

DIANLI JIANSHE KEJI JINBUJIANG
CHENGGUO XUANBIAN

电力建设科技进步奖 成果选编

(2015 年度)

中国电力建设企业协会 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANLI JIANSHE KEJI JINBUJIANG
CHENGGUO XUANBIAN

电力建设科技进步奖 成果选编

(2015 年度)

中国电力建设企业协会 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

依据《电力建设科学技术进步奖评选办法(2015版)》的规定,中国电力建设企业协会组织中国电力建设专家委员会科技评审委员会对2015年度电力建设科学技术进步奖申报成果进行了评审。

经评审,2015年度获奖成果共392项,其中一等奖32项、二等奖79项、三等奖281项。

本书选编了已获奖并具有代表性的37项科技成果,每项科技成果的主要内容包括:前言、主要用途和技术原理、关键技术和创新点、与国外同类先进技术的比对、推广应用及前景、经济及社会效益、图表及照片。

本书可供发电、电网公司及建设、设计、监理、施工、调试及科研等单位的相关专业技术人员使用,以适应电力建设新常态,促进电力建设主动创新驱动,推动电力建设企业科技成果的研发与应用。

图书在版编目(CIP)数据

电力建设科技进步奖成果选编. 2015年度/中国电力建设企业协会编. —北京:中国电力出版社,2016.3(2016.4重印)
ISBN 978-7-5123-8842-0

I. ①电… II. ①中… III. ①电力工业—科技成果—汇编—中国—2015 IV. ①TM-12

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第014048号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016年3月第一版 2016年4月北京第二次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 34.25印张 820千字
印数 1001—1500册 定价 150.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

本书编委会

主 任 尤 京

副 主 任 陈景山 范幼林

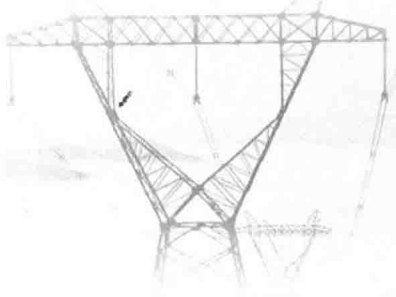
委 员 (按姓氏笔画排序)

王文祥 王兴军 石玉成 田种青 司广全

李 牧 李 婧 李仲秋 李鹏庆 汪国武

宏 峰 张益田 陈发宇 金 麟 郑桂斌

赵祝人 高伟斌 楚跃先 蔺雪竹



前 言

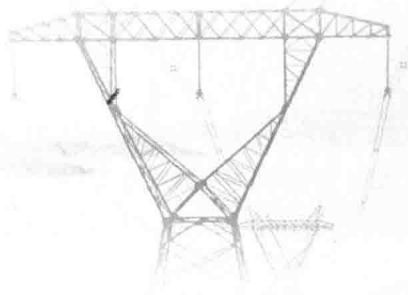
为适应电力建设新常态，持续提升工程质量，推广应用新技术、新工艺、新流程、新装备、新材料，中国电力建设企业协会（简称中电建协）依据国家科学技术部准予中电建协开展“电力建设科学技术进步奖”的公告（国科奖字（2013）17号）和《电力建设科学技术进步奖评选办法（2015年版）》，组织中国电力建设专家委员会科技评审委员会进行了电力建设科技成果的评审工作，评选出392项电力建设科学技术进步奖，并以中电建协工（2015）20号文公布。

为了便于推广应用电力建设科技成果，促进电力建设企业主动创新驱动，推动电力建设企业科技成果的研发与应用。中电建协本着“有代表性、优中选优”的原则，从获得“2015年度电力建设科学技术进步奖”中选出具有代表性的37项，将其汇编成《电力建设科技进步奖成果选编（2015年度）》。

本书遴选了火电、水电、核电、输变电、风光储等电力建设工程具有推广价值的科技成果。每项成果内容包括“前言、主要用途和技术原理、关键技术和创新点、与国外同类先进技术的比对、推广应用及前景、经济及社会效益、图表及照片”等7项内容。其关键技术有较强的专业性，应用范围广，内容翔实，图文并茂，文字表达准确，对电力建设企业工程管理和工程技术人员具有较强的指导意义，可供电力建设工程管理人员和技术人员学习参考。

本书的科技成果来自于全国电力建设企业，他们为电力建设科技成果的研发和应用做出了突出贡献，在此表示感谢！

中国电力建设企业协会
2016年1月



目 录

前言

1 高山峡谷区大型水电工程施工场地拓展关键技术	1
2 适应大规模风电并网的无功电压协调控制系统研发与工程应用	21
3 软土地区复合扩顶灌注桩水平承载性能研究及应用	46
4 特高压工程特殊基础深化应用研究	67
5 国内首台再热汽温 623℃ 高效超超临界机组节能优化技术研究与应用	78
6 超/特高压 GIS 耐压击穿无线传感定位技术及应用	92
7 风电场、光伏电站集群控制系统研究与开发	105
8 光伏发电并网检测技术研究及平台开发及应用	111
9 超/特高压直流暂态故障下过电压影响及防护技术研究	116
10 风火打捆能源基地交直流外送协调控制及安全防御系统研究与示范	120
11 300m 级特高拱坝复杂地基灌浆施工关键技术	128
12 水电工程大型砂石系统关键技术创新及应用	130
13 高海拔并网光伏电站移动检测平台研究及应用技术报告	143
14 制冷设备组合及其阀门控制设计技术	228
15 GPS 数字技术在高面板堆石坝填筑施工中的应用	269
16 直流输电关键设备研制及其现场调试技术研究	286
17 兰炭尾气余热回收利用成套装置技术研发与应用	298
18 特高压 GIS 现场安装用全封闭移动式厂房技术研究	308
19 电力小径管焊缝相控阵超声检测技术研究与应用	319
20 ACPR1000 核电站仪控总体方案	332
21 变压器套管 CT 极性测试方法的研究	342
22 山东电网工程造价信息管理系统	350
23 火电站施工过程三维可视化仿真系统	356
24 三维建模技术在超超临界机组四大管道配管上的应用	365
25 电力建设施工质量评价辅助软件研发	377
26 自然通风风冷却塔淋水构件现浇移动支撑体系研究与运用	389

27	淤泥质土条件下的深基坑泵站施工技术研究	399
28	智能变电站功能冗余与网络并行冗余技术	405
29	工序量化控制在输变电工程创优中的应用 ——《输变电工程工序质量控制监理工作导则》与应用	409
30	超大间冷塔优化设计	413
31	大型燃气-蒸汽联合循环电厂循环水泵配置研究与应用	416
32	混凝土性能检测及搅拌系统的研究与应用	421
33	大尺寸现浇混凝土管道伸缩缝水压试验方法的研究与应用	427
34	锦屏二级 600MW 高水头大容量水轮发电机组安装技术研究与应用	436
35	750kV 变电站节能降噪技术研究、设备研制及应用	467
36	水电站大体型钢岔管洞内整体运输安装关键技术	514
37	深井门槽一次成型施工技术研究与应用	534

高山峡谷区大型水电工程施工场地拓展关键技术

雅砻江流域水电开发有限公司 中国电建集团成都勘测设计研究院
有限公司 长江水利委员会工程监理中心（湖北）

祁宁春 银登林 阳恩国 段绍辉 曹 华 郭盛勇
秦光辉 杨剑锋 李名川 郑 江

1 项目研究背景与意义

我国西南地区水能资源富集，但水电工程均地处高山峡谷地区，地形地质条件复杂，地质灾害频发，施工可利用场地稀缺且安全问题突出，施工交通布置极为困难；社会经济条件落后，工程区附近无城镇，交通条件差，无社会资源可利用；生态环境脆弱，水保条件差，环境保护要求高、难度大。因此，其水能资源开发过程中面临施工场地稀缺、交通条件差、场地安全条件差、环境保护要求高、施工场地布置极为困难等突出问题。

本项目研究背景针对西南地区高山峡谷流域水能开发面临的施工布置极为困难的难题，以锦屏一级水电站工程施工总布置为依托，开展高山峡谷区水电工程施工场地时空利用研究。具体来说，项目研究背景来源于三个方面：一是高山峡谷区锦屏一级水电站工程地形地质条件给施工布置带来的难度与复杂性；二是高山峡谷区施工布置对于工程施工进度、施工安全、生态环保等要素的重大影响，对于确保工程顺利实施的重要性；三是锦屏一级水电站施工布置条件和难度在我国雅砻江、雅鲁藏布江、怒江等西南地区高山峡谷流域水电开发建设中的普遍性。

（1）高山峡谷区锦屏一级水电站工程地形地质条件给施工布置带来的难度与复杂性。锦屏一级水电站位于高山峡谷地区，工程区所在位置河谷深切，两岸基岩裸露，岸坡陡峻，两岸谷坡高差 1500~2500m，阶地不发育，呈典型的峡谷地貌。坝区附近可供利用的平缓山坡与滩地很少，除坝址附近沿江两岸谷坡底部、冲沟出口处有零星的小块缓坡地带外，主要场地集中在大坝上游 10km、1900m 高程以上的兰坝乡，大坝下游 5.5km，1900m 高程以上的大坪以及大坝下游 14.4km、1625m 高程以上的大沱才有较为平缓的地形供施工场地利用。同时还要兼顾锦屏二级水电站同期施工对施工场地的需求，因此施工布置条件差，施工总布置十分困难。

此外，工程区所处地带受雅砻江流域大环境影响，干湿季分明。每年 11 月~次年 4 月为干（风）季，具有日照多、湿度小、日温差大、降水少、风多风大的特点；5~10 月为雨季，具有湿度较大、日温差大、气候湿润、降雨集中的特点。特大暴雨极易引起山洪暴发，表现为水石流的形式强烈下蚀，将沟床内大量固体径流物质向下游搬运，对沟口形成极大安全威胁。

同时锦屏一级水电站规模巨大，土石方挖填、混凝土浇筑等工程量大，各工程部位施

工干扰大,如何综合考虑锦屏一级水电站地形地貌布置对外交通线路以及场内交通线路,使各施工场地的布置做到既有利生产,又方便生活是锦屏一级水电站施工总布置的难点和重点。

(2) 施工布置对于施工进度、施工安全、生态环保等要素的重大影响。锦屏一级水电站规模巨大,枢纽建筑物布置集中,土石方挖填、混凝土浇筑等工程量大,枢纽建筑物地处高山峡谷河段,各工程部位施工干扰较大,场内公路线路布置以及施工场地布置十分困难。而施工布置方案及其实现技术对于施工进度、施工安全、施工生态环保都具有重大影响。

锦屏一级水电站工程规模大、地形地质条件复杂、场地极其稀缺、生态环境敏感、环保水保要求极高、当地社会经济发展水平较低,工程建设的总体布置、场内施工交通规划、对外交通规划、施工电源规划、施工通风、料场与弃渣合理规划、施工辅助企业规划等问题对于工程建设的经济效益、社会效益与生态环境保护效益具有直接而重大的影响,是决定工程建设成败的关键因素之一。

(3) 类似高山峡谷区地形地质条件在未来水电开发建设中的普遍性。本课题所依托工程的地形地质条件、对外交通条件、水文气象条件、当地社会经济发展水平、电力发展水平以及工程所在地的环保水保标准与要求等具有我国西部水电开发的共性,其成果可在类似区域广泛推广使用,有望取得丰厚的经济效益、社会效益和生态环境效益。本课题的实施可为雅砻江中上游水电开发、雅鲁藏布江下游河段、怒江流域等类似高山峡谷区水能开发提供关键技术储备,为打造我国水电开发核心竞争力、引领水电行业未来发展提供科技基础保障。

2 项目研究工作内容与成果概要

2.1 项目研究工作内容

本项目针对高山峡谷区锦屏一级水电站工程施工布置难题,在如何满足环保与安全前提下创造性获得和利用施工场地,开展的主要研究工作如下:

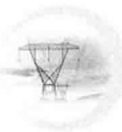
(1) 高山峡谷区施工交通运输系统布置模式与工程技术。高山峡谷区,谷坡高陡,且当地无可利用交通条件,因此,要研究施工交通运输系统布置模式,及在高陡谷坡、高地应力条件等复杂地形地质条件下的实现技术。

(2) 高山峡谷区施工辅助设施的地下空间布置技术。高山峡谷区,社会经济条件落后,地质灾害多发,可直接利用的场地极为稀少,无可利用的社会资源,因此要研究施工辅助设施布置于地下空间的布置模式与技术。

(3) 高山峡谷区地表人工工程平台的时空利用技术。锦屏一级水电站枢纽工程区高山峡谷,基本无可直接利用的天然平台,只有利用工程开挖形成的人工工程平台作为施工场地;高陡岸坡开挖需要集渣平台,工程平台形成的时间与施工布置需要上存在时间差,因此需要结合施工程序优化研究工程区地表人工工程平台的时空利用技术。

(4) 高山峡谷地质灾害多发区施工场地安全防治技术。高山峡谷区的高陡斜坡上危岩体密布,随时威胁下部施工场地安全;高山峡谷沟壑纵横,在雨季,洪水及泥石流也随时威胁沟口和底部施工场地和设施的安全。因此,要研究重点针对高位危岩体、沟水、泥石流的施工场地安全防治技术。

(5) 高山峡谷区高坝施工场地利用的环保技术。在生态环境脆弱的高山峡谷区施工布置



时，要重点研究减少植被扰动、防止水土流失环保技术。

2.2 项目研究成果概要

本项目从锦屏一级水电站工程高山峡谷区的地形条件、地质条件、环境保护特点与要求、当地社会经济发展水平等方面的现实条件与技术难题出发，根据高坝水电工程建设对施工场地的要求，在满足环保要求的同时，从如何获取场地、如何利用场地、如何保证场地安全三个方面开展技术研究，构建了包括以地下隧洞为主体的交通网络布设与关键技术、施工辅助设施的地下空间布置模式、地表人工平台的时空递进拓建与优化利用技术、施工场地地质灾害安全保障技术体系在内的高山峡谷、高陡边坡、地质灾害多发、社会经济发展落后条件下的施工布置模式与工程实现技术创新体系，通过工程实践应用，实现了经济优越、技术先进、生态环保及施工安全的理想效果。本项目研究工作技术路线及成果的结构体系如图 1 所示。

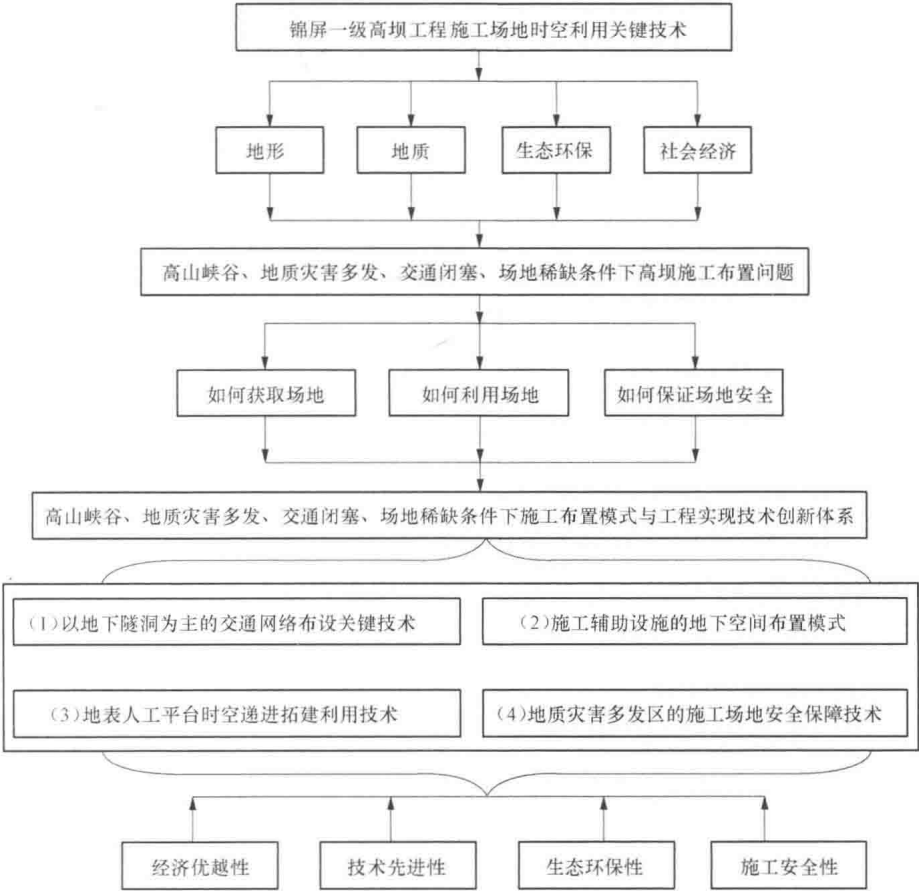


图 1 项目研究工作技术路线及成果结构体系框图

3 项目主要技术创新点

本项目研究成果的技术创新点主要包括以下 5 个方面：

创新点 1：首次在水电工程建设中大规模采用隧道交通布置模式，攻克了超大埋深高地应力岩爆和高压大流量突涌水条件下 17.5km 特长隧道两头掘进的建设关键技术，创立了高

陡边坡料场开采螺旋树叉式施工交通布置模式。

构建了高山峡谷、地质灾害多发等复杂地形地质条件下水电工程建设的大规模隧洞交通系统布置模式,其中枢纽区 36.30km 场内公路隧洞总长 25.86km,隧道占约 71%。攻克了高地应力(44.2~70.1MPa)超高强岩爆防治、和最大水压力达 4~5MPa、最大流量达 15.6m³/s 的高压大流量突涌地下水条件下两条 17.5km 长隧洞两头掘进(独头掘进最大达 9.8km 的世界纪录)通风与交通等的超大埋深特长隧道工程建设关键技术。创立了 500m 级高陡边坡料场开采的螺旋树叉式施工交通布置模式。为高山峡谷地区水电工程建设施工交通布置方式提供了成功的样板与典范。

创新点 2: 开创了巨型水电工程施工辅助设施的大规模地下空间布置模式,建成了水电工程最大的地下水厂和国内最深的储存式毛料溜井。

开创性地将巨型水电站工程坝区供水系统、部分变电站、混凝土系统部分设施、骨料生产与运输设施、炸药库等布置于地下洞室。采用竖井、斜井和平洞组合的大型地下洞室群进行人工骨料开采、破碎、运输的空间立体砂石骨料开采加工运输布置方式,实现了高陡狭窄地形条件下大奔流石料场 500m 级高差石料开采地下洞室群交通布置技术、储存式毛料垂直溜井转运技术、粗碎车间地下空间布置技术、长距离骨料运输采用桥隧结合及普通皮带机与大型管状皮带机结合的运输技术等构建的骨料开采、生产、运输的地下空间布置模式与成套生产技术。地下水厂供水规模 3300m³/h,所有设施布置于地下,为水电工程世界之最,深达 277m 的储存式毛料溜井为国内最深。

创新点 3: 建立了高山峡谷区水电工程地表施工场地的时空递进拓建与综合利用模式,实现了提前截流基坑集渣出渣、350m 高特大渣场分步治理形成、枢纽工程平台时序形成等场地的拓建与利用技术,建立了高山峡谷区水电工程施工场地需求与时序形成利用的表格模型。

高山峡谷工程区无场地可以直接利用,锦屏一级水电站施工布置研究利用不同部位和不同高程的工程平台、渣场平台和大坝基坑等形成时序与施工临建设施场地需求时序进行分析与优化调配运用,递进式时空拓建和利用场地,建立了高山峡谷区水电工程施工场地时空递进拓建与利用模式。工程利用缓坡地带、坝肩平台、进水口平台、左右岸缆机平台等递进式作为前方施工场地;采用土工格栅、钢筋石笼透水坝、排水洞及竖井旋流消能等渣场沟水处理技术,合理布置与时序利用临时与永久渣场平台;通过优化坝肩开挖与截流施工程序,提前截流,拓展大坝坝肩边坡开挖和基坑集渣出渣的施工空间,提出了“提前截流、基坑集渣、基坑出渣”的环保施工模式,避免石渣下江产生的水土流失。建立了高山峡谷区水电工程施工场地需求与时序形成利用的表格模型。

创新点 4: 系统构建了高位危岩体处理、沟水处理与泥石流治理的地质灾害多发区施工场地安全保障技术体系,极大地减少了地质灾害对工程建设的不利影响。

系统构建了地质灾害多发区的施工场地安全技术体系,开发了针对深切强卸荷峡谷危岩体在复杂施工条件下“防护网—支墩—锚喷—锚索”等主被动联合防护加固综合防治体系;“钢筋石笼透水坝—多孔坝—梳齿坝—高低位进水塔—沟底箱涵—多级竖井旋流消能排水洞”等沟水处理与泥石流综合防治技术,有效解决了高山峡谷、地质灾害多发区域的施工场地安全防护问题,为类似工程建设施工提供了成功的先例。



创新点 5: 实现了提前截流防止枢纽边坡开挖水土流失、大规模采用地下交通隧道与地下辅助工程洞室减少植被破坏等高山峡谷区水电工程施工场地利用的环保模式。

通过大规模布置施工交通隧道, 结合地形条件将施工临建设施大规模布置于地下, 避免了高陡明线边坡开挖难以有效防止的石渣下江而产生的水土流失, 最大程度减少了对高山峡谷区敏感脆弱生态植被的破坏。通过实施“提前截流、基坑集渣、基坑出渣”, 避免了坝肩开挖石渣下江产生的大规模水土流失。临时和永久渣场的时序形成、平台拓展与有序利用, 采用土工格栅、透水坝、竖井旋流消能等渣场沟水处理技术与渣场植被恢复技术, 充分利用土地, 保护了环境。通过大规模隧道交通布置、大规模地下临建设施布置、提前截流后坝肩边坡开挖、渣场及沟水处理的时序形成利用等技术, 实现了高山峡谷区高坝施工场地利用的环保模式。

4 促进行业科技进步作用及主要技术参数

本项目成果的工程实践应用, 构建了高山峡谷区、地质灾害多发区、生态环境敏感区、水电枢纽建筑物密集布置区的巨型工程施工总布置模式与技术综合创新体系。包括: 首次大规模采用隧洞交通布置模式; 施工辅助设施的地下空间布置模式; 地表人工平台的时空利用模式; 危岩体处理、沟水处理及泥石流防治的施工场地安全综合防治技术。对于高山峡谷地区水电工程建设施工布置具有以下 5 个方面的行业科技进步作用。

(1) 构建了高山峡谷、地质灾害多发等复杂地形地质条件下水电工程建设的大规模隧洞交通系统布置模式; 攻克了超大埋深高地应力岩爆和高压大流量突涌水条件下 17.5 km 特长隧道两头掘进的建设关键技术; 创立了高陡边坡料场(设计开采边坡高度达 518m)开采螺旋树叉式施工交通布置模式; 为高山峡谷地区水电工程建设施工交通布置方式提供了成功的样板与典范。

锦屏一级水电站对外专用公路总长约 80.245km, 其中 17.5km 双向穿越锦屏山的锦屏水电工程辅助洞是工程建设的物资运输通道。场内交通道路(从大沱起)总长 57.191m, 其中: 公路隧洞 46 条, 总长 30.80km, 占场内公路的 53.9%; 桥梁 5 座, 计 0.736km, 占 1.3%; 明线段 25.655km, 占 44.8%; 而枢纽区 36.30km 场内公路隧洞总长 25.86km, 更是占总长度的 71.24%, 明线段 9.52km 仅占 26.23%。对外公路线路全长 80.245km, 公路隧道 36.335m (占 45.28%)。

超大埋深高地应力和高压大流量地下水条件下两条 17.5km 的锦屏山特长隧洞围岩地应力高达 44.2~70.1MPa, 施工过程要克服强岩爆, 并系统形成了高强岩爆监测与施工支护技术; 最大压力达 4~5MPa、最大流量达 15.6m³/s 的高压大流量地下突涌水超前探测、超前处理与事后处理相结合的施工技术, 并创新了长达 9.8km 的隧道独头掘进施工通风与交通技术新纪录。

通过锦屏一级大奔流沟料场边坡开采设计与施工, 系统地形成了水电工程高陡狭窄地形条件下 500m 级料场边坡骨料生产与运输的地下空间布置模式与成套生产技术。见图 2。

本系统料场边坡设计高度 518m, 为中国已建水电工程最高料场边坡; 为配合毛料运输而开挖的高度达 277m 的储料式竖井直径 8m, 其中储料段直径 12m, 为中国已建水电工程最深竖井, 料场开采施工交通洞采用螺旋树叉状布置, 总长 7.02km、两座井下旋回式粗破碎车间为中国水电界最大规模旋回式粗破碎车间, 单个旋回破车间尺寸 10m×13m, 粗破车间毛料



处理能力 2000t/h。半成品料通过 3km 长的地下皮带运至加工系统的半成品堆场。

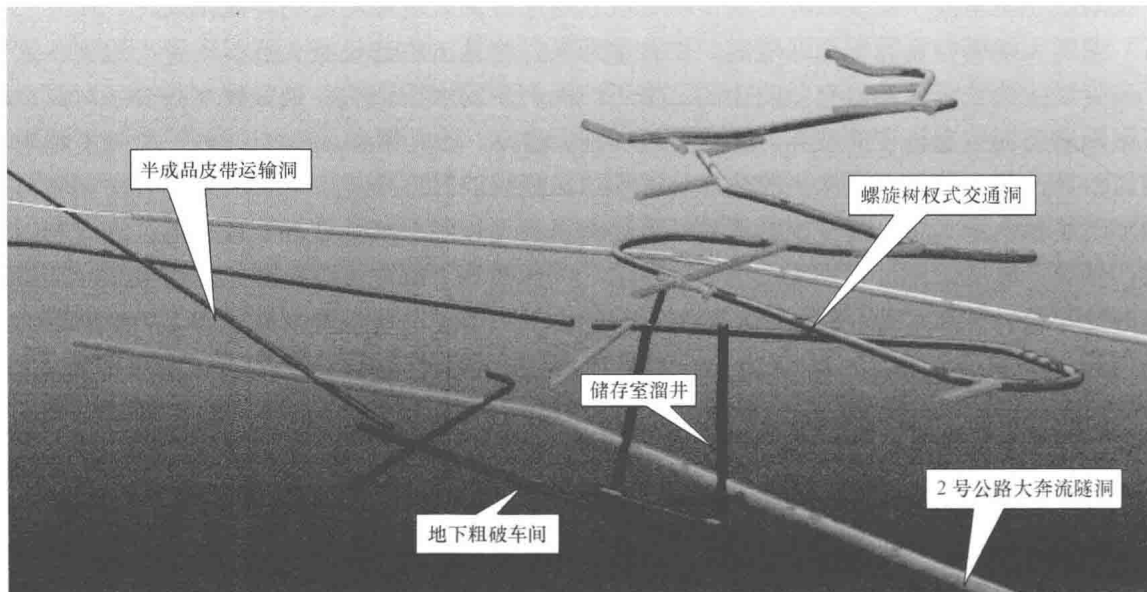


图2 印把子料场螺旋分叉式施工交通布置图

锦屏一级水电站成品骨料带式输送机系统的起点为大坝下游左岸印把子沟砂石加工系统成品料堆地弄出料口，高程为 1710m，终点为大坝右岸高线混凝土系统骨料竖井顶部廊道，高程为 1975m，运输皮带全程除 233m 的跨江栈桥（高程 1668m）外，其余全部位于隧洞中，距离约 5.6km，下行高差 42m，上行爬升高差为 307m。带式输送系统的管带机采用 $D=500\text{mm}$ ，带速为 4m/s，设计输送能力为 2500t/h，是水电行业首次使用，同时也是国内使用的最大的管状带式输送机，见图 3。

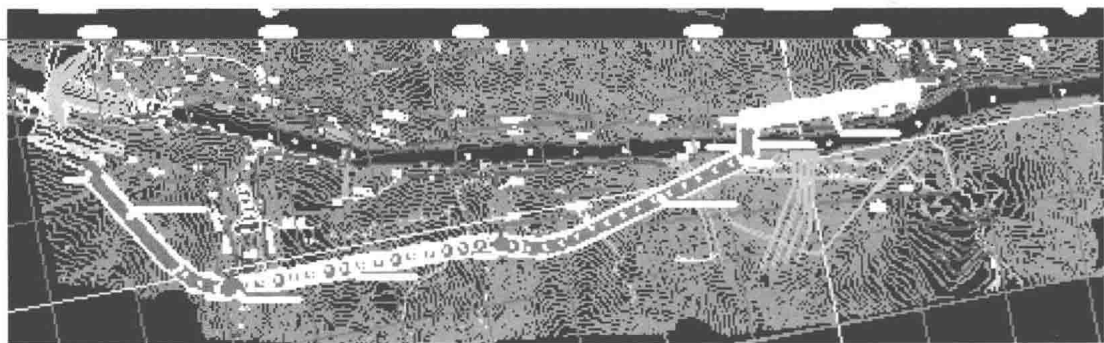


图3 锦屏一级水电站成品骨料带式输送机系统布置

（2）锦屏一级水电站施工布置开创性地将坝区供水系统、部分变电站、混凝土系统部分设施、骨料生产与运输设施、炸药库等布置于地下洞室，首次系统形成施工辅助设施地下布置模式与成套技术。

根据锦屏一级水电站的地形地质条件，建立地上与地下的协调布置模式与运行机制，将坝区水厂、混凝土拌合系统、变电站、炸药库等相关设施全部或部分布置于地下空间，



有效解决了地表空间及其有限的技术难题，确保了施工的便利性、经济性，满足了生态环保要求。

1) 锦屏一级水电站施工布置于左右岸的坝区地下供水系统规模庞大，此前没有先例。系统设计供水能力为 3700m³/h，日供水规模合计为 7.77 万 m³。系统主要包括道班沟水取水构筑物、雅砻江水取水构筑物、高位和低位地下净水厂、分布于左右岸的 5 个地下水池及与之相连的输水管路。除道班沟取水构筑物及输水管道外，其他建筑物均布置在山体中。其中：

- a) 雅砻江水取水构筑物位于道班沟下游的山体内，隧洞上部的取水泵房长度 20.5m，宽度 9m，洞室拱顶高 10.5m，下部取水竖井直径 8m，深 35m。
- b) 高位水厂布置在道班沟下游右岸 1850m 高程山体内，有两条絮凝沉淀池隧洞，两条清水池隧洞和一条控制室隧洞，其中絮凝沉淀池长度分别为 60m 和 40m，开挖断面均为宽 17.7m×高 11.98m；清水池紧接絮凝池布置长度分别为 70m 和 85m，开挖断面均为底宽 10.1m，高 11.35m；控制室为城门洞型隧洞，开挖断面为宽 7.0m，高 10.1m，隧洞长 10m。
- c) 低位水厂采用地下式，布置在道班沟沟口右岸 1670m 高程。洞室规模与高位水厂相当。
- d) 1~5 号水池均位于地下，布置位置及规模见表 1。

表 1 坝区生产供水系统蓄水池一览表

序号	构筑物名称	位置	开挖断面 (m) 宽×高×长	供水规模 (m ³ /h)	蓄水池规模 (m ³)	备注
1	1 号蓄水池	棉纱沟 1790m 高程	10.1×11.55×62	1400	4000	
2	2 号蓄水池	右坝肩 1917m 高程	10.1×11.55×58.6	1900	4000	
3	3 号蓄水池	左岸 1700m 高程	10.1×11.55×65.7	1000	2000	附加压泵站
4	4 号蓄水池	左岸 1850m 高程	7×9.9×56	700	1500	附加压泵站
5	5 号蓄水池	左岸 1900m 高程	7×9.9×21	300	600	

2) 锦屏一级水电站左岸 35kV 变电站位于左岸 6 号公路隧洞 K2+209~K2+254 段靠山内侧，由配电装置室和主变室两条主洞和连接 6 号公路的两条交通洞组成，承担左岸主体工程施工供电任务。其中配电装置室开挖断面 29.9m×11.9m×8.99m，主变室开挖断面为 29.9m×11.9m×8.99m，1 号交通联系洞开挖断面为 20m×2.2m×4.85m，2 号交通联系洞开挖断面为 12m×5.2m×6.6m。

3) 锦屏水电站专用炸药库位于坝址上游 1.3km 的解放沟内的山体中，仓库设计存储能力炸药 150t，雷管 20 万发，为地下洞室洞库。地下仓库由进库道路、交通洞、排风井及三个药室洞库组成，其中交通洞洞身长 358m，排风通道长 103.15m，1 号雷管库长 12m，2 号和 3 号炸药库长均为 27m，整个炸药库地下部分面积 3700m²。

4) 受场地限制，锦屏一级开创性地将混凝土拌和系统的骨料仓以及骨料仓的受料和出料系统全部置于地下，并选择将容量最大的强制式拌和系统布置在右岸 1975~1885m 坝肩开挖形成的有限平台范围。这种地下布置骨料系统与地表布置强制拌和系统，且系统紧邻坝肩，有效地解决了场地匮乏地区大型水电工程建设对混凝土高强度的需求。

系统设计常态混凝土生产能力 $600\text{m}^3/\text{h}$, 预冷混凝土 $480\text{m}^3/\text{h}$, 占地 1.2万 m^2 。其中 1975m 平台布置空压机房和粉煤灰罐, 1917m 平台布置二次筛分系统、外加剂室和二次风冷料仓, 1885m 平台布置国内最大且首次用于拌制常态混凝土的两座 $2\times 7\text{m}^3$ 的强制式拌和系统以及制冰站、水泥罐和废水处理系统。拌和系统的骨料罐位于 1975m 平台内侧山体内, 包括 6 个 53m 深, 其中 4 个开挖直径 12.8m、2 个开挖直径 10.8m 的粗细骨料竖井和 6 条洞长合计 1.3km 的交通及骨料运输皮带洞。

(3) 首次系统提出高山峡谷地形条件地表施工场地时空递进拓建利用技术, 建立了高山峡谷地区水电工程施工场地时空综合利用模式和表格模型, 成功解决了高山峡谷地区水电工程建设施工设施布置难题。

通过时间与空间的时序综合协调与优化, 根据工程不同阶段的场地需求和场地提供情况, 分阶段进行施工设施和临建布置, 并考虑永临结合, 在满足施工场地时序布置的需要同时, 也最大限度减少因临建布置需要进行大规模的开挖。

充分利用施工区有限的平台阶地, 通过简单平整处理用于布置前期工程施工临建设施布置; 利用经过处理的冲沟作为准备工程开挖阶段的渣场, 并在渣场形成平台后, 统一规划作为施工场地, 用于布置主体工程开挖阶段相关施工设施, 并随着渣场平台逐步增加, 逐步完善主体工程施工设施和临建布置; 在此基础上, 再考虑进行开挖形成场地, 进行必要的施工设施或临建布置。

运用“提前截流、基坑集渣、基坑出渣”的技术方案, 提前进行大江截流, 在基坑内形成了 2.7万 m^2 的基坑集渣出渣平台, 创造截流后坝肩开挖从基坑集渣出渣的条件, 建立了“提前截流、基坑集渣、基坑出渣”的高陡坝肩边坡开挖出渣的新模式, 减少两岸坝肩开挖石渣下河引起的水土流失和下游河道淤积所带来的诸多不利影响, 解决了两岸坝肩高陡边坡开挖集渣平台和出渣运输难题。

作为一等大 (I) 型水电工程, 工程实施阶段地表用于布置生产生活设施面积 69.41万 m^2 , 其中能够直接利用场地布置临建设施的仅占 0.65万 m^2 , 占 1%; 通过场平获得场地用于布置生产生活临建设施的大沱 1 号临时和永久营地、三坪 3 号承包人营地和三滩右岸 5 号临时施工营地, 占地 39.33万 m^2 , 占 56.7%; 利用工程平台布置临建设施的 5.29万 m^2 , 占 7.6%; 利用冲沟渣场布置的 21.44万 m^2 , 占 30.9%; 通过提前截流, 形成的基坑集渣出渣平台 2.7万 m^2 , 占 3.9%。

上述统计可以看出施工区一定范围内能直接用于布置临建设施的场地仅占约 1%; 通过场平获得的营地建设场地的占 56.7%; 而工程枢纽区的施工场地占 42.3%, 均需人工创建, 其中结合工程建设进程利用工程平台和渣场平台的比例合计达到 38.5%, 通过提前截流获取边坡和坝基开挖集渣平台占总地表场地面积的 3.9%。

通过统计分析可以看出, 如果除去永久营地和施工营地通过场平获取场地外, 枢纽工程施工区的场地均需人工创建。对高山峡谷生态敏感地区, 结合工程进展情况, 通过时序的优化和对场地进行时空规划和合理利用, 提高了土地利用率和利用效率, 大大减少了因临建布置需要而进行大规模的场平开挖, 以及由此带来的对生态的破坏, 经济和社会效益显著。

锦屏一级水电站施工场地时空综合利用表格模型见表 2。各场地形成与利用叙述如下。



表 2 锦屏一级水电站施工场地时空利用表

场地	单位/万 m ²	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
解放沟 专家楼	0.05	前期业主和监理营地（500m ² ）		监理营地	截流拆除							
左岸坝肩白 然边坡	0.6			吊脚楼，CII 标左岸现场办公生活营地 至 2007 年 12 月（6000m ² ）		CIII 标左岸 2007 年 6 月至 2008 年 5 月 拆除						
						拌和系统移交 CIII 标运行至 2009 年 3 月 拆除						
锦峰 4 号 洞出口	0.2			CII 标左岸拌和系统运行至 2007 年年底，占地 2000m ²		C3 标左岸钢筋加工厂至 2012 年 5 月 拆除						
印把子沟 左平台	0.6			6000m ² 左导营地（至 2006 年 5 月）CII 标左岸 营地（至 2006 年 10 月）		印把子系统建设（至 2008 年 6 月）12.27 万 m ²		系统运行至 2014 年 5 月 拆除				
		沟水处理临建和营地（至 2005 年 5 月） 跨江索施工场地（至 2006 年 10 月）										
5 号临时 营地	2.4	2004-6~2005-6 营地逐 步建成（2.4 万 m ² ）		2005 年至 2007 年 5 月 C I 标及 C II 标右岸生活办公营地		2007 年 5 月移交三滩 系统建安，2008 年 6 月建成		三滩系统运行至 2014 年年底				
大沱永久 营地	18.9	建设期				业主、设计单位、监理单位生活办公营地（18.9 万 m ² ）						
大沱临时 营地	0.53	业主临时营地至 2006 年 5 月 （5280m ² ）				锦屏二级承包商临时营地（5280m ² ）		拆除				
大坪营地	16.7	2004 年 1 月至 2006 年 10 月修建 16.7 万 m ² （含二坪）		2006 年 10 月 CII 标左岸开始入住，之后锦屏一级 CIV 标、CIII 标、CV 标和锦屏二级西段承包人、锦屏一 级机电标先后入住；是各标段主要的综合仓库、综合加工厂、金结厂和 CIV 标 1 号钢管加工厂所在地								
左岸坝顶 平台	0.63			2007 年 7 月开挖完成		大坝左岸标现场办公室占地 4800m ²		左岸新增拌和系统 2011 年 3 月至 2013 年 6 月占地 4000m ² 、6 号水池 300m ² 拆除				
						CIII 标左岸开挖设 备停放场		2009 年 6 月布置供料线平台至 2014 年 6 月， 2009 年年底布置制浆站至 2014 年 6 月 拆除				



续表

场地	单位/万 m ²	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
左岸缆机平台	0.38		2005 年 9 月至 2006 年 12 月平台开挖结束				2008 年 6 月左岸雾化区边坡处理施工营地至 2013 年年底, 2012 年 6 月布置左岸高线混凝土受料系统, 至 2013 年 3 月底					拆除
右岸缆机平台	0.39		2005 年 7 月至 2006 年 2 月平台开挖完成, 右岸 35kV 变电站 (895m ²)		2007 年 6 月布置高线混凝土系统 4 个灰罐及其空压站 (3050m ²)		2009 年 6 月布置高线骨料运输应急系统			应急系统运行至 2014 年年底		
右岸坝顶平台	2.69			坝顶平台 2005 年 8 月至 2007 年 4 月开挖形成		缆机安装至 2008 年 8 月之后, 缆机运行至 2014 年 6 月		缆机运行至 2014 年 6 月				
					出线场平台外侧作 CIII 标右岸雾化区施工营地至 2013 年年底; 出线场平台内侧作 CIV 标施工生活营地, 2013 年 5 月拆除						拆除	
						右岸高线建安至 2008 年 11 月		高线运行至 2014 年 10 月, CIII 标右岸工程现场办公室 (400m ²), 右岸基础处理工程制浆站 (200m ²)				
						供料线建安至 2008 年 10 月		缆机供料线运行至 2014 年 7 月				供料线拆除
进山口	1.2				CIV 标设备停放场至 2009 年 6 月		CIV 标 2 号钢管加工厂 2009 年 7 月至 2012 年 4 月用地 10000m ²			水库蓄水拆除		
					进山口开挖至 2008 年 2 月形成		2008 年 2 月至 2011 年 12 月 CIII 标右岸现场办公室用地 (1200m ²)			水库蓄水拆除		
解放沟~肖场沟临江渣场	2.43	右导及前期道路渣场		C3 标和 C4 标备用渣场至 2008 年年底			2007 年年底至 2012 年 6 月 C3 标右岸营地占地 (2400m ²)			水库蓄水拆除		
		C1 标左、右岸工程生活营地 4000m ²		2005 年 10 月至 2012 年 6 月前期砂石系统、前期三滩拌和系统运行占地 16900m ²								
					CIV 标修理厂 2006 年 12 月至 2011 年 12 月 CIV 标修理厂占地 (1500m ²)					水库蓄水拆除		
大奔流临江渣场	0.3	前期辅助道路渣场		CII 标左岸生活办公营地至 2008 年年底 (3000m ²)			CIII 标左岸营地至 2010 年 2 月 (3000m ²)		锦屏二级承包商营地至 2012 年 8 月 (3000m ²) 拆除		拆除	