附件：

**《山区重大工程高填方直立式边坡支护关键技术与应用》**

**项目公示材料**

**项目名称：**山区重大工程高填方直立式边坡支护关键技术与应用

**主要完成人：**刘天林 刘小平 朱才辉 李 宁 徐拴海 曹晓毅

王玉涛 何 坤 张宝元 祁 宁 毛 君 刘吉胜

刘新星 刘浩琦

**主要完成单位：**中煤科工集团西安研究院有限公司

西安理工大学

**提名单位：**陕西省科技厅

**提名奖等：**二等奖及以上

**项目简介：**

中国山区（包括丘陵和高原）面积663.6万km2，占全国国土总面积的69.1％，集中分布在东北、西北、西南和东南等地区。“十二五”期间，国家持续实施区域发展总体战略，深入推进西部大开发，全面振兴[东北地区](http://baike.baidu.com/view/417546.htm)老工业基地，大力促进[中部地区](http://baike.baidu.com/view/1150961.htm)崛起，积极支持[东部地区](http://baike.baidu.com/view/1261827.htm)率先发展。**我国资源禀赋条件及能源结构特点，使得众多煤电、煤化工、煤矿、机场等重大工程“落户”山区**。**大量重大工程选址在地形落差很大斜坡地带，受生产工艺约束，需要在狭小的工程场地上建造密集的高耸建（构）筑物及工业装置，工程总资产规模大。工程建设及运营期间对场地差异沉降与变形要求高，工程建建设中“深挖高填”引起的边坡稳定性问题非常突出，高填方直立式边坡工程建造是影响整个工程安全、工期、投资的关键控制工程。**《**山区重大工程高填方直立式边坡支护关键技术与应用**》，以“**贵州黔桂天能煤焦化扩建项目**”、“**中国国电永寿碾子沟煤矿项目**”及“**山西吕梁机场项目**”为依托，紧密围绕山区典型的“**土石混合物料**”及“**黄土**”填料建造高填方边坡工程中的关键技术问题，研究了高填方边坡工程**典型填料（土石混合填料、黄土）物理力学特性**，开展了高填方边坡工程**支护方案多目标优化**，设计了高填方边坡直立式**支护结构**、**低成本胶凝材料**及**高效施工工艺**，开发了高填方边坡工程无线远程自动化**监测系统**（位移-压力-温度）并对工程**安全性**及**可靠性**进行了长期监测。该项目为山区重大工程建设提供了地质安全保障，丰富了我国边坡工程支护技术体系。

**主要创新性成果：**

1. 针对**空间、工期及周边施工环境受限**的高填方工程，**开展支护结构多目标优化设计**，**提出了**“衡重式挡土墙”、“桩板挡土墙”（近）**直立式支护结构方案**。

2. 通过相似级配模拟及大型三轴剪切等试验，**建立了**山区高填方区**典型填料**（土石混合填料、黄土）**本构关系**，**揭示**了**土压力**空间分布**规律**，为支护结构荷载设计提供了理论依据。

3 实验**揭示**了高填方“**黄土填料非饱和土孔隙压密及排气**”、“**土石混合填料颗粒破碎及压密**”两种**固结模式**，采用**FEM数值计算**与**分层迭代反演**相结合的方法对高填方工后沉降进行**反演预测**。

4. **研制**出支护结构大掺量粉煤灰砌筑体**胶凝材料**，**设计**了分层-分仓-多个工作面平行作业的**浇筑工艺**，开发的边坡监测系统对支护结构“**位移、压力、温度**”进行了**长期安全在线监测**，解决了**大体积混凝土温度应力**控制技术难题。

**客观评价：**

1. 2013~2017年，建设单位（[陕西榆林能源集团](http://www.baidu.com/link?url=YNpa-VBSzD_UZ6x59qv0Wj1GtJLndGuzy-NZdDn1rsXCfgOSCU3CqXcg061zfgym)、[陕西能源集团有限公司](http://www.baidu.com/link?url=WpC8ae7iq_oVk1fOidRL2YvzaEo9MrIfrvjvZUKsxWNkDjmHrbKUD1Fl1o-4iGmreBTn3h74MiS5c3dsHJLQia)、中国国电集团公司、贵州黔桂天能焦化有限公司等）先后组织全国专家对项目设计成果进行评审验收。专家组均认为研究成果为山区重大工程建设中的高填方工程稳定性控制问题提供了可行的解决方案，**同意工程设计通过评审**。

2. 2016年，中煤科工集团西安研究院有限公司组织专家对项目成果进行评审验收。专家组认为项目**研究成果经工程现场验证，支护效果良好，对提高边坡设计精度、降低工程投资具有重要的应用价值，同意通过验收。**

3. 2017年，中国煤炭工业协会组织全国知名专家组成鉴定委员会对该项目进行科技成果鉴定。**鉴定委员会认为，研究成果达到国际领先水平，同意通过鉴定。**

4. 2018年，课题组委托教育部科技查新工作站（G10）对项目成果进行查新，经过国内外文献对比，**本项目创新性成果除部分文献为查新项目委托方及其合作单位的相关研究外，其它文献未见述及与查新项目研究相同的报道。**

**应用情况：**

项目研究成果在**“陕西榆能横山煤电一体化项目”、“陕能麟游低热值煤发电项目”、“中国国电永寿碾子沟煤矿项目”、“贵州黔桂天能煤焦化扩建项目”、“山西吕梁机场项目”、“陇南成州机场项目”及“延安新区项目”中**得到推广应用。2013年~2018年，研究成果为上述重大工程（固定资产投资累计超过300亿元）建设及运营提供了安全保障，**累计为建设单位节省工程投资5亿元，缩短工程建设工期，新增产值6.3亿元。**

**主要知识产权：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 类型 | 名称 |
| 1 | 学位论文 | 1. 朱才辉. 深厚黄土地基上机场高填方沉降规律研究[博士学位论文][D].西安:西安理工大学,2011. 2. 马吉奇. 粗颗粒回填料的物理力学性质与本构模型研究[硕士学位论文][D]. 北京：煤炭科学研究总院西安研究院（中煤科工集团西安研究院有限公司）,2015. 3. 吕高. 黄土填方介电参数特性及地质雷达回波的正演与解译研究[博士学位论文][D].西安:西安理工大学,2016. |
| 2 | 期刊论文 | 1. 马吉奇,不同泥岩比例下粗粒土的颗粒破碎[J].山西建筑,2015,41(11):48~49 2. 朱才辉,李宁,刘明振等. 吕梁机场黄土高填方地基工后沉降时空规律分析[J]. 岩土工程学,2013,35(2):293~301. 3. 朱才辉,李宁.基于修正FDA方法的黄土高填方地基工后沉降分析[J]. 岩石力学与工程学报,2015，34(增1)：3408~3 416. 4. 葛苗苗,李宁,张炜,等. 黄土高填方沉降规律分析及工后沉降反演预测[J].2017,36(3):745~753. 5. 朱才辉,李宁,袁继国. 黄土冲沟中高填方土压力量测及分布规律探讨[J]. 岩土力学,2015,36(3):828~835. 6. 朱才辉,李宁. 基于土电阻率的黄土高填方地基细观变形机制[J]. 岩石力学与工程学报,2013，32(3):640~648. |
| 3 | 标准 | 1. 抗滑桩治理工程设计规范T／CAGHP 003-2018 2. 抗滑桩施工技术规程T∕CAGHP 004-2018 3. 坡面防护工程施工技术规程T/CAGHP 028-2018 4. 坡面防护工程设计规范T/CAGHP 027-2018 |
| 4 | 专利 | 无 |
| 5 | 专著 | 朱才辉,李宁. 深厚黄土地基高填方机场变形规律系统研究[M].2014. 西安: 陕西科学技术出版社 |

**完成人合作关系说明：**

项目组由中煤科工集团西安研究院有限公司及西安理工大学组成，中煤科工集团西安研究院有限公司为项目牵头单位，西安理工大学为主要参加单位。2011至2017年中煤科工集团西安研究院有限公司与西安理工大学（水利水电土木建筑研究设计院）签订了岩石及土工（高填方填料）实验研究的技术协作合同。本项目主要完成人14人，其中中煤科工集团西安研究院有限公司12人、西安理工大学2人。

中煤科工集团西安研究院有限公司刘天林作为项目负责人，提出项目总体技术思路，制定技术路线，负责项目成果报告汇总、推广应用及成果奖励申报，并与刘小平、徐拴海、曹晓毅等，独立完成了“主要科技创新”中第1条、第4条、第5条以及第2条中土石混合填料性质研究工作。

西安理工大学朱才辉与李宁，独立完成了“主要科技创新”中第2条中黄土填料性质研究及第3条研究工作，为第1条、第4条及第5条提供了科学依据。

**主要完成人和主要完成单位情况：**

主要完成人情况表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目排名 | 姓名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位  /完成单位 | 对项目的贡献 |
| 1 | 刘天林 | 首席专家 | 研究员 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 制定总体研究思路及技术路线；针对特殊的工程环境，提出了“衡重式挡土墙”、“桩板挡土墙”（近）直立式支护结构方案。**对“主要科技创新”中第1条做出创造性贡献。** |
| 2 | 刘小平 | 研究室主任 | 副研究员 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 全面负责项目实施；制定了土石混合填料实验研究方案，揭示了填料破碎及固结机理，建立了本构关系；提出了支护结构“位移-压力-温度”无线远程自动化监测思路，揭示了“衡重式挡土墙”土压力分布规律；**对“主要科技创新”中第2条及第5条做出创造性贡献。** |
| 3 | 朱才辉 | 副所长 | 副教授 | 西安理工大学 | 制定了黄土填料实验研究方案，揭示了非饱和土孔隙压密及排气机理及土压力空间分布规律，提出了高填方工后沉降反演思路；主持“山西吕梁机场填方工程”设计技术咨询工作；**对“主要科技创新”中第2条及第3条做出创造性贡献。** |
| 4 | 李 宁 | 学科带头人 | 教 授 | 西安理工大学 | 开展了黄土填料室内实验及现场监测研究，分析了土压力空间变化特征，采用FEM数值计算与分层迭代反演相结合的方法对高填方工后沉降进行反演预测；参加“山西吕梁机场填方工程”设计技术咨询工作。**对“主要科技创新”中第2条及第3条做出创造性贡献。** |
| 5 | 徐拴海 | 所 长 | 研究员 | 中煤科工集团西安研究有限公司 | 提出了衡重式挡土墙支护结构采用大掺量粉煤灰作为砌筑体胶凝材料的思路。**对“主要科技创新”中第4条做出创造性贡献。** |
| 6 | 曹晓毅 | 无 | 助理研究员 | 中煤科工集团西安研究有限公司 | 开发了支护结构“位移-压力-温度”无线远程自动化监测系统，分析了支护结构位移、压力、温度场变化特征。**对“主要科技创新”中第5条做出创造性贡献。** |
| 7 | 王玉涛 | 研究室副主任 | 副研究员 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 开展了土石混合填料实验研究方案，研究了不同物质构成填料、不同加载条件下填料的破碎率、抗剪强度变化规律；主持完成了“中国国电永寿碾子沟煤矿项目”高填方边坡的“桩板挡土墙”结构设计工作。**对“主要科技创新”中第1条及第2条做出创造性贡献。** |
| 8 | 何 坤 | 无 | 工程师 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 主持完成了“陕西榆能横山煤电一体化项目”及“陕能麟游低热值煤发电项目”高填方边坡的“桩板挡土墙”结构设计、“贵州黔桂天能煤焦化扩建项目”高填方边坡的“衡重式挡土墙”结构设计工作。**对“主要科技创新”中第1条及第4条做出创造性贡献。** |
| 9 | 张宝元 | 无 | 工程师 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 构建了支护结构“位移-压力-温度”无线远程自动化监测系统，对监测成果进行了系统分析，参加了“贵州黔桂天能煤焦化扩建项目” 高填方边坡的“衡重式挡土墙”结构设计工作。**对“主要科技创新”中第5条做出创造性贡献。** |
| 10 | 祁 宁 | 无 | 高级工程师 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 参加了“陕西榆能横山煤电一体化项目”及“陕能麟游低热值煤发电项目”高填方边坡的“桩板挡土墙”结构设计、“贵州黔桂天能煤焦化扩建项目” 高填方边坡的“衡重式挡土墙”结构设计工作。**对“主要科技创新”中第1条及第4条做出贡献。** |
| 11 | 毛 君 | 无 | 工程师 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 参加了“陕西榆能横山煤电一体化项目”及“陕能麟游低热值煤发电项目”高填方边坡的“桩板挡土墙”结构设计、“贵州黔桂天能煤焦化扩建项目” 高填方边坡的“衡重式挡土墙”结构设计工作。**对“主要科技创新”中第1条及第4条做出贡献。** |
| 12 | 刘吉胜 | 无 | 工程师 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 参加了“贵州黔桂天能煤焦化扩建项目” 高填方边坡的“衡重式挡土墙”结构设计工作。**对“主要科技创新”中第1条及第4条做出贡献。** |
| 13 | 刘新星 | 无 | 工程师 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 实施了土石混合填料实验研究。**对“主要科技创新”中第2条做出贡献。** |
| 11 | 刘浩琦 | 无 | 工程师 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | 对支护结构“位移-压力-温度”无线远程自动化监测数据进行了系统性分析。**对“主要科技创新”中第5条做出贡献。** |

主要完成单位情况表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目排名 | 完成单位 | 对项目的贡献 |
| 1 | 中煤科工集团西安研究院有限公司 | （1）项目总体研究思路及技术路线制定，全面负责项目具体实施；  （2）根据“中国国电永寿碾子沟煤矿项目”、“陕西榆能横山煤电一体化项目”、“陕能麟游低热值煤发电项目”及“贵州黔桂天能煤焦化扩建项目”高填方边坡工程特点，开展多目标（工程环境、工期、造价）优化设计工作，提出高填方直立边坡支护结构“衡重式挡土墙”及“桩板挡土墙”设计方案，开展了支护结构设计研究工作。  （3）采用相似级配模拟及大型三轴剪切等试验，研究了山区土石混合物作为高填方填料的物理力学性质，揭示了“土石混合填料颗粒破碎及压密”机理，构建了邓肯-张（修正）本构关系，揭示了土压力分布规律，为支护结构荷载设计提供了理论依据。  （4）基于降低工程造价、简化施工工艺考虑，研发了支护结构大掺量粉煤灰砌筑体胶凝材料，设计了分层-分仓-多个工作面平行作业的浇筑工艺；支护结构温度监测结果表明，该技术有效解决了大体积混凝土温度应力控制技术难题。  （5） 开发了支护结构“位移-压力-温度”无线远程自动化监测系统，对支护结构进行了长期安全在线监测。  （6） 项目成果在“中国国电永寿碾子沟煤矿项目”、“陕西榆能横山煤电一体化项目”、“陕能麟游低热值煤发电项目”及“贵州黔桂天能煤焦化扩建项目”中进行推广应用。 |
| 2 | 西安理工大学 | （1）采用室内试验与现场监测相结合的方法，研究了山区黄土作为高填方填料的物理力学性质，揭示了“黄土填料非饱和土孔隙压密及排气”的固结机理，研究了黄土填料条件下填方区土压力分布特征，为支护结构荷载设计提供了理论依据。  （2）采用FEM数值计算与分层迭代反演相结合的方法对高填方工后沉降进行反演预测，为高填方区地面工程建设抗变形设计提供了科学依据。  （3）项目成果在“中国国电永寿碾子沟煤矿项目”、“陕西榆能横山煤电一体化项目”、“陕能麟游低热值煤发电项目”、“山西吕梁机场项目”、“陇南成州机场项目”及“延安新区项目”中进行推广应用。 |