

档案编号：GTSAFE/AP-2022-597

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司
杂木河神树水电站工程

安全验收评价报告

(备查稿)

北京国泰民康安全技术中心

资质证书编号：APJ-(京)-020

二〇二三年十一月二十日

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司

杂木河神树水电站工程

安全验收评价报告

法定代表人：翟连成

技术负责人：方宝龙

评价项目负责人：王广君

二〇二三年十一月二十日

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司
杂木河神树水电站工程
安全验收评价报告评价人员

	姓名	资格证书号	从业登记证 编号	签字
项目负责人	王广君	1200000000200917	016744	
项目组成员	刘利达	S011011000110202000 099	023871	
	彭志钢	1500000000200552	026730	
报告编制人	王广君	1200000000200917	016744	
报告审核人	王勇	1800000000200107	019650	
过程控制 负责人	朱延民	0800000000103310	004754	
技术负责人	方宝龙	0800000000103210	000446	

前 言

甘肃杂木河神树水电站是杂木河规划毛藏寺至渠首河段水电梯级开发的第一个梯级。坝址以上控制流域面积 611km²，多年平均流量 6.97m³/s。坝址区至厂房区之间有一条四级交通道路，交通便利。

毛藏寺水库的主要任务是向武威城区、杂木灌区提供城乡居民生活用水，向武威工业园区、杂木灌区提供工业用水，向杂木灌区提供生态、农业灌溉用水，神树水电站是利用以上供水水量进行发电的综合性枢纽工程。电调服从水调，采用引水式开发，枢纽建筑物主要由首部枢纽、引水系统（引水隧洞、压力钢管）和岸边厂房组成。坝址位于上游峡谷口以下约 800m 处（小毛藏沟汇口下游附近），距渠首约 33km。引水系统位于左岸山体内，洞线长度约 15.8km，厂房位于深沟上游约 1.6km 的左岸。水库正常蓄水位为 2661.5m，相应库容 0.401 亿 m³，电站初拟额定水头 414m，设计引用流量 15.0m³/s，电站总装机容量 52MW，多年平均发电量 1.535 亿 kW·h，年利用小时数 2952h，工程总投资 69992.98 万元。根据《水电工程等级划分及洪水标准》（NB/T 11012-2022）的规定，确定本工程规模为三等中型工程，挡水建筑物混凝土面板堆石坝为 2 级（挡水大坝高度为 83.8m，超过了 70m，大坝级别提高为 2 级，但洪水标准不提高），泄水建筑物、引水系统及发电厂房建筑物等为 3 级，次要建筑物为 4 级，临时建筑物为 5 级。

为贯彻《中华人民共和国安全生产法》“坚持以人为本、坚持安全发展、坚持安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产方针，落实《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（安监总局令第 36 号，安监总局令第 77 号修订）要求，甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司委托我公司对杂木河神树水电站工程进行安全验收评价工作，并编制安全验收评价报告。安全验收评价报告的结论为：杂木河神树水电站工程安全设施已与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用，劳动设施基本按照初步设计方案设计全部建成。从安全生产角度看：杂木河神树水电站工程具备安全设施竣工验收条件。

我公司以委托方提供的证件、文件和各种基础资料以及评价组现场检查情况为评价依据，遵循科学性、公正性、合理性和针对性的原则开展本工程的安全评价工作，并对评价结果负责。委托方有义务提供真实的证件、文件和各种基础资料，应对其真实性负责。若委托方提供虚假的证件、文件和资料等，造成评价结果错误或失真，我公司将不

承担法律责任。

2023年10月20日，甘肃电投大容电力有限责任公司组织专家召开会议，对甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告进行评审，专家组同意通过安全验收评价报告评审，并对验收评价报告提出了部分修改意见和建议，会后评价组按照专家组和每位专家意见修改完成了本报告（备查稿）。

在评价过程中，得到了委托单位的积极配合，在此表示衷心的感谢！

北京国泰民康安全技术中心

2023年11月20日

目 录

1 编制说明	- 1 -
1.1 安全验收评价目的、范围、工作经过和程序	- 1 -
1.2 安全验收评价依据.....	- 3 -
1.3 建设单位及各参加单位简介	- 10 -
2 建设项目概况	- 12 -
2.1 工程概述.....	- 12 -
2.2 工程地理位置及周边环境	- 14 -
2.3 水文、泥沙和气象条件.....	- 15 -
2.4 工程地质	- 31 -
2.5 项目任务与规模	- 52 -
2.6 工程枢纽总体布置.....	- 53 -
2.7 机电设备及金属结构	- 55 -
2.8 主要设施、设备	- 59 -
2.9 消防	- 61 -
2.10 采暖通风	- 62 -
2.11 安全监测	- 63 -
2.12 经济技术指标	- 64 -
2.13 主要安全卫生设施和技术措施	- 65 -
2.14 安全生产管理机构、管理制度、应急预案	- 65 -
2.15 工程建设过程及运行情况	- 66 -
2.16 重大设计变更.....	- 67 -
2.17 枢纽工程专项验收和消防工程专项验收结论.....	- 68 -
2.18 工程特性表.....	- 69 -
3 危险、有害因素及重大危险源辨识与分析	- 72 -
3.1 辨识与分析危险、有害因素的依据	- 72 -

3.2	坝址选择和总体布置危险、有害因素辨识与分析	- 72 -
3.3	周边环境危险、有害因素辨识与分析	- 72 -
3.4	主要建（构）筑物危险、有害因素辨识与分析	- 73 -
3.5	主要设备危险、有害因素辨识与分析	- 81 -
3.6	生产过程中的危险、有害因素辨识与分析	- 88 -
3.7	生产作业场所所有害因素辨识与分析	- 94 -
3.8	厂内外交通危险、有害因素辨识与分析	- 97 -
3.9	安全管理危险、有害因素分析	- 98 -
3.10	重大危险源辨识	- 98 -
4	评价单元划分和评价方法选择	- 100 -
4.1	评价单元划分原则	- 100 -
4.2	划分的评价单元	- 100 -
4.3	评价方法的选择	- 101 -
5	合规性评价和危险危害程度的评价	- 103 -
5.1	法律、法规符合性单元	- 103 -
5.2	安全预评价和安全设施设计变更符合性单元	- 106 -
5.3	工程选址及枢纽总布置单元	- 112 -
5.4	水库近坝库岸单元	- 114 -
5.5	挡水建筑物单元	- 117 -
5.6	泄水建筑物单元	- 120 -
5.7	引水系统单元	- 121 -
5.8	厂房及发电系统单元	- 125 -
5.9	升压站单元	- 132 -
5.10	尾水系统单元	- 134 -
5.11	厂内外交通工程单元	- 135 -
5.12	公用工程单元	- 137 -
5.13	安全监测系统单元	- 140 -

5.14 特种设备和强制检测设备单元	- 141 -
5.15 作业环境单元	- 144 -
5.16 安全投资单元	- 146 -
5.17 安全管理单元	- 147 -
6 安全风险管控措施建议	155
6.1 安全风险管控措施建议的依据、原则	155
6.2 存在问题及整改措施	155
7 安全验收评价结论	157
7.1 工程运行中存在的主要危险、有害因素	157
7.2 合规性评价的综合结果	157
7.3 评价结论	158
8 附件、附图目录	159
8.1 附件目录	159
附件 1: 安全评价委托书	159
附件 2: 营业执照	159
附件 3: 项目核准批复文件	159
附件 4: 安全预评价报告备案的函	159
附件 5: 安全设施设计专家意见及修改说明	159
附件 6: 接入系统方案电气一次系统设计评审意见	159
附件 7: 接入系统方案电气二次系统设计评审意见	159
附件 8: 地质灾害评估备案表	159
附件 9: 地震安全性评价报告评审意见的批复	159
附件 10: 初步设计批复	159
附件 11: 首台机组启动验收质量与安全监督报告	159
附件 12: 3 台机组启动试验报告	159
附件 13: 神树水电站工程蓄水安全鉴定报告	159

附件 14: 神树水电站消防验收备案凭证.....	159
附件 15: 枢纽工程下闸蓄水验收鉴定书.....	159
附件 16: 起重机械检验报告及注册使用登记证 (桥门式起重机)	159
附件 17: 压力容器 (压油罐、空压罐) 检测报告及使用登记证	159
附件 18: 特种作业人员资格证书及台账.....	159
附件 19: 设计、土建施工、设备安装、监理单位资质证书	159
附件 20: 监理总结报告.....	159
附件 21: 施工总结报告.....	159
附件 22: 防雷检测报告.....	159
附件 23: 应急预案备案文件.....	159
附件 24: 机组并网通知书及整套启动试运前及 110kV 受电前质量监督检查报告.	159
附件 25: 公司主要人员安全管理资格证书	159
附件 26: 作业场所有害因素检测报告	159
附件 27: 关于神树电站大坝 (毛藏水库) 坝面通行情况的解决方案.....	159
附件 28: 存在问题整改反馈.....	160
附件 29: 报告专家评审意见.....	160
附件 30: 报告专家评审意见修改说明	160
8.2 附图目录.....	160
附图 1: 大坝枢纽平面布置图 (竣工图)	160
附图 2: 厂区总平面布置图 (竣工图)	160
附图 3: 发电机层平面布置图 (竣工图)	160
附图 4: 水轮机层平面布置图 (竣工图)	160
附图 5: 电气主接线图 (竣工图)	160

1 编制说明

1.1 安全验收评价目的、范围、工作经过和程序

1.1.1 安全验收评价目的

本次对杂木河神树水电站进行安全验收评价的目的是：

- (1) 检查建设项目安全设施是否与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用的情况；
- (2) 检查安全生产管理措施到位情况；
- (3) 检查安全生产规章制度的建立与执行情况，风险管控措施是否有效；
- (4) 检查应急预案建立情况；
- (5) 审查确定建设项目与安全生产法律、法规、规章、标准、规范的符合性；
- (6) 从整体上确定建设项目运行状况和安全管理情况，做出安全验收评价结论；
- (7) 为安全生产监督管理部门实施监督，提供技术依据。

1.1.2 安全验收评价范围

根据业主单位与我公司签订的安全评价委托合同和委托书的约定，本次验收评价范围是对该水电站建设项目安全设施设计中设计的安全设施及其安全管理部分进行评价。

本项目评价范围具体包括：法律法规符合性、安全设施设计、工程选址及枢纽总布置、挡水建筑物、近坝库岸、泄水建筑物、升压站、厂房及发电系统、引水系统、公用工程、尾水系统、厂内交通、安全监测系统、特种设备和强制检测设备、作业环境、安全投资、安全管理等。

本工程输配电送出工程、移民工程不在本次评价范围内。

凡涉及到本项目消防、环保、地质灾害等，应执行国家有关标准和规定，并以相关部门批准、批复和文件为准。

1.1.3 安全验收评价工作经过

- (1) 2022年6月2日至4日，给业主提供资料清单，业主按照资料清单提供电子版资；
- (2) 2022年6月25日，给企业反馈缺少的资料清单；
- (3) 2022年7月至12月10日，业主继续提供缺少的资料；
- (4) 2022年12月13日至14日，评价组到现场进行勘测、查评，提出现场需要整

改的问题；

(5) 2022年12月15日至12月20日依据《水电工程安全验收评价报告编制规程》(NB/T35014-2021)编制该工程《安全验收评价报告》；

(6) 2022年12月下旬完成《安全验收评价报告》初稿，和业主交换意见、公司内部审核；

(7) 2023年8月30日完成《安全验收评价报告》(送审稿)，报告交付业主。

1.1.4 安全验收评价程序

本次验收评价程序包括：前期准备；辨识与分析危险、有害因素；划分评价单元；选择评价方法；符合性评价和危险危害程度评价；提出安全对策措施建议；做出安全验收评价结论；编制安全验收评价报告等。详见评价程序图(图1-1)：

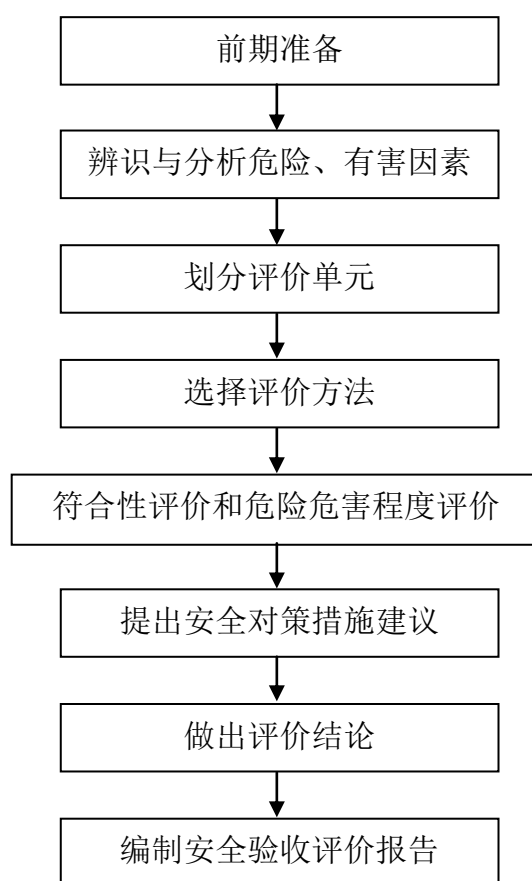


图 1-1 安全验收评价程序框图

1.2 安全验收评价依据

1.2.1 国家法律、法规

- (1) 《中华人民共和国安全生产法》(主席令〔2002〕第 70 号,主席令〔2021〕第 88 号修正)
- (2) 《中华人民共和国劳动法》(主席令〔1994〕第 28 号,主席令〔2018〕第 24 号修正)
- (3) 《中华人民共和国消防法》(主席令〔1998〕第 4 号,主席令〔2021〕第 81 号修正)
- (4) 《中华人民共和国突发事件应对法》(主席令〔2007〕第 69 号)
- (5) 《中华人民共和国气象法》(主席令〔1999〕第 23 号,主席令〔2016〕第 57 号修正)
- (6) 《中华人民共和国防震减灾法》(主席令〔1997〕第 94 号,主席令〔2008〕第 7 号修正)
- (7) 《中华人民共和国建筑法》(主席令〔1997〕第 91 号,主席令〔2019〕第 29 号修正)
- (8) 《中华人民共和国电力法》(主席令〔1995〕第 60 号,主席令〔2018〕第 23 号修正)
- (9) 《中华人民共和国特种设备安全法》(主席令〔2013〕第 4 号)
- (10) 《中华人民共和国防洪法》(主席令〔1997〕第 88 号,2016 年主席令第 48 号修正)
- (11) 《中华人民共和国可再生能源法》(主席令〔2005〕第 33 号,主席令〔2009〕第 23 号修正)
- (12) 《中华人民共和国职业病防治法》(主席令〔2001〕第 60 号,主席令〔2018〕第 24 号修正)
- (13) 《危险化学品安全管理条例》(国务院令〔2002〕第 344 号,国务院令〔2013〕第 645 号修订)
- (14) 《破坏性地震应急条例》(国务院令〔1995〕第 172 号,国务院令〔2011〕第 588 号修订)
- (15) 《地质灾害防治条例》(国务院令第 394 号)

- (16) 《特种设备安全监察条例》(国务院令(2003)第373号,国务院令(2009)第559号修订)
- (17) 《水库大坝安全管理条例》(国务院令(1991)第77号,国务院令(2018)第698号修订)
- (18) 《电力设施保护条例》(国务院令第239号)(国务院令(1987),国务院令(2011)第588号修订)
- (19) 《电力监管条例》(国务院令第432号)
- (20) 《电力安全事故应急处置和调查处理条例》(国务院令第599号)
- (21) 《中华人民共和国防汛条例》(国务院令(1991)第86号,国务院令(2011)第588号修订)
- (22) 《气象灾害防御条例》(国务院令(2010)第570号,国务院令(2017)第687号修订)
- (23) 《生产安全事故应急条例》(国务院令第708号)

1.2.2 政府规章、规范性文件

- (1) 《生产经营单位安全培训规定》(原国家安监总局令(2010)第3号,原国家安监总局令(2015)第80号修订)
- (2) 《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》(原国家安监总局令(2010)第36号,原国家安监总局令(2015)第77号修订)
- (3) 《电力安全生产监管办法》(国家发展和改革委员会令〔2015〕第21号)
- (4) 《水库大坝安全管理应急预案编制导则》(SL/Z 720-2015)
- (5) 《水电建设工程安全设施竣工验收办法》(水电规办〔2005〕0002号)
- (6) 《水电建设工程安全设施竣工验收办法补充规定》(水电规办〔2006〕0011号)
- (7) 《防止电力生产事故的二十五项重点要求》(国能安全〔2014〕161号,国能发安全〔2023〕22号修订)
- (8) 《国家能源局关于印发〈电力企业应急预案管理办法〉的通知》(国能安全〔2014〕508号修订)
- (9) 《国家能源局综合司关于印发〈电力企业应急预案评审与备案细则〉的通知》(国能安全〔2014〕953号)

- (10) 《国家能源局关于印发<电力安全事件监督管理规定>的通知》(国能安全〔2014〕205号)
- (11) 《水电工程验收管理办法》(2015年修订版)(国能新能〔2015〕426号)
- (12) 《国家能源局综合司关于深入开展电力企业应急能力建设评估工作的通知》(国能综安全[2016]542号)
- (13) 《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令〔2015〕23号)
- (14) 《水库防洪抢险应急预案编制大纲》(办海字〔2006〕第9号)
- (15) 《企业安全生产责任体系五落实五到位规定》(安监总办〔2015〕第27号)
- (16) 《国务院办公厅关于加快应急产业发展的意见》(国办发〔2014〕63号)
- (17) 《国务院关于进一步强化企业安全生产工作的通知》(国发〔2010〕23号)
- (18) 《国家能源局综合司(关于深入开展电力企业应急能力建设评估工作)的通知》(国能综安全〔2016〕542号)
- (19) 《国家能源局关于印发(水电站大坝安全监测工作管理办法)的通知》(国能发安全〔2017〕61号)
- (20) 国家能源局综合司关于印发《重大电力安全隐患判定标准(试行)》的通知: 国能综通安全〔2022〕123号
- (21) 国家能源局关于印发《电力行业网络安全等级保护管理办法》的通知: 国能发安全规〔2022〕101号
- (22) 国家能源局关于印发《电力行业网络安全管理办法》的通知: 国能发安全规〔2022〕100号
- (23) 国家能源局综合司关于印发《电力安全事故应急演练导则》的通知国能综通安全〔2022〕124号
- (24) 国家能源局关于印发《电力行业公共信用综合评价标准(试行)》的通知(国能发资质规〔2023〕28号)
- (25) 《建设项目职业病防护设施“三同时”监督管理办法》(国家安全生产监督管理总局令第90号)
- (26) 《国家能源局关于印发进一步加强电力建设工程质量监督管理工作意见的通知》(国能发安全〔2018〕21号)
- (27) 《国家能源局关于印发电力企业应急能力建设评估管理办法的通知》(国能

发安全〔2020〕66号)

1.2.3 地方性法规、地方政府规章

(1)《甘肃省安全生产条例》(甘肃省人民代表大会常务委员会公告〔2016〕第39号,甘肃省人民代表大会常务委员会公告第142号,2023年修订)

(2)《甘肃省生产经营单位安全生产主体责任规定》(甘肃省人民政府令〔2017〕第133号)

(3)《甘肃省消防条例》(甘肃省人民代表大会常务委员会公告〔2010〕第27号,甘肃省人民代表大会常务委员会公告第70号,2021年修订)

(4)《甘肃省防震减灾条例》(甘肃省人民代表大会常务委员会公告〔2011〕第46号,甘肃省人民代表大会常务委员会公告第99号,2022年修订)

(5)《关于开展全省水电开发建设安全生产专项整治活动的通知》(甘安监管二〔2011〕265号)

(6)《甘肃省生产安全事故隐患排查治理办法》(甘肃省人民政府令第127号)

(7)《甘肃省建设工程质量和建设工程安全生产管理条例》(甘肃省人大常委会第二十五次会议修订,2021年10月1日施行)

(8)《甘肃省建设安全事故应急预案》(甘政办发〔2022〕5号)

1.2.4 国家标准

(1)《建筑防火通用规范》GB 55037-2022

(2)《建筑设计防火规范》GB 50016-2014(2018年版)

(3)《消防设施通用规范》GB 55036-2022

(4)《危险化学品重大危险源辨识》GB 18218-2018

(5)《危险货物品名表》GB 12268-2012

(6)《工业企业总平面设计规范》GB 50187-2012

(7)《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010

(8)《防止静电事故通用导则》GB 12158-2006

(9)《生产过程安全卫生要求总则》GB 12801-2008

(10)《安全色》GB 2893-2008

(11)《安全标志及其使用导则》GB 2894-2008

(12)《消防安全标志设置要求》GB15630-1995

- (13) 《通用用电设备配电设计规范》 GB 50055-2011
- (14) 《防洪标准》 GB 50201-2014
- (15) 《固定式钢梯及平台安全要求 第 1 部分：钢直梯》 GB4053.1-2009
- (16) 《固定式钢梯及平台安全要求 第 2 部分：钢斜梯》 GB4053.2-2009
- (17) 《固定式钢梯及平台安全要求 第 3 部分：工业防护栏杆及钢平台》 GB4053.3-2009
- (18) 《用电安全导则》 GB/T13869-2017
- (19) 《生产过程危险和有害因素分类与代码》 GB/T13861-2022
- (20) 《工业企业设计卫生标准》 GBZ 1-2010
- (21) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》 GBZ 2.1-2019/XG1-2022
- (22) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素》 GBZ 2.2-2007
- (23) 《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》 GB/T 14173-2008
- (24) 《水轮发电机组安装技术规范》 GB /T8564-2003
- (25) 《水电工程设计防火规范》 GB50872-2014
- (26) 《电力设施抗震设计规范》 GB50260-2013
- (27) 《国家电气设备安全技术规范》 GB19517-2009
- (28) 《低压配电设计规范》 GB50054-2011
- (29) 《电力安全工作规程 电力线路部分》 GB26859-2011
- (30) 《电力安全作业规程 发电厂和变电站电气部分》 GB26860-2011
- (31) 《电业安全工作规程 第 I 部分：热力和机械》 GB26164.1-2010
- (32) 《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》 GB/T 29639-2020
- (33) 《水工建筑物抗冰冻设计规范》 GB/T50662-2011
- (34) 《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB 50706-2011
- (35) 《砌体结构工程施工质量验收规范》 GB50203-2011
- (36) 《砌体结构通用规范》 GB 55007-2021
- (37) 《大坝安全监测系统验收规范》 GB/T22385-2008
- (38) 《继电保护及安全自动装置技术规程》 GB/T 14285-2006
- (39) 《电力监控系统网络安全防护导则》 GB / T 36572 – 2018

(40) 《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150-2016

1.2.5 电力行业标准、规范

(1) 《水工建筑物荷载设计规范》DL 5077-1997

(2) 《水工混凝土结构设计规范》NB/T 11011-2022

(3) 《水电工程水工建筑物抗震设计规范》行业标准第 1 号修改单 NB 35047-2015/XG1-2021

(4) 《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》SL/T 381-2021

(5) 《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014

(6) 《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021

(7) 《电力设备典型消防规程》DL5027-2015

(8) 《水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范》DL/T 5017-2007

(9) 《高电压测试设备通用技术条件 第 6 部分 六氟化硫气体检漏仪》DL/T 846.6-2018

(10) 《六氟化硫电气设备气体监督导则》DL/T 595-2016

(11) 《水轮发电机组启动试验规程》DL/T 507-2014

(12) 《水电工程等级划分及洪水标准》NB/T 11012-2022

(13) 《电力生产人身事故伤害分类与代码》DL/T 518-2012

(14) 《六氟化硫电气设备运行、试验及检修人员安全防护细则》DL/T 639-2016

(15) 《电力设施治安风险等级和安全防范要求》GA1089-2013

(16) 《高压配电装置设计规范》DL/T 5352-2018

(17) 《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》NB/T 11015-2022

(18) 《水电厂计算机监控系统运行及维护规程》DL/T 1009-2016

(19) 《电力工程直流系统设计技术规程》DL/T 5044-2014

(20) 《水电工程安全验收评价报告编制规程》NB/T 35014-2021

(21) 《水力发电厂火灾自动报警系统设计规范》NB/T 10881-2021

(22) 《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021

(23) 《溢洪道设计规范》NB/T 10867-2021

(24) 《水电站进水口设计规范》NB/T 10858-2021

(25) 《水电工程泥沙设计规范》NB/T 35049-2015

(26) 《水电站压力钢管设计规范》行业标准第 1 号修改单 NB/T 35056-2015

/XG1-2021

- (27) 《水电工程劳动安全与工业卫生验收规程》NB/T 35025-2014
- (28) 《水力发电厂继电保护设计规范》NB/T35010-2013
- (29) 《水力发电厂照明设计规范》NB/T35008-2013
- (30) 《水电工程水情自动测报系统设计规范》NB/T35003-2013
- (31) 《水力发电厂自动化设计技术规范》NB/T35004-2013
- (32) 《水力发电厂采暖通风与空气调节设计规范》NB/T35040-2014
- (33) 《水力发电厂接地设计技术导则》NB/T 35050-2015
- (34) 《水力发电厂厂用电设计规程》NB/T35044-2014
- (35) 《水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》NB 35074-2015
- (36) 《水电工程验收规程》NB/T35048-2015
- (37) 《水力发电厂通信设计规范》NB/T 35042-2014
- (38) 《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》NB/T 35067-2015
- (39) 《水电站厂房设计规范》NB 35011-2016
- (40) 《水力发电厂二次接线设计规范》NB/T 35076-2016
- (41) 《水力发电厂工业电视系统设计技术规范》NB/T35002-2011
- (42) 《继电保护和电网安全自动装置检验规程》DL/T 995-2016
- (43) 《电气装置安装工程质量检验及评定规程》DL/T 5161.1-2018

1.2.6 安全生产行业标准及其其他标准

- (1) 《安全评价通则》(AQ8001-2007)
- (2) 《安全验收评价导则》(AQ8003-2007)
- (3) 《起重机械定期检验规则》(TSG Q7015-2016)
- (4) 《安全阀安全技术监察规程》(TSG ZF001-2006, 2009 修订)
- (5) 《固定式压力容器安全技术监察规程》行业标准第 1 号修改单 (TSG 21-2016/XG1-2020)

1.2.7 建设单位提供的资料

- (1) 工程项目核准文件
- (2) 工程可研报告及其配套图纸
- (3) 安全预评价报告及其审查意见

- (4) 工程质量监督检查报告、枢纽鉴定报告
- (5) 工程初步设计报告
- (6) 安全验收评价合同及委托书
- (7) 被评价单位提供的其他相关资料

1.3 建设单位及各参加单位简介

1.3.1 建设单位简介

甘肃电投大容电力有限责任公司成立于 2010 年 7 月 9 日，注册资金贰亿零捌佰万元，法定代表邢永欣，定员 450 人，设置有安全环保部，负责公司下属各个水电站安全生产监督和安全管理。

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司属于甘肃电投大容电力有限责任公司下属公司，主要运营神树水电站，定员员工共 36 人，设置经理 1 名，主管安全副经理 1 名，设置有发电运行部、设备保障部、水工运维部、综合事务部等 4 个部门，配置 1 名专职安全管理人员。

1.3.2 各参建单位简介

建设单位：甘肃电投大容电力有限责任公司

设计单位：中国水电顾问集团西北勘测设计研究院（综合甲级勘测设计院）、甘肃省水利水电勘测设计研究院

监理单位：湖南水利水电工程监理承包总公司（水利工程施工监理甲级，各个等级水利水电工程监理）

质量监督单位：武威市水利工程质量监督和安全管理站

主要施工单位：

中国水利水电第三工程局有限公司（承包首部枢纽土建及安装工程、厂房机电设备安装工程）

四川中项建设工程有限公司、中国铁建大桥工程局有限公司（承包发电引水系统工程）

中国铁建大桥工程局有限公司（承包发电厂房土建工程）

中国水利水电第四工程局有限公司（承包厂房压力管道制作安装工程）

贵阳南明工程监测有限公司（承建大坝安全监测工程，负责所有工程安全监测仪器

安装、施工和调试任务)。

以上单位均具备相应的资质，具体见报告附件，各个单位资质证书复印件。

2 建设项目概况

2.1 工程概述

甘肃杂木河神树水电站是杂木河规划毛藏寺至渠首河段水电梯级开发的第一个梯级。坝址以上控制流域面积 611km^2 ，多年平均流量 $6.97\text{m}^3/\text{s}$ 。坝址区至厂房区之间有一条四级交通道路，交通便利。

毛藏寺水库的主要任务是向武威城区、杂木灌区提供城乡居民生活用水，向武威工业园区、杂木灌区提供工业用水，向杂木灌区提供生态、农业灌溉用水，神树水电站是利用以上供水水量进行发电的综合性枢纽工程。电调服从水调，采用引水式开发，枢纽建筑物主要由首部枢纽、引水系统（引水隧洞、压力钢管）和岸边厂房组成。坝址位于上游峡谷口以下约 800m 处（小毛藏沟汇口下游附近），距渠首约 33km 。引水系统位于左岸山体内，洞线长度约 15.8km ，厂房位于深沟上游约 1.6km 的左岸。水库正常蓄水位为 2661.5m ，相应库容 0.401 亿 m^3 ，电站额定水头 414m ，设计引用流量 $15.0\text{m}^3/\text{s}$ ，电站总装机容量 52MW ，多年平均发电量 1.535 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，年利用小时数 2952h ，工程总投资 69992.98 万元。根据《水电工程等级划分及洪水标准》（NB/T 11012-2022）的规定，确定本工程规模为三等中型工程，挡水建筑物混凝土面板堆石坝为 2 级（挡水大坝高度为 83.8m ，超过了 70m ，大坝级别提高为 2 级，但洪水标准不提高），泄水建筑物、引水系统及发电厂房建筑物等为 3 级，次要建筑物为 4 级，临时建筑物为 5 级，地震设防烈度为 VIII 度。

神树水电站首部枢纽工程由拦水大坝，左岸开敞式溢洪道，左岸泄洪排沙洞，左岸引水发电洞等部分组成。水库总库容为 4183 万 m^3 ，兴利库容为 3732 万 m^3 ，50 年淤积量为 418 万 m^3 ，死库容为 278 万 m^3 ，调洪库容为 173 万 m^3 。挡水大坝采用砼面板堆石坝，最大坝高 83.8m ，坝顶长度 217.39m 。

2006 年 12 月取得了武威市发展和改革委员会《关于印发武威市杂木河毛藏寺至渠首河段水电梯级规划方案审查会议纪要的通知》（武发改工交〔2006〕489 号）。

2009 年 4 月，大容公司委托中国水电顾问集团西北勘测设计研究院对杂木河毛藏寺至渠首河段水电梯级规划进行方案调整研究工作。

2009 年 6 月 10 日，武威市发改委组织召开杂木河毛藏寺至渠首河段水电梯级方案调整设计补充报告审查会，通过了《规划方案调整设计补充报告》。

2009 年 6 月 16 日，甘肃电投大容电力有限责任公司与武威市发改委签订杂木寺二

级水电站开发建设项目投资协议。

2009年12月2日取得了甘肃省发改委《关于甘肃电投大容电力有限责任公司开展杂木河杂木寺二级（神树）水电站项目前期工作的复函》（〔2009〕甘发改能源函字第60号）。

2011年2月26日取得了甘肃省林业厅《甘肃省林业厅关于在甘肃祁连山国家级自然保护区建设杂木河神树水电站的意见》（甘林资函〔2011〕70号）。

2011年6月2日取得了甘肃省地震局《关于甘肃省武威市杂木河毛藏寺水库工程坝址及枢纽工程场地地震安全性评价报告评审意见的批复》（甘震发〔2011〕90号）。

2011年11月8日，甘肃省国土资源厅对《杂木河神树蓄能电站地质灾害危险性评估报告》同意备案。

2011年12月20日取得了甘肃省地震局《关于武威市杂木河神树水电站引水隧洞及厂房区工程场地地震安全性评价报告评审意见的批复》（甘震发〔2011〕232号）。

2011年12月27日取得了甘肃省安全生产监督管理局《关于甘肃电投大容电力有限责任公司杂木寺二级（神树）水电站工程安全预评价报告备案的函》。

2012年5月11日取得了甘肃省林业厅《关于杂木河杂木寺二级（神树）水电站工程项目占用林地的审核意见》（甘林资函〔2012〕268号）。

2012年5月11日取得了甘肃省林业厅《关于杂木河杂木寺二级（神树）水电站工程项目临时占用林地的批复》（甘林资函〔2012〕269号）。

2012年7月28日武威市人民政府办公室下发了《武威市人民政府办公室关于印发毛藏寺水库与神树蓄能电站大坝合并建设设计协调会议纪要的通知》（武政办发〔2012〕207号）。

2012年9月武威市人民政府和甘肃电投大容电力有限责任公司签订了《毛藏寺水库与神树蓄能电站大坝工程合并建设协议书》。

2013年6月20日取得了甘肃省电力公司《甘肃省电力公司关于杂木河神树水电站接入系统一次设计评审意见的通知》（甘电司发展〔2013〕659号）。

2013年7月5日取得了甘肃省国土资源厅《甘肃省国土资源厅关于甘肃电投天祝县杂木河神树水电站工程建设用地预审的意见》（甘国土资规发〔2013〕97号）。

2013年9月9日取得了甘肃省发改委《甘肃省发展和改革委员会关于武威市杂木河毛藏寺水库枢纽工程初步设计的批复》（甘发改农经〔2013〕1630号）。

2012年11月25日导流洞开始施工，导流洞于2013年5月10日贯通。

2013年6月18日成功实现截流过水。

2013年9月26日大坝开始填筑，于2014年5月18日填筑至2661.8m高程，2015年5月26日大坝面板开始浇筑，2015年8月15日大坝面板混凝土全部浇筑完成。

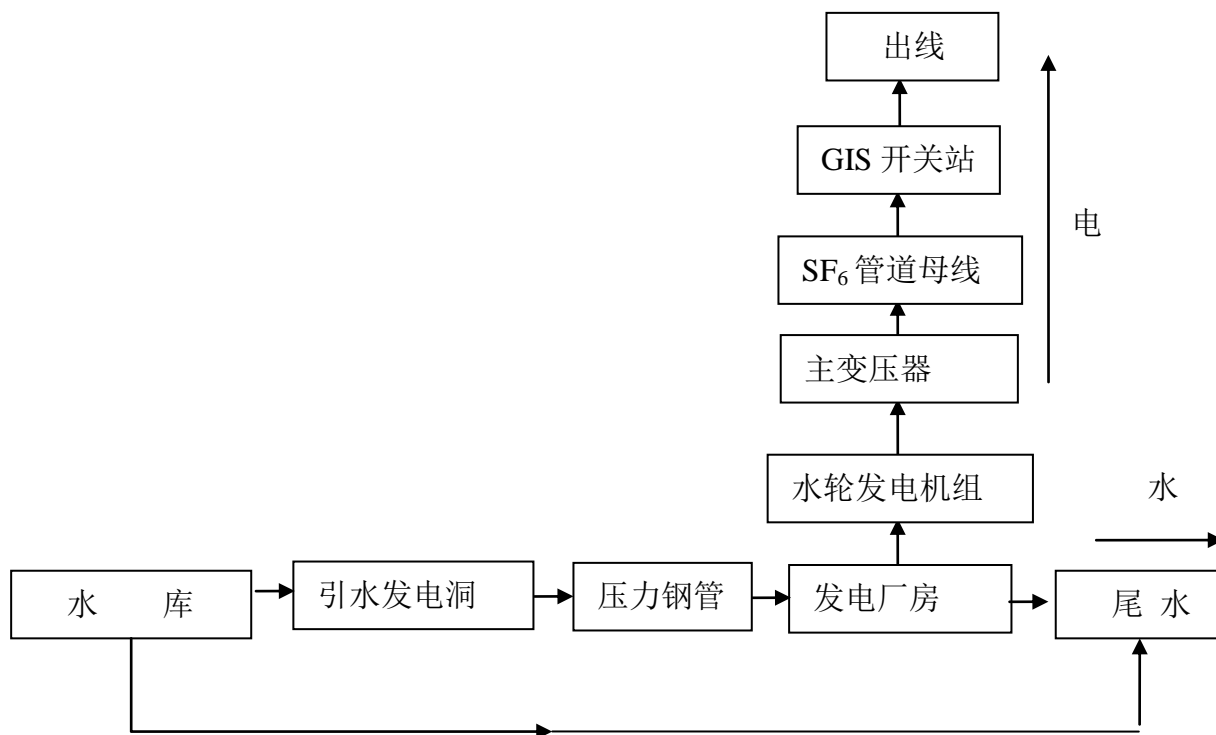
2016年12月首部枢纽工程主体全部完成。2021年9月18日完成大坝安全鉴定。

2021年10月19日15:15分#1机组首次启动并网发电。

2021年9月25日12:51分2#机组首次启动并网发电。

2021年10月10日8:32分#3机组首次启动并网发电。

本工程主要工艺流程如下：



2.2 工程地理位置及周边环境

毛藏寺水库（神树水电站）枢纽工程位于甘肃省境内的天祝藏族自治县毛藏乡境内的杂木河干流上游，大、小毛藏河交汇口下游约380m处，其地理位置为东经102°26′40″、北纬37°31′10″。坝址距毛藏乡约3.5km，距杂木河出山口（杂木渠首）约32.5km。输水管线起于杂木渠首，位于凉州区内。坝址以上控制流域面积611km²，多年平均流量6.97m³/s。坝址区至厂房区之间有一条四级交通道路，交通便利。

周边500m没有村庄、厂矿企业，周边环境良好。

2.3 水文、泥沙和气象条件

2.3.1 水文

2.3.1.1 流域概况

杂木河又名闸渠河，属河西内陆河石羊河水系。杂木河发源于祁连山脉冷龙岭东段，河源海拔高程 4847m，源地终年积雪、有少量冰川分布。杂木寺以上河段穿流于群山峡谷之中，这一河段只有少数游牧民，人烟稀少，基本上没有引水工程和水利设施，水土基本上保持着天然状态。河流由杂木寺出山后进入走廊平地，河川径流状态发生了很大变化，一部分径流被引入渠道，用于灌溉农田及人畜饮水；一部分河川径流潜入地下，由地表水转化为地下水；再一部分径流沿河道继续下流，在武威四坝附近汇入石羊河。

依据工程投运监测资料，杂木河流向基本上是由西向东，在小台子附近折转流向东北。流域地势是西南高、东北低。流域上游山势陡峭，山高谷深，大多为石质山，局部分布有松木林，大部分为高山草原，植被良好，水土流失轻微。

杂木河流域呈羽状分布，主河道沿程两岸多有支流加入，较大的支流有玉龙沟、花龙沟、车龙沟、半洋河、响水河及小毛藏河等。杂木河流域水系及工程分布示意图见图 2.3-1。

杂木寺水文站位于杂木河出山口处，为国家基本水文测站。杂木寺水文站测验项目较为齐全，资料系列完整，精度可靠。其建站于 1951 年 7 月，控制流域面积 851km²。毛藏寺设有一处雨量站（无蒸发），自 1965 年开始有降水资料至今。

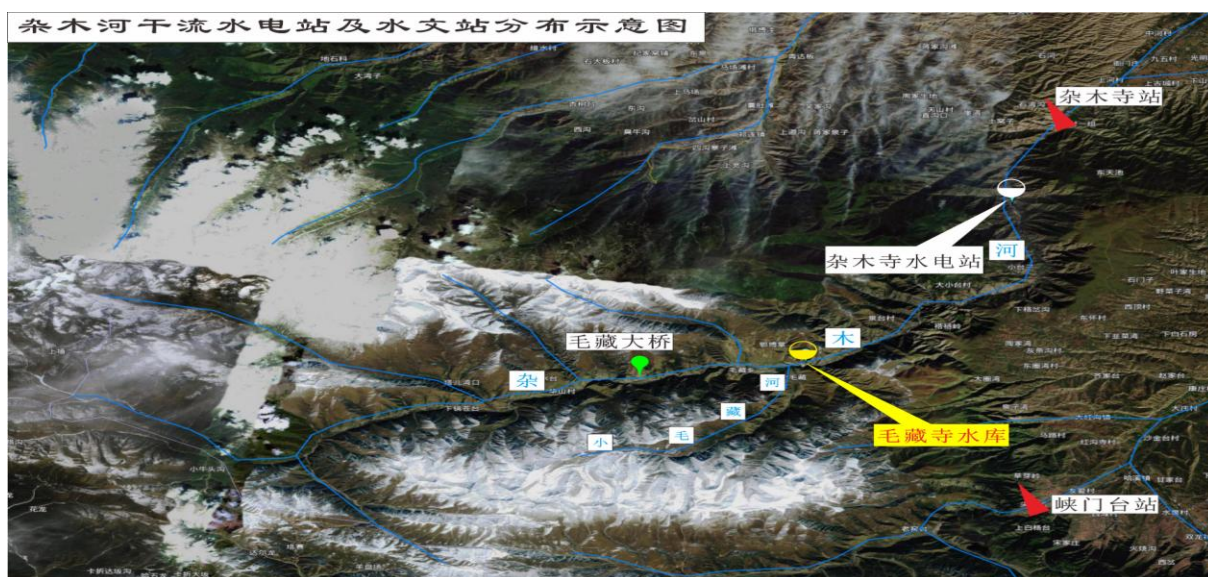


图 2.3-1 杂木河流域水系及工程分布示意图

2.3.1.2 水文基本资料

毛藏寺水库坝址（神树水电站）处无水文统计资料，但在其下游出山口处设有杂木寺水文站为国家基本水文测站。1951年7月设站，原为上番寨站，1955年改名为杂木寺站，自1956年至今，已具有精度好、系列长、较为完整的水文整编资料，径流资料系列截止到2016年（ $n=60a$ ），其作为毛藏寺水库径流分析的主要依据；本次收集到杂木寺水文站1952~2020年实测洪峰流量，其作为毛藏寺水库洪水分析的主要依据。

2.3.2 泥沙

杂木寺水文站自1955年开始有泥沙测验资料。1955~1959年有个别月份缺测或漏测，故此泥沙资料统计从1960年开始到2009年。

本流域泥沙大多集中在汛期4~9月份，10~3月份泥沙所占冰情比重很小。根据杂木寺水文站多年实测资料统计：4~9月份的沙量约占全年总沙量的99.66%，而10~3月份只占0.34%左右。杂木寺多年平均悬移质输沙量为 $13.88 \times 10^4 t$ ，多年平均侵蚀模数 $163.1 t/km^2 a$ 。多年平均输沙率 $4.398 kg/s$ ，平均含沙量 $0.562 kg/m^3$ 。实测最大断面平均含沙量 $118 kg/m^3$ （1986年7月3日）。

利用该侵蚀模数推得神树多年平均悬移质输沙量为 $9.97 \times 10^4 t$ 。多年平均输沙率 $3.159 kg/s$ ，平均含沙量 $0.453 kg/m^3$ 。推移质沙量按悬移质输沙量的25%考虑，毛藏寺水库多年平均悬移质输沙量为 $2.49 \times 10^4 t$ ，毛藏寺水库总输沙量为 $12.46 \times 10^4 t$ 。

毛藏寺水库坝址处悬移质输沙量借用杂木寺站各月百分率进行分配。由于10~3月份水量较小，挟沙能力亦小。因此推移质沙量按悬移质沙量比例分配到4~9月份汛期。成果见表2.3-1。

表 2.3-1 毛藏寺水库（神树水电站）坝址处月、年输沙量成果表

月份	百分比 (%)	悬移质 (万t)	推移质 (万t)	总沙量 (万t)
1月	0.01	0.0006	0	0.0006
2月	0.004	0.0004	0	0.0004
3月	0.20	0.020	0	0.020
4月	7.33	0.731	0.183	0.914
5月	21.18	2.112	0.529	2.641
6月	9.70	0.967	0.242	1.209
7月	24.23	2.416	0.606	3.022
8月	32.34	3.227	0.809	4.036
9月	4.85	0.483	0.121	0.604

月份	百分比 (%)	悬移质 (万t)	推移质 (万t)	总沙量 (万t)
10月	0.100	0.010		0.010
11月	0.020	0.002		0.002
12月	0.010	0.001		0.001
全年	100	9.97	2.49	12.46

2.3.3 径流

据杂木寺水文站实测资料，每年三、四月份由于气温逐渐回升，冰融雪消河床径流渐丰，形成年内第一次较大起伏，即春汛期，这一时期河川径流量约占全年径流总量的 7.46%；五至六月份为主汛前过渡期，河川径流量约占全年径流总量的 27.04%；七至九月份为主汛期，补给以降水为主，遇暴雨则形成洪水，河川径流量约占全年径流总量的 51.41%，其中 7、8 两个月就占到全年的 36.71%；十至十一月份为退水期，径流量占全年的 10.15%；随后河川径流逐渐回落，漫漫进入枯水期，这一阶段时间较长，要延至次年二月份，大气降水以固态形式储存在流域内，河川径流以地下水补给为主，径流量占全年的 3.94%。

杂木寺站实测最大流量为 $415\text{m}^3/\text{s}$ ，发生在 1958 年 6 月 23 日，杂木寺站实测最小流量为 $0.20\text{m}^3/\text{s}$ ，发生在 1975 年 3 月 16 日。

1966 年 8 月原水利厅设计院在搞杂木河流域规划时，曾在坝址上游毛藏大桥处进行了短期的测流工作，毛藏大桥位于小毛藏河汇口以上 1200m 处，通过与杂木寺站进行了相关分析， $Q_{\text{毛藏大桥}} = 0.7663 Q_{\text{杂木寺站}} + 0.6874$ ，相关系数为 0.9923，由此建立了毛藏大桥处的资料系列。

对还原后的杂木寺、毛藏大桥径流系列资料进行频率分析计算，采用 P—III 型曲线，经适线后得到诸站的三个统计参数：

(1) 杂木寺站 ($F=851\text{km}^2$)

$$\bar{Q} = 7.54\text{m}^3/\text{s}, C_v = 0.21, C_s = 3C_v \text{ (调节年)}$$

(2) 毛藏大桥 ($F=540\text{km}^2$)

$$\bar{Q} = 6.47\text{m}^3/\text{s}, C_v = 0.19, C_s = 3C_v \text{ (调节年)}$$

利用上述分析成果通过直线内插，推得毛藏寺水库坝址处 ($F=611\text{km}^2$) 的 \bar{Q} ， C_v 、 C_s 值借用毛藏大桥频率分析成果。根据工程设计要求提出设计年径流，供工程设计使用。成果见表 2.3-2。

表 2.3-2 毛藏大桥、毛藏寺水库（神树水电站）、杂木寺站设计年径流成果表

工程	F	均值	设计频率 P(%)						备注
	(km ²)		5%	15%	50%	75%	85%	95%	
毛藏大桥	540	6.47	8.63	7.72	6.36	5.60	5.24	4.69	Q—m ³ /s
		2.04	2.72	2.43	2.01	1.77	1.65	1.48	W—亿 m ³
毛藏寺水库	611	6.71	9.04	8.05	6.59	5.78	5.40	4.82	Q—m ³ /s
		2.12	2.85	2.54	2.08	1.82	1.70	1.52	W—亿 m ³
杂木寺站	851	7.54	10.41	9.18	7.38	6.40	5.94	5.25	Q—m ³ /s
		2.38	3.28	2.90	2.33	2.02	1.87	1.66	W—亿 m ³

毛藏寺水库是以城镇供水、农业灌溉、防洪、发电为主的综合型水利枢纽工程，其年内分配采用调节年度（7~6月）。年内分配采用典型年法，由于杂木寺水文站实测资料系列较长，代表性好，包含了丰、平、枯变化周期。根据选择典型年的原则，并考虑四至六月灌溉临界期的具体情况，分别选定丰水年(P=5%)典型为1988年7月~89年6月、偏丰年(P=15%)典型为2005年7月~06年6月、平水年(P=50%)典型为1992年7月~93年6月、偏枯年(P=85%)典型为1996年7月~97年6月、枯水年(P=95%)典型为2000年7月~01年6月。

毛藏寺水库坝址不同设计频率年径流，通过典型年进行年内分配，成果见表 2.3-3。

表 2.3-3 毛藏寺水库坝址设计年径流年内分配成果表

频率(P)	月 份												年 (m ³ /s)
	七	八	九	十	十一	十二	一	二	三	四	五	六	
5%	20.7	16.5	16.4	10.0	3.9	2.4	1.4	1.0	1.3	4.9	15.9	15.0	9.1
15%	16.5	19.3	12.1	9.2	3.2	1.8	1.3	1.2	1.2	4.6	12.7	14.1	8.1
50%	11.7	14.8	14.2	6.1	2.6	1.6	1.3	1.0	0.9	7.2	10.5	11.1	6.9
75%	13.4	13.8	7.6	3.7	2.1	0.9	0.6	0.7	1.1	3.0	7.8	14.4	5.8
85%	8.0	15.4	14.6	6.9	2.9	1.9	0.9	0.8	1.1	2.5	3.7	5.9	5.4
95%	16.0	12.4	6.7	3.2	2.3	1.1	0.9	0.8	1.0	2.0	6.5	8.8	5.1

2.3.4 洪水

2.3.4.1 洪水特性

杂木河洪水主要由暴雨形成。本流域平均高程属石羊河水系各河流之首，是石羊河水系暴雨中心区，降水量大于其他地区，故而洪水有峰高量大的特点。

根据杂木寺站多年实测资料统计，洪水大多发生在6~9月份，尤以7、8月份为多。

有个别降水量偏小的年份，年最大值出现在春汛期。本次洪水系列采用年最大选样。

杂木河的汛期有春汛和夏汛。春汛一般出现在 3~4 月间，历时一个多月，由低山积雪、地下水解冻及河水融水形成，所形成的洪水峰低量小，造成的威胁不大。夏汛一般在 6~9 月间，历时四个月，主要是由季风降水和高山融雪水形成。对工程威胁较大的洪水，大多发生在夏汛期，主要是由暴雨形成，峰高量大，陡涨陡落，峰现时间短。杂木寺站实测最大洪峰流量 $415\text{m}^3/\text{s}$ ，出现在 1958 年 6 月 23 日。

2.3.4.2 洪水资料

(1) 历史洪水

原水利厅设计院在 1966 年进行杂木河流域规划时，曾在杂木寺、毛藏寺河段进行过历史洪水调查工作。两处都调查到了 1949 年洪水和 1958 年洪水。杂木寺河段 $Q_{m1949}=648\text{m}^3/\text{s}$ 、 $Q_{m1958}=415\text{m}^3/\text{s}$ （实测）；毛藏寺河段 $Q_{m1949}=474\text{m}^3/\text{s}$ ， $Q_{m1958}=350\text{m}^3/\text{s}$ ，该调查资料已在历史洪水整编时，编入内陆河流域《洪水调查资料》中。

(2) 实测洪水

本次收集到杂木寺水文站 1952~2020 年共 69 年实测洪水资料系列。根据工程规模及工程设计需要，洪量系列时段选为一天、三天、五天。本次对杂木寺站的峰量关系进行了相关分析，并绘制了洪峰流量与各种历时洪量的关系图。历史洪水的各历时洪量由此峰量关系图查得。

毛藏寺水库工程坝址处无实测洪水资料系列，1966 年进行流域规划时，在毛藏大桥进行了短时的测流工作，实测毛藏大桥最大流量为 $57.2\text{m}^3/\text{s}$ 。考虑毛至杂区间引水，加上历史调查洪水，建立了杂木寺站~毛藏大桥洪峰流量相关关系， $Q_{\text{毛藏大桥}}=0.7608*Q_{\text{杂木寺站}}+0.7839$ ，相关系数为 0.9923，由此关系推求得毛藏大桥历年各时段洪量值，组成毛藏大桥处 1952~2020 年洪水系列。

2.3.4.3 洪水频率分析

由实测洪水系列加入历史调查洪水，组成不连序样本系列。排列后 1949 年历史调查洪水为首项洪水，其洪水重现期根据访问情况认为是 1900 年以来最大洪水，又参考了以往分析成果，确定为 110 年。

经频率分析，采用矩法初估参数，通过适线（采用 P—III 型曲线）求得三个统计参数，杂木寺水文站及毛藏大桥洪峰流量关系曲线见图 2.3-2 及 2.3-3。

(1) 杂木寺站 ($F=851\text{km}^2$)

$$\bar{Q}_m=117\text{m}^3/\text{s}、Cv=0.74、Cs=4Cv$$

$$\bar{W}_{1d}=5.78 (10^6\text{m}^3)、Cv=0.82、Cs=5Cv$$

$$\bar{W}_{3d}=12.68 (10^6\text{m}^3)、Cv=0.71、Cs=5Cv$$

$$\bar{W}_{5d}=17.41 (10^6\text{m}^3)、Cv=0.67、Cs=5Cv$$

(2) 毛藏大桥 (F=540km²)

$$\bar{Q}_m=90.1\text{m}^3/\text{s}、Cv=0.73、Cs=4Cv$$

$$\bar{W}_{1d}=4.47 (10^6\text{m}^3)、Cv=0.76、Cs=5Cv$$

$$\bar{W}_{3d}=9.37 (10^6\text{m}^3)、Cv=0.76、Cs=5Cv$$

$$\bar{W}_{5d}=12.60 (10^6\text{m}^3)、Cv=0.76、Cs=5Cv$$

(3) 小毛藏河 (F=71km²)

小毛藏河为杂木河右岸较大一级支流,流域面积 71km²。小毛藏河无实测洪水资料,其设计洪水通过水文比拟法求得。

水文比拟法是将参证站流域的水文资料或水文规律移用于设计流域的一种方法,这种移用是以设计流域洪水的影响因素与参证流域的影响因素相似为前提的,要求设计流域与参证流域气候条件一致,下垫面条件相似,参证流域必须具有较长的实测资料。本次选用杂木寺水文站作为参证站,二者距离较近,气候条件一致,下垫面条件相似,因此本次选用杂木寺水文站作为参证站是合理的。计算公式如下:

$$Q_{\text{设计}} = Q_{\text{参证}} \times \left(\frac{F_{\text{设计}}}{F_{\text{参证}}} \right)^{\alpha}$$

式中: $Q_{\text{设计}}$ 、 $Q_{\text{参证}}$: 分别为设计站和参证站的设计洪峰流量;

$F_{\text{设计}}$ 、 $F_{\text{参证}}$: 分别为设计站和参证站的控制流域面积;

α : 为设计洪峰流量地区综合指数,本次 α 值由杂木寺、毛藏大桥系列资料分析成果求得,取值为 0.56。

杂木寺水文站的设计洪水采用 1952~2020 年的年最大洪峰流量系列,采用 P—III 型频率曲线计算,利用水文比拟法计算小毛藏河洪水成果如下:

$$\bar{Q}_m=29.2\text{m}^3/\text{s}、Cv=0.73、Cs=4Cv$$

(4) 小老虎沟 (F=1.2km²)

小老虎沟为杂木河左岸一条季节性沟道，无实测洪水资料，设计洪峰流量采用“铁一院”公式法（暴雨参数采用《甘肃省暴雨特性研究》中成果）间接推求。

“铁一院”法是小流域无资料地区推求设计洪水常用的方法，在铁路、公路、水利等行业得到广泛应用。

流域特征参数由 1/5 万航测地形图量得，流域面积 $F=1.2\text{km}^2$ 、 $L_1=2.0\text{km}$ 、 $J_1=162\text{‰}$ 、 $L_2=0.45\text{km}$ 、 $J_2=296\text{‰}$ 。

各时段点暴雨参数 H_d 、 C_v 、 C_s 由甘肃省水文水资源勘测局 2004 年出版的《甘肃省暴雨特性研究》进行分析计算。10 分钟、1 小时、6 小时、24 小时点雨量及 C_v 值由等值线图查的，3 小时的点雨量由 1 小时、6 小时点雨量按 $H_3=0.387H_1 \times 0.613H_6$ 计算得到。暴雨统计参数如下：

$H_{10\text{分钟}}=6.5\text{mm}$	$C_v=0.60$	$C_s=3.5C_v$
$H_{1\text{小时}}=13.0\text{mm}$	$C_v=0.58$	$C_s=3.5C_v$
$H_{6\text{小时}}=22.0\text{mm}$	$C_v=0.42$	$C_s=3.5C_v$
$H_{24\text{小时}}=35.0\text{mm}$	$C_v=0.38$	$C_s=3.5C_v$

不同历时的设计点暴雨经点面折减系数及形状改正系数后（流域形状为椭圆形），得到不同频率的设计面暴雨。

根据《小流域暴雨洪峰流量计算》中，土壤损失参数取前期土壤中等湿润情况 $R=1.02$ 、 $r_1=0.69$ ，经分析计算得出小老虎沟各设计频率洪峰流量。

（5）毛藏寺水库（ $F=611\text{km}^2$ ）

利用上述杂木寺、毛藏大桥系列资料分析成果通过直线内插，求得毛藏寺水库坝址处的洪峰流量及不同时段洪量均值， C_v 、 C_s 值采用杂木寺站系列资料分析成果。毛藏寺水库坝址处不同频率下的洪峰流量及不同时段洪量成果见表 2.3-4。

$$\bar{Q}_m=96.4\text{m}^3/\text{s}、C_v=0.73、C_s=4C_v \quad (\text{坝址})$$

$$\bar{W}_{1d}=4.77 (10^6\text{m}^3)、C_v=0.76、C_s=5C_v$$

$$\bar{W}_{3d}=10.15 (10^6\text{m}^3)、C_v=0.76、C_s=5C_v$$

$$\bar{W}_{5d}=13.70 (10^6\text{m}^3)、C_v=0.76、C_s=5C_v$$

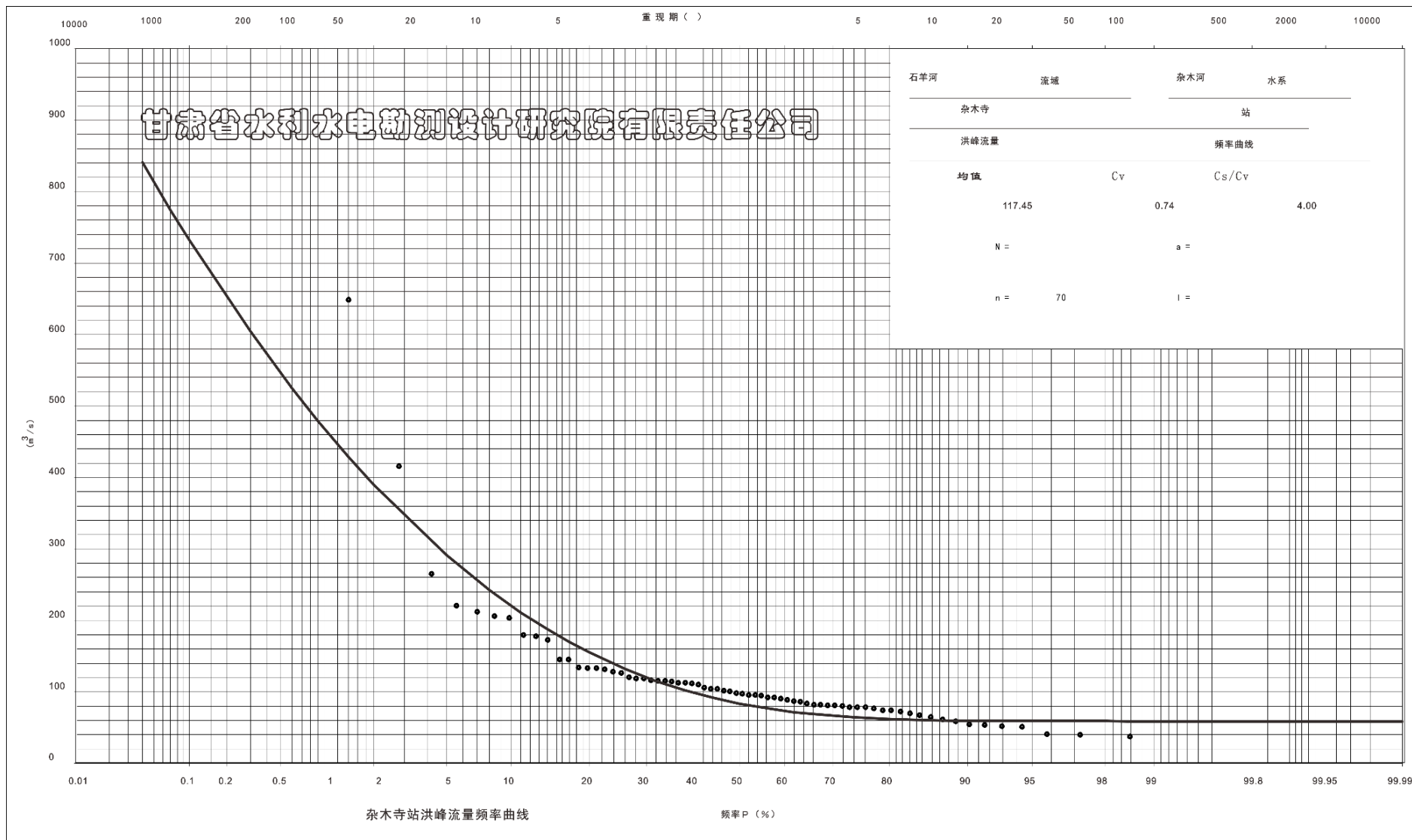


图 2.3-2 杂木寺站洪峰流量关系曲线

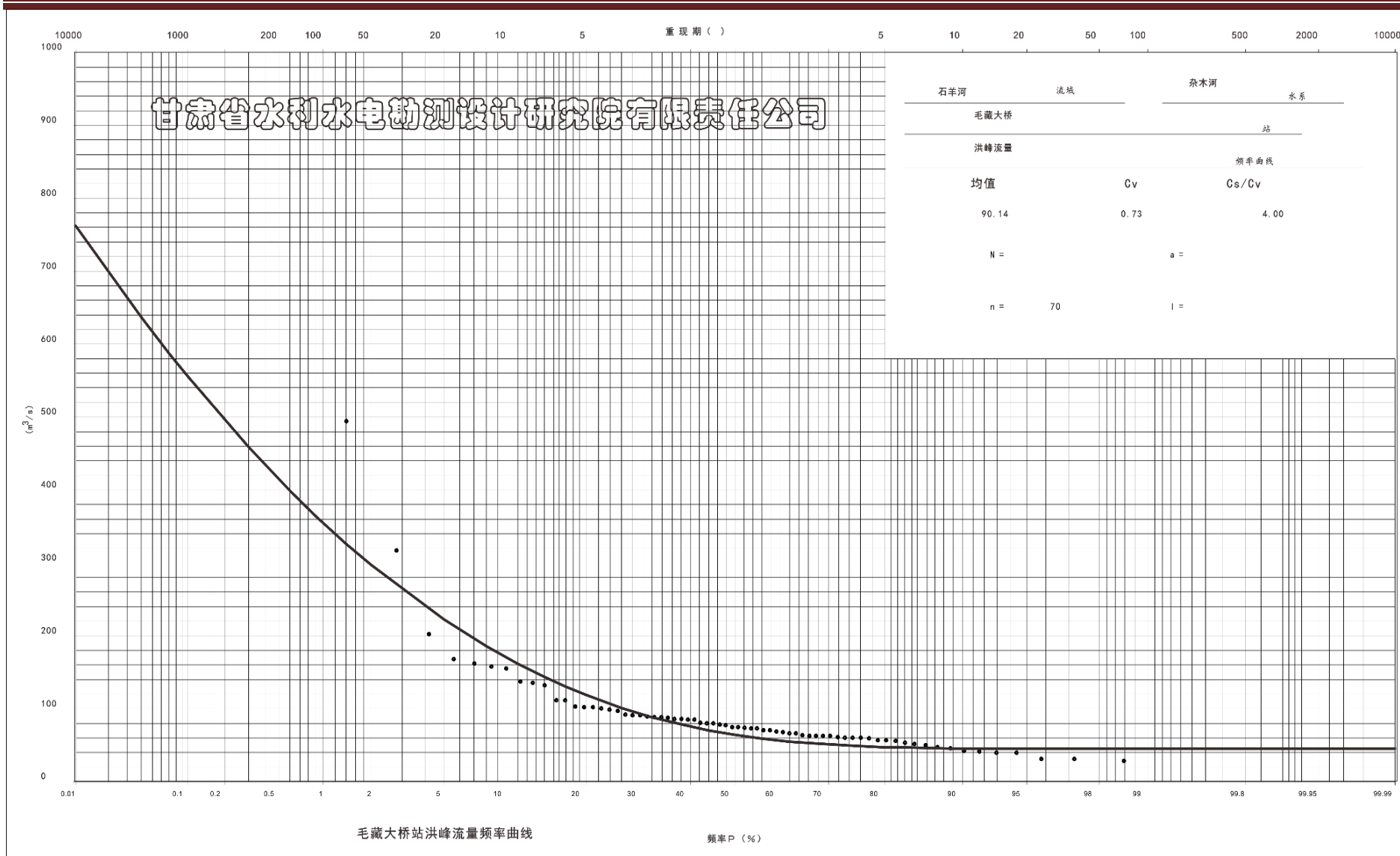


图 2.3-3 毛藏大桥洪峰流量关系曲线

表 2.3-4 本次复核设计洪水成果表

项目	均值	设计频率 P(%)								备注	
		0.10%	0.20%	0.50%	1%	2%	3.33%	5%	10%		
杂木寺站	117	733	651	546	467	390	334	291	220	m ³ /s	
毛藏大桥	90.1	556	494	415	355	297	255	222	169	m ³ /s	
小毛藏河	29.2	180	160	134	115	96	82.8	72.0	54.7	m ³ /s	
小老虎沟				18.4	15.1	12.1	9.95	8.44	5.96	m ³ /s	
毛藏寺水库	Q	96.4	596	530	444	381	318	273	238	180	m ³ /s
	W1d	4.77	34.82	30.49	24.90	20.93	18.03	14.89	12.55	9.55	106m ³
	W3d	10.15	70.21	61.67	50.63	42.50	34.64	29.09	24.84	18.07	106m ³
	W5d	13.59	93.15	81.92	67.37	56.66	46.29	38.95	33.33	24.37	106m ³

2.3.4.4 与毛藏寺水库初设洪水成果对比

毛藏寺水库枢纽工程初步设计阶段（2013 年 8 月）采用杂木寺水文站 1952~2009 年共 58 年洪水系列资料，本次洪水复核将杂木寺水文站洪水资料系列延长至 2020 年。经复核计算的毛藏寺水库坝址、小毛藏河设计洪水成果较初设成果分别小 10%~28%、7.8%~28%，小老虎沟设计洪水保持不变。分析设计洪水偏小的原因是：2010~2020 年期间，杂木河流域在杂木寺站址上游发生的基本为常遇洪水，洪水重现期均在 5 年一遇以内；杂木寺站洪峰流量均值较初设成果小 3%，Cv 值较初设成果小 0.18，相应地大洪水较初设成果小，符合统计规律。洪水成果对比见表 2.3-5。因此，从工程安全的角度考虑，本次设计洪水仍采用初设成果，见表 2.3-6。

表 2.3-5 毛藏寺水库坝址设计洪水成果对比表 单位：m³/s

项目	设计频率 P(%)								均值	备注
	0.10%	0.20%	0.50%	1%	2%	3.33%	5%	10%		
杂木寺站	1000	870	710	590	480	400	340	240	120	初设成果
	733	651	546	467	390	334	291	220	117	本次复核
小毛藏河	250	220	180	150	120	99.3	84	59.3	30	初设成果
	180	160	134	115	96	83	72	55	29.2	本次复核
小老虎沟			18.4	15.1	12.1	10	8.4	6		初设成果
			18.4	15.1	12.1	10	8.4	6		本次复核
毛藏寺水库	830	730	590	490	400	330	280	200	99.7	初设成果
	596	530	444	381	318	273	238	180	96.4	本次复核

表 2.3-6 毛藏寺水库坝址设计洪水成果采用表

项目	均值	设计频率 P(%)								备注	
		0.10%	0.20%	0.50%	1%	2%	3.33%	5%	10%		
杂木寺站	120	1000	870	710	590	480	400	340	240	m ³ /s	
毛藏大桥	93	770	680	550	460	370	310	260	180	m ³ /s	
小毛藏河	30	250	220	180	150	120	99.3	84	59.3	m ³ /s	
小老虎沟				18.4	15.1	12.1	9.95	8.44	5.96	m ³ /s	
毛藏寺水库	Q	99.7	830	730	590	490	400	330	280	200	m ³ /s
	W1d	4.93	42.48	36.84	29.58	24.29	19.23	15.7	13.03	8.92	106m ³
	W3d	10.23	85.5	74.28	59.85	49.29	39.18	32.11	26.79	18.5	106m ³
	W5d	13.57	109.97	95.71	77.35	63.92	51.03	42.01	35.18	24.53	106m ³

2.3.4.5 洪水过程线

毛藏寺水库坝址处的设计洪水过程线，利用杂木寺站实测洪水过程线，采用峰、量同频率放大。结合本流域洪水具有峰高量大的特点，选取杂木寺水文站 1958 年 6 月 22 日 14 时 30 分至 6 月 27 日 14 时 30 分实测洪水过程为放大典型，放大时段以 Qm、W1d、W3d、W5d 为控制时段。根据工程设计要求将 P=0.1%、P=1% 不同设计频率的设计洪水过程线进行缩放，成果见表 2.3-7。

表 2.3-7 毛藏寺水库坝址设计洪水过程线单位：m³/s

时段(0.5h)	设计洪水过程		时段(0.5h)	设计洪水过程	
	P=0.1%	P=2%		P=0.1%	P=2%
0	170	78.9	121	193	89.5
1	180	83.5	122	192	89.1
2	190	88.1	123	191	88.6
3	200	92.8	124	189	87.6
4	210	97.4	125	187	86.7
5	220	102	126	186	86.3
6	235	109	127	185	85.8
7	255	118	128	184	85.3
8	270	125	129	183	84.9
9	290	135	130	182	84.4
10	295	137	131	181	83.9
11	315	146	132	178	82.6
12	320	148	133	176	81.6
13	335	155	134	175	81.2
14	350	162	135	174	80.7
15	370	172	136	173	80.2
16	380	176	137	172	79.8
17	390	181	138	171	79.3

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

时段(0.5h)	设计洪水过程		时段(0.5h)	设计洪水过程	
	P=0.1%	P=2%		P=0.1%	P=2%
18	400	186	139	170	78.8
19	415	187	140	169	78.4
20	426	192	141	168	77.9
21	440	199	142	167	77.5
22	450	203	143	166	77.0
23	460	208	144	165	76.5
24	475	215	145	163	76.3
25	500	226	146	161	76.1
26	535	242	147	159	75.9
27	580	262	148	157	75.7
28	650	294	149	155	75.4
29	710	321	150	152	74.0
30	830	400	151	149	72.6
31	780	353	152	148	71.8
32	750	339	153	147	71.2
33	720	325	154	146	70.8
34	680	307	155	145	70.3
35	620	280	156	145	70.3
36	580	262	157	145	70.3
37	550	248	158	145	70.3
38	530	239	159	145	70.3
39	520	235	160	145	70.3
40	510	230	161	145	70.3
41	500	226	162	145	70.3
42	490	221	163	145	70.3
43	482	218	164	145	70.3
44	476	215	165	145	70.3
45	468	211	166	145	70.3
46	460	208	167	145	70.3
47	455	205	168	145	70.3
48	450	203	169	145	70.3
49	445	201	170	145	70.3
50	440	199	171	145	70.3
51	435	196	172	145	70.3
52	430	194	173	145	70.3
53	425	192	174	145	70.3
54	420	190	175	145	70.3
55	415	187	176	145	70.3

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

时段(0.5h)	设计洪水过程		时段(0.5h)	设计洪水过程	
	P=0.1%	P=2%		P=0.1%	P=2%
56	410	185	177	145	70.3
57	405	183	178	145	70.3
58	400	181	179	145	70.3
59	395	178	180	144	69.8
60	390	176	181	144	69.8
61	385	174	182	143	69.4
62	380	172	183	143	69.4
63	375	169	184	142	68.8
64	370	167	185	141	68.4
65	365	165	186	141	68.4
66	360	162	187	140	68.0
67	355	161	188	140	68.0
68	350	160	189	139	67.4
69	348	159	190	138	67.0
70	342	158	191	138	67.0
71	340	157	192	137	66.4
72	336	156	193	137	66.4
73	332	155	194	136	66.0
74	330	154	195	135	65.4
75	326	152	196	135	65.4
76	322	150	197	134	65.0
77	318	148	198	134	65.0
78	314	146	199	133	64.4
79	310	144	200	133	64.4
80	306	142	201	132	64.0
81	303	141	202	132	64.0
82	300	139	203	131	63.6
83	297	138	204	131	63.6
84	294	137	205	132	64.0
85	291	135	206	132	64.0
86	288	134	207	132	64.0
87	285	132	208	133	64.4
88	282	131	209	133	64.4
89	279	129	210	134	65.0
90	276	128	211	134	65.0
91	273	127	212	135	65.4
92	270	125	213	135	65.4
93	267	124	214	136	66.0

时段(0.5h)	设计洪水过程		时段(0.5h)	设计洪水过程	
	P=0.1%	P=2%		P=0.1%	P=2%
94	264	123	215	136	66.0
95	261	121	216	136	66.0
96	258	120	217	137	66.4
97	255	118	218	138	67.0
98	252	117	219	138	67.0
99	249	116	220	139	67.4
100	246	114	221	139	67.4
101	243	113	222	139	67.4
102	240	111	223	140	68.0
103	237	110	224	140	68.0
104	234	109	225	140	68.0
105	231	107	226	141	68.4
106	228	106	227	141	68.4
107	225	104	228	141	68.4
108	222	103	229	140	68.0
109	219	102	230	140	68.0
110	216	100	231	139	67.4
111	213	98.8	232	138	67.0
112	210	97.4	233	138	67.0
113	208	96.5	234	137	66.4
114	205	95.1	235	137	66.4
115	203	94.2	236	136	66.0
116	201	93.2	237	135	65.4
117	199	92.3	238	135	65.4
118	197	91.4	239	134	65.0
119	196	90.9	240	134	65.0
120	195	90.4			

对放大后的设计洪水过程线，在时段衔接处有突变现象，根据水量平衡原则进行了修正，修正后又按时段设计洪量进行了复核。

2.3.5 冰情

杂木河流域无冰情测验资料，冰情借用相邻流域西营河四沟咀水文站观测资料，供工程设计参考，同时依据工程投运监测资料。

据四沟咀水文站多年观测资料统计：开始结冰日期一般在 11 月初，最早结冰日期为 10 月 16 日，最晚结冰日期为 11 月 21 日；开始封冻日期一般在 12 月下旬，最早封冻日期为 11 月 26 日，最晚封冻日期为 1 月 4 日；最后解冻日期一般在 3 月上旬；全部

融冰日期为3月底或4月初。多年平均封冻75天，最长102天，最短53天；最大河心冰厚0.75m，最大岸冰厚0.71m。

2.3.6 水位流量关系曲线

根据工程设计要求，需要提供上游围堰、坝址、坝体下游消能区等处的H~Q关系曲线。利用实测的纵、横断面，采用水力学公式 $Q=1/n \cdot AR^{2/3}I^{1/2}$ 建立坝址、电站厂房尾水等处的H~Q关系曲线。

糙率n的确定：根据现场实地踏勘了解到的河床组成、断面形状、岸坡及河床中卵石漂石的分布、疏密度等情况，并参考杂木寺水文站实测不同流量推求糙率的变化规律而确定，该工程河段糙率n的变化范围为0.055~0.045。上游坝址、电站厂房尾水等处的H~Q关系曲线由此建立。成果见图2.3-4及图2.3-5。

2.3.7 水位库容关系曲线

首先利用1:10000航测图(等高距为5m)，量算出各高程下的面积A，再采用公式 $\Delta V = \frac{1}{3} \times (\sqrt{A1 \times A2} + A1 + A2) \times \Delta H$ 计算出各层水库容积，然后自下而上累积，即可求得各种高程下的水库库容。以纵轴H表示水库水位，横轴V表示水库容积，点绘出水位(H)~库容(V)曲线。毛藏寺水库水位(H)~库容(V)曲线见图2.3-6。

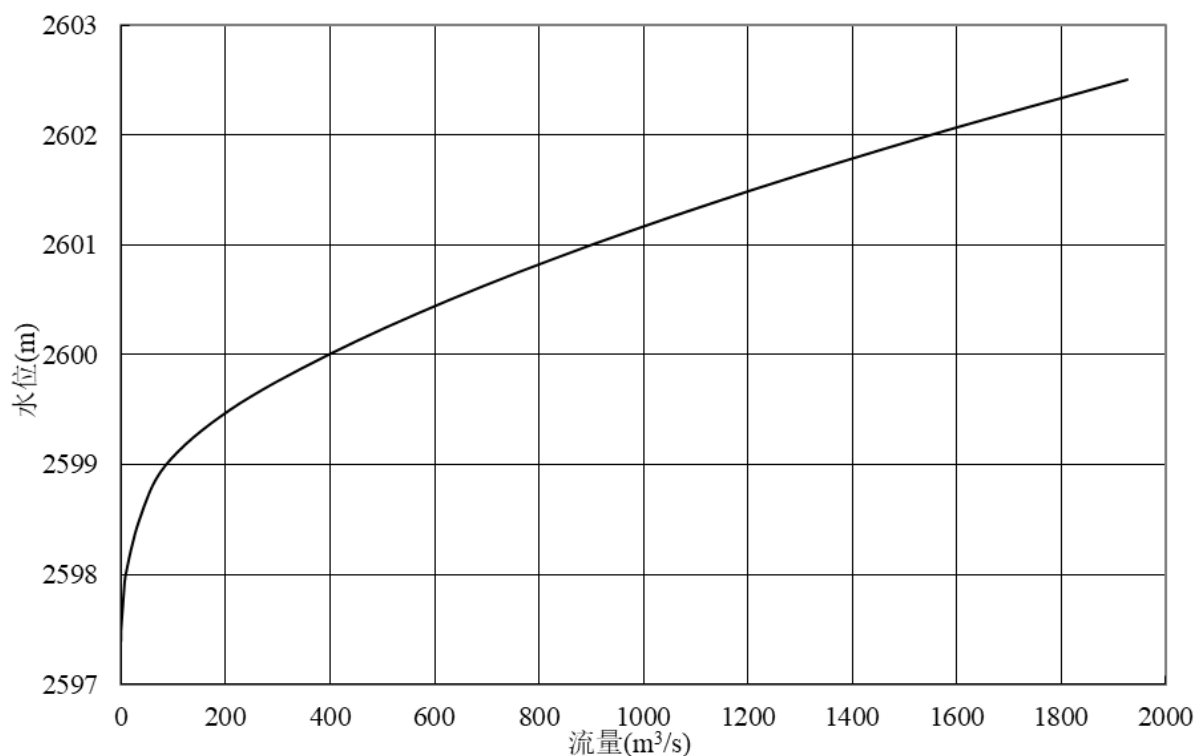


图 2.3-4 毛藏寺水库坝址断面水位流量关系曲线

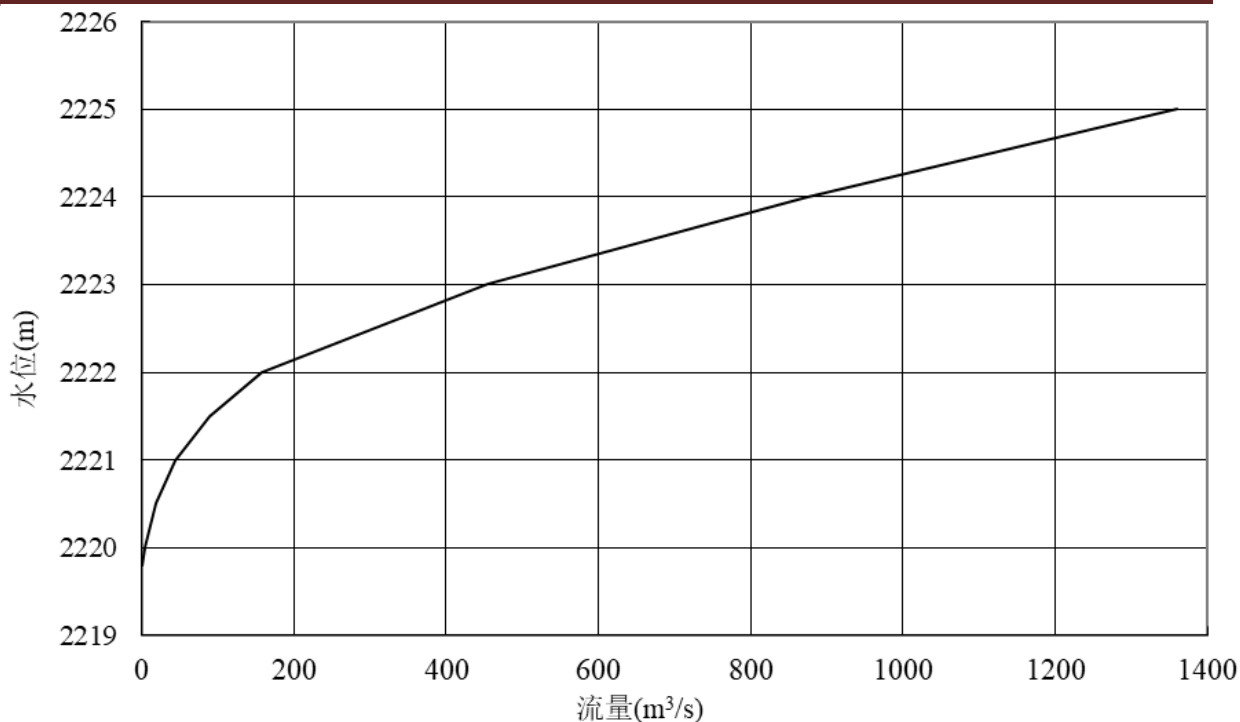


图 2.3-5 电站厂房尾水断面水位流量关系曲线

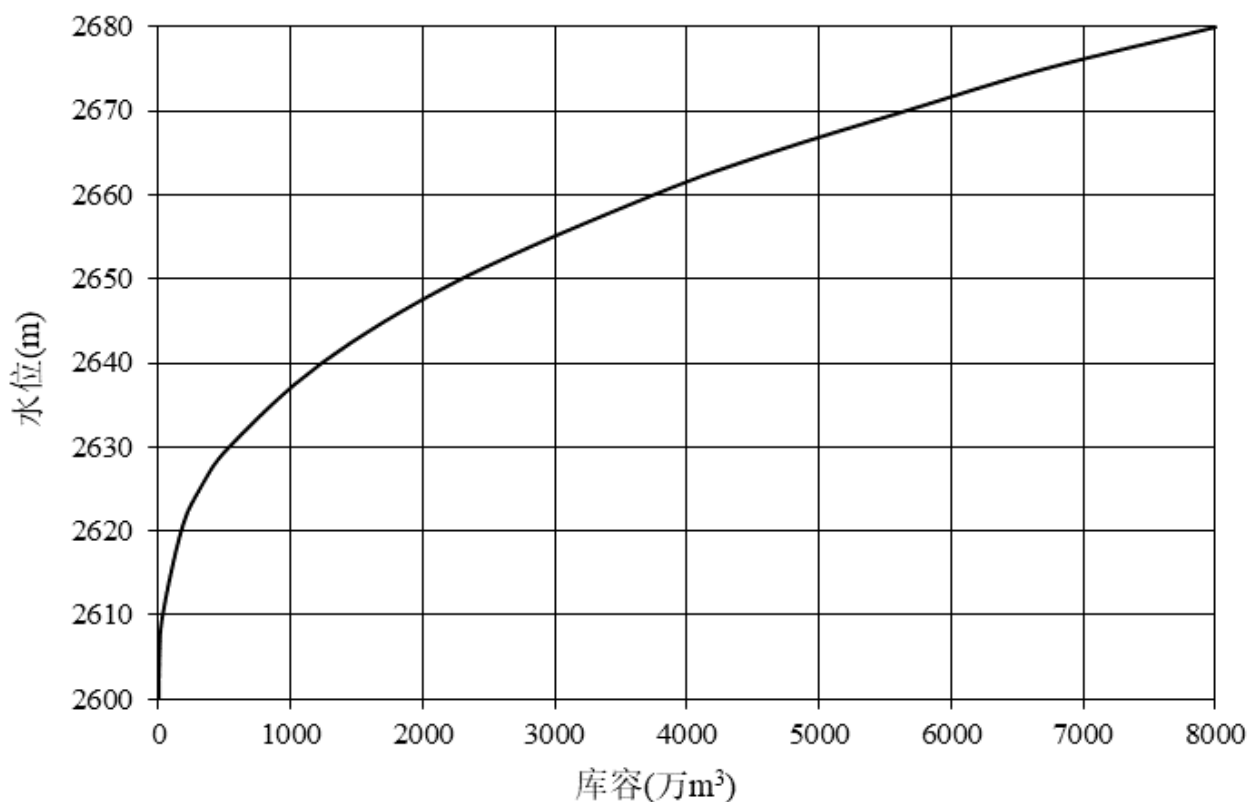


图 2.3-6 毛藏寺水库水位库容关系曲线

2.3.8 气象条件

杂木河流域深居大陆腹地，属大陆性气候。流域上游地处高寒，相对降水较丰、蒸发较小。下游走廊平地干旱少雨，蒸发量较大。降水蒸发变化，在该地区垂直分带性很

强,总的趋势是降水量随海拔高程的升高而增大,蒸发量则是随海拔高程的升高而减小。

本次以武威地面气象站的气象要素作为工程设计参考。

根据武威气象站(1985~2014年)30年资料统计:该地区多年平均气温 8.8°C ,历年极端最高气温 40.8°C (发生在1997年7月22日),极端最低气温 -32.0°C (发生在1991年12月27日);最大积雪深度为 7.0cm ,最大冻土厚度 128cm ;多年平均风速 1.6m/s ,最大风速 16.0m/s ,多年平均湿度为 50% 。多年平均降水量根据毛藏寺雨量站资料统计为 401mm ,多年平均蒸发量根据杂木寺水文站观测资料统计为 1001mm (80cm 蒸发皿)。

2.4 工程地质

2.4.1 区域地质及地震

2.4.1.1 区域地质概况

杂木河发源于祁连山冷龙岭东段北麓的中高山区,源头海拔 4847m ,源地终年积雪,其上游为大毛藏河、小毛藏河,两河在毛藏乡下游约 2km 处汇合后称为杂木河,向东进入峡谷区,至杂木寺出山后进入山前冲、洪积倾斜平原区。

根据工程区地形地貌特征,将其分为河谷盆地区、峡谷区和山前冲、洪积倾斜平原区三大地貌单元。

区内出露的地层主要有奥陶系下统、石炭系、二迭系、加里东期侵入岩及第四系等。

2.4.1.2 区域构造稳定性

(1) 地质构造

本区在大地构造上位于“祁、吕、贺”山字型构造体系前弧西翼的北祁连加里东褶皱带,同时交织复合着祁吕系、古河西系、陇西系及河西系等构造体系,区内褶皱、断裂发育,控制性区域构造形迹为 NWW 向或 EW 向。

工程区及周围的主要区域性构造有:

1) 褶皱:本区褶皱比较发育,自加里东期至喜马拉雅期均有显示,但以加里东期和海西~印支期最为发育,加里东期褶皱有车轮沟~毛藏寺复式背斜,海西~印支期有北祁连褶皱带(他里花河向斜和双龙沟向斜等)、走廊过渡带(横梁山向斜和宁昌河向斜等),与工程区距离最近的为车轮沟~毛藏寺复式背斜。

车轮沟~毛藏寺复式背斜:发育在车轮沟~毛藏寺地区,构成走廊过渡带内带主体,表现为大型复式背斜。该背斜在本区长约 65km ,宽约 30km ,轴向 NWW ,两端均有倾伏趋势,沿轴部为大面积花岗闪长岩($\gamma\delta_3^2$)侵入。背斜由奥陶统下统车轮沟群($\text{O}_{1\text{ch}}^2$)

组成，核部为火山岩系 (O_{1ch})，两翼主要为碎屑岩系 (O_{1ch}^2)。因南翼为断层破坏，致使背斜两翼不对称，产状变化较大，北翼倾向 NNE，倾角 $45^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，南翼倾向 SSW，倾角 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。

2) 断裂：区域内断裂发育，多集中于南部祁连褶皱带与走廊过渡带衔接处，以 NWW (EW) 向断层最为发育，次为 SN 向 (包括 NNW 及 NNE 向) 断层，主要断裂有：

皇城~上古城断裂：又称上寺~宽沟走向逆断层，走向北西西向，断层倾向由 SW 转向 SSE，呈弧形，延伸达 56km，控制着且马向斜南缘，其下盘为下奥陶统 (O_{1ch}^2)，上盘为石炭系、二迭系及中上奥陶统。南距毛藏寺坝址 17km。

横梁山断裂带：由一系列北西西向、北西向的断层组成，主要有小牛头沟~护林沟走向逆断层、两头翘走向逆断层、横梁山南逆断层等。北距毛藏寺坝址 15km。

华龙沟正断层：南段走向近 SN，北段走向 NE25°，呈反“S”形，长 19km，倾向 E，倾角 $35^{\circ}\sim 56^{\circ}$ ，上盘为上石炭统 (C_{3t})、下二迭统 (P_{1dh}) 及下志留统 (S_{1n})；下盘为下奥陶统 (O_{1ch}^2)、石炭系及下志留统 (S_{1n})。该断层附近岩体破碎。该断层东距毛藏寺坝址 15km。

武威南部隐伏断层：处于武威盆地南部，呈北西向延伸，断层以南发育的洪积扇群多因后期抬升而遭受侵蚀，呈现波状起伏的丘陵地貌景观，河谷地下水位埋深较浅 (2~6m)，并有泉水出露；断层以北为冲洪积倾斜平原区，是断陷盆地的主体，沉积了巨厚的第四系堆积物 (大于 150m)，地下水位埋深较大。

毛藏寺水库处于古河西系的车轮沟~毛藏寺复式背斜南翼靠近轴部的东南倾伏端，库坝区无发震断裂，亦无区域性深大断裂通过。

(2) 新构造运动

工程区内未发现错开第四系地层的活断层，但区域广泛分布着三级夷平面，说明祁连山两侧自第三纪末、第四纪初有过两次较长时期的侵蚀夷平作用。一级夷平面：高程 3800~4000m，主要分布在祁连山主山脊两侧。在毛藏寺以北的黑鄂博掌主要夷平了加里东期花岗岩体及下古生界地层，极为平坦，其上有冰川作用痕迹。二级夷平面：高程 2800~3000m，是本区分布最广、保存最完整的夷平面。以库区东北的冬青顶为代表，其台面平坦，面积达 $60km^2$ ，其上有残积层覆盖。三级夷平面：高程 2400~2700m，分布在且马盆地和毛藏寺盆地，又称盆地夷平面。

毛藏寺盆地内，大毛藏河自西向东流过，构成了本区的侵蚀基准面。在东西长 2.5km

的库区范围内就有响水河、小毛藏河相继汇入大毛藏河。大毛藏河两岸分布着Ⅷ级阶地，高差达 173m；小毛藏河两岸分布着Ⅴ级阶地；响水河两岸分布着Ⅲ级阶地。

毛藏寺盆地古河道的分布、河流阶地的发育，说明自中更新世以来本区地壳上升运动强烈，即新构造运动比较强烈，只是近期趋于平缓。

(3) 地震活动性

工程区是一个多构造体系交织复合地区，且祁吕系、陇西系又是现今活动的主要构造体系。毛藏寺以北 17km 处是晚近期活动明显的北西西向的皇城～上古城断裂，以南 15km 是晚近期活动明显的北西西向的横梁山断裂带。河西系的龙首山～冷龙岭隆起沿北北西方向横跨河西走廊，与北西西向构造复合，这就是走廊地区历次强震的构造背景。1927 年 5 月 23 日的古浪大地震就发生在这一复合部位。古浪大地震是本区有史以来最强烈的一次地震，震级 8 级，震中冬青顶～沈家窝铺一带的破坏烈度为Ⅺ度。毛藏寺距震中冬青顶 20km，为强震区，破坏烈度为Ⅷ度。古浪大地震之后十五小时到四个月内，且马西南连续发生的两次 6 级余震，亦波及毛藏寺，至今弱震频繁。皇城～上古城断裂是 1927 年 5 月 23 日古浪大地震的主要发震断裂，也是控制毛藏寺库、坝区地震活动的主要断裂，其一旦发震，对工程区影响较大。

虽然毛藏寺水库库坝区无发震断裂，亦无区域性深大断裂通过，但场地的地震烈度较高，根据区域地质构造、地震资料，结合地震动参数等综合判定，区域构造稳定性较差。

2.4.1.3 地震基本烈度及地震动参数

根据 1:400 万《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015)，工程区 50 年超越概率 10%地震动峰值加速度 0.30g，相应的地震基本烈度 8 度。根据 2011 年甘肃省地震工程研究院提供的《甘肃省武威市杂木河毛藏寺水库工程坝址及枢纽工程场地地震安全性评价报告》(甘震安评 [2011] 29 号文)，确定工程场区 50 年超越概率 10%地震动峰值加速度 0.316g，特征周期 0.45s。

2.4.2 库区工程地质条件

毛藏寺水库坝址位于大、小毛藏河汇合处下游 380m 处，当水库蓄水至正常蓄水位 2661.5m 时，沿大毛藏河回水长度约 3.4km，沿小毛藏河回水长度约 1.4km，水库总库容 4183 万 m³。

2.4.2.1 水库区工程地质概况

2.4.2.1.1 地形地貌

毛藏寺水库地处祁连山腹地的山间盆地，盆底高程 2600~2670m，东西长 2.5km，南北宽 400~550m，四周群山环抱，北以黑鄂博掌（高程 4100m 左右）与金塔河水系分界，南以横梁山（高程 4200m 左右）与黄羊河水系分界，盆地四周山体宽厚，且邻谷高程均高于水库正常蓄水位，所以水库地形封闭条件良好。

库区内大毛藏河流向近 EW 向，河谷底宽在 200~500m 之间，水面宽 20m 左右，水深 0.5~1.0m，河床比降 2.0%，水流较急。河谷形态呈基本对称的“U”字型，河床两岸自然坡度一般为 45~70°，局部地段近直立。两岸分布有 I 级阶地，为堆积阶地，阶地面高出河床 2~3m；左岸 II、III 级基座阶地发育；右岸下游库岸段 III 级基座阶地发育，上游库岸段被第四系崩、坡积块碎石土覆盖。由崩坡积物或冲洪积物等松散堆积物组成的岸坡较缓，坡度一般小于 30°，由基岩组成是岸坡较陡，坡度一般为 50~70°，局部为陡崖；坝前库岸基岩裸露，岸坡陡峻。

库区左岸发育有响水沟、大老虎沟等冲沟，雨季有季节性洪流汇入大毛藏河；右岸小毛藏河自南向北在坝址上游约 380m 处汇入大毛藏河，沟内常年流水，水量较大。

2.4.2.1.2 地层岩性

水库区出露的地层岩性有：奥陶系下统车轮沟群（ O_{1ch}^2 ）变质砂岩，夹堇青石英片岩、粉砂质板岩；石炭系（C）炭质页岩、生物灰岩、石英砂岩；二迭系砂岩；加里东中期花岗闪长岩以及第四系各种成因的松散堆积物等。其中石炭系与下伏奥陶系地层呈角度不整合接触。

2.4.2.1.3 地质构造

本区在大地构造上位于“祁、吕、贺”山字型构造体系前弧西翼的北祁连加里东褶皱带，同时交织复合着祁吕系、古河西系、陇西系及河西系等构造体系，区内褶皱、断裂发育，控制性区域构造形迹为 NWW 向或 EW 向。毛藏寺水库处于古河西系的车轮沟~毛藏寺复式背斜南翼靠近轴部的东南倾伏端，库区内褶皱不发育，岩层为单斜构造，无区域性深大断裂通过，但次一级断层和裂隙较为发育。

（1）断层：区内断层按其走向主要有 NE 和 NW 向两组，其中 NE 向断层最为发育，条数较多，主要断层有 F_3 、 F_6 、 F_{10} 、 F_{12} 、 F_{13} 、 F_{14} 、 F_{15} 等，断层规模一般不大，破碎带宽度多在 0.3~1.5m 之间，组成物质多为断层角砾岩及断层泥，多已胶结，但胶结程度较差，多为正断层。

NW 向断层：代表性断层有 F_1 、 F_4 、 F_{12} 等。除 F_1 、 F_{16} 断层规模较大外，其余断层

规模较小，破碎带宽度 0.5~2m，多为断层角砾及断层泥充填。沿大老虎沟、小毛藏河床发育的 F₁ 断层规模较大，延伸远，断层破碎带宽度约 10 余米，破碎带组成物质为断层角砾岩、断层泥及压碎岩，断层面平直陡立，构造岩破碎程度不高，两盘及断层带中均见有褶曲发育，两盘逆时针方向扭动，断层性质为平移-逆断层。

(2) 裂隙：区内构造裂隙较为发育，主要有层面裂隙、卸荷裂隙及两组剪切裂隙。其中走向 NE15~30°、倾向 SE、倾角 20~30°的层面裂隙最为发育，发育密度 4~5 条/m；卸荷裂隙的走向 NW280~295°；倾向 NE，倾角 75~81°；其口宽 5~50cm，延伸长度 3~20m；第一组剪切裂隙的走向 NE15~20°，倾向 SE，倾角 72~78°；发育密度 2~3 条/m，延伸长度 10~30m；第二组剪切裂隙的走向 NW290~350°；倾向 SW，倾角 67~79°；发育密度 3~4 条/m，延伸长度 6~30m。

2.4.2.1.4 物理地质现象

库区的物理地质现象有岩体风化、岸边卸荷、崩塌、滑坡和泥石流等。

岩体风化：本区地处高寒山区，温差大，物理风化作用强烈。坝前库岸岸坡陡峻，多为基岩岸坡，表部岩体风化强烈，较为破碎，强风化层厚 3~6m。

岸边卸荷：坝前库岸岸坡陡峻，岩体的卸荷裂隙较为发育，多呈高陡倾角切割岸坡，裂隙延伸的长度 5~25m，裂隙宽度 5~30cm，局部达 50cm，其垂直卸荷深度 5~25m，水平卸荷深度 3~10m。

崩塌：坝前库岸岸边剪切裂隙比较发育，剪切裂隙与倾向下游的缓倾角岩层层面、北东向断裂面组合，将两岸岩体切割成不稳定块体，并由此而引起岸边岩体的崩塌、座落，其规模较小。在坝前库岸的右岸边有小规模崩塌体分布，体积约十余方。

滑坡：在库区范围内发育有三处滑坡，其中基岩滑坡一处，覆盖层滑坡两处。

分布于小老虎沟右岸坡的 1#基岩滑坡，其南北宽约 100m，东西长约 150m，高 80m，可辨认出三个圈谷和两级平缓的滑坡阶面。滑坡后缘高程 2730m，滑坡前缘高程 2650m。滑坡体组成物质：上部为第四系坡残积碎石土，下部为奥陶系基岩及其强风化带；滑坡体的体积约在 10 万 m³ 左右。滑坡前缘处于小老虎沟的沟底，现有地表形态说明该滑坡目前已处于稳定阶段，近期没有新的滑动。水库蓄水后滑坡前缘部分将被淹没，有可能发生少量的塌滑，但出现整体滑动的可能性不大。

分布于水库右岸（大毛藏河）中部山坡上的 4#滑坡是一新滑坡，于 1998 年 6~7 月开始滑动，2000 年雨季滑动最厉害，目前雨季时仍在滑动，是一个正在活动的滑坡。该滑坡体长约 180~200m，宽约 90~120m，滑坡陡壁净高十余米，主要为第四系松散堆

积层滑坡，其物质组成主要为冲洪积粉质壤土及坡、残积碎石土，仅在滑坡西南边缘为石炭系砂岩；滑坡后缘有 10~30cm 宽的拉张裂隙数条，滑坡体内见有滑坡台坎、醉汉林、滑坡鼓丘、滑坡裂缝等。滑坡后缘高程 2740m，滑坡前缘高程 2652m。据估算，该滑坡体积约 6 万 m^3 左右。滑坡前缘 20m 将处于水库正常蓄水位（2661.5m）以下，水库蓄水后该滑坡仍将继续滑动，但滑坡前部的地形坡度较缓，滑坡前缘基本到坡脚，故整体滑动的可能性不大，滑动形式主要为局部塌落式滑动，不会出现高速滑动，不会形成大的涌浪，对水库运行无重大影响；该滑坡距坝址区约 1.8km，对坝体安全无影响。

分布于水库左岸（大毛藏河）近库尾的 3#滑坡为第四系松散堆积层滑坡，其物质组成主要为冲洪积粉质壤土及坡、残积碎石土，滑坡后缘高程 2688m，滑坡前缘高程 2654m。据估算，该滑坡体积约 2 万 m^3 左右。该处岸坡较陡，且滑坡前部处于水库正常蓄水位（2661.5m）以下，水库蓄水后将产生小范围的松散堆积层塌滑，但不会形成大的涌浪，对水库运行无重大影响。

泥石流：库区左岸主要发育有响水河、大老虎沟、小老虎沟等，右岸发育有前石碑沟、小毛藏河，规模较大的有大毛藏河、小毛藏河、响水河等，大毛藏河是杂木河的源头，在库区上游长约 30km；小毛藏河自南向北在坝址上游约 380m 处汇入大毛藏河，长约 16km，沟内常年流水，水量较大；响水河在库尾左岸汇入大毛藏河，长约 10km，枯水期河道内无地表径流，雨季有地表径流；前石碑沟长约 2.5km，大老虎沟长约 2.5km，小老虎沟长约 1.3km，沟道内无地表径流，多为植被覆盖，近期无泥石流活动的痕迹；在前石碑沟的沟口有洪积扇分布，系古泥石流堆积物，长 100~350m，宽 50~150m，厚度约 1~3m，总量约 3 万 m^3 左右。

水库南岸植被覆盖度大，北岸植被覆盖度较差，大、小毛藏河未发生过泥石流，仅有河床推移质物质（漂卵砾石等）进入库区；在响水河河口有古泥石流堆积物分布，长约 210m，宽约 140m，厚度约 5~10m，总量约 10 万 m^3 左右，其堆积物质主要为漂卵砾石、大孤石，形态为洪积裙，其上已有树木生长，从目前的各种条件来看，近期无泥石流活动的痕迹，但由于响水河上游区有较多的风化岩石、冰碛、冲洪积等松散堆积物，为泥石流的形成提供了丰富的物质条件，且河床纵坡大，约 8%左右，在强降水条件下有可能形成泥石流，鉴于响水河口处于库尾，泥石流仅造成库区的淤积，对水库运行无重大影响。目前在大老虎沟、小老虎沟等沟口未见泥石流的痕迹，但沟道内堆积有厚约 5~10m 的坡、洪积碎石土，在持续的强降水条件下有可能形成泥石流。

2.4.2.1.5 水文地质条件

库区地下水类型按埋藏条件可分为基岩裂隙水和孔隙性潜水两种。

基岩裂隙水：主要分布运移于基岩裂隙中，岩体中的裂隙、断层及其破碎带为地下水的富集和运移提供了通道，地下水在基岩中呈带状或脉状分布，主要受大气降水、雪山融水补给，以泉水或地下水的形式向河床及其支沟排泄。

孔隙性潜水：主要贮存并运移于河床漂卵砾石层及两岸部分厚度较大的第四系松散堆积物中，接受大气降水、基岩裂隙水及地表水的补给。

据 2001 年以前的水化学分析资料，库区地表水及从石炭系灰岩、奥陶系基岩中溢出的地下水，均为 $\text{HCO}_3^- \text{SO}_4^{2-} \text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+}$ 型水，矿化度小于 1g/l，水质良好，对混凝土结构无腐蚀性；从石炭系煤系地层中溢出的泉水，多为 $\text{SO}_4^{2-} \text{HCO}_3^- \text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+}$ 型水，矿化度 1.6~2.4g/l，水质较差，详见库区水化学分析成果汇总表（表 3.2'1）。目前，毛藏寺附近从石炭系煤系地层中溢出的泉水多已干涸，大老虎沟、小老虎沟内的泉水也已经干涸。

2.4.2.2 水库渗漏

毛藏寺水库库区地处祁连山腹地的山间盆地，四周群山环抱，北以黑鄂博掌（高程 4100m 左右）与金塔河水系分界，南以横梁山（高程 4200m 左右）与黄羊河水系分界，盆地四周山体宽厚，水库区两岸山体宽厚，无低邻谷，库盆封闭条件好，不存在水库渗漏问题。

2.4.2.3 库岸稳定性

毛藏寺水库正常蓄水位 2661.5m，库岸长度约 10km。由于库岸各段地层结构的不同，其在库水作用下的库岸稳定性也就不同。现将各类库岸的稳定性分述如下：

（1）基岩陡坡库岸：约占总库岸的 15%左右，分布于坝前小毛藏河右岸及大老虎沟口。库岸岸坡陡峻，达 60~70°，岸坡高 20~50m，由变质砂岩、堇青石英片岩、粉砂质板岩组成，其强度高，抗冲刷能力强，局部发育有岸边剪切裂隙及少量崩塌危石。岸顶分布的坡残积碎石土在库水位之上，不与库水接触。因此，水库蓄水后基岩陡坡库岸将沿结构面有少量的崩塌剥落，库岸是基本稳定的。

（2）基岩缓坡库岸：约占总库岸的 30%左右，分布于水库中部。库岸岸坡较缓，坡度小于 30°，由石炭系灰岩、砂页岩及煤系地层组成，表层覆盖有不厚的坡残积碎石土，坡面生长着松林和杂草，多为水上的稳定边坡，水库蓄水后碎石土有可能产生滑塌（坡残积碎石土的水下坡角 $\alpha_3=20^\circ$ ，水上坡角 $\beta_2=45^\circ$ ），但塌方量不大，整个基岩缓坡库岸是基本稳定的。采用图解法得出的碎石土塌岸宽度在 10~30m 之间。

水库蓄水后，水库中部右岸生长着松林的岸坡，因下部坡、残积碎石土的滑塌（塌岸范围内），破坏了原有岸坡的坡脚稳定，在强降水或持续降水等条件下有可能引起岸坡上部（塌岸范围之上）坡残积碎石土的滑塌或小规模滑坡，将影响到岸坡上的部分森林。

（3）基座阶地库岸：分布于坝前大毛藏河左、右岸，为III、IV级基座阶地，临河陡坎高35m，基座面高程2625~2645m，基座由奥陶系下统变质岩系及石炭系灰岩、砂页岩组成，其上堆积着漂卵砾石层（厚约5m左右）和粉质壤土层（厚10~20m）。勘探表明，粉质壤土底界面（或漂卵砾石顶界面）及基座面均以15~30%的坡度倾向河床，阶地面亦同样倾斜。阶地面宽度150~200m，由于后期的剥蚀改造，III、IV级阶地间的陡坎已不明显。

基岩不存在塌岸，仅局部沿结构面有小范围的坍塌；漂卵砾石的抗冲刷能力较强，基本不存在塌岸问题；粉质壤土遇水易冲蚀、坍塌，故塌岸主要发生于由粉质壤土组成的岸坡上。

根据毛藏寺水库工程土料的试验资料，结合工程类比，将粉质壤土的稳定边坡坡角确定如下：水下坡角 $\alpha_2=6^\circ$ ，水上坡角 $\beta_2=45^\circ$ 。

采用图解法得出基座阶地库岸的塌岸宽度（S）在50~120m之间，塌岸方式主要是粉质壤土层的剥落及小规模塌滑，不会形成涌浪，对水库运行无重大影响。

（4）漂卵砾石库岸：这是毛藏寺水库蓄水全部在盆地所特有的一种库岸，包括回水至库尾大毛藏河漫滩、I级阶地，以及小毛藏河漫滩、I级阶地，占总库岸的30%左右。库岸由漂卵砾石组成，在I级阶地表层有粉细砂土覆盖，其厚度不足1m。I级阶地与河漫滩高差不大，地势平坦、开阔，坡降1/30~1/60，均小于其水下坡角。因此，水库蓄水后不会产生库岸再造，属稳定库岸。

根据库区工程地质平面图及库区塌岸剖面图，估算出库区基座阶地库岸的水上塌岸量约为160万 m^3 ，另加10%的基岩、漂卵砾石等的零星塌岸量，估算的水上塌岸总量约为176万 m^3 ，约占总库容4183万 m^3 的4%，对水库库容影响不大；塌岸方式主要是剥落及小规模塌滑，不会形成涌浪，对水库运行无重大影响。

另外，分布于小老虎沟右岸坡的1#基岩滑坡，滑坡体组成物质：上部为第四系坡残积碎石土，下部为奥陶系基岩及其强风化带；滑坡体的体积约在10万 m^3 左右。滑坡后缘高程2730m，滑坡前缘高程2650m，滑坡前缘处于小老虎沟的沟底，现有地表形态说明该滑坡目前已处于稳定阶段。水库蓄水后滑坡前缘部分将被淹没，有可能发生少量的

塌滑，但出现整体滑动的可能性不大。

分布于水库右岸中部山坡上的滑坡（4#滑坡），为一新滑坡，于1998年6~7月开始滑动，目前雨季时仍在滑动，系一活动性滑坡，为第四系松散堆积层滑坡，其物质组成主要为冲洪积粉质壤土及坡、残积碎石土，滑坡后缘高程2740m，滑坡前缘高程2652m。据估算，该滑坡体积约6万m³左右。水库蓄水后滑坡前缘将被淹没，该滑坡仍将继续滑动，但滑坡前部的地形坡度较缓，滑坡前缘基本到坡脚，故整体滑动的可能性不大，滑动形式主要为局部塌落式滑动，不会出现高速滑动，不会形成大的涌浪，对水库运行的影响不大。

分布于水库左岸（大毛藏河）近库尾的3#滑坡为第四系松散堆积层滑坡，其物质组成主要为冲洪积粉质壤土、坡积碎石土等，滑坡后缘高程2688m，滑坡前缘高程2654m。据估算，该滑坡体积约2万m³左右，该处岸坡较陡，且滑坡前部处于水库正常蓄水位（2661.5m）以下，水库蓄水后将产生小范围的松散堆积层塌滑，但不会出现整体滑动，不会形成大的涌浪，对水库运行无重大影响。

综上所述，毛藏寺水库库区75%的库岸属稳定或基本稳定库岸，水库蓄水后不会发生库岸再造，仅局部有可能产生崩塌、滑塌，但塌方量不大；25%的库岸属不稳定库岸，水库蓄水后会发生库岸再造，根据对塌岸量和塌岸方式的分析，其对水库淤积和水库安全运行无重大影响。

2.4.2.4 水库诱发地震

库区内未发现全新世（Q₄）活动断裂，亦无区域性深大断裂及发震断裂，局部的小构造由于规模小，透水性差，预计水库蓄水后，不会增强其活动性；岩体的透水性差；水库的库容不大，蓄水后不会改变原有的地震地质条件。综合分析该水库诱发地震的可能性不大。

2.4.2.5 水库浸没与淹没

（1）水库浸没

毛藏寺水库库区处于山间盆地内，蓄水多在盆地底部，水库两岸除部分有塌岸问题外无浸没问题；水库库尾2661.5m高程附近，为冲洪积漂卵砾石层，无耕地、草地等，无浸没问题；小毛藏河的河床、漫滩2661.5m高程附近，多为冲洪积漂卵砾石层，仅在极小的范围内表部被薄层砂壤土覆盖，为草地，由于该地段地面坡降较大，受浸没影响的草地面积很小，故该水库基本没有浸没问题。

（2）水库淹没

依据毛藏寺水库工程项目建设征地和移民安置资料，水库淹没涉及毛藏乡毛藏村、华山村及大小台村及毛藏乡政府、毛藏村委会、毛藏小学、司法所、卫生院、兽医站、汽车站等。淹没毛藏村、华山村及大小台村农业人口119户459人（农业人口），毛藏乡乡政府工作人员28人（非农业人口），毛藏村委会、毛藏小学、司法所、卫生院、兽医站、汽车站等工作人员40人（非农业人口）。

主要淹没的房屋建筑有牧民住宅、乡政府、小学校、林站、畜牧站、卫生院、商店等，其中农村部分拆迁房屋面积10296.71m²，城市集镇部分拆迁房屋面积4156.17m²。

淹没各类土地面积2890.08亩，其中淹没水域面积93.46亩，淹没陆地面积2796.62亩。淹没陆地面积中耕地105.53亩，天然草地1902.71亩，林地681.18亩（其中乔木林地162.36亩，灌木林地518.82亩），宅基地58亩，交通运输用地49.02亩。

因毛藏寺水库库区不存在永久渗漏问题，在施工阶段没有进行水库区的防渗处理。

2.4.3 坝址工程地质条件

2.4.3.1 地形地貌

从杂木河峡口起长约 660m 的峡谷河段，即为坝址区。区内河床宽度 50~120m，一般水面宽度 17~25m，河床地面坡降近 2%，两岸坡高 80~250m，平均岸坡 45~60°，局部地段近于直立。河谷基本形态呈“V”字型，但两岸不完全对称。两岸发育有残留阶地，左岸发育有 II、VI、VII 级阶地，右岸发育有 II~VI 级阶地，均为基座阶地。VI、VII 级阶地为高阶地，与工程的关系不大，与工程有关的是 II、III、IV 级阶地，II 级阶地发育在上坝轴线的左岸坡，系残留的基座阶地，基座面高出河水面约 10m，基座之上为厚约 2m 的全新统冲洪积漂卵砾石层，上覆厚约 5m 的崩、坡积块碎石土；III、IV 级阶地发育在上坝轴线的右岸坡，系残留的基座阶地，其上部为冲洪积粉质壤土，厚约 5~10m，下部为厚约 2~5m 的冲洪积漂卵砾石层，下伏奥陶系变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩。

在坝址区左岸有大、小老虎沟汇入杂木河。大、小老虎沟谷长 1km 多，沟底平均坡降 3%，无长年流水，沟口段灌木丛生，未见洪积扇分布。在坝址区右岸无沟谷汇入。

2.4.3.2 地层岩性

坝址区出露的地层较为单一，主要为奥陶系下统车轮沟群（O_{1ch}²），以及不同成因的第四系松散堆积物。

(1) 奥陶系下统车轮沟群（O_{1ch}²）：

岩性主要为灰~青灰色变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩。变质砂岩呈灰、青灰色，细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度 20~80cm，整层厚度 30~100cm，砂粒成分以石英、长石及硅质为主，硅钙质胶结，岩石较坚硬，抗风化能力强；粉砂质板岩层厚 3~10cm，局部厚 25cm，其岩质相对较为软弱，抗风化能力较弱，表部风化后似片岩。

(2) 第四系松散堆积物 (Q)

① 冲洪积漂卵砾石层 (Q): 主要分布在河床及漫滩，厚度变化较大，在 3~24m 之间。另外，在两岸的残留阶地上也有少量漂卵砾石层分布。

② 崩、坡积块碎石土 (Q₄): 主要分布于斜坡及坡脚，岩性为块碎石土，大小混杂，松散，厚度一般 3~15m，最厚达 35m 左右。

③ 坡、洪积块碎石土 (Q₄): 主要分布于冲沟内，岩性为块碎石土，松散，厚度 5~15m 不等。

2.4.3.3 地质构造

坝址区岩层呈倾向下游的单斜构造，无区域性深大断裂通过，但次一级断层和裂隙较为发育。

(1) 断层：经地质测绘，坝址区共发现断层 15 条，按其走向主要有 NE 和 NW 向两组。

① NE 向：是坝址区最发育的一组断层，条数较多，主要断层有 F₃、F₆、F₁₀、F₁₃、F₁₄、F₁₅ 等。断层规模一般不大，破碎带宽度多在 0.3~1.5m 之间，组成物质多为断层角砾岩及断层泥，多已胶结，但胶结程度较差，多为正断层。

② NW 向：代表性断层有 F₁、F₄、F₁₂ 等。除 F₁ 断层规模较大外，其余断层规模较小，破碎带宽度 0.5~2m，多为断层角砾及断层泥充填。沿大老虎沟、小毛藏河床发育的 F₁ 断层规模较大，延伸远，断层破碎带宽度约 10 余米，破碎带组成物质为断层角砾岩、断层泥及压碎岩，断层面平直陡立，构造岩破碎程度不高，两盘及断层带中均见有褶皱发育，两盘逆时针方向扭动，断层性质为平移逆断层。

(2) 裂隙：区内构造裂隙较为发育，除在岩层面上发育的层面裂隙、高陡边坡上发育的卸荷裂隙外，还发育有两组剪切裂隙。

① 走向 NE15~30°，倾向 SE，倾角 20~30°，为层面裂隙，发育密度 4~5 条/m，该组裂隙最为发育。

② 走向 NW280~295°，倾向 NE，倾角 75~81°，为卸荷裂隙，张开，上口宽 5~

50cm，延伸长度 3~20m。

③ 走向 NE15~20°，倾向 SE，倾角 72~78°；为剪裂隙，面平直、光滑，无充填，发育密度 2~3 条/m，延伸长度 10~30m。

④ 走向 NW290~350°；倾向 SW，倾角 67~79°；为剪裂隙，面平直、光滑，发育密度 3~4 条/m，延伸长度 6~30m。

区内发育的第④组裂隙的走向与区域主构造方向基本一致，第③组裂隙走向与区域主构造方向大体垂直，在裂隙组合切割下岩体较破碎，各裂隙组中以层面裂隙最为发育。

(3) 层间挤压破碎带

在漫长的地质历史时期中，历次构造运动不仅在坝址区岩体内留下了断层和裂隙等构造形迹，而且在董青石英片岩与变质砂岩接触部位还形成了层间挤压破碎带，其宽度一般 0.2~0.5m，最宽达 0.8m，在左岸较为发育。层间挤压破碎带的形成，进一步降低了岩层间的连结力，对隧洞围岩稳定等有利影响。

2.4.3.4 水文地质

坝址区地下水类型为孔隙性潜水和基岩裂隙水。

孔隙性潜水主要赋存并运移于河床漫滩的漂卵砾石层中，主要接受大气降水、冰雪融化水、地表径流、基岩裂隙水的补给，向杂木河下游运移、排泄，并补给基岩裂隙水，河漫滩地下水位埋深一般 1~3m，且水力坡降平缓；赋存于两岸坡厚度较大的崩、坡积层中的孔隙性潜水，分布面积小，主要接受大气降水、冰雪融化水的补给，向杂木河排泄，地下水位埋深较大，且水力坡降较大。

基岩裂隙水以脉状形式赋存于基岩裂隙和断层破碎带、裂隙密集带中，接受大气降水及地表径流补给，以泉水或地下水的形式向杂木河排泄。两岸基岩裂隙水的水位埋深变化较大，在 20~70m 之间，两岸岩体中并无稳定连续的含水层。据 2012 年水化学分析资料（见表 3.3-1），基岩裂隙水多属 $\text{HCO}_3^- \text{SO}_4^{2-} \text{Ca}^{2+}$ 型水，矿化度在 0.197~0.684g/l 之间，PH 值在 6.89~8.01 之间，水中 SO_4^{2-} 含量多在 98.75~191.10mg/l 之间，Cl⁻ 含量在 5.85~39.17mg/l 之间。地下水的水质良好，对普通混凝土无腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋无腐蚀性，对钢结构具有弱腐蚀性。

根据钻孔抽水试验资料及室内试验资料，漂卵砾石层的渗透系数 70~90m/d，属于强透水层。

岩体的透（含）水性与岩性、断裂发育程度密切相关。从总体情况来看，坝址区内由于断裂构造发育，岩体较为破碎，特别是表部岩体在风化作用的影响下更为破碎。河

床段强风化岩体厚度 0.5~2m, 弱风化岩体厚度 5~8m; 两岸强风化岩体厚度 3~6m, 弱风化岩体厚度 8~10m。两岸岩体的风化程度差异不大, 而河床段风化岩体的厚度与两岸相比较薄。岩体的透水率随岩体破碎程度的降低而减小, 亦即随深度的增加而减小。

杂木河自西向东流经坝址区, 河水属 $\text{HCO}_3^- \text{SO}_4^{2-} \text{Ca}^{2+}$ 型水, 矿化度在 0.200~0.424g/l 之间, PH 值在 8.22~8.36 之间, SO_4^{2-} 含量多在 36.89~109.50mg/l 之间, Cl⁻ 含量在 8.05~12.40mg/l 之间。河水的水质良好, 对普通混凝土无腐蚀性, 对钢筋混凝土结构中的钢筋无腐蚀性, 对钢结构具有弱腐蚀性。

2.4.3.5 岩体质量及岩土物理力学性质

2.4.3.5.1 坝址区岩体质量分级

根据坝址区岩体的风化程度、岩石饱和抗压强度、岩体完整性指数等进行岩体质量分级。由于缺乏强风化岩体的试验资料, 因此表中没有反映强风化岩体质量级别, 从各方面综合分析后认为强风化岩体的质量级别为 IV~V 级。

坝址区岩性主要为变质砂岩, 夹堇青石英片岩、粉砂质板岩, 岩体中裂隙发育。卸荷带与构造破碎带中岩体极为破碎, 为 V 级岩体; 强风化岩体破碎, 完整性差, 属 IV~V 级岩体; 弱风化带中岩体较破碎, 完整性较差, 属 III~IV 级岩体; 微风化~新鲜岩体较完整, 属 II~III 级岩体; 两坝肩基岩裸露部分属 III~IV 级岩体。总体上工程区岩体质量级别为 III~IV 级。

2.4.3.5.2 岩体物理力学性质

坝址区奥陶系下统的主要岩性是变质砂岩, 夹有堇青石英片岩和粉砂质板岩。

a. 变质砂岩: 根据 2012 年所取两岸坝坡岩石(块石)样及钻孔岩心样进行的室内岩石物理~力学性质试验, 岩石干密度 2.72~2.75g/cm³, 孔隙率 0.26~1.08%, 吸水率 0.06~0.07%, 干燥状态单轴抗压强度 $R_d=63.2\sim 140.4\text{MPa}$, 饱和状态单轴抗压强度 $R_c=50.9\sim 89.8\text{MPa}$, 软化系数 0.65~0.81, 属中硬岩~坚硬岩, 干燥状态弹性模量 20.2~27.0GPa, 泊松比 0.17~0.22。变质砂岩的物理~力学性质指标详见表 3.3.4、表 3.3.5。

b. 堇青石英片岩: 根据 1978~1979 年钻孔岩心样的室内试验资料, 岩石干密度 2.80~2.82g/cm³, 孔隙率 0.25~0.93%, 吸水率 0.06~0.10%, 干燥状态单轴抗压强度 $R_d=63.0\sim 99.6\text{MPa}$, 饱和状态单轴抗压强度 $R_c=47.6\sim 78.4\text{MPa}$, 软化系数 0.72~0.75, 属中硬岩~坚硬岩, 饱和初始模量 $E_{wo}=2.28\times 10^4\text{MPa}$, 泊松比 0.29。根据 2012 年坝址区钻孔岩心样及坝体堆石料岩样的室内试验资料, 堇青石英片岩的干密度 2.79~2.83g/cm³ (7 组均值 2.82g/cm³), 吸水率 0.02~0.47% (7 组均值 0.13%), 干燥状态单轴抗压强度 $R_d=24.3\sim$

72.9MPa (7 组均值 49.8MPa), 饱和状态单轴抗压强度 $R_c=21.7\sim 55.5\text{MPa}$ (7 组均值 38.1MPa), 软化系数 0.69~0.89 (7 组均值 0.78)。从上述试验数据可以看出, 1978~1979 年试验所得的岩石单轴抗压强度值较高, 2012 年试验所得的岩石单轴抗压强度值较低, 且少部分岩石饱和单轴抗压强度值偏低, 可能是岩石有所风化所致, 总体上新鲜的堇青石英片岩按中硬岩考虑。堇青石英片岩的物理~力学性质指标详见表 3.3.5。

c. 粉砂质板岩: 据钻孔岩心样及附近坝体堆石料岩样的室内试验资料, 干密度 2.74~2.82g/cm³ (均值 2.78g/cm³), 吸水率 0.09~0.10% (均值 0.09%), 干燥状态单轴抗压强度 $R_d=40.4\sim 45.1\text{MPa}$ (均值 42.7MPa), 饱和状态单轴抗压强度 $R_c=36.6\sim 37.9\text{MPa}$ (均值 37.2MPa), 软化系数 0.84~0.91 (均值 0.87), 粉砂质板岩属中硬岩。

2.4.4.其它建筑物工程地质条件

本工程枢纽区主要建筑物有大坝(混凝土面板堆石坝)、导流洞、引水发电洞、泄洪排沙洞、溢洪道等。

2.4.4.1 大坝

毛藏寺水库大坝为混凝土面板堆石坝, 坝顶高程 2664.8m, 防浪墙顶 2666.0m, 坝顶宽 8.0m, 最大坝高 83.8m, 坝顶长 217.39m, 坝体底部顺水流方向最大长度 227.3m。坝顶在高程 2661.8m 接防浪墙, 防浪墙断面为重力式挡墙型式, 墙顶高程为 2666.0m, 高出坝顶 1.2m。坝体上游坝坡 1:1.45, 下游坡比为 1:1.45、1:1.4, 下游坝面综合坡比为 1:1.61。

2.4.4.1.1 坝基地质条件

(1) 左岸坝基工程地质条件

左岸坡度在 40~60° 之间, 岸坡上大面积基岩裸露, 仅在局部斜坡及坡脚处堆积有 3~8m 的崩、坡积碎石土, 结构松散。左岸坡基岩为 O_{1ch}^2 变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩, 岩层产状 $NE14^\circ SE \angle 29^\circ$; 岩体中分布有花岗闪长岩脉, 其厚度 3~8m 不等; 岩体强风化层厚 3~6m, 局部的强风化层厚达 15m。左岸坝肩发育有 F_{10} 、 F_{11} 、 F_{12} 等断层, 岩体较为破碎, 裂隙较为发育, 岩体中结构面发育, 局部发育有小规模松动岩体与卸荷岩体, 以及由裂隙组合切割构成的危岩块体。岩体中无稳定连续的含水层, 左岸坡及坡脚未见地下水出露。

在清基过程中清除了坝体轮廓线范围内的覆盖层及危岩块体。

(2) 河床段坝基工程地质条件

河床段坝基主要为冲洪积漂卵砾石，其间充填中粗砂及少量细粒土。漂卵砾石层的厚度变化较大，根据钻孔揭露，河床中部的漂卵砾石层最厚，为 24m；河床两侧的漂卵砾石层厚度在 3~15m 之间。根据钻孔的钻进情况、超重型动力触探试验等，漂卵砾石层的表部 7m 松散，并有架空现象；下部结构较密实。干密度 2.05g/cm^3 。根据钻孔抽水试验资料及室内试验资料，漂卵砾石的渗透系数 $70\sim 90\text{m/d}$ ，具有强透水性。漂卵砾石主要成分为花岗闪长岩、变质砂岩、砂岩等，一般粒径 $20\sim 200\text{mm}$ ，个别漂石粒径达 $1\sim 2\text{m}$ ，小于 2mm 的砂粒约占 $10\sim 15\%$ ，砾石含量约占 $35\sim 45\%$ ，大于 60mm 的漂卵石约占 $40\sim 50\%$ ，其中漂石占 30% 左右，含孤石，磨圆度好，呈圆状或次圆状，分选性差。

对河床覆盖层表部 5m 以上进行了清除，以下部较为密实的漂卵砾石层作为坝基持力层。

(3) 右岸坝基工程地质条件

右岸坝肩：河床右岸边与岸坡以陡坎相接，坎高 $10\sim 17\text{m}$ ，系侵蚀台地，台面宽 $20\sim 30\text{m}$ ，表部为崩、坡积块碎石土，结构松散，厚 $2.5\sim 6\text{m}$ ，下伏 O_{1ch}^2 变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩；台地以上为一基岩陡坡，坡度 $50\sim 65^\circ$ ，局部近于直立。在 2680m 高程以上为一缓坡，表部为坡、残积碎石土覆盖，其厚 $3\sim 7\text{m}$ 。

右岸坝肩基岩为 O_{1ch}^2 变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，岩层产状 $NE35^\circ SE \angle 34^\circ$ ，岩体中小断层及裂隙较为发育，岸边的卸荷裂隙也较发育，岩体较为破碎，基岩强风化层厚约 $3\sim 6\text{m}$ ，弱风化层厚度 $8\sim 10\text{m}$ 。右岸坝肩的地下水位埋深约 70m 左右，但岩体中无稳定连续的含水层，右岸坡及坡脚未见地下水出露。坝后坡处于一山坡凹槽的边缘，坡度较缓，约 25° 左右，岩性为崩、坡积块碎石土，大小混杂，其中细粒土含量较高，结构松散，架空现象严重，厚度在 15m 左右，下伏奥陶系变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩。

右岸岸坡主要由 O_{1ch}^2 变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩构成，岩体中结构面发育，局部发育有小规模松动岩体与卸荷岩体。在缓坡地带表部为坡、残积碎石土覆盖，其厚 $3\sim 15\text{m}$ 。右岸岸坡上植被发育。经综合分析，岸坡整体稳定，局部存在裂隙组合切割构成的危岩块体，对边坡稳定无大的不利影响。清基过程中清除了坝体轮廓线范围内的覆盖层，对局部的松动岩体、卸荷岩体进行了清除。

坝体填筑前对两岸的坝基进行了清理，在填筑过程中对坝坡上残留的碎石土、开挖弃渣及植物根系等进行了清除，对右岸下游坝坡的开挖弃渣（系修筑施工道路的弃渣，为虚渣）以及坡积腐植土、碎石土等清除。

两岸坝坡的坡面不平顺，部分为陡坎，局部为反坡，碾压机械无法到位作业。在施工过程中对陡坎、反坡部位按设计方案进行了局部削坡处理；部分反坡部位采用了浆砌石砌筑形成正坡。

2.4.4.1.2 坝体填筑

毛藏寺水库大坝于 2013 年 9 月 26 日开始填筑，至 2014 年 5 月 18 日坝体填筑到高程 2661.8m，已到面板顶部。

坝体填筑前，首先按照设计对河床覆盖层表部 3m 以上进行了清除，然后进行现场碾压试验，检测指标：干密度为 $2.13\sim 2.17\text{g/cm}^3$ ，颗粒级配 160mm 以下粒径偏少，只达到 48.7%，达不到设计要求的 2.2g/cm^3 。再向下开挖 2m 后，现场碾压试验得出的干密度为 2.19g/cm^3 和 2.18g/cm^3 ，颗粒级配 160mm 以下的粒径达到 73.2%，基本满足设计指标要求，因此，将原设计中的清除河床覆盖层厚度由 3m 调整变更为 5m，设计干密度按照不小于 2.18g/cm^3 控制。

坝体填筑料有料场开采石料以及导流洞、溢洪道、趾板、泄洪排沙洞的开挖料，料场开采时由于剥离层弃料（强风化岩石料）与开采层石料难于分离，在坝体填筑料中含有少量的强风化岩石料。

坝体填筑前对两岸的坝基进行了清基。在坝体填筑过程中对坝坡上残留的碎石土、开挖弃渣及植物根系等进行了清除，并将清基开挖弃料运至坝外。

对两岸坝坡的陡坎、反坡部位按设计方案进行了局部削坡处理；部分反坡部位采用浆砌石砌成了正坡。

为避免坝体的过量沉降，要按设计要求的粒径级配进行坝体填筑，采取措施严格控制上坝料的质量，超径块石、强风化岩石、细粒土含量超标的石料等均不得上坝，严禁上坝料中含有树根等杂物。对于陡坎、反坡部位采取措施，严格按照设计要求，达到坝体碾压指标要求。坝体与岸坡接合部位为了防止大块石集中现象，且碾压设备无法到位，造成接合部位碾压不密实，在施工中采用接合部位填筑时减薄填筑铺料厚度，清除大块石，采用过渡层料填筑，并用液压振动夯进行了夯实。

严格按碾压试验确定的坝体填筑指标进行质量控制，如铺料厚度、粒径级配、碾压遍数等，本工程每层填筑料是在 26t 的振动碾碾压 8 遍。按有关的试验进行质量控制，如果密度、级配、孔隙率等达到设计要求后再进行下一层的填筑施工。

主堆石区设计铺料厚度 80cm，控制粒径小于 60cm。从主堆石区的填筑情况看，大部分填筑料的级配满足设计要求，仅少部分填筑料中存在级配不良的问题，有大块石集

中现象，并有超径现象，个别块石的粒径达 130cm；少部分铺料厚度过大，约 1~1.2m；偶见填筑料中含有树根、胶管等杂物；少部分填筑料中细粒土含量较高。针对坝体填筑过程中出现的问题，设代人员及时发放了《设计代表备忘录（01 号）》要求整改，并在填筑现场数次要求对坝体填筑中存在的问题进行了整改，施工单位对超径块石进行了剔除或在现场进行了破碎，对树根等杂物进行了剔除，严格按设计要求控制铺土厚度。

根据兰州恒泰建筑工程检测有限公司在坝体填筑过程中的检测资料，坝体各填筑部位的干密度均满足设计指标要求，合格率 100%，详见表 3.4.1；< 5mm 颗粒含量和 < 0.075mm 颗粒含量均在设计要求的范围内，详见表 3.4.2。总体来说，坝体填筑质量满足设计要求。

截止目前，由贵阳南明工程监测有限公司观测得到的坝体最大沉降量为 38.6cm。

2.4.4.1.3 趾板工程地质条件

趾板分为左岸斜趾板、河床平趾板、右岸斜趾板三段，其中左岸斜趾板长 138.31m、河床平趾板长 104.58m、右岸斜趾板长 109.76m，总长 352.65m。趾板基础面清基开挖工作自 2013 年 9 月初开始，至 2013 年 11 月 8 日结束，其工程地质条件分段叙述如下：

左岸斜趾板桩号 0+000~0+138.31 段：长 138.31m，地基岩性主要为变质砂岩，夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，岩体中小断层、裂隙较为发育，断层破碎带宽度在 10~30cm 之间，其间为断层泥及角砾岩。对设计建基面上的强风化岩体、破碎岩体等进行了清除，部分段有超挖现象，建基面参差不平顺，多为弱风化岩体，地基承载力满足要求；按地质要求对断层破碎带进一步进行了挑槽清挖。

河床平趾板桩号 0+138.31~0+242.89 段：长 104.58m，漂卵砾石层自河床两侧的 3m 左右逐渐向河床中部增厚，最厚达 18m 左右，下伏变质砂岩，夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，在 0+230 处一小断层斜切趾板地基，断层破碎带宽度 0.4~0.6m，为断层泥及断层角砾岩，断层产状 NE35°SE∠60°；在 0+240 处一断层斜切趾板地基，断层破碎带宽度 0.5~0.8m，为断层泥及断层角砾岩，断层产状 NE30~40°SE∠70°；基坑中从覆盖层中有大量的地下水渗出，采用了抽排水措施。河床覆盖层及厚 0.5~3.5m 的强风化岩体已被清除，建基面为弱风化岩体，地基承载力满足要求；按地质要求对断层破碎带进一步进行了挑槽清挖，对局部残留的松动岩块、浮渣等清除干净；对渗入基坑内的地下水进行引排封堵，并在浇筑混凝土之前将基坑内的水抽排干净。其中 0+182.7~0+199.08 段 2#高趾墙原设计建基面高程 2576.00m，由于根据原勘探资料推测的河床深槽没有出现，实际最低建基面高程 2581.23m，比原设计抬高约 5m 左右。

右岸斜趾板 桩号 0+242.89~0+352.65 段：长 109.76m，地基岩性主要为变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，岩体中发育数条断层，断层规模较小，断层破碎带宽度一般在 10~30cm 之间，个别宽达 1m，断层破碎带由断层泥及断层角砾岩组成；地基岩体中裂隙较为发育。对设计建基面上的强风化岩体、破碎岩体等进行了清除，部分段有超挖现象，建基面参差不平顺，多为弱风化岩体，地基承载力满足要求；按地质要求对断层破碎带进一步进行了挑槽清挖，对局部残留的破碎岩体、松动岩块、浮渣（土）等清除干净。

趾板基础开挖揭露地质条件与初步设计阶段地质勘察资料相符，但在高趾墙部位原勘察推测的河床深槽没有出现，建基面比原设计抬高 5m 左右。

趾板边坡稳定问题：左岸趾板基础开挖后形成的边坡高度在 10~20m 之间，边坡比在 1:0.3 左右，在左岸趾板边坡岩体中发育有数条小断层，断层破碎带宽在 5~30cm 之间，其间为断层泥及断层角砾岩；岩体中裂隙较为发育，其中与岸坡近于平行或小角度斜切岸坡的剪切裂隙对边坡稳定的影响较大，左岸趾板边坡稳定性较差。对左岸趾板边坡岩体采用锚杆、锚筋桩、锚索等综合措施进行了锚固处理，并挂网喷混凝土护面。建议加强对边坡岩、土体的变形监测，注意施工期安全。

右岸趾板基础开挖后形成了高边坡，边坡高度在 35~67m 之间，边坡比在 1:0.3 左右，边坡方向 NW278°；边坡高陡；由于本区受构造运动影响较为强烈，岩体中断层及裂隙较为发育，在右岸趾板边坡岩体中发育有数条小断层，断层破碎带宽在 5~30cm 之间，其间为断层泥及断层角砾岩；边坡岩体中发育的主要裂隙组有：①走向 NE15~30°，倾向 SE，倾角 20~32°；为层面裂隙，发育密度 4~5 条/m，该组裂隙最为发育；②走向 NW275~295°，倾向 NE，倾角 75~82°；该组裂隙与岸坡近于平行或小角度斜切岸坡，为剪切裂隙，发育间距 0.5~1.5m，延伸长度 10~50m；③走向 NE70~75°，倾向 SE，倾角 68~80°；该组裂隙以小角度斜切岸坡，为剪切裂隙，面平直、光滑，无充填，发育密度 1~2 条/m，可见延伸长度 30~50m；④走向 NE15~20°，倾向 SE 或 NW，倾角 72~78°；为剪切裂隙，面平直、光滑，无充填，发育密度 1~3 条/m，延伸长度 10~30m；⑤走向 NW340~351°，倾向 NE 或 SW，倾角 56~70°；为剪切裂隙，面平直、光滑，发育密度 1~2 条/m，延伸长度 6~30m。上述各裂隙中有与岸坡斜交或近于垂直的剪切裂隙，也有与岸坡近于平行或小角度斜切岸坡的剪切裂隙，且有倾向下游的层面裂隙，在各组裂隙的组合切割下形成了不稳定块体，其中与岸坡近于平行或小角度斜切岸坡的陡倾角剪切裂隙对边坡稳定性的影响最大，总体上右岸趾板边坡的稳定性差，局

部边坡岩体有掉块、坍塌的可能，特别是开挖后沿开口线表部的强风化岩体、卸荷岩体等没有被彻底清除，仍有影响趾板安全的危岩存在，开口线以上的自然边坡局部仍有危岩、危石存在；开口线附近的坡积物没有被完全清除，其长约 20m 左右，宽约 5~10m，厚约 1~2m，少部分随时有塌落的可能。为确保施工期及运行期安全，对边坡岩体采用锚杆、锚筋桩、锚索等综合措施进行了锚固处理，并挂网喷混凝土护面，边坡整体稳定，但开挖边坡开口线附近及其以上的自然边坡局部仍存在危岩，需加强对边坡岩、土体的巡视检查，发现问题，及时处理。

2.4.4.1.4 坝基防渗处理

本工程大坝为混凝土面板堆石坝，拟对趾板地基岩体进行固结灌浆和防渗帷幕灌浆处理。于 2014 年 4 月 15 日开始进行趾板地基岩体的固结灌浆与防渗帷幕灌浆工作，目前趾板地基岩体的固结灌浆与防渗帷幕灌浆工作已经完成，两岸坝肩的防渗帷幕灌浆工作正在进行中。

(1) 趾板地基岩体的固结灌浆

0+000.00~0+085.57 段趾板固结灌浆孔布设在“X”线左侧 0.25m，右侧 1.75m，排距 2m，孔距 3m，梅花型排列，固结灌浆孔入岩深度在高程 2630m 以上为 5m，2630m 以下为 8m；0+085.57~0+148.20 段趾板固结灌浆孔布设在“X”线及右侧 2m，排距 2m，孔距 3m，梅花型排列，固结灌浆孔入岩深度 8m；0+148.20~0+233.58 段趾板固结灌浆孔布设在“X”线左侧 3m、“X”线及“X”线右侧 2m，共 3 排，排距 2m、3m，孔距 3m，梅花型排列，固结灌浆孔入岩深度 8m；0+233.58~0+274.87 段趾板固结灌浆孔布设在“X”线及右侧 2m，排距 2m，孔距 3m，梅花型排列，固结灌浆孔入岩深度 8m；0+274.87~0+352.65 段趾板固结灌浆孔布设在“X”线左侧 0.25m，右侧 1.75m，排距 2m，孔距 3m，梅花型排列，固结灌浆孔入岩深度在高程 2630m 以上为 5m，2630m 以下为 8m。固结灌浆压力 0.5MPa，分别按 I 序孔、II 序孔进行灌浆，灌浆水灰比 5:1、3:1、2:1、1:1，封孔水灰比 0.5:1；共完成固结灌浆孔 235 个，总孔深 2134.1m，其中混凝土 473.5m，基岩 1660.6m，总耗量 460115.13kg，平均单耗量 277.08kg/m。

(2) 趾板地基岩体的帷幕灌浆

趾板地基岩体的帷幕灌浆采用单排帷幕，灌浆深度按照 5Lu 以下 5m 控制；在高程 2610 以下单排布置孔距为 1m，以上单排布置孔距为 1.5m。帷幕灌浆施工遵照《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(DL/T 5148-2021) 及《杂木河毛藏寺水库大坝枢纽工程基岩水泥灌浆施工技术要求》进行。帷幕灌浆压力 4.0MPa，分别按 I 序孔、II 序孔、

III序孔进行灌浆，灌浆水灰比 5:1、3:1、2:1、1:1，封孔水灰比 0.5:1；帷幕灌浆孔中无涌水、大量漏浆、串浆，灌浆过程中无地基岩体抬动、隆起、张裂等；共完成趾板地基岩体灌浆孔 300 个，总孔深 11416.96m，其中混凝土 684.2m，基岩 10732.76m，总耗量 2229250.35kg，平均单耗量 207.71kg/m。

趾板地基岩体的帷幕灌浆完成后进行了检查孔的施工，共完成帷幕灌浆检查孔 21 个，总孔深 780.2m，其中混凝土 44.9m，基岩 735.3m，总耗量 4587.42kg，平均单耗量 6.24kg/m，根据检查孔压水试验取得的 158 组岩体透水率，最大值 4.26Lu，其中 3~5Lu 占 3.2%，1~3Lu 占 68.3%，<1Lu 占 28.5%，均小于 5Lu，说明趾板地基岩体固结及帷幕灌浆质量满足设计和规范要求。

(3) 左、右岸坝肩岩体的帷幕灌浆

左岸灌浆廊道于 2014 年 6 月初进洞开挖，目前，二次衬砌已经完成，正在进行防渗帷幕的施工。隧洞围岩为变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，岩层产状 NW286°NE ∠18°；发育一顺层的挤压破碎带，斜切隧洞，宽度一般 0.8~1m，局部达 2m，岩体中裂隙较为发育，岩体较为破碎，尤其是左侧洞壁更为破碎，开挖后的残留炮孔少见；其中 0+066~0+082.5 段有渗水现象，0+073 前后渗水较为严重，多呈滴渗状，雨天时呈线状流水。隧洞围岩为不稳定的 IV 类围岩，进洞口 0+022.5~0+036.5、0+072.5~0+080 段已采用钢拱架加强支护，0+036.5~0+072.5、0+080~0+104 段已采用系统锚杆、挂钢筋网、喷混凝土支护。

右岸坝肩的防渗帷幕灌浆工作正在进行中。

大坝混凝土面板浇筑始于 2015 年 5 月 26 日，完成于 2015 年 8 月 15 日。

2.4.4.2 导流洞工程地质条件

导流洞布置于坝址右岸，进口位于小毛藏沟，隧洞设计断面为城门洞形，断面尺寸 5.2×6.0m，进口底板高程 2608.0m，纵坡 1.21%，原设计隧洞进口桩号 0+008.7，出口桩号 0+749.78，实际隧洞进口桩号 0+010.20，出口桩号 0+785.45，隧洞全长 775.25m，因隧洞出口向下游偏移，隧洞长度比原设计有所延长。导流洞于 2012 年 12 月 25 日开工，至 2013 年 5 月 10 日贯通，于 2013 年 6 月 15 日具备通水条件。隧洞采用全断面钻爆法进行施工。

桩号 0+010.2~0+081 隧洞进口段：隧洞轴线方向 SE130°，洞室围岩为奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 8:2，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 20~60cm，属中硬岩~坚硬岩；所

夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 $NE30^{\circ}SE\angle 30^{\circ}$ 。洞轴线走向与岩层走向夹角 100° ；由于岩层倾角缓，缓倾角层面裂隙发育，岩体完整性差。部分变质砂岩层较厚段岩体较完整，裂隙间距多在 $0.3\sim 0.6m$ 之间。 F_5 断层在桩号 $0+074.5$ 处穿越隧洞，断层产状 $NE15^{\circ}SE\angle 32^{\circ}$ ；为正断层，断层面较平直，宽 $15\sim 20cm$ ，充填断层泥及角砾岩，洞内可见延伸长度 $10\sim 15m$ 。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为不稳定的IV类围岩，采用了钢拱架、锚杆及挂网喷混凝土支护。

桩号 $0+081\sim 0+170$ 洞身段：隧洞轴线方向 $NE88^{\circ}$ ，洞室围岩为奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 $8:2$ ，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 $20\sim 60cm$ ，属中硬岩~坚硬岩；所夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 $NE30^{\circ}SE\angle 31^{\circ}$ 。洞轴线走向与岩层走向夹角 58° ；由于岩层倾角缓，缓倾角层面裂隙发育，岩体完整性差。裂隙间距多在 $0.3\sim 0.6m$ 之间。该段发育四组裂隙：① $NW295^{\circ}NE\angle 75^{\circ}$ ，剪裂隙，张开，上宽 $3\sim 5mm$ ，延伸长度 $5\sim 10m$ ；② $NE52^{\circ}SE\angle 60^{\circ}$ ，面平直、光滑，无充填，发育密度 $2\sim 3$ 条/m；③ $NW290\sim 325^{\circ}SW\angle 43\sim 75^{\circ}$ ，为剪裂隙，面平直、光滑，发育密度 $2\sim 3$ 条/m，可见延伸长度 $8\sim 10m$ ；④ $NE85^{\circ}NW\angle 88^{\circ}$ ，为剪裂隙，面不平、弯曲，宽 $3\sim 5mm$ ，充填泥，可见延伸长度 $8\sim 10m$ 。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为局部稳定性差的III类围岩，采用了锚杆及挂网喷混凝土支护。

桩号 $0+170\sim 0+185$ 洞身段：隧洞轴线方向 $NE88^{\circ}$ ，洞室围岩为奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 $8:2$ ，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 $20\sim 60cm$ ，属中硬岩~坚硬岩；所夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 $NE30^{\circ}SE\angle 31^{\circ}$ 。洞轴线走向与岩层走向夹角 58° ；由于岩层倾角缓，缓倾角层面裂隙发育，岩体完整性差，裂隙间距多在 $0.3\sim 0.6m$ 之间。该段发育三组裂隙：① $NE47^{\circ}SE\angle 58^{\circ}$ ，张裂隙，张开，宽 $3\sim 5mm$ ，充填泥，延伸长度 $5\sim 10m$ ；② $NE37^{\circ}NW\angle 40^{\circ}$ ，剪裂隙，面平直、光滑，无充填；③ $NW340^{\circ}NE\angle 75^{\circ}$ ，为剪裂隙，面平直、光滑，可见延伸长度 $8\sim 10m$ 。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为不稳定的IV类围岩，采用了钢拱架、锚杆及挂网喷混凝土支护。

桩号 $0+185\sim 0+701$ 洞身段：隧洞轴线方向 $NE88^{\circ}$ ，洞室围岩为奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 $8:2$ ，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 $20\sim 60cm$ ，属中硬岩~坚硬岩；所夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 $NE30^{\circ}SE\angle 31^{\circ}$ 。洞轴线走向与岩层走向夹角 58° ；

由于岩层倾角缓，缓倾角层面裂隙发育，岩体完整性差。裂隙间距多在 0.3~0.6m 之间。该段发育四组裂隙：① NW280~290°NE∠78~72°，为张裂隙，宽 3~5mm，充填岩屑，延伸长度 5~8m；② NE20°SE∠72°，为剪裂隙，闭合，面平直、光滑，无充填，发育密度 2~3 条/m；③ NW350~340°SW∠75~80°，为剪裂隙，闭合，无充填，发育密度 2~3 条/m，可见延伸长度 8~10m；④ NE65~85°NW∠76~88°，为张裂隙，面较平、宽 3~5mm，充填泥及岩屑，可见延伸长度 8~10m。该洞段内发育有三条断层，F₁₀ 断层在桩号 0+197 穿越隧洞，断层产状 NE50°SE∠75°，为正断层，断层面较平直，破碎带宽 15~20cm，充填断层泥及角砾岩，可见延伸长度 10~15m；F₁₁ 断层在桩号 0+479 穿越隧洞，断层产状 NE5°SE∠40°，为正断层，断层面较平，宽 15~20cm，充填断层泥及角砾岩，可见延伸长度 10~15m；F₁₃ 断层在桩号 0+565 穿越隧洞，断层产状 NE40°SE∠46°，为正断层，断层面较平，宽 20~25cm，充填角砾岩，可见延伸长度 15~20m。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为局部稳定性差的 III 类围岩，采用了锚杆及挂网喷混凝土支护。

桩号 0+701~0+785.45 隧洞出口段：隧洞轴线方向 NE56°，洞室围岩为奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 8:2，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 20~60cm，属中硬岩~坚硬岩；所夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 NE30°SE∠32°。洞轴线走向与岩层走向夹角 36°，裂隙较发育，岩体完整性差。F₁₃₋₁ 断层在桩号 0+740 处穿越隧洞（左洞壁），断层产状 NE60°SE∠61°，为逆断层，断层面较平直，宽 20~25cm，充填断层泥及角砾岩，延伸长度 10~15m。该段发育四组裂隙：① NW280~290°NE∠60~82°，面不平呈波状，微张，延伸长度 3~5m；② NW310~345°SW∠72~79°，剪裂隙，宽 2~3mm，充填黄色泥，延伸长度 3~5m；③ NE20~65°SE∠72~76°，面平光滑，宽 3~5mm，充填泥，剪裂隙，间距 20~40cm，延伸长度 3~5m；④ NE80°SE∠61°，剪裂隙，充填黄色泥，延伸长度 2.5~3m。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为不稳定的 IV 类围岩，采用了钢拱架、锚杆及挂网喷混凝土支护。

2.5 项目任务与规模

2.5.1 项目任务

神树水电站没有灌溉、防洪、航运等综合利用要求。开发任务是发电、饮水，用以满足甘肃武威地区持续、高速增长的电力、电量和武威市民饮水需求。

2.5.2 项目规模

水库总库容为 4183 万 m^3 ，兴利库容为 3732 万 m^3 ，50 年淤积量为 418 万 m^3 ，死库容为 278 万 m^3 ，调洪库容为 173 万 m^3 。挡水大坝采用砼面板堆石坝，最大坝高 83.8m，坝顶长度 217.39m。装机容量 52MW(2 台 \times 21MW+1 台 \times 10MW)，年发电量 1.535 亿 kWh，年利用小时 2952h。

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252-2017)和《防洪标准》(GB50201-2014)的规定，本工程属中型 III 等工程。由于挡水大坝高度为 83.8m，超过了 70m，大坝级别提高为 2 级，但洪水标准不提高。主要建筑物砼面板堆石坝为 2 级建筑物，泄洪排沙洞、溢洪道等均为 3 级建筑物，次要建筑物为 4 级，其它临时建筑物为 5 级。

2.6 工程枢纽总体布置

毛藏寺水库工程是以供水、灌溉、发电为主的大型枢纽工程，主要建筑物包括混凝土面板堆石坝、左岸开敞溢洪道、左岸泄洪排沙洞、左岸引水发电系统等。

(1) 混凝土面板堆石坝

砼面板堆石坝按正常蓄水位 2661.5m，设计洪水位 2661.5m，校核洪水位 2662.6m，坝顶高程 2664.8m，防浪墙顶 2666.0m，坝顶宽 8.0m，最大坝高 83.8m，坝顶长 217.39m，坝体底部顺水流方向最大长度 227.3m。坝顶在高程 2661.8m 接防浪墙，防浪墙断面为重力式挡墙型式，墙顶高程为 2666.0m，高出坝顶 1.2m。根据平趾板段河床的开挖深度和河床段深河槽的分布情况，将水平段趾板趾 0+149.04m~趾 0+220.04m 段采用高趾墙结构，和左侧平趾板和右侧岸坡趾板相连，和面板及趾板基础防渗帷幕灌浆形成完整的防渗体系。高趾墙建基面高程为 2576.00m，顶部高程 2588.00m，最大墙高 12.0m。坝体上游坝坡 1: 1.45，下游坝坡在高程 2625.00m 处设置 2.5m 宽的一级马道，在高程 2625.0m 以上的坝坡为 1: 1.45，以下坝坡为 1: 1.40，在马道以上坝后坡设置有 5.0m 宽“之”字型上坝公路，此公路临时和永久结合，方便坝区管理。

坝体自上游至下游分别为上游铺盖 (1A) 及盖重保护区 (1B)、面板 (F)、垫层区 (2A)、特殊垫层区 (2B)、上游主堆石区 (3B1)、排水区 (3F)、下游主堆石区 (3B2) 以及下游浆砌块石护坡 (3D1) 和干砌块石护坡 (3D2) 区。

面板允许承受的最大水力梯度按 200 控制。面板顶端厚度 0.3m，底部最大厚度 0.54m，最大水力梯度 135.2，满足规范要求。面板中间按线性变化，不同高程处面板厚

度依据上述公式确定。

为适应坝体变形，减少裂缝的产生，混凝土面板进行了分缝分块，设置永久伸缩缝。河床中央部分设有压性面板 10 块，板宽 12m；两岸陡坡段设张性面板，板宽 6m，左岸 9 块，右岸 3 块，共 9 块，面板总计 22 块。

面板砼强度为 C25 W10 F250，在受力条件较差部位的面板采用钢纤维砼浇筑。

本工程趾板在 2610m 高程以上全部采用 4.5m 等宽布置，厚度为等厚 40cm；2610m 高程以下的趾板宽度采用 5.0m 等宽布置，厚度为等厚 50cm。趾板砼强度等级 C30W10 F250。

(2) 左岸开敞溢洪道

溢洪道由引渠段、闸室段、泄槽段和出口挑流段组成，布置一孔一槽，一级陡坡，出口设带扭角挑流鼻坎。引渠段长 56.1m，主要是将上游高于进口底板影响溢洪道过流的山体进行挖除；闸室长 20.0m，采用 WES 实用堰，堰顶高程 2655.0m，闸墩顶部高程 2664.8m，和坝顶同高，闸体总宽 14m，孔口尺寸（宽度×高度）10m×9.8m，最大闸高 14.3m，最大泄量 392.0m³/s。闸室后接 12m 长的平坡调整段，使泄槽宽度由 10.0m 渐变为 8.0m，底板高程 2651.0m，使水流平稳后通过剖物线和下游泄槽相接。泄槽坡度为 i=42.0% 的陡坡，宽度为 8.0m，泄槽斜长 124.5m，其后和带扭角的挑流鼻坎相接，将水流挑射至下游河道。挑流鼻坎反弧段直径为 16m，挑角为 30.8°，采用扩散式扭角挑流鼻坎挑流，鼻坎左侧墙沿泄槽边墙坡度直出，右侧边墙和中心线呈 6.5° 的扭角将水流向河床扩散，以减小出口单宽流量，减小冲坑深度。挑流鼻坎长 15m，挑坎高程为 2602.17m，边墙厚 2.0m，总宽 12~13.9m。

(3) 左岸泄洪排沙洞

泄洪排沙洞进口底板高程 2620.00m，为有压洞，出口设置工作弧门，最大泄量 250.20m³/s，泄洪排沙洞总长 356.75m，采用有压隧洞布置，隧洞直径 4.2m，洞身纵坡 i=6.62%，末端和工作弧门闸室相接，其后接挑流鼻坎。

(4) 左岸电站进水口

电站进水口布置在左岸，为有压进水口，为保证进水口门前清，进水口尽量靠近泄洪排沙洞。水库正常蓄水位为 2661.50m，在满足压力进水口淹没深度的条件下，满足防沙要求，应尽量抬高底板高程，增加下部拦沙高度，进水口底板高程 2622.85m，进水口平台高程 2666.0m，与坝顶同高，进水口设主副拦污栅（3.7m×4.5m）各 1 扇，平板事

故检修门（3.7m×3.7m）一孔一扇，主副拦污栅及平板事故检修门均由布置在坝顶平台上的固定式卷扬机启闭，电站设计引用流量 15.0m³/s，过栅流速为 0.901 m³/s，渐变段长 5.0m，由 3.7m×3.7m 方形断面渐变为洞径 D=3.7m 的马蹄形断面。

2.7 机电设备及金属结构

2.7.1 水轮机、发电机

(1) 水轮机

项目	单位	
水轮机型号		CJC601-L-155/4×15（#2、#3 机组） CJC601-L-138/4×10.5（#1 机组）
数量	台	3
旋转方向		俯视顺时针
转轮直径	m	1.38m/1.65m
射流直径	m	0.105m/0.15m
喷嘴数		4
水斗数		18
排出高度	m	3.09
配水环管型式		钢板焊接
额定水头	m	439
额定功率	MW	21.55MW(大机)/10.42MW(小机)
最大功率	MW	21.65MW(大机)/10.42MW(小机)
额定流量	m ³ /s	(1#) 2.891m ³ /s、大机；(2#、3#) 5.855m ³ /s
额定工况点效率	%	91.0
额定转速	r/min	500r/min(大机)/600r/min(小机)
飞逸转速	r/min	650(大机)/780(小机)
水轮机总重量	t	71t(大机)/48t(小机)
吊运最重件	t	3.886(主轴)
供货方		重庆水轮机厂有限责任公司

(2) 发电机

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

名称	单位	2#、3#	1#
型 号		SF21-12/3250	SF10-10/2860
型 式		悬吊式	悬吊式
额定容量	KVA	24705.9	11764.7
额定功率	MW	21	10
额定电流	A	1358.5	646.9
额定电压	V	10500	10500
额定功率因数		0.85（滞后）	0.8（滞后）
额定频率	HZ	50	50
磁极数	个	6	5
接线型式		2Y	2Y
额定转速	r/min	500	600
飞逸转速	r/min	900	1080
绝缘等级		F	F
励磁方式		静止可控硅励磁	静止可控硅励磁
冷却方式		封闭循环空气冷却	封闭循环空气冷却
推力轴承型式		弹性油箱佛塑瓦式	弹性油箱佛塑瓦式
上导轴承型式		钨金分块瓦式	钨金分块瓦式
制动时间	min	2	

2.7.2 电气系统

(1) 电站接入系统方式

神树水电站以一回 110kV 线路接入已建成的甘电投杂木寺水电站 110kV 升压站，新建线路长度应为 10.934km，导线型号采用 LGJ-240；杂木寺水电站升压站扩建一个 110kV 进线间隔。神树水电站、杂木寺水电站利用已建成的杂木寺水电站至 110kV 谢河

变的 110kV 线路送出。

(2) 电气主接线

神树水电站建设一座 110kV 升压站，升压站装设 10/110kV 升压变压器两台，容量为 (25+40) MVA。110kV 侧采用单母线接线，10kV 侧采用一机 (21MW) 一变单元接线和两机 (10+21) MW 一变的扩大单元接线。

(3) 厂用电及坝区用电接线

由于枢纽部分用电设备为一级负荷，供电考虑采用双回路架空线路供电，两回均由外接电源提供，10kV 线路架空至枢纽后用 S11-400/10 变压器降压至 0.4kV 引至枢纽低压柜，为了确保枢纽用电，枢纽同时配置第三电源 0.4kV、400kW 的柴油发电机组。在 0.4kV 电压侧采用自动备投装置，保证不间断供电。

因枢纽负荷重要，采用以高压深入负荷中心，装设单独的配电变压器降至 380V/220V 供电。为满足大坝紧急泄洪的要求，确保供电可靠，采用双电源供电并互为备用，同时配置柴油发电机组作为第三电源。

枢纽配电方式为 10kV 侧采用线路-变压器单元接线，变压器选用真空断路器保护；0.4kV 低压侧采用单母线分段接线，有三回电源，两回 “T” 接线路，另一回来自柴油发电机组，三回电源设置自动切换装置。

(4) 过电压保护

1) 直击雷保护

屋顶设备依靠出线钢构架进行直击雷保护，110kV 线路采用全线架设避雷线方式进行直击雷保护。

主副厂房及户内升压站直击雷保护措施为在其屋顶上以 50×5 扁铁焊成防雷接地网，并通过每个排架柱内主钢筋与总接地网可靠焊接。枢纽所有建筑物均按规范进行防雷保护。

2) 侵入雷电波保护

110kV 配电装置是利用在 110kV 线路及母线上加装氧化锌避雷器作为侵入雷电波保护，主变压器中性点、发电机电压侧设备通过在中性点和发电机出口母线加装氧化锌避雷器作为侵入雷电波保护。

3) 工频过电压

为防止厂用电回路真空断路器操作时产生工频过电压，在母线上加装避雷器，在线路侧加装过电压保护器以限制厂用回路各类过电压。

(5) 接地

接地设计依据《水力发电厂接地设计技术导则》进行，全厂工作接地、保护接地、接零共用接地网，电站接地充分利用自然接地体，接地网主网分为主变平台及厂房接地网，尾水渠及下游河道水下接地网，各接地网之间互相以不少于 2 根的人工接地体连接，再与水工建筑物、压力钢管等可靠连接，接地电阻要求小于 0.5Ω 。主变压器中性点经隔离开关接地，具体接地方式依据系统运行要求而定，发电机中性点经消弧线圈接地。

(6) 电气设备布置

1) 主变布置

主变压器布置在副厂房右侧户外的平地上，地面高程 2229.90m。两台变压器呈“一”字型。110kV 升压变压器安装工程包括升压变压器、主变中性点设备等。升压变压器低压侧采用共箱封闭母线与发电机电压配电装置相连接，110kV 高压侧直接与 110kV 户内 GIS 开关站采用钢芯铝绞线相连接。主变压器分别为一台容量 40MVA 及一台容量 25MVA 的变压器。变压器低压侧接铜母线，高压侧与 110kV SF₆ 全封闭组合电器（GIS）配电装置设备连接。

2) 110kV GIS 室布置

GIS 室电动单梁起重机供 GIS 设备安装、检修时起吊设备用，起重机型号为 QD10t-7.8。

3) 厂内高压电气设备布置

厂用变压器安装在副厂房高低压配电盘室，1#、2#变压器分别安装在 0.4kV 低压配电盘两侧，3#变压器为外来变，其中三台变压器为干式变，采用整体到货方式。

励磁变压器安装在副厂房高低压配电盘室，1#、2#、3#变压器分别安装在 0.4kV 低压配电盘靠近中控室侧，其中三台励磁变压器为干式变。

机组高压开关柜安装在副厂房高低压配电盘室，高压开关柜共 18 面其中 1#、2#、3#机组高压柜共 16 面包括柜底封闭母线进线柜、机组励磁变电压互感器柜、机组电压互感器柜、柜顶封闭母线出线柜、机组母线 PT 柜、和厂用断路器柜，另外 2 面为外来电高压柜。所有高压柜采用本体与手车分离到货方式。

400V 低压配电盘安装在副厂房高低压配电盘室、机旁、技术供水室、及空压机室，400V 低压配电盘共 26 面。

直流蓄电池安装在副厂房蓄电池室，其中直流蓄电池共 2 组。

监控系统设备安装在副厂房二次配电盘室、机旁、及坝区配电室。

4) 自动控制

1) 电站调度方式：神树水电站的运行管理权归属业主单位，电站接入系统的线路、进线间隔由国网武威电力调度通信中心进行调度。

2) 值班方式：电站按“无人值班(少人值守)”原则设计。

2.7.3 金属结构

本工程溢洪道、泄洪排沙洞、引水发电洞水道上布置的金属结构设备有：1孔溢洪道设1扇表孔弧形工作闸门，1孔泄洪排沙洞设1扇深孔弧形工作闸门，泄洪排沙洞进口竖井中设1扇事故检修闸门，引水发电洞进口依次设主、副拦污栅各1扇，事故检修检修闸门1扇。共设有闸门、拦污栅6扇，闸、栅槽埋件6套，各种类型的启闭设备共5台套。金属结构总工程量约434.5吨，其中：结构件重量约284吨；启闭设备重量约143.5吨；附件重约7吨。

2.8 主要设施、设备

本工程主要设施、设备见下表2-1。

表 2-1 主要设施、设备表

序号	设备名称	型 号	规 格	数量
1	水轮机 (#1)	CJC601-L-138/4x10.5	型 式：冲击式 额定水头：414 m 最高水头：434m 加权平均水头：422.65m 最小水头：390m 额定功率：10420kw 额定流量：(1#) 2.891m ³ /s 额定转速：600r/min 飞逸转速：1080r/min 额定效率：90.6% 喷针关闭时间：60s 折向器关闭时间：≤2s 机组速率上升： $\beta \leq 0.25$ 转轮直径：1.38m 射流直径：0.105m 旋转方向：俯视顺时针旋转 配水环管型式：全金属配水环管	1 台
2	水轮机 (#2、#3)	CJC601-L-155/4x15	型 式：冲击式 额定水头：414 m 最高水头：434m	2 台

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	设备名称	型 号	规 格	数量
			加权平均水头：422.65m 最小水头：390m 额定功率：21550kw 额定流量：5.855m ³ /s 额定转速：500r/min 飞逸转速：900r/min 额定效率：90.6% 喷针关闭时间：60s 折向器关闭时间：≤2s 机组速率上升： $\beta \leq 0.25$ 转轮直径：1.65m 射流直径：0.15m 旋转方向：俯视顺时针旋转 配水环管型式：全金属配水环管	
3	发电机（#1）	SF10-10/2860	型 式：悬吊式 额定容量：11764.7kVA 额定功率：10MW 额定电流：646.9 A 额定电压：10500V 额定功率因数：0.8（滞后） 额定频率：50HZ 励磁方式：静止可控硅励磁 冷却方式：封闭循环空气冷却	1 台
4	发电机（#2、#3）	SF21-12/3250	型 式：悬吊式 额定容量：24705.9 kVA 额定功率：21 MW 额定电流：1358.5 A 额定电压：10500V 额定功率因数：0.85（滞后） 额定频率：50HZ 励磁方式：静止可控硅励磁 冷却方式：封闭循环空气冷却	2 台
5	调速器	CJWT-4/4	具 PID 调节规律，微机调速器	3 台
6	油压装置	HYZ-0.6-6.3	容积 0.6m ³ ，油压 6.93MPa	3 套
7	进水阀	QF439-WY-80（#1 机） QF439-WY-110（#2、#3 机）	Φ0.8m/1.1m P=22MPa 球阀接 力器操作方式为蓄能罐式	3 台
8	起重机	QD75/20-14.6 A3	通用桥式起重机， 操纵方式：空操 额定起重量：75/20t	1 套

序号	设备名称	型 号	规 格	数量
			跨度：14.6m 起升高度主：20m 副：25m	
9	主变	SF11—40000/110（#1） SF11—25000/110（#2）		2 台
10	励磁装置	FJL-4EDI-PADD2B	自并励静态可控硅整流励磁	3 套
11	GIS 设备		126kV	1 套
12	计算机监控系统		随机配套	1 套

2.9 消防

神树水电站的机电设备消防主要包括水轮发电机消防、透平油与绝缘油系统消防、主变压器消防、主厂房桥机消防。

2.9.1 水轮发电机消防

本电站综合考虑本电站工程规模 $21 \times 2 + 10\text{MW}$ ，确定水轮发电机采用固定式水喷雾灭火方式。

发电机灭火环管分布于定子上、下端部，每台机在发电机层设有一个固定式手动操作消火栓。发电机消防水源引自消防供水干管。按照《水电工程设计防火规范》GB 50872-2014的规定，在发电机定子上、下端部线圈圆周长度上喷射的水雾水量不应小于 $10\text{L}/(\text{min}\cdot\text{m})$ ，水轮发电机火灾延续时间按 10min 考虑，供水压力为 $0.3\text{MPa} \sim 0.4\text{MPa}$ 。当发电机通过火警探测器、并自动发出信号，经确认机组发生火灾事故时，手动开启位于发电机层的消火栓阀门灭火。

2.9.2 透平油与绝缘油系统消防

本电站油系统未设置固定油罐，按《水电工程设计防火规范》GB 50872-2014，仅在透平油及绝缘油罐处分别设置移动式泡沫灭火设备和沙箱等灭火器材，不设置固定式自动水喷雾灭火系统。

2.9.3 主变压器消防

本电站设1台油浸式主变压器，额定容量为 50MVA ，电压等级 110kV ，充油量约为 20t ，根据《水电工程设计防火规范》GB 50872-2014要求，现场设4台MFT50型推车式干粉灭火器。主变压器底部周围均设有一个事故集油坑（坑内铺设厚 250mm 的卵石层，卵石粒

径为50mm~80mm)，其底部以管路通至主变压器事故油池。主变压器设置事故排油管，在发生火灾时将主变压器体内的油通过事故集油坑，排至主变压器事故油池，事故油池总容积约35m³。

2.9.4 主厂房桥机消防

本电站主厂房内设一台75/20/5t-14.4小车桥式起重机，桥机上配置手提式干粉灭火器。

2.9.5 电缆消防

本电站全部电缆采用阻燃型电缆，并在电缆穿越楼板或隔墙孔洞和进出开关柜、配电盘、自动装置和继电保护盘等的孔洞，以及靠近充油电气设备的电缆沟道盖板缝隙处，均采用阻燃材料封堵。电缆在穿过油管、高压气管或其它易燃、易爆等处要采用防火槽盒、罩盖保护。

电缆廊道、竖井、夹层的电缆吊架设置防火分隔，隔板的耐火极限应不低于0.75h。

电缆夹层、竖井的电缆架上的动力电缆、控制电缆分层排列附设，层间加设防火隔板。其耐火极限不小于0.75h。

电缆穿过的廊道、竖井和电缆夹层的出入口设有移动式干粉灭火器、消防栓和防毒面具。

2.9.6 发电机电压配电装置及厂用电设备消防设计

发电机电压配电装置布置于副厂房2238.40m高程，本层还布置有厂用变压器，厂用低压配电盘、厂备用变压器等设备。主厂房发电机层还布置有励磁变。励磁变和厂用变均选用阻燃的干式变压器。发电机出口采用真空断路器，在发电机配电装置室、0.4kV配电盘室、厂用变压器室里设置干粉灭火器，此外还应有两个门可用于火灾发生时的消防、安全通道。

2.9.7 开关站消防

开关站为室内，位于厂房右侧，地面高程2230.95m高程。开关站消防面积近600m²，设移动式灭火器、消防栓、砂箱等灭火器材。

2.10 采暖通风

2.10.1 采暖

根据当地气候特征，在主厂房蜗壳层、水轮机层及安装间及中控室等场所，均采用

中温辐射式电加热器进行采暖。

2.10.2 通风

根据室外气象条件以及围护结构的热工特性和厂房各区域对室内温湿度的要求，全厂采用机械通风为主自然通风为辅的通风方式。

主厂房发电机层和安装间空间高大，且本层机电设备发热强度低，夏季室外通风温度适宜，因此主要利用室内热压作用开启进厂大门和主厂房下游侧墙的高、低位排、进风窗进行自然通风。

主厂房蜗壳层通过楼梯从主厂房水轮机层自然进风，设置“P-1”系统，通过 2 台轴流通风排风至主厂房水轮机层。

技术供水循环水泵房设置“P-2”系统，从主厂房蜗壳层自然进风，机械排风至室外。

主厂房空压机室设置“P-3”系统，从主厂房水轮机层自然进风，机械排风至室外。透平油处理室设置“P-4”系统，事故通风系统与正常排风系统相结合，从主厂房水轮机层进风，机械排风至室外。

主厂房上游电缆夹层设置“P-5”系统从主厂房水轮机层自然进风然后通过机械排风系统风机排出室外。

副厂房柴油发电机房、中控室、蓄电池室、计算机室和高低压开关柜室分别设置“P-10”、“P-9”、“P-8”、“P-7”、“P-6”系统均从室外自然进风，再分别通过轴流风机排风至室外。

卫生间设置管道式换气扇进行通风换气。

2.11 安全监测

依据甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司 2021 年 10 月编制的《杂木河毛藏寺水库（神树水电站）枢纽工程蓄水安全鉴定设计自检报告》，根据截至 2021 年 8 月 30 日安全监测系列成果资料，对其主要结果及评价如下：

(1) 本工程大坝安全监测设计项目和布置，能够满足规范要求和大坝安全监测需要。本工程共安装埋设了 303（支、台、套）监测仪器，完好率 97%。

(2) 坝体累计沉降量在合理范围内，截止 2021 年 8 月 30 日，坝横 0+087.4 断面，水管沉降仪最大测值 636.5mm（ES8）；坝横 0+137.4 断面，水管沉降仪最大测值为 526.0mm（ES20）。坝轴线附近坝体沉降变形大于上下游侧。

(3) 截止 2021 年 8 月 30 日, 坝横 0+087.4 断面, 钢丝水平位移计向上游最大位移量 94.68mm (EX0), 向下游位移最大位移量 70.00mm (EX3)。坝横 0+137.4 断面, 向上游位移最大位移量 28.98mm (EX14), 向下游位移最大位移量为 48.15mm (EX18)。

(4) 大坝表面变形标点整体上水平位移呈现出向下游, 向右岸位移; 左右岸方向最大位移点 A19 位移量为-63.2mm, 上下游方向最大位移点 A4 位移量为 130.69mm, 最大沉降点 A19 沉降量为 213.5mm。大坝表面变形符合一般面板堆石坝变形规律, 又与工程地形特征密切相关。

(5) 面板周边缝开合度、剪切和沉陷方向变化量值在合理范围内。

综上所述, 目前坝体内部变形、坝体外部变形、坝基渗透压力、高趾墙钢筋应力、面板钢筋应力及混凝土应变观测成果表明大坝工作形态正常。

2.12 经济技术指标

神树水电站经济技术指标见表 2.12-1。

表 2.12-1 经济技术指标表

项 目	单 位	指 标
经济内部收益率 (EIRR)	%	11.02
经济净现值 (ENPV, i=8%)	万元	24338
经济效益费用比 (EBCR)		1.330
静态投资回收期 (Ts)	年	12.31

神树水电站建成后, 年新增供水能力 4173 万 m^3 , 提供武威市城镇生活用水 3158 万 m^3 , 提供武南镇工业用水 1015 万 m^3 , 为武威市提供了清洁安全的生活饮用水, 提高了工业园区的供水保证程度, 为社会经济发展提供了水源保证, 项目社会、经济效益显著!

项目经济内部收益率 11.02%, 大于基准收益率 8%, 经济净现值 24338 万元, 大于零, 静态投资回收期 12.31 年, 经济评价指标优越, 项目在经济上是合理的。

设计水平年 2030 年, 项目单位供水成本为 1.354 元/ m^3 , 单位供水运行成本为 0.635 元/ m^3 , 项目供水成本低廉。计入净资产利润率 8.55% 后, 单位供水水价为 3.217 元/ m^3 。

以工程出水口用水户最高可承受水价作为工程供水水价, 工程借款偿还期 15 年。全部投资财务内部收益率 4.33%, 财务净现值为 4159 万元, 大于零; 投资回收期从建设期初算起为 21.52 年; 投资利润率和投资利税率分别为 4.55% 及 5.85%。项目有较高的盈利能力。

2.13 主要安全卫生设施和技术措施

2.13.1 主要卫生设施

(1) 本项目主要安全卫生设施有：采暖通风、采光与照明、防尘、防污染、防腐蚀、防毒、防电磁辐射。配置有声级计、温度计、湿度计、照度计、振动测量仪等监测设备，并且按国家有关规定，定期校验检测设备。

(2) 主要安全设施主要有：防护装置、保险装置、信号装置、危险牌示和识别标志。

(3) 个人防护设施主要有：安全帽类、呼吸护具类、眼部防护用具、耳听力防护用具、手的防护用具、鞋防护用具、护肤用品等。

(4) 生产辅助设施主要有：饮水设施、淋洗设备、盥洗设备、更衣室、存衣箱、工作服洗涤及消毒、食物加热设备、倒班休息室、为女工准备的卫生室及洗涤设备等。

2.13.2 主要技术措施

主要安全技术措施主要有：用电安全保证措施、机械安全保证措施、消防安全保证措施、高空作业安全保证措施、预防自然灾害措施、防火及防爆措施、防机械及防坠落伤害措施、防洪及防淹措施、安全色和安全标志。

2.14 安全生产管理机构、管理制度、应急预案

神树水电站按照国家《安全生产法》、《职业病防治法》等有关法规、规定和标准，已经建立和制定了神树水电站安全生产管理机构和主要制度。

2.14.1 安全生产管理机构及人员

甘肃电投大容电力有限责任公司定员 450 人，设置有安全环保部，负责公司下属各个水电站安全生产监督和安全管理。

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司定员 36 人，设置经理 1 名，主管安全副经理 1 名，设置有发电运行部、设备保障部、水工运维部、综合事务部等 4 个部门，配置 1 名专职安全管理人员。

该公司主要负责人和专职安全管理人员，经取得了安全管理人员资格证书。

2.14.2 主要安全生产管理制度、应急预案和运行规程

(1) 管理制度

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司根据神树水电站的实际情况，在原有的大坝安全管理相关制度的基础上，先后修订、完善了《甘肃电投大容电力有限责任

公司神树发电分公司大坝安全岗位责任制》、《神树水电站水工建筑物巡检制度》、《神树水电站水工建筑物维护检修规程》，为进一步做好汛期大坝安全工作。

(2) 修订和完善应急预案:

1) 综合应急预案

2) 专项应急预案 (共 19 项应急预案)

自然灾害类: 防洪应急预案、防雨雪冰冻灾害应急预案、防地震应急预案、防地质灾害应急预案。

事故灾害类: 人身事故应急预案、全厂停电应急预案、电力设备事故应急预案、电力网络信息安全事故应急预案、火灾事故应急预案、交通事故应急预案、漫坝、垮坝事故应急预案、水淹厂房应急预案。

公共卫生类: 食物中毒事件应急预案、传染病疫情事件应急预案、群体性不明原因疾病事件应急预案。

社会安全事件部分: 群体性突发社会安全事件应急预案、突发新闻媒体事件应急预案、防恐防爆应急预案。

其他预案: 非生产区网络信息安全事件应急预案。

(3) 制定的运行规程:

水轮发电机运行规程、配电装置运行规程、监控系统运行规程、励磁系统运行规程、调速器系统运行规程、直流系统运行规程、进水蝶阀设备运行规程、辅助设备系统运行规程 (技术供水系统运行规程、排水系统运行规程、供气系统运行规定、电动机运行规定、消防系统运行规程)、厂用电运行规程。

2.15 工程建设过程及运行情况

2.15.1 建设过程基本情况

2012 年 11 月 25 日大坝枢纽标正式开工;

2013 年 6 月 18 日主河床截流施工完成;

2013 年 7 月 10 完成围堰填筑施工;

2013 年 9 月 10 日溢洪道首块混凝土进行浇筑施工;

2013 年 9 月 19 日高趾墙第一仓混凝土开仓浇筑 (大坝枢纽标主体混凝土首块浇筑施工);

2013 年 9 月 26 日大坝正式开始填筑施工;

2013年10月24日面板堆石坝专家到现场勘查大坝施工情况；
2014年4月1日引水发电洞及泄洪排沙洞闸室首块混凝土进行浇筑施工；
2014年5月18日大坝填筑至EL2661.48m（防浪墙底部高程）；
2015年5月25日大坝面板第一仓混凝土（第19块面板）开仓浇筑；
2015年6月20日泄洪排沙洞排架柱混凝土开始浇筑；
2015年8月15日大坝面板混凝土全部浇筑完成；
2015年8月16日引水发电洞闸室主体混凝土浇筑到顶；
2015年8月30日完成坝后之字路及坝顶路面全部混凝土浇筑；
2015年11月9日溢洪道混凝土浇筑完成；
2016年8月19日泄洪排沙洞闸室主体混凝土浇筑到顶；
2016年11月14日大坝成功下闸蓄水；
2016年10月16日，完成左岸溢洪道、坝顶及坝后防护栏杆制安；
2016年8月11日-2016年12月25日1#机组开始进入静态调试；
2016年8月30日-2016年12月25日2#机组开始进入静态调试；
2016年9月2日-2016年12月25日3#机组开始进入静态调试。

2.15.2 建设过程基本情况试运行情况

#1机组于2021年10月19日15:15分首次并网投入运行；#2机组于2021年9月25日12:51分并网投入运行；#3机组于2021年10月10日8:32分并网投入运行；3台机组在试运行72小时后，分别带25%、50%、75%、100%额定负荷，进行甩负荷试验各项参数正常。

神树水电站自2021年10月19日1#机组至3号机组并网投入运行以来，各台机组均可在额定工况发出额定出力。电厂已实现满负荷发电运行，电站发电能力已基本达到设计要求。

2.16 重大设计变更

(1) 根据实际开挖情况以及地质条件变化，对开挖后的边坡支护方案进行调整，现取消原设计中的锚索支护，在2624.0m以下采用钢筋挂网喷锚支护，死水位以上，采用钢筋桩和钢筋挂网联合支护，在开挖坡面正常蓄水位2661.5m死水位2624.0m之间设置排水管，间距为5m。（设计更改通知单技施SH-SG-2013-09号）。

(2) 由于排沙洞出口因岩石破碎提前进洞，因此对泄洪排沙洞出口闸室桩号做以

调整,将泄 0+333.13 调整为泄 0+334.4;将泄 0+349.13 调整为泄 0+350.4;将泄 0+359.13 调整为泄 0+360.4;支铰中桩号由泄 0+344.13 调整为泄 0+345.4 其它桩号按照结构尺寸做相应调整。在泄洪排沙洞出口工作闸钢筋图、工作闸闸墩扇形钢筋和弧门支座钢筋图、工作闸挑流鼻坎钢筋图中将泄 0+330.7 调整为 334.4;将泄 0+346.7 调整为泄 0+350.4;将泄 0+357.0 调整为泄 0+360.4;其它桩号按照结构尺寸做相应调整。另外在金属结构图纸中将泄冲闸工作门-门槽总图支铰中心桩号泄 0+341.7 调整为泄 0+345.4,且保持高程 2605.0m 不变。在建筑图纸泄冲闸室建筑图中桩号泄 0+333.13 调整为 334.4;将泄 0+334.13 调整为泄 0+335.4;将泄 0+336.63 调整为泄 0+337.9,其他结构桩号按照结构尺寸做相应调整,本次更改不发生工程量(设计更改通知单 SH-SG-2015-01 号)。

(3) 根据现场施工实际情况,经设计、业主、监理、施工单位研究决定,将引水隧洞 II、III、IV 类围岩开挖断面统一调整。(设计更改通知单书 201302 号(水工 006 号))。

(4) 因发电进水口启闭机架与泄洪排沙洞启闭机架位置上有冲突,经设计研究决定对发电进水口启闭机架进行调整。(设计更改通知书 201421 号(水工 024 号))。

(5) 引水隧洞开挖完成经地质编录围岩分类通知(设计变更通知书 201412 号(008 号))。

2.17 枢纽工程专项验收和消防工程专项验收结论

2021 年 9 月中国水利水电科学研究院出具了《甘肃省武威市杂木河神树水电站工程蓄水安全鉴定报告》,该报告认为:工程各建筑物布置合理,适应坝址地形、地质条件及各建筑物功能要求,工程设计符合现行标准及已有工程经验,监测资料表明各建筑物目前工作性态总体正常。工程形象面貌已达到蓄水要求,水库可择吉下闸蓄水。目前业主正在办理大坝安全注册登记手续。

2021 年 9 月武威市发展和改革委员会、武威市水务局组织相关专家对武威市杂木河毛藏寺水库(神树水电站)枢纽工程分期蓄水第一阶段下闸蓄水进行验收鉴定,2021 年 9 月 26 日武威市发展和改革委员会、武威市水务局联合下方《武威市杂木河毛藏寺水库(神树水电站)枢纽工程分期蓄水第一阶段下闸蓄水验收鉴定书》的通知:武发改农经(2021)340 号。

2021 年 9 月 28 日,天祝县住房和城乡建设局出具的《杂木河神树水电站建设工程消防验收备案凭证》,各个消防设施均符合规范要求,备案资料齐全,未被抽为检查项

目，具体见报告附件。

2.18 工程特性表

本工程主要特性表见表 2.18-1。

表 2.18-1 工程特性表

序号	项目名称	单位	数量	备注
一、	水文			
1	坝址以上控制流域面积	km ²	611	
2	多年平均流量	m ³ /s	6.71	
3	多年平均径流量	亿m ³	2.12	
4	设计洪水流量	m ³ /s	400	P=2%
5	校核洪水流量	m ³ /s	830	P=0.1%
6	多年平均输沙量	万t	12.46	
二、	水库			
1	水库水位			
2	正常蓄水位	m	2661.5	
3	设计洪水位	m	2661.5	P=2%
4	校核洪水位	m	2662.6	P=0.1%
5	死水位	m	2624.0	
6	水库库容			
7	总库容	万m ³	4183	
8	兴利库容	万m ³	3732	
9	调洪库容	万m ³	173	
10	死库容	万m ³	278	
11	50年淤积量	万m ³	418	
三、	下泄流量			
	设计洪水时最大泄量	m ³ /s	400	P=2%
	校核洪水时最大泄量	m ³ /s	642.2	P=0.1%
四、	大坝			
1	坝型	混凝土面板堆石坝		
2	坝顶高程	m	2664.8	
3	最大坝高	m	83.8	

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	项目名称	单位	数量	备注
4	坝顶宽度	m	8	
5	坝顶长度	m	217.39	
6	上游坝坡		1:1.45	
7	下游坝坡		1: 1.61	综合坡比
8	高趾墙高度	m	12.0	
五、	地震烈度			
1	基本烈度	度	VIII	
2	设计烈度	度	8	
六、	溢洪道			
1	型式	岸边开敞式		
2	堰顶高程	m	2655.0	
3	孔口尺寸	m	10×9.8	(宽×高)
4	孔口数量	个	1	
5	堰顶型式	WES		
6	消能方式	扩散鼻坎挑流		
7	最大泄流量	m ³ /s	392.0	
8	最大流速	m/s	33.00	
9	溢洪道泄槽长	m	114.45	
10	启闭型式	弧门液压启闭		
七、	泄洪排沙洞			
1	隧洞型式	圆形有压洞		
2	洞径	m	4.2	
3	洞长	m	321.13	
4	进水口型式	岸塔式		
5	进口闸井底板高程	m	2620.0	
6	事故检修闸孔口尺寸	m	4.2m×4.2	(宽×高)
7	事故检修闸门启闭型式	平板闸门		
8	工作闸室底板高程	m	2600.00	
9	工作闸孔口尺寸		3.2×3.2	(宽×高)
10	工作闸门启闭型式	弧门液压启闭		
11	消能方式	扩散鼻坎挑流		

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	项目名称	单位	数量	备注
12	最大下泄流量	m ³ /s	250.2	
13	最大流速	m/s	24.5	
八、	发电引水洞（进口）			
1	进水口型式	岸塔式		
2	洞型	有压马蹄形断面		
3	洞径	m	3.7	
4	进口底板高程	m	2622.85	
5	检修闸孔口尺寸	m	3.7×3.7	一孔一扇
6	拦污栅孔口尺寸	m	3.7×4.5	(宽×高)主副各一
九、	电站			
1	机组台数	台	3	
2	单机容量	MW	21MW(2台)/10MW(1台)	
3	装机容量	MW	52	
4	额定水头	m	414	
5	设计引用流量	m ³ /s	14.95	
6	多年平均发电量	亿kWh	1.535	
7	年利用小时	h	2952	

3 危险、有害因素及重大危险源辨识与分析

3.1 辨识与分析危险、有害因素的依据

(1) 依据《企业职工伤亡事故分类》(GB6441-1986), 综合考虑起因物、引起事故的诱导性原因、致害物和伤害方式等, 将事故分为 20 类: 物体打击、车辆伤害、机械伤害、起重伤害、触电、淹溺、灼烫、火灾、高处坠落、坍塌、冒顶片帮、透水、爆破、火药爆炸、瓦斯爆炸、压力容器爆炸、锅炉爆炸、其他爆炸、中毒和窒息、其他伤害。

(2) 从事故后果出发结合 GB/T13861-2022《生产过程危险和有害因素分类与代码》, 对该项目存在的主要危险、有害因素进行辨识与分析。

(3) 重大危险源的辨识依据主要参照《危险化学品重大危险源辨识》(GB 18218-2018) 对该项目存在的重大危险源进行辨识与分析。

(4) 结合本项目特点和具体情况, 参考该工程设计文件、单元验收报告、生产试运行报告, 对工程建成后生产运行过程中可能存在的危险、有害因素进行辨识与分析。

3.2 坝址选择和总体布置危险、有害因素辨识与分析

本项目总体布置全面考虑了自然条件、社会环境、安全卫生设施、交通道路等因素, 做好了统一规划; 合理确定了主副厂房、厂用变压器、引水系统、泄水系统等建筑物的位置、防火间距、消防车道、疏散通道及消防水源; 大坝防渗、地下防潮、通风、采光等也在设计中采取了相应对策措施, 但是厂用变压器、母线出线、电缆夹层等火灾危险性大的场所和发电机组油压装置、压缩空气设备等有一定爆炸危险的设备设在电站厂房内, 为不安全因素, 应按设计规范要求采取相应的安全防范措施。

3.3 周边环境危险、有害因素辨识与分析

神树水电站枢纽工程位于甘肃省境内的天祝藏族自治县毛藏乡境内的杂木河干流上游, 大、小毛藏河交汇口下游约 380m 处, 其地理位置为东经 $102^{\circ} 26' 40''$ 、北纬 $37^{\circ} 31' 10''$ 。坝址距毛藏乡约 3.5km, 距杂木河出山口(杂木渠首)约 32.5km。输水管线起于杂木渠首, 位于凉州区内。坝址以上控制流域面积 611km^2 , 多年平均流量 $6.97\text{m}^3/\text{s}$ 。坝址区至厂房区之间有一条四级交通道路, 交通便利。周边 500m 没有村庄、厂矿企业, 周边环境良好周边没有危险有害因素。

3.4 主要建（构）筑物危险、有害因素辨识与分析

3.4.1 地震危险性分析

地震将造成山体表面松动，可形成大量临界稳定边坡、不稳定边坡以及崩塌、滑坡等物理地质现象，地质灾害风险加剧。地震以及次生灾害也可能引起溃坝风险。本项目也存在因地震造成次生地质灾害发生的可能性，主要的危险有害因素：

（1）主体建筑物的破坏

本项目主要建筑物包括堆石坝、泄洪排沙道、进水闸、引水隧洞、电站主副厂房、尾水渠等。这些建筑物的破坏会对神树水电站工程造成重大的财产损失，对下游的人民生命及财产造成危害，对下游水库形成威胁。

（2）库岸失稳

由于地震惯性力和水位的突变，可能会影响到库区的部分岸坡产生滑坡、崩塌等库岸失稳情况的发生，其产生的次生灾害主要有失稳后对大坝建筑物安全产生威胁，堵塞河道造成河道水位抬高，堵塞或截断交通、供电及通讯线路等。

（3）水灾

由于地震可能引起水位陡涨翻过闸门、闸门及闸墩变形使闸门无法提升导致闸门止水被破坏等，造成蓄水意外下泄的情况。

（4）火灾

可能存在火灾次生灾害的地方有主副厂房、启闭机室等处。

3.4.2 坍塌（边坡失稳）危险性分析

边坡失稳的突发性强，危害性大。高边坡掉落石块、滑坡等引起的伤害事故，严重影响人身安全及紧邻道路、建筑物和配电设备的安全。因此，应调查或查明建筑物区域工程地质条件，包含对边坡稳定性进行分析。边坡稳定性的勘察内容包括边坡的地形地质环境勘察、边坡类型的划分、边坡变形破坏现象的调查研究 and 类型的划分、边坡岩体质量分类或边坡工程岩体分级、边坡变形机制的分析和稳定性评价、边坡治理措施和位移监测等。在水利水电工程地质勘察中对边坡稳定性的观察和分析评价，应予以充分注意。

（1）坝址区危险性

本区在大地构造上位于“祁、吕、贺”山字型构造体系前弧西翼的北祁连加里东褶皱带，同时交织复合着祁吕系、古河西系、陇西系及河西系等构造体系，区内褶皱、断

裂发育，控制性区域构造形迹为 NWW 向或 EW 向。

工程区及周围的主要区域性构造有：

1) 褶皱：本区褶皱比较发育，自加里东期至喜马拉雅期均有显示，但以加里东期和海西～印支期最为发育，加里东期褶皱有车轮沟～毛藏寺复式背斜，海西～印支期有北祁连褶皱带（他里花河向斜和双龙沟向斜等）、走廊过渡带（横梁山向斜和宁昌河向斜等），与工程区距离最近的为车轮沟～毛藏寺复式背斜。

车轮沟～毛藏寺复式背斜：发育在车轮沟～毛藏寺地区，构成走廊过渡带内带主体，表现为大型复式背斜。该背斜在本区长约 65km，宽约 30km，轴向 NWW，两端均有倾伏趋势，沿轴部为大面积花岗闪长岩($\gamma \delta 32$)侵入。背斜由奥陶统下统车轮沟群(O1ch2)组成，核部为火山岩系(O1ch)，两翼主要为碎屑岩系(O1ch2)。因南翼为断层破坏，致使背斜两翼不对称，产状变化较大，北翼倾向 NNE，倾角 $45^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，南翼倾向 SSW，倾角 $45^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。

2) 断裂：区域内断裂发育，多集中于南部祁连褶皱带与走廊过渡带衔接处，以 NWW (EW) 向断层最为发育，次为 SN 向（包括 NNW 及 NNE 向）断层，主要断裂有：

皇城～上古城断裂：又称上寺～宽沟走向逆断层，走向北西西向，断层倾向由 SW 转向 SSE，呈弧形，延伸达 56km，控制着旦马向斜南缘，其下盘为下奥陶统(O1ch2)，上盘为石炭系、二迭系及中上奥陶统。南距毛藏寺坝址 17km。

横梁山断裂带：由一系列北西西向、北西向的断层组成，主要有小牛头沟～护林沟走向逆断层、两头翘走向逆断层、横梁山南逆断层等。北距毛藏寺坝址 15km。

华龙沟正断层：南段走向近 SN，北段走向 $NE25^{\circ}$ ，呈反“S”形，长 19km，倾向 E，倾角 $35^{\circ} \sim 56^{\circ}$ ，上盘为上石炭统(C3t)、下二迭统(P1dh)及下志留统(S1n)；下盘为下奥陶统(O1ch2)、石炭系及下志留统(S1n)。该断层附近岩体破碎。该断层东距毛藏寺坝址 15km。

武威南部隐伏断层：处于武威盆地南部，呈北西向延伸，断层以南发育的洪积扇群多因后期抬升而遭受侵蚀，呈现波状起伏的丘陵地貌景观，河谷地下水位埋深较浅(2～6m)，并有泉水出露；断层以北为冲洪积倾斜平原区，是断陷盆地的主体，沉积了巨厚的第四系堆积物(大于 150m)，地下水位埋深较大。

毛藏寺水库处于古河西系的车轮沟～毛藏寺复式背斜南翼靠近轴部的东南倾伏端，库坝区无发震断裂，亦无区域性深大断裂通过。

(2) 泄洪建筑物危险性

1) 左岸坝基工程地质条件

左岸坡度在 40~60° 之间，岸坡上大面积基岩裸露，仅在局部斜坡及坡脚处堆积有 3~8m 的崩、坡积碎石土，结构松散。左岸坡基岩为 O_{1ch}^2 变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，岩层产状 $NE14^{\circ}SE \angle 29^{\circ}$ ；岩体中分布有花岗闪长岩脉，其厚度 3~8m 不等；岩体强风化层厚 3~6m，局部的强风化层厚达 15m。左岸坝肩发育有 F_{10} 、 F_{11} 、 F_{12} 等断层，岩体较为破碎，裂隙较为发育，岩体中结构面发育，局部发育有小规模松动岩体与卸荷岩体，以及由裂隙组合切割构成的危岩块体。岩体中无稳定连续的含水层，左岸坡及坡脚未见地下水出露。

在清基过程中清除了坝体轮廓线范围内的覆盖层及危岩块体。

2) 河床段坝基工程地质条件

河床段坝基主要为冲洪积漂卵砾石，其间充填中粗砂及少量细粒土。漂卵砾石层的厚度变化较大，根据钻孔揭露，河床中部的漂卵砾石层最厚，为 24m；河床两侧的漂卵砾石层厚度在 3~15m 之间。根据钻孔的钻进情况、超重型动力触探试验等，漂卵砾石层的表部 7m 松散，并有架空现象；下部结构较密实。干密度 $2.05g/cm^3$ 。根据钻孔抽水试验资料及室内试验资料，漂卵砾石的渗透系数 70~90m/d，具有强透水性。漂卵砾石主要成分为花岗闪长岩、变质砂岩、砂岩等，一般粒径 20~200mm，个别漂石粒径达 1~2m，小于 2mm 的砂粒约占 10~15%，砾石含量约占 35~45%，大于 60mm 的漂卵石约占 40~50%，其中漂石占 30% 左右，含孤石，磨圆度好，呈圆状或次圆状，分选性差。

对河床覆盖层表部 5m 以上进行了清除，以下部较为密实的漂卵砾石层作为坝基持力层。

3) 右岸坝基工程地质条件

右岸坝肩：河床右岸边与岸坡以陡坎相接，坎高 10~17m，系侵蚀台地，台面宽 20~30m，表部为崩、坡积块碎石土，结构松散，厚 2.5~6m，下伏 O_{1ch}^2 变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩；台地以上为一基岩陡坡，坡度 50~65°；局部近于直立。在 2680m 高程以上为一缓坡，表部为坡、残积碎石土覆盖，其厚 3~7m。

右岸坝肩基岩为 O_{1ch}^2 变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，岩层产状 $NE35^{\circ}SE \angle 34^{\circ}$ ，岩体中小断层及裂隙较为发育，岸边的卸荷裂隙也较发育，岩体较为破碎，基岩强风化层厚约 3~6m，弱风化层厚度 8~10m。右岸坝肩的地下水位埋深约 70m 左右，但岩体中无稳定连续的含水层，右岸坡及坡脚未见地下水出露。坝后坡处于一山坡凹槽

的边缘，坡度较缓，约 25°左右，岩性为崩、坡积块碎石土，大小混杂，其中细粒土含量较高，结构松散，架空现象严重，厚度在 15m 左右，下伏奥陶系变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩。

右岸岸坡主要由 O_{1ch}^2 变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩构成，岩体中结构面发育，局部发育有小规模松动岩体与卸荷岩体。在缓坡地带表部为坡、残积碎石土覆盖，其厚 3~15m。右岸岸坡上植被发育。经综合分析，岸坡整体稳定，局部存在裂隙组合切割构成的危岩块体，对边坡稳定无大的不利影响。清基过程中清除了坝体轮廓线范围内的覆盖层，对局部的松动岩体、卸荷岩体进行了清除。

坝体填筑前对两岸的坝基进行了清理，在填筑过程中对坝坡上残留的碎石土、开挖弃渣及植物根系等进行了清除，对右岸下游坝坡的开挖弃渣（系修筑施工道路的弃渣，为虚渣）以及坡积腐植土、碎石土等清除。

两岸坝坡的坡面不平顺，部分为陡坎，局部为反坡，碾压机械无法到位作业。在施工过程中对陡坎、反坡部位按设计方案进行了局部削坡处理；部分反坡部位采用了浆砌石砌筑形成正坡。

3.4.3 渗漏危险性分析

毛藏寺水库库区地处祁连山腹地的山间盆地，四周群山环抱，北以黑鄂博掌（高程 4100m 左右）与金塔河水系分界，南以横梁山（高程 4200m 左右）与黄羊河水系分界，盆地四周山体宽厚，水库区两岸山体宽厚，无低邻谷，库盆封闭条件好，不存在水库渗漏问题。

引水隧洞、尾水洞、导洪洞等建筑物的节理、裂隙较发育处会有渗水现象，顺层及卸荷裂隙渗水，如防渗设计不当、止水缺陷、施工质量问题或冻融冻胀等而发生渗漏。

3.4.4 坝体危险性分析

左岸坡度在 40~60°之间，岸坡上大面积基岩裸露，仅在局部斜坡及坡脚处堆积有 3~8m 的崩、坡积碎石土，结构松散。左岸坡基岩为 O_{1ch}^2 变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，岩层产状 $NE14^{\circ}SE \angle 29^{\circ}$ ；岩体中分布有花岗闪长岩脉，其厚度 3~8m 不等；岩体强风化层厚 3~6m，局部的强风化层厚达 15m。左岸坝肩发育有 F_{10} 、 F_{11} 、 F_{12} 等断层，岩体较为破碎，裂隙较为发育，岩体中结构面发育，局部发育有小规模松动岩体与卸荷岩体，以及由裂隙组合切割构成的危岩块体。岩体中无稳定连续的含水层，左岸坡及坡脚未见地下水出露。

在清基过程中清除了坝体轮廓线范围内的覆盖层及危岩块体。

大坝是水电站最主要的水工建筑物，它的安全与否不但直接影响水电站的经济效益，而且还关系到下游人民群众的生命财产安全。大坝一旦失事，将产生无法弥补的生命、财产损失。坝体失事原因包括自然灾害（非常洪水、罕遇地震等）、勘探、设计因素（地质情况勘测不清、设计标准偏低等）、施工因素（未按设计施工、偷工减料导致施工质量不合格）、运行因素（未及时监测、检查、鉴定、维护、坝体缺陷未及时发现）、人为破坏和战争因素等。

大坝安全方面可能存在的缺陷和问题，主要来源于防洪标准偏低、裂缝、坝基处理、渗流、结构与强度、抗滑稳定和抗震、混凝土性状、涌浪冲刷、气蚀、水工金属结构、近坝岸坡稳定、监测设施、冻融冻胀的破坏等方面的问题，可能出现水漫坝事故的发生。

主要建（构）物若地质缺陷处理不当、结构设计强度不足等都会对工程的安全留下隐患，轻则会造成不均匀沉降，结构裂缝，严重是有可能造成结构破坏。

3.4.5 洞室围岩稳定性分析

导流洞布置于坝址右岸，进口位于小毛藏沟，隧洞设计断面为城门洞形，断面尺寸 5.2×6.0m，进口底板高程 2608.0m，纵坡 1.21%，原设计隧洞进口桩号 0+008.7，出口桩号 0+749.78，实际隧洞进口桩号 0+010.20，出口桩号 0+785.45，隧洞全长 775.25m，因隧洞出口向下游偏移，隧洞长度比原设计有所延长。导流洞于 2012 年 12 月 25 日开工，至 2013 年 5 月 10 日贯通，于 2013 年 6 月 15 日具备通水条件。隧洞采用全断面钻爆法进行施工。

桩号 0+010.2~0+081 隧洞进口段：隧洞轴线方向 SE130°，洞室围岩为奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 8:2，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 20~60cm，属中硬岩~坚硬岩；所夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 NE30°SE∠30°。洞轴线走向与岩层走向夹角 100°，由于岩层倾角缓，缓倾角层面裂隙发育，岩体完整性差。部分变质砂岩层较厚段岩体较完整，裂隙间距多在 0.3~0.6m 之间。F₅ 断层在桩号 0+074.5 处穿越隧洞，断层产状 NE15°SE∠32°，为正断层，断层面较平直，宽 15~20cm，充填断层泥及角砾岩，洞内可见延伸长度 10~15m。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为不稳定的 IV 类围岩，采用了钢拱架、锚杆及挂网喷混凝土支护。

桩号 0+081~0+170 洞身段：隧洞轴线方向 NE88°，洞室围岩为奥陶系下统变质砂

岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 8:2，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 20~60cm，属中硬岩~坚硬岩；所夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 $NE30^{\circ}SE\angle 31^{\circ}$ 。洞轴线走向与岩层走向夹角 58° ；由于岩层倾角缓，缓倾角层面裂隙发育，岩体完整性差。裂隙间距多在 0.3~0.6m 之间。该段发育四组裂隙：① $NW295^{\circ}NE\angle 75^{\circ}$ ，剪裂隙，张开，上宽 3~5mm，延伸长度 5~10m；② $NE52^{\circ}SE\angle 60^{\circ}$ ，面平直、光滑，无充填，发育密度 2~3 条/m；③ $NW290^{\circ}\sim 325^{\circ}SW\angle 43^{\circ}\sim 75^{\circ}$ ，为剪裂隙，面平直、光滑，发育密度 2~3 条/m，可见延伸长度 8~10m；④ $NE85^{\circ}NW\angle 88^{\circ}$ ，为剪裂隙，面不平、弯曲，宽 3~5mm，充填泥，可见延伸长度 8~10m。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为局部稳定性差的 III 类围岩，采用了锚杆及挂网喷混凝土支护。

桩号 0+170~0+185 洞身段：隧洞轴线方向 $NE88^{\circ}$ ，洞室围岩为奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 8:2，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 20~60cm，属中硬岩~坚硬岩；所夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 $NE30^{\circ}SE\angle 31^{\circ}$ 。洞轴线走向与岩层走向夹角 58° ；由于岩层倾角缓，缓倾角层面裂隙发育，岩体完整性差，裂隙间距多在 0.3~0.6m 之间。该段发育三组裂隙：① $NE47^{\circ}SE\angle 58^{\circ}$ ，张裂隙，张开，宽 3~5mm，充填泥，延伸长度 5~10m；② $NE37^{\circ}NW\angle 40^{\circ}$ ，剪裂隙，面平直、光滑，无充填；③ $NW340^{\circ}NE\angle 75^{\circ}$ ，为剪裂隙，面平直、光滑，可见延伸长度 8~10m。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为不稳定的 IV 类围岩，采用了钢拱架、锚杆及挂网喷混凝土支护。

桩号 0+185~0+701 洞身段：隧洞轴线方向 $NE88^{\circ}$ ，洞室围岩为奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 8:2，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 20~60cm，属中硬岩~坚硬岩；所夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 $NE30^{\circ}SE\angle 31^{\circ}$ 。洞轴线走向与岩层走向夹角 58° ；由于岩层倾角缓，缓倾角层面裂隙发育，岩体完整性差。裂隙间距多在 0.3~0.6m 之间。该段发育四组裂隙：① $NW280^{\circ}\sim 290^{\circ}NE\angle 78^{\circ}\sim 72^{\circ}$ ，为张裂隙，宽 3~5mm，充填岩屑，延伸长度 5~8m；② $NE20^{\circ}SE\angle 72^{\circ}$ ，为剪裂隙，闭合，面平直、光滑，无充填，发育密度 2~3 条/m；③ $NW350^{\circ}\sim 340^{\circ}SW\angle 75^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，为剪裂隙，闭合，无充填，发育密度 2~3 条/m，可见延伸长度 8~10m；④ $NE65^{\circ}\sim 85^{\circ}NW\angle 76^{\circ}\sim 88^{\circ}$ ，为张裂隙，面较平、宽 3~5mm，充填泥及岩屑，可见延伸长度 8~10m。该洞段内发育有三条断层， F_{10} 断层在桩号 0+197 穿越隧洞，断层产状 $NE50^{\circ}SE\angle 75^{\circ}$ ，为正断层，断层面较平直，破碎

带宽 15~20cm，充填断层泥及角砾岩，可见延伸长度 10~15m； F_{11} 断层在桩号 0+479 穿越隧洞，断层产状 $NE5^{\circ}SE\angle 40^{\circ}$ ，为正断层，断层面较平，宽 15~20cm，充填断层泥及角砾岩，可见延伸长度 10~15m； F_{13} 断层在桩号 0+565 穿越隧洞，断层产状 $NE40^{\circ}SE\angle 46^{\circ}$ ，为正断层，断层面较平，宽 20~25cm，充填角砾岩，可见延伸长度 15~20m。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为局部稳定性差的 III 类围岩，采用了锚杆及挂网喷混凝土支护。

桩号 0+701~0+785.45 隧洞出口段：隧洞轴线方向 $NE56^{\circ}$ ；洞室围岩为奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩、粉砂质板岩，变质砂岩与粉砂质板岩的比例约为 8:2，变质砂岩具细粒结构，中~厚层状构造，单层厚度一般 20~60cm，属中硬岩~坚硬岩；所夹粉砂质板岩的岩质相对较为软弱。岩层产状 $NE30^{\circ}SE\angle 32^{\circ}$ 。洞轴线走向与岩层走向夹角 36° ，裂隙较发育，岩体完整性差。 F_{13-1} 断层在桩号 0+740 处穿越隧洞（左洞壁），断层产状 $NE60^{\circ}SE\angle 61^{\circ}$ ，为逆断层，断层面较平直，宽 20~25cm，充填断层泥及角砾岩，延伸长度 10~15m。该段发育四组裂隙：① $NW280\sim 290^{\circ}NE\angle 60\sim 82^{\circ}$ ，面不平呈波状，微张，延伸长度 3~5m；② $NW310\sim 345^{\circ}SW\angle 72\sim 79^{\circ}$ ，剪裂隙，宽 2~3mm，充填黄色泥，延伸长度 3~5m；③ $NE20\sim 65^{\circ}SE\angle 72\sim 76^{\circ}$ ，面平光滑，宽 3~5mm，充填泥，剪裂隙，间距 20~40cm，延伸长度 3~5m；④ $NE80^{\circ}SE\angle 61^{\circ}$ ，剪裂隙，充填黄色泥，延伸长度 2.5~3m。洞段内无地下水活动。该洞段围岩类别为不稳定的 IV 类围岩，采用了钢拱架、锚杆及挂网喷混凝土支护。

如果开挖时未进行支护处理，则会发生围岩失稳的危险。

3.4.6 主要建筑物危险性分析

神树水电站工程主要由枢纽、引水系统、主副厂房、尾水渠等组成。

(1) 枢纽建筑物主要危险性分析

大坝的安全性是水电站职工在生产过程中安全的前提条件，而且还直接影响着所在地区周边环境以及下游广大人民群众的生命和财产安全。

导致大坝破坏的原因主要有以下几方面：

1) 水流漫顶：因坝顶高程不足，或水库控制运用不当等原因，都可导致坝顶漫水直至溃坝的严重事故。

2) 防渗结构不合理：水库蓄水后不仅在坝身和坝基内产生渗流，而且库水还会绕过坝端经两岸渗向下游，形成绕坝渗流。渗透水流不但损失水量，更重要的是在渗流逸

出处可能将土料中的细颗粒带走或局部主体被冲动，导致坝身、坝基产生危害性的渗透变形，甚至引起溃坝。渗透变形主要有以下几种形式：管涌、流土、接触冲刷及接触流土和接触管涌。

3) 坝身和坝基稳定可靠性差：由于设计不当或施工质量不良，在外力作用下，可能造成坝坡或连同坝基的坍塌破坏。国内外土石坝破坏事故中约有 1/4 是由滑坡造成的。

4) 产生有害的裂缝：由于受坝址地形、筑坝材料性质。坝基不均匀沉陷、施工质量以及地震荷载等因素的影响，坝身可能产生不均匀沉陷，一旦形成大的裂缝，就会危及坝身安全。

5) 自然现象的破坏：库区风浪在水位变化范围内可能淘刷上游坝被；雨水沿坡面流动可能冲毁坝坡；冰冻可能破坏坝坡；坝身粘性土料，冬季由于干冻胀可能产生裂缝，夏季由于日晒又会龟裂，等等。

(2) 闸门、进水口危险性分析

1) 闸门被破坏，会失去防沙、防污以及导漂等作用。进水闸在经过一段时间的运营后，在长期的冲刷腐蚀下，给闸基的安全构成重大威胁，甚至可能导致水闸坍塌。

2) 进水孔位置设置不合理，泥沙堵塞进水口，推移质进入引水系统。

3) 拦污栅损坏，流水中的草杂物、泥沙，使机组冷却器堵塞，迫使机组停运。并由于过滤器堵塞造成轴承冷却水中断被迫停机，造成停产及经济损失。

4) 进水口门前易出现旋涡和吸气漏斗，工作人员若不慎掉入或吸入，可能会出现重大的淹溺事故。

5) 制作闸门、启闭机的金属结构材料或加工工艺质量不符合标准引发故障。

6) 人员误操作快速门及事故检修门，引发闸门非正常下落。

7) 在检修期间进行电焊作业时，若未进行必要的个体防护，或者防护措施不当，因高压电弧产生的有毒电离气体，以及焊皮气化产生的有毒蒸气，将对人员的正常工作和身体健康构成威胁。

(3) 引水隧洞危险性分析

由于隧洞有些洞身在不同部位穿越断层、裂隙，对隧洞局部稳定有影响。根据已有的破坏事例分析，造成隧洞失事的主要原因有以下几方面：

1) 忽视了当地的地质条件，或者对于某些地质上的问题没有采取正确的处理措施。

2) 由于过高的外水压力作用，使隧洞衬砌遭受破坏。

3) 由于压力波和其他谐振波等原因，使隧洞内发生了过高的内水压力。

4) 施工不良, 尤其是隧洞衬砌和岩石之间填筑不密实, 使衬砌内发生过高的压力而毁坏。

5) 操作运用不妥。

(4) 压力管道危险性分析

压力管道在使用过程中, 可能会因管道设计不合理, 材质与制造质量低劣, 安装、检修、维护不当, 操作失误等原因导致管道事故。

压力钢管系冷卷、焊接结构, 需承受连续冲击荷载、腐蚀和磨损。一般情况下(通常水质及一般流速), 压力钢管的腐蚀、磨损率为 $0.01\text{mm/a}\sim 0.02\text{mm/a}$ 。如果水质呈酸性且含沙量高、流速大时, 腐蚀和磨损速率明显加快, 也可能成倍增长。如果水电站引水枢纽未采取合理的排沙措施, 泥沙将对压力钢管造成一定的磨损、由于管道在运行期间事故停机或开机操作不当、压力钢管材料选用不当, 容易使钢管主要受力构件在施工、运行中变形, 均可引起管道爆裂事故。

(5) 发电厂房危险性分析

发电厂房是水电站工程最主要建筑物之一, 它的安全与否直接影响水电站发电经济效益。

本项目厂房布置合理, 满足相关规程、规范及设计标准, 满足安全标准与施工质量控制标准等的要求, 工程设计全面合理, 不良地质问题得到有效处理, 在正常及一定的非正常情况下, 厂房建筑物是安全的, 能够保证长期正常安全运行。

影响发电站厂房安全的危险、有害因素主要来源于不可预见的自然灾害及战争等不可抗力; 超设计标准洪水; 超期服役; 混凝土开裂; 长期渗流; 混凝土强度及基础处理未达到设计要求; 长期作用下厂基与混凝土性状改变; 长期高流速、高泥沙水流冲刷; 长期溶、侵蚀; 监控及量测设施失灵; 机电设备老化; 发生非正常事故等。

3.5 主要设备危险、有害因素辨识与分析

3.5.1 水力机械危险性分析

(1) 事故发生的形式

水轮机主要故障类型有喷嘴关闭不严引起漏水造成机组蠕动, 可能对检修维护人员造成伤害; 转轮因空蚀、磨蚀等原因造成转轮磨蚀、损坏, 机组长期在低负荷不稳定区域运行, 造成机组寿命迅速缩短、机组振动、水导轴瓦温升故障。

发电机主要故障类型有机组超速; 发电机过压、轴承温度升高、发电机定子温度升

高、发电机轴承温度超标，温升异常；机组的漏水、漏油；发电机着火；机组冷却水供水管路进出水堵塞、供水压力不符合规定等。

(2) 导致事故发生的可能原因

地质条件不详，盲目设计；基础设计不合理；基础施工不合格；基础使用的材料不合格；基础出现自然因素破坏。

设备没有按照要求检修；设备检修不彻底；检修过程中出现违章作业；检修门槽过程中出现误动作；检修泵出现误动作；没有按照要求进行准备，盲目进入检修；通风孔意外堵塞；没有合理的通风；用电设备出现漏电等。

水轮机产生汽蚀的原因主要包括水轮机选型及安装高程不合理；长期在低水头和低负荷下运行；未及时向尾水管中送入空气，消除可能产生汽蚀的过大真空等。

发电机定子方面的故障多数是绝缘损坏，由于检修质量差造成的绕组紧固不牢引起的机械磨损或电磨损，导致金属异物留在机内而引起的铁芯短路。

发电机转子方面的故障有机械构件设计不合理或检修质量不高，运行后出现零部件松动、裂纹、变形、脱落导致发电机损坏；转子绕组匝间短路；冷却不良引起绕组过热、变形和损坏；以及发电机三相不平衡、发生不对称短路出现的负序分量电流烧坏转子铁芯。

(3) 事故产生的后果

水轮发电机组发生设备故障、人员伤亡、火灾事故，特别是因为气蚀、腐蚀等原因而出现水轮发电机组事故，可能危及电站的安全。

3.5.2 电气危险有害因素分析

(1) 变压器缺陷危险性分析

本项目有 1[#]、2[#]主变压器、坝区变压器，变压器故障分本体内部故障和冷却系统故障。本体内部故障有磁路方面的原因，如硅钢片质量不佳、绝缘不良、切口有较多毛刺，以及有脱落的金属部件和异物，铁芯多点接地等；有绕组方面的原因，如绝缘制造、绕组安装不良或受损，变压器受潮，接触不良，以及冷却不佳造成的过热等；变压器冷却系统故障有风扇、油泵等设备故障，冷却管积垢堵塞，冷却器表面大量积污等。240MVA 及以下容量变压器应选用通过突发短路试验验证的产品，运行单位应取得所订购变压器的抗短路能力计算所需要的详细参数，并自行进行校核工作。110kV 及以上电压等级的变压器都应进行抗震计算。

(2) 真空型断路器缺陷危险性分析

本项目电站发电机出口断路器选择真空型断路器，真空型断路器缺陷危险性有：

①过电压的危险

截流过电压；多次复燃过电压：不论是截流过电压还是重燃过电压，将会使断路器动作瞬间的电压幅值在 4 倍于相电压左右，断路器的绝缘将会受到危害，严重时断路器绝缘将被击穿，发生爆炸现象。

②真空度的影响

由于真空断路器的灭弧和绝缘介质是真空，衡量真空的标准是“真空度”，真空度是真空断路器的一项重要技术参数。真空度下降严重影响真空断路器开断灭弧能力和绝缘水平，导致断路器使用寿命急剧下降，严重将引起开关爆炸。

③真空断路器与保护不能相配合的影响

由于储能弹簧一方面设计存在缺陷，另一方面弹簧长时间运行已经疲劳，在经后加速保护启动后，储能过程还没有完成，分闸线圈启动，由于分闸挚子处于中间位置，不能正常脱扣，造成断路器分闸失灵，同时带动储能半轴运动，释放弹簧能量（储能弹簧还没有完成储能过程）。

对直流分量的分析（系统源：不小于额定短路开断电流的 65%；发电机源 130%）

(3) 电缆危险有害因素辨识

本项目设有较多的动力电缆和控制电缆，这些电缆分布在电缆沟、桥架、控制室电缆夹层，电缆终端的分析，分别连接着各个电气设备。电缆选型不当（如重要回路未采用耐火电缆、其它未采用阻燃电缆或者安装失误）、电缆自身故障产生电弧、电缆腐蚀产生的绝缘破坏以及着火引起电缆的绝缘物和护套着火等均可能导致电缆燃烧和漏电事故，如不采取可靠的阻燃防火和防腐措施，就会扩大火灾范围和损失。电缆火灾具有蔓延快、火势猛、抢救难、损失大、抢修恢复困难的特点。电缆火灾事故的起因有：

外部起火引起电缆着火：如起火引燃电缆，变压器、互感器等充油电气设备故障喷油引燃电缆，开关及电气设备短路引火引燃电缆，施工检修的焊渣及可燃物燃烧引燃电缆等。

电缆本身故障引燃电缆：如电缆头爆炸短路，电缆中间头爆破，绝缘老化/强度降低、接地短路，质量不好，受腐蚀保护层破坏、绝缘降低，受潮或有气泡使绝缘层击穿短路，电缆制造时安装时曲率半径过小，绝缘受损鼠害，啮齿小动物等对电缆危害防范不力引起电缆短路等。

(4) 电气误操作危险因素

电气系统发生误操作主要原因是未采用五防功能的开关设备，或者作业人员安全意识不强，不严格执行“两票三制”制度，违章操作，是发生恶性电气误操作事故的根本原因。

运行检修人员误碰误动，检修中刀闸试分合的操作缺乏规范化管理，职责不清，措施不完善，操作中没有监护；刀闸电动操作箱没有上锁，电动操作按钮没有使用双重名称编号，电动按钮缺乏防误碰措施，操作后操作电源没有及时断开等，会留下误操作隐患。

防误装置管理不到位。防误装置的运行规程，特别是万用钥匙的管理规定不完善，在执行中不严肃认真；防误装置检修维护工作的责任制不落实，有的单位防误装置的维护主要依赖厂家，而有的厂家售后服务跟不上，检修维护不及时，造成防误装置完好率不高，以致于在错误操作被防误装置正确闭锁时，运行人员还盲目地认为是防误装置故障，这也是擅自解锁的一个原因。

技术措施不完备，主要是防误闭锁装置设置有疏漏，设备“五防”功能不全。

(5) 计算机控制系统危险因素

若控制系统电源发生故障或电源不满足、计算机遭遇病毒侵扰时，将导致控制失效。

如果信号系统由于设计、安装、日常维修保养不善，使信号系统在故障状态下不能有效动作，则会产生以下故障：各断路器控制回路断线信号；主变有载调压开关控制回路异常状态；继电保护及自动装置的动作及装置异常信号不能有效输出或报警，导致中央控制室不能获取正确故障信号，延误操作人员对故障进行误判断或不能正常排除。

(6) 继电保护危险因素

继电保护装置，是保证电站安全稳定运行的重要设施，若继电保护装置存在设计不合理、制造质量缺陷、定值不准确、调试不规范、维护不良和人员“三误”（误整定、误接线、误投连接片）等问题或受低温等不良条件可能造成继电保护误动或拒动，将可能导致重大设备损坏、全场停电甚至导致事故扩大。

(7) 直流系统危险因素辨识分析

直流系统是十分重要的电源系统。若出现蓄电池损坏或容量降低、混线、接地问题，可能导致断路器、继电保护误动、拒动等事故。在直流系统装置上工作时，安全措施不落实还可能发生人身触电事故。本项目采用免维护铅酸蓄电池，整个蓄电池是全封闭的（电池的氧化还原反应均在密闭的外壳内部循环进行），因此免维电池没有“有害气体”溢出，危险性较普通铅酸蓄电池要小。

(8) 通信系统危险性分析

若电站至电网调度机构未设置独立路由的可靠通信通道，可能造成电站和电网相互

影响系列事故发生。计算机病毒、恶意代码等通过网络侵入自动控制系统，并以各种形式对系统发起恶意破坏和攻击，容易出现一次系统事故、大面积停电事故、二次系统的崩溃或瘫痪，以及有关信息管理系统的瘫痪，致使逆变器的正常控制系统遭到破坏，出现指令失效等，运行人员对机组失去正常控制；通讯设备本身故障都会引起通讯受阻引起人员伤亡或者重大设备损坏的可能性。

(9) 二次系统安全防护危险因素辨识

本电站二次系统安全防护若未按照安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证的防护原则设置，二次设备自身设计不合理、制造缺陷等导致误动、拒动，事故扩大；设备缺陷或维护、检修不及时，管制制度不全面、落实不到等，均可能引起安全防护失效，导致发电设备受损、影响电网稳定或电站停运事故。

二次系统的崩溃或瘫痪，以及有关信息管理系统的瘫痪，可导致逆变器的正常控制系统遭到破坏，出现指令失效等，运行人员对机组失去正常控制；通讯设备本身故障都会引起通讯受阻引起人员伤亡或者重大设备损坏的可能性。

(10) 机组附属设备及辅助系统

机组附属设备及辅助系统主要包括调速器及油压装置、油系统、压缩空气系统、供排水系统。

调速器故障分本体内部故障和外部故障。调速器外部故障包括：①水力因素由于引水系统水流的压力脉动或振动而导致水轮机的转速脉动；②机械因素主机本身摆动；③电气因素发电机转子和走子的间隙不均匀，电磁力不平衡，励磁系统不稳而使电压振荡，永磁机制造和安装质量不佳而导致飞摆电源信号的脉动等。以上因素均造成水轮发电机组的转速超过允许偏差，影响水轮发电机组正常工作及电网提电频率质量，甚至造成水轮发电机组设备损坏事故。

备用油量不符合规定要求；储油箱内油质不合格并未定期化验；齿轮油泵供油不正常，压力滤油机、真空滤油机未处于正常状态；油管道不通畅，阀门漏油；空压机运行不正常，备用空压机不能正常投入使用；输气管道及阀门泄漏；主备用水源、主备用供水泵、管道系统、滤水系统不可靠；水质不合格；水压、水温、水量不符合设计要求；排水泵、备用泵存在缺陷；吸水管道漏水。以上因素均影响机组正常运行。

3.5.3 金属结构设备缺陷危险性分析

金属结构设备是水工建筑物的一个重要组成部分。金属结构设备无论在布置、设计、制造、安装和运行管理哪个环节出现疏忽或差错，均将产生不良甚至严重后果。闸门是控制、调节水流的主要设备，闸门和启闭机的安全与否，是影响水电站安全运行的重要因素之一。闸门的破坏、损伤、缺陷或不良的性能可能导致设备破坏、人员伤亡、电站无法运行。

水工闸门和启闭机存在的缺陷和隐患主要有：

(1) 设计考虑不周，对金属结构设备的运行条件、操作方式、具体参数考虑的不全面、不细致，与实际情况和需要有较大的出入。

(2) 水工建筑物的总体布置不尽合理，泄水道的水力设计欠佳，从而在泄水道进、出口或沿线出现空蚀、漩涡等不良现象。

(3) 门叶结构设计不合理，以致出现上托力和下吸力过大、结构强度不足、刚度太低、变形过大、闸门振动等不良现象。

(4) 闸门零部件设计不周，以致出现应力集中，裂缝、转动不灵等不良现象。

(5) 制作闸门、启闭机等金属结构设备所用材料质量低劣，未达到有关标准规定的要求，从而引起质量或破坏事故。

(6) 闸门和启闭机的制造工艺、加工工艺和质量不符合规范、标准的规定，未达到设计提出的要求，从而引起质量或破坏事故。

(7) 安装措施和工艺不尽合理。

(8) 闸门和启闭机的运行管理不善，保养与维修工作不到位。

(9) 闸门和启闭机操作失误、误动作或运行事故。

这些方面的质量问题往往给金属结构设备带来许多难以克服、无法弥补的缺陷，造成各种类型的故障或事故。如门体结构变形、严重腐蚀、焊接裂纹、支承行走机构锈死、门槽淤堵、门体启闭严重振动、严重漏水、门叶坠落等；启闭机保险片异常、钢丝绳锈蚀、制动器不准确、位移指示错误、悬吊装置不牢靠等。

3.5.4 特种设备缺陷危险性分析

本项目属于特种设备的有压力容器、压力管道和起重机械。若特种设备存在缺陷和人为违章操作，则均会产生一定的危险。

(1) 压力容器

本项目厂房内压缩空气系统中的储气罐和油压装置的压力油罐均属于压力容器。压力容器在超压的情况下易发生爆炸事故，所以应予以高度重视。压力容器重点是开展定期检验、安全阀定期校验。如果安全防护装置失效或承压元件的失效，使压力容器内的工作介质失控，以及压力容器在生产中长期承受压力，而且受到介质的腐蚀以及操作压力、温度波动的影响，在使用过程中会产生缺陷；如有的压力容器在设计、制造和安装过程中就存在一些原有缺陷，这些缺陷将会在使用中进一步扩展；对于这些缺陷，如果不能及早发现或消除，任其发展扩大，势必在使用过程中导致严重事故。压力容器在使用过程中操作不当也会引发重大事故。

(2) 压力管道

本项目压力管道包括压缩空气管道、油压装置管道等，在使用过程中，可能会因管道设计不合理，材质与制造质量低劣，安装、检修、维护不当，操作失误，压力管道在使用一定期限后未进行定期检验，未及时发现隐患等原因导致管道事故。

(3) 起重机械

在进行装卸、搬运、检修作业、闸门启闭时，均需使用起重设备，如各种启闭机、桥式起重机、电动葫芦等。如选型不当，制造、安装质量不合格，超载，安全装置失效，起重机吊杆起落高度超过最大负荷对应值，或超重吊装，传动机构损坏，滑轮组、吊钩缺陷，钢丝绳损伤断股，现场指挥错误，违章作业或误操作，未定期检验等，均可能发生起重伤害事故。起重物下站人或有人行走，钢丝绳绑扎方法不对，钢丝绳安全系数达不到要求，可发生坠物伤人。吊钩、滑轮、卷筒等制造不合格，或使用磨损超标可发生坠物伤人。

3.5.5 安全监测系统缺陷危险性分析

电站安全监测系统设计选型有误、系统合理性不够、监测仪器损坏等会造成安全监测系统失效。安全监测系统失效发生时，建设人员和电厂运行管理人员不能及时了解和掌握运行期建筑物、水力量测仪器仪表监测的安全状况。严重时，可能导致建筑物破坏和水淹主机。

3.5.6 水淹厂房危险性分析

水淹厂房事故，轻者对设备造成损坏，尤其是电气设备，重者因水淹造成的短路，会危及设备安全及人身安全。水电站导致水淹厂房的主要原因：

(1) 机组检修排水系统故障，排水管道出水口倒灌。

(2) 围岩透水、厂房的渗漏排水设施设计不合理等。

(3) 主厂房四周排水廊道的排水孔不畅通、主、副厂房的排水沟、洞、集水井淤积物未及时清理，可能导致排水不畅导致的水淹厂房。

(4) 尾水排水不畅可能倒灌，水轮发电机进水控制设备损坏或失效。

3.6 生产过程中的危险、有害因素辨识与分析

3.6.1 淹溺危险性分析

本项目发生淹溺的场所有枢纽大坝、进水口、拦污栅、泄冲闸、检修闸门、下游河道、尾水渠等邻水的作业场所，以及厂房内的集水井等处，如果作业人员违章作业、工作失误或缺乏必要的安全防护设施，容易发生落水淹溺事故。导致淹溺的主要原因有：

(1) 库岸、进水口、拦污栅、泄冲闸、尾水渠等临水建筑的深度均大于 2m，如果在这些建筑物堤堰周围不设计防护围栏或防护围栏不合格，没有必要的防淹溺设施，不设置必要的安全警示标志，均存在作业人员、其他无关人员坠入、滑入渠内等，因无法施救而造成淹溺伤亡的危险。

(2) 在人员巡视、清理杂物和操作闸门、机构时，如果操作不当、无防护设施或未采取必要的防护而违章作业，也有造成人员坠落、发生淹溺的危险。

(3) 泄洪时，不及时预警，超过下游河道的安全泄流量等。

3.6.2 电气伤害危险性分析

电气伤害是与电相关联的造成人员伤亡、设备损坏的事故，即人身事故和设备事故。包括触电、电弧灼伤、雷电、静电等事故。

(1) 触电

电站使用大量的电气设备，可能造成触电的危险因素：

①接地装置故障或者接地埋设不当、接地电阻不达标，在雷电情况及站内电气设备发生接地时致使设备带电。

②发电机或配电设施漏电保护装置故障或未装漏电保护。

③发电机定子线圈振动松动致使主绝缘磨损。

④进行维修电路故障作业时三相短路保护未设、带电体处于人能触摸的范围。

⑤配电设施周围保护设施不合乎要求，缩短了人和带电导体的接触间距。

⑥安全标志不清晰、危险区域监护不严等都可能导致人员触电事故。

⑦低压配电室、开关室、配电柜等处设置的安全工具、手持工具起不到防护作用。

⑧临时接线不合理，接头电阻大，无任何标志，易引发人员触电。

(2) 电弧灼伤

电弧灼伤是由弧光放电造成的烧伤，是最危险的电伤，电弧温度高到 8000℃，可造成人大面积、深度烧伤，甚至烧焦、烧毁四肢等，是水力发电站电气单元中的易发事故。

母线潮湿发生相间短路放电；断路器灭弧触头故障不能接通；变压器、配电装置长时间过电流、过电压；接地故障、过负荷运行、开关接触不良、绝缘受潮等可能导致电弧放电；人员防护用具不合格、误触带电设备易引发电弧灼伤。

(3) 雷击

雷电对水电站的侵害主要包括直接雷击、感应雷击、雷电波入侵。直击雷直接向水电站的电气设备或建筑物放电，过电压会使电气设备的绝缘遭到击穿破坏而造成短路。感应雷击是在雷云临近水电站上空时，水电站建筑物和附近地面上将感应产生大量的电荷。如果建筑物接地不够良好，就会与大地间形成电位差，当感应雷过电压足够大时，就会引起建筑物内部的电线、金属管道、大型金属设备放电而造成火灾。当水电站输电线路遭到直接雷击或感应雷击时，巨大的雷电流会沿着输电线路向电站流动，产生的雷电压可高达 $3.0\sim 4.0\times 10^5\text{V}$ ，使电站电气设备绝缘损坏而造成火灾；避雷线被雷击后，避雷线与输电线间的空气绝缘也容易被击穿；另外，由于水电站电气设备本身还带有工频交流电，如果雷电过电压使设备的绝缘击穿，当短暂的雷电流过去之后，工频交流电通过其击穿通道时就会短路，从而造成火灾事故。

雷击放电的高温电弧、二次放电，可直接对人体放电、雷电流产生的接触和跨步电压可使人触电。

(4) 静电事故

静电危害是指静电对人体及设备造成的影响，人体可能因静电电击引起精神紧张、摔倒、坠落，造成二次事故。若不采取措施，一旦发生事故，就会造成严重损失。

3.6.3 火灾和爆炸危险性分析

本项目可能发生的火灾爆炸事故类型主要有电缆火灾，电气设备火灾爆炸，油系统火灾爆炸等。

(1) 电缆火灾

电站的大电流封闭母线、厂房、变电所土中埋设的电缆、发电机夹层设置的连接机

组之间的动力电缆和控制电缆，易发热产生火灾。电缆火灾还具有着火猛、燃烧快、易于蔓延等特点，可以导致相关的电气设备和开关烧毁。其主要危险因素：

①虽然采用阻燃材料，但由于与高温体接触或绝缘破坏、受水浸渍，电缆接地或短路，继电保护未动作发生火灾。

②铺设电缆密集的封闭通道场所有油等易燃品，绝缘层过热或遇到漏电火花等点火源，可能发生电缆火灾。

③电缆中间连接接头处不紧，电流过大局部过热自燃。

④电缆防护层在施工中受到机械性损伤，造成气隙引起局部放电，电弧使电缆发生树纹状裂纹，导致接地短路，引起火灾。

⑤开关故障发生爆炸引起母线短路导致电缆起火。

⑥电缆隧道狭窄，通风不畅，也易引起火灾。

⑦电缆头相互间距过小，导致闪络放电起火。

(2) 电气设备火灾、爆炸

发电企业电气火灾和爆炸在火灾、爆炸事故中占有很大的比例。如输电电缆、互感器、断路器、隔离开关等变配电装置、电动机等都可能引起火灾。造成电气火灾、爆炸的原因很多，主要有设计不合理、设备缺陷、运行管理不当、违章作业等。

厂内变压器、坝区变压器和互感器内部受潮、相间或对地短路、分接开关接触不良、设备内部故障、雷电波反射、预防设施不良可能引发电气设备爆炸事故，导致设备损坏、人身伤亡。

发生雷电波漫反射，相应的避雷、放电间隙等防护措施故障、空载变压器合闸产生铁磁谐振可能造成变压器、电流互感器爆炸。电流互感器绕组匝间短路也可能发生互感器爆炸。

发电机定子、转子绕组采用环氧树脂、粉云母带等绝缘材料，属于可燃物。目前采用 F 级绝缘的发电机定子绕组耐温也仅达 150℃左右，在不正常运行时，如定、转子绕组过电流、过电压、频率过高或过低、负荷不对称、异步运行和无励磁运行等，会产生高温加速绝缘老化，绝缘强度降低，易发生线圈短路起弧，将绝缘材料燃着，引起发电机着火。

电站在运行过程中因安全防护装置不齐、故障、作业环境不良、维护管理不善，可能发生触电与电气火灾的危险。发电系统因初期发电运行环境、接地设施、接地保护、安全电压、供电网络、照明等因素，均有可能造成人身安全伤害事故。

(3) 油系统火灾

本项目的油系统为透平油系统。

造成油系统火灾事故的主要原因基本是人、设备、物料和管理方面。运行人员违章操作或误操作、通风不良、巡查管理制度不合理且未落实均有可能引起油火灾事故。

(4) 储气罐、压力油罐超压爆炸

储气罐、压力油罐及压力管道的安全附件故障、设备缺陷、压力表、安全阀缺乏或者失效会导致超压爆炸事故。

水轮机在运行期间消耗大量的压力油，使得压力罐压力下降，补气阀旁通阀如果不是非止逆阀，油被带入压油罐的气罐，压力作用下可能发生爆炸。

(5) 其他火灾、爆炸

在进行焊、割等动火检修作业时，使用的乙炔气瓶、氧气瓶以及焊接设备等，如果出现故障、缺陷，或人员违章操作，均有引起火灾、爆炸的危险。

3.6.4 机械伤害危险因素分析

机械伤害危险是指由于机械设备的运动（静止）部件、工具、加工件等直接与人体接触引起的夹击、碰撞、剪切、卷入、绞、碾、割、刺等伤害的危险，不包括车辆、起重机械引起的机械伤害的危险。

本项目的较多生产作业场所都涉及到机械设备的使用，而且机械设备种类繁多，某些设备的快速转动部件、快速移动部件、摆动部件、啮合部件若缺乏良好的防护设施，工作人员在对其进行操作的过程中有可能伤及手、脚、头及身体其他部位。本项目涉及工种繁多，各工种若没有配备必要的劳动防护用品等也可能造成机械伤害。

机械伤害有可能发生在本项目施工、安装、运行及维修的各个环节，其中维修调试作业是机械伤害的多发环节。因维修调试作业的特殊性，使维修人员采用正常工作不允许的方法进行操作、检修维护人员多人配合不协调、以及作业场所和环境问题都有可能对检修、维护人员造成机械伤害。

3.6.5 物体打击危险因素分析

设备、管道、阀门的检修，需要使用许多金属工具、备品配件以及设备拆下的零部件，由于使用和放置不当，检修人员配合失误，均有可能在自身重力或其他外力的作用下产生运动，打击人体，造成人身伤害事故。

3.6.6 高处坠落危险因素分析

高处坠落危险是指在高处作业时发生坠落造成冲击伤害的危险。不包括触电坠落和行驶车辆、起重机坠落的危险。在水电枢纽事故中，高处坠落事故属于高概率、高损失、高危害事故。

在水电站中超过 2m 以上的孔、洞、井、槽较多，如吊物孔、通风洞、集水井、闸门槽以及工作平台等等，这些部位容易发生坠落伤人事故。

另外该工程中大量使用的固定式钢直梯、钢斜梯、钢平台在正常生产巡查及设备维护检修时，也可能发生高处作业人员的坠落伤亡事故。

高处作业人员有恐高症等不适宜高空作业的疾病；高空作业时精神不振、注意力不集中；高处作业时临时站人的支撑结构强度不够而断裂；高处作业时被绊倒或被突出物撞击；高处作业地点有孔洞未及时处理；高处作业人员违章操作等情况都有可能造成高处坠落事故的发生，引发人身伤亡事故。

3.6.7 起重伤害危险因素分析

电站存在的桥机、各类闸门的启闭机、检修等的起吊设备可能引起起重伤害，造成起重伤害的危险因素有：

- (1) 基础设计不规范、起重作业时发生塌陷、设备倾翻。
- (2) 起重机械本身缺陷，如钢丝绳断裂或滑轮故障，造成吊物脱落、吊梁断裂。
- (3) 安全设施配备不全，如无力矩限制器、起升高度限制器、水平仪、过卷极限限位、防钢丝绳跳槽装置，无安全标志，无声、光报警提醒，起重吊钩强度不够等均可能引起起重事故。
- (4) 司机违章操作、超载作业。
- (5) 人员长期在起吊设备下停留、未戴安全帽、人员乘坐吊物设施。

3.6.8 自然灾害危险性分析

(1) 泥沙淤积危险性分析

泥沙危害主要体现在泥沙淤堵、减少水库库容、高速高含沙水流对压力管道、阀门和水轮机等过流部件产生磨损，影响设备使用寿命。

本流域泥沙大多集中在汛期 4~9 月份，10~3 月份泥沙所占冰情比重很小。根据杂木寺水文站多年实测资料统计：4~9 月份的沙量约占全年总沙量的 99.66%，而 10~3 月份只占 0.34% 左右。杂木寺多年平均悬移质输沙量为 $13.88 \times 10^4 \text{t}$ ，多年平均侵蚀模数

163.1t/km² a。多年平均输沙率 4.398kg/s，平均含沙量 0.562kg/m³。实测最大断面平均含沙量 118 kg/m³（1986 年 7 月 3 日）。

利用该侵蚀模数推得神树多年平均悬移质输沙量为 9.97×10⁴t。多年平均输沙率 3.159kg/s，平均含沙量 0.453kg/m³。推移质沙量按悬移质输沙量的 25%考虑，毛藏寺水库多年平均悬移质输沙量为 2.49×10⁴t，毛藏寺水库总输沙量为 12.46×10⁴t。

（2）冻融、冻胀危险性分析

据四沟咀水文站多年观测资料统计：开始结冰日期一般在 11 月初，最早结冰日期为 10 月 16 日，最晚结冰日期为 11 月 21 日；开始封冻日期一般在 12 月下旬，最早封冻日期为 11 月 26 日，最晚封冻日期为 1 月 4 日；最后解冻日期一般在 3 月上旬；全部融冰日期为 3 月底或 4 月初。多年平均封冻 75 天，最长 102 天，最短 53 天；最大河心冰厚 0.75m，最大岸冰厚 0.71m。

由于气温的正负变化、干湿交替、冻土层中的地下水和地下冰不断发生相变和迁移，土层反复冻融，使土层产生冻胀，从而影响砼的耐久性。

本工程的大坝迎水面、趾板、泄洪洞及引水隧洞洞脸和进出口段、尾水渠等建筑物均有可能因渗漏水或雪水的存在，造成砼结构物周边土壤或岩石含水量增大，发生冻胀破坏。

（3）冰凌危险性分析

本地区属于高寒地区，在冬季库区结成的冰盖会对大坝迎水面、趾板造成挤压破坏，冰凌还会对泄洪洞及引水隧洞洞身段产生冲刷破坏。

若排冰措施不利或设施发生故障，冰花和冰块影响进水口拦污栅、闸门和水轮机的正常运行，严重时甚至造成设备破坏。

（4）洪水危险性分析

绝大多数的洪水都是有暴雨产生的。坝体防洪标准如未满足规范要求，遇洪水或山洪暴发，可能产生溃坝、水淹厂房等重大事故。致使财产受损，造成人员伤亡。洪水还可引发泥石流。导致二次灾害。

若防洪设施不满足防洪标准，则洪水会对厂房产生影响。

3.6.9 安全标志缺陷的危险性分析

安全标志缺陷包括无标识、标志不清晰、标志不规范、标志选用不当、标志位置缺陷和其他标志缺陷。本项目若存在标志缺陷，则可引发人员伤亡等事故。因此应对整个

工程的标志设置予以重视。

3.7 生产作业场所所有害因素辨识与分析

3.7.1 噪声、振动危害分析

(1) 噪声危害分析

噪声对作业人员的危害方式，主要是对人耳产生危害，根据噪声强度的不同，可造成爆炸性耳聋、暂时性听阈位移、永久性听阈位移。即使是长期生活在噪声强度为 80dB (A) 以下环境中的人，也同样会由于受到强度起伏波动声音的影响而使健康（包括听觉器官的健康）受损。

电站主要噪声源有机械动力噪声、气体动力噪声、交通噪声和电磁噪声等。

机械动力噪声主要发生于机械设备运转过程中的振动、摩擦、碰撞产生的噪声，以低、中频为主；根据同类水电工程调研结果：水轮机（90dB）、空气压缩机（80-90dB）、水泵、电动机（80dB）、变压器（80dB）、断路器（110dB）和空调设备等。

气体动力噪声主要是各类风机、风道、气力输送管道中的气流的流动、排气和漏气等产生的噪声，具有高、中、低、各类频谱。其中排气产生的噪声对周围环境影响较大。

(2) 振动危害分析

水轮发电机组、空压机、风机、水泵、变压器和断路器等均为振动源。水轮发电机组是一个大的振动源。振动过大，不加以防护，可导致运行人员工效降低，辨别能力和短时记忆能力降低，视力恶化和视野改变，外周循环机能障碍，对血压升高，脊柱病变等有一定影响。

3.7.2 粉尘、污染、腐蚀、毒性物质、中毒和窒息危害分析

(1) 粉尘

本电站没有明显大的尘源。厂房外的粉尘可通过通风换气进入厂房，也可能通过流动的人员、机动车或物料设备产生粉尘，影响人的身体健康。

(2) 污染、腐蚀

本项目的设备支撑构件、水管、气管、油管及风管多采用钢制，在潮湿环境下易产生锈蚀，影响本体寿命，而且对周边环境也会造成污染。

凡是有油类设备的废弃物和含油的水都不允许直接排入地面水体或尾水，如变压器事故油坑排出的油水以及油泵、液压系统检修更换或清洗油，都应经过油水分离后才能

排入地面水体。

全厂接地系统部分埋设在土壤中，或裸露在空气中，在潮湿环境下易产生锈蚀，造成接地体面积减小，接地中断，使电站接地电阻升高或设备失去接地，从而使设备损害和人员伤亡。

(3) 毒性物质

本项目生产过程中存在二氧化碳、电缆火灾产生的有毒烟雾窒息或中毒的危害。

当厂房内发生火灾时，特别是电缆火灾时，燃烧产生的烟雾具有毒性，灭火人员未佩戴过滤式防毒面罩可能发生烟雾窒息或中毒；未及时撤离出火场的人员也可能发生烟雾窒息或中毒。

当发电机、厂房内发生火灾时，使用二氧化碳灭火，当火灾扑灭后，发电机室以及与之相通的廊道、厂房未有效通风换气，可能形成窒息或中毒性环境，人员未经含氧量、有毒气体的检测，盲目进入可能发生二氧化碳窒息。

蓄电池室内的废水主要是含铅酸，存在毒气伤害的危险。

在焊接时 CO_2 、 N_2 等存在于焊接工作中，会使氧气浓度降低，造成缺氧，严重时会造成人员窒息。

(4) 中毒和窒息

高压电器中的 SF_6 气体本身是无毒、无味、具有优良的冷却特性和良好的绝缘特性，但在电弧的作用下， SF_6 会发生分解，形成低氟化合物，如 SF_2 、 S_2F_2 、 SF_4 、 S_2F_{10} 及 HF 等，这些物质均有毒，若由于密封不严或设备大修解体通风不足，均会对环境造成污染，并对运行人员健康产生危害，甚至窒息死亡。

蓄电池室内的废水主要是含铅酸，存在中毒伤害的危险。

在焊接时 CO_2 、 N_2 等存在于焊接工作中，会使氧气浓度降低，造成缺氧，严重时会造成人员窒息。

检修时室内气体有含氟气体如通风不畅会对人身产生危害。

3.7.3 工频辐射和放射性物质危害分析

神树水电站的主变压器和 110kV GIS 设备及站内布置的避雷器、电压互感器、出线架构等出线设备，对地面产生一定的静电感应，这对于工作时间较短的巡视工作人员来说处于可以接受水平。

计算机监控系统显示器可能会对运行人员产生工频辐射伤害。强电磁场会对通信设

备和中控室设备产生干扰，影响安全运行正常工作。

本项目主副厂房等建筑物的装修采用符合国家标准材料，故本项目几乎不存在放射性物质的可能。

3.7.4 温度、湿度超常的危害分析

(1) 高温危害

研究资料表明，高温作业人员受环境热负荷的影响，作业能力随温度的升高而明显下降。当环境温度为 35℃ 时，人的反应速度、运算能力、感觉敏感性、感觉运动协调功能只有正常情况下的 70%，高温环境还会引起中暑，长期高温作业可出现高血压、心肌受损和消化功能障碍等病症。本水电站极端最高气温 40.8℃，因此存在高温危害的问题。

(2) 低温危害

低温作业人员受环境低温的影响，操作功能随温度的下降而明显下降，使注意力不集中，反应时间延长，作业失误率增多，甚至产生幻觉，对心血管系统、呼吸系统有一定影响。本水电站极端最低气温 -32℃，过低的温度会引起冻伤。

(3) 湿度

过大的湿度会引起电气设备受潮、绝缘下降，引起触电事故，运行检修人员易患风湿性关节炎、神经衰弱等病症，主要应注意地下厂房（水轮机层、发电机层、副厂房）等部位防潮防湿问题。

另外，夏季厂房内各类水管表面结露产生凝结水，对电气设备运行安全产生危害。本水电站采用的是地面厂房，但在蜗壳机层等水下部位，厂房内的排水、排湿就尤为重要。

3.7.5 采光与照明不良的危害分析

本水电站为地下厂房，地下主厂房、副厂房、发电机层等各层，均不满足自然采光条件，光照的亮度和照度不足，会使操作人员作业困难，视分辨力下降，对危险的地段会因照明不足引起意外事故，如作业廊道等部位。厂房、作业廊道等部位若光照亮度和照度不足，会使作业人员作业困难，视分辨力下降；某些危险地段会因照明不足引起意外事故，应予以重视，只能采用人工照明，人工照明应创造良好的视觉作业环境。

3.7.6 有限空间作业场所的危害分析

作业人员进入存在危险有害因素且受到限制和约束的封闭、半封闭设备、设施及场所作业前，未做防范措施，存在人员窒息、中毒危险。

有限空间作业处没有设置醒目警示标志，可能会造成无关人员误入，造成缺氧窒息、

中毒或高处坠落伤害。

3.7.7 作业环境不良危害性综合分析

经对工程整体作业运行环境中噪声振动、高温、潮湿、采光照度、尘埃，环境污染、腐蚀、有毒物质以及电磁辐射等各方面的全面分析，主要的有害因素有：

(1) 水轮发电机组、压缩空气设备室、通风系统及通风机房、生产生活系统水泵房、厂用变压器、断路器、励磁盘冷却风扇等产生噪声、振动危害；

(2) 电缆夹层、压缩空气设备室、低压开关柜室产生环境高温危害；

(3) 地下厂房各部位、生产生活系统水泵房、排水泵室、供水设备室、水处理室、坝体的帷幕灌浆廊道产生潮湿危害；

(4) 工作场所采光照度不足致使人员视力危害和设备误操作、电气伤害；

(5) 水轮发电机机械制动装置、屋内配电装置室地面—产生尘埃扩散危害；

(6) 水库蓄水后拦污栅前集聚的垃圾及漂浮物—致使水库水质污染危害；

(7) 设备支撑构件、水管、气管、油管 and 风管产生遭受腐蚀危害；

(8) 建筑材料的毒性，放射性产生毒性危害；

(9) 接触微波辐射的工作场所—产生电磁辐射危害。

作业环境不良，会使工人身体疲劳，视线不清，注意力不集中，反应迟钝，昏昏欲睡，从而使操作失误增多，所以也是导致事故发生的危险、有害因素。

3.8 厂内外交通危险、有害因素辨识与分析

车辆伤害危险是指厂内外机动车辆在行驶中引起撞击、人体坠落、物体倒塌、飞落、挤压等伤害的危险。不包括起重机设备提升、牵引车辆和车辆停驶时发生事故的危險。由于管理方面的疏漏以及车辆本身存在的安全隐患、操作人员的不规范行为均会引发车辆伤亡事故。

随着电厂工作条件的改善，大部分电厂配备厂内工作用车，由于车辆维护保养不善如刹车、方向失灵、爆胎等，驾驶员违章驾驶、违章操作均有可能造成车辆伤害，对人员及设备的安全造成不利影响。

进入库区和厂区的交通车辆由于视野受阻、车况不好、路况缺陷、道路交通安全设施不全、司机违章操作、行人违章等原因均可能导致车辆伤害。

3.9 安全管理危险、有害因素分析

从企业的安全生产管理分析，若该电站安全管理领导小组运行不力，将影响整个企业安全生产管理；若生产岗位定员不足，或未经三级安全培训，尤其是特种作业人员、特种设备作业人员未经培训，取得相应资质，是安全生产最大隐患；企业生产事故应急救援预案不完善、未定期演练，发生事故时无法启动应急系统，会给企业带来严重人员伤亡、经济损失。

3.10 重大危险源辨识

3.10.1 依据 GB18218-2018《危险化学品重大危险源辨识》辨识

危险化学品重大危险源是指长期地或临时地生产、储存、使用和经营危险化学品，且危险化学品的数量等于或超过临界量的单元。危险化学品重大危险源可分为生产单元危险化学品重大危险源和储存单元危险化学品重大危险源。

生产单元是指危险化学品的生产、加工及使用等的装置及设施，当装置及设置之间有切断阀时，以切断阀作为分割界限划分为独立的单元。储存单元是指用于储存危险化学品的储罐或仓库组成的相对独立的区域，储罐区以罐区防火堤为界限划分为独立的单元，仓库以独立库房（独立建筑物）为界限划分为独立的单元。对于某种或某类危险化学品规定的数量，生产单元、储存单元内存在的危险化学品数量等于或超过该数量，则该单元即被定为重大危险源。

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程生产过程中所涉及的危险物品有六氟化硫、柴油、透平油和绝缘油。本项目运行过程中涉及的透平油和绝缘油，其闪点大于 61℃，不属于《危险化学品重大危险源辨识》中规定的辨识范围，其中柴油在《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）辨识范围内。

(1) 生产单元辨识：

经辨识，生产单元不存在危险化学品，不构成危险化学品重大危险源辨识；

(2) 储存单元辨识：

大坝柴油发电机处储存柴油约：0.5t；小于柴油的临界量 5000t，因此，柴油不构成危险化学品重大危险源。

发电厂房柴油发电机处储存柴油约 0.5t，小于柴油的临界量 5000t，因此，柴油不构成危险化学品重大危险源。

3.10.2 重大危险源辨识结果

本项目不构成危险化学品重大危险源。

4 评价单元划分和评价方法选择

4.1 评价单元划分原则

评价单元就是在危险、有害因素分析的基础上，根据评价目标和评价方法的需要，将系统分成的有限、确定范围进行评价的单元。

安全评价单元的划分原则与方法：

(1) 以危险、有害因素的类别为主划分评价单元

1) 关于工艺方案、总体布置及自然条件、社会环境等综合方面对系统的影响，宜将整个系统作为一个评价单元；

2) 具有共性危险因素、有害因素的场所和装置划为一个单元，即按有害因素的类别划分。

(2) 以装置和物质特征划分评价单元

1) 按装置工艺功能划分；

2) 按布置的相对独立性划分；

3) 按工艺条件划分；

4) 按贮存、处理危险物质的潜在化学能、毒性和危险物质的数量划分；

5) 根据以往事故资料划分。

(3) 根据评价方法的具体规定划分评价单元。

4.2 划分的评价单元

评价单元就是在危险、有害因素分析的基础上，根据评价目标和评价方法的需要，将系统分成的有限、确定范围进行评价的单元。划分评价单元是为评价目标和评价方法服务的，便于评价工作的进行，有利于提高评价工作的准确性。

根据水电站简述、运行的特点和本工程的实际情况，按本水电站的特点系统划分为以下 17 个单元：

(1) 法律、法规符合性单元

(2) 安全预评价和安全设计变更符合性单元

(3) 工程选址及枢纽总布置单元

(4) 水库近坝库岸单元

(5) 挡水建筑物单元

(6) 泄水建筑物单元

- (7) 引水系统单元
- (8) 厂房及发电系统单元
- (9) 开关站单元
- (10) 尾水系统单元
- (11) 厂内外交通工程单元
- (12) 公用工程单元
- (13) 安全监测系统单元
- (14) 特种设备和强制检测设备单元
- (15) 作业环境单元
- (16) 安全投资单元
- (17) 安全管理单元

4.3 评价方法的选择

4.3.1 评价方法的选择原则

安全评价方法是对系统的危险因素、危害因素及其危险、危害程度进行分析、评价的方法。目前，已开发出数十种不同特点、不同适用范围和应用条件的评价方法。按其特性可分为定性安全评价和定量安全评价。

4.3.2 采用的评价方法

表 4-1 评价方法汇总表

序号	评价单元名称	采用的评价方法
1	法律、法规符合性单元	安全检查表法
2	安全预评价和安全设计符合性单元	安全检查表法
3	工程选址及枢纽总布置单元	安全检查表法
4	水库近坝库岸单元	综合分析法
5	挡水建筑物单元	安全检查表法
6	泄水建筑物单元	安全检查表
7	引水系统单元	安全检查表法
8	厂房及发电系统单元	安全检查表法
9	开关站单元	安全检查表法
10	尾水系统单元	综合分析法
11	厂内外交通单元	安全检查表法
12	公用工程单元	安全检查表法

序号	评价单元名称	采用的评价方法
13	安全监测系统单元	安全检查表法
14	特种设备和强制检测设备单元	安全检查表法
15	作业环境单元	安全检查表法
16	安全投资单元	安全检查表法
17	安全管理单元	安全检查表法

4.3.3 评价方法简介

安全检查表法（SCA）

为了查找工程、系统中各种设备设施、物料、工件、操作、管理和组织措施中的危险、有害因素，事先把检查对象加以分解，将大系统分割成若干小的子系统，以提问或打分的形式，将检查项目列表逐项检查，避免遗漏，这种表称为安全检查表。安全检查表内容包括标准、规范和规定，随时关注并采用新颁布的有关标准、规范和规定。完整的安全检查表应当随着项目从一个阶段到下一个阶段而不断完善，这样，安全检查表才能作为交流和控制的手段。

安全检查表分析包括三个步骤：

- （1）选择或拟定合适的安全检查表；
- （2）完成分析；
- （3）编制分析结果文件。

评价人员通过确定标准的设计或操作以建立传统的安全检查表，然后用它产生一系列基于缺陷或差异的问题。所完成的安全检查表包括对提出的问题回答“是”、“否”、“不适用”或“需要更多的信息”。定性的分析结果随不同的分析对象而变化，但都将作出与标准或规范是否一致的结论。此外，安全检查表分析通常提出一系列的提高安全性的可能途径并提供给管理者考虑。

5 合规性评价和危险危害程度的评价

5.1 法律、法规符合性单元

5.1.1 法律、法规符合性检查分析

采用安全检查表法从该水电站建设项目审批程序是否符合国家法律法规及相关政策方面进行分析评价。安全检查表是依据《安全生产法》（主席令〔2002〕第70号，主席令〔2021〕第88号修正）、《电力法》（主席令〔1995〕第60号，主席令〔2018〕第23号修正）、《水电工程验收规程》（NB/T 35048-2015）、国家能源局《水电工程验收管理办法》（2015年修订版）等相关规定编制，具体内容见表5-1。

表 5-1 法律、法规符合性安全检查表

序号	检查内容	检查标准	检查记录	结论
1	电力建设项目应符合电力发展规划，符合国家电力产业政策。	《中华人民共和国电力法》第十四条	利用可再生能源，甘肃省发改委批准的项目：甘发改能源〔2014〕71号。	符合
2	生产经营单位新建、改建、扩建工程项目（以下统称建设项目）的安全设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。安全设施投资应当纳入建设项目概算。	《中华人民共和国安全生产法》第三十一条	安全设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用，安全设施投资纳入建设项目概算。	符合
3	本办法第七条规定以外的其他建设项目，生产经营单位应当对其安全生产条件和设施进行综合分析，形成书面报告备查。	《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（原安监总局令36号，原安监总局令77号修订）第九条	本工程安全预评价由中智国际工程技术（北京）有限公司完成，并于2011年11月编制完成，并在原甘肃省安全生产监督管理局备案。	符合
4	生产经营单位在建设项目初步设计时，应当委托有相应资质的初步设计单位对建设项目安全设施同时进行设计，编制安全设施设计。	《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（原安监总局令36号，原77号令修订）第十条	本工程安全设施设计由中国电建集团西北电力勘测设计院于2017年3月编制完成，并通过了专家组审查。	符合
5	项目法人应组织协调设计、施工、监理、监测、设备制造安装、运行、安全鉴定、质量监督等单位提交验收所需的资料，协助验收委员会开展工作。以上单位对各自在工程验收中所提交资料的真实性负责。	《国家能源局关于印发〈水电工程验收管理办法〉的通知》第九条	由中国水电顾问集团西北勘测设计研究院（综合甲级勘测设计院）和甘肃省水利水电勘测设计研究院（综合甲级勘测设计院）设计。	符合
6	项目法人应组织协调设计、施工、监理、监测、设备制造安装、运行、安全鉴定、质量监	《国家能源局关于印发〈水电工程验收管理办法〉的通	监理单位：湖南水利水电工程	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	督等单位提交验收所需的资料，协助验收委员会开展工作。 以上单位对各自在工程验收中所提交资料的真实性负责。	知》第九条	电工程监理)	
7	项目法人应组织协调设计、施工、监理、监测、设备制造安装、运行、安全鉴定、质量监督等单位提交验收所需的资料，协助验收委员会开展工作。以上单位对各自在工程验收中所提交资料的真实性负责。	《国家能源局关于印发<水电工程验收管理办法>的通知》第九条	主要施工单位： 中国水利水电第三工程局有限公司（承包首部枢纽土建及安装工程、厂房机电设备安装工程）；四川中顶建设工程有限公司、中国铁建大桥工程局有限公司（承包发电引水系统工程）；中国铁建大桥工程局有限公司（承包发电厂房土建工程）；中国水利水电第四工程局有限公司（承包厂房压力管道制作安装工程）；贵阳南明工程监测有限公司（承建大坝安全监测工程，负责所有工程安全监测仪器安装、施工和调试任务），以上单位均具有相关资质。	符合
8	项目法人应根据工程进度安排，在计划下闸蓄水前 6 个月，经工程所在地省级发展改革委、能源局初审并提出意见，向国家能源局报送工程蓄水验收申请。属于计划单列企业集团或中央管理企业的项目，还须经所属计划单列企业集团（或中央管理企业）报送验收申请。工程蓄水验收申请报告应同时抄送验收主持单位。	《国家能源局关于印发<水电工程验收管理办法>的通知》第十条	神树水电站已经完成了工程蓄水验收鉴定。	符合
9	项目法人应根据工程进度安排，在枢纽工程专项验收计划前 3 个月，经工程所在地省级发展改革委、能源局初审并提出意见，向国家能源局报送枢纽工程专项验收申请。属于计划单列企业集团或中央管理企业的项目，还须经所属计划单列企业集团（或中央管理企业）报送验收申请。枢纽工程专项验收申请报告应同时抄送验收主持单位。	《国家能源局关于印发<水电工程验收管理办法>的通知》第十六条	2021 年 9 月中国水利水电科学研究院出具了《甘肃省武威市杂木河神树水电站工程蓄水安全鉴定报告》，该报告认为：工程各建筑物布置合理，适应坝址地形、地质条件及各建筑物功能要求，工程设计符合现行标准及已有工程经验，监测资料表明各建筑物目前工作状态总体正常。工程形象面貌已达到蓄水要求，水库可择吉下闸蓄水。目前业主正在办理大坝安全注册登记。 2021 年 9 月武威市发展和改革委员会、武威市水务局组织相关专家对武威市杂木河毛藏寺	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

			水库（神树水电站）枢纽工程分期蓄水第一阶段下闸蓄水进行验收鉴定，2021年9月26日武威市发展和改革委员会、武威市水务局联合下方《武威市杂木河毛藏寺水库（神树水电站）枢纽工程分期蓄水第一阶段下闸蓄水验收鉴定书》的通知：武发改农经（2021）340号。	
10	国务院住房和城乡建设主管部门规定应当申请消防验收的建设工程竣工，建设单位应当向住房和城乡建设主管部门申请消防验收。前款规定以外的其他建设工程，建设单位在验收后应当报住房和城乡建设主管部门备案，住房和城乡建设主管部门应当进行抽查。依法应当进行消防验收的建设工程，未经消防验收或者消防验收不合格的，禁止投入使用；其他建设工程经依法抽查不合格的，应当停止使用。	《中华人民共和国消防法》（主席令〔1998〕第4号，主席令〔2021〕第81号修正）第十三条	2021年9月28日，天祝县住房和城乡建设局出具的《杂木河神树水电站建设工程消防验收备案凭证》，各个消防设施均符合规范要求，备案资料齐全，未被抽为检查项目，具体见报告附件。	符合
11	投入使用后的防雷装置实行定期检测制度。防雷装置应当每年检测一次，对爆炸和火灾危险环境场所的防雷装置应当每半年检测一次。	《防雷减灾管理办法》中国气象局令〔2013〕第24号	2022年5月19日，武威市华云科技服务有限公司对本工程厂房接地网进行防雷检测，并出具防雷检测报告。	符合
12	各类安全生产相关证照是否齐全。		企业有营业执照、主要负责人和安全管理人員均取得安全管理资格证书。	符合
13	作业环境安全检测结果是否达标。	《水电工程安全验收评价报告编制规程》程 NB / T 35014-2021NB/T 35014-2021 第 4.5.1 条	作业环境有害因素检测结果符合规范要求，具体见报告附件 26。	符合
14	安全生产规章制度是否健全、有效。		安全生产规章制度健全、有效。	符合

15	安全生产管理措施是否到位。		安全生产管理措施到位	符合
16	是否建立了应急管理体系，应急预案的评审、备案、演练、评估及修订情况。		该公司建立了应急管理体系，应急预案经专家评审，已经在甘肃能监办备案，并按照计划实施演练、评估及修订。	符合
17	安全专项投资的执行是否到位等。		安全专项投资的执行到位，具体见报告 5.16 节安全投资单元评价内容。	符合

5.1.2 评价小结

该工程属于清洁能源发电项目，本节共检查 17 项，17 项均符合。有相应的批复文件，设计、施工、监理等单位都具有相应的资质；取得蓄水鉴定报告，完成了接地检测，消防系统的验收，完成了枢纽工程专项验收，满足安全生产要求。

5.2 安全预评价和安全设施设计变更符合性单元

5.2.1 安全预评价和安全设计变更符合性检查

根据该工程安全预评价报告、安全区设施设计对安全设施符合性进行检查。

表 5-2 安全预评价和安全设施设计符合性检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
一	《安全预评价报告》安全措施落实情况			
1.	枢纽布置安全对策措施：(1)应完善厂区的消防系统设计。 (2)应合理布置厂区的排水设施，防止雨水倒灌。 (3)考虑到类似水电站在运行过程中，由于小动物引起的事故频繁，在设计上应有防止小动物进入的设施。 (4)做好全厂绿化，创造良好环境。	《安全预评价报告》	建筑物的周围及道路两侧有树木、花草，符合总体布置要求。	符合
2.	水库近坝库岸安全对策措施： (1)针对库区、坝区不良地质条件，采取工程防护与治理、安全监测等综合措施防止地质灾害引起的安全问题。 (2)水库蓄水后有诱发地震的可能性，但烈度不会高于建筑物设防烈度，造成地质灾害的可能性很小，但仍应加强监测，防患与未然。	《安全预评价报告》	水库近坝库岸采取各种防范措施，满足安全要求。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
	<p>(3) 水库蓄水后，由于水体必然向库区周边渗透，将造成地下水水位的抬升，应加强水库渗漏观测和库岸坍塌的工程处理，确保水库正常运行。</p> <p>(4) 库区周边完善安全警示标志，严禁游泳和钓鱼，防止人员淹溺。</p>			
3.	<p>大坝区安全对策措施： 大坝心墙基础置于弱风化层及砂卵石层上，必须做好防渗处理。加强沥青混凝土垫座与防渗墙之间的防渗处理。</p> <p>施工要严格按照设计要求，做好防渗流、坝基、近坝边坡稳定等处的处理。</p> <p>坝料应严格检查其级配，并按规范施工，确保坝体安全，不致出现渗漏、滑动等事故。</p> <p>应建立科学的洪涝时期运行管理制度，提高应对不可预见危险的能力。</p> <p>应依据 2005 年 1 月 1 日起实施的《水电站大坝运行安全管理规定》按期进行大坝检查与管理。</p> <p>严格按规范进行设计和施工，保证工程质量。</p>	《安全预评价报告》	大坝心墙基础牢固，严格按规范进行设计和施工，保证工程质量。	符合
4.	<p>泄洪、引水发电建筑物安全措施： 本工程的泄洪洞进出口边坡裂隙发育，对洞脸边坡及闸基础有影响，须采取锚固措施。发电洞局部段节理、裂隙较发育处会有渗水现象，顺层及卸荷裂隙渗水。做好各闸门金属结构设计、制造、安装和监理工作，确保金属结构质量。坝体上游护坡、泄洪、引水发电隧洞洞脸及进出口段等建筑物应采取防止冻融或冻胀破坏的措施。库区、引水系统、泄水系统段沿线应做好防淹溺措施。</p>	《安全预评价报告》	<p>发电洞局部段节理、裂隙较发育处会有渗水现象，顺层及卸荷裂隙渗水。各闸门金属结构设计、制造、安装质量符合要求。</p> <p>对洞脸边坡及闸基础采取锚固措施。</p> <p>坝体上游护坡、泄洪、引水发电隧洞洞脸及进出口段等建筑物采取防止冻融或冻胀破坏的措施。库区、引水系统、泄水系统段沿线做好了防淹溺措施。</p>	符合
5.	<p>金属结构安全对策措施： ①首先从设计开始就要严格控制质量，设计要满足规范要求； ②严格控制制造安装质量；选择有资质、业绩良好的企业，严格执行监理、验收制度； ③制定完善的金属结构设备的操作运行规程，并定期进行检查维修，保证设备能安全运行； ④注意在大风天气，尽量减少人员操作启闭机等金属结构设备，防止发生人员高处坠落等事故，并注意对</p>	《安全预评价报告》	金属结构严格按照对策措施及规范要求进行施工。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
	金属结构设备的防护； ⑤根据水电站的运行特性及当地的气象条件，设计上应设置电加热防冻装置，尽量减少因冰害造成的损失。			
6.	防淹溺对策措施： 合理确定当地的暴雨强度、汇水面积和厂区截水沟断面尺寸及坡度，防止雨洪淹溺厂房。 定期巡查和清除厂区截水沟和厂房内排水廊道、排水沟内的杂物，保证排水通畅。 定期对泄水槽、尾水等处的闸门及启闭机进行维护。 在显著位置树立警示牌，禁止在河道中游泳、戏水、钓鱼等； 在有条件的地方设置隔离设施及防护栏杆。 根据《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》，防洪、防淹的设施应有二个独立电源供电，任意一个电源均应满足工作负荷的需要。 与主变压器相邻的母线道及电气设备室防火间距不够时，应设钢筋混凝土防火墙，与主变室同层的配电间、主变中性点设备室相邻也应设防火隔墙。	《安全预评价报告》	防淹溺严格按照规范和安全对策措施施工。	符合
7.	防边坡失稳对策措施： 对厂房后边坡应加强观测，发现异常现象及时分析并采取相应的处理措施。尽可能避免高边坡坍塌对厂房产生的危害。 应加强对活动性断裂的地质勘测，采取有效措施减少对厂房产生的危害。 各阶段的工程地质勘察工作必须满足《水利水电工程地质勘察规范》（GB50287-1997）的要求，避免留下工程地质问题隐患，确保工程安全及施工安全。在电站施工和运行期间，必须对滑坡体进行监测，并采取工程处理措施。	《安全预评价报告》	边坡采取安全监测措施，定期观测记录。	符合
8.	防机械伤害及防高处坠落对策措施 1)所有机械设备，必须按现行《生产设备安全卫生设计总则》、《机械安全防止上下肢触及危险区的安全距离》、《机械安全防护装置固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求》有关设计规范、规程和有关规定进行。 2)在设备水平或垂直移动所有形成的交通通道的开口处，设置有不妨碍作业的活动栏杆警告标志。 3)所有槽孔、吊物孔等应设置盖板或防护栏杆，检修时设临时围栏，尾水平台的坠落面侧设置固定式防护栏杆，防护栏杆高度均应满足现行《固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台》的规定。 4)楼梯、钢梯、平台有踏脚板均采用花纹钢板等防滑措施，以防止人员滑倒摔伤。 5)对设备外露的且可能造成不安全的旋转零部件均应设置有防护罩。 6)凡坠落高度在 2.0m 以上的工作平台、人行通道	《安全预评价报告》	防机械伤害及防高处坠落符合要求。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
	<p>(部位), 在坠落面侧应设置固定式防护栏杆。</p> <p>7)厂房内的工作场所和楼梯、通道及隧道等处均应设计有事故照明。</p> <p>8)厂区内设计应设计有完整的安全标志。</p>			
9.	<p>触电伤害对策措施</p> <p>电气伤害事故是与电相关联的造成人员伤亡的事故, 包括触电事故、雷击事故、静电事故等。为了防止电气伤害, 在电气安全设计中, 对于电气设备布置中的安全间距、绝缘等级、过电压保护、防雷、接地、照明及低压安全照明、事故照明等设计, 均应符合现行《水力发电厂机电设计规范》和《电气设备安全设计导则》等电气专业有关的设计规范的有关规定。</p> <p>电气防护围栏有栅状围栏和网状围栏, 围栏的门必须上锁, 并应设置安全标志, 以提醒人员注意。</p> <p>针对可能发生电气伤害的部位、设备和操作, 通过设置安全距离、围栏、安全标志和采用绝缘材料、接地系统、雷电保护系统、过压保护系统、监控系统、继电保护系统、防误操作设计等措施防止电气伤害事故的发生。</p> <p>过电压保护依据《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》进行设计, 在真空断路器开关柜内装设过电压保护器。</p>	《安全预评价报告》	触电伤害对策措施符合要求。	符合
10.	<p>起重伤害对策措施</p> <p>1) 要建立和健全起重机械安全管理岗位责任制、起重机械安全技术档案管理制度、起重机械司机、指挥作业人员、起重司索人员(捆绑吊持人)安全操作规程、起重机械安装、维修人员安全操作规程、起重机械维修保养制度等, 要分工明确, 落实责任, 奖罚分明。</p> <p>2) 要对起重机械作业人员进行安全技术培训, 按照国家有关技术标准, 对起重机械司机、指挥作业人员、起重司索人员进行安全技术考核, 提高他们的安全技术素质, 做到持证上岗作业。</p> <p>3) 实行系统安全管理, 必须对起重机械的设计, 制造、安装、使用、维修、等进行全过程的管理工作做到科学、全面、规范、有序。要努力做到起重机械设计结构是合理的, 技术水平是先进的, 制造的产品是优质的, 使用性能是安全、可靠, 舒适的。</p>	《安全预评价报告》	现场检查, 起重伤害对策措施符合要求。	符合
11.	<p>电站应当在有较大危险因素的生产经营场所和有关设施、设备上设置明显的安全警示标志。电站工程所有安全标志的符号、图形、含义、补充文字、配置等, 应符合国家和电力行业的有关规定。安全标志设置的主要场所及类型见下表。</p>	《安全预评价报告》	安全标志基本齐全, 符合规范要求。	符合
12.	<p>(1)泄水建筑物观测: 观测项目主要包括水力学观测和结构变形、应力观测。</p> <p>(2)引水建筑物观测: 引水洞段在各观测断面洞顶</p>	《安全预评价报告》	安全监测观测项目符合要求, 定期分析监测数	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
	<p>布置地下水位监测并埋设渗压计，以监测隧洞衬砌的外水压力。</p> <p>(3)补充对监测系统电缆的防雷等保护措施设计说明。</p> <p>(4)保证安全监测仪器设备质量符合国家或行业相关技术标准规范。</p> <p>(5)要求监测检测仪器设备适用于现场条件和环境，不会因为有害的使用条件和环境影响监测仪器寿命。</p> <p>(6)保证安全监测系统定期检查、维护，保证其正常运行。</p> <p>(7)建立健全监测项目档案，内容包括：监测对象和监测点、所在位置等。</p> <p>(8)建立安全监测管理责任制，明确管理及系统的维护人员及其责任。</p> <p>(9)定期进行数据整理和分析，及时发现异常情况，为电站安全运行提供依据。</p>		据。	
13.	<p>1) 防噪声与振动对策措施</p> <p>对厂房内噪声和振动的控制，除对设备制造厂商要求采取消声和减震的防护措施，在工程设计中，也应采取必要隔声措施，如对工作人员在高噪声区短时工作时，配置耳塞避免噪声干扰。</p> <p>采取如下防噪声和振动对策措施：</p> <p>1)对运行人员常住的工作房间，应采取设置双层中空隔音玻璃隔断、隔音墙板、吸音墙面及吸音吊顶等防噪声措施；</p> <p>2)通风系统送、排风机应设有减振台座，风机均使用低噪声风机，风机与进、出风管连接处均应设置软接头，防止噪声扩散到工作区。</p> <p>3)合理选择管道及支吊架，以避免或减少流体高速流动及管道振动产生的噪音；</p> <p>4)对于发电机层通风机房、副厂房保护盘室等场所，应采取吸声、隔声或更为有效的消音屏蔽以及相应的隔振、减振和阻尼措施；主要交通出入口应设吸声、隔声门；应为运行人员配备临时隔声的防护用具。</p> <p>5)主设备、辅助设备的基础及平台的防振动设计，必须符合《动力机器基础设计标准》的有关要求。水轮发电机组、空气压缩机、电动机、水泵、风机等设备作为重点防治对象，进行隔振、减振处理。</p> <p>6)设备选型时选用低噪声设备，要求厂家提供符合国家噪声标准的设备。</p> <p>7)管道设计及支吊架选择合理，以避免或减少流体高速流动及管道震动产生的噪声。</p>	《安全预评价报告》	防噪声措施符合要求，定期分析监测数据。	符合
二	安全设施设计报告安全措施落实情况			
14.	<p>枢纽布置安全对策措施：(1)应完善厂区的消防系统设计。</p> <p>(2)应合理布置厂区的排水设施，防止雨水倒灌。</p>	《安全设施设计》	工程建设过程落实了枢纽布置安全对策措施。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
	<p>(3)考虑到类似水电站在运行过程中，由于小动物引起的事故频繁，在设计上应有防止小动物进入的设施。</p> <p>(4)做好全厂绿化，创造良好环境。</p>			
15.	<p>水库近坝库岸安全对策措施：</p> <p>(1) 针对库区、坝区不良地质条件，采取工程防护与治理、安全监测等综合措施防止地质灾害引起的安全问题。</p> <p>(2) 水库蓄水后有诱发地震的可能性，但烈度不会高于建筑物设防烈度，造成地质灾害的可能性很小，但仍应加强监测，防患与未然。</p> <p>(3) 水库蓄水后，由于水体必然向库区周边渗透，将造成地下水位的抬升，应加强水库渗漏观测和库岸坍塌的工程处理，确保水库正常运行。</p> <p>(4) 库区周边完善安全警示标志，严禁游泳和钓鱼，防止人员淹溺。</p>	《安全设施设计》	工程建设过程落实了水库近坝库岸安全对策措施：	符合
16.	<p>大坝区安全对策措施：</p> <p>大坝心墙基础置于弱风化层及砂卵石层上，必须做好防渗处理。加强沥青混凝土垫座与防渗墙之间的防渗处理。</p> <p>施工要严格按照设计要求，做好防渗流、坝基、近坝边坡稳定等处的处理。</p> <p>坝料应严格检查其级配，并按规范施工，确保坝体安全，不致出现渗漏、滑动等事故。</p> <p>应建立科学的洪涝时期运行管理制度，提高应对不可预见危险的能力。</p> <p>应依据 2005 年 1 月 1 日起实施的《水电站大坝运行安全管理规定》按期进行大坝检查与管理。</p> <p>严格按规范进行设计和施工，保证工程质量。</p>	《安全设施设计》	工程建设过程落实了大坝区安全对策措施：	符合
17.	<p>泄洪、引水发电建筑物安全措施：</p> <p>本工程的泄洪洞进出口边坡裂隙发育,对洞脸边坡及闸基础有影响,须采取锚固措施。发电洞局部段节理、裂隙较发育处会有渗水现象,顺层及卸荷裂隙渗水。做好各闸门金属结构设计、制造、安装和监理工作,确保金属结构质量。坝体上游护坡、泄洪、引水发电隧洞洞脸及进出口段等建筑物应采取防止冻融或冻胀破坏的措施。库区、引水系统、泄水系统段沿线应做好防淹溺措施。</p>	《安全设施设计》	工程建设过程落实了泄洪、引水发电建筑物安全措施	符合
18.	<p>金属结构安全对策措施：</p> <p>①首先从设计开始就要严格控制质量，设计要满足规范要求；</p> <p>②严格控制制造安装质量；选择有资质、业绩良好的企业，严格执行监理、验收制度；</p> <p>③制定完善的金属结构设备的操作运行规程，并定期进行检查维修，保证设备能安全运行；</p> <p>④注意在大风天气，尽量减少人员操作启闭机等金属结构设备，防止发生人员高处坠落等事故，并注意对金属结构设备的防护；</p> <p>⑤根据水电站的运行特性及当地的气象条件，设计</p>	《安全设施设计》	工程建设过程落实了金属机构安全对策措施：	符合

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
	上应设置电加热防冻装置，尽量减少因冰害造成的损失。			

5.2.2 评价小结

本工程安全预评价报告、安全设施设计报告中提出的安全措施 18 条均已落实，安全设施设计落实情况及安全投入满足要求。

5.3 工程选址及枢纽总布置单元

5.3.1 工程选址及枢纽总布置检查

表 5-3 工程选址及枢纽总布置安全检查表

序号	检查项目及内容	检查依据	检查情况	结论
1	厂址选择			
1.1	工程总体布置设计，应根据工程所在地的气象、洪水、雷电、地质、地震等自然条件和周边情况，预测劳动安全与工业卫生的主要危险因素，并对各建筑物、交通道路、安全卫生设施、环境绿化等进行统一规划。当工程存在特殊的危害劳动安全与工业卫生的自然因素，且工程布置无法避开时，应进行专题论证。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB50706-2011 3.1.1	枢纽总体布置全面考虑了自然条件、社会环境、安全卫生设施、交通道路等因素，安排合理。	符合
1.2	发电厂房应具有满足建设需要的工程地质条件和水文地质条件	《工业企业总平面设计规范》 GB50187-2012 3.0.8	发电厂房的工程地质条件和水文地质条件满足建设需要	符合
1.3	电站枢纽不得建在断层和设防烈度等于和高于九度地震区	《工业企业总平面设计规范》 GB50187-2012 3.0.14	工程区域地震基本烈度为 7 度	符合
1.4	厂址应位于不受洪水、潮水或内涝威胁的地带；当不可避免时，必须具有可靠的防洪、排涝措施	《工业企业总平面设计规范》 GB50187-2012 3.0.12	厂址不在受洪水、潮水或内涝威胁的地带，采用防洪墙和尾水渠挡土墙进行防洪措施	符合
1.5	工程附近有污染源时，宜根据污染源种类和风向，避开对生活区、生产管理区所带来的不利影响	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB50706-2011 3.1.2	工程附近无污染源	符合
2	总平面布置			

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	检查项目及内容	检查依据	检查情况	结论
2.1	总平面布置,应在总体规划的基础上,根据工业企业的性质、规模、生产流程、交通运输、环境保护,以及防火、安全、卫生、节能、施工、检修、厂区发展等要求,结合场地自然条件,经技术经济比较后择优确定	《工业企业总平面设计规范》 GB50187-2012 5.1.1	总平面布置经比较后择优确定	符合
2.2	总平面布置应采取防止高温、有害气体、烟、雾、粉尘、强烈振动和高噪声对周围环境和人身安全的危害的安全保障措施,并应符合现行国家有关工业企业卫生设计标准的规定	《工业企业总平面设计规范》 GB50187-2012 5.1.7	总平面布置符合现行国家有关工业企业卫生设计标准的规定。	符合
2.3	总平面布置,应符合下列要求: ①在符合生产流程、操作要求和使用寿命的前提下,建筑物、构筑物等设施,应采用联合、集中、多层布置; ②应按企业规模和功能分区,合理地确定通道宽度; ③厂区功能分区及建筑物、构筑物的外形宜规整	《工业企业总平面设计规范》GB 50187-2012 5.1.2	总平面布置符合要求。	符合
2.4	建筑物间安全距离、各建筑物内的安全疏散通道及各建筑物进、出交通道路等布置,应符合防火间距、消防车道、疏散通道等的要求。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB50706-2011 3.1.3	主体建筑物位置合理、防火间距符合规定。	符合
2.5	工程范围内人员经常通行、作业的临近高边坡的交通道路、场地等,应采取安全防护措施。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB50706-2011 3.1.7	进出厂区道路的高边坡地段采用花式栏杆。	符合
2.6	工程选址时应根据工程所在地区自然环境条件对工程的安全影响以及工程与周边地区社会环境的相互安全影响,全面考虑劳动安全与工业卫生防范措施。	《水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 NB 35074-2015 第 3.1.1 条	枢纽总体布置合理。	符合
2.7	枢纽厂房、变电站、开关站及其他有关建筑物、办公区、生活区等,应避免与具有严重火灾爆炸危险的工业企业及爆破作业场所紧邻,其安全距离应符合现行国家标准《水电工程设计防火规范》GB50872 的有关规定。	《水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 NB 35074-2015 第 3.1.5 条	建筑物布置较合理。	符合
2.8	当紧邻边坡地段有交通道路、各类建筑物及设施时,应根据安全运行要求采取必要的防护措施。	《水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 NB 35074-2015 第 3.2.3 条	边坡采取了合理的防护措施。	符合

序号	检查项目及内容	检查依据	检查情况	结论
2.9	配电装置电气安全净距应符合现行行业标准《水利水电工程高压配电装置设计规范》SL 311 的有关规定。当配电装置电气设备外绝缘最低部位距地面小于 2.5m(室内 2.3m)时,应设置固定遮栏。	《水利水电工程劳动安全与工业设计规范》GB 50706-2011 第 4.2.1 条	升压站布置在地上厂房外面较高位置处,设置满足要求。	符合

5.3.2 评价小结

神树水电站工程选址和枢纽总平面布置共检查 14 项, 14 项均符合要求, 工程选址和枢纽总平面布置符合规范要求, 满足安全设施验收条件。

5.4 水库近坝库岸单元

5.4.1 水库近坝库岸综合分析

5.4.1.1 水库渗漏

水库地处祁连山腹地的山间盆地, 四周群山环抱, 北以黑鄂博掌(高程 4100m 左右)与金塔河水系分界, 南以横梁山(高程 4200m 左右)与黄羊河水系分界, 盆地四周山体宽厚, 且邻谷高程均高于库水位, 所以水库地形封闭条件良好。

库区岸边及河床基底由奥陶系下统变质砂岩夹堇青石英片岩及石炭系灰岩、砂页岩、煤系地层组成, 其上有第四系冲洪积漂卵砾石、粉质壤土及坡、洪积碎石土覆盖。漂卵砾石层渗透系数为 70m/d~90m/d, 属强透水层; 粉质壤土透水性弱; 坡洪积碎石土具中、弱透水性; 基岩中无稳定连续的含水透水层, 仅在表部或断裂发育部位等局部含水透水, 因此基岩可视为相对隔水层。

分布于大毛藏河左岸边的泉 9 为下降泉, 泉点高程 2623m, 低于水库正常蓄水位。经过对地形、地层岩性及水文地质条件的综合分析, 认为该泉的补给、排泄通道不会变成库水渗向库外的通道。

库区坝前、库尾有 F1、F16 等陡倾角断层分布, 其破碎带宽度约 3m~10m, 呈近南北向延至库外。其南段在水库河源范围内, 北段大老虎沟、九沟台等泉点高程均高于水库正常高水位。

综上所述, 毛藏寺盆地不仅在地形上是一个盆地, 从水文地质意义上看也是一个盆地, 四周地下水汇入盆地, 且建库后地下水仍补给库水, 不存在通向库外的永久性渗漏通道。

5.4.1.2 库岸稳定

毛藏寺水库正常蓄水位 2661.5m，库岸长度约 10km。由于库岸各段地层结构的不同，其在库水作用下的库岸稳定性也就不同。现将各类库岸及其稳定性分述如下：

(1) 基岩陡坡库岸：约占总库岸的 15%左右，分布于坝前小毛藏河右岸及大老虎沟口。库岸岸坡陡峻，达 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，岸坡高 20m~50m，由变质砂岩、堇青石英片岩组成，其强度高，抗冲刷能力强，局部发育有岸边剪切裂隙及少量崩塌危石。岸顶分布的坡残积碎石土在库水位之上，不与库水接触。因此，水库蓄水后基岩陡坡库岸将有少量崩塌剥落，库岸是基本稳定的。

(2) 基岩缓坡库岸：约占总库岸的 30%左右，分布于水库中部。库岸岸坡较缓，坡度小于 30° ，由石炭系灰岩、砂页岩及煤系地层组成，表层覆盖有不厚的坡残积碎石土，坡面生长着松林和杂草，多为水上的稳定边坡，水库蓄水后碎石土有可能产生滑塌（坡残积碎石土的水下坡角 $\alpha_3=20^{\circ}$ ，水上坡角 $\beta_2=45^{\circ}$ ），但塌方量不大，整个基岩缓坡库岸是基本稳定的。采用图解法得出的碎石土塌岸宽度在 10m~30m 之间。

水库蓄水后，水库中部右岸生长着松林的岸坡，因下部坡、残积碎石土的滑塌（塌岸范围内），破坏了原有岸坡的坡脚稳定，在强降水或持续降水等条件下有可能引起岸坡上部（塌岸范围之上）坡残积碎石土的滑塌或小规模滑坡，将影响到岸坡上的部分森林。

(3) 基座阶地库岸：分布于坝前大毛藏河左、右岸，为 III、IV 级基座阶地，临河陡坎高 35m，基座面高程 2625m~2645m，基座由奥陶系下统变质岩系及石炭系灰岩、砂页岩组成，其上堆积着漂卵砾石层（厚约 5m 左右）和粉质壤土层（厚 10m~20m）。勘探表明，粉质壤土底界面（或漂卵砾石顶界面）及基座面均以 15%~30% 的坡度倾向河床，阶地面亦同样倾斜。阶地面宽度 150m~200m，由于后期的剥蚀改造，III 级、IV 级阶地间的陡坎已不明显。

如图 3 所示，水库蓄水后，将从阶地前缘陡坎中的基座面 (A) 开始，按漂卵砾石的水下坡角 α_1 再造至其顶面 (B)；再按粉质壤土的水下坡角 α_2 再造至正常蓄水位 (C)；在水面以上，粉质壤土将按其水上坡角 β_2 再造至地面 D 点，岸坡始达新的稳定平衡状态。

根据水库砂砾料、土料的试验资料，结合工程类比，将前述各边坡坡角确定如下：

漂卵砾石：水下坡角 $\alpha_1=28^{\circ}$ ，水上坡角 $\beta_2=45^{\circ}$ ；

粉质壤土：水下坡角 $\alpha_2=16^\circ$ ，水上坡角 $\beta_2=45^\circ$ 。

采用图解法得出基座阶地库岸的塌岸宽度（S）在 25m~65m 之间，塌岸方式主要是粉质壤土及漂卵砾石层的剥落及小规模塌滑，不会形成涌浪，对水库运行无重大影响。

（4）漂卵砾石库岸：这是毛藏寺水库蓄水全部在盆地所特有的一种库岸，包括回水至库尾大毛藏河漫滩、I 级阶地，以及小毛藏河漫滩、I 级阶地，占总库岸的 30%左右。库岸由漂卵砾石组成，在 I 级阶地表层有粉细砂土覆盖，其厚度不足 1m。I 级阶地与河漫滩高差不大，地势平坦、开阔，坡降 1/30~1/60，均小于其水下坡角。因此，水库蓄水后不会产生库岸再造，属稳定库岸。

根据库区工程地质平面图及库区塌岸剖面图，估算出库区库岸水下的塌岸量约为 250 万 m^3 ，水上塌岸量约为 65 万 m^3 ，塌岸总量约为 315 万 m^3 ，塌岸方式主要是剥落及小规模塌滑，不会形成涌浪，对水库运行无重大影响。

另外，分布于水库右岸中部山坡上的滑坡（4[#]滑坡），为一新滑坡，于 1998 年 6 月~7 月开始滑动，目前雨季时仍在滑动，系一活动性滑坡，为第四系松散堆积层滑坡，其物质组成主要为冲洪积粉质壤土及坡、残积碎石土，据估算，该滑坡体积约 6 万 m^3 左右，目前滑坡的前缘约 25m 处于水库正常蓄水位以下，水库蓄水后仍将继续滑动，但对水库无重大影响。分布于水库左岸（大毛藏河）近库尾的 3[#]滑坡为第四系松散堆积层滑坡，其物质组成主要为冲洪积粉质壤土、坡积碎石土等，据估算，该滑坡体积约 2 万 m^3 左右，该处岸坡较陡，且滑坡前部处于水库正常蓄水位（2661.5m）以下，水库蓄水后将产生小范围的松散堆积层塌滑，但不会形成涌浪，对水库运行无重大影响。

综上所述，毛藏寺水库 75%的库岸属稳定或基本稳定库岸，水库蓄水后不会发生库岸再造，仅局部有可能产生崩塌、滑塌，但塌方量不大；25%的库岸属不稳定库岸，水库蓄水后会发生库岸再造，根据对塌岸量和塌岸方式的分析，其对水库淤积和水库安全运行无重大影响。

5.4.1.3 水库浸没

毛藏寺水库处于山间盆地内，蓄水多在盆地底部，水库两岸除部分有塌岸问题外无浸没问题；水库库尾 2661.5m 高程附近，为冲洪积漂卵砾石层，无耕地、草地等，无浸没问题；小毛藏河的河床、漫滩 2661.5m 高程附近，多为冲洪积漂卵砾石层，仅在极小的范围内表部被薄层砂壤土覆盖，为草地，由于该地段地面坡降较大，受浸没影响的草地面积很小，故该水库基本没有浸没问题。

5.4.1.4 固体径流

毛藏寺水库四周植被覆盖度大，在大、小毛藏河未发生过泥石流，在响水河河口有古泥石流堆积物分布，现在已为植被覆盖，不会有大量固体径流进入库区；仅在洪水期，大毛藏河、小毛藏河及响水河中有冲洪积漂卵砾石、泥沙等进入库区，但其固体径流量并不大，对水库的影响不大。

5.4.1.5 水库诱发地震

库区内未发现全新世（ Q_4 ）活动断裂，亦无区域性深大断裂及发震断裂，局部的小构造由于规模小，透水性差，预计水库蓄水后，不会增强其活动性；水库的库容不大，蓄水后不会改变原有的地震地质条件。综合分析该水库诱发地震的可能性不大。

5.4.2 综合分析结果

综上所述，神树水电站水库不存在永久渗漏问题，淹没损失小，基本无浸没问题；库岸无滑坡，但大多受水库水位影响不大，整体处于基本稳定或稳定状态，局部岸坡再造不会影响水库的正常运行；水库诱发地震的可能性也不大。因此，水库总体工程地质条件相对较好，满足安全验收条件。

5.5 挡水建筑物单元

5.5.1 挡水建筑物安全检查

表 5-5-1 挡水建筑物安全检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	坝轴线宜布置成直线，特殊情况下可采用折线或曲线。	《混凝土面板堆石坝设计规范》NB/T 10871-2021 第 4.1.2 条	坝轴线布置为直线。	符合
2	坝项宽度应根据构造、施工、运行和抗震等因素确定，坝顶宽度宜为5m~12m，建于强震区的面板堆石坝坝顶宜取大值，特高坝宜适当加宽。	《混凝土面板堆石坝设计规范》NB/T 10871-2021 第 4.2.1 条	根据《混凝土面板堆石坝设计规范》（DLT5016-2011）中的规定，坝项宽度“宜按照不同坝高采用5m~8m”，由于大坝设计烈度较高，坝顶无永久交通要求，因此，最后确定坝项宽度为8.0m。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

3	坝顶上游侧应设置混凝土防浪墙，墙高宜低于6m，墙顶宜高出坝顶1m~1.2m。坝顶下游侧应设护栏或路缘石。	《混凝土面板堆石坝设计规范》NB/T 10871-2021第4.2.3条	为减少大坝填筑量，坝顶上游侧设置“L”型钢筋混凝土防浪墙。墙底高程2661.80m，高出正常蓄水位0.3m，墙顶高程2666.00m，墙高4.2m，坝顶以上墙高1.2m。墙体上游面垂直，上游侧底部设0.8m宽检修人行道，底部翼缘与混凝土面板相接。防浪墙混凝土采用C25钢筋混凝土，每10m设置一条伸缩缝，缝内设置铜止水片，并与防浪墙底缝的铜止水连接起来，形成封闭的系统。	符合
4	面板的厚度应符合下列规定：1 渗透水力梯度不应超过200；2 应满足钢筋和止水布置要求。	《混凝土面板堆石坝设计规范》NB/T 10871-2021第7.2.1条	面板允许承受的最大水力梯度按200控制。面板顶端厚度0.3m，底部最大厚度0.55m，最大水力梯度133，满足规范要求。	符合
5	面板混凝土应具有较高的耐久性、抗渗性、抗裂性及施工和易性。面板混凝土强度等级不应低于C25，抗渗等级不应低于w8，抗冻等级不低于F100。	《混凝土面板堆石坝设计规范》NB/T 10871-2021第7.3.1条	面板混凝土强度为C30 W8 F250，采用螺旋形聚氯乙烯醇纤维混凝土浇筑。	符合
6	电力企业应当加强大坝安全检查、运行维护与除险加固等工作，保证大坝主体结构完好，大坝安全设施运行可靠。	《水电站大坝运行安全监督管理规定》（发改委令〔2015〕23号）第七条	坝体材料指标及施工填筑指标满足要求，坝体密实。无渗漏，符合规范要求。	符合
7	大坝安全等级分为正常坝、病坝和险坝三级。符合下列条件的大坝，评定为正常坝： （一）防洪能力符合规范要求；或者非常运用情况下的防洪能力略有不足，但大坝安全风险低且可控； （二）坝基良好；或者虽然存在局部缺	《水电站大坝运行安全监督管理规定》（发改委令〔2015〕23号）第二十一条	边坡稳定、大坝渗漏符合规范要求。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	陷但无趋势性恶化， 大坝整体安全； (三) 大坝结构安全度符合规范要求； 或者略有不足，但 大坝安全风险低且可控； (四) 大坝运行性态总体正常； (五) 近坝库岸和工程边坡稳定或者基本稳定。			
8	大坝中心应当定期检查大坝安全状况， 评定大坝安全等级。定期检查一般每五年进行一次，检查时间一般不超过一年半。首次定期检查后，定期检查间隔可以根据大坝安全风险情况动态调整，但不得少于三年或者超过十年。	《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令(2015)23号)第十九条	大坝中心已经进行首次检查，满足安全要求。	符合
9	电力企业应当保证大坝安全监测系统、泄洪消能和防护设施、应急电源等安全设施与大坝主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。 大坝蓄水验收和枢纽工程专项验收前应当分别经过蓄水安全鉴定和竣工安全鉴定。	《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令(2015)23号)第六条	大坝安全监测系统、泄洪消能和防护设施、应急电源等安全设施与大坝主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。大坝经过了蓄水安全鉴定和竣工安全鉴定验收。	符合
10	电力企业应当加强大坝安全监测与信息化建设工作，及时整理分析监测成果，监控大坝运行安全状态，并且按照要求向大坝中心报送大坝运行安全信息。对坝高一百米以上的大坝、库容一亿立方米以上的大坝和病险坝，电力企业应当建立大坝安全在线监控系统，并且接受大坝中心的监督。	《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令(2015)23号)第八条	大坝安全监测与信息化建设工作开展顺利，及时整理分析监测成果，监控大坝运行安全状态，并且按照要求向大坝中心报送大坝运行安全信息。	符合
11	电力企业应当对大坝进行日常巡视检查。每年汛期及汛前、汛后，枯水期、冰冻期，遭遇大洪水、发生有感地震或者极端气象等特殊情况下，电力企业应当对大坝进行详细检查。电力企业应当及时处理发现的大坝缺陷和隐患。	《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令(2015)23号)第九条	对大坝进行日常巡视检查，每年汛期及汛前、汛后，枯水期、冰冻期，遭遇大洪水等时节对大坝进行详细检查。能及时处理发现的大坝缺陷和隐患。	符合
12	电力企业应当每年年底开展大坝安全年度详查，总结本年度大坝安全管理工作，整编分析大坝监测资料，分析水库、水工建筑物、闸门及启闭机、监测系统和应急电源的运行情况，提出大坝安全年度详查报告并且报送大坝中心。	《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令(2015)23号)第十条	大坝安全监测分析资料齐全。	符合
13	电力企业应当建立大坝安全应急管理体系，制定大坝安全应急预案，建立与地方政府、相关单位的应急联动机制。遇	《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令	制定了大坝安全应急预案，建立了与地方政府、相关单	符合

	有超标准洪水、地震、地质灾害、大体积漂浮物等险情，电力企业应当按照规定启动大坝安全应急机制，采取必要措施保障大坝安全，并且报告派出机构和坝中心。	(2015) 23 号)第十二条	位的应急联动机制。遇有超标准洪水、地震、地质灾害、大体积漂浮物等险情，企业能按照规定启动大坝安全应急机制。	
14	首部枢纽及大坝应通过专项验收。	国家能源局《水电工程验收管理办法》(2015 年修订版)(国能新能(2015) 426 号)	已经通过阶段性下闸蓄水验收鉴定。	符合

5.5.2 评价小结

神树水电站大坝按照设计要求进行施工建设，挡水建筑物单元共检查 14 项，14 项符合要求，挡水建筑物符合规范要求，满足安全验收条件。

5.6 泄水建筑物单元

5.6.1 泄水建筑物安全检查

表 5-6-1 泄水建筑物安全检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	检查结果
1	大坝中心应当定期检查大坝安全状况，评定大坝安全等级。定期检查一般每五年进行一次，检查时间一般不超过一年半。首次定期检查后，定期检查间隔可以根据大坝安全风险情况动态调整，但不得少于三年或者超过十年。	《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令(2015) 23 号)第十九条	大坝中心定期检查了该大坝安全状况，评定了大坝安全等级。	符合
2	大坝安全等级分为正常坝、病坝和险坝三级。符合下列条件的大坝，评定为正常坝： (一) 防洪能力符合规范要求；或者非常运用情况下的防洪能力略有不足，但大坝安全风险低且可控； (二) 坝基良好；或者虽然存在局部缺陷但无趋势性恶化，大坝整体安全； (三) 大坝结构安全度符合规范要求；或者略有不足，但大坝安全风险低且可控； (四) 大坝运行性态总体正常； (五) 近坝库岸和工程边坡稳定或者基本稳定。	《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令(2015) 23 号)第二十一条	查阅大坝监测资料、检查记录，大坝为正常坝。	符合
3	电力企业应当按照国家规定做好水电站防洪度汛工作。水库调度和发电运行应当以确保大坝运行安全为前提，严格遵循批准的汛期调度运用计划和水库运用与电站运行调度规程。汛期水库汛	《水电站大坝运行安全监督管理规定》(发改委令(2015)	能按照国家规定做好水电站防洪度汛工作，汛期水库汛限水位以	符合

	限水位以上防洪库容的运用，必须服从防汛指挥机构的调度指挥。汛期发生影响正常泄洪的情况时，电力企业应当及时处置并且报告大坝中心。	23号)第十一条	上防洪库容的运用，服从防汛指挥机构的调度指挥。执行调度规程要求。	
4	消能防冲设施的型式，应根据地形与地质条件、泄流条件、运行方式、下游水深及水流衔接、河床及河岸的抗冲能力、边坡稳定、泄洪雾化、及其他建筑物的影响等，通过技术经济比较选定。	《溢洪道设计规范》NB/T 10867-2021 第4.5.1条	该水电站在洞身段出口处采用挑流消能型式。	符合
5	溢洪道地基固结灌浆的范围和深度，应根据地质条件、裂缝发育情况和受力条件确定。堰（闸）及消能建筑物的地基宜进行固结灌浆。基岩条件较好时，可不进行固结灌浆。	《溢洪道设计规范》NB/T 10867-2021 第7.3.1	本水电站消能建筑物的地基围堰进行了固结灌浆。	符合

5.6.2 评价小结

神树水电站泄水建筑物按照设计进行施工，施工质量合格，满足安全生产要求。

5.7 引水系统单元

5.7.1 引水系统安全检查

表 5-7-1 引水系统安全检查表

序号	检查项目及内容	检查依据	检查情况	结论
1	洞线应根据隧洞的用途及其特点，综合考虑地形、地质、埋深、生态环境、水土保持、枢纽总布置、水力学、施工、运行、沿线建筑物等各种因素，通过技术经济比较选定	《水工隧洞设计规范》NB/T 10391-2020 第4.1.1条	引水隧洞的线路，通过可能方案的技术经济比较选定。	符合
2	隧洞进出口布置宜根据功能要求、枢纽布置、地形地质条件、水力学条件、防淤、防冲和防污要求等因素确定。	《水工隧洞设计规范》NB/T 10391-2020 第4.2.1条	进出口的布置符合相关要求。	符合
3	洞口宜选在地质构造简单，覆盖层、岩石及风化及卸荷带较浅的岸坡，宜避开断层、坍塌、滑坡及泥石流等不良地质区域。	《水工隧洞设计规范》NB/T 10391-2020 第4.2.2条	洞口避开不良地质构造、山崩、危崖、滑坡及泥石流等地区	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	检查项目及内容	检查依据	检查情况	结论												
4	<p>较长隧洞可采用多种断面形状，但不宜变化频繁，不同断面的衔接应符合下列规定：</p> <p>1 不同断面之间应设置渐变段，渐变段的边界应采用平缓曲线，并便于施工。</p> <p>2 有压隧洞渐变段的扩散角或收缩角宜采用6°~10°；其长度不宜小于1.5倍的洞径（洞宽）。</p>	《水工隧洞设计规范》NB/T 10391-2020 第 5.2.3 条	采用长洞新奥法，变形成段、特殊段、钢支撑、门形架支撑，设置符合相关要求	符合												
5	<p>隧洞横断面的最小尺寸应考虑横断面形状和施工方法，圆形断面隧洞的直径不宜小于2.0m；非圆形断面的隧洞的高度不宜小于2.0m，宽度不宜小于1.8m。</p>	《水工隧洞设计规范》NB/T 10391-2020 第 5.3.4 条	由 3.7m×3.7m 方形断面渐变为洞径 D=3.7m 的马蹄形断面。	符合												
6	<p>水工隧洞结构安全级别及结构重要性系数应按表8.0.6确定。特别重要的水工隧洞，其结构安全级别应经专门论证确定。</p> <table border="1" data-bbox="328 1012 769 1097"> <caption>表 8.0.6 水工隧洞结构安全级别及结构重要性系数</caption> <thead> <tr> <th>水工建筑物级别</th> <th>水工隧洞结构安全级别</th> <th>重要性系数 γ_0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>I</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>2、3</td> <td>II</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>4、5</td> <td>III</td> <td>0.9</td> </tr> </tbody> </table>	水工建筑物级别	水工隧洞结构安全级别	重要性系数 γ_0	1	I	1.1	2、3	II	1.0	4、5	III	0.9	《水工隧洞设计规范》NB/T 10391-2020 第 8.0.6 条	级别为 3 级，安全级别为 II 级	符合
水工建筑物级别	水工隧洞结构安全级别	重要性系数 γ_0														
1	I	1.1														
2、3	II	1.0														
4、5	III	0.9														
7	<p>I 类、II 类围岩，开挖洞径（洞宽）小于5m的隧洞可不支护，5m~10m时宜采用喷混凝土支护，大于10m的隧洞宜采用锚喷支护。遇有局部不稳定块体时应采用随机锚喷或锚杆束加固。</p>	《水工隧洞设计规范》NB/T 10391-2020 第 7.1.3 条	采用长洞新奥法，本项目主要是III类围岩其次是IV类、V类围岩	符合												
8	<p>III类围岩宜采用挂网锚喷支护；IV类围岩宜进行钢筋混凝土衬砌，根据隧洞规模和地质条件，经分析也可采用锚喷、挂网或钢支撑等联合支护。</p>	《水工隧洞设计规范》NB/T 10391-2020 第 7.1.4 条	IV类围岩进行衬砌	符合												
9	<p>水电站进水口建筑物宜包括拦污段、入口段、阀门段、渐变短和上部结构。有压引水系统的进水口应设有充水设施和通气孔。进水口宜设置拦污栅、闸门、启闭机和清污等设备。</p>	《水电站进水口设计规范》NB/T 10858-2021 第 3.1.2 条	进水口平台高程 2666.00m，与坝顶同高，进水口设主副拦污栅（3.7m×4.5m）各1扇，平板事故检修门（3.7m×3.7m）一孔一扇，主副拦污栅及平板事故检修门均由布置在坝顶平台上的固定式卷扬机启闭。	符合												

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

序号	检查项目及内容	检查依据	检查情况	结论
10	进水口应具备可靠的电源，闸门和启闭机的操作应灵活可靠，充水和通气设施应畅通无阻，应具备良好的交通运输条件，并应有设备安装、检修及清污场地。	《水电站进水口设计规范》NB/T 10858-2021 第 3.1.5 条	进水口具备可靠的电源，闸门和启闭机的操作灵活可靠，充水和通气设施畅通无阻，具备良好的交通运输条件，并有设备安装、检修及清污场地。	符合
11	多污物河流上的进水口应设置导污、排污和清污设施。	《水电站进水口设计规范》NB/T10858-2021 第 3.1.7 条	目前人工清污，已招标设自动清污设施	符合
12	进水口闸门设置应满足下列条件：坝式进水口应设置检修闸门和事故闸门或者检修闸门和工作闸门。	《水电站进水口设计规范》NB/T10858-2021 第 3.2.10 条	设置检修闸门和工作闸门，设置挡漂，便于操作、检查和维修	符合
13	进水口应避开容易聚积污物的回流区，并应避免流冰或漂木的直接撞击。	《水电站进水口设计规范》NB/T10858-2021 第 3.3.3 条	进水口避开容易聚积污物的回流区和流冰的直接撞击	符合
14	有压式进水口淹没深度应满足最小淹没深度的要求，且不应小于 1.5m。	《水电站进水口设计规范》NB/T 10858-2021 第 3.4.3 条	进水口底板高程 2622.85m，进水口平台高程 2666.00m，与坝顶同高。	符合
15	水电站进水口建筑物级别划分及洪水标准应按现行行业标准《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》DL5180 的规定执行。	《水电站进水口设计规范》NB/T 10858-2021 第 5.1.3 条	进水口建筑物级别为 3 级，结构安全级别为 II 级	符合
16	管道布置中的线路、引水方式、结构形式、管径均应符合枢纽总体布置要求，并结合地形地质、施工、制作、运输、安装等条件及运行安全方便的要求，经技术比较后确定。	《水电站压力钢管设计规范》(NB/T35056-2015) 第 3.1.1 条	引水钢管内径为 2.9m，壁厚 16mm，材质 Q345C，中心高程 2600.00m，通过支撑环和支墩固定于排架柱顶部的横梁上，上下游两侧由镇墩固定，在引 02+711.00 设置一伸缩节。镇墩基础位于引水隧洞在岔儿沟进出口 2596.50m 高程的开挖平台上，基本为弱风化岩石。镇墩采用 C20 三级配混凝土，结构尺寸为 8.5×4.9×5.95m（长×宽×高）。经技术比较后确定。	符合

序号	检查项目及内容	检查依据	检查情况	结论
17	管道顶部至少应在最低压力线以下2m	《水电站压力钢管设计规范》 (NB/T35056-2015) 第 3.1.1 条	钢管顶部在最低压力线 2m 以下	符合
18	在压力管道最低点宜设排水设施	《水电站压力钢管设计规范》 (NB/T35056-2015) 第 3.1.8 条	压力管道最低点设排水设施	符合
19	地下埋管宜采用1管多机引水方式。	《水电站压力钢管设计规范》 (NB/T35056-2015) 第 3.3.2 条	引水系统采用“一洞三机”布置形式，主管直径 2.9m，由“卜”型月牙肋 1#和 2#钢岔管（明管）分岔，后接三条支管（D=1.1m 和 D=0.8m）。	符合
20	明管、岔管宜作水压试验	《水电站压力钢管设计规范》 (NB/T35056-2015) 第 10.2.1 条	明管、岔管进行水压试验	符合
21	枢纽建筑物的掺气孔、通气孔、通风孔、调压井，应在其孔口设置防护栏杆或网孔盖板，网孔盖板应能防止人脚坠入	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB50706-2011 第 4.3.6 条	枢纽建筑物的掺气孔、通气孔、通风孔、调压井，在其孔口设置防护栏杆或网孔盖板	符合
22	一般条件下，用电产品的周围应留有足够的安全通道和工作空间，且不应堆放易燃，易爆和腐蚀性物品。	《用电安全导则》 GB/T13869-2017 第 5.1.1 条	进水口闸门启闭机控制室内有油污。	不符合
23	标志牌应设在与安全有关的醒目地方，并使大家看见后，有足够的时间来注意它所表示的内容。环境信息标志宜设在有关场所的人口处和醒目处；局部信息标志应设在所涉及的相应危险地点或设备（部件）附近的醒目处。	《安全标志及使用导则》 (GB2894-2008)	进水口闸门启闭机控制室室内盘柜名称标识不规范。	不符合

5.7.2 存在问题与整改建议

- (1) 进水口闸门启闭机控制室内有油污。
- (2) 进水口闸门启闭机控制室室内盘柜名称标识不规范。

5.7.3 评价小结

神树水电站引水系统建筑物按照设计进行施工，施工质量合格，满足安全生产要求。

5.8 厂房及发电系统单元

5.8.1 厂房及发电系统安全检查

表 5-8-1 厂房及发电系统安全检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	厂房			
1.1	主厂房和副厂房应根据水电站规模、厂房型式、机电设备布置要求、环境特点、土建设计等进行布置，合理确定各部位的尺寸及空间。	《水电站厂房设计规范》NB/T 35011-2016 第 3.2.1 条	厂区由主厂房、副厂房、升压站、进厂公路等组成，厂区总平面布置协调合理。	符合
1.2	水电站厂房厂区布置应根据河流开发规划、地形地质、环境条件，通过技术经济论证选定。 1 应在保证电站运行安全和管理维护方便的前提下，合理布置主厂房、副厂房、主变压器场、开关站（GIS 楼）、高低压出线、进厂交通、发电引水（含调压井、前池、压力管道）和尾水建筑物，以及厂区供水、排水、防洪等设施； 2 应与枢纽其他建筑物（包括泄洪、排沙、通航、过竹木、过鱼等建筑物）相互协调，避免运行时的相互干扰； 3 应考虑各建筑物必要的检修条件； 4 注重保护环境和文物，注意水土保持； 5 应综合考虑枢纽各建筑物施工程序和工期安排。	《水电站厂房设计规范》（NB/T35011-2016）第 3.1.1 条	水电站厂房厂区布置根据河流开发规划、地形地质、环境条件，通过技术经济论证选定。 厂房厂区布置符合所述规定	符合
1.3	地面厂房位置宜避开冲沟和地质灾害易发地段。对可能发生的山洪、泥石流或崩塌、滑坡体等，应在充分论证的基础上采取相应的防护措施。当地震基本烈度为 8 度及以上、河谷狭窄、两岸山体边坡陡峻时，宜优先选择地下厂房	《水电站厂房设计规范》（NB /T35011-2016）第 3.1.2 条	地面厂房避开冲沟和地质灾害易发地段。	符合
1.4	地面厂房宜置于坚硬、紧密的天然地基上，不宜置于半硬、半软的地基上，当无法避开时应采取相应的处理措施。1、2 级厂房不宜建在非岩基上，如不可避免时应进行专门研究。	《水电站厂房设计规范》（NB /T35011-2016）第 3.1.3 条	厂房基础座落在沙砾石软基之上，经厂房整体沉降计算，厂房沉降量不大，最大沉降量为 3.6cm,为保证厂房整体稳定。厂房基础处理采用旋喷桩处理，主副厂房四	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

			周墙体基础桩距为 2.5m，中间部位桩间距为 4.0 米一桩的布置形式，旋喷桩采用直径为 80cm，桩深至基岩面。	
1.5	副厂房的布置宜与主厂房、主变压器场的位置及环境要求相协调，在运行和管理方便的前提下，应有效利用空间，满足外交通、通风、采光、防噪声和防振动等要求	《水电站厂房设计规范》（NB /T35011-2016）第 3.1.5 条	副厂房的位置与主厂房的位置及环境要求相协调，对外交通方便，通风、采光良好。	符合
1.6	<p>厂区防洪设计应符合下列要求：</p> <p>1 应保证主副厂房、主变压器场地及开关站等主要建筑物在非常运用洪水标准条件下不被淹没；</p> <p>2 厂房挡水部位顶部高程应按设计水位下的静水位加相应的波浪高度、风雍高速和安全超高确定。</p> <p>排水系统的排水量、管渠布置、排水方式及排水设施，应根据电站厂房的重要性、本地区气候特征、设计暴雨强度、降雨历时、暴雨设计重现期、汇水地区性质、地形特点及其他可能的集水量，按 GB 50014 进行设计；</p> <p>3 对可能导致水淹厂房的孔洞、管沟、通道、预留缺口等，应采取必要的封堵和引排措施；</p>	《水电站厂房设计规范》（NB /T35011-2016）第 3.1.9 条	<p>1 主副厂房等主要建筑物在周围设有排水沟，在非常运用洪水标准条件下不被淹没；</p> <p>2 厂房挡水部位顶部高程按设计水位下的静水位加相应的波浪高度、风雍高速和安全超高确定。</p> <p>3 对可能导致水淹厂房的孔洞、管沟、通道、预留缺口等，采取了封堵和引排措施；</p>	符合
1.7	水力发电厂厂房及泵站厂房的水轮机层、水泵层等水下部位，宜采用以排湿为主的通风方式。地下厂房、坝内厂房以及封闭式厂房，可根据工程地质、水文地质条件和工程布置情况，采取防渗、防潮措施。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB50706-2011 第 5.5.1 条	设备运转正常，通风、防潮满足安全运行要求。	符合
1.9	验收所需的资料，由项目法人负责组织、协调各相关单位按要求及时完成。各单位对提交资料的真实性负责。验收所需提供资料和备查资料清单见本规程附录 C。	《水电工程验收规程》NB/T 35048-2015 第 2.5.1 条	主要技术文件、图纸资料完整、齐全。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

1.10	厂房建筑物应通过专项验收。	国家能源局《水电工程验收管理办法》(2015年修订版)(国能新能(2015)426号)	已经通过下闸蓄水前专项验收。	符合
1.11	进水口、泄洪设施等处的拦污栅、各闸门及启闭设备动转的定期检查、维护。	国家能源局《水电工程验收管理办法》(2015年修订版)(国能新能(2015)426号)	设备正常,并定期检查、维护。	符合
1.12	引水系统及厂房各金属结构应通过了专项验收。	国家能源局《水电工程验收管理办法》(2015年修订版)(国能新能(2015)426号)	已经通过专项验收。设备正常,并定期检查、维护。	符合
2	发电机技术状况			
2.1	定子的基础板、合缝处、铁心衬条、定位筋、齿压板压指、挡风板和消防水管等的机械固定状况是否良好;定、转子间空气间隙应合格。	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T 8564-2003 第9.3.1条	定子的基础板、合缝处、铁心衬条、定位筋、齿压板压指、挡风板和消防水管等的机械固定状况良好;定、转子间空气间隙合格。	符合
2.2	定子绕组在槽内和端部的固定良好;引出线的连接、绝缘和固定良好;定子铁心应无松动和错位。	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T8564-2003 第9.3.1条	定子绕组在槽内和端部的固定良好;引出线的连接、绝缘和固定良好;定子铁心无过热、松动和错位现象。	符合
2.3	制动器、制动闸瓦、夹持挡块的紧固情况良好;制动闸瓦表面状况良好,与两侧档块和夹持铁条的配装符合要求;其各部动作正确	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T8564-2003 第9.4.7条	制动器、制动闸瓦、夹持挡块的紧固情况良好;制动闸瓦表面状况良好,与两侧档块和夹持铁条的配装符合要求;其各部动作正确。	符合
2.4	转子的结构焊缝、各把合螺栓点焊、挡风板焊缝和风扇等无开焊或裂纹;磁极键无松动;磁极高程偏差符合要求;制动环无裂纹等。	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T 8564-2003 第9.4.8条	转子的结构焊缝、各把合螺栓点焊、挡风板焊缝和风扇无开焊或裂纹;磁极键无松动;磁极高程偏差符合要求;制动环无裂纹。	符合
2.5	转子磁极绕组和磁极接头的绝缘及它们间的连接良好;阻尼环和阻尼条的连接良好;转子引线的绝缘和固定良好;集电环、电刷、刷盒及励磁引线的状况和配装符合要求	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T 8564-2003 第9.4.16条	转子磁极绕组和磁极接头的绝缘及它们间的连接良好;阻尼环和阻尼条的连接良好;转子引线的绝缘和固定良好;集电环、电刷、刷盒及励磁引线的状况和配装符合要求。	符合
2.6	机组轴线调整完毕后,机组各部摆度值满足要求。	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T 8564-2003 第9.5.7条	机组轴线调整完毕后,机组各部摆度值满足要求。	符合
2.7	导轴承轴瓦及其受力状况应正	《水轮发电机组安装技术	导轴承轴瓦及其受力	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	常；油密封结构良好；油槽作渗漏试验；其冷却器按要求作水压试验。	规范》GB/T 8564-2003 第 9.5.11 条	状况正常；油密封结构良好；油槽作了渗漏试验；其冷却器按要求作了水压试验。	
2.8	空气冷却器和定子外壳结合面所垫的毛毡或胶皮板条完好；空冷器按要求作耐压试验和严密性检查；堵塞铜管根数不得超限。	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T 8564-2003 第 9.5.13 条	空气冷却器和定子外壳结合面所垫的毛毡或胶皮板条完好；空冷器按要求作了耐压试验和严密性检查；无堵塞铜管。	符合
2.9	发电机的测温装置的安装应满足规定要求。	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T 8564-2003 第 9.5.14 条	各测温设备完整和符合要求；按规定进行定期校验。	符合
2.10	水轮发电机组应按照规定要求进行电气试验。	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T 8564-2003 第 14 节	不存在电气试验漏项、降标或发现的缺陷未能得到及时处理的问题。	符合
3	水轮发电机运行工况			
3.1	每台发电机均应将机组事故和故障信号传至中控室。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 3.2.2 条	发电机控制信号传至中控室。	符合
3.2	监控装置应能对发电机组的启动、并网、有功和无功负荷的调整、停机、调向运行等进行自动控制，在自动控制故障时能切换至手动运行。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 3.2.3 条	监控装置对发电机组实行自动和手动控制运行。	符合
3.3	发电机应装设防飞逸保护装置，装置动作后，应使机组停机。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 3.2.4 条	装有防飞逸装置，其动作能够使机组停机。	符合
3.4	水轮发电机不允许失磁运行。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 3.3.4 条	发电机不失磁运行。	符合
3.5	冷却水系统总供水和各部冷却水管路均应装设控制阀门、过滤器、测量元件，其冷却水压控制范围和冷风、冷却水温度的控制调整原则应在现场运行规程中明确。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 3.4.1 条	各冷却管路装设有阀门、过滤设施和水压、温度等测量仪表；并在安全操作规程中明确冷却水温度控制操作要求。	符合
3.6	发电机应根据制造厂的规定和实际运行经验，确定各部轴瓦报警和停机的温度值，报警时应迅速查明原因并消除。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 3.5.1 条	水轮发电机根据机组起动试验确定有轴瓦温度报警值。	符合
3.7	转子绕组、定子绕组及定子铁芯的最大温度值应在绝缘等级和制造厂所允许的限度内。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 4.1.5 条	转子绕组、定子绕组及定子铁芯的最大温度值在绝缘等级和制造厂允许的限度内。	符合
3.8	发电机连续运行的最高允许电压应遵守制造厂规定，但最高不得大于额定值的 110%。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 4.3.2 条	发电机连续运行电压波动值为额定电压的 ±8% 以内。	符合
3.9	备用中的发电机应进行必要的	《水轮发电机运行规程》	备用发电机有进行维	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	监视和维护，使其经常处于完好状态，随时能立即启动。	DL/T 751-2014 第 5.1.1 条	护保养，能够随时启动。	
3.10	具有多台机组的水电厂，现场应制定机组轮换运行的制度。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 5.1.2 条	水电站机组安全操作规程包含有机组轮换运行管理。	符合
3.11	发电机每次停机后，应检查绕组、轴承冷却供水是否已停止，全部掣动装置均已复归，为下次开机做好准备。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 5.1.13 条	发电机每次停机按规程进行操作。	符合
3.12	发电机停机时，无论采取何种掣动方式应能连续掣动，直到停止运转为止。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 5.1.14 条	发电机停机实行连续掣动。	符合
3.13	发电机及其附属设备，应按现场运行规程的规定，进行定期巡视和检查。	《水轮发电机运行规程》DL/T 751-2014 第 5.2.2 条	电站有定期检查发电机及其附属设备。	符合
3.14	油罐室和油处理室面积、高度和布置位置应根据厂房内或厂房外布置条件、油罐和油净化数量、尺寸、以及消防、通风、要求等因素确定。室内宜留有足够的维护和运行通道。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 3.9.11 条	油系统法兰和管道均做接地处理，满足防静电、消防要求。	符合
4	电气主接线			
4.1	发电机出口处宜装设断路器，但下列回路在发电机出口处应装设断路器；1 扩大单元回路；2 三绕组变压器或自耦变压器回路；3 发电电动机出口回路。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 4.2.6 条	发电机与变压器的组合方式采用扩大单元接线；发电机出口装设发电机断路器。	符合
4.2	气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）配电装置可采用桥型、双桥型、单母线或单母线分段接线；出线回路较多的大型水电厂也可采用双母线接线。GIS 配电装置不设置旁路母线。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 4.2.8 条	110kV 电压侧采用单母线分段接线。	符合
5	厂用电及厂坝区供电			
5.1	水力发电厂厂用工作电源的引接方式及配置应符合下列规定：1 发电机变压器组合方式采用单元接线，装机台数为 2~4 台时，应从 2 台及以上主变压器低压侧引接厂用电工作电源；2 发电机变压器组合方式采用扩大单元接线，扩大单元组数量在 2 组~3 组时，应从 2 组及以上扩大单元引接厂用工作电源；扩大单元组数量在 4 组及以上时，应从 3 组及以上扩大单元引接厂用工作电源。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 4.3.1 条	厂用电工作电源从 3 个扩大单元的发电机电压汇流母线处各引接一路电源经厂用变压器降压后分别接入 3 段 400V 厂用母线。发电机出口装设断路器，全厂停机时可从电力系统倒送厂用电电源。从附近地区变电所引接了 1 回 10kV 线路作为厂用电系统备用电源，同时还配置了 1 台柴油发电机作为厂用电系统应急电源。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

5.2	厂、坝区如用电负荷较大，距离较远时，宜装设单独配电变压器供电。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 4.3.12 条	厂坝区用电从附近地区变电所引接了 1 回 10kV 线路作为厂用电系统备用电源，同时还配置了 1 台柴油发电机作为厂用电系统应急电源。	符合
5.3	事故放油阀应安装在变压器下部，喷油口方向宜朝下。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 4.2.1 条	事故放油阀设置“禁止操作”标志牌，喷油口方向朝下。	符合
5.4	变压器应按相关标准的规定装设保护和测量装置，油浸式变压器本体的安全保护装置、冷却装置、油保护装置、温度测量装置和油箱及附件等应符合 GB/T 6451 的要求。	《电力变压器运行规程》DL/T572-2021 第 4.1.1 条	主变上层油温、下层油温、绕组油温 3 个温度计标明各自具体是那层油温。	符合
6	过电压保护和接地			
6.1	水力发电厂建筑物的直击雷保护可采用避雷针或避雷带，避雷针、避雷带的配置应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB50057 的有关规定。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 4.8.3 条	电站设置了相应的直接雷保护、雷电侵入波过电压保护、工频过电压保护等	符合
6.2	水力发电厂接地设计应保证人员安全和设备安全的原则，控制地电位升高引起的地电位分布及其电位差在安全范围内。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 4.9.1 条	电站接地系统由四个部分组成：泄洪闸接地网、坝前水下接地网、厂房接地网、尾水渠接地网等。测试结果满足设计及规程规范要求。	符合
7	控制保护和通信			
7.1	水电厂控制和保护系统的设计应满足水电厂安全可靠、经济运行的需要，同时也应满足所在电力系统调度自动化、继电保护和自动控制、电能计量以及生产调度管理等方面的要求。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 5.1.1 条	主要电气设备均采用微机型继电保护装置，发电机保护、主变压器保护、110kV 母线保护、110kV 线路保护、110kV 断路器保护、厂用电保护等均采用单套配置。发电机和主变压器保护按照主、后备保护独立配置。电站配置有机组、110kV 线路故障录波装置。安全自动装置主要包括分布式稳定控制装置和失步解列装置。	符合
8	计算机监控系统			
8.1	水力发电厂应设置中央控制室，通过全厂集中监控系统，对全厂的运行及主要机电设备	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 5.2.1 条	计算机监控系统采用开放式分层分布式体系结构。计算机监控	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	实行集中监视控制。		系统采用双星型以太网，双交换机之间采用双光纤环网连接。电站控制方式设置为三级：电网调度控制方式、电站计算机监控系统控制方式、电站现地 LCU 控制方式。电站部署有横向安全隔离装置和纵向加密认证装置等电力系统二次安全防护设备。计算机监控系统实现了全厂集中控制的功能，计算机监控系统运行正常，满足电站生产需要。	
9	技术资料及反措落实			
9.1	设备的检修运行总结、检修记录、缺陷记录、试验报告和事故分析应及时、完整和规范。	国家能源局《水电工程验收管理办法》(2015 年修订版) (国能新能(2015) 426 号)	设备的检修运行总结、检修记录、缺陷记录、试验报告和事故分析及时、完整和规范。	符合
9.2	设备的技术档案(产品技术文件、图纸、安装调试报告、现场运行检修规程、现场检修工艺和设备台账等)应保存齐全，完整。	《水轮发电机组安装技术规范》GB/T 8564-2003 第 3.1 条	设备的技术档案(产品技术文件、图纸、安装调试报告、现场运行检修规程、现场检修工艺和设备台账等)齐全，内容完整、正确、规范。	符合
9.3	电力企业应当根据国家有关规定和标准，制订、完善和落实预防电网大面积停电的安全技术措施、反事故措施和应急预案。	《电力安全生产监督管理办法》国家发展和改革委员会令 21 号第十七条	该水电站反事故措施的落实及时、完整。	符合
10	常规防护安全			
10.1	装有电器的可开启门，门和金属框架的接地端子间应选用截面积不小于 4mm ² 的黄绿色绝缘铜芯软导线连接。	《建筑电气工程施工质量验收规范》(GB50303-2015) 第 5.1.1 条	中控室通风系统控制箱柜门未跨接。	不符合
10.2	电气装置的下列金属部分，均必须接地：5.配电、控制、保护用的屏(柜、箱)及操作台等的金属框架和底座。	《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》(GB50169-2016) 第 3.0.4 条	中控室通风系统控制箱柜体未接地。	不符合
10.3	低压不停电作业时，工作人员应穿绝缘鞋、全棉长袖工作服，戴手套、安全帽和护目眼镜，站在干燥的绝缘物上进行。	《电力安全工作规程电力线路部分》(GB26859-2011) 第 10.4.1 条	大坝配电室未铺设绝缘胶垫。	不符合

5.8.2 存在问题及整改建议

- (1) 中控室通风系统控制箱柜门未跨接。
- (2) 中控室通风系统控制箱柜体未接地。
- (3) 大坝配电室未铺设绝缘胶垫。

5.8.3 评价小结

神树水电站厂房及发电系统单元，共检查 57 项，54 项符合，3 项不符合。神树水电站厂房布置协调合理，主要技术文件、图纸资料较为齐全，设备设施按设计要求进行施工建设。该电站发电机（发电电动机）及其附属设备系统满足安全生产运行的要求，具备安全验收条件。

5.9 升压站单元

5.9.1 升压站安全检查

表 5-9-1 升压站安全检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	变压器除应符合 GB 1094.1 所规定的试验项目外，还应符合 7.3.2~7.3.9 所规定的试验。	《油浸式电力变压器技术参数和要求》GB/T 6451-2021 第 7.3.1 条	按规定进行了各项指标的试验。	符合
2	变压器应有铭牌，并标明运行编号和相位标志。	《电力变压器运行规程》DL/T572-2021 第 4.2.2 条	变压器的冷却装置均安装到位。	符合
3	变压器应有测量顶层油温的温度计。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 4.1.4 条 a)	变压器装有顶层油温温度计。	符合
4	强油循环冷却的变压器应在冷却器进出口分别装设测温装置。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 4.1.4 条 d)	冷却器进出口均装设测温装置。	符合
5	无人值班 20000kVA 及以上的变压器，应装设远方监视运行电流和顶层油温的装置。	《电力变压器运行规程》DL/T572-2021 第 4.1.5 条	发电机配套变压器装设有电流远方监视系统和顶层油温测量计。	符合
6	变压器在运行情况下，应能安全地查看储油柜和套管油位、顶层油温、气体继电器，以及能安全取样等，必要时应装设固定梯子。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 4.2.4 条	变压器装设有固定梯子。	符合
7	安装在地震基本烈度为七度及以上地区的变压器，应考虑采取防震措施。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 4.2.9 条	水电站经复核后确定抗震设防烈度为八度，已按复核要求采取防震措施。	符合
8	在室外变压器围栏入口处，应安装“止步，高压危险”。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 4.2.13	在变压器围栏和爬梯处均悬挂安全警示标志。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	在变压器爬梯处安装“禁止攀登”等安全标志牌。	条		
9	变压器的运行电压一般不应高于该运行分接电压的105%，且不得超过系统最高运行电压。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 5.1.1 条	变压器运行电压未超过运行分接电压和系统最高运行电压。	符合
10	油浸式变压器顶层油温一般不应超过表 1 的规定（制造厂有规定的按制造厂规定）。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 5.1.3 条	变压器顶层油温未超过厂家规定值。	符合
11	变压器三相负载不平衡时，应监视最大一相的电流。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 5.1.5 条	按安全操作规程要求监视最大一相的电流值。	符合
12	安装在发电厂和变电站内的变压器，以及无人值班变电站内有远方监测装置的变压器，应经常监视仪表的指示，及时掌握变压器运行情况。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 6.1.1 条	按安全操作规程要求进行监视和记录。	符合
13	变压器的日常巡视检查，应根据实际情况确定巡视周期。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 6.1.2 条	日常巡视检查根据试运行结果确定了巡视周期。	符合
14	在第 5.1.3 条规定的特殊情况下，应对变压器进行特殊巡视检查。	《电力变压器运行规程》DL/T 572-2021 第 6.1.3 条	在刚投入 72 小时内和雷雨季节有进行特殊巡视检查。	符合
15	110kV 屋外敞开式配电装置不应带电检修。	《3-110kV 高压配电装置设计规范》GB50060-2008 第 2.0.4 条	厂区配电装置检修作业前断开电源。	符合
16	66-110kV 敞开式配电装置，每段母线上应配置接地开关。	《3-110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060-2008 第 2.0.7 条	升压站母线上配置有接地开关。	符合
17	66-110kV 配电装置，凡装有断路器的回路均应配置电流互感器。	《3-110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060-2008 第 2.0.9 条	厂区装有断路器的回路均装设有配套电流互感器。	符合
18	屋内、屋外配电装置的隔离开关与相应的断路器和接地刀闸之间应装设闭锁装置。	《3-110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060-2008 第 2.0.10 条	配电装置的隔离开关与相应的断路器和接地刀闸之间装设有闭锁装置。	符合
19	35kV 及以下电压等级的断路器，宜选用真空断路器或 SF ₆ 断路器；66kV 和 110kV 电压等级的断路器宜选用 SF ₆ 断路器。	《3-110kV 高压配电装置设计规范》GB 50060-2008 第 4.3.2 条	本电站室内 GIS 使用的断路器为 SF ₆ 断路器，设置有 SF ₆ 泄漏报警系统。	符合
20	贮油设施内应铺设卵石层，其厚度不应小于 250mm，卵石直径宜为 50~80mm。	《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB50229-2019 第 6.6.8 条	贮油设施内应铺设卵石层，其厚度 250mm，卵石直径为 50~80mm。	符合
21	变压器事故排油应符合下列要求： 1 设置有带油水分离措施的总事故油池时，位于地	《电力设备典型消防规程》DL5027-2015 第 10.3.7 条	该水电站位于地面之下的变压器对应的总事故油池容量按最大一台主变压器油量的 100% 确	符合

	面之上的变压器对应的总事故油池容量应按最大一台变压器油量的 60% 确定；位于地面之下的变压器对应的总事故油池容量应按最大一台主变压器油量的 100% 确定。 2 事故油坑设有卵石层时，应定期检查和清理，以不被淤泥、灰渣及积土所堵塞。		定。事故油坑设有卵石层，巡查人员定期检查和清理，以不被淤泥、灰渣及积土所堵塞。	
22	变压器防爆筒的出口端应向下，并防止产生阻力，防爆膜宜采用脆性材料。	《电力设备典型消防规程》DL5027-2015 第 10.3.10 条	变压器防爆筒的出口端向下，并防止产生阻力，防爆膜采用脆性材料。	符合

5.9.2 评价小结

该电站主变压器和断路器按照设计和规范要求施工安装，相关施工和运行记录较为齐全，能够满足安全生产运行的要求。

5.10 尾水系统单元

5.10.1 尾水系统综合分析

尾水渠基础座落在原河床沙砾石上，尾水渠靠近主河道布置，且出流与河床主河道基本正交，由于冲击式机组安装高程较高，安装高程高出校核尾水位 3.56m，尾水渠底板高程 2222.50m，尾水渠总长 14m，宽 29.60m，底坡以 0.3% 与原河道相衔接，底板混凝土衬砌厚度为 0.7m，护坦末端设混凝土齿墙，其后用直径大于 250mm 块石回填，以防止冲刷破坏。边墙采用贴坡式浆砌石挡墙，坡比为 1:1。

主厂房设计尾水位 2223.11m (P=0.2%, Q=498.0m³/s)

主厂房校核尾水位 2224.15m (P=0.02%, Q=944m³/s)

三台机满发 2220.39m (Q=15.0m³/s)

主厂房正常尾水位 2220.10m (Q=6.43m³/s)

主厂房内设有控制蝶阀，控制尾水排放，通过尾水渠道进入河道，尾水出流顺畅，尾水渠未淤积。

5.10.2 综合分析结果

综上所述，神树水电站，主厂房内设有控制蝶阀，控制尾水排放，通过尾水渠道进入河道，尾水出流顺畅，尾水渠未淤积，达到设计要求，具备安全设施竣工验收条件。

5.11 厂内外交通工程单元

5.11.1 安全检查表评价

本节主要依据《水电站厂房设计规范》(NB/T35011-2016)、《电力设备典型消防规程》(DL50272015)、《建筑设计防火规范》(GB50016-2014)、《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》(GB4387-2008)中的相关要求等,以及相关行业的安全规定编制检查表,对厂内外交通工程进行检查评价,结果见表 5-11-1。

表 5-11-1 厂内外交通工程安全检查表

序号	检查项目及内容	检查依据	检查情况	结论
1.	<p>厂区内交通应全面规划、统筹安排,在满足机电设备重大件运输和运行人员方便的前提下,还应符合下列规定:</p> <p>1 主厂房安全出口不少于两个,且有 1 个直通室外地面</p> <p>2 主要交通在厂房正常设计洪水标准下应保证畅通;在校核洪水标准下,应保证进出厂人行交通不致阻断。</p> <p>3 进厂交通应延伸至安装间起重机工作范围内,厂前应设有平直段。</p> <p>4、进厂公路平均纵坡度不大于 5.0%,最大纵坡度不应超过 8.0%。</p> <p>5、高尾水位厂房主要交通可采用竖向运输的进厂方式。</p> <p>6、进厂交通穿过泄洪雨雾区的区段应采取防护措施。</p>	《水电站厂房设计规范》(NB/T35011-2016) 3.1.8	<p>主厂房两个安全出口,一个直通室外地面。</p> <p>厂区道路规划合理,满足机电设备重件、大件运输及运行方便的要求;</p> <p>主要交通的洪水标准满足要求;</p> <p>进厂交通延伸至安装间起重机工作范围内,进厂公路前有平直段。</p> <p>不涉及高尾水位厂房,不能涉及穿过泄洪雨雾区的区段。</p>	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

2.	<p>厂内交通包括楼梯、转梯、爬梯、水平通道、廊道、吊物孔等，应便于运行管理、检修和迅速处理故障，并满足消防、通风和安全要求，并应符合下列规定：</p> <p>1 主要通道尺寸、楼梯宽度、坡度、安全出口设置应符合国家现行标准《水电工程设计防火规范》GB 50872 和《水力发电厂机电设计规范》的有关要求。</p> <p>2 发电机层、水轮机层层主要楼层应设置贯穿全厂的水平应通道。</p> <p>3 各层之间应设置竖向交通。发电机层与水轮机层之间每 1 个或 2 个机组宜设一个楼梯，全厂不应少于两个楼梯。</p> <p>4 发电机层孔洞应设盖板，其余部位孔洞及临空面应设栏杆或盖板。</p>	<p>《水电站厂房设计规范》(NB/T35011-2016) 3.2.11</p>	<p>厂内交通满足运行管理、检修和迅速处理故障，并满足消防、通风和安全要求。</p> <p>1 主要通道尺寸、楼梯宽度、坡度、安全出口设置符合标准的要求。</p> <p>2 发电机层及水轮机层设置有贯穿全厂的水平通道。</p> <p>3 各层之间设置有竖向通道。发电机层与水轮机层之间设一个楼梯。</p> <p>4 发电机层孔洞设有盖板，其余部位孔洞及临空面设有栏杆或盖板。</p>	符合
3.	<p>应根据工艺流程、运输量和物料性质，选用适当的运输方式，合理地组织车流、人流，从设计上保证运输、装卸作业的安全</p>	<p>《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》(GB 4387-2008) 第 4.1 条</p>	<p>根据生产实际选择运输方式，合理组织车流、人流，运输、装卸作业安全有保证</p>	符合
4.	<p>厂内道路的平纵断面设计应符合 GBJ 22 的有关规定，并应经常保持路面平整、路基稳固、边坡整齐、排水良好，并应有完好的照明设施</p>	<p>《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》(GB 4387-2008) 第 6.1.1 条</p>	<p>厂内道路设计符合有关规定，道路照明设施完好</p>	符合
5.	<p>厂内道路应根据交通量设置交通标志，其设置、位置、形式、尺寸、图案和颜色等必须符合《道路交通标志和标线》(GB 5768 的规定</p>	<p>《水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》(NB35074-2015) 第 4.6.2 条</p>	<p>进入厂房道路，均设置限速标志、转弯标志和减速带。</p>	符合
6.	<p>厂内道路在弯道的横净距和交叉口的视距三角形范围内，不得有妨碍驾驶员视线的障碍物</p>	<p>《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》(GB 4387-2008) 第 6.1.10 条</p>	<p>现场检查，符合要求</p>	符合
7.	<p>设环形道路有困难时，应设有回车道或回车场。厂内的道路应保持畅通</p>	<p>《电力设备典型消防规程》DL5027-2015 4.0.1.3</p>	<p>厂内的设有环形通路</p>	符合
8.	<p>厂区道路在弯道、交叉路口的横净距的范围内，不得有妨碍驾驶员视线的障碍物</p>	<p>《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》GB4387-2008 第 6.1.10</p>	<p>各路口无妨碍驾驶员视线的障碍物</p>	符合

5.11.2 评价小结

神树电站厂内外交通工程单元依据《水电站厂房设计规范》(NB/T35011-2016)、《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》(GB4387-2008)相关规范、标准的要求,共检查8项,8项均符合要求。

5.12 公用工程单元

5.12.1 公用工程安全检查

表 5-12-1 公用工程全检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
一	消防			
1	厂区内应设置消防车道。消防车应能到达屋外主变压器场、开关站、露天油罐或厂房外地面油罐室,以及地面厂房入口处;对非地面厂房(含地下厂房,坝内厂房)应到达交通洞地面入口处。	《水电工程设计防火规范》GB 50872-2014 第 3.1.2 条	厂区内设置消防车道。	符合
2	给水设施应满足水电厂消防给水要求的水量与水压。	《水电工程设计防火规范》GB 50872-2014 第 11.2.1 条	给水设置应满足水电厂消防给水要求的水量与水压。	符合
3	系统部件的设置设计文件和现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB5-116 的规定。	《火灾自动报警系统施工及验收标准》GB50166-2019 第 6.2.1 条	火灾自动报警系统各个系统部件符合设计规范的要求。	符合
5	消防喷淋系统,湿式报警阀安装要符合规范要求,保证设备正常工作。	《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2017 第 6.2.6 条	发电机消防水喷雾系统,湿式报警阀、设备正常工作。	符合
6	任何单位、个人不得损坏、挪用或者擅自拆除、停用消防设施、器材,不得埋压、圈占、遮挡消火栓或者占用防火间距,不得占用、堵塞、封闭疏散通道、安全出口、消防车通道。人员密集场所的门窗不得设置影响逃生和灭火救援的障碍物。	《中华人民共和国消防法》第二十八条	消防器材配置符合要求,没有损坏、挪用或者擅自拆除、停用消防设施、器材,不得埋压、圈占、遮挡消火栓或者占用防火间距的行为。	符合
7	电缆穿墙、穿楼板的孔洞处,电缆进盘、柜、箱的开孔部位及电缆穿保护管的管口处应实施防火封堵。特殊部位的防火封堵应符合密封及防爆要求。	《电力工程电缆防火封堵施工工艺导则》(DL/T5707-2014) 第 3.0.2 条	中控室通风系统部分盘柜内封堵不严。GIS 室盘柜多处封堵不严。	不符合
8	生产厂房内外的电缆,在进入控制室、电缆夹层、控制柜、开关柜等处的电缆孔洞,必须用防火材料严密封闭。并沿两侧一定长度上涂以防火涂	《电业安全工作规程 第 1 部分 热力和机械》(GB26164.1-2010) 第 3.2.24	15B、16B 变压器下方电缆沟封堵不严,仅一点接地,且接地线未涂漆。	不符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	料或其他阻燃物质。			
9	柴油发电机室、继电保护室防火墙上的防火门应为甲级防火门。	《水电工程设计防火规范》GB 50872-2014 第 5.1.2 条	柴油发电机室、继电保护室隔墙上的防火门为甲级防火门。	符合
10	中央控制室防火墙上的防火门应为甲级防火门。	《水电工程设计防火规范》GB 50872-2014 第 5.1.3 条	中央控制室防火墙上的防火门为甲级防火门。	符合
二	采暖通风			
1	蓄电池室、油罐室、油处理室、六氟化硫全封闭组合电器室，应保持负压通风。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》(GB50706-2011) 第 5.6.4 条	保持负压通风。	符合
2	配电装置室地面应采用不易起尘埃的硬质材料。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB50706-2011 第 5.8.1 条	地面采用防静电地板。	符合
3	机械通风系统进风口宜设置在室外空气比较洁净的地方，并设置在排风口的上风侧。尘埃、风沙严重地区的通风系统进风口，宜设置过滤器。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB50706-2011 第 5.8.2 条	设置有过滤器。	符合
三	压缩空气			
1	压缩空气系统可根据用户重要性、工作压力、用气量和供气质量等要求，采用独立供气系统或综合供气系统。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 3.8.5 条	压缩空气系统采用独立供气系统。	符合
2	油压装置充气用的空气压缩机至少应设 2 台，其中 1 台备用，空气压缩机总生产率宜按全部压缩空气机投入运行，并在 2h-4h 内，将 1 台机组压力油罐内标准空气容积的气压充气至额定工作压力确定。贮气罐的容积应满足压力油罐运行补气的要求。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 3.8.10 条	空气压缩机设 3 台，其中 1 台备用，空气压缩机总生产率宜按全部压缩空气机投入运行，并在 2h-4h 内，将 1 台机组压力油罐内标准空气容积的气压充气至额定工作压力确定。贮气罐的容积满足压力油罐运行补气的要求。	符合
3	空气压缩机宜集中布置在专用房间内，并应根据需要采取减震、隔声措施。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 3.8.12 条	空气压缩机集中布置在专用房间内，根据需要采取减震、隔声措施。	符合
四	给排水			
1	饮用水水源的选择宜远离工程垃圾堆放场、生活污水排放点，并宜布置在其上游侧。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB50706-2011 第 5.10.1 条	饮用水水源的选择远离工程垃圾堆放场、生活污水排放点，布置在其上游侧。	符合

2	水电厂技术供水系统主要给水轮机/水泵水轮机、发电机/发电电动机、水冷变压器和水冷空气压缩机等主、辅设备的冷却和润滑用水。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 3.6.1 条	水电厂技术供水系统主要给水轮机/水泵水轮机、发电机/发电电动机、水冷空气压缩机等主、辅设备的冷却和润滑用水。	符合
3	技术供水系统除主水源外，宜有可靠的备用水源和水路。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 3.6.3 条	技术供水系统除主水源外，有可靠的备用水源。	符合
4	机组检修排水系统和厂内渗漏排水系统应分开设置。并有防止水淹厂房的措施。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 3.7.1 条	排水系统包括机组检修排水和厂内渗漏排水系统。检修排水与渗漏排水分开设置。	符合
5	机组检修排水可采用直接排水和间接排水方式。	《水力发电厂机电设计规范》NB/T 10878-2021 第 3.7.2 条	采用直接排水方式。	符合
6	排水泵、备用泵是否存在缺陷；吸水管道的有无漏水。	《水轮发电机组启动试验规程》DL/T507-2014 第 4.6.3 条	排水泵、备用泵不存在缺陷；吸水管道无漏水。	符合
五	油系统			
1	油库油罐的备用油量是否符合规定要求；储油罐内油质是否符合并定期化验。	《水轮发电机组启动试验规程》DL/T507-2014 第 4.6 条	储油罐内油质符合要求，并定期化验。	符合
2	齿轮油泵供油是否正常，压力滤油机、真空滤油机是否处于正常状态。	《水轮发电机组启动试验规程》DL/T507-2014 第 4.6 条	齿轮油泵供油正常，压力滤油机、真空滤油机处于正常状态。	符合
3	油气水系统各管道设置、着色是否符合要求，有无振动、变形和明显渗漏，各阀门密封是否良好。	《水轮发电机组启动试验规程》DL/T507-2014 第 4.6 条	油气水系统各管道设置、着色符合要求，无振动、变形和明显渗漏，各阀门密封良好。	符合

5.12.2 存在问题及整改建议

- (1) 中控室通风系统部分盘柜内封堵不严；GIS 室盘柜多处封堵不严。
- (2) 15B、16B 变压器下方电缆沟封堵不严，仅一点接地，且接地线未涂漆。

5.12.3 评价小结

神树水电站公用工程单元包括消防系统、采暖通风系统、给排水系统、压缩空气系统、油系统等，共检查 23 项，21 项符合要求，2 项不符合要求。

5.13 安全监测系统单元

5.13.1 安全监测系统安全检查

表 5-13-1 安全监测系统安全检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	应根据厂房等级、型式、结构特性以及地质条件等对厂房建筑物、地基、边坡、围岩等设置必要的安全监测项目，监视其运行状况。	《水电站厂房设计规范》NB/T 35011-2016 第 10.0.1 条	神树水电站工程工程为中型三等工程，枢纽大坝按 2 级建筑物设计，泄洪系统、引水发电洞及发电厂房等主要建筑物按照 3 级建筑物，次要建筑物按 4 级设计，临时建筑物按 5 级设计。因此，本工程原型监测按 2 级建筑物设计。故对枢纽大坝进行安全监测。	符合
2	监测系统应当与大坝主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行和使用。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61 号 第五条	大坝监测系统与主体工程实行“三同时”，并通过大坝安全鉴定。	符合
3	监测系统的施工由大坝主体工程施工单位承担，也可由具有相应资质的施工单位承担。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61 号 第九条	贵阳南明工程监测有限公司承建大坝安全监测工程，负责所有工程安全监测仪器安装、施工和调试任务。	符合
4	首次蓄水前，施工单位应当按设计要求测定监测项目的初始值。并且经过建设单位确认。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61 号 第九条	首次蓄水前按设计要求测定相关项目的初始值。	符合
5	施工单位应当建立施工期大坝安全监测技术档案，并在监测系统竣工验收后及时移交建设单位。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61 号 第九条	施工期大坝安全监测技术档案在竣工验收后移交。	符合
6	监测系统的施工监理应当由具有相应资质的监理单位承担。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61 号 第十条	监理单位具有资质。	符合
7	电力企业应当制定大坝安全监测管理制度和技术规程，建立运行期大坝安全监测技术档案。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61 号 第十三条	水电站建立大坝安全监测技术档案。	符合
8	电力企业应当按照有关要求开展大坝安全监测工作，不得擅自改变监测的项目、测点、频次和期限。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61 号	水电站按照操作规程的规定进行监测。	符合

		第十四条		
9	电力企业应当加强监测系统的日常巡查、年度详查和定期检查，定期对监测仪器设备进行校验，发现问题及时处理。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61号第十八条	水电站按照管理制度规定进行日常巡查和年度检查。	符合
10	电力企业应当开展长系列监测资料的综合分析工作，也可结合大坝安全定期检查或者特种检查开展，监测资料综合分析应当系统分析监测数据和巡视检查情况，结合工程地质条件、环境量和结构特性，对大坝安全性态进行分析。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61号第十九条	水电站开展长系列监测资料的综合分析工作，结合大坝安全定期检查和特种检查开展，监测资料综合分析包括：系统分析监测数据和巡视检查情况，结合工程地质条件、环境量和结构特性，对大坝安全性态进行分析。	符合
11	电力企业应当按照《水电站大坝运行安全信息报送办法》向大坝中心等有关单位报送大坝安全监测信息，并且对报送信息的及时性、准确性、完整性负责。	《水电站大坝安全监测工作管理办法》国能发安全〔2017〕61号第二十条	水电站定期按照《水电站大坝运行安全信息报送办法》向大坝中心等有关单位报送大坝安全监测信息，并且对报送信息的及时性、准确性、完整性负责。	符合

5.13.2 评价小结

神树水电站工程安全监测系统单元，共检查 11 项，11 项均符合要求。

5.14 特种设备和强制检测设备单元

5.14.1 特种设备监督检验情况检查

表 5-14-1 特种设备监督检验情况检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	特种设备生产、经营、使用单位应当遵守本法和其他有关法律、法规，建立、健全特种设备安全和节能责任制度，加强特种设备安全和节能管理，确保特种设备生产、经营、使用安全，符合节能要求。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第 4 号第七条	水电站有特种设备安全生产责任制度和相关管理制度，能够满足安全和节能的相关要求。	符合
2	特种设备生产、经营、使用、检验、检测应当遵守有关特种设备安全技术规范及相关标准。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第 4 号第八条	水电站起重等特种设备按相关规范及标准规定进行使用和年度检验检测。	符合
3	特种设备安全管理人员、检测人员和作业人员应当按照国家有关规定取得相应资格，方可从事相关工作。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第 4 号第十四条	水电站特种设备作业人员均持证上岗。	符合
4	特种设备生产、经营、使用单位	《中华人民共和国特	水电站特种设备按照相	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	对其生产、经营、使用的特种设备应当进行自行检测和维护保养，对国家规定实行检验的特种设备应当及时申报并接受检验。	《特种设备安全法》主席令第4号第十五条	关规定要求进行检验检测合格后使用。	
5	特种设备使用单位应当使用取得许可生产并经检验合格的特种设备。禁止使用国家明令淘汰和已经报废的特种设备。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第4号第三十二条	水电站的特种设备均不属于淘汰和报废类别，并经检验合格后使用。	符合
6	特种设备使用单位应当在特种设备投入使用前或者投入使用后三十日内，向负责特种设备安全监督管理的部门办理使用登记，取得使用登记证书。登记标志应当置于该特种设备的显著位置。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第4号第三十三条	水电站的特种设备投入使用后办理了使用登记。	符合
7	特种设备使用单位应当建立岗位责任、隐患治理、应急救援等安全管理制度，制定操作规程，保证特种设备安全运行。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第4号第三十四条	水电站岗位责任、隐患治理、应急救援等安全管理制度包含特种设备使用。	符合
8	特种设备使用单位应当建立特种设备安全技术档案。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第4号第三十五条	水电站建立有特种设备安全技术档案。	符合
9	特种设备的使用应当具有规定的安全距离、安全防护措施。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第4号第三十七条	水电站的特种设备与相邻建筑物的安全间距符合规程要求。	符合
10	特种设备使用单位应当对其使用的特种设备进行经常性维护保养和定期自行检查，并作出记录。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第4号第三十九条	水电站按照特种设备管理制度规定对特种设备进行维护保养，并记录保养信息。	符合
11	特种设备使用单位应当按照安全技术规范的要求，在检验合格有效期届满前一个月向特种设备检验机构提出定期检验要求。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第4号第四十条	主厂房中行车、压缩空气储罐、油压储罐等特种设备均进行了检测，办理了使用登记证。	符合
12	特种设备出现故障或者发生异常情况，特种设备使用单位应当对其进行全面检查，消除事故隐患，方可继续使用。	《中华人民共和国特种设备安全法》主席令第4号第四十二条	水电站的特种设备目前未见异常故障。	符合
13	特种作业人员均应持证上岗。	《特种设备安全监察条例》(国务院令 第549号)第二十八条	特种作业人员持证上岗。	符合
14	压力容器安全管理检查，至少包括以下内容： (1) 压力容器的安全管理制度是否齐全有效； (2) 压力容器的设计文件、竣工图样、产品合格证、产品质量证明文件安装保养说明、改造修理资料是否有效； (3) 使用登记证、特种设备使用登记表是否与实际相符； (4) 压力容器日常保养记录、	《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016 第7.2.1条	压力容器台账、检验报告、使用登记证齐全，各项检查记录齐全，有应急预案。	符合

	运行记录、定期安全检查记录是否符合要求； (5) 压力容器年度检查资料是否齐全，检查中发现的问题是否解决； (6) 安全附件校验、记录和更换记录是否真实； (7) 是否有压力容器专项应急预案和预案演练记录； (8) 是否对压力容器事故、故障进行记录。			
--	---	--	--	--

5.14.2 强制检测设备设施情况检查

表 5-14-2 强制检测设备设施情况检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	检查结果
1	安全阀的检查主要包括以下内容： (1) 选型是否正确；(2) 是否在校验有效期内使用；(3) 弹簧式安全阀的调整螺钉的铅封装置是否完好；(4) 如果安全阀和排放口之间装设了截止阀，截止阀是否处于全开位置及铅封是否完好；(5) 安全阀是否有泄漏；(6) 放空管是否通畅，防雨帽是否完好。	《固定式压力容器安全技术监察规程》行业标准第 1 号修改单（TSG 21-2016/XG1-2020）第 7.2.3.1.1 条	压力容器装设有安全阀，选型正确，在校验有效期内使用，弹簧式安全阀的调整螺钉的铅封装置完好，截止阀处于全开位置，铅封是完好，安全阀无泄漏，放空管通畅。	符合
2	安全阀一般每年至少校验一次。	《固定式压力容器安全技术监察规程》行业标准第 1 号修改单（TSG 21-2016/XG1-2020）第 7.2.3.3.1 条	每年校验一次，在有效期内。	符合
3	压力表的检查主要包括以下内容： (1) 压力表的选型是否符合要求； (2) 压力表的定期维修维护，检定有效期及封签是否符合要求； (3) 压力表外观、精度等级、量程是否符合要求；(4) 在压力表和压力容器之间装设三通旋塞或者针型阀时，其位置、开启标记及其锁紧装置是否符合要求；(5) 同一系统上各压力表的读数是否一致。	《固定式压力容器安全技术监察规程》行业标准第 1 号修改单（TSG 21-2016/XG1-2020）第 7.2.3.4.1 条	压力表选型符合要求，压力表的定期维修维护，检定有效期及封签符合要求，压力表外观、精度等级、量程符合要求，压力表和压力容器之间装设三通旋塞位置、开启标记及其锁紧装置符合要求，同一系统上各压力表的读数一致。	符合
4	压力表的检定和维护应当符合国家计量部门有关规定，压力表安装前应当进行检定，在刻度盘上应当	《固定式压力容器安全技术监察规程》行业标准第 1 号修改单（TSG	压缩空气储罐设置指示工作压力的红线。	符合

	画出指示工作压力的红线，注明下次检定日期。压力表检定后应加铅封。	21-2016/XG1-2020) 第 9.2.1.2 条		
--	----------------------------------	--------------------------------	--	--

5.14.3 评价小结

按照《中华人民共和国特种设备安全法》、《压力容器定期检验规则》、《固定式压力容器安全技术监察规程》行业标准第 1 号修改单（TSG 21-2016/XG1-2020）、《起重机械安全规程》等法规文件与技术规范对照检查了项目的压缩空气系统、油压系统、启闭机及门式、桥式起重机等特种设备设施的监督检验记录情况，检查 18 项、18 项均符合要求，检查结果基本能够达到法规和技术规范的要求，具备安全验收条件。

5.15 作业环境单元

5.15.1 防潮、防毒

表 5-15-1 防潮、防毒检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	水力发电厂厂房及泵站厂房的水轮机层、水泵层等水下部位，宜采用以排湿为主的通风方式。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706-2011 第5.5.1条	采取了机械送排风措施；建筑物设置有防腐、防潮层，现场检查未发现阴湿现象。	符合
2	顶部或侧墙可能产生渗漏的工作场所和设备房间，应采取相应的排水、防湿措施。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706-2011 第 5.5.2条	建筑物可能发生渗漏的地方均做防水处理，检查未见渗漏现象。	符合
3	水电站、泵站潮湿且布置有电气设备的部位，应采取防水防潮工程措施，必要时配备除湿器。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706-2011 第 5.5.3条	水电站地下厂房、泵站等潮湿场所均安装有排送风机和除湿器。	符合
4	事故排烟设施的设置及要求，应符合现行行业标准《水力发电厂供暖通风与空气调节设计规范》NB/T 35040-2014的有关规定。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706-2011 第5.6.9条	事故排烟设施按照标准要求布置和运行。	符合

5.15.2 防噪声、防振动

表 5-15-2 防噪声、防振动检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	水利水电工程各类工作场所的噪声限值，应符合表 5.1.1 的规定。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706-2011第5.1.1条	水电站建设按照设计要求选用设备和进行站内布置。	符合
2	发电机层、柴油发电机房、空压机室、高压风机室等场所，需设置运行值班室，应设隔声值班室。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706-2011第5.1.2条	高噪声场所值班室墙均为隔声。	符合

3	噪声水平超过 85dB, 而运行中只需短时巡视的局部场所, 运行巡视人员可使用临时隔声防护用具。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB 50706-2011第5.1.3条	水电站为员工配备有隔声防护耳塞。	符合
4	水轮发电机组的盖板、进人门宜采取减振、隔声措施。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB 50706-2011第5.1.4条	有采取减振、隔声措施。	符合
5	柴油发电机组、空压机、高压风机应布置在单独房间内, 必要时应设置减振、消声设施。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB 50706-2011第5.1.5条	柴油发电机组、空压机、高压风机均为单独房间布置, 有采取减振、隔声措施。	符合
6	中央控制室不宜布置在机组段的尾水平台上。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》 GB 50706-2011第5.1.6条	中央控制室布置在机组发电层, 不在尾水平台上。	符合

5.15.3 采光、照明

表 5-15-3 采光、照明检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	采光设计应充分利用天然采光, 照明设计及各类工作场所最低照度标准, 应符合现行行业标准《水力发电厂照明设计规范》DL/T 5140 的有关规定。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706-2011 第 5.3.1 条	电站各工作场所均采用电气照明, 满足最低照度标准要求。	符合
2	正常照明熄灭后, 下列场所应设置应急照明: 1 需继续确保工作正常进行的场所; 2 需确保处在潜在危险中人员安全的场所; 3 需确保人员安全疏散的出口和通道; 4 应急照明应选用快速点燃的光源。	《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》GB 50706-2011 第 5.3.2 条	以上场所均设置有应急事故照明; 电站均采购符合规范要求应急事故照明设备。	符合

5.15.4 其他有害因素

表 5-15-4 劳动防护用品安全检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	用人单位应当在可能发生急性职业损伤的有毒、有害工作场所配备应急劳动防护用品, 放置于现场临近位置并有醒目标识。用人单位应当为巡检等流动性作业的劳动者配备随身携带的个人应急防护用品。	《用人单位劳动防护用品管理规范》(2018年修订) 第十四条	按标准和实际需要为员工配备劳动防护用品。	符合
2	第六条 用人单位应当安排专项经费用于配备劳动防护用品, 不得以货币或者其他物品替代。该项经费计入生产成本, 据实列支。	《用人单位劳动防护用品管理规范》(2018年修订) 第六条	劳动防护用品购买费用计入安全生产投入经费。	符合

3	用人单位应当为劳动者提供符合国家标准或者行业标准的劳动防护用品。使用进口的劳动防护用品，其防护性能不得低于我国相关标准。	《用人单位劳动防护用品管理规范》（2018年修订）第七条	劳动防护用品均按出厂技术说明进行报废和回收。	符合
4	用人单位应当健全管理制度，加强劳动防护用品配备、发放、使用等管理工作。	《用人单位劳动防护用品管理规范》（2018年修订）第五条	水电站建立有劳动防护用品管理制度。	符合
5	劳动者在作业过程中，应当按照规章制度和劳动防护用品使用规则，正确佩戴和使用劳动防护用品。	《用人单位劳动防护用品管理规范》（2018年修订）第八条	员工均按规程穿戴劳动防护用品，电站安全管理人员平常按制度进行监管。	符合

5.15.5 评价小结

- (1) 该水电站防潮、防毒措施满足安全要求；
- (2) 该水电站防噪声、防振动措施满足安全要求；
- (3) 该水电站采光、照明安全措施满足安全要求；
- (4) 该水电站工作服符合工种特点要求，作业人员基本上能按规定正确使用劳动保护用品。符合安全要求。

5.16 安全投资单元

5.16.1 安全投资概算和安全实际投资

建筑工程费仅计入安全标志、安全盖板的材料费和安装费。设备及安装工程费包括设备费和安装费。独立费用包括安全评价、咨询、验收和培训等费用。

神树水电站工程实际安全专项投资情况见表 5-16-1，神树水电站专项投资概算情况见表 5-16-2。

表 5-16-1 实际安全专项投资一览表

序号	项目	投资（万元）
1	厂房基坑、隧洞洞脸等高边坡处理	1200
2	防滑坡、泥石流等地质灾害	
3	防汛、渡汛	
4	库区岸塌	
5	防火、防爆、防电气伤害	
6	防机械伤害，防坠落伤害	
7	防洪、防淹没浸没	
8	温度及湿度控制，采光照明	
9	事故疏散	
10	防尘、防污、防腐蚀、防毒、防潮、防电磁幅射	

11	防噪声及振动专项工程	25
12	声级计、温度计、照度计、震动测量仪、电磁场测量仪、SF ₆ 监测仪、微波漏能仪等监测设备及定期校验，检测设备及日常维护，电视机、录放机、音响、VCD等安全宣传设备，全站仪。	40
13	岸坡治理增加费，以及防坠落、机械伤害，厂区交通、厂区排水、厂区照明等措施完善费用	15
14	安全标志	10
15	职工安全教育和培训	10
16	职业健康安全管理体系（OSHMS）认证	15
17	安全预评价报告编制费及安全验收评价报告编制费	40
18	安全竣工验收检测检验费	10
19	不可预见的安全与卫生技术措施费	15
	合计	1380

表 5-16-2 安全专项投资概算一览表

序号	项目	投资（万元）
1	建筑工程（包括：工程防护设施、安全防护设施等）	654.00
2	设备及安装工程	458.39
3	反恐防范工程	75.5
4	独立费用	82
	合计	1269.89

5.16.2 评价小结

本项目总投资为 69992.98 万元。参照《关于发布水电工程安全监测系统专项投资编制细则（试行）的通知》（水电规造价〔2005〕0010 号）第四十一条规定，工程安全监测系统专项投资按主体建设工程的百分率进行估算，取费费率为 1%~2.5%，本项目安全专项总投资宜 699~1749 万元。本工程企业安全投入概算为 1269.89 万元，安全实际投入费用 1380 万元，达到了规定要求。

5.17 安全管理单元

5.17.1 安全生产管理组织机构及工作情况

表 5-17-1 安全生产管理组织机构及工作情况检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	矿山、金属冶炼、建筑施工、运输单位和危险物品的生产、经营、储存、装卸单位，应当设置安全生产管理机构或者配备专	《中华人民共和国安全生产法》（主席令〔2002〕	神树水电站属于甘肃电投大容电力有限责任公司神树发	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	<p>职安全生产管理人员。</p> <p>前款规定以外的其他生产经营单位，从业人员超过一百人的，应当设置安全生产管理机构或者配备专职安全生产管理人员；从业人员在一百人以下的，应当配备专职或者兼职的安全生产管理人员。</p>	<p>第70号，主席令（2021）第88号修正）第二十四条</p>	<p>电分公司下属的水电站，定员员工共36人，设置经理1名，主管安全副经理1名，设置有发电运行部、设备保障部、水工运维部、综合事务部等4个部门，配置1名专职安全管理人员。</p>	
2	<p>生产经营单位的安全生产管理机构以及安全生产管理人员履行下列职责：</p> <p>（一）组织或者参与拟订本单位安全生产规章制度、操作规程和生产安全事故应急救援预案；</p> <p>（二）组织或者参与本单位安全生产教育和培训，如实记录安全生产教育和培训情况；</p> <p>（三）组织开展危险源辨识和评估，督促落实本单位重大危险源的安全管理措施；</p> <p>（四）组织或者参与本单位应急救援演练；</p> <p>（五）检查本单位的安全生产状况，及时排查生产安全事故隐患，提出改进安全生产管理的建议；</p> <p>（六）制止和纠正违章指挥、强令冒险作业、违反操作规程的行为；</p> <p>（七）督促落实本单位安全生产整改措施。</p> <p>生产经营单位可以设置专职安全生产分管负责人，协助本单位主要负责人履行安全生产管理职责。</p>	<p>《中华人民共和国安全生产法》（主席令〔2002〕第70号，主席令〔2021〕第88号修正）第二十五条</p>	<p>水电站安全生产管理人员按照相关法律法规标准和企业规定进行安全管理。</p>	符合
3	<p>生产经营单位的主要负责人和安全生产管理人员必须具备与本单位所从事的生产经营活动相应的安全生产知识和管理能力。危险物品的生产、经营、储存、装卸单位以及矿山、金属冶炼、建筑施工、运输单位的主要负责人和安全生产管理人员，应当由主管的负有安全生产监督管理职责的部门对其安全生产知识和管理能力考核合格。考核不得收费。</p>	<p>《中华人民共和国安全生产法》（主席令〔2002〕第70号，主席令〔2021〕第88号修正）第二十七条</p>	<p>电站主要负责人和安全生产管理人员均取得安全生产管理资格证书。</p>	符合

5.17.2 安全生产管理制度

表 5-17-2 安全生产管理制度检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	<p>生产经营单位的全员安全生产责任制应当明确各岗位的责任人员、责任范围和考核标准等内容。</p>	<p>《中华人民共和国安全生产法》（主席令</p>	<p>水电站根据法律、法规等要求建立有相关安全生产责任制度和安全生产规章</p>	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	生产经营单位应当建立相应的机制，加强对全员安全生产责任制落实情况的监督考核，保证全员安全生产责任制的落实。	（2002）第70号，主席令（2021）第88号修正)第二十二条	制度。	
2	生产经营单位的主要负责人对本单位安全生产工作负有下列职责： （一）建立健全并落实本单位全员安全生产责任制，加强安全生产标准化建设； （二）组织制定并实施本单位安全生产规章制度和操作规程； （三）组织制定并实施本单位安全生产教育和培训计划； （四）保证本单位安全生产投入的有效实施； （五）组织建立并落实安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防工作机制，督促、检查本单位的安全生产工作，及时消除生产安全事故隐患； （六）组织制定并实施本单位的生产安全事故应急救援预案； （七）及时、如实报告生产安全事故。	《中华人民共和国安全生产法》（主席令（2002）第70号，主席令（2021）第88号修正)第二十一条	水电站主要负责人按规定实施安全生产管理。	符合
3	生产经营单位的全员安全生产责任制应当明确各岗位的责任人员、责任范围和考核标准等内容。 生产经营单位应当建立相应的机制，加强对全员安全生产责任制落实情况的监督考核，保证全员安全生产责任制的落实。	《中华人民共和国安全生产法》（主席令（2002）第70号，主席令（2021）第88号修正)第二十二条	水电站安全生产责任制明确各岗位的责任人员、责任范围和考核标准等内容。	符合
4	生产经营单位应当教育和督促从业人员严格执行本单位的安全生产规章制度和安全操作规程；并向从业人员如实告知作业场所和工作岗位存在的危险因素、防范措施以及事故应急措施。	《中华人民共和国安全生产法》（主席令（2002）第70号，主席令（2021）第88号修正)第四十四条	水电站对安全生产规章制度和安全操作规程落实情况进行考核，各作业均有进行危险防范等安全知识教育培训。	符合
5	应建立健全各项消防安全制度和保障消防安全的操作规程，并公布执行。单位消防安全制度主要包括以下内容：消防安全教育、培训；防火巡查、检查；安全疏散设施管理；消防(控制室)值班；消防设施、器材维护管理，火灾隐患整改；用火、用电安全管理；易燃易爆危险物品和场所防火防爆；专职和义务消防队的组织管理；灭火和应急疏散预案演练；电气设备的检	《机关、团体、企业、事业单位消防安全管理规定》（公安部令第61号）第十八条	建立健全各项消防安全制度和保障消防安全的操作规程，并公布执行。单位消防安全制度主要包括以下内容：消防安全教育、培训；防火巡查、检查；安全疏散设施管理；消防(控制室)值班；消防设施、器材维护管理，火灾隐患整改；用火、用电安全管	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	查和管理(包括防雷、防静电); 消防安全工作考评和奖惩; 其他必要的消防安全内容。建议完善结合电站实际情况完善以上制度。		理; 易燃易爆危险物品和场所防火防爆; 专职和义务消防队的组织管理; 灭火和应急疏散预案演练; 电气设备的检查和管理(包括防雷、防静电); 消防安全工作考评和奖惩; 其他必要的消防安全内容。	
6	生产经营单位应当建立安全风险分级管控制度, 按照安全风险分级采取相应的管控措施。生产经营单位应当建立健全并落实生产安全事故隐患排查治理制度, 采取技术、管理措施, 及时发现并消除事故隐患。事故隐患排查治理情况应当如实记录, 并通过职工大会或者职工代表大会、信息公示栏等方式向从业人员通报。其中, 重大事故隐患排查治理情况应当及时向负有安全生产监督管理职责的部门和职工大会或者职工代表大会报告。	《中华人民共和国安全生产法》(主席令(2002)第70号, 主席令(2021)第88号修正)第四十一条	水电站建立健全生产安全事故隐患排查治理制度, 采取技术、管理措施, 及时发现并消除事故隐患。事故隐患排查治理情况应当如实记录, 并向从业人员通报。	符合

5.17.3 事故应急救援管理

表 5-17-3 事故应急救援管理检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	生产经营单位应当制定本单位生产安全事故应急救援预案, 与所在地县级以上地方人民政府组织制定的生产安全事故应急救援预案相衔接, 并定期组织演练。	《中华人民共和国安全生产法》(主席令(2002)第70号, 主席令(2021)第88号修正)第八十一条	水电站制定了本单位生产安全事故应急救援预案, 与所在地县级以上地方人民政府组织制定的生产安全事故应急救援预案相衔接, 并定期组织演练。	符合
2	按照《电力设施治安风险等级和 安全 防范 要求》(GA1089-2013)的规定, 设置门岗、技防设施、反恐工器具等; 工程应在各主要出入口、集控室、重要的电子设备间、发电机层、水轮机层、门机、大坝区等重要区域设置视频监控系统, 主机应接入主控室; 3) 根据《电力行业反恐怖防范标准(试行)(水电工程部分)》(国家电力监管委员会、国家反恐怖工作协调小组办公室)。的规定, 运营单位应成立反恐怖防范工作领导小组、安全保卫部门, 建立反恐管理制度和措施, 建立应急预	《电力设施治安风险等级和 安全 防范 要求》(GA1089-2013)、《电力行业反恐怖防范标准(试行)(水电工程部分)》(国家电力监管委员会、国家反恐怖工作协调小组办公室)	水电站主厂房设置门岗、围墙、技防设施、反恐工器具、成立反恐怖防范工作领导小组。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	案并每年至少演练一次。应明确防恐的禁区、监视区及防护区，并按照 GA1089-2013 和电力行业反恐怖防范标准的规定明确防恐的人防、物防、技防配置。			
3	生产经营单位的应急预案体系主要由综合应急预案、专项应急预案、和现场处置方案构成。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T 29639-2020第5.1条	该电站安全生产应急预案由综合应急预案、专项应急预案、和现场处置方案构成。	符合
4	根据生产经营单位监测监控系统数据变化状况、事故险情紧急程度和发展势态或有关部门提供的预警信息进行预警，明确预警的条件、方式、方法和信息发布的程序。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T 29639-2020 第 6.4.1 条	该电站安全生产应急预案明确了预警的条件、方式、方法和信息发布的程序。	符合
3	针对可能发生的事故风险、事故危害程度和影响范围，制定相应的应急处理措施，明确处置原则和具体要求。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T 29639-2020 第 6.5.3 条	该水电站安全生产应急预案针对不同的事故制定有应急处理措施，明确处置原则和具体要求。	符合
4	明确对生产经营单位人员开展的应急预案培训计划、方式和要求，使有关人员了解相关应急预案内容、熟悉应急职责、应急程序和现场处置方案。	《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》GB/T 29639-2020 第 6.9.1 条	该电站制定有应急救援预案培训计划，并按计划组织员工培训学习。	符合
5	电力企业应急预案体系主要由综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案构成。	《电力企业应急预案管理办法》(国能安全〔2014〕508号) 第七条	该水电站应急预案主要由综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案构成。	符合
6	电力企业应针对本单位可能发生的自然灾害类、事故灾难类、公共卫生时间类和社会安全事件类等各类突发事件，组织编制相应的专项应急预案。	《电力企业应急预案管理办法》(国能安全〔2014〕508号) 第九条	该水电站专项应急预案齐全，包括：自然灾害类、事故灾难类、公共卫生时间类和社会安全事件类等专项应急预案。	符合
7	电力企业应按照规定将应急预案报国家能源局或派出机构备案。	《电力企业应急预案管理办法》(国能安全〔2014〕508号) 第二十条	应急预案正在在甘肃能监办备案。	符合

5.17.4 安全生产教育及特种作业人员培训

表 5-17-4 安全生产教育及特种作业人员培训检查表

序号	检查项目和内容	检查依据	检查情况记录	结论
1	生产经营单位应当对从业人员进行安全生产教育和培训，保证从业人员具备必要的安全生产知识，熟悉有关的安全生产规章制度和安全操作规程，掌握本岗位的安全操作技能，了解事故应急	《中华人民共和国安全生产法》(主席令〔2002〕第70号，主席令〔2021〕第88号修正)第二十八条	该电站主要负责人组织制定了安全生产教育培训计划。	符合

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	处理措施，知悉自身在安全生产方面的权利和义务。未经安全生产教育和培训合格的从业人员，不得上岗作业。			
2	生产经营单位应当建立安全生产教育和培训档案，如实记录安全生产教育和培训的时间、内容、参加人员以及考核结果等情况。	《中华人民共和国安全生产法》（主席令〔2002〕第70号，主席令〔2021〕第88号修正）第二十八条	专职安全管理人员负责组织并记录安全生产教育培训情况。	符合
3	生产经营单位主要负责人和安全生产管理人员应当接受安全培训，具备与所从事的生产经营活动相适应的安全生产知识和管理能力。	《生产经营单位安全培训规定》（国家安监总局令第3号，总局80号令修订）第六条	该电站主要负责人和安全生产管理人员有经过安全生产教育培训，并考核合格取证。	符合
4	生产经营单位主要负责人和安全生产管理人员初次安全培训时间不得少于32学时。每年再培训时间不得少于12学时。	《生产经营单位安全培训规定》（国家安监总局令第3号，总局80号令修订）第九条	按规定参加当地安监部门组织的安全培训。	符合
5	厂(矿)级岗前安全培训内容应当包括： (一)本单位安全生产情况及安全生产基本知识； (二)本单位安全生产规章制度和劳动纪律； (三)从业人员安全生产权利和义务； (四)有关事故案例等。 煤矿、非煤矿山、危险化学品、烟花爆竹、金属冶炼等生产经营单位厂(矿)级安全培训除包括上述内容外，应当增加事故应急救援、事故应急预案演练及防范措施等内容。	《生产经营单位安全培训规定》（国家安监总局令第3号，总局80号令修订）第十四条	该电站有对员工实行“三级”安全教育培训，培训本单位安全生产情况及安全生产基本知识；本单位安全生产规章制度和劳动纪律；从业人员安全生产权利和义务；有关事故案例等。	符合
6	生产经营单位新上岗的从业人员，岗前培训时间不得少于24学时。	《生产经营单位安全培训规定》（国家安监总局令第3号，总局80号令修订）第十三条	新员工岗前培训为24学时。	符合
7	从业人员在本生产经营单位内调整工作岗位或离岗一年以上重新上岗时，应当重新接受车间（工段、区、队）和班组级的安全培训。	《生产经营单位安全培训规定》（国家安监总局令第3号，总局80号令修订）第十七条	离岗员工重新进行接收部门和班组安全教育合格后复岗。	符合
8	生产经营单位的特种作业人员，必须按照国家有关法律、法规的规定接受专门的安全培训，经考核合格，取得特种作业操作资格证书后，方可上岗作业。	《生产经营单位安全培训规定》（国家安监总局令第3号，总局80号令修订）第十八条	该电站特种设备作业人员均参加相关部门职业资格认定合格后上岗。	符合
9	应设置安全卫生监测站，并配置声级计、温度计、湿度计、照度计、振动测量仪等监测仪器设备。	《水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》（NB35074-2015）第9.2.1条	该水电站配置声级计、温度计、湿度计、照度计、振动测量仪等监测仪器设备。	符合

10	生产经营单位应当在有较大危险因素的生产经营场所和有关设施、设备上，设置明显的安全警示标志。	《中华人民共和国安全生产法》（国家主席令[2021]第 88 号）第三十五条	现场重点防火部位（中控室、高低压配电室、通讯室、升压站等）仅设置安全责任牌，未设重点防火部位标识牌。	不符合
11	在紧急出口和逃生通道以及紧急避难场所应设置明显标志。紧急逃生疏散路线图。便于紧急情况下指示逃生使用。	《发电企业应急能力建设评估规范》（DL/T1919-2018）附录 A 1.4.4 条	现场整体缺少应急疏散图，未设置应急疏散集合点；通道未标记应急疏散方向指示标识。	不符合
12	应根据生产场所、设备、设施可能产生的危险、有害因素的不同，分别设置明显的安全警示标志。	《电业安全工作规程第 1 部分：热力和机械》（GB26164.1-2010）第 3.2.30 条	升压站多处标识标志褪色严重（安全警示、相标等）；两座事故油池井盖无任何标识。	不符合
13	护笼宜采用倒形结构，应包括一组水平笼箍和至少 5 根立杆。其他等效结构也可采用。	《固定式钢梯及平台安全要求 第 1 部分：钢直梯》（GB4053.1-2009）第 5.7 条	室内钢直梯护笼立杆仅 1 根，存在安全隐患。	不符合

5.17.5 安全标志

表 5-17-5 安全标志设置场所及类型

标志名称	安全色	设置场所	设置标志内容	结论		
禁止标志	红色	1. 闸门门槽（门库）防护栏杆 2. 泄水（进水口）等建筑物的掺气孔、通气孔设置的防护栏杆	禁止跨越	符合		
		3. 活动式交通桥当其移开后形成的交通通道开口处	交通桥提起时禁止通行	符合		
		4. 电缆廊道入口处，油系统房间进入处	禁止烟火	符合		
		5. 泄洪雾化区域内的交通通道（廊道）出入口	泄洪时禁止通行	符合		
警告标志	黄色	1. 电气设备的防护围栏	当心触电	符合		
		2. 温升超过 65K 的设备外壳或构架	当心高温伤人	符合		
		3 集水井、吊物孔周围的防护栏杆 4 进、出桥机轨道梁的门洞处 5 超过 2.0m 的钢直梯上端	当心坠落	符合		
		6. 机修间、修配厂车间入口处	当心机械伤人	符合		
		7. 超过 55° 的钢斜梯	当心滑跌	符合		
		8. 主要交通道口	当心车辆	符合		
		指令标志	蓝色	1 水轮机水车室入口	带护耳器	符合

		2 发电机风洞进人处 3 高压空压机室		
提示标志	绿色	1.消防设施	消火栓	符合
			灭火器	符合
			消防水带	符合
		2.安全疏散通道	安全通道	符合

5.17.6 存在问题及整改建议

(1) 现场重点防火部位（中控室、高低压配电室、通讯室、升压站等）仅设置安全责任牌，未设重点防火部位标识牌。

(2) 现场整体缺少应急疏散图，未设置应急疏散集合点；通道未标记应急疏散方向指示标识。

(3) 升压站多处标识标志褪色严重（安全警示、相标等）；两座事故油池井盖无任何标识。

(4) 室内钢直梯护笼立杆仅 1 根，存在安全隐患。

5.17.7 评价小结

该公司有安全生产管理共检查 30 项， 26 项符合要求， 4 项不符合要求。

6 安全风险管控措施建议

6.1 安全风险管控措施建议的依据、原则

6.1.1 安全风险管控措施建议的依据

本次安全验收评价安全对策措施建议的依据主要有国家现行的法律、行政法规（包括地方的）、部门规章规范、国家标准以及安全生产、水电等行业标准和规定。

6.1.2 安全风险管控措施建议的原则

(1) 当安全对策措施建议与经济效益发生矛盾时，应优先考虑安全对策措施建议的要求；

(2) 确定安全对策措施建议等级顺序要求的具体原则为：消除、预防、减弱、隔离、联锁、警告；

(3) 安全对策措施建议应具有针对性、可操作性和经济合理性；

(4) 安全对策措施建议应符合国家有关法律、法规、标准、规范和行业标准的要求。

6.2 存在问题及整改措施

6.2.1 存在的问题及整改建议

表 6-1 存在的问题与整改建议

序号	存在问题	依据	整改建议	备注
一	厂房及发电系统单元			
1	中控室通风系统控制箱柜门未跨接。	《建筑电气工程施工质量验收规范》(GB50303-2015)第 5.1.1 条	装有电器的可开启门，门和金属框架的接地端子间应选用截面积不小于 4mm ² 的黄绿色绝缘铜芯软导线连接。	
2	中控室通风系统控制箱柜体未接地。	《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》(GB50169-2016)第 3.0.4 条	电气装置的下列金属部分，均必须接地：5. 配电、控制、保护用的屏（柜、箱）及操作台等的金属框架和底座。	
3	大坝配电室未铺设绝缘胶垫。	《电力安全工作规程电力线路部分》(GB26859-2011)第 10.4.1 条	配电室配电柜前铺设绝缘胶垫。	
二	公用工程单元			
1	中控室通风系统部分盘柜内封堵不严。GIS 室盘柜多处封堵不严。	《电力工程电缆防火封堵施工工艺导则》(DL/T5707-2014)第 3.0.2 条	电缆穿墙、穿楼板的孔洞处，电缆进盘、柜、箱的开孔部位及电缆穿保护管的管口处应实施防火封堵。特殊部位的防火封堵应符合密封及防爆要求。	
2	15B、16B 变压器下方	《电业安全工作规程	生产厂房内外的电缆，在进入控	

甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全验收评价报告

	电缆沟封堵不严，仅一点接地，且接地线未涂漆。	第 1 部分 热力和机械》(GB26164.1-2010) 第 3.2.24	制室、电缆夹层、控制柜、开关柜等处的电缆孔洞，必须用防火材料严密封闭。并沿两侧一定长度上涂以防火涂料或其他阻燃物质。	
三	引水系统单元			
1	进水口闸门启闭机控制室内有油污。	《用电安全导则》GB/T13869-2017 5.1.1 条	一般条件下，用电产品的周围应留有足够的安全通道和工作空间，且不应堆放易燃，易爆和腐蚀性物品。	
2	进水口闸门启闭机控制室室内盘柜名称标识不规范。	《安全标志及使用导则》(GB2894-2008)	标志牌应设在与安全有关的醒目地方，并使大家看见后，有足够的时间来注意它所表示的内容。环境信息标志宜设在有关场所的人口处和醒目处；局部信息标志应设在所涉及的相应危险地点或设备(部件)附近的醒目处。	
四	安全管理单元			
1	现场重点防火部位(中控室、高低压配电室、通讯室、升压站等)仅设置安全责任牌，未设重点防火部位标识牌。	《中华人民共和国安全生产法》(国家主席令[2021]第 88 号)第三十五条	生产经营单位应当在有较大危险因素的生产经营场所和有关设施、设备上，设置明显的安全警示标志。	
2	现场整体缺少应急疏散图，未设置应急疏散集合点；通道未标记应急疏散方向指示标识。	《发电企业应急能力建设评估规范》(DL/T1919-2018) 附录 A 1.4.4 条	在紧急出口和逃生通道以及紧急避难场所应设置明显标志。紧急逃生疏散路线图。便于紧急情况下指示逃生使用。	
3	升压站多处标识标志褪色严重(安全警示、相标等)；两座事故油池井盖无任何标识。	《电业安全工作规程第 1 部分：热力和机械》(GB26164.1-2010) 第 3.2.30 条	应根据生产场所、设备、设施可能产生的危险、有害因素的不同，分别设置明显的安全警示标志。	
4	室内钢直梯护笼立杆仅 1 根，存在安全隐患。	《固定式钢梯及平台安全要求 第 1 部分：钢直梯》(GB4053.1-2009) 第 5.7 条	护笼宜采用倒形结构，应包括一组水平笼箍和至少 5 根立杆。其他等效结构也可采用。	
五	其他问题			
1	大坝坝顶有公路通过。	《水库大坝安全管理条例》(2018 年修正版)(国务院令 第 77 号，国务院令 第 698 号修正) 第十六条	大坝坝顶确需兼做公路的，须经科学论证和县级以上地方人民政府大坝主管部门批准，并采取相应的安全维护措施。	具体整改见附件 27

6.2.2 整改评价

安全验收评价现场查评共发现问题 12 条，截止目前完成整改 12 条，整改完成率 100%，具体见报告附件 28 存在问题整改反馈。

7 安全验收评价结论

7.1 工程运行中存在的主要危险、有害因素

(1) 评价组通过对本项目的危险、有害因素的辨识分析，确定出该电站可能存在的主要危险、有害因素有：地震、坍塌、泥沙淤积、淹溺、洪水、冰凌、渗漏、坝体失事、洞室围岩失稳、压力管道失事、冻融冻胀、水淹厂房、坍塌（边坡失稳）、金属结构设备缺陷、特种设备故障、高处坠落、电缆火灾、变压器和互感器爆炸、油系统火灾、变配电火灾、水轮机气蚀、水轮机泥沙磨损、机组振动、水轮机水导轴瓦烧瓦、发电机火灾、变压器火灾爆炸、起重伤害、触电、静电、雷击、机械伤害、物体打击、车辆伤害、安全标志缺陷、监测系统失效等危险因素。水库渗漏等是本电站应重点防范的主要危险、有害因素。

(2) 根据《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018) 辨识，本工程不构成危险化学品重大危险源。

(3) 投产后应重点防范的重大事故有：不良地质条件、主要建筑物（大坝、闸门、进水口、引水隧洞、压力管道）事故、主要机电设备及其系统缺陷事故、金属结构设备缺陷事故、特种设备缺陷事故、安全监测系统缺陷事故、水淹厂房事故、淹溺事故、电气伤害事故等，应采取相应的安全对策措施，降低事故风险。

7.2 合规性评价的综合结果

根据国家有关法律、法规、标准、规定，在认真复核该项目建设过程中取得的有关政府批复文件及与相关单位的支持性文件的基础上，本报告主要采用安全检查表法对神树水电站项目的法律、法规符合性、安全预评价和安全设计变更符合性、工程选址及枢纽总布置、挡水建筑物、引水系统、厂房及发电系统、厂内外交通工程、公用工程、安全监测系统、特种设备和强制检测设备、作业环境、安全管理、安全投资等进行检查评价，得出以下结论：

(1) 神树水电站项目的生产作业场所、工艺、设备和安全设施按照国家有关安全生产法律法规、标准和规范要求设计、施工，总平面布置合理，并设置了防地震、不良地质条件（崩塌、滑坡、泥石流）、大坝破坏、金属结构设备缺陷、特种设备缺陷、安全监测系统缺陷、水淹厂房、电气伤害、火灾和爆炸、高处坠落、水库渗漏等事故预防监控措施。

(2) 项目所使用的特种设备经武威市市场监督管理局特种设备安全监察科进行现场检

验，并出具了检验合格报告。

(3) 该公司已按国家规定建立健全了安全生产管理网络，建立了公司、车间、班组三级安全生产责任制，制定了各项安全管理制度和事故应急预案，公司设有安全生产管理机构，配备了专职安全管理人员，综合安全管理符合有关规定要求。工程试运行以来，设备运行状况良好，未发生重大设备事故，未发生人员伤亡事故。

(4) 该公司主要负责人和安全管理人員经有关安全生产管理部门培训合格，并持证上岗，特种作业人员经有关业务主管部门考核合格，并取得了相关特种作业人操作资格证书。从业人员经安全生产教育和培训合格。

(5) 该公司依法参加了工伤保险，为从业人员按时足额缴纳了保险费。

(6) 该公司采取了控制职业危害的防治措施，并为从业人员配备了符合国家标准和行业标准的劳动防护用品。

(7) 该公司根据评价组现场检查提出的存在问题和安全整改建议，完成了全部问题的整改。

7.3 评价结论

综上所述，本评价认为：甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程安全设施已与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用，劳动安全和工业卫生设施已按批复的内容全部建成。从安全生产角度看：甘肃电投大容电力有限责任公司神树发电分公司杂木河神树水电站工程具备安全设施竣工验收条件。

8 附件、附图目录

8.1 附件目录

- 附件 1: 安全评价委托书
- 附件 2: 营业执照
- 附件 3: 项目核准批复文件
- 附件 4: 安全预评价报告备案的函
- 附件 5: 安全设施设计专家意见及修改说明
- 附件 6: 接入系统方案电气一次系统设计评审意见
- 附件 7: 接入系统方案电气二次系统设计评审意见
- 附件 8: 地质灾害评估备案表
- 附件 9: 地震安全性评价报告评审意见的批复
- 附件 10: 初步设计批复
- 附件 11: 首台机组启动验收质量与安全监督报告
- 附件 12: 3 台机组启动试验报告
- 附件 13: 神树水电站工程蓄水安全鉴定报告
- 附件 14: 神树水电站消防验收备案凭证
- 附件 15: 枢纽工程下闸蓄水验收鉴定书
- 附件 16: 起重机械检验报告及注册登记证（桥门式起重机）
- 附件 17: 压力容器（压油罐、空压罐）检测报告及使用登记证
- 附件 18: 特种作业人员资格证书及台账
- 附件 19: 设计、土建施工、设备安装、监理单位资质证书
- 附件 20: 监理总结报告
- 附件 21: 施工总结报告
- 附件 22: 防雷检测报告
- 附件 23: 应急预案备案文件
- 附件 24: 机组并网通知书及整套启动试运前及 110kV 受电前质量监督检查报告
- 附件 25: 公司主要人员安全管理资格证书
- 附件 26: 作业场所有害因素检测报告
- 附件 27: 关于神树电站大坝（毛藏水库）坝面通行情况的解决方案

附件 28: 存在问题整改反馈

附件 29: 报告专家评审意见

附件 30: 报告专家评审意见修改说明

8.2 附图目录

附图 1: 大坝枢纽平面布置图 (竣工图)

附图 2: 厂区总平面布置图 (竣工图)

附图 3: 发电机层平面布置图 (竣工图)

附图 4: 水轮机层平面布置图 (竣工图)

附图 5: 电气主接线图 (竣工图)