



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

电网工程施工技术发展 现状、挑战及展望

国网电力工程研究院有限公司

2025年12月





国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

目录

CONTENTS

- 一、电网工程施工技术发展现状
- 二、电网工程施工技术面临挑战
- 三、电网工程施工技术发展趋势

一、电网工程施工技术发展现状



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

全面推进输变电工程机械化、智能化、无人化施工，是践行新发展理念、落实高质量发展要求的具体行动，是推动电网建造方式升级、实现更高更优质量效率目标的关键举措，是夯基固本、提质增效，有效应对大规模建设任务的现实需要



一、电网工程施工技术发展现状



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

基建“六精四化”三年行动开展以来，国网工研院坚持**装备创新、标准引领、检测护航**，推动新型装备应用，施工技术与装备水平显著提升



一、电网工程施工技术发展现状



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

装备体系

标准体系

检测体系

应用成效

国网工研院牵头研发了一系列机械化施工装备，构建并持续完善“3+10+30+X”输变电工程机械化施工装备体系，包含了154种512个型号装备

(架空输电线路、变电站、电缆3个主专业，10个主工序，30个子工序，X个装备规格)



一、电网工程施工技术发展现状



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

装备体系

标准体系

检测体系

应用成效

(1) 架空线路工程施工装备

包括旋挖钻机、落地抱杆、牵引机、张力机、跨越架等47种208个型号

架空输电线路工程

临时道路修筑



临时道路铺路机

物料运输



轨道式运输车

基础施工



分体式挖孔桩钻机

组塔施工



双平臂落地抱杆

架线施工



间隔棒安装机器人



输电线路货运索道



履带式运输车



分体式微型桩钻机



螺栓紧固机器人



自动压接机

一、电网工程施工技术发展现状



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

装备体系

标准体系

检测体系

应用成效

(2) 变电站工程施工装备

包括预制构件安装作业车、气垫运输装备等
44种172个型号

变电站工程

变电土建



预制构件安装作业车

电气安装



HGIS设备安装运输就位装备

(3) 电缆 (GIL) 工程施工装备

包括成槽机、电缆敷设装备、海缆敷设船等
63种132个型号

电缆 (GIL) 工程

电缆土建



成槽机

电缆/GIL敷设



电缆敷设装备

海缆敷设



海缆敷设船

一、电网工程施工技术发展现状



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

装备体系

标准体系

检测体系

应用成效

国网工研院依托输变电工程施工机具分技术委员会（行业标委会），牵头构建了施工技术与装备标准体系，涵盖专用施工装备、工艺及验收、安全质量检验三方面，推动**234**项标准的制修订，促进了施工装备技术水平提升和推广应用



GB/T 31133 电力设备用液压式提升设备技术规范

DL/T 875 架空输电线路施工机具基本技术要求

DL/T 2541 架空输电线路货运索道

.....

Q/GDW 10154.4 架空输电线路张力架线施工工艺导则
第4部分：集控可视化牵张放线

T/CEC 824 临近带电体组塔及架线施工工艺导则

电力作业无人机运输物料工艺导则（在编）

.....

Q/GDW 11591 输电线路施工机具现场监督检验规范

一、电网工程施工技术发展现状



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

装备体系

标准体系

检测体系

应用成效

国网工研院依托输变电工程机械化与数字化施工实验室，构建了涵盖42种装备、99项测试能力的检测体系。2022年以来，完成**18项新型装备**试验验证、**1155项型式试验**，培训装备操作员935人，严把施工装备现场“安全准入”关



国家电网
STATE GRID

输变电工程机械化与数字化施工实验室
LABORATORY OF TRANSMISSION AND TRANSFORMATION ENGINEERING
MECHANIZATION AND DIGITAL CONSTRUCTION

输变电工程机械化与数字化施工实验室



导线过滑轮试验装置



货运索道降效试验

一、电网工程施工技术发展现状



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

装备体系

标准体系

检测体系

应用成效

三大体系的建设促进了输变电工程机械化施工水平逐年提升。截至2025年10月，架空线路、变电站、电缆工程机械化施工应用率分别达**87.45%**、**93.97%**和**94%**，有力支撑了电网工程**安全、优质、高效**建设

施工技术与装备
水平提升

机械化施工
应用率

安全

质量

效率

一、电网工程施工技术发展现状



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.



架空输电线路工程

机械化率
87.45%

12.55%

- 山区物料、装备运输难
- 山区线路基础机械化成孔难
- 高空作业安全风险高



变电站工程

机械化率
93.97%

6.03%

- 大型装备高精度安装难度大
- 安装工作自动化程度低



电缆（GIL）工程

机械化率
94%

6%

- 受限空间内GIL运输与安装难度大
- 隧道内电缆展放与敷设难度大



目录

CONTENTS

- 一、电网工程施工技术发展现状
- 二、电网工程施工技术面临挑战
- 三、电网工程施工技术发展趋势

二、电网工程施工技术面临挑战



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

为践行“双碳”战略目标，**沙戈荒地区风光能源基地**和**西南水风光综合能源基地**正在加快开发。预计2030年，西北沙戈荒风光基地规模达到4.55亿千瓦，西南水电送出规模新增1.2亿千瓦。特高压交直流线路将超过60回

跨区输电规模不断增加，途经**复杂地形地质环境**和**恶劣气象**区域比例日益提高，**人员、机械、材料、环境、工法**等方面均面临施工挑战



二、电网工程施工技术面临挑战



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID CO., LTD.

人员

机械

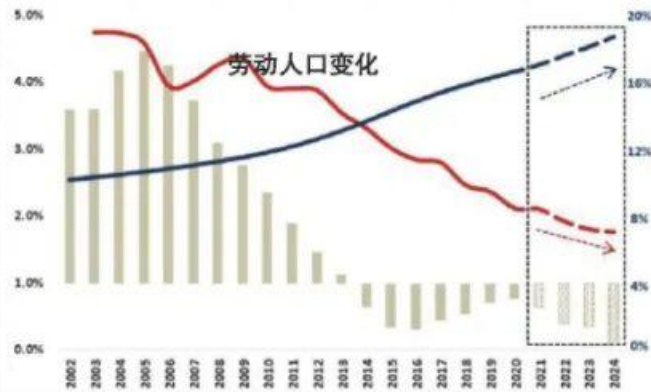
材料

环境

工法

电网建设规模持续高位运行，2025年公司35千伏及以上输变电工程现场施工参建人数达到13.2万余人。我国劳动年龄人口增量减缓、老年人口占比升高、劳动力供给增速下降的背景下，**现场用工荒问题日益凸显**

劳动年龄人口增量



老年人口占比

劳动力供给增速

二、电网工程施工技术面临挑战



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

人员

机械

材料

环境

工法

受复杂建设环境影响，在**高海拔、高山大岭、沿江城市群、生态敏感区**等复杂场景下**物料运输、高空作业、受限空间作业**等机械化施工技术水平不高



二、电网工程施工技术面临挑战



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

人员

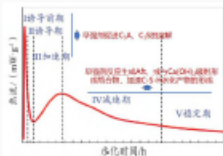
机械

材料

环境

工法

- 高海拔冻土等特殊地区面临**基础材料与结构侵蚀严重、不良作用抵御能力弱**，且易产生施工热扰动、影响微环境平衡
- 重覆冰、大跨距、强风振等极端输电场景频现，线路频繁穿越自然生态区，**镀锌铁塔存在严重光污染，传统导线电能损耗高且强度储备不足**，导致破坏失效风险骤增
- 换流站阀厅**围护墙体装配化程度低**，围护墙体需现场层层叠装，施工效率低
- 超导电缆敷设牵引力精度小于0.1kg，“牵-输-送”同步敷设调速精度需控制在0.1m/s，**超导电缆高质量敷设难度大**



低水化热水泥



导线覆冰过载



装配式建筑围护结构



超导电缆

二、电网工程施工技术面临挑战



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
CHINA GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD

人员

机械

材料

环境

工法

电网建设工作是对自然环境和社会环境深度介入的专业性活动。施工建设方式既受外部环境的限制，又同时影响到外部环境

- **自然保护区**等环境敏感区域分布密集，施工扰动极易突破环水保红线，**环保水保压力大**
- 高海拔、高空作业、受限空间等**恶劣环境下施工人员劳动强度大，安全风险高**



二、电网工程施工技术面临挑战



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

人员

机械

材料

环境

工法

工法作为输变电工程标准工艺的重要组成部分，统一标准化施工工艺，直接影响到电网工程建设安全

- 现有施工工法**体系性不强**
- 新装备、新材料和新环境配套施工工法**有待更新、创新**



填补全流程
作业技术
空白



降低施工
作业风险



提升施工装
备智能化和
标准化水平



适应特殊环
境作业需求



目录

CONTENTS

- 一、电网工程施工技术发展现状
- 二、电网工程施工技术面临挑战
- 三、电网工程施工技术发展趋势

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

未来电网工程施工技术围绕“**新技术、新材料、新工法**”创新，构建机械化施工**工控平台**，逐步实现“**机械化**”向“**智能化、无人化**”迭代升级



三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

新技术

新材料

新工法

1.低空物料运输技术

研制**重载无人机**、**系留气球**和**动力飞艇**等低空物料运输装备，形成覆盖500kg至10t级的系列化电力工程物料运输能力，实现物料运输环境零扰动



重载无人机



系留气球



动力飞艇

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

新技术

新材料

新工法

2.无人化组塔技术

研发**塔材自动化识别与拼装技术**、**塔材多角度吊装与精准就位技术**、**铁塔螺栓紧固机器人技术**，实现无人化组塔



三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

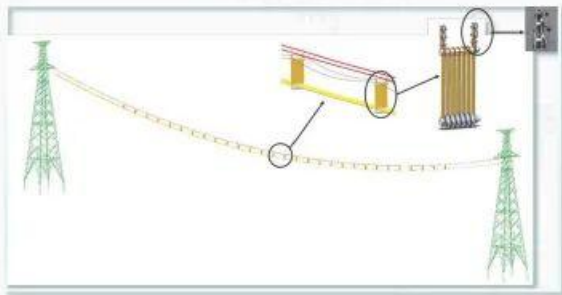
新技术

新材料

新工法

3. “三跨”快速施工技术

开展**跨越带电线路**、**高速公路**、**高速铁路**等专用施工装备研究，实现“三跨”工程快速施工，提高跨越施工安全和效率



索桥多滑车式带电跨越技术



高速公路跨越车



高速铁路跨越车

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

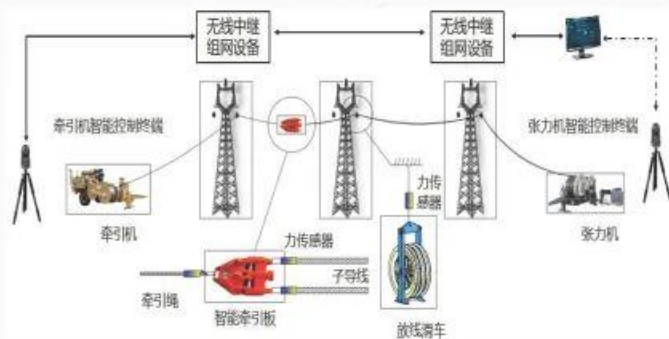
新技术

新材料

新工法

4.智能放线技术

开展**智能化放线施工技术**研究，形成电动牵引机、电动张力机、智能可视化牵引板、转角塔放线滑车远程预偏装置等智能化施工装备，实现智能放线



智能化放线技术



电动张力机



牵张放线智能监测系统

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

新技术

新材料

新工法

5. 高空附件无人化安装技术

开展**间隔棒安装机器人**、**无人机搭载机械臂安装作业**等技术研究，实现间隔棒、航空警示球等高空附件无人化安装



间隔棒安装机器人



无人机搭载机械臂



航空警示球安装无人机

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

新技术

新材料

新工法

6.变电站智能建造技术

研发**变电站智能化施工全过程管控平台**、**变电站专用智能装备集群**，深化**变电站装配式模块化提升技术**，突破多装备集群协同施工、无人化作业调度控制关键技术，重点解决当前电网工程施工智能装备系统集成度低、协同控制复杂度高、管理信息孤岛现象严重等问题



智能建造技术



智能化施工管控平台

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

新技术

新材料

新工法

6.变电站智能建造技术

依赖于**AGV（自动导引车Automated Guided Vehicle）**、**高精度定位等技术**、远程或自动控制技术、AI智能算法、具身智能等，逐步实现变电站智能建造，推动前沿技术创新，构建面向未来的建造模式，培养业链新质生产力，大幅度降低安全生产风险，促进工程建设绿色低碳转型



重载AGV运输
(最大可达1000t)



装备群集控



中控平台

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

新技术

新材料

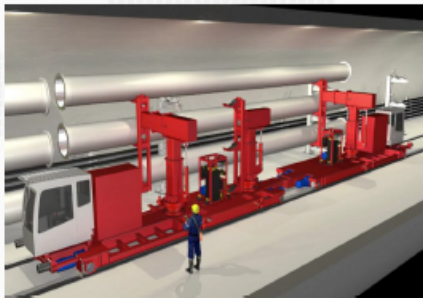
新工法

7. GIL管廊安装与运输技术

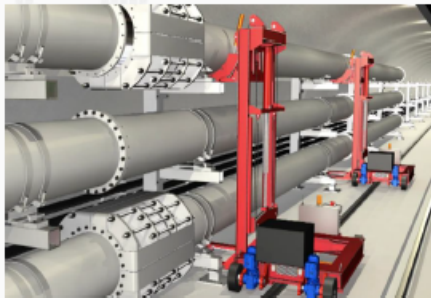
研制**GIL轨道式无人驾驶综合就位装备**，研发**电驱式轨道GIL智能安装平台**，研究**GIL施工全过程安全状态评估技术**，实现GIL施工机械化减人、智能化代人，降低作业风险，提高施工效率



GIL管廊



隧道内GIL就位



GIL对接安装

新技术

新材料

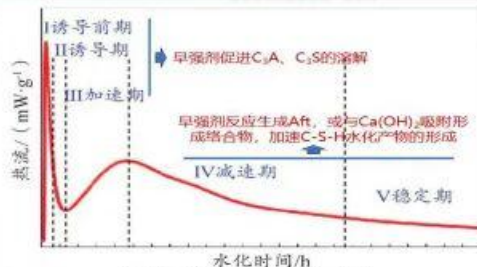
新工法

1. 基础高性能材料施工技术

- 针对冻土桩基热扰动控制难题，研发**低水化低温早强胶凝材料体系**，从源头控制水化热扰动，提出适宜于低温/负温条件下混凝土施工与养护工艺
- 研发**大流态、抗离析**的高性能混凝土，提出混凝土预拌制备技术，形成山区大落差长距离混凝土泵送上山、基于索道与轨道运输或无人机的**混凝土输送技术体系**



高寒高海拔地区塔位



低水化热胶凝材料



混凝土泵送施工

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

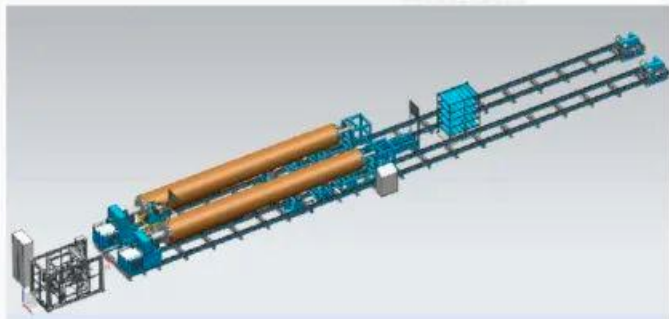
新技术

新材料

新工法

2. 轻质复合材料杆塔施工技术

针对复杂地形条件下的物料运输及生态扰动难题，**研发轻量化树脂基复合材料杆塔技术**，减少塔材和基础混凝土用量，节约走廊宽度；降低施工难度，从源头减少物料运输负荷与土地占用影响；提出适用于模块化杆塔组装新技术及工艺，实现运输、安装全流程的生态友好与效率提升



三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

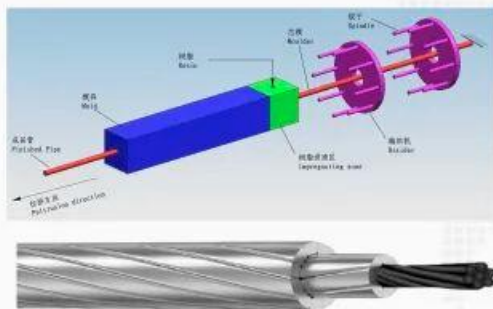
新技术

新材料

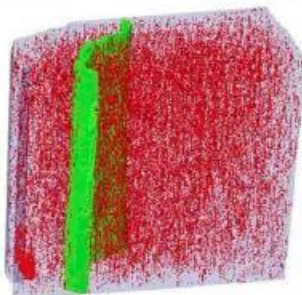
新工法

3.碳纤维导线等新型导线施工技术

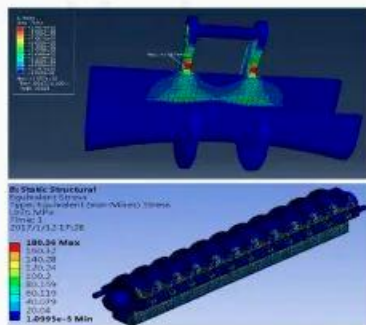
研发**高性能碳纤维复合芯导线及配套金具**，提出**隐蔽缺陷无损检测与可靠性评估技术**，研发**专用施工工艺与工器具**，形成工程应用成套技术，提升大张力、振动/舞动、冲击等条件下碳纤维复合芯导线运行可靠性，有效缓解输电走廊紧张难题



新型碳纤维复合芯导线



隐蔽缺陷检测



专用施工工器具

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

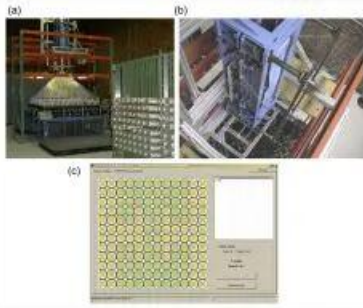
新技术

新材料

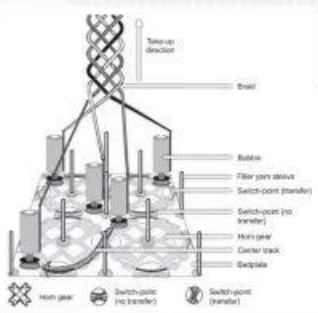
新工法

4.耐磨抗冲击型悬索封网施工技术

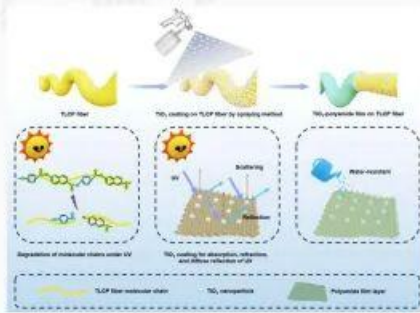
研发**超高分子量聚乙烯悬索封网材料**，调控悬索封网三维结构的能量吸收与冲击响应特性，构筑悬索封网专用防护涂层体系，实现不停电跨越封网施工安全作业



纤维的筛选



编制技术设计示意图



纤维用涂层设计理念

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

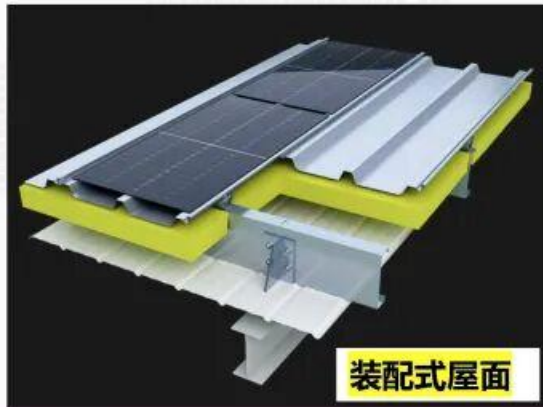
新技术

新材料

新工法

5. 阀厅一体化集成围护施工技术

开展**换流站阀厅**一体化集成围护系统研究，研究换流站阀厅用**多功能一体化集成围护墙体**、**装配式屋面**，配套研发一体化集成围护**系统安装机器人**。装配效率提升50%



三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司

STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

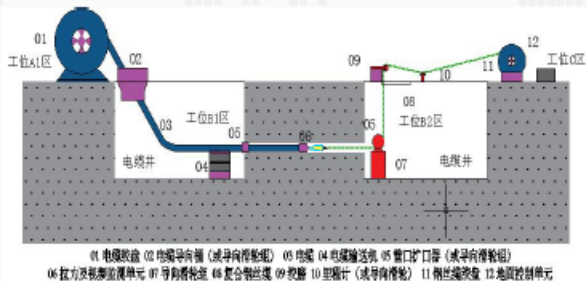
新技术

新材料

新工法

6.城市电网超导电缆施工技术

开展**小直径长距离超导电缆材料制备、成缆技术**，“**牵-输-送**”一体化施工技术及装备研究，实现超导电缆国产化替代、产业化生产，满足城市电网超导电缆规模化应用



超导电缆“牵-输-送”一体化施工技术

三、电网工程施工技术发展趋势



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

新技术

新材料

新工法

构建机械化施工全过程创新工法体系

目标

- 高质量建设
- 本质安全提升

方向

- 智能化
- 无人化

载体

- 成熟施工装备
- 技术标准

电网工程施工特点

- 点多线长
- 施工难度大
- 安全风险高
- 环保要求严



国家电网
STATE GRID

国网电力工程研究院有限公司
STATE GRID ELECTRIC POWER ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

谢谢!

