9 | 2012.2.22 | 911751 | 广东省航盛建设集团有限公司 | 刘吉福,彭志军,黄腾,陈延猛 |
| 发明专利 | 磁环定位观测路基横剖沉降的方法 | 中国 | ZL201010608255.8 | 2012.7.11 | 999238 | 广东航盛工程有限公司 | [谭祥韶](http://www.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR:(谭祥韶)),[刘吉福](http://www.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR:(刘吉福)),[黄腾](http://www.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR:(黄腾)) |
| 发明专利 | 离心模型试验装置的土体固结沉降仪 | 中国 | ZL201010614459.2 | 2012.10.3 | 1055878 | 长安大学 | [谢永利](http://www.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR:(谢永利)),[张莎莎](http://www.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR:(张莎莎)),[刘保健](http://www.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR:(刘保健)),[张宏光](http://www.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR:(张宏光)) |
| 发明专利 | 一种形成环形孔的现浇筒桩旋挖钻机以及成桩方法 | 中国 | ZL201110057716.1 | 2014.4.16 | 1385259 | 李征 | 李征,龚晓南,周建 |
| 发明专利 | 一种不同深度扰动结合排水固结的软土地基处理方法 | 中国 | ZL201510301241.4 | 2016．8.17 | 2188571 | 浙江开天工程技术有限公司 | 吴慧明、陈洪、林小飞 |

|  |
| --- |
| 主要完成人情况：  1．龚晓南  排名：1  行政职务：浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心主任  技术职称：教授/工程院院士  工作单位：浙江大学  完成单位：浙江大学  对本项目贡献：项目总负责人，全面负责研究工作，提出总体技术思路、课题研究方向及技术方法，对科技创新1，2和4做出创造性贡献：系统建立了复合地基理论体系；揭示了基础刚度对复合地基性状的影响，提出了考虑基础刚度的各类黏结材料桩复合地基沉降和稳定分析方法；建立了复合地基工程应用体系。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。旁证材料：著作5部（附件34~38），规范3部（附件40,41,43），论文98篇（附件30~32），发明专利1项（附件47），负责国家自然科学基金项目4项。  2．郑刚  排名：2  行政职务：天津大学研究生院副院长（常务）  技术职称：教授  工作单位：天津大学  完成单位：天津大学  对本项目贡献：对科技创新2和3做出创新性贡献：建立路堤荷载下复合地基设计理论和方法，揭示了复合地基桩体的渐进弯曲破坏机理。提出了反映复合地基真实破坏机理和过程的稳定分析方法并纳入我国主要相关规范，填补了相关领域空白。提出了路堤下复合地基关键桩的概念和分区非等强设计理论和稳定性控制方法。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。旁证材料：发明专利2项（附件46~47），规范2部（附件40~41）,论文83篇（附件30~32）。负责国家自然科学基金项目4项。  3．谢永利  排名：3  行政职务：长安大学公路学院院长  技术职称：教授  工作单位：长安大学  完成单位：长安大学  对本项目贡献：对科技创新2和4做出创造性贡献：揭示了软黄土地基中水泥粉喷桩复合地基的强度特性及承载力变化规律，给出了基于软黄土地基的多桩复合地基承载力确定方法；提出了低强度桩-柔性筏基复合地基加固体系，有效解决了软黄土地段路基不均匀沉降的问题；全面负责大比尺路基沉降模拟平台的研发工作；推动复合地基技术的工程应用研究和推广。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。旁证材料：发明专利2项（附件46~47），规范1部（附件40）,论文27篇（附件30~32）。  4．俞建霖  排名：4  行政职务：无  技术职称：副教授  工作单位：浙江大学  完成单位：浙江大学  对本项目贡献：对科技创新2和4做出创造性贡献：揭示了路堤、垫层、复合地基和下卧层土体之间的荷载传递机理，建立了不同刚度基础下黏结材料桩复合地基的沉降分析方法；揭示了路堤下复合地基不同位置桩体破坏模式的差异性，并提出了改进的稳定分析方法；推动复合地基技术的工程应用研究和推广。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的70%。旁证材料：论文18篇（附件30~32），负责国家自然科学基金项目2项。  5．陈昌富  排名：5  行政职务：无  技术职称：教授  工作单位：湖南大学  完成单位：湖南大学  对本项目贡献：对科技创新3和4做出创造性贡献：参与水平加筋+竖向增强体双向增强型复合地基、刚-柔性桩组合型复合地基、筋箍碎石桩复合地基等新技术的研发，设计并完成了相关实验，提出了相应的设计计算方法，并进行了相关技术的工程应用研究与推广。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。旁证材料：发表相关论文20篇（附件30~32），获发明专利1项（附件46），参编国家标准1部（附件40）。负责国家自然科学基金项目1项。  6．宋二祥  排名：6  行政职务：无  技术职称：教授  工作单位：清华大学  完成单位：清华大学  对本项目贡献：对科技创新1和4做出创造性贡献：开展刚性桩复合地基的静、动力特性及设计分析方法研究，揭示黏结材料桩复合地基承载变形特性及抗震性能并提出相应设计分析方法；进行了相关技术的工程应用研究与推广。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。旁证材料：发表相关论文24篇（附件30~32），负责国家自然科学基金项目1项。  7．刘吉福  排名：7  行政职务：中国铁建港航局集团有限公司副总工  技术职称：教授级高工  工作单位：中国铁建港航局集团有限公司  完成单位：中国铁建港航局集团有限公司  对本项目贡献：对科技创新2和4做出创造性贡献：参与路堤下刚性桩复合地基稳定性和沉降计算方法研究，参与复合地基新技术研发与推广应用。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的50%。旁证材料：获得3项发明专利（附件46），5项实用专利（附件47），2个省部级工法（附件49），发表相关篇论文22篇（附件30~32），参编国家标准1部（附件40）。  8．崔维孝  排名：8  行政职务：中国铁路设计集团有限公司地路院副总工  技术职称：教授级高工  工作单位：中国铁路设计集团有限公司  完成单位：中国铁路设计集团有限公司  对本项目贡献：对科技创新3和4做出创造性贡献：参与高速铁路路基处理常采用的桩-板组合型复合地基机理研究，参与不同增强体组合型复合地基技术研究与推广应用，采用复合地基理论进行我国第一条无砟轨道高速铁路路基沉降控制设计，揭示了深厚压缩层地基无砟轨道高速铁路沉降特性，提出了设计方法，并在京沪高速铁路等多条无砟轨道高速铁路设计中成功应用。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的50%。旁证材料：发表相关论文2篇（附件30~32）。  9．卢萌盟  排名：9  行政职务：无  技术职称：教授  工作单位：中国矿业大学  完成单位：中国矿业大学  对本项目贡献：对科技创新1做出创造性贡献：发展了高置换率散体材料桩复合地基和黏结材料桩复合地基固结理论，提出了复合地基的群桩固结分析方法，建立了多桩型复合地基固结理论，揭示了复合地基沉降随时间的发展规律。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的70%。旁证材料：发表相关论文24篇（附件30~32），授权发明专利1项（附件1），出版学术专著1部（附件39）。负责国家自然科学基金项目1项。  10．邓亚光  排名：10  行政职务：无  技术职称：高级工程师  工作单位：江苏劲桩基础工程有限公司  完成单位：江苏劲桩基础工程有限公司  对本项目贡献：对科技创新3做出创造性贡献：研发了在同一增强体中采用不同材料组合形成组合型增强体及其成套施工技术，推动了劲性组合桩复合地基技术等研究成果在实践工程中的应用。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作量的80%。旁证材料：主编规范2部（附件32），发明专利2项（附件3和附件46），实用新型专利25项（附件46~47），国家级工法和省级工法各1项（附件48）。  11．刁钰  排名：11  行政职务：无  技术职称：副教授  工作单位：天津大学  完成单位：天津大学  对本项目贡献：对科技创新2和3做出创造性贡献：参与揭示复合地基桩体的渐进弯曲破坏机理的工作。参与路堤下复合地基关键桩的概念和复合地基分区非等强设计理论和稳定性控制方法的工作。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。旁证材料：发明专利1项（附件46），论文6篇（附件31~32）。  12．张玲  排名：12  行政职务：无  技术职称：副教授  工作单位：湖南大学  完成单位：湖南大学  对本项目贡献：对科技创新2和3做出创造性贡献：负责强加筋垫层+筋箍碎石桩复合地基技术研发（创新点3），提出了相应的设计计算方法和施工方法；建立了考虑不同基础刚度的刚性桩及碎石桩复合地基沉降计算方法（创新点2）。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的40%。旁证材料：发表相关论文54篇（附件30~32），获发明专利2项（附件46~47）。负责国家自然科学基金项目1项。  13．张宏光  排名：13  行政职务：无  技术职称：副教授  工作单位：长安大学  完成单位：长安大学  对本项目贡献：对科技创新2和4做出创造性贡献：参与大比尺路基沉降模拟平台的研发，负责大比尺路基沉降模拟平台的设计；负责应用复合地基技术处治路桥过渡段室内模型试验及数值模拟计算部分；推动复合地基技术的工程应用研究和推广。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的40%。旁证材料：发明专利2项（附件46）。  14．徐日庆  排名：14  行政职务：浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心副主任  技术职称：教授  工作单位：浙江大学  完成单位：浙江大学  对本项目贡献：对科技创新3和4做出创造性贡献：提出了刚性桩、柔性桩和桩间土体变形协调共同承担荷载的复合地基，提出了荷载分担比、复合地基复合模量的解析解，并建立完整设计方法，实现了根据地基土的竖向附加应力由上而下减小的特征对竖向增向体复合地基的竖向桩土刚度与强度沿深度的优化设计；推动复合地基技术的工程应用研究和推广。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的60%。旁证材料：发表相关论文12篇（附件30~32），规范1部（附件40）。  15．吴慧明  排名：15  行政职务：浙江开天工程技术有限公司总经理  技术职称：教授级高工  工作单位：浙江开天工程技术有限公司  完成单位：浙江开天工程技术有限公司  对本项目贡献：对科技创新2和4做出创造性贡献：揭示了在荷载作用下刚性基础和柔性基础下不同类型桩体复合地基的桩土应力比、承载力和沉降量等工作性状以及破坏模式的差异，证明了将刚性基础下复合地基承载力和沉降计算方法应用于柔性基础下黏结材料桩复合地基是不合理的，也是不安全的；推动复合地基技术的工程应用研究和推广。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的50%。旁证材料：发表相关论文1篇（附件31），专利1项（附件46）。 |

|  |
| --- |
| 主要完成单位及创新推广贡献：  1. 浙江大学  负责项目的总体规划，提出总体研究目标、技术方案和实施方案。对本项目科技创新和推广应用情况的具体贡献如下：（1）创建复合地基理论体系研究（科技创新1）。提出了复合地基的定义、分类方法和形成条件，揭示了各种类型黏结材料桩复合地基工作和破坏机理，发展和完善了各类型黏结材料桩复合地基的承载力和沉降计算理论；（2）揭示了不同基础刚度条件下基础-垫层-复合地基-下卧层土体相互作用机理，建立了考虑不同基础刚度的各类黏结材料桩复合地基沉降计算方法，提出了复合地基按沉降控制设计的理念和优化设计方法（科技创新2）；（3）参与研发了系列新型复合地基技术，提高了复合地基工程应用能力（科技创新3）。发展了刚柔性桩组合型复合地基，实现了根据地基土的竖向附加应力由上而下减小的特征对竖向增向体复合地基的竖向桩土刚度与强度沿深度的优化设计；（4）建立了系统的复合地基工程应用体系（科技创新4）。  2.天津大学  对科技创新2和3开展研究。建立了路堤荷载下复合地基设计理论和方法，率先开展了刚性桩复合地基的稳定破坏机理研究，揭示了复合地基趋于破坏时不同位置桩体的渐进弯曲破坏机理，提出了反映复合地基真实破坏机理和过程的稳定分析方法并纳入我国主要相关规范，填补了相关领域空白，解决了黏结材料桩体复合地基稳定分析与控制难题。提出了复合地基稳定关键桩划分及分区不等强设计方法，基于复合地基中桩体渐进破坏控制的理念，提出了路堤下复合地基关键桩的概念和提高关键桩抗弯强度和延性的分区不等强设计的稳定性控制方法，有效、经济地提高路堤整体稳定性，在思想和方法上取得创新突破。  3.长安大学  针对我国西部地区黄土地区的特点，结合具体工程的不同要求，系统开展了软黄土地区复合地基加固技术、桥梁扩大基础下的湿陷性黄土处治技术研究，并取得如下主要创新成果：（1）提出了柔性基础复合地基的分析方法，将水泥粉喷桩加固技术应用于高速公路软黄土地基加固中。该成果在后续的甘肃尹中高速公路和兰海高速公路的软黄土地基处理中得到推广应用。（2）揭示了软黄土地基中水泥粉喷桩复合地基的强度特性及承载力变化规律，给出了多桩复合地基的承载力确定方法。进行了大规模足尺单桩复合、双桩复合以及多桩（最多达到6桩）复合地基静载试验，研究了不同工况下桩间土的承载特性、桩土应力比特征以及复合地基变形模量变化规律。（3）提出了低强度桩-柔性筏基复合地基加固体系，有效解决了软黄土地段路基不均匀沉降的问题。改变了以往凡是软基均采用“强加固”处治观念，引入了“低强度桩-柔性筏基”设计理念，有效解决了软黄土地段路基不均匀沉降问题。该处理方法后续在兰海高速和尹中高速公路建设中被进一步推广使用。（4）将灰土挤密桩应用于桥梁刚性基础下的湿陷性黄土地基的处治。揭示了桥梁刚性基础下的湿陷性黄土灰土桩复合地基的承载机理和作用性状，系统地分析了竖向增强体复合地基处治桥梁扩大基础下湿陷性黄土地基的可行性及适用性，建立了湿陷性黄土地区桥梁复合地基承载力的确定方法。  4.湖南大学  参与本项目部分成果的研发和应用推广，参与编写项目研究报告。对本项目科技创新和推广应用情况的主要贡献如下：（1）研发了筋箍碎石桩复合地基新技术，并提出了相应的设计计算方法和施工方法；（2）针对不均匀复杂软弱土地基，研发了强水平加筋垫层与桩体组合的双向增强体复合地基技术，大大提高了地基的稳定性，并可较好地控制差异沉降；（3）提出了刚-柔性桩组合型复合地基智能优化设计方法；（4）推动了本项目成果在湖南省衡桂高速公路、通平高速公路中的应用。  5.清华大学  自1998年以来开展刚性桩复合地基静、动力特性及设计分析方法研究，作为申请单位先后申请并完成北京市自然科学基金项目2项、国家自然科学基金1项，并就有关研究积极开展与国内同行的合作，在揭示黏结材料桩复合地基承载变形特性及抗震性能并提出或发展相应设计分析方法方面做出重要贡献。  6.中国矿业大学  参与本项目部分成果的研发。对本项目科技创新和推广应用情况的具体贡献如下：（1）通过修正以往理论中存在的假设条件相互矛盾的缺陷，建立了两种新的固结解析模型，对高置换率散体材料桩复合地基的固结性状进行研究；（2）建立了不透水黏结材料桩复合地基轴对称固结解析模型，给出了荷载单级施加且附加应力沿深度线性变化时的解析解答，对不透水黏结材料桩的固结性状进行了研究；（3）提出了一种新的复合地基群桩固结解析模型，基于新模型给出了多桩型复合地基在瞬时荷载、线性荷载、多级瞬时荷载和多级线性加载下的固结解析解答，对多桩型复合地基的固结性状进行了研究。  7.中国铁路设计集团有限公司（原铁道第三勘察设计院集团有限公司）  采用复合地基理论进行我国第一条无砟轨道高速铁路路基沉降控制设计，并开展深厚松软地基条件下高速铁路路基沉降控制方法研究，揭示了高速铁路复合地基沉降特性，提出了设计方法及建议，并在京沪高速铁路、哈大高速铁路等无砟轨道高速铁路设计中推广应用及开展深化研究，解决了深厚软弱地基地区无砟轨道高速铁路路基工后沉降不大于15mm的技术难题。  8. 中国铁建港航局集团有限公司  参与柔性基础下黏结材料桩复合地基稳定分析方法、沉降计算方法和组合型复合地基技术研究，提出刚性桩复合地基路基稳定分析实用方法——修正密度法，提出路堤下刚性桩复合地基沉降计算实用方法——附加应力法，研发了模袋桩等多项复合地基新技术并推广应用，在多个工程项目中对科研成果进行推广应用。参与国家标准《复合地基技术规范》（GB/T 50783-2012）的编写工作，主编《广东省公路软土地基设计与施工技术规定》（GDJTG/T E01-2011），获得4项相关发明专利、9项相关实用专利，13个省部级工法，获得1项优秀发明专利奖。  9. 江苏劲桩基础工程有限公司  参与研发了多种新型复合地基技术，提高了复合地基工程应用能力（科技创新3），研发了在同一增强体中采用不同材料组合形成组合型增强体及其成套施工技术，实现造价增加较小的条件下大幅度提高单桩的竖向承载力和抗弯承载力。散体材料桩+劲性芯桩组合桩还可加快土体固结，减小复合地基工后沉降。推动了劲性组合桩复合地基技术等研究成果在实践工程中的应用，近三年主要业务为劲性组合桩及复合地基，销售收入（即新增销售额）86900万元，利润（即新增利润）6300万元。公司与相关企业共同研发专利专用施工设备、材料、技术，近三年研发总费用超过5000万元。  10. 浙江开天工程技术有限公司  参与路堤荷载下复合地基设计理论和方法研究，揭示了在荷载作用下刚性基础和柔性基础下不同类型桩体复合地基的桩土应力比、承载力和沉降量等工作性状以及破坏模式的差异，证明了将刚性基础下复合地基承载力和沉降计算方法应用于柔性基础下黏结材料桩复合地基是不合理的，也是不安全的。同时推动复合地基技术的工程应用研究和推广。 |

|  |
| --- |
| 完成人合作关系说明：  本项目在国家自然科学基金资助下，联合高校、设计和施工等多家单位组成了“产、学、研”相结合的研发团队，共同承担科研项目、编制规范、培养人才、发表论文及推进本项目成果的工程应用。  浙江大学龚晓南与湖南大学陈昌富共同承担“广义复合地基技术及其在公路软土地基处治中的应用”科研项目，并通过教育部鉴定。浙江大学组织天津大学、长安大学、湖南大学、中国铁建港航局集团有限公司等单位共同编制了中华人民共和国国家标准《复合地基技术规范》（GB/T50783），组织天津大学等单位共同编制了中华人民共和国行业标准《刚-柔性桩复合地基技术规程》（JGJ/ T210）。  湖南大学陈昌富于2002~2005年在浙江大学师从本项目负责人龚晓南教授从事复合地基方面的博士后研究工作，出站后仍保持与浙江大学的长期合作关系，共同发表论文。中国矿业大学卢萌盟于2006~2009年在浙江大学攻读博士学位，主要从事复合地基固结方面研究，2009年后在中国矿业大学工作仍与浙江大学保持合作关系，合作发表论文。中国铁建港航局集团有限公司刘吉福先后在浙江大学攻读硕士学位，在天津大学从事博士后研究工作，主要从事复合地基方面的研究工作，共同发表论文。浙江开天工程技术有限公司吴慧明于1997~2000年在浙江大学攻读博士学位，主要从事基础刚度对复合地基性状研究工作，共同发表论文。  浙江大学与天津大学、长安大学、湖南大学、清华大学、中国矿业大学、中国铁路设计集团有限公司、中国铁建港航局集团有限公司和江苏劲桩基础工程有限公司合作共同获得2017年中国岩石力学与工程学会科技进步特等奖《复合地基理论、关键技术及工程应用》。  各完成单位共同推进和完成了研究成果在京津城际高速铁路、京沪高速铁路、哈齐高速铁路、广东省新台高速公路、高恩高速公路、湖南衡桂高速公路、通平高速公路、兰海高速公路、浙江台州湾大桥连接线工程、广佛江快速通道工程等重大工程中的应用。 |

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 | 备注 |
| 1 | 共同获奖 | 龚晓南、郑刚、谢永利、俞建霖、陈昌富、宋二祥、刘吉福、崔维孝、卢萌盟、邓亚光、张玲、张宏光、徐日庆、周海祚、吴慧明 | 2017 | 中国岩石力学与工程学会科技进步特等奖 | 附件25 |  |
| 2 | 主编、参编国家规范 | 龚晓南，郑刚，谢永利，陈昌富，刘吉福 | 2012 | 《复合地基技术规范》 | 附件40 |  |
| 3 | 主编、参编行业规范 | 龚晓南，郑刚，徐日庆 | 2010 | 《刚-柔性桩复合地基技术规程》 | 附件41 |  |
| 4 | 岩土工程学报发表论文 | 俞建霖,李俊圆,王传伟,张甲林,龚晓南,陈昌富,宋二祥 | 2017 | 考虑桩体破坏模式差异的路堤下刚性桩复合地基稳定分析方法研究 | 附件32 |  |
| 5 | 岩土工程学报发表论文 | 刘吉福,郑刚,龚晓南,谢永利,陈昌富 | 2017 | 柔性荷载刚性桩复合地基修正密度法稳定分析改进 | 附件32 |  |
| 6 | 土木工程学报发表论文 | 郑刚，龚晓南，谢永利 | 2012 | 地基处理技术发展综述 | 附件31 |  |
| 7 | 岩土工程学报发表论文 | 陈昌富，龚晓南 | 2008 | 带褥垫层桩体复合地基沉降计算改进弹塑性分析法 | 附件31 |  |
| 8 | 岩土力学发表论文 | 龚晓南, 刘吉福 | 2009 | 桩-网复合地基承载性状现场试验研究 | 附件31 |  |
| 9 | 浙江大学学报发表论文 | 刘吉福，龚晓南 | 1998 | 高填路堤复合地基稳定性分析 | 附件30 |  |
| 10 | 岩土工程学报发表论文 | 刘吉福，郑刚 | 2013 | 稳定路基中刚性桩抗弯能力验算简易方法 | 附件31 |  |
| 11 | 土木工程学报发表论文 | 吴慧明，龚晓南 | 2001 | 刚性基础和柔性基础下复合地基模型试验对比研究 | 附件31 |  |
| 12 | 共同推进研究成果在工程应用 | 龚晓南，郑刚，谢永利，俞建霖，陈昌富，宋二祥，卢萌盟，崔维孝，刘吉福，邓亚光 | 2009~2017 | 高速公路、高速铁路、市政道路、建筑工程等领域应用 | 附件4~18 |  |