

霍山县安家河水电站工程

变更设计报告

(报批稿)

六安市水利水电规划设计院
二〇二三年十月



主要编制人员

批 准	张劲松	
核 定	陈 凯	
项目负责人	张劲松	
审 查	陈 凯	
编 制 人 员	规 划	杨双全
	水 工	张劲松 张 军 鄢松栓
	机电、金结	李 刚 陈翔宇
	施 工	王家静

王家静
 设计资质(出图)专用章
 六安市水利水电规划设计院
 证书编号: A134008824
 安徽省住房和城乡建设厅监制(N)
 有效期至2020年8月19日

“未加盖设计资质(出图)专用章者无效”

企业名称	六安市水利水电规划设计院		
详细地址	安徽省六安市皖西路185路		
建立时间	1962年01月01日		
注册资本金	300万元人民币		
营业执照注册号	341500000028349		
经济性质	全民所有制		
证书编号	A134008824-6/2		
有效期	至2020年08月19日		
法定代表人	陈宏生	职务	院长
单位负责人	陈宏生	职务	院长
技术负责人	李修明	职称或执业资格	高级工程师
备注:	原发证日期: 2010年05月07日 原资质证书编号: 111141-sy		

业务范围	<p>水利行业乙级。 可以从资质证书许可范围内相应的建设工程总承包业务以及项目管理和技术与管理服务。 *****</p>
------	--





中华人民共和国住房和城乡建设部

Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China (MOHURD)

www.mohurd.gov.cn

2020年6月30日 星期二

检 索 工作邮箱: 用户名

密码

登录

设为首页 收藏本站

您现在的位置: 首页>政策发布

索引号: 000013338/2020-00226	主题信息: 建筑市场
发文单位: 中华人民共和国住房和城乡建设部办公厅	生成日期: 2020年06月28日
文件名称: 住房和城乡建设部办公厅关于建设工程企业资质延续有关事项的通知	有效期:
文 号: 建办市函〔2020〕334号	主题词:
废止情况:	

住房和城乡建设部办公厅关于建设工程企业资质延续有关事项的通知

各省、自治区住房和城乡建设厅，直辖市住房和城乡建设（管）委，北京市规划和自然资源委，新疆生产建设兵团住房和城乡建设局，有关中央企业：

为贯彻落实党中央国务院关于统筹推进新冠肺炎疫情防控和经济社会发展工作决策部署，深化建筑业“放管服”改革，结合常态化疫情防控和建设工程企业资质改革工作安排，现将建设工程企业资质延续有关事项通知如下。

一、我部核发的工程勘察、工程设计、建筑业企业、工程监理企业资质，资质证书有效期于2020年7月1日至2021年12月30日届满的，统一延期至2021年12月31日。

二、2020年7月1日前，我部已受理的资质延续申请事项，不再进行审批，相关资质证书有效期延期至2021年12月31日。

三、上述资质证书有效期将在全国建筑市场监管公共服务平台自动延期，企业无需换领资质证书，原资质证书仍可用于工程招标投标等活动。

四、企业按照《住房和城乡建设部关于建设工程企业发生重组、合并、分立等情况资质核定有关问题的通知》（建市〔2014〕79号）申请办理企业合并、跨省变更事项取得有效期1年资质证书的，不适用前述规定，企业应在1年资质证书有效期届满前，按相关规定申请重新核定。

五、地方各级住房和城乡建设主管部门核发的工程勘察、工程设计、建筑业企业、工程监理企业资质，资质延续有关政策由省级住房和城乡建设主管部门确定，相关企业资质证书信息应及时报送至全国建筑市场监管公共服务平台。

六、自本通知印发之日起，我部不再受理资质证书有效期于2020年7月1日至2021年12月30日届满的工程勘察、工程设计、建筑业企业、工程监理企业资质延续申请事项。

中华人民共和国住房和城乡建设部办公厅

2020年6月28日

（此件主动公开）

抄送：国务院有关部门建设司（局）

关闭窗口 | 打印本页



请输入搜索的内容



首页

机构

新闻

公开

服务

互动

专题

首页 > 公开 > 法定主动公开内容 > 部发文件

公文名称: 住房和城乡建设部办公厅关于建设工程企业资质统一延续有关事项的通知

索引号: 000013338/2021-00637

发文单位: 住房和城乡建设部办公厅

文号: 建办市函〔2021〕510号

实施日期:

分类: 建筑市场监管

发文日期: 2021-12-13

主题词:

废止日期:

住房和城乡建设部办公厅关于建设工程企业资质统一延续有关事项的通知

选择字体: [大-中-小] 发布时间: 2021-12-17 16:04:59 分享:

各省、自治区住房和城乡建设厅，直辖市住房和城乡建设（管）委，北京市规划和自然资源委，新疆生产建设兵团住房和城乡建设局，有关中央企业：

为认真贯彻落实党中央、国务院关于新冠肺炎疫情常态化防控部署要求，进一步深化建筑业“放管服”改革，减轻企业负担，结合建设工程企业资质改革工作安排，现将建设工程企业资质延续有关事项通知如下：

一、我部核发的工程勘察、工程设计、建筑业企业、工程监理企业资质，资质证书有效期于2021年12月31日至2022年12月30日届满的，统一延期至2022年12月31日。

二、上述资质有效期将在全国建筑市场监管公共服务平台自动延期，企业无需换领资质证书，原资质证书仍可用于工程招标投标等活动。

三、企业按照《住房城乡建设部关于建设工程企业发生重组、合并、分立等情况资质核定有关问题的通知》（建市〔2014〕79号）申请办理企业合并、跨省变更事项取得有效期1年资质证书的，不适用前述规定，企业应在1年资质证书有效期届满前，按相关规定申请重新核定。

四、地方各级住房和城乡建设主管部门核发的工程勘察、工程设计、建筑业企业、工程监理企业资质，资质延续有关政策由省级住房和城乡建设主管部门确定，相关企业资质证书信息应及时报送至全国建筑市场监管公共服务平台。

住房和城乡建设部办公厅

2021年12月13日

(此件主动公开)

抄送：国务院有关部门建设司（局）。





中华人民共和国住房和城乡建设部

请输入搜索的内容

- 首页
- 机构
- 新闻
- 公开
- 服务
- 互动
- 专题

首页 > 公开 > 法定主动公开内容 > 部发文件

索引号: 000013338/2022-00524

发文单位: 住房和城乡建设部办公厅

文件名称: 住房和城乡建设部办公厅关于建设工程企业资质有关事宜的通知

文号: 建办市函〔2022〕361号

主题信息: 建筑市场

发文日期: 2022-10-28

有效期:

主题词:

住房和城乡建设部办公厅关于建设工程企业资质有关事宜的通知

选择字体: [大-中-小] 发布时间: 2022-11-02 15:01:47 分享:

各省、自治区住房和城乡建设厅，直辖市住房和城乡建设（管）委，北京市规划和自然资源委，新疆生产建设兵团住房和城乡建设局，国务院有关部门建设司（局），中央军委后勤保障部军事设施建设局，国资委管理的中央企业：

为认真落实《国务院关于深化“证照分离”改革进一步激发市场主体发展活力的通知》（国发〔2021〕7号）要求，进一步优化建筑市场环境，减轻企业负担，激发市场主体活力，现将有关事项通知如下：

一、我部核发的工程勘察、工程设计、建筑业企业、工程监理企业资质，资质证书有效期至2023年12月30日期满的，统一延期至2023年12月31日。上述资质有效期将在全国建筑市场监管公共服务平台自动延期，企业无需换领资质证书，原资质证书仍可用于工程招标投标等活动。

企业通过合并、跨省变更事项取得有效期1年资质证书的，不适用前款规定，企业应在1年资质证书有效期届满前，按相关规定申请重新核定。

地方各级住房和城乡建设主管部门核发的工程勘察、工程设计、建筑业企业、工程监理企业资质，资质延续有关政策由各省级住房和城乡建设主管部门确定，相关企业资质证书信息应及时报送至全国建筑市场监管公共服务平台。

二、具有法人资格的企业可直接申请施工总承包、专业承包二级资质。企业按照新申请或增项提交相关材料，企业资产、技术负责人需满足《建筑业企业资质标准》（建市〔2014〕159号）规定的相应类别二级资质标准要求，其他指标需满足相应类别三级资质标准要求。

持有施工总承包、专业承包三级资质的企业，可按照现行二级资质标准要求申请升级，也可按照上述要求直接申请二级资质。

住房和城乡建设部办公厅

2022年10月28日

（此件主动公开）

网站地图 联系我

目 录

1 工程概况	1
2 设计变更缘由	3
3 设计变更的项目和内容	4
3.1 设计变更项目	4
3.2 设计变更内容	4
4 设计变更方案设计	5
4.1 引水隧洞复核	5
4.1.1 洞线布置	5
4.1.2 水力计算	6
4.1.3 进水口	8
4.1.4 调压井设计	9
4.1.5 压力钢管设计	12
4.2 发电厂房和升压站	13
4.2.1 厂区布置	13
4.2.2 主、副厂房设计	15
4.2.3 尾水和防洪建筑物	17
4.2.4 升压站	17
4.2.5 边坡处理及厂区排水	18
4.3 水力机械	18
4.3.1 水轮机及其附属设备	18
4.3.2 调速器选型	21
4.3.3 调节保证计算	22
4.3.4 辅助机械设备选择	23
4.3.5 水力机械设备布置	25
4.3.6 水力机械设备材料表	26
4.4 电气工程	26
4.4.1 概况	26

4.4.2 接入系统方式	27
4.4.3 电气主接线	27
4.4.4 主要电气设备	33
4.4.5 防雷接地	35
4.4.6 综合自动化	36
4.4.7 继电保护	41
4.4.8 二次接线	43
4.4.9 电工实验室	44
4.4.10 通信	45
4.4.11 电气设备布置	45
4.4.12 坝区电气设备及布置	46
4.4.13 电气主要设备材料表	46
5 设计变更对工程任务和规模、工程安全及工期的影响分析	49
5.1 工程任务和规模	49
5.2 工程安全及工期	50
6 变更方案工程量、投资与原方案变化对比	52
7 结论及建议	55
7.1 结论	55
7.2 建议	55

1 工程概况

安家河水电站位于霍山县漫水河镇境内，属淮河流域东淠河主源，漫水河一级支流——安家河上，距霍山县城 65km，其地理坐标为北纬 $31^{\circ} 13' 13''$ ，东经 $16^{\circ} 06' 06''$ 。该站建设性质属于新建工程，由拦河坝、坝顶溢洪道、引水隧洞、调压井、发电厂房、升压站和输变电工程组成。

安家河水电站于 1990 年 5 月由我院编制了可研报告，当时设计为 2 台装机容量为 800kW 混流机组，并已批复。由于资金问题，该项目一直没有实施。霍山县发展和改革委员会 2013 年 11 月 11 日，以发改投资 [2013]253 号文“关于安徽省皖翔清洁能源有限公司安家河水电站工程项目核准的通知”，原则同意核准安徽省皖翔清洁能源有限公司安家河水电站工程项目，主要建设内容及规模：新上装机容量 800kW 机组 2 台，新建河坝、引水隧洞、发电厂房和升压站等。

2013 年我院编制了《霍山安家河水电站工程初步设计报告》。2014 年 5 月 14 日六安市水利局组织召开了初步设计报告专家评审会，2016 年 11 月 28 日六安市水利局以六水排[2016]175 号文“关于霍山县安家河水电站工程初步设计的批复”，原则同意径流调节计算方法，建议采用长系列法复核径流调节计算成果。同意水电站装机容量为 2000kW ($2 \times 1000\text{kW}$) 配 2 台套水轮发电机组，下一步优化机组设备选型。

安家河水电站枢纽建筑物主要为浆砌石拱坝、坝顶溢流堰、发电引水隧洞、发电厂房及变电站等，已初选下坝址长隧洞方案，兴利水位 256m。拱坝坝顶高程 262.96m，溢流堰净宽 40m，堰顶高程 256m；发电引水隧洞位于坝址上游约 200m 左岸，出口位于坝址下游 2km 处，引水工程总长 654m，隧洞开挖直径 2.8m，调压井设计开挖直径 3.5m，隧洞进口底部高程 240.00m，最大引用流量 $6.78\text{m}^3/\text{s}$ ；发电厂房位于引水隧洞的末端，为傍山开挖半地下式厂房，主厂房长 39.40m，宽 9.80m。高 16.00m，安装 3 台单机容量 800kW 的水轮发电机，机组间距 9.50m，水轮机安装高程 205.63mm。安家河水电站工程位置见图 1-1。

图 1-1 安家河水电站工程位置图



2 设计变更缘由

小型水电站具有一系列特点，如：①分散性，即单站容量不大，但其资源分布较广；②对生态环境负影响很小；③简单性，即技术是成熟的，无须复杂昂贵的技术；④当地化，即当地群众能够参与建设，并可尽量使用当地材料建设；⑤标准化，即较易于实现设计标准化和机电设备标准化，以降低造价、缩短工期。当河水的流量和流速足够大时，发电的水力就是持续的。只要河流不达到一定流量，水电站就能运行。因此新建小型水电站，合理考虑装机容量，充分利用水资源，是在水电站建设过程中首要考虑的因素。安家河水电站位于远离大电网的山区，所以它既是农村能源的重要组成部分，也是大电网的有力补充。电站建成后可以减少甚至摆脱当地群众对公共电网的依赖。

自1990年至今，上游新建几座电站，上游水电站建库后，对于安家河水电站上游来水起到了一定的调蓄作用，大大的提高了安家河水电站的发电能力。我院对电站装机容量进行重新分析计算，本次设计经过计算：坝址以上来水面积 65.4km^2 ，安家河水电站安装3台单机容量800kW机组比较合适的；机组设计水头49.5m，设计引水流量 $3 \times 1.927\text{ m}^3/\text{s}$ 。设计保证率85%，保证出力255.1kW，多年平均发电量419.7万kW时，装机利用小时数1748h。

通过分析计算，安家河水电站由原设计的2台单机容量1000kW变更为3台单机容量800kW机组是较为合理的。

3 设计变更的项目和内容

3.1 设计变更项目

本次设计变更对水电站机组进行调整,由原设计的 $2\times 1000\text{kw}$ 变更为 $3\times 800\text{kw}$ 。

3.2 设计变更内容

本次变更设计主要内容为:

- 1、发电机组型号变更,由原设计的 HLD294-WJ-54 型水轮机配套发电机 SFW1000-6/1180 变更为 HLA904-WJ-54A 型水轮机配套发电机 SFW800-6/1180。
- 2、调整相应的电气设备。
- 3、增设支管一道。
- 4、电站厂房增加一台机组位置,厂房长度增加 9.5m。

4 设计变更方案设计

4.1 引水隧洞复核

变更后的水电站引水流量由原设计的 $2 \times 2.34 \text{m}^3/\text{s}$, 变更为现状的 $3 \times 1.927 \text{m}^3/\text{s}$, 本次对引水隧洞、压力钢管进行复核计算。

4.4.1 洞线布置

输水建筑物包括进水口、低压引水隧洞、调压井等, 设计引用流量 $5.78 \text{m}^3/\text{s}$ 。采用正向供水的形式向水机供水。

隧洞进水口位于坝址上游安家河左岸约 200m 处, 由进口至出口, 隧洞全长 709.98m。包括进口段 14.16m、非衬砌段 474.82m、调压井段 17.0m、斜管段 44.71m、水平砼衬砌段 82.06m、钢管衬砌段 77.23m。

隧洞进口段(桩号 0+000~0+14.16)包括: 闸门井段 4.16m、渐变段 5.0m 及衬砌段 5.0m, 全长 14.16m。进水口型式采用岸塔式结构, 底板高程 240.00m, 进水口设拦污栅一道, 闸室段长 4.16m, 孔口尺寸 $2.8 \times 2.8 \text{m}$ (宽 \times 高)采用平面钢闸门, 拦污栅和闸门检修平台高程为 263.16m, 启闭机台高程为 267.86m。隧洞拦污栅和闸门井段长 4.16m, 后接渐变段长 5.00m(由 $2.8 \times 2.8 \text{m}$ 矩形渐变为 $2.8 \times 2.8 \text{m}$ 城门洞型), 渐变段后接 5.00m 长衬砌段。渐变段及衬砌段均采用钢筋砼衬砌, 衬砌厚度 0.5m。

进口段后(桩号 0+14.16~0+488.98) 474.82m(水平长度 474.82m)隧洞为非衬砌段, 非衬砌段起点底高程为 240.00m, 终点高程为 230.00m, 以 $i=2.1\%$ 的坡度下降, 隧洞采用城门洞型, 洞高为 2.8m, 洞宽为 2.8m。

非衬砌段末端连接调压井段(桩号 0+488.98~0+505.98), 调压井中心线位于桩号 0+499.98, 调压井段包括: 渐变段(由 $2.8 \times 2.8 \text{m}$ 城门洞型渐变为 $\Phi 2.5 \text{m}$ 圆洞型) 5.0m、衬砌段 9.5m 及调压井 2.5m, 全长 17.0m。调压井采用阻抗式调压井, 调压井顶高程为 267.00m, 在其底部设一深 1.20m, 长 4.0m, 宽 2.5m 的集石坑, 集石坑底部高程为 228.80m, 调压井下端采用 $\Phi 2.5 \text{m}$ 圆井与引水隧洞连接, 采用钢筋砼衬砌, 衬砌厚度 0.4m, 调压井上设钢筋网封顶。调压井上下游各连接 4.75m 长衬砌段, 底

高程为 230.00m，衬砌段为 $\phi 2.5\text{m}$ 圆洞，渐变段及衬砌段均采用 C25 钢筋砼衬砌，衬砌厚度 0.3m。

调压井段后连接斜管段（桩号 0+505.98~0+550.69），包括：两个圆弧段（长度 = $6.28\text{m} \times 2 = 12.56\text{m}$ ），一个斜井段长 32.15m，全长 44.71m。斜管段起点底高程为 230.00m，终点底高程为 205.08m。斜管段斜管段均为 $\phi 2.5\text{m}$ 圆洞，采用 C25 钢筋砼衬砌，衬砌厚度 0.3m。

斜管段后连接 82.06m 长平洞，洞中轴线高程为 203.83m，该段均为 $\phi 2.5\text{m}$ 圆洞，采用 C25 钢筋砼衬砌，衬砌厚度 0.3m。

桩号 0+632.75 至厂房为钢管衬砌段，包括： $\phi 2.5\text{m}$ 钢管衬砌段 5.0m、渐变段（ $\phi 2.5\text{m}$ 渐变为 $\phi 1.8\text{m}$ ）3.0m、 $\phi 1.8\text{m}$ 钢管衬砌段 12m、渐变段（ $\phi 1.8\text{m}$ 渐变为 $\phi 1.2\text{m}$ ）3.0m、 $\phi 1.2\text{m}$ 钢管衬砌段 7.62m、渐变段（ $\phi 1.2\text{m}$ 渐变为 $\phi 0.8\text{m}$ ）3.0m、 $\phi 0.8\text{m}$ 钢管衬砌段 43.61m，全长 77.23m。所有钢管衬砌段中轴线高程 203.83m，采用 $\delta = 8\text{mm}$ 的钢板焊制。

4.1.2 水力计算

一、水头损失计算

1、基本数据的采用

洞壁材料的糙率系数 n ，根据有关手册按下表 5.6.1 采用

水轮机关闭时间 $T_s = 4$ 秒

表 4.1.1 洞壁糙率系数表

洞壁材料性质	糙率系数 n 取值范围
不衬砌隧洞	0.030 ~ 0.035
混凝土衬砌	0.012 ~ 0.015
钢管(焊接)	0.011 ~ 0.014

2、水头损失计算：

(1)局部水头损失按公式：

$$h_w = \sum \xi_j \frac{v_j^2}{2g} \text{ 计算,}$$

式中： ξ_j —局部水头损失系数，按有关手册采用；

V_j —各部位流速(m/s)。

经计算总的局部水头损失为 2.10m。详见表 5.6.2。

表 4.1.2 局部水头损失计算表

部 位	局部流速	局部水头损	局部水头损	备 注
	V_j (m/s)	失系数 ξ_j	失 hw (m)	
拦污栅	1.0429	0.14	0.0078	$\xi = \beta (s/b)^{4/3} \cdot \sin \alpha$ $\alpha = 80^\circ$ $\beta = 2.42$ $s=6\text{mm}$ $b=50\text{mm}$
进水口	1.0429	0.5	0.0277	
闸 门	1.1173	0.1	0.0064	滑动门全开，只计门槽
渐变管 1	1.1844	0.05	0.0036	矩形变城门洞型
渐变管 2	1.5200	0.05	0.0059	城门洞型变圆形（直径 2.5m）
过调压室	1.7900	0.1	0.0163	
衬砌洞弯 A	1.7900	0.067	0.0109	D—洞径 2.5m R—弯道半径 8m θ —弯道转角 45°
衬砌洞弯 B	1.7900	0.067	0.0109	D—洞径 2.5m R—弯道半径 8m θ —弯道转角 45°
渐变管 3	1.7900	0.06	0.0098	断面减小 $D1/D2=1.39$
渐变管 4	3.4400	0.05	0.0302	钢管 $D1/D2=1.5$
T 型分岔管 1	3.4400	0.6758	0.4076	
T 型分岔管 2	5.1700	0.274	0.3733	
渐变管 5	2.5800	0.05	0.0170	钢管 $D1/D2=1.5$
0.8m 钢管转 弯	5.8100	0.096	0.1652	D—洞径 0.8m R—弯道半径 2m θ —弯道转角 63°
蝶 阀	5.8100	0.2	1.0323	
出 口	1.6500	1	0.4163	出口 1.8m 直径
合 计			2.5411	

(2)沿程水头损失按公式：

$$h_j = \sum \lambda \frac{L_j v_j^2}{D_j 2g}$$

对于隧洞：

$$\lambda = 2gn_i^2 / R_j^{\frac{1}{3}}$$

式中： λ —沿程阻力系数

n_i —各段糙率系数，按糙率系数分别取大值和小值计算。

R_j —各段水力半径 $R_j = w/x$ ；

w —过水面积

x —湿周

L_j 、 D_j —各段长度(米)与洞径(m)。

对于钢管：
$$\Delta h_{\text{沿}} = \alpha m \frac{v^{1.9}}{D^{1.1}} L$$

式中： α —钢管沿程损失系数，取值 0.000826~0.000878；

m —钢管使用年限系数，按使用 20 年，取第十年 1.16；

v —流速 (m/s) ；

D —钢管内径 (m) ；

L —管长 (m) 。

表 4.1.3 沿程水头损失计算表

计算段	过水面积	湿周	水力半径	各段长	各段流速	糙率	沿程水头损失
	$\omega(\text{m}^2)$	$X(\text{m})$	$R(\text{m})$	$L(\text{m})$	$V(\text{m/s})$	n	(m)
隧洞段(门洞)	7.000	9.996	0.700	471	1.2500	0.03	1.0651
直径 2.5 砼衬砌	4.906	7.85	0.625	127	1.7900	0.014	0.1493
钢管段直径 1.8	2.543	5.652	0.450	10	3.4400	0.012	0.0494
钢管段直径 1.2	1.130	3.768	0.300	5	5.1663	0.012	0.0957
钢管段直径 0.8	0.502	2.512	0.200	37	5.8121	0.012	1.5388
合计							2.8983

二、水锤计算：按设计静水头的 35%计算。

4.1.3 进水口

进水口型式为岸塔式，底板高程 240m，检修平台高程 263.16 m，启闭机平台高程 267.86 m，平台上设启闭机房（4.16 m×4.00m），启闭机平台与岸坡用工作桥连接；闸室孔口尺寸为 2.8m×2.8m；在进水口设置事故检修闸门、拦污栅，门后设置检修孔（0.84 m×2.8m）；闸门为 GZM—1500 钢闸门，配 QPL—250 手电两用螺杆式启闭机，拦污栅孔口尺寸为 2.8 m×4.0m，拦污栅尺寸（宽×高）3.1 m×4.2m，栅体可用型钢自行加工。

1、避免进水口前出现漩涡和吸气漏斗计算

$$H_{kd} = Cva^2/2 = 0.55 \times 1.12 \times 2.8^2/2 = 0.86 \text{ (m)}$$

式中： H_{kd} —闸门顶至水面距离(m)；

C —经验系数，取 0.55；

v — 闸门断面流速 (m/s), $v=6.78/2.8/2.8=0.86\text{m/s}$;

a —闸门孔口高度 (m), $a=2.8\text{m}$ 。

2、避免管道出现负压计算

$$\delta + d = \delta + 2.0 (1 + \xi_{kd}) v^2 / 2g$$

$$= 0.1 + 2.0 (1 + 1.5) 0.86^2 / (2 \times 9.8) = 0.32 \text{ (m)}$$

式中: d —闸门顶至冰面距离 (m);

δ —工程所在地最大冰层厚 (m);

ξ_{kd} —进水口水头损失系数;

v —闸门断面流速 (m/s);

本工程进水口底板高程 240.00m, 闸门孔口高 2.8m, 死水位 245.00m, 闸门顶距死水位 2.20m, 远大于 H_{kd} 和 $\delta + d$ 。

3、通气孔面积计算

$$D = \sqrt{\frac{4Q_a}{\pi v_a}} = \sqrt{\frac{4 \times 8.76}{3.14 \times 30}} = 0.61 \text{ (m)}$$

式中: A —通气孔面积 (m^2);

Q_a —进水口流量 (m^3/s);

v_a —进气流速 (m/s), 取 30m/s 计算;

D —园型通气孔直径 (m)。

经计算 $D = 0.61\text{m}$, 实际设置 $0.84\text{m} \times 2.8\text{m}$ 检修孔, 检修孔可起到通气孔的作用。

4.1.4 调压井设计

调压室的设置条件: $\sum L_j v_j > K H_0$

式中: L_j —各段长度 (m)

V_j —各段流速 (m/s)

H_0 —最小静水头 (m), 本工程为 41.57m

K —经验系数,

本工程为联网电站, 在系统中所占比重较小 (按 20%), K 取 25。详见表 5.6.4。

表 4.1.4

压力水道计算表

序号	断面	断面型式	流速 (m/s)	长度 (m)
1	闸室	2.8m×2.8m (矩形)	1.12	4.16
2	渐变段	矩形变城门洞形	1.18	5
3	I--I	城门洞形 宽 2.8m	1.25	5
4	II--II	城门洞形 宽 2.8m	1.25	474.82
5	渐变段	城门洞形变圆形 (直径 2.5m)	1.52	5
6	III--III	圆形 直径 2.5m	1.79	138.77
7	IV--IV	圆形 (钢管) 直径 2.5m	1.79	5
8	渐变段	圆形 (钢管) 直径 2.5m 变至 1.8m	2.62	3
9	V-V	圆形 (钢管) 直径 1.8m	3.44	12
10	渐变段	圆形 (钢管) 直径 1.8m 变至 1.2m	4.31	3
11	VI--VI	圆形 (钢管) 直径 1.2m	5.17	7.62
12	渐变段	圆形 (钢管) 直径 1.2m 变至 0.8m	5.49	3
13	VII--VII	圆形 (钢管) 直径 0.8m	5.81	43.61

$\Sigma L_{jv} j = 1246.57 > KH_0 = 25 \times 41.57 = 1039$, 需设置调压室。

1、调压室稳定断面面积计算

根据《水电站调压室设计规范》DLT5058-1996, 上游调压室的稳定断面面积按托马(Thoma)准则计算并乘以系数 K 决定:

$$A = KA_{th} = K \frac{LA_1}{2g \left(\alpha + \frac{1}{2g} \right) (H_0 - h_{w0} - 3h_{wm})}$$

式中 A_{th} —托马临界稳定断面面积, m^2 ;

L—压力引水道长度, m;

A_1 —压力引水道断面面积, m^2 ;

H_0 —发电最小静水头, m;

α —自水库至调压室水头损失系数, $\alpha = \frac{h_{w0}}{v^2}$, (包括局部水头损失与沿程摩擦水

头损失), s^2/m ; 在无连接管时用 α 代替 $\alpha + \frac{1}{2g}$;

v—压力引水道流速, m/s;

h_{w0} —压力引水道水头损失, m;

h_{wm} —压力管道水头损失, m;

K—系数，一般可采用 1.0~1.1, 选用 K=1.1。

经计算 $A=9.37\text{m}^2$

调压室结构为圆筒式，取调压室半径为 1.75m。

2、阻抗孔面积的选择

参照《水工设计手册》当阻抗孔的面积 W_c 超出引水道面积 f 的 50%时，阻抗的存在对调压室底部和压力水管末端的水锤压力影响甚微，当阻抗室的面积 W_c 小于引水道面积的 15%时，调压室对水锤波的反射急剧恶化，引水道面积 $f=7\text{m}^2$ 。故阻抗孔的取值范围应为 $1.05\text{m}^2 < W_c < 3.5\text{m}^2$ ，取阻抗孔为圆形，阻抗孔半径为 0.8m。

3、丢弃全负荷时的最高涌波计算

根据《水电站调压室设计规范》DLT5058-1996 丢弃全负荷时的最高涌波计算可按下式计算：

当 $\lambda' hc_0 < 1$ 时按下式计算

$$(1 + \lambda' Z_{\max}) - \ln(1 + \lambda' Z_{\max}) = (1 + \lambda' h_{\omega 0}) - \ln(1 - \lambda' h_{c0})$$

当 $\lambda' hc_0 > 1$ 时按下式计算

$$\begin{aligned} & (\lambda' |Z_{\max}| - 1) - \ln(\lambda' |Z_{\max}| - 1) \\ & = \ln(\lambda' h_{c0} - 1) - (\lambda' h_{\omega 0} + 1) \\ & \lambda' = \frac{2g(h_{\omega 0} + h_{c0})}{LA_1 v_0^2} \end{aligned}$$

式中 hc_0 —全部流量通过阻抗孔时的水头损失。

《水电站调压室设计规范》DLT5058-1996 图 B3 Calame—Gaden 计算阻抗调压室瞬时丢弃全负荷时最高涌波计算图，图中计算用值分别为

$$Z_* = \frac{Q_0}{A} \sqrt{\frac{LA}{gA_1}}$$

Z_0 —压力水道系统的摩阻为零丢弃全负荷时的自由振幅，；

Z_{\max} —丢弃全负荷时的最高涌波；

Y_m —阻抗孔下部的瞬时压力上升

图 B3 中 R 区为阻抗孔下部的瞬时上升压力超过最高涌波水位压力的区域，表示阻抗孔尺寸过小；M 区为阻抗孔下部瞬时上升压力低于最高涌波水位压力的区域，表

示阻抗孔尺寸偏大；SS' 线为两者的分界线，阻抗孔尺寸最合适。通过计算阻抗孔下部的瞬时上升压力位于 SS' 分界线附近，说明原来选定的阻抗孔尺寸是合适的。

经计算： $Z_{\max} = 10.15\text{m}$

4、急增负荷时的最低水位下降

当阻抗孔尺寸满足公式 $\frac{h_{c0}}{h_{w0}} = \frac{X_{\min} - m'^2}{(1 - m')^2}$ (即最合适的尺寸)时，可按下式近似地计算最低涌波值：

$$Z_{\min} / h_{w0} = 1 + \left(\sqrt{\varepsilon - 0.275\sqrt{m}} + \frac{0.05}{\varepsilon} - 0.9 \right) (1 - m) \left(1 - \frac{m}{\varepsilon^{0.62}} \right)$$

$$\varepsilon = \frac{LjV_0^2}{gFh_{w0}^2}$$

$$m = \frac{Q}{Q_b}$$

式中： Z_{\min} —调压室最低下降水位；

ε —无因次系数；

Q —为增加负荷前引水道中的流量；

Q_b —为增加负荷后引水道中的流量。

经计算：负荷由零突增至 100%时， $Z_{\min} = 5.39\text{m}$

4.1.5 压力钢管设计

1、压力钢管结构及布置

压力钢管长度为 77.23m，包括： $\phi 2.5\text{m}$ 钢管 5m、渐变段（ $\phi 2.5\text{m}$ 渐变为 $\phi 1.8\text{m}$ ）3m、 $\phi 1.8\text{m}$ 钢管 12m、渐变段（ $\phi 1.8\text{m}$ 渐变为 $\phi 1.2\text{m}$ ）3m、 $\phi 1.2\text{m}$ 钢管 7.62m、渐变段（ $\phi 1.2\text{m}$ 渐变为 $\phi 0.8\text{m}$ ）3m、 $\phi 0.8\text{m}$ 钢管 43.61m。 $\phi 2.5\text{m}$ 、 $\phi 1.8\text{m}$ 、 $\phi 1.2\text{m}$ 钢管压力钢管采用 $\delta = 8\text{mm}$ 的钢板焊制，衬砌段断面为圆型，外用钢筋砼保护层，钢筋砼保护层厚度 0.3m。 $\phi 0.8\text{m}$ 钢管采用 $\delta = 8\text{mm}$ 的钢板焊制，衬砌段断面为圆型，外用钢筋砼保护层，钢筋砼保护层厚度 0.5m。压力钢管中轴线高程为 203.83m。

2、钢管管壁厚度计算

$$\delta = \frac{100H_p D}{2[\sigma]\phi}$$

式中： δ —钢管壁厚（mm）；

H_p —设计水头（m）；

σ —钢材允许应力（kg/cm）；

D —钢管直径（m）；

ϕ —接缝坚固系数，取 0.9（焊接管）。

为经济合理起见，考虑到运输安装、锈蚀和磨损等影响管壁的厚度取 8mm。

根据变更后引用流量复核计算成果，现状引水隧洞及压力钢管满足要求。

4.2 发电厂房和升压站

电站发电机组有原来的 2 台 1000kw 发电机组变更为 3 台 800kw 发电机组，现根据变更后的发电机组尺寸及安装要求对电站厂房进行设计。

4.2.1 厂区布置

厂区建筑物主要有主厂房、副厂房、升压站等。

1、主厂房

选定的厂址区位于拦河坝下游约 2km 的河道左岸。发电厂房座落于桥下游 40m 处，该处有一交通道路经过，交通方便，河底高程 204.00m 左右，道路路面高程 222.00m。该处地势较为开阔。站房紧邻河道布置，布置在道路外侧。根据地质勘察，厂房位置处地层在钻孔控制范围内按其风化程度由上往下依次为：根据现场调查，站址区地层按其风化程度由上往下依次为：①中细砂～②强风化角闪斜长片麻岩～③中风化角闪斜长片麻岩，分层描述如下：

①中细砂（Q4）

细砂主要分布于河岸，层厚约 0.30～0.80m，黄褐色，湿～饱和，松散～稍密，主要矿物成分为石英、长石，混卵石漂石。工程性质较差，中等透水性。容许承载力 $\sigma_0=140$ （KPa），不宜作为站房地基持力层。

②强风化角闪斜长片麻岩（AnZs）

广泛分布于坡上，覆盖于中风化角闪斜长片麻岩以上，厚度约 1.50～5.00m，灰、灰黑色，密实，结构构造已破坏，呈砂夹碎块状。呈散体结构，工程性质较差，强

透水性，容许承载力 $\sigma_0=400$ （KPa）。

③中风化角闪斜长片麻岩（AnZs）

中风化角闪斜长片麻岩在站址区零星出露，灰、灰黑色，致密，坚硬，变晶结构，片麻状构造，矿物成分主要由斜长石、角闪石、石英及黑云母等组成，较完整。岩质坚硬，总体为坚硬岩，饱和单轴极限抗压强度一般为40~90Mpa，岩体呈块状结构，岩体基本质量等级为III级，工程地质性质较好，总体具极微透水性，容许承载力 $\sigma_0=4000$ （KPa），工程地质性质较好，是良好的站房基持力层。

站址区分布有近东西走向的岩脉，主要为花岗细晶岩脉，为燕山期产物，呈肉红色，花岗细晶质结构致密块状构造，矿物成份主要为长石、石英，与围岩呈混溶接触，胶结良好，宽度一般为10~30cm。

站址区基岩岩石主要为前震旦系大别山群水竹河组中风化角闪斜长片麻岩，总体属坚硬岩，岩体承载力特征值为4000KPa，以基岩作为持力层可满足设计指标要求。

站址区山坡坡面强风化角闪片麻岩厚度达5m以上，坡度在35~45°左右，易产生滑坡现象，危及站房安全。边坡需进行削坡和支护处理。

主厂房的引水系统采用一机一管，由主管道通过支管直接将水引入厂房。从现场地形的高程看，交通道路与河底高差18m，水平距离26m，由对厂房的相对位置也作了比较分析，布置原则如下：①不占用河道行洪断面；②尾水与主河道结合平顺；③在满足安装间处的回车场地要求及主厂房前行车道路宽度要求条件下，主厂房尽量靠近河道，以减小开挖量并且与交通道路有一定的距离。主厂房纵轴线走向大致顺地形等高线布置。厂房后墙与道路边缘之间水平距离8m，为进厂方便，将安装间布置于主厂房河道的上游，其前设露天回车场与进厂公路相接，进场道路由217.00m至213.70m，坡度约为1:10。

主厂房为半地下式厂房，长16.20m，宽9.8m。主厂房结构型式为框架结构，排架柱间距5.4m共6跨，地面高程为206.60m。主厂房右侧设检修安装场，长7.00m，宽9.80m，地面高程214.00m。

2、副厂房

副厂房为与主厂房左侧，共三层，一二层为地下，长7.00m，宽9.80m，地面高程分别为206.60m和210.30m，三层为地上，长11.00m，宽14.40m，地面高程为214.00m。

4.2.2 主、副厂房设计

1、主厂房设计

主厂房型式为半地下式，电站总装机容量 2400KW。厂房内安装 3 台 800KW 卧机组。主厂房起吊设备为 LD 型 100KN 电动单梁起重机。

(1) 主厂房主要尺寸的确定

a、厂房长度：主厂房长度由机组间距、安装间长度、起重机起吊范围等因素决定。机组采用 3 条直径 800mm 的压力钢管进水，机组进口处设闸阀，机组若出现故障直接关闭闸阀。根据水轮发电机组尺寸、尾水管布置，确定机组间距为 9.50m，机组段厂房总长 32.00m。安装间位于主厂房右端。在机组段最北段下游侧端设一道楼梯通向发电机层。安装间长度 7.0m，可满足一台机组大修时摆放 4 大件及设备吊运需要。厂房上部屋面梁板和吊车梁采用排架柱支承，柱中心距 7.00m。

b、主厂房宽度：主厂房宽度根据机电设备布置、起重机跨度和起吊范围以及厂房上、下游侧的交通要求确定。调速器置于机组上游侧。机房盘置于发电机的上游侧。选用的起重机跨度，轨道中心线落在排架柱内边线上，计入排架柱尺寸后，主厂房总宽度为 9.80m。

(2) 主厂房各控制高程的确定

主厂房下游正常尾水位为 205.00m。根据水轮机最大吸出高度、最低尾水位计算确定 800kW 水轮机安装高程为 205.63m。发电机层高程定为 204.80m。进水管中心高程为 203.83m，安装间楼面比室外地面高出 0.30m，比水轮发电机层高程高出 8.00m，即为 212.80m。

根据起重机外型尺寸以及吊装机组设备需要的高度要求，确定牛腿顶高程为 217.90m，屋面大梁底缘高程为 220.00m。屋面采用钢筋砼屋面，大梁钢筋砼梁，高度取 0.8。由制造厂家提供的参数推算得尾水管底面高程为 200.33m，取底板砼厚 0.4m，垫层 0.1m，则厂房基础最低开挖高程 199.83m。

主厂房地面以上至屋面总高度 16.00m。

2、副厂房设计

副厂房位于主厂房左端，为地下两层，地上一层刚结构厂房，内设楼梯间。由于主、副厂房的总长度为 49.80m，故与主厂房连成一个整体而不设置伸缩缝。

底层为透平油库室，地面高程 204.80m，平面尺寸为 8m（长）×9.8m（宽），

层高 4.00m。底层并布置有集水井，集水井长 3m，宽 3m，顶板高程为 204.80m，底板最低高程 200.73m，总容积约 30m³。

二层布置有励磁变室和互感器室，并设有楼梯间。楼面高程 208.80m，平面尺寸 8.6m（长）×9.8m（宽），层高 4.00m。可直接通过交通道路进入该层。

地上一层为控制室和高压开关室，楼面高程 212.80m，平面尺寸 11m（长）×14.4m（宽），可直接通过交通道路进入该层。

3、厂房内交通布置

主厂房主要对外通道为位于安装间的 3.5m（宽）×4.0m（高）的大门，直通公路，可供车辆运输大件设备进出使用。安装场至副厂房间设一悬挑走廊，可通过该走廊到达副厂房高压开关柜室，也可通过公路直接进入。在安装场与机组段之间设旋转钢楼梯通往发电机层。

4、厂房的整体稳定性验算及基础处理

主、副厂房基底均落于新鲜基岩内，基坑开挖后，即浇基础砼。由于下游尾水位较高，50 年一遇校核洪水时相应的厂房下游尾水位为 213.98m，比厂房内地面高程 217.20m 低 3.22m，厂房底部高程为 204.00m，比洪水位低 9.98m，而且为空箱结构，在校核洪水位时将使厂房承受很大的浮托力，故需对主、副厂房进行抗浮稳定验算。

抗浮稳定性：厂房抗浮稳定计算采用下式：

$$K_f = \frac{\sum W}{U}$$

式中：K_f—抗浮稳定安全系数 1.1；

∑W—机组段（或安装间段）的全部重量；

U—作用于机组段（或安装间段）的扬压力总和；

主厂房下部为大体积砼结构，自重大，依靠自身重量即能克服浮托力的作用。经计算，校核洪水位时主厂房抗浮稳定安全系数为 2.16。

抗浮稳定安全系数满足规范要求。

根据调保计算结果，当三台机组同时突然关闭时，对主厂房产生的向下游方向的水平推力。抗滑稳定性：厂房计算采用下式：

$$K = \frac{f \sum W}{\sum P}$$

式中：K—抗滑稳定安全系数；

f—滑动面上的抗剪断摩擦系数；

ΣW —全部荷载对滑动面的法向力；

ΣP —全部荷载对滑动面的切向力；

取基础砂和基岩的摩擦系数为 0.5，不计厂房下游尾水和填土荷载的作用，利用抗滑稳定公式计算得出主厂房抗滑稳定安全系数为 4.28。

经计算抗滑稳定安全系数满足规范要求。

厂房上游侧为稳定的开挖边坡，开挖后回填采用浆砌块石回填，不承受山岩压力和填土压力，故不再对此类荷载作用下的厂房稳定性进行验算。

主、副厂房基础均坐落于③中风化角闪斜长片麻岩（AnZs），岩性单一，岩性较好，因此初步设计时暂不考虑进行固结灌浆和帷幕灌浆。

5、结构与建筑

主、副厂房地面高程相同，而且均置于完整基岩上，加之主副厂房平面尺寸不大，同时荷载不大，故不考虑设置沉降缝。主厂房兼顾到设备布置和结构上的要求，地面以下采用钢筋砼墙，地面以上采用钢筋砼框架结构，厂房屋面板采用钢筋砼现浇坡屋面，考虑厂房处于抗震区，设计时按《水工建筑物抗震设计规范》要求进行厂房抗震构造要求设计。

4.2.3 尾水和防洪建筑物

主厂房尾水管与下游河道之间采用尾水涵洞连接。由于厂房紧邻河道，尾水管长 7.2m。涵洞底宽分别为 3.0m。尾水管出口处涵底高程 200.73m，经 1:4 坡度上升至 202.28m 高程，该段水平长 2.00m，采用 0.5m 厚钢筋砼箱涵型式。

尾水管与站房间分缝，中间设止水橡皮，由于坐落于岩基上，故分缝处不设包箍。出口处设有门槽，尾水闸门只采用临时木质叠梁式闸门。尾水渠涵洞上回填浆砌块石，并作为下游侧的交通道路。

4.2.4 升压站

升压站位于副厂房屋东南角侧，紧靠副厂房。地面高程 214.00m，平面尺寸 24.50m（长）×13.50m（宽）。

升压站位置松散覆盖层较薄，可开挖至新鲜岩石后，主要设备基础均落于浆

新鲜岩石上。站周采用砖砌围墙保护。

升压站位于洪水位以上，所以没有防洪问题。

4.2.5 边坡处理及厂区排水

厂址区为山坡，地形坡度较陡。现状覆盖层较厚，其下地层为坚硬完整的角闪岩，在开挖时先清除表面覆盖层，基岩开挖边坡无需进行特殊保护。厂区岩石开挖边坡坡度暂按 1: 0.4 考虑，施工过程中如发现不利构造，再进行局部处理。边坡开挖过程中必须将坡顶覆盖层及松散孤石预先清除，施工结束后边上不得残留松动石块。

为防止山洪冲损厂区建筑物，在开挖边坡上部适当高程处布置排水沟，将山坡地表水导排至厂区下游。排水沟与进厂公路交叉处用涵管穿越。

厂区地表水由排水沟排泄，通过自流排水沟向河道排水。排水沟顺厂房周边布置。

4.3 水力机械

4.3.1 水轮机及其附属设备

1、电站基本数据：

(1)上游水位：设计洪水位（30 年一遇）：261.24m

正常蓄水位：256.00m

死水位：250.00m

(2)下游水位：校核洪水位（100 年一遇）：210.91m

正常尾水位：205.00m

最低尾水位：203.73m

(3)电站水头：最大水头：50.24m

设计水头：49.50m

最小水头：43.50m

(4)设计引用流量：5.78m³/s

2、水轮机型式选择

本站进水流道较短，流速不大，水力损失主要是拦污栅、主阀槽、渐变段局部水头损失，经计算电站在各工况水头损失为：0.4~0.5~0.55m。即电站机组工作的最大水头为 50.24m，设计水头为 49.5 m，最小水头为 43.5m。根据规划提供的相关资料，本电站引用流量较小，采用三台水轮机组，单机流量过小。所以参考小型水电站设计规范及国内类似电站的选型，本阶段拟选用三台机组。

本站净水头在 40m~50m 之间，查“中小型反击式水轮机使用范围图”，比较合适的水轮机型为混流式。混流式水轮机结构较为简单，价格较为便宜，运行维护方便，平均效率高、气蚀性能优越，适用水头范围广，并积累了丰富的制造和运行经验。故本阶段推荐经济适中，且效率高又便于运行维护的 HLA904 和 HLA616 两种混流式机型。详见表 6.1-1 混流式水轮发电机组比较表。

经调查了解，全国各主要水轮发电设备厂家均可对此机型供货。

方案一： HLA904-WJ-54A 型水轮机配套发电机 SFW800-6/1180

设计流量 $Q = 1.927 \text{ m}^3/\text{s}$

单位转速 $n' = nD1 / \sqrt{H} = 1000 \times 0.54 \div \sqrt{49.5} = 76.76$

单位流量 $Q' = Q / D1^2 \sqrt{H} = 1.927 / 0.542 \times \sqrt{49.5} = 0.939$

查 HLA904-WJ-54A 转轮综合特性曲线得： $\eta = 0.941$ ，修正系数一般 3%~3.5%，真机效率是 91.1%~90.6%。

图 6.1 HLA904-WJ-54A 型水轮机综合特性曲线可见：

发电机功率带额定负载时在高效区运行。

方案二： HLA616-WJ-55 配套发电机为 SFW800-6-1180；

设计流量 $Q = 1.9 \text{ m}^3/\text{s}$

单位转速 $n' = nD1 / \sqrt{H} = 1000 \times 0.55 \div \sqrt{49.5} = 78.17$

单位流量 $Q' = Q / D1^2 \sqrt{H} = 1.9 / 0.552 \times \sqrt{49.5} = 0.893$

查 HLA616 转轮综合特性曲线得： $\eta = 0.92$ ；修正系数一般 3%~3.5%，真机效率是 89%~88.5%。

从表中可以看出，两种机型均为混流式机组，差别不大，但方案一转轮综合特性效率为 0.91，而方案二转轮综合特性效率为 0.89，机组效率略低，故经综合分析，选用方案一作为本阶段的机型选择方案。

HLA904 和 HLA616 转轮综合特性曲线见附表。

表 4.3-1 水轮发电机组比较表

设备参数 \ 方 案	方案一	方案二
水轮机型号	HLA904-WJ-54A	HLA616-WJ-55
转轮直径 (m)	0.54	0.55
额定水头 (m)	49.5	49.5
额定流量 (m ³ /s)	1.927	1.9
额定转速 (rpm)	1000	1000
单位转速	76.76	78.17
单位流量	0.939	0.893
转轮曲线效率 (%)	91.1	89
吸出高度 (m)	3.5	2.5

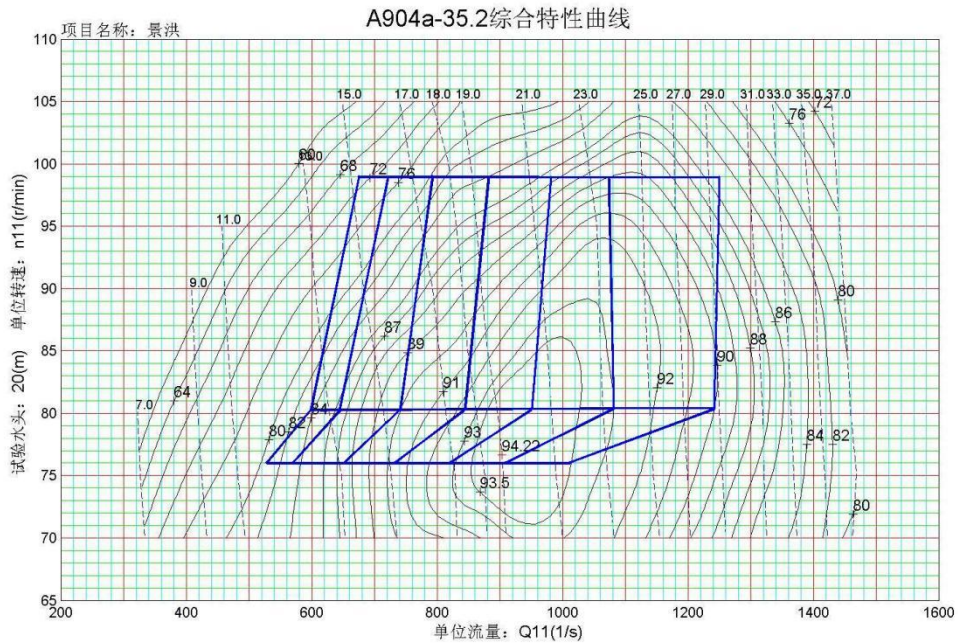


图 4. 1、HLA904-WJ-54A 型水轮机综合特性曲线

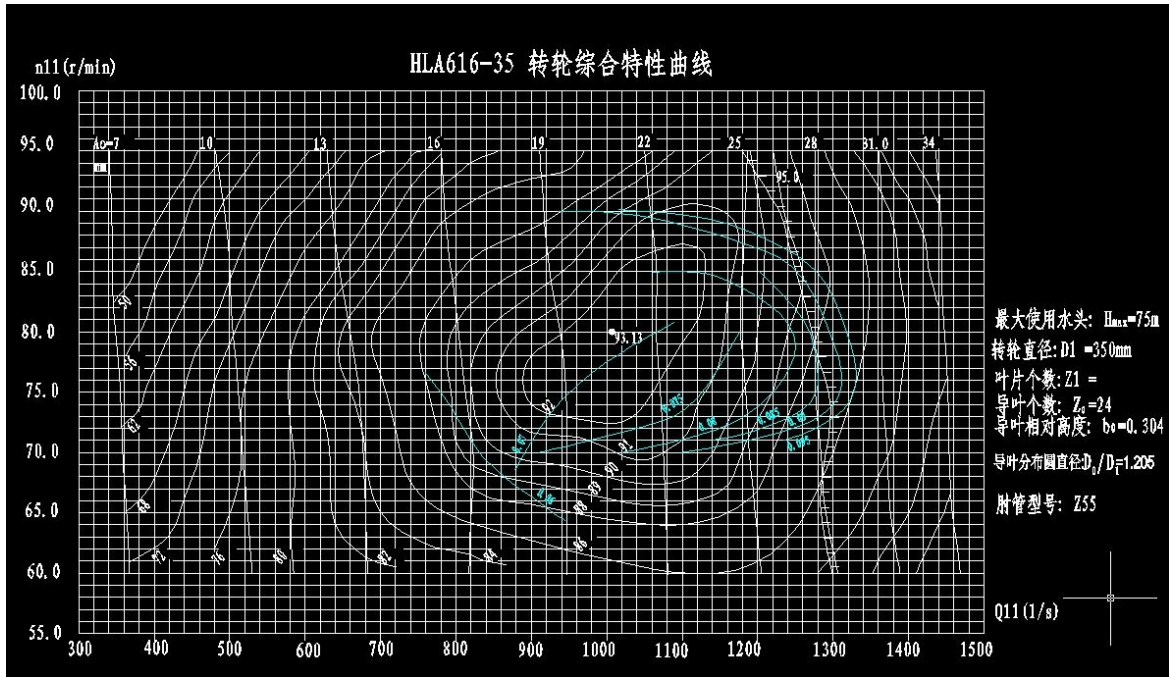


图 4. 2、HLA616-WJ-55 型水轮机综合特性曲线

从上表看，方案一和方案二相比，水机效率略高，两个方案在设计工作点的引用流量都略低于设计流量，满足电站规划要求。从结构看，两方案机组直径相差 0.01m，配套电机相同，对厂房的宽度要求相同；但在厂房高度方面，方案二的吸出高度比方案一低 1m，如采用方案二厂房的安装高度要比采用方案一低 1m，大大增加了土建的工程量。所以综合比较之下，决定选用方案一。

4.3.2 调速器选型

根据《水电站机电设计手册》（水力机械）中小型反击式水轮机所需接力器容量可按下式计算， $A = (20 \sim 25) Q(H_{max} * D)^{1/2} = 210 \sim 265 \text{ (kg.m)}$ ，

A——接力器容量(kg.m)；

H_{mix} ——最大水头(m)；

Q——最大水头下额定出力时的流量（ m^3/s ）；

D——转轮直径(m)；

因此选用调速功为 600kg.s 较为合适。因水流惯性常数 $T_w > 2.5s$ ，调速器应选择微机液压调速器；微机调速器型号为 YWT-600(PLC)，调速器与机组制动油压装置组

合成一体，油压装置的额定工作油压为 2.5Mpa。

水轮机进口设置快速主阀，作为机组的工作主阀，主阀关闭时间不得长于两分钟，以保证机组在调速器失灵或剪断销剪断时能快速关闭水流，防止机组飞逸。快速主阀前应配检修门。

4.3.3 调节保证计算

调节保证计算从进水主阀开始。由于电站水头变幅不大，故只计算设计工况。从进水主阀开始至站房引水系统长 704.98 米，电站设计工况时的 ΣLV 为 1246.57 m^2/S ，根据引水系统布置特点，调保参数按三台机甩全负荷时、水轮机导叶按直线关闭规律计算，其结果列于表 6-2。

调节保证计算的标准

$$\zeta_{\max} \quad \zeta_{\max} = (H_{\max} - H_0) / H_0$$

机组甩去全负载时蜗壳末端允许的最大压力上升率 ζ_{\max} 按下表考虑：

电站设计水头 (m)	<40	40~100	>100
ζ_{\max} (%)	70~50	50~30	<30

表 4.3-2 调节保证计算成果表

水头 (m)	电站设计水头 49.5 (m)
水轮机出力 (kW)	800
$\Sigma LV (m^2/S)$	1246.57
转动惯量 ($t \cdot m^2$)	1.1
导叶直线关闭时间 (s)	4
蜗壳压力升高值 (%)	0.38
机组速率升高 (%)	0.45
蜗壳压力最大值 (m)	8.69
尾水管真空值 (m)	5.18

从上表可以看出，当导叶直线关闭时间取 4(s)时，机组甩全负荷时水轮机进口的

最大压力上升值为 0.38, 转速上升值为 0.45, 均满足规范要求。引水系统应设调压井设施。低水头电站主要解决机组甩负荷时的机组的速率上升问题, 改善甩负荷过渡过程的措施: 增加机组转动惯量; 设置调压井或调压阀; 改变导叶关闭规律。在招标设计阶段应于厂家协调进一步确定机组调速器的关闭时间或分段关机方式。

4.3.4 辅助机械设备选择

1、厂房内起重设备选择

站内最重件为发电机转子连轴、发电机定子、水轮机本体(卧壳和导水机构组合件), 三者中最大的, 经咨询相关厂家, 最重件为发电机重约 8.5 吨, 故主厂房选用 LD-100kN 型电动单梁起重设备, 额定起吊重量 10T, 起升高度 24m, 跨度 11m, 作为机组安装和检修用。

2、油系统

(1) 该站使用透平油设备主要是 YWT-600(PLC) 调速器和变速机构, 其需油量为 200 升/台, 机组轴承的用油量很小。经计算整个机组的用油量为 0.4 m^3 (其中包括机组备用油量 0.20 m^3), 选 0.5 m^3 的净污油桶各一只, 油桶与用油设备之间不敷设永久性联结管道。油处理设备选用 LY-50 型压力滤油机一台, 与绝缘油系统合用。油桶布置于水轮机层。

(2) 绝缘油系统主要用油设备为电站变压器, 其一次性充油量为 980 kg, 折算成体积为 1.13 m^3 (比重按 0.866 T/m^3 计), 用油量不大。不再设专用的储油设备, 换油时可临时购置。

3、气系统

为满足机组制动用气及检修时风动工具用气, 电站配置中压气系统, 参照规程要求本站选配 2V-0.6/7 低压空压机一台, 并配有 1 m^3 的贮气罐一只。调速器的油压装置能自动补气, 无需设置高压气系统。贮气罐和空压机布置在电站的水轮机层。

4、水系统

(1) 技术供水

机组大轴密封、推力轴承及导轴承均需通水密封或冷却。其水压在 $0.2 \sim 0.3 \text{ Mpa}$, 由于电站水头较高, 采用自流供水已经可以满足水压要求, 故不再设置供水泵。

(2) 消防供水

消防供水亦由技术供水供给。主厂房设置两个嵌入墙内的消火栓，并配置一定量的泡沫、干粉灭火器辅助消灭。在主厂房两端分别布置一个室外消火栓，考虑厂区消火。

(3) 生活供水

由电站供水干管引接。

(4) 排水系统

机组检修时，蜗壳积水由放空阀排至尾水渠，尾水渠检修考虑用 JQB-2-10 潜水泵临时抽排。机组正常工作时，大轴密封漏水及轴承冷却水排至下游尾水。当下游水位较高时，大轴密封漏水排至集水井，由集水井排出。其他如主厂房内各法兰漏水、阀坑集水、滤水器清污等渗漏水量排至积水井，参考有关已建电站，集水井有效容积取为 30m³，排水泵选用自吸式离心泵两台，型号为 3Z-15。

④ 水力监测系统

配用一台 FSX-210 检测仪，监测上下游水位，并适时检测电站的运行水头。配用三台 FSX-210 检测仪，对拦污栅前后压差进行监测。配置一定数量的远传压力表和真空表，监测机组进口水压力及尾水真空，所有监测数据均上传至上位机系统。集水井设置液位信号器，控制排水泵的起停。

⑤ 采暖通风系统

本站由于受水轮机发电机安装高程较低的限制，自然通风条件不良，故需设置风机辅助通风。风道设在下游侧，风机出口高出设计洪水位。所选风机型号如表 4—3。

表 4.3-3 风机型号表

型 号	台数	功率 (kw)	备 注
T40-11N05	2	2×0.6	用于主厂房通风

中央控制室考虑设置空气调节装置，选用格力 KFR-50W 立柜式空调器一台，以改善运行值班室的工作条件。

⑥ 机修设备

电站离城较近，大宗设备维修可拉至城里专业设备厂维修，故本站不再选用大型机修设备，以减小电站投资。但为满足机组的中、小修时的水轮发电机组及辅助设备和易损件的加工处理，考虑设置一定量的机修设备。设备的型号及数量见机械设备

材料表。

4.3.5 水力机械设备布置

下游尾水位取 205 米，水轮机的吸出高取 3.5m 同时考虑尾水管的出口淹没深，水轮机的安装高程本阶段拟定为 205.63m。水轮发电机层地面高程为 204.80m。考虑进出水流道尺寸及调速器的布置，机组间距取为 9.5m。调速器布置在主厂房进水侧。

4.3.6 水力机械设备材料表

序号	名称	型号规格	单位	数量	备注
1	水轮机	HLA904-WJ-54A	台	3	
2	发电机	SFW800-6-1180	台	3	
3	调速器	YWT-600 (PLC)	台	3	
4	四合一控制柜	ME-0.4-M	台	3	
5	电动蝶阀	D943H-25 DN800	台	3	
6	自动化元件		套	3	
7	行车	LD-100kN	台	1	
8	压力滤油机	LY-50	台	1	
9	油桶	0.5m ³	只	2	
10	潜水泵	JQB-2-10	台	1	
11	自吸式水泵	3Z-15	台	2	
12	风机	T40-11N05	台	3	
13	空调	KFR-50W	台	1	
14	水力机械设备安装辅助用钢材		吨	2	
15	油气水用钢管		吨	3	

4.4 电气工程

本章电气工程的编写以 SL/T619—2021《小型水电站初步设计报告编制规程》和 GB50071-2014《小型水电站设计规范》等为依据。

4.4.1 概况

安家河水电站总装机容量为 $3 \times 800\text{kW}$ ，水轮机型号为 HLA904-WJ-54A，发电机型号 SFW800-6/1180，额定容量 800kW，额定电压 6.3KV，额定功率因数 0.8，额定电流 138A。

本站以 35kV 电压级，采用 LGJ-70 型导线接入郑家湾水电站 1#变压器 35kV 端并

网再升压 110kV 经 616#郑白线路并入大网。

4.4.2 接入系统方式

根据安家河水电站的功能特性以及其地理位置、装机容量、负荷情况进行分析，本站建成后除满足本站自用电外，多余电能将通过郑家湾 110kV 变电所送入大网。

本站接入系统方式拟采用两种方案：

方案一：采用 35kV 电压级，一回出线，输送容量 2400kW；输电线路（LGJ-70）长约 5km，接入郑家湾 110kV 变电所 35kV 母线。并经 110kV 输电线路接入大网。

方案二：采用 10kV 电压级，一回出线，输送容量 2400kW；输电线路（LGJ-70）长约 5km，接入郑家湾 110kV 变电所 10kV 母线。再经升压至 35kV 接入大网。

方案一的优点是线路输送电能损失小，接线简单，利于全站微机综合自动化的实施。缺点是线路及电站的变电部分初期投资较大。

方案二的优点是发供结合，输变电投资初期较小。但目前郑家湾水电站变电所无 10KV 间隔且用 10KV 并网线损明显大于方案一。

根据以上分析，拟采用第一方案为本站接入系统方式。

4.4.3 电气主接线

4.4.3.1 电气主接线

根据本站装机 3 台、35kV 出线 1 回的特点，按照接入系统方式的比较结果，推荐本站以 35kV 输电线路（LGJ-70 约 2.5km）接于郑家湾水电站升压站 35kV 母线。电站近区已有完善的供电网络，为了便于管理，本站只发不供。因此，结合电站运行的安全性、灵活性、节约投资等原则对本站主接线提出了下述两种可行方案进行比较论证。

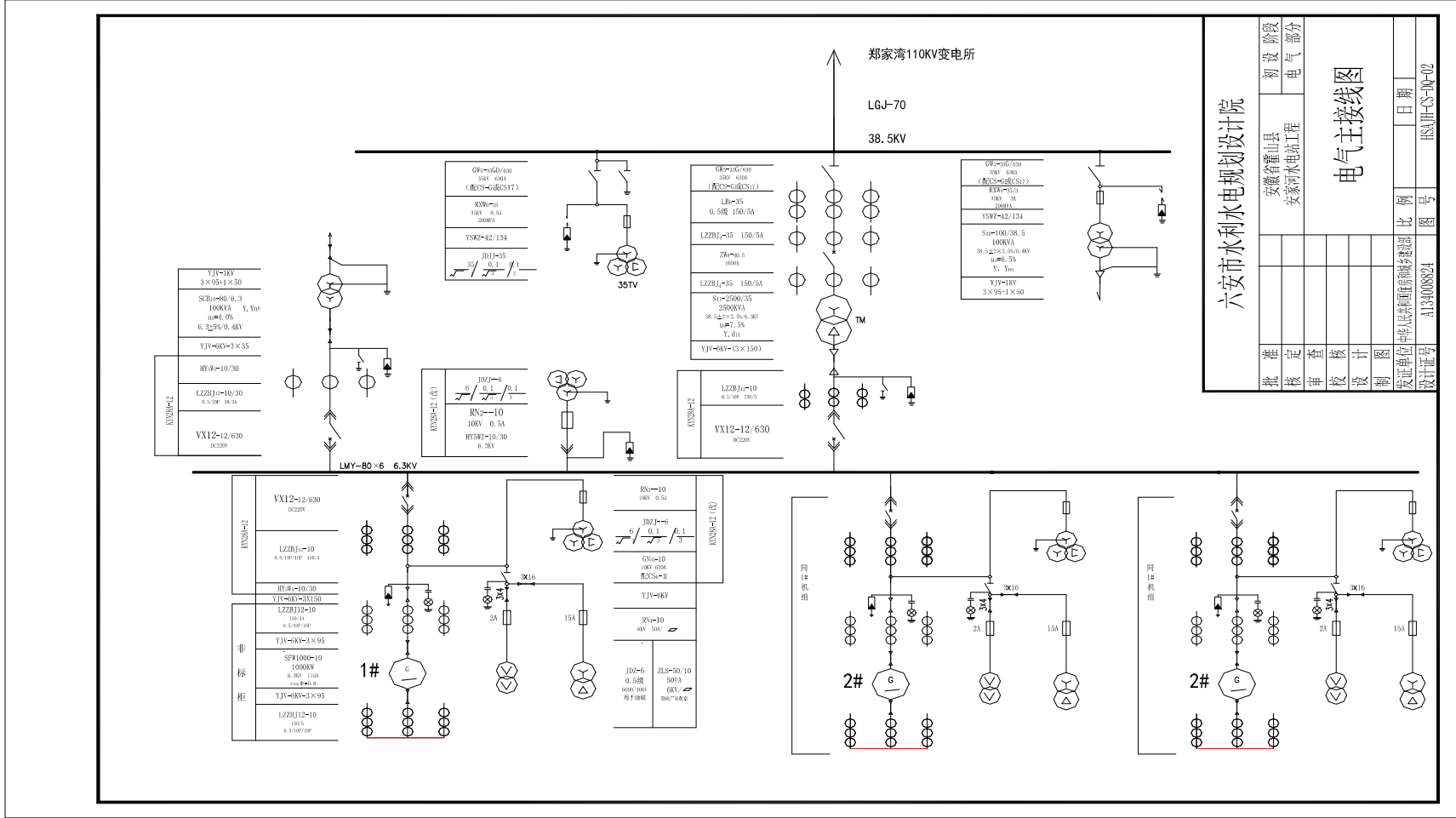
方案一：发电机出线侧采用扩大单元接线，即三台机组共用一台升压变压器，每台发电机出口侧至主变之间设置断路器、隔离开关，而主变进线侧不设断路器的接线方式。升高电压侧接线采用变压器~线路单元接线，即线路和变压器高压侧共用一台断路器，当任设备发生事故时，分别由各自的继电保护动作断开此断路器。厂用变拟接在 35kV 线路出线侧，采用高压熔断器保护。当主变故障或电站不运行期间，厂用电仍能保证，提高了厂用电的供电可靠性。备用的厂用变拟接于 6.3kV 发电机母线。

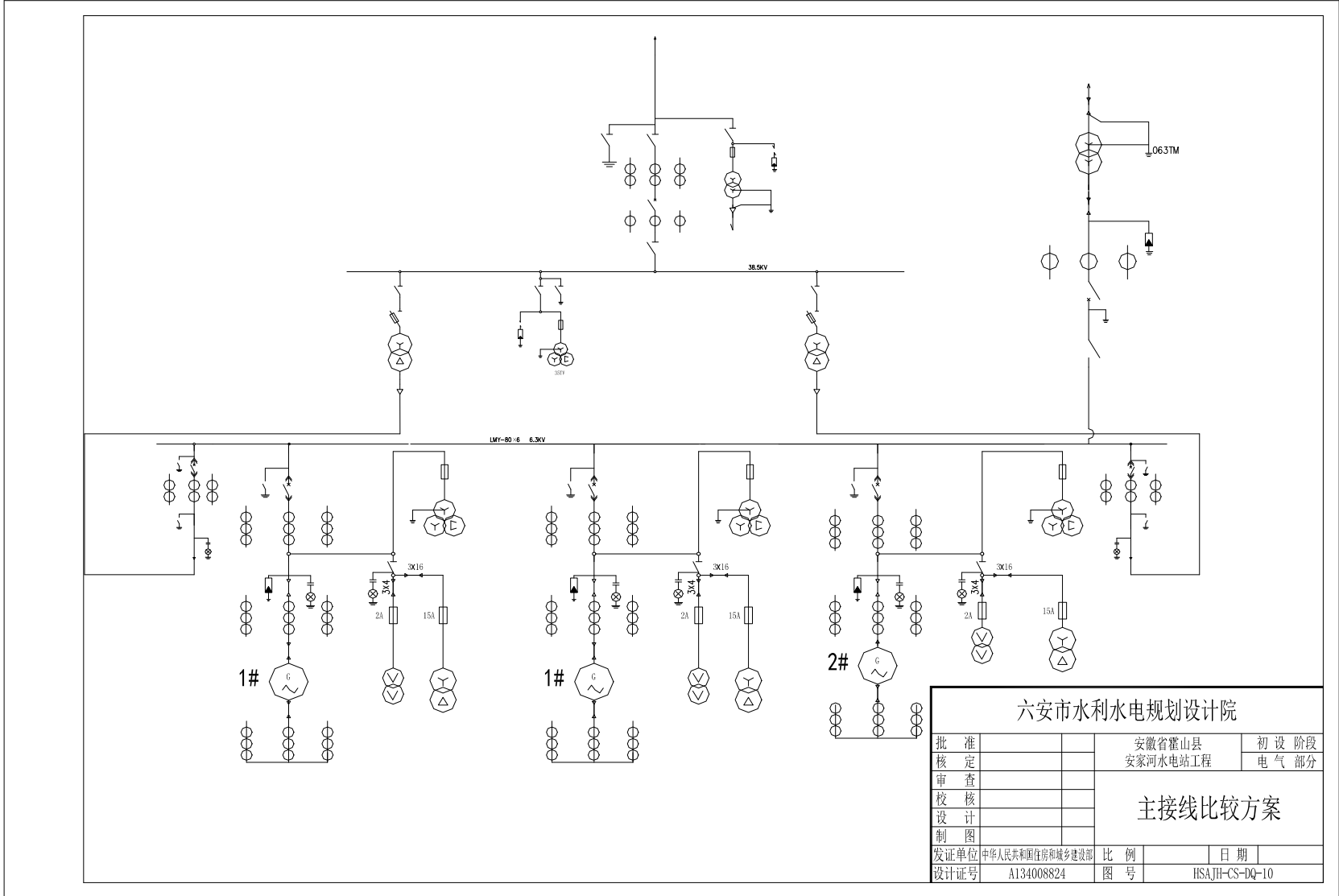
方案二：发电机电压侧采用单母线接线：即三台机组均引至 6.3kv 母线，经母线汇流后由两台主变并联引出，主变 6.3KV 侧为单母线。三台发电机出口侧设置断路器、隔离开关，两台主变低压侧也设置断路器、隔离开关。升高电压侧接线采用 35kv 单母线，两台主变高压侧（35kv）设置高压熔断器（或断路器）、隔离开关，35kv 出线设置断路器、隔离开关。厂用变设置与方案一相同。

优缺点比较：

方案一：接线简单、清晰，运行维护方便，继电保护配置简单，屋外配电装置占地面积小。采用一台主变，不但变压器本身的投资降低，而且由于升高电压侧进线的减少使该侧配电装置得到简化。其缺点是，运行上灵活性差，主变事故或检修时，则整个扩大单元均需停止工作。

方案二：常规接线，采用二台主变，可以提高供电的可靠性和灵活性。当任一台发电机或主变事故时，仍能保证电站至少一台机组的正常发电升压。缺点是增加 1 面 6.3kv 高压开关柜，且主变低压侧加装断路器。设置两台主变不但增加了主变本体投资，且升高电压侧设置两组高压熔断器和隔离开关及 35kv 单母线，接线形式相对复杂，运行、维护的工作量大，投资也大，同时增加了屋外配电装置占地面积。在地形复杂的条件下，该方案是不适宜的。





六安市水利水电规划设计院			
批准		安徽省霍山县	初设阶段
核定		安家河水电站工程	电气部分
审查		主接线比较方案	
校核			
设计			
制图			
发证单位	中华人民共和国住房和城乡建设部	比例	日期
设计证号	A134008824	图号	HSAJH-CS-DQ-10

4.4.3.2 厂用电

1、本站厂用电特点：

本站属于小型水电站，机组台数为三台，且单机容量相对较小，厂用电负荷不高，并无高压用电设备。因此，厂用电采用机组自用电与全站公用电统一供电的方式，供电电压采用 380/220v 三相四线制系统。

2、厂用电源的取得方式：

根据规程厂用电源首先考虑由发电机电压母线引接。由于本站是引水式低水头电站，机组运行发电受控于丰、平、枯季节来水，由机压侧供电是可行的。但当主变故障或检修且机组不发电时，厂用电源不能保证。因此，本站厂用电电源拟从 35kV 出线侧引接至 S11-100/35 型厂用变，以保证厂用电的可靠性。同时从 6.3kV 发电机母线引接 S11-100/10 型厂用变作为本站厂用电备用电源。正常情况下，厂用电源由 35kV 出线或 6.3kV 发电机母线引接，事故情况下，由备用自投装置予以切换。机组停机或主变检修情况下，仍由 35kV 厂用变供电。

3、厂用变的选择：

由于厂用电源取自两处，故设置两台厂用变压器，互为备用。变压器仅按照三台机组全部运行时的厂用电负荷容量进行计算。至于两台机运行、一台机检修时，所需负荷容量计算作为厂用变容量选择参考。在计算中，取低压网络损失系数为 1.05，负荷率 0.7，同时率 0.7，算得所需厂用变容量为 97kVA。详见表 6—1。所选两台厂用变型号分别为：S11-100/35 100KVA，S11-100/10 100KVA。

表 4.4-1 厂用电负荷统计表

序号	设备名称	台数	单台设备参数				计算负荷容量 KVA
			功率 kW	功率因数	效率 η	容量 KVA	
1	调速器油泵	3	2.2	0.8	0.85	3	10
2	快速主阀	3	7.5	0.8	0.85	11	33
3	齿轮油泵电机	1	2.2	0.8	0.85	3	3
4	排水泵	2	7.5	0.85	0.9	10	20
5	供水泵	2	5.5	0.85	0.9	7	14
6	压力滤油机	1	1.1	0.85	0.86	2	2
7	滤纸烘箱	1	2.2	0.8	0.86	3	3
8	低压空压机	1	5.5	0.85	0.87	7	7
9	励磁变风机	2	0.37	0.85	0.87	1	1
10	透平油库风机	1	0.12	0.85	0.87	0	0
11	发电机通风机	3	2.2	0.8	0.87	3	9
12	行车	1	11	0.8	0.87	16	16
13	空调器	1	5	0.9	0.95	6	6
14	台式钻床	1	0.75	0.85	0.9	1	1
15	砂轮机	1	1	0.85	0.9	1	1
16	交流电焊机	1	21	0.85	0.9	27	27
17	励磁交流电源	2	2	0.8	0.9	3	6
18	直流屏交流电源					4	4
19	照明					10	10
20	其他					15	15
合计							189

计算容量： $189 \times 0.7 \times 0.7 \times 1.05 = 97.2 \text{KVA}$

备注：计入负荷率 0.7；同时率 0.7；网络损失系数 1.05

4、厂用电接线

根据《小型水利发电站设计规范》第 7.3.3 条厂用变高压侧宜装设断路器，但由于本站装机容量小于 10MW，可以适当简化，因此，本站厂用电母线采用单母线，

35kV 厂用变 (S11-100/35) 高压侧采用隔离开关、高压熔断器保护。6.3kV 备用厂变 (S11-100/10) 高压侧采用开关柜断路器保护。它们的低压侧同时进线至低压总柜，并分别由装于同一面柜的自动空气开关进行控制。两台厂变低压侧因相位角不同，严禁并列运行。采用微机控制备用电源自投入装置，在一台厂变事故跳闸后，另一台自动投入。

在厂用电母线上，除低压总柜外，另外接一面多回路 MNS10 柜，该柜为单面操作。其中 4 回分别引接 4 面 XL-21-47 动力配电箱。其它回路直接向主、副厂房照明箱、中控室空调、通信、微机、直流屏等负荷供电。详见《站用电系统接线图》。

本站厂区 (含坝区) 范围内其它日常负荷也由厂用电低压柜供电。

4.4.4 主要电气设备

4.4.4.1 短路电流计算成果

本站短路电流计算是依据黄山市安家河电站拟接入大网郑家湾 110kV 变电所 35kV 母线在最大运行方式下发生短路时系统综合阻抗值、该变电所其它小水电接线形式和参数、本站的主接线型式及接入系统方式等进行计算。

系统阻抗：算得郑家湾 110kV 变电所 35kV 变电所母线综合阻抗标幺值 0.412，基准容量 100KVA，基准电压： $u_j = u_p$ 。

根据上述参数，计算出各元件阻抗标幺值，再算出各短路点短路电流。等值阻抗图与短路电流计算成果见附图和表。

等值阻抗图

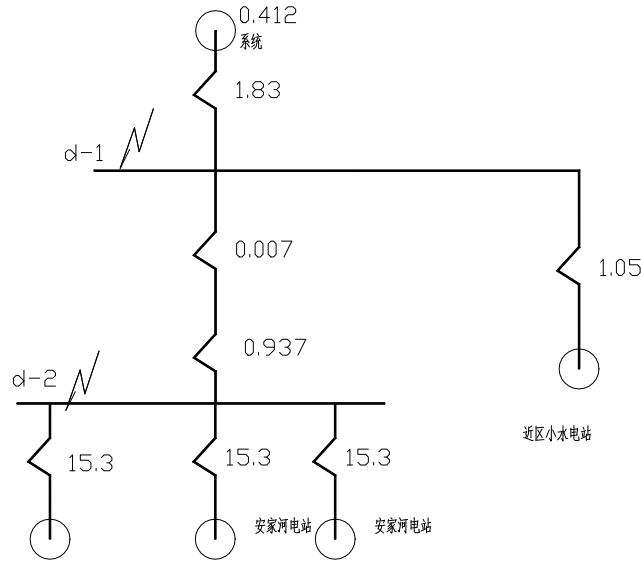


表 4.4-2 短路电流计算成果表

顺序号	短路点	平均电压 (kv)	发电机种类	冲击短路电流 $i_{ch}=2.55I''$	短路全电流最大有效值 $I_{ch}=1.52I''$	短路全电流 I''	短路容量 MVA
1	2	3	5	17	18		19
1	d-1	37	水	4.72	2.81	1.85	118.5
2	d-2	6.3	水	15.88	9.47	6.23	67.9

4.4.4.2 主要电气设备

1) 发电机

本站初步设计卧式混流水轮发电机组 3 台套，发电机型号为 SFW800-8/1430，其单机容量 800kW，额定电压 6.3kV，额定功率因数 0.8，额定电流 138A。

2) 主变压器

本站发电机与主变压器的连接为三机一变扩大单元接线(其中一台机组为备用机组)。因此主变容量应按三台发电机的额定容量选配。即按照 $3 \times 800\text{kW}$ 容量选择。所选主变型号为 S11-3200/35，主变容量 3200KVA，变比 $38.5 \pm 5\%/6.3\text{kV}$ ， $U_d=7.5\%$ ，

Y, d11。

3) 厂用变压器

本站采用两台厂用变，一台为 35kV 厂用变，型号为 S11-100/35，容量 100KVA，变比 $38.5 \pm 5\%/0.4\text{kV}$ ， $U_d=6.5\%$ ，Y, yno。另一台厂用变，型号为 S11-100/10，容量 100KVA，变比 $6.3 \pm 5\%/0.4\text{kV}$ ， $U_d=4\%$ ，Y, yno。

4) 其他电气设备

根据规程规范各电气设备按其所在回路的最高工作电压，最大负荷电流进行选择，并按照短路条件下的动、热稳定进行校核。35kV 侧：断路器选用 ZW8-40.5/1600A 户外高压真空断路器（附 LZBJ4-35 电流互感器），隔离开关选用 GW5-35GD/630 型，电流互感器采用 LB6-35 型户外全封闭独立式。6.3kV 侧：选用 KYN28A-12 型移开式金属封闭开关柜，柜内选配 VX-12/630 型真空断路器，LZBJ9-10 型电流互感器。发电机出线选用 YJV-6kV-3×95 型电力电缆。发电机出口及中性点侧电流互感器均采用 LZBJ9-10 型电流互感器，制成非标柜。

所选电气设备，经短路条件下的动、热稳定校核，均满足要求。

4.4.5 防雷接地

4.4.5.1 防雷保护

为防止直接雷击电力设备，在升压站布置一根 21m 高的独立避雷针，以保护主变压器、35kV 屋外配电装置及 35kV 线路终端杆（该杆距 35kV 出线门型架不大于 15m，偏角不大于 15° ）。

为防止雷电波沿输电线路侵入，在 35kV 厂用变间隔、电压互感器间隔分别装设一组氧化锌避雷器。

为防止或减少近区雷击闪路，在联网的 35kV 输电线路的两端进线段各架设 1.5km 避雷线，共 3.0km 避雷线。

主、副厂房屋顶均设置屋顶避雷带。

4.4.5.2 接地方案

主、副厂房和变电站的接地装置，按有关规程规定进行设计。采用垂直接地极和水平接地带组成封闭接地装置。主、副厂房沿发电机层开挖线布置环形接地带引接尾水地板的配筋，并利用排架柱内通长主筋上引至中控层接地带和屋顶避雷带。

沿电缆沟及电缆竖井明敷接地圆钢，使升压站、主、副厂房接地带相接，形成总接地网，其接地电阻不大于 4Ω 。独立避雷针设独立的接地装置，其接地电阻应不大于 10Ω 。其接地装置可与站房、升压站主接地网连接，连接长度应大于 15m 。综合自动化系统的防雷接地，可按弱电系统防雷接地要求实施。

4.4.6 综合自动化

4.4.6.1 控制方式

本站只发不供，其运行调度受控于郑家湾 110kV 变电所。

根据主机的选型及业主的意见，并按 SL229-2000 之规定。本站采用在开机条件具备的情况下的少人值班控制方式。即：

- 1) 调速器油压正常水轮机处于全关位置；
- 2) 少人值班控制方式
- 3) 主阀全开；
- 4) 发电机冷却水已通；
- 5) 水力机械无故障或事故信号；
- 6) 发电机出口断路器处于断开位置；
- 7) 继电保护正常。

4.4.6.2 电站自动化

- 1) 改变机组运行工况的各项操作：如开机、停机等。
- 2) 监视全站机电设备的状况，及时发现、快速处理。
- 3) 调节、保持机组和电站的各种工况等并使之经常处于最佳运行工况下工作。
- 4) 自动控制机组附属设备及电站公用设备的动作。
- 5) 厂用电备用电源自动接入。
- 6) 事故照明自动切换。

4.4.6.3 机组自动化

- 1) 励磁系统

本站水轮发电机组拟采用 ZLK-4 型控制可控硅自并励励磁装置。该装置具有主回路接线简单、造价低等优点。发电机励磁功率由接于机端的励磁变经可控硅整流后供给。机组启动时，由起励装置建立初始电压，发电机励磁调整通过自动励磁调节器改变可控硅的控制角来实现。

2) 调速器

本站机组调速器拟采用 YWT-600(PLC)可编程微机调速器。它能使机组在各种工况下稳定运行、可实现机组的自动和手动开、停机，并网运行，调节机组负荷，事故紧急停机等。

4.4.6.4 微机综合自动化系统

控制方式的选择

随着计算机技术的迅速发展，计算机监控系统在电力系统的应用日益普及，其可靠性不断提高，技术上趋于成熟、完善。计算机监控系统具有技术先进、结构简单、可靠性高、灵活性高、功能与实时性强等诸多优点。在水电站应用中，能大大提高电站综合自动化水平，能对机组进行正常的顺序控制和自动经济调节，提高了经济效益，减少运行、管理的劳动强度。随着国内小水电站越来越普遍地采用计算机监控系统，根据省有关部门要求和业主的意见，本站拟采用计算机监控保护综合自动化系统。同时为了保证电站的安全可靠运行，设置简化的常规监控设备，在监控系统停止工作或出现紧急状态时，能以传统方式对机组进行操作控制。

微机监控保护综合自动化系统结构

根据本站的具体情况和特点，采用以微机监控为主常规为辅的分布式系统结构。

本站微机监控综合自动化系统主要由上位机系统（主控级）和现地控制单元系统（单元控制级）两大部分组成。其中发电机综合自动化单元、变压器综合自动化单元、线路综合自动化单元、厂变综合自动化单元及备自投装置、直流采集装置、同期装置以及进水闸阀、调速器、励磁装置等辅机等单元构成现地控制单元系统。上位机系统由主机、打印机、UPS 等构成，实现人机交互功能。

当地上位系统：（主控级）

包括：主机、打印机、UPS

功能：1、显示功能

- 2、打印功能
- 3、事故处理功能
- 4、报表统计功能
- 5、模拟操作及操作票打印
- 6、开机、停机跟踪及操作闭锁
- 7、自动发电机控制，电压调节与经济运行
- 8、数据管理功能
- 9、人机接口及组态功能

现地控制单元功能和配置（单元控制级）

一、发电机综合自动化单元（1#、2#、3#发电机综合自动化屏）3面

主要包括：发电机监控装置，发电机保护装置

1、监控功能：

模拟量采集

开关量采集

脉冲量采集

断路器控制

接受上位召唤信息

2、保护功能（详见继电保护配置图）

发电机组纵联差动保护

定子绕组过负荷保护

复合电压过电流保护

过电压保护

6.3kV 母线单相接地保护

转子接地保护

低励失磁保护

二、主变、35kV 线路、厂变综合自动化单元（公用控制屏）1面

1、主变监控功能：

模拟量采集

开关量采集

电度脉冲信号采集

断路器控制功能

谐波分析功能

2、主变保护功能：

差动保护

复合电压闭锁过电流保护。

过负荷保护

35kV 单相接地保护

主变本体保护：重瓦斯、轻瓦斯保护，温度保护

3、35kV 线路监控功能

模拟量采集

开关量采集

脉冲量采集

断路器控制功能

谐波分析功能

4、35kV 线路保护功能

三段式电流保护：

电流速断

限时电流速断

过电流保护

三相一次自动重合闸及重合闸后加速保护

重合闸可检同期，判无压，重合于永久性故障后加速跳闸。

PT 断线告警

5、厂用变保护、监控功能：

模拟量采集

脉冲量采集

开关量采集

控制：控制厂变开关跳合闸。

保护：电流速断保护；过电流保护；过负荷保护。

备用电源自投装置

6、公用控制屏主要设备：

包括：a、公共控制 PLC（可编程逻辑控制器）

b、仪表、出口继电器

c、开关电源、逆变电源

d、非电量采集装置等

三、机组控制单元（LCU）：（机组现地控制屏） 2 面

包括：1、机组控制 PLC（可编程逻辑控制器）

2、微机温度巡检装置

3、微机转速测量装置

4、开关电源

5、出口继电器、信号继电器、仪表、逆变电源等

功能：1、机组控制：

可以实现紧急停机、手动准同期或自动准同期操作，机组有功、无功调节。

对于现地或远方发出的开机命令，自检开机条件。条件不满足，给出信号，操作命令取消；条件满足时，程序按步骤执行。当某一元件故障时发出信号，定位故障，命令取消。

分段程序起停机操作：

起机程序：准备—开阀—起机—励磁—同期—负荷

自动停机：正常停机、紧急停机

运行状态指示：反应机组运行状态、控制方式等信息

发出事故与故障信号

2、数据采集及处理

3、监视显示：

4、控制调节

5、水力机械保护

发电机铁芯温度保护，发电机轴承瓦温度保护，发电机冷却水示流保护，水轮机超速保护，调速器油压降低事故紧急停机及其它。

6、通信功能：

- 7、自诊断功能
- 8、参与跳闸温度点的采集和处理
- 9、机组转速测量
- 10、机组温度测量

四、中央信号及同期：

- 包括：1、微机准同期装置
- 2、中央信号装置
 - 3、手动准同期
 - 4、表计、开关、按钮、电铃、指示灯等

微机综合自动化系统配置

本站微机综合自动化系统设备配置如下页表：

综上所述，本站微机监控、保护综合自动化系统将机电设备的测量、控制、保护集于一体，有利于提高电站的自动化水平，减少了劳动强度，改善了运行环境。

详见《综合自动化系统框图》和《综合自动化系统主屏图》

序号	项 目	单位	数
1	上位机系统	套	1
2	发电机保护屏	面	1
3	变压器、35kV 线路、厂变保护屏	面	1
4	机组及公用设备控制屏	面	3

4.4.7 继电保护

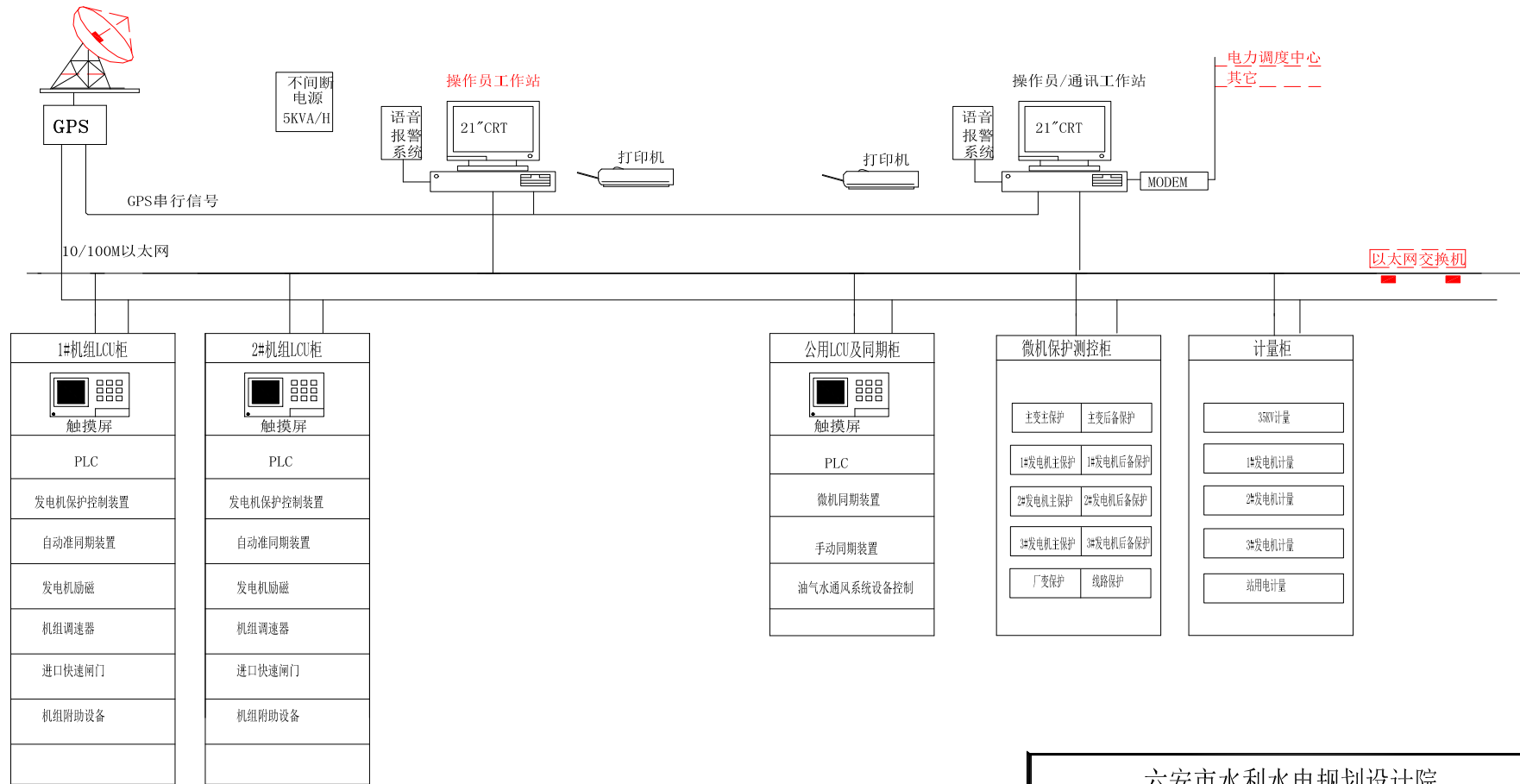
本站主要电气设备的继电保护装置按照部颁《继电保护和安全自动化装置技术规程》的规定，并结合本站电气主接线的特点进行配置。配置详见《测量保护配置图》《综合自动化系统组屏图》。

1、35kV 线路保护

主要包括三段式电流保护：

- ①电流速断
- ②限时电流速断
- ③过电流保护

《综合自动化系统图》



六安市水利水电规划设计院
 批准 | 安徽安澜山 | 初设图

2、主变保护

主要包括：①瓦斯保护（轻瓦斯动作于信号，重瓦斯动作于跳闸）

- ②纵联差动保护
- ③复合电压闭锁过电流保护
- ④过负荷保护
- ⑤温度保护

3、发电机保护：

主要包括：①纵联差动保护

- ② 复合电压过电流保护
- ③ 定子绕组接地保护
- ④转子一点接地保护
- ⑤ 过电压保护
- ⑥失磁保护
- ⑦过负荷保护
- ⑧6.3kV 母线单项接地保护

4、厂变保护：35kV 高压熔断器保护,6.3kV 厂变断路器短路保护

5、重合闸

35kV 线路装设自动重合闸

以上保护详见 8.5.4 微机监控保护综合自动化。

4.4.8 二次接线

4.4.8.1 直流、同期、测量、信号系统

1、直流系统

本站选用一套 YT-20/220/10F-100AH 型免维护铅酸蓄电池直流成套装置，供全站保护、控制、信号系统以及事故情况下通信、照明、现地控制装置、消防控制等直流用电。直流系统电压选用 220V，事故负荷持续时间按半小时计算，冲击负荷按全站中合闸电流最大的一台断路器的合闸电流进行统计。本站选用的免维护铅酸蓄电池直流成套装置共 2 块屏，布置在中控室。它集电压监察、绝缘监视、控制输出、合闸输出等于一体。具有安装维护简单、运行可靠、无污染等优点。

直流系统的控制母线和合闸母线均采用单母线接线。

2、同期

根据本站电气主接线和运行方式确定发电机出口断路器和 35kV 线路断路器设置同期点。

发电机出口断路器采用自动准同期方式作为正常的同期方式，以手动准同期作为备用的同期并列方式。并以自动自同期作为系统事故情况下的同期并列方式。

35kV 线路断路器采用手动准同期方式。

3、测量

电气测量仪表根据部颁《电气测量仪表装置设计技术规程》和本站特点进行配置，详见《测量保护配置图》。

4、音响信号系统

由于电站是以微机为主要监控方式，能集中在大屏幕显示器上显示和打印机打印输出各种事故及故障信号，并音响报警和语音报警。另在中控室集控台及同期中央信号屏上装设反映各设备的运行状态及各元件的总事故及总故障信号，作为微机系统的后备。

本站直流、同期、测量信号系统除以上说明外，另请参见微机监控保护综合自动化系统。

4.4.8.2 电流、电压互感器的配置

本站电流、电压互感器的配置如下

JDJJ-35 型 35kV 电压互感器一组，JDZJ-6 型 6kV 母线电压互感器发电机出口，JDZJ-6 型 6kV 电压互感器三组，励磁用 JDZJ-6 型 6kV 电压互感器三组。LB6-35 型 35kV 出线电流互感器一组，ZW8-40.5 型 35kV 断路器瓷套管所附 LZBJ4-35 型互感器各一组。每台发电机出口及中性点 LZBJ12-10 型电流互感器计三组，所用电配置的电流互感器均按正常配置。

4.4.9 电工实验室

为满足电站运行、检修和进行必要的试验，在附近管理区设置了电工试验室，并根据《水电站电气试验室仪表设备配置标准》配置电气试验设备。可以进行下列工作：

- 1、进行电气设备定期的预防性试验；
- 2、电气测量仪表的定期校验；
- 3、继电保护、自动化装置定期试验；
- 4、电气设备检修和故障处理时必要的测量试验；

4.4.10 通信

1、系统通信

本站以一回 35kV 线路接于郑家湾水电站升压站 35kV 母线。本站受郑家湾水电站变电所调度，其通信方式采用电力线载波通信。

2、对外通信

站内设一部电话与本地邮电局相通，并通过该局，接入六安市电信网，实现电站对外联系。

3、远动

委托单位对远动未提出要求，故本设计阶段暂不考虑。本站微机监控系统预留远动通道接口。

4、通信设备电源

正常情况下，通信设备由厂用交流电供电，直流电作为备用电源。

4.4.11 电气设备布置

4.4.11.1 厂房电气设备布置

本站设有主厂房和副厂房。主厂房设为一层即水轮发电机层，高程为 204.80m，副厂房设为二层，一层为励磁变室、励磁电压互感器室、电缆间，均同发电机层同一高程，布置厂房的西端；二层高程为 212.80m，为中控室、高压开关室，如安装场同一高程。水轮发电机层布置有 2 台发电机组，在主厂房进水侧的每台发电机侧边成一直列垂直于水论发电机轴线置有 2 块屏。其中：微机现地控制屏 1 面、励磁屏 1 面。

中控室内设有直流屏、1~2#发电机保护、变压器及 35kV 线路厂变保护屏、公共控制屏、以及低压配电屏共 8 面，大部分型号为 PK/30 型屏，沿东北两面墙呈“一”型布置，屏后距墙 1m。屏前居中布置一台微机集控台，使之可以坐视整个屏面，侧

视可见发电机层的运行情况。

高压开关室设在中控室侧面，室内设有 KYN28-12 箱型移开式金属封闭开关柜 8 台，沿南墙“一”字型单侧布置。柜后距墙 1.0m。

动力配电箱共 4 只，型号为 XL-21 型。其中安装场设置 1 只，发电机层设置 3 只。

照明配电箱 2 只，型号为 XX(R)P-3012，分别设在中控室、主厂房。

厂用变设置在屋外升压站，6.3kV 备用厂用变设置在附近的管理区。

副厂房的布置原考虑为：副厂房一层（与主厂房发电机层同高程）布置励磁变室、励磁电压互感器室、电缆间等。由于副厂房一层呈半地下式，在拟定的方案中，拟将高压开关室移至副厂房二层（中控层）。励磁变室、励磁电压互感器室仍设置在一层，并加强了通风、排渗等设施。

4.4.11.2 35kV 升压站

升压站布置：

35kV 一回出线间隔、35kV 厂用变间隔、35kV 电压互感器间隔、1 台主变(3200kVA)进线间隔。升压站整体布置形式呈“厂”型，布置于副厂房外侧，其中，35kV 出线间隔、主变进线间隔布置在一条直线上，35kV 厂用变、电压互感器间隔分别垂直于 35kV 出线间隔。

4.4.12 坝区电气设备及布置

本工程坝区电气设备考虑自厂房低压柜引接。

4.4.13 电气主要设备材料表

一	电站户内户外高低压变配电设备				
1	变压器	S11-4000/35/6.3 38.5±2×2.5%/6.3 Y, d11	台	1	户外
2	变压器	S11-100/35/0.4 Y, yn0	台	1	户外
3	变压器	SCB10-100/6.3/0.4 Y, yn0	台	1	户内
4	户外真空断路器	ZW ₈ -40.5 1250A	台	1	户外
5	隔离开关	GW ₅ -35G/630 (配 CS-G 或 CS ₁₇)	台	2	

6	隔离开关	GW ₅ -35GD/630 (配 CS-G 或 CS ₁₇)	台	1	户外
7	35kV 电压互感器	JDJJ-35	台	1	户外
8	35kV 电流互感器	LB6-35 0.5 级 180/5A	台	1	户外
9	35kV 避雷器	YSWZ-42/134	组	2	户外
10	35kV 熔断器	RW10-35/3	组	1	
11	35kV 熔断器	RXW0-35/3 200MVA	台	1	户外
12	KYN28A-12 开关柜 (改)	主变进线及 6kV 母线 PT	台	1	
13	KYN28A-12 开关柜	发电机控制柜	台	3	
14	发电机 PT 柜	电压测量、避雷器	台	3	
15	发电机机端电流互感器	非标柜	台	3	
16	KYN28A-12 开关柜	6.3KV 站用电柜	台	1	
17	6.3kV 母线避雷器柜	母线避雷	台	1	
18	MNS 站用电屏		块	2	
19	动力箱	XL-21	个	5	
20	户外端子箱	XW-10	个	2	
21	发电机保护屏		面	1	
22	主变线路保护屏		面	1	
23	同期计量屏		面	1	
24	发电机控制 LCU		块	2	
25	共用 LCU		块	1	
26	上位机系统		套	1	
27	监视和控制软件		套	1	
28	视频监视系统		套	1	
29	直流屏	100AH	块	2	整流馈电 各一
30	电力电缆	YJV-10-3×50	米	120	
31	电力电缆	YJV-10-3×95	米	100	
32	电力电缆	YJV-10-3×150	米	100	
28	电力电缆	YJV-10-3×16	米	120	
29	电力电缆	YJV-10-3×4	米	20	
30	电力电缆	YJV-10-3×16	米	20	
31	电力电缆	YJV-1-3×70+1×25	米	100	

32	电力电缆	YJV-1-3×4+1×4	米	300	
33	电力电缆	YJV-1-3×6+1×6	米	200	
34	电力电缆	YJV-1-3×10+1×10	米	200	
35	电力电缆	YJV-1-3×25+1×25	米	100	
36	户外電纜終端盒	WD-233-6-3×150	个	1	
37	户外電纜終端盒	WD-233-6-3×70	个	1	
38	户内电缆终端盒	NTH-32-6-3×50	个	4	
39	户内电缆终端盒	NTH-32-6-3×4	个	4	
40	户内电缆终端盒	NTH-32-6-3×16	个	4	
41	合闸电缆	VV-1-2×2.5	米	50	
42	控制电缆	KVV-7×2.5	米	200	
43	控制电缆	KVV-10×2.5	米	200	
44	控制电缆	KVV-2×2.5	米	300	
45	钢芯铝绞线	LGJ-120	米	150	
46	主厂房接地	A3 钢	吨	2	
47	升压站接地	A3 钢	吨	0.5	
48	升压站金具		套	1	
49	35kV 上网线路		公里	8	
50	离心环型钢筋混凝土电杆	Z×300-3/1-10 φ 10	根	10	
51	离心环型钢筋混凝土电杆	Z×300-3/3-10 φ 10	根	4	
52	离心环型钢筋混凝土电杆	Z×300-4.5/1-10 φ 10	根	4	
53	离心环型钢筋混凝土电杆	CZ300-3/1-14 φ 12	根	8	
54	离心环型钢筋混凝土电杆	CX300-4.5/1-14 φ 12	根	4	
55	离心环型钢筋混凝土电杆	CX300-4.5/5-14 φ 12	根	4	
56	避雷针	18 米	根	2	

5 设计变更对工程任务和规模、工程安全及工期、生态流量的影响分析

5.1 工程任务和规模

(1) 径流调节和水能计算

代表年选择：安家河水电站属于中水头水电站，仅能在枯水期起日调节作用，本次规划选择代表年进行径流调节和水能计算。经过分析选择 1977 年、1964 年、1995 年、2000 年、1979 年作为丰、偏丰、平、偏枯、枯五个代表年，作流量修正后进行水能分析计算。

出力计算：根据各代表年径流资料，考虑上游建设电站后增加的调蓄能力，按装机分别为 2000kw、2400kw、3000kw 方案进行逐日计算电站出力和电能，并绘制电能保证率曲线。电站集水面积 36.7km²，初步拟定正常蓄水位 359m，死水位 350m，兴利库容 152 万 m³。考虑白果树电站后安家河电站电能指标如表 5-1。

表 5-1 安家河水电站水能计算主要指标表

项目名称	2000kw	2400kw	3000kw
正常水位 (m)	256	256	256
设计水头 (m)	49.44	49.44	49.44
装机容量 (台 × km)	2 × 1000	3 × 800	3 × 1000
年平均发电量万 (万 kwh)	403.6	419.7	427.2
P=85%保证出力	256.5	255.1	252.5

(2) 装机容量

由表中成果分析，在装机 2000kw、2400kw、3000kw 的情况下，电能分别为 403.6 万 kw · h、419.7 万 kw · h、427.2 万 kw · h，装机从 2000kw 增加至 2400km，多年平均发电量增加 16.1 万 kw · h，而装机从 2400kw 增加至 3000km，多年平均发电量只增加 7.6 万 kw · h，发电量增幅明显下降，考虑到电能增加的量及投资的比较，推荐

3×800kw 方案，其年多年平均发电量为 419.4 万 kw·h。

(3) 工程等别

多年平均发电量根据年水量（年平均流量）频率曲线，确定丰、偏丰、平、偏枯、枯五个典型年的来水量，在年径流资料中选出相近年份，按水量加以修正后得到五个代表年份的来水过程，求出各种典型年的发电量后取其平均值。

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL252-2017），本电站工程为 V 等 5 级工程，拦河坝工程防洪标准按 30 年一遇设计，200 年一遇校核；厂房防洪标准按 30 年一遇设计，100 年一遇校核。经计算，调洪演算计算成果列表如下：

表 1-1 安家河电站水库调洪演算成果表

项 目		标 准	流量 (m ³ /s)	水位 (m)
坝址	坝上	设计 (30 年一遇)	1066	261.24
		校核 (200 年一遇)	1796	262.66
站址		设计 (30 年一遇)	1038	209.76
		校核 (100 年一遇)	1327	210.91

工程变更设计后，总装机增加 400kw，工程等级维持原等级未发生变化。

5.2 工程安全及工期

(1) 工程安全

本工程变更仅增加一台发电机组，水库大坝与原设计一致，且大坝运用条件未发生变化，因此变更对大坝无安全影响。

引水隧洞按原批复进行施工，变更后流量由原设计的 4.68m³/s 增加到 5.78m³/s，通过对引水隧洞的水力复核计算及调压井复核计算，均能满足要求。

电站厂房按照变更后的 3 台 800kw 机组进行了重新设计。通过计算，厂房的整体稳定性满足要求。

(2) 工期

变更后主要变更内容为：

1、发电机组型号变更，由原设计的 HLD294-WJ-54 型水轮机配套发电机 SFW1000-6/1180 变更为 HLA904-WJ-54A 型水轮机配套发电机 SFW800-6/1180。

- 2、调整相应的电气设备。
- 3、增设支管一道。
- 4、电站厂房增加一台机组位置，厂房长度增加 9.5m。

变更后增加工程量较小，电站施工控制工期主要是大坝建设，变更所增加内容与大坝平行施工，因此变更对总工期无影响。

5.3 生态流量

工程变更仅由原设计的 2 台单机容量 1000kw 变更为 3 台单机容量 800kW 机组是较为合理的，电站总装机增加了 400kw，大坝坝址未发生变化，坝址以上集水面积未发生变化，生态流量补偿与原设计一致，因此对生态流量无影响。

6 变更方案工程量、投资与原方案变化对比

变更工程量对比表（土建）

序号	工程或项目名称	单位	原设计工程量	变更设计工程量	工程量增减
	水电站厂房工程				
1	石方开挖	m ³	4444.8	5556	1111.20
2	沟槽石方开挖	m ³	384.64	480.8	96.16
3	C25 钢筋砼尾水管底板	m ³	44.20	66.3	22.10
4	C25 钢筋砼尾水管墩墙	m ³	80.76	121.14	40.38
5	C25 钢筋砼尾水管顶板	m ³	59.80	89.7	29.90
6	C25 钢筋砼蜗壳墩墙	m ³	115.43	173.15	57.72
7	机坑底板	m ³	13.79	20.69	6.90
8	机坑墩墙	m ³	25.96	38.94	12.98
9	C25 钢筋砼墩墙	m ³	325.08	487.62	162.54
10	C25 钢筋砼地坪	m ³	146.1	175.32	29.22
11	C25 钢筋砼层梁板	m ³	68.49	68.49	0.00
12	C25 钢筋砼楼梯	m ³	4.04	4.04	0.00
13	行车梁	m ³	8.69	11.58	2.90
14	C25 钢筋砼集水井衬砌	m ³	23.712	23.712	0.00
15	C25 钢筋砼楼梯	m ³	26.52	26.52	0.00
16	C20 室外地坪	m ³	86.63	86.63	0.00
17	钢筋制安	t	83.37	100.05	16.67
18	M10 浆砌块石回填	m ³	2080.78	2600.97	520.19
19	块石利用	m ³	650.24	866.99	216.75
20	主厂房面积	m ²	294	388.08	94.08
21	副厂房面积	m ²	154	154	0.00

变更工程量对比表（机电设备）

	原设计			变更设计			备注
	工程或项目名称	单位	工程量	工程或项目名称	单位	工程量	
1	水轮机设备						
	水轮机 HLD294-WJ-54	台	2	水轮机 HLD904-WJ-54A	台	3	
	调速器 YWT-600 (PLC)	台	2	调速器 YWT-600 (PLC)	台	3	
	自动化元件	套	2	自动化元件	套	3	
2	发电机设备及安装						
	发电机 SFW1000-6/1180	台	2	发电机 SFW800-6/1180	台	3	
	励磁系统	套	2	励磁系统	套	3	
	行车 LD-100kN	台	1	行车 LD-100kN	台	1	行车梁加长 9.5m
3	闸阀设备及安装						
	蝶阀 D943H-10 DN1000	个	2	蝶阀 D943H-10 DN800	个	3	

本工程变更后增加投资 176 万元，具体见下表。

工程概算总表

单位:万元

序号	工程或费用名称	批复投资	变更后投资	投资增减
I	工程部分	1539.93	1715.93	176.00
第一部分	建筑工程	605.60	668.27	62.67
第二部分	机电设备安装工程	639.09	699.87	60.78
第三部分	金属结构设备及安装工程	60.68	94.24	33.56
第四部分	施工临时工程	35.46	46.07	10.61
第五部分	独立费	125.77	125.77	0.00
	一至五部分投资合计	1466.60	1634.22	167.62
	基本预备费	73.33	81.71	8.38
	静态总投资	1539.93	1715.93	176.00
II	移民和环境投资	331.00	331.00	0.00
II-1	建设补偿和移民征地	321.00	321.00	0.00
II-2	水土保持	5.00	5.00	0.00
II-3	环境保护费	5.00	5.00	0.00
	静态总投资	331.00	331.00	0.00
III	工程投资总计	1870.93	2046.93	176.00

7 结论及建议

7.1 结论

通过径流调节和水能计算结果，由原装机 $2 \times 1000\text{kw}$ 变更为 $3 \times 800\text{kw}$ ，装机从 2000kw 增加至 2400kw ，多年平均发电量增加 16.1 万 $\text{kw} \cdot \text{h}$ 。

工程任务和规模基本原设计一致，工程无安全隐患，施工工期能按计划工期完成。

变更设计与原设计相比，增加了装机容量，没有不良影响。因此，变更设计较为合理。

7.2 建议

装机调整后，多年平均发电量有所增加，但发电小时数明显降低，建议运行管理单位合理调度，充分利用水库调节库容以及汛期洪水提高发电量。