

小型水电站电气部分 设计指南

简浩华 许建安 合编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

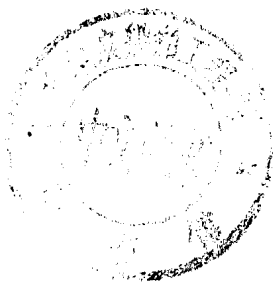
TV742

J30

461453

小型水电站电气部分 设计指南

简浩华 许建安 合编



2



00461453



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

前 言

本书系根据原水利电力部中等专业学校“发电厂及电力系统”和“水电站电力设备”两个专业教学大纲，并结合水利水电系统工程实践而编写的水电站电气部分设计参考资料。

本书主要阐述小型水电站电气部分设计的基本知识，以及基本原则、要求、步骤和计算方法及有关的设计技术规程、规定。并介绍了设计的技术数据及经济资料。密切联系电力系统的实际，在内容结构、阐述方法和文字表达上，顾及学生的知识水平，力求循序渐进、通俗易懂、便于阅读。本书在福建水利电力学校已经使用过十几年，深受读者的好评。实践证明，本书可读性强，对从事小水电电气设计的技术人员有一定的指导作用。

本书共三章，第一、二章由福建水利电力学校简浩华老师编写，第三章由许建安老师编写。

我们期望《小型水电站电气部分设计指南》能够为电力专业毕业生提供一定的基本知识和实用数据资料，使其对毕业设计这一重要教学环节的实践以及今后在水电系统工作中起到指导、提示、咨询、备忘和参考作用，我们也就心满意足了。

由于我们水平有限，书中难免会出现各种错误，故还请广大读者批评指正。

编 者

1999年6月

第一章 设计的基本知识

第一节 设计的组成和设计阶段

一、设计的组成部分

现代发电厂的设计是一门综合性的科学，它是在多种专业有机配合、密切协作下完成的一个统一整体。水电站按其各部分职能的不同，可分为以下几个主要部分。

- (1) 水文气象。
- (2) 工程地质。
- (3) 水利、动能及水库。
- (4) 工程总体布置及建筑物。
- (5) 水力机械及金属结构。
- (6) 电气系统。
- (7) 施工组织设计。
- (8) 总概预算。

电气系统设计是其中的一个重要环节。它的主要任务是：完成发电、变电、配电系统设计，保证电能安全、可靠地送入系统，并力争节约投资、降低能耗。

二、设计的阶段

按照基本建设程序，对于新建的大型发电厂设计一般分为四个阶段：即可行性研究报告阶段、初步设计阶段、技术设计阶段和施工图设计阶段。对于小型水电站设计阶段可以适当简化，其设计阶段及程序见图 1-1。

为了使各有关专业之间在设计内容上互相衔接，协调统一，避免差错、漏缺和碰撞，设计过程中需要进行必要的联系配合、研究磋商，一些相互有关联的设计图纸尚要进行会签，以保证设计质量。电气设计的专业配合见图 1-2。

三、电气部分设计的内容

(一) 初步设计阶段

1. 设计任务

通过技术、经济论证，确定水电站电气主接线的最优方案，提出主要电气设备的清单，并编制概算。

2. 设计文件

由文字说明书及所附设计图纸和概算表组成。其中设计图纸有简化的电气主接线（包

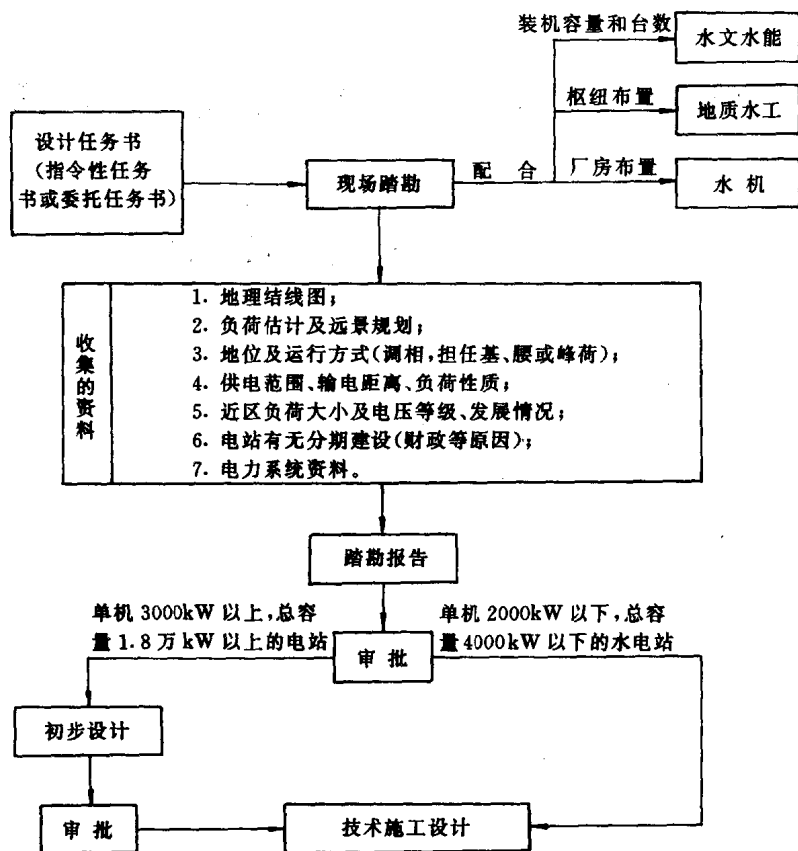


图 1-1 设计阶段及程序方框图

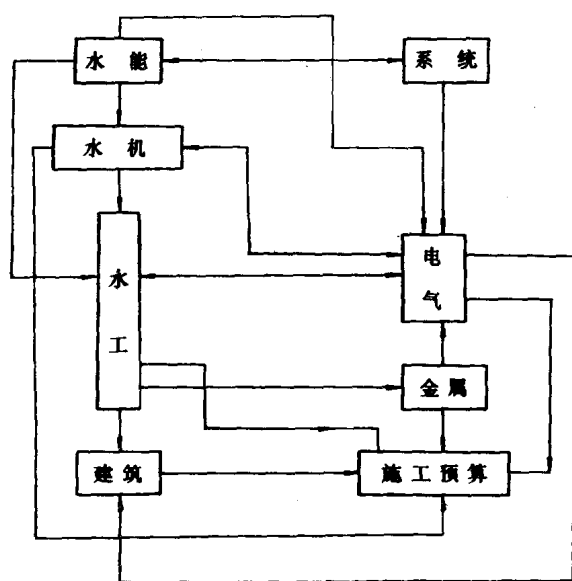


图 1-2 电气部分设计的专业配合方框图

括厂用电及近区供电) 方案比较图、电气主接线图、屋内外配电装置图和电站综合自动控制系统方框图等。

3. 设计内容

初步设计应配合水能规划、水工等专业的内容, 即:

(1) 在水能规划进行正常高水位, 以及水电站设计容量、机型、台数选择时, 提出总投资估算。

(2) 水工枢纽布置方案比较时, 对各种坝型厂房提供电气设备位置、主要尺寸及单位重量。

本专业设计的内容如下。

(1) 电气主接线选择。

1) 水电站接入系统设计, 这项工作一般由电网设计人员担任。但当本地区尚未

形成电网或电网不大，电网设计未进行，则这项工作应由电气一次人员担任。为了正确地决定电气主接线，应根据本地工农业发展的近期和远景规划，对系统可能发展情况有一个较为准确的估计，以便使电气主接线能适应发展的要求。

2) 电气主接线方案比较。当电站出线回路数、电压等级、供电负荷性质确定之后，就可进行电气主接线的设计。设计时先初步拟定几种可行的电气主接线图，估算短路电流，并初选主要电气设备的型号、规格，然后进行技术经济比较，选定技术上先进、经济上合理、便于发展或分期过渡的最优方案，作为设计水电站电气部分的依据。

3) 由水机等有关专业，初步提供厂用电负荷，以及合理选择厂用变压器的台数和容量，经技术经济比较确定厂用电引接方式。

4) 对选定的电气主接线中的各种电气设备，例如变压器、断路器、隔离开关、母线、电力电缆、高压熔断器、互感器以及各种开关柜的型号、规格进行选择，作出完整的电气主接线图，并需得到二次设计人员的同意，会签后上报审批。

(2) 主、副厂房电气设备平面布置。这项工作十分复杂而细致，涉及面广。它与水工、厂房、水机、二次等有关专业的设计密切相关。在布置时请上述有关专业提供资料，合理安排。当各专业的布置有矛盾时，应相互协调取得解决。力求布置上合理、投资少、运行管理方便。

在进行电气设备布置前，必须了解并请各专业提供下列资料：

1) 水工总体枢纽布置图。如厂房与水工建筑相互位置、厂房结构尺寸、进厂公路、厂内交通等布置情况。

2) 水机专业有关布置图。如机组间距、调速器、油压装置、水泵房、机修间、油处理室等相互布置图。

3) 二次专业设置的蓄电池室、继电保护屏，电气试验室布置等。

4) 35kV 及以上线路须装设载波通讯，应由通讯专业提供载波布置面积。

5) 了解制造厂家提供的互感器、励磁变压器的规格、外形尺寸等。

厂房电气设备布置通常包括副厂房及主厂房布置两部分，在初步设计中应尽量了解各种电气设备的数量、外形尺寸，正确合理地布置各种电气设备。初步设计中有些资料可能尚未收集到（如制造厂家未及时提供），应参考同类机型的资料，尽量使图纸少作修改。

主、副厂房内容如下：

1) 副厂房布置。包括中央控制室、蓄电池室、开关室、电气试验室、载波室、厂用变压器和励磁变压器布置面积等。

副厂房的布置位置，应根据水电站地形条件等具体情况和特点，与有关专业研究决定，其布置原则要便于运行管理、经济合理。

实际上，小型水电站容量不大或在系统中不占重要地位，当电站由于地形限制时，可以不设专门的副厂房，将控制屏（盘）设备直接置于主厂房内以节省投资。一个电站是否设立副厂房应根据电站的容量、装机台数以及在系统中的地位、机组噪音和震动等情况决定。

2) 主厂房电气设备布置。除上述厂房布置外，主厂房布置较简单，它包括以下几个部分。

机组机旁屏布置：为便于运行管理及减少电缆长度，可将机组动力屏、保护屏、励磁屏等置于每台机旁，上述情况适用于多机组；对于机组较少的电站可采用集中布置形式。

发电机引出线及发电机中性点布置：主厂房电气设备布置图上须详细注明各设备所在房的尺寸及相对位置，高压电气设备的布置应遵守《高压配电装置设计技术规程》要求进行。

小型水电站的厂房电气设备布置可与水机专业的厂房布置合并一起，画出厂房机电设备布置图。

(3) 升压站布置。为便于运行管理，升压站应尽量靠近厂房，特别是主变的位置应尽量靠近 6~10kV 发电机电压配电装置，并尽可能与安装间同高程，有条件时，需考虑主变压器进入主厂房安装场检修。

升压站布置应根据电气主接线、地形图等进行，画出出线回路及方向、升压站总面积及在枢纽中的相对位置等。

(4) 水电站二次系统及直流电源方案确定。画出电气元件继电保护、自动装置和测量监察系统单线原理接线图。

(5) 列出主要电气设备清单。包括主变压器、厂用变压器、近区变压器、开关柜、厂用动力屏、油断路器、隔离开关、电力电缆、互感器等主要设备的名称、型号、规格、数量等，作为编制电站电气部分总概算的依据。

(6) 编制电气设计说明书。说明书必须简明扼要地说明电气设计的以下内容。

1) 概述：简述设计依据、设计规模（装机容量、是否分期建设等）及其它基础资料。

2) 系统概述：简述电力系统现状及发展规划（包括系统现有负荷水平、装机容量、主要电源、中性点运行方式及存在问题等），水电站在系统中的地位及运行方式，本期及远期与系统连接方式的论证和对出线的要求。必要时应画出地区电力系统地理接线图和单线接线图，以及电站接入系统方案比较图。

3) 电气主接线：论证主变压器型式、台数和容量的选择。简述各级电压负荷、功率交换及出线数。画出简化的主接线方案比较图。论证主接线方案的比较与确定及接线说明。论证各级电压中性点接地方式及 6~35kV 单相接地电容电流补偿设备的选择。

4) 短路电流计算及设备选择：画出短路电流计算接线及等效阻抗图，对有关计算的依据、接线、运行方式及系统容量作出说明，列出短路电流计算结果表。主要电气设备的选择方法（包括选择原则、一般条件及计算条件的说明、代表性设备选择）及列出设备清单。

5) 厂用电接线：论证厂用负荷计算及厂用变压器容量、台数选择，中性点接地方式选择，厂用电引接方式和接线方式选择，技术经济比较及接线说明，厂用配电装置及设备选型说明。

6) 直流系统：简述直流系统的接线方式及负荷计算，蓄电池、充电设备选择及布置。

7) 二次、继电保护及自动装置：简述主控制室的布置，控制方式及信号、测量监察、同期方式的选择，电气元件继电保护和自动装置的配置原则及选型。

8) 电气设备布置及电缆设施：电气出线走廊及电工建筑物布置方案比较说明，高压配电装置型式选择及间隔配置，主变、厂变、消弧线圈等的布置，发电机中性点设备的布置，电缆沟道路径及型式选择等。

9) 过电压保护与接地: 简述侵入波过电压保护的措施(说明进线段保护接线的确定、阀型避雷器的选择、允许电气距离的确定及实施情况)、直击雷保护的措施(对避雷针、线的型式, 高度的确定及接地等要求进行必要的说明), 对接地装置的接地电阻要求值、布置型式和计算方法、今后实施的可能情况进行必要的说明。

10) 其它: 包括照明和通讯、辅助车间配置等, 此外还应说明采用新技术、套用典型设计和优秀图纸情况。

以上是水电站初步设计阶段电气设计的大致内容。为保证设计质量, 须加强审核制度, 图中必须有设计、校核、审查者的签名, 并对图纸的质量负责, 然后上报上级主管部门审批, 待下达审批意见后, 方能作技术施工设计。

扩大初步设计除包括上述内容以外, 还应作出主要配电装置的订货图、主要二次部分的展开图。

(二) 技术施工设计阶段

初步设计经过审查批准, 便可根据审查结论和主要设备落实情况, 进行技术施工设计, 并按初步设计审批意见作相应的修改。

1. 设计任务

确定电气一次系统有关的技术问题, 根据选出的设备修改配电装置的布置提出设备、构架、各层地面荷载等, 并完成各单项的细部安装设计(包括布置、埋件、结构安装三个部分)。

2. 设计文件

由说明书、计算书、图纸及预算组成。这一设计阶段应准确无误地表达设计意图, 提出符合质量和深度要求的设计图纸和说明书, 以满足设备订货所需, 并保证施工的顺利进行。计算书采用的原始资料、数据及计算公式要正确、合理、落实, 计算项目完整, 演算步骤齐全, 结果正确。

3. 设计内容

电气一次系统技术施工设计的主要内容如下。

(1) 短路电流计算。水电站连入系统运行时, 当系统容量很大, 电气设备除按正常运行条件选择外, 还应按最严重短路情况下进行校验。系统电抗值应由当地电力调度部门提供, 若无法提供时, 可由所连接的电站或变电所送电线路中某断路器的额定开断容量作为计算依据进行计算。一般情况下, 由于系统容量不大, 小型水电站短路电流均能满足电气设备的要求。此项计算如与初步设计的计算不同时才进行。

(2) 电气主接线图。根据审批意见将原有主接线进行修改, 并得到系统和二次专业会签, 作为水电站电气技术施工设计的依据。图中各种电气设备均应注明型式、主要规范、主要元件应注明名称编号, 并尽量与运行单位习惯一致。图的范围应包括各级电压出线 and 厂用变压器。

(3) 厂用电接线图。厂用电接线是水电站电气设计的一个重要组成部分。厂用负荷分机组自用电和全厂公用电, 在作厂用电接线时, 必须由以下各专业提供水电站附属设备负荷资料。

1) 水机专业: 提出调速器、蝴蝶阀、油压装置、水轮机上顶盖排水泵以及水泵房、油

处理室、机修间、厂房通风机、吊车等电动机容量、型号及电热设备型号等数据，以及设备的布置等。

2) 金属结构专业：提出闸门启闭机电动机设备的型号、台数、规格及启闭机距厂房距离等。

3) 通讯专业：提出载波室电源容量及数量。

4) 电气一次部分：提出全厂照明估计负荷、安装场检修电源及 8000kVA 以上主变的排风扇容量等。

5) 电气二次部分：提出电气试验室电源容量，硅整流器电源容量及数量等。

根据最大厂用负荷统计，考虑同时率、负荷率及网络损失，选择厂变台数、容量及引接方式。

根据厂用负荷分布情况及重要程度，作出厂用电系统接线图，选择各种低压电气设备，如厂用屏（主、分屏）、电力电缆、熔断器、自动空气开关、闸刀开关、起动设备等各种低压电器的型式、规范，并连同厂变的名称、编号一一标在厂用电接线图内。设计时还应进行电压偏移计算、调压方式选择及自启动校验。

(4) 6~35kV 高压开关柜配置接线图（订货图）。根据电气主接线和发电机、主变压器布置出线方向位置，按开关柜的排列顺序画出开关柜配置接线图，并列表注明开关柜型号、一次接线编号、名称和柜内各电气设备的型号、规格、开关的操作机构及所需操作电源电压等。此图即为 6~10kV 开关柜订货图。若 35kV 系采用屋内成套开关柜，亦须按上述方式选择并画出订货图。

(5) 厂房电气设备布置图。在厂房电气设备布置初步设计的基础上，根据电气设备的确切详细尺寸和上级审批意见进行修改和补充。在技施设计图中，电工建筑物的土建结构应按比例表示；应表示出所有电气设备及其附属设施的轮廓外形、相序、定位尺寸、总尺寸，必要的安全净距校验尺寸，设备搬运尺寸，门、窗、楼梯的位置；图纸比例及所取断面、详图应能清晰表达安装意图；安装材料应正确齐全；屋外配电装置断面图应有解释性电路图并应注明间隔名称。

(6) 升压站布置图。在升压站布置初步设计的基础上，根据电站出线方向及升压站总体布置情况，仔细研究、考虑布置或进行必要的修改，要求技术设计准确无误，布置合理。对图纸的要求同厂房电气设备布置图。

确定平面布置图后，画出主断面剖面图，并将构架型式、高度、基础埋件及时提供给水工专业，作为设计构件的依据。

(7) 防雷保护及接地平面布置图。为防止直击雷对电气设备的危害，对于屋外配电装置的电气设备必须置于直击雷保护范围内。根据电站的地形情况，35kV 及以下屋外配电装置的直击雷保护应采用独立避雷针或避雷线，上述避雷针（线）应采用独立接地装置，以防止反击；110kV 及以上屋外配电装置的直击雷保护可采用构架式避雷针。

防雷保护及接地平面布置图中应标明避雷针（线）的高度、安装高程、被保护物外形，并对被保护物的不同高度作出平面保护范围图，对于出线只架到线路终端杆的出线段也应置于直击雷保护范围内。

对于主副房屋内装置的防雷，一般不推荐在屋顶上装设避雷针。如屋顶系钢筋结构，

可将屋顶的钢筋连成一体并每点接地，可与工作接地网相连，否则须设避雷带进行保护。所有防雷保护均应按规定进行，不得违章处理。

(8) 水电站接地网敷设图。为了保证水电站运行人员的人身安全，所有一次电气设备的金属外壳均宜进行保护接地。为节省钢材，应充分利用自然接地体（如新厂房钢筋、压力水管、尾水管等）与接地网相连，一般需作出图纸。

1) 全厂总接地网连接图：图中须画出接地干线的连接去向和集中接地网（当接地电阻太大时）敷设图，并画出接地井的位置，组成总接地连接图。

2) 主副厂房接地网敷设图：图中应画出接地线与电气设备的可靠连接情况，明敷还是暗敷。

3) 升压站接地敷设图：升压站必须敷设以水平接地体为主的人工均压接地网，图中应画出接地线和电气设备的连接情况。

4) 接地零件加工图：画出接地极埋设深度与接地线的连接加工图。

(9) 水电站照明敷设装置图。为保证电站的安全生产、提高劳动生产率和保护运行人员的视力健康，电站的主副厂房、升压站及主要通道必须根据各自的重要程度，按电站照明设计的一般规定，进行照度计算、电压水平校验及导线截面选择，装设不同数量的照明灯具。

1) 全厂照明网络系统图：首先对全厂布置情况要有一个全面系统的了解，然后根据各房间对照明的不同要求，设计全厂工作照明及事故照明网络供电系统图。图中应注明分电箱型号和用途代号、出线回路数、每回线的灯数及功率、导线型号和截面、熔断器和闸刀型号规格等到各种数据。

2) 主副厂房的照明敷设图：首先应对厂房的结构型式、梁系布置情况有所了解然后根据照明网络及各房间的具体要求，选好灯具型式，进行灯具布置。布置图应标明各路配线及配管的规格，建筑物的梁柱、门窗、楼梯、留孔、设备外形、管道位置等，画出分电箱的安装位置及灯具的连接布线方式。拉线开关控制灯数、插座位置等，注明灯具的型式、瓦数、数量及安装高度。布线一般用单线表示。

为考虑交流电源可能消失，有重要设备操作和监视的房间，如中控室等需要一定数量的事故照明灯。

3) 屋外配电装置照明敷设图：对屋外通道、开关操作机构、主要变压器的油标等重要部位必须有一定的亮度，其灯具选择可根据具体情况决定。

4) 全厂照明灯具安装图：特殊灯具应画出安装图。

(10) 电缆敷设图及清册。这是一项十分繁琐的工作，具体步骤如下：

1) 编制电力电缆及控制电缆清册：根据电气主接线图、厂用电接线图及二次各图纸，分别提出并组成电缆清册，该清册须详细说明安装单位名称，每根电缆编号、型号及规范、起终点位置、长度及埋管规范和埋管长度等。

2) 开设电缆沟规格尺寸：主副厂房及屋外配电装置电缆比较集中的地方，为敷设电缆方便，须开电缆沟。图中应标出电缆沟的大小，以剖面图表示沟的深度及构架的安装形式，并提供给水工等有关专业。

3) 主副厂房、升压站电缆敷设平面图：按电缆清册中的电缆编号、去向，一根一根地

敷设。图中应标明电缆起点、终点、电缆构筑物出口编号，并视情况画出某编号的电缆排列剖面图。需埋管敷设的电缆，应在布置中注明黑铁管根数和管径尺寸（应不小于电缆外径的1.5倍）。需明敷的电缆，其走向不要过于分散。为使电缆敷设图清晰、简单，图中应尽可能按比例表示设备的位置和外形轮廓，画出构筑物的柱、墙、楼梯、门窗，电缆构筑物注明净空尺寸和支架位置，建筑物标明标高。电缆敷设图通常有：①主副厂房电缆敷设平面图；②升压站电缆敷设平面图；③机修间电缆敷设平面图；④闸门启闭机电缆敷设平面图。

4) 电缆吊架埋设图：根据电缆通过的根数，决定电缆吊架型式，画出吊架与楼板固定埋件图。

5) 电缆室吊架埋设安装图：中控室下电缆繁多，如有条件应设电缆室，并画出电缆层吊架埋设安装图。

6) 统计电缆总长度及埋管的型号、规格长度。电缆敷设平面图画好后，电缆清册列出每根电缆（管）的型号、长度，将同型电缆（管）相加进行统计，并留有适当余地，填入电缆清册内。

(11) 屋外配电装置各部件电气设备安装布置图。

1) 主变压器的安装与布置图：图中应画出主变压器相对布置尺寸、基础高度、固定方式、排油设施等。

2) 主变压器轨道及地锚埋设图：如主变压器布置与安装场同高程，为检修方便，应考虑主变压器带滚轮并装设轨道拖入安装间检修。

3) 主变压器低压侧安装图：主变压器低压侧应尽量选用母线连接，如因地形限制主变离厂房较远可考虑电缆连接，此时应画出电缆终端盒安装图及主变压器低压侧的连接方式。

4) 屋外配电装置各部件安装图：包括断路器、隔离开关、高压熔断器、互感器、避雷器、各种绝缘子等的安装图，图中应标出构架型式、高度及各电气设备部件安装形式、构架埋件等。

(12) 屋内配电装置布置图。

1) 发电机引出线布置图：图中应画出发电机引出线的位置及角度，引出线的走向及中性点装置方式，电流互感器的安装以及保护网制作图。

2) 6~35kV 高压开关柜以及低压厂用配电屏（箱）布置图：包括开关柜的固定方式、柜下开孔、开关柜出线安装图，屏后（或屏侧）出线安装及保护网制作图。

3) 机组机旁屏、励磁屏布置及安装图：图中应画出屏下开孔及屏的固定方式等。

4) 6~10kV 发电机出口侧电压互感器安装及保护网制作图。

5) 厂用变压器安装图：除应在图中画出安装尺寸外，还应考虑防火排油措施。

6) 发电机中性点避雷器安装图。

7) 中央控制室布置与安装图：图中应画出控制屏（台）及保护屏的固定安装及屏下开孔情况。

8) 蓄电池室布置安装图：此图一般由二次专业制作，可列入二次图纸编号内。

9) 励磁变压器安装图。

以上各安装图比例及所取断面、详图应能清晰表达安装意图，非标准零件必要时另制

详图，安装材料表应正确齐全。

(13) 电气一次设备的材料总表。根据以上技术施工设计图纸，列出设备材料总表，总表中包括各种电气设备及一次电气设备安装所需的钢材型号、规格、长度、总数量，作为订货之用。

(14) 电气一次系统技术施工说明书。编写说明书时应扼要说明审批意见的执行情况和处理意见，详细说明与初步设计不同部分并对改进方案作必要论证，说明施工中应特别注意的问题和设计中考考虑采用的有关措施，说明书的内容应与图纸和计算书相符，并附有计算书。

以上就是在设计水电站电气一次系统时所需的主要图纸（约 40~50 张）及大致内容，根据机组型式、布置情况，图纸略有增减。

电气二次系统技术施工设计的主要内容有以下几个方面。

(1) 直流系统。直流系统设计包括直流系统电压等级的选择，蓄电池型式、容量、个数以及充电设备的选择，应画出直流系统接线图、直流系统供电网络联系图、直流系统绝缘监视装置图、闪光装置接线图。当采用铅酸蓄电池组时，还应画出蓄电池室布置安装图。

(2) 短路电流计算。根据系统及本工程的情况，确定最大、最小运行方式，进行整定继电保护用的短路电流计算。一般需计算两种运行方式下保护安装地点和灵敏度校验发生三相、两相和单相接地短路，通过保护安装处的短路电流，然后列出计算结果表供整定继电保护用。

(3) 确定各电气元件（包括发电机、变压器、线路、主母线等）继电保护和自动装置的方式及二次设备选择，编写整定计算书及整定结果表。

(4) 确定中央音响信号系统的方式，画出中央音响系统接线图、同期系统接线图、电压互感器接线及交流绝缘监察装置接线图，并画出相应的控制屏、继电器屏的屏面布置图和屏后端子排图。

(5) 确定各电气元件的继电保护、控制及测量方式，画出各电气元件继电保护、控制、测量及信号二次回路展开图，并拟制相应的保护屏、控制屏（台）、电度表屏等的配置，画出屏面布置图和屏后端子排图，根据安装的需要，画出高压断路器安装接线图，就地端子箱及端子排图等。

(6) 水轮机及其它辅助机械自动控制、保护、监视方式，画出水轮机自动化电气接线图、各辅助机械电动机控制方式接线图，并画出控制屏、继电器屏、控制箱等屏面布置图及屏后端子排图。

(7) 根据发电机制造厂配套的励磁装置，画出发电机励磁系统图和励磁回路控制、信号二次回路展开图及屏面布置图、屏后端子排图。

以上展开图应采用国家标准设备图纸符号和文字符号，并表明回路编号、回路说明、设备安装地点及其数量和有关规范；屏面布置图上设备尺寸应齐全、文字符号应与展开图一致，模拟母线注明电压等级，设备表中列明设备型式、规范、数量，并按不同安装单位分别开列；屏后端子排图应预留公用备用端子，标明电缆编号、去向，注明芯数、截面和互感器的极性；安装接线图应注明设备端子编号及应有的设备材料表。

(8) 电气二次设备的材料总表。根据以上技术图纸，列出设备材料总表，总表中包括

各控制和保护屏、箱及二次设备安装所需的二次配件总数量，作为订货之用。

(9) 电气二次系统技术施工设计说明书。编写说明书的原则同一次系统说明书的编写，此外应扼要说明各电气元件保护、控制、测量、信号方式及自动装置的确定原则，论述继电保护装置、自动装置等二次回路动作情况的技术说明，并附有计算书。

以上是设计水电站电气二次系统所需的主要图纸（约 80 张）及大致内容，根据机组型式和对二次系统要求情况，图纸略有增减。

第二节 设计的目的、内容和要求

一、设计的目的

毕业设计是教学计划中很重要的教学环节。学生将通过毕业设计的实践达到：

(1) 把所学的课程及实习中所获得的生产知识进行一次综合的运用，从而巩固、加深和扩大专业理论知识。

(2) 学习和掌握水电站电气设计的基本方法和基本技能（包括学习水利事业和电力工业有关方针政策、技术规程，进行分析、计算、绘图，使用技术资料及编写工程报告、设计说明书等）。

(3) 培养和提高独立分析和解决实际工程技术问题的能力。

二、设计的内容和要求

1. 设计要求

毕业设计应根据设计任务书以及国家的有关政策和专业设计技术规程、规定进行。

2. 设计内容

毕业设计与实际工程设计不同。水电站的实际工程设计需要经过初步设计、技术施工设计等阶段，工作量大，参加人员多，设计期限长。毕业设计的时间较短，又要求每位学生独立完成，显然不可能象实际工程那样进行。作为教学环节之一，毕业设计的内容和方法，都偏重于教学大纲的培养要求。毕业设计大体相当于实际工程进行电气扩大初步设计的内容，其中一部分可达技术施工设计要求的深度。具体内容如下：

(1) 对原始资料进行分析。

(2) 电气主接线设计：包括电气主接线的方案比较与确定，短路电流计算，电气设备选择，绘制电气主接线图等。

(3) 厂用电接线设计：包括厂用变压器和台数的确定，厂用电源引接和接线方式，厂用电负荷的供电接线以及低压电气设备的选择，绘制厂用电接线图等。

(4) 屋内、外配电装置的布置：根据水电站类型和地理位置，拟定升压变压器、开关站及屋内配电装置的布置方案，绘制屋外配电装置平、断面图和屋内配电装置配置接线图。

(5) 防雷接地设计：包括侵入波过电压保护的设计和直击雷过电压保护的设计，以及接地装置的设计，绘制全厂防雷保护及接地平面布置图。

(6) 确定水电站的控制、信号、测量、保护、自动装置及直流电源方案,对电气元件进行继电保护的整定计算和设备的选择,绘制所有电气元件的继电保护、自动装置及测量监察系统单线原理接线图。

(7) 中央音响信号系统、同期系统和模拟灯系统二次回路的设计:根据已确定的方案绘制中央音响信号系统原理图、同期系统原理图和模拟灯系统原理图。

(8) 发电机和变压器继电保护、控制、信号、测量以及水机自动操作电气系统二次回路的设计:根据已确定的方案,绘制发电机和变压器继电保护、控制、信号、测量原理展开图和水机自动操作电气系统接线图。

(9) 绘制中控室控制台台面布置图以及发电机和变压器保护屏屏面布置图及端子排图。

(10) 编写设计说明书及计算书:说明书应按照毕业设计规定的内容顺序来编写,必须分章、节次并具有标题与目录、页次。说明书的编写可参照“电气设计说明书的编制”有关内容进行。主要包括基本资料及分析、方案选择论证、主要计算方法和成果、注意的问题及技术说明等。说明书用语应简练通顺、符合专业技术用语,字体应端正、清晰、整洁,并一律用蓝墨水书写。说明书应在设计各阶段内编号,不能等到设计完后再编写,最后要整理装订成册。

计算书的书写要求与说明书相同,计算书可以单独成本,也可以作为说明书的附件一起装订。

3. 设计文件

由说明书(含计算书)和设计图纸组成。要求文字说明简明扼要,有分析论证,并能正确地反映情况、说明问题,一律采用统一的计算纸。设计图纸应做到内容完整、清晰整齐、比例恰当,一律采用方格纸,图幅大小符合规定。

第二章 电气一次部分设计

第一节 水电站电气主接线设计

电气主接线是水电站电气设计的首要部分，也是构成电力系统的重要环节。主接线的确定对电力系统整体及水电站本身运行可靠性、灵活性和经济性密切相关，并且对电气设备选择、配电装置布置、继电保护、自动装置和控制方式以及今后的运行管理等有较大影响。因此，必须正确处理好各方面的关系，全面分析有关影响因素，通过技术经济比较，合理确定主接线方案。

一、设计水电站电气主接线时必须收集的资料

水电站电气部分的设计，首先应有任务书作为依据。任务书提供的设计原始资料包括以下内容，应充分掌握才能设计。

(1) 电站的名称及所处位置。

(2) 水能等资料如下：

1) 水电站设计水头和保证出力，装机容量和机组台数，平均发电量和年装机利用小时数。

2) 水电站的调节性能。包括年调节、季调节、不完全或没有调节性能，是否有弃水现象。

3) 水电站梯级开发情况（单级或多级）。水电站综合效益是发电为主，还是以防洪或灌溉为主。

4) 水电站的建造形式是引水式、坝后式或河床式水电站等。

(3) 电力系统资料如下：

1) 水电站的最大与最小运行方式和系统中的地位及运行位置。水电站的运行方式是设计水电站电气主接线的主要因素。运行方式系指丰水期与枯水期的运行方式；水电站在系统中是主力电站还是一般电站；水电站在负荷曲线中是担任峰荷、腰荷或基荷；系统对水电站是否有调频、调相或调压等要求。

2) 水电站供电范围、负荷性质、重要程度、供电容量及输电距离。

3) 现有电网的系统连接图、负荷布局、地理位置及远景的电网发展情况、供电方式，包括电网中的电压等级、导线型号及线路长度、注明最大、最小运行方式的系统的短路容量或归算的电抗值等。

4) 水电站的装机程序、分期过渡等要求。

5) 水电站近区工农业等负荷发展情况及近区配电网的电压等级与发展方向等。在缺少资料时，可采用下列数据：

- a) 最小负荷可取最大负荷的 60%~70%，如主要是农业负荷则取 20%~40%；
- b) 按不同企业确定负荷率或最大负荷年利用小时数，用以计算电量或电能损耗，以便进行技术经济比较；
- c) 35kV 以下负荷的同时率取 0.85~0.9，大型工矿企业取 0.85~0.9；
- d) 综合负荷功率因数取 0.8；
- e) 线损平均值为 5%；
- f) 小型水电站厂用电率取 1%~3%。
- (4) 水轮发电机组及辅助设备资料。
- (5) 电站所在地自然条件（建站前）：
 - 1) 年最高或最低温度（选变压器等户外电器用，系指一年中所测得的最高或最低温度的多年平均值）；
 - 2) 最热月平均最高温度（选户外导体等用）；
 - 3) 土壤中 0.7~1.0m 深处一年内最热月平均地温（选择直埋电缆用）；
 - 4) 年雷电日或年雷电小时数（考虑防雷措施用）；
 - 5) 土壤电阻率（计算接地电阻用）；
 - 6) 地震裂度（考虑防地震措施用）；
 - 7) 湿度、覆冰、污秽及海拔等（选电气设备型式用）。

二、电气主接线的设计原则

（一）设计依据

在选择电气主接线时，应以下列各点作为设计依据。

1. 工程情况

水电站类型和容量、机组台数一般系根据水头、流量等确定的，因此在一般情况下没有任意扩建的可能性，应充分估计当前及远景发展的可能情况，出线适当留有余地。水电站特别是梯级开发的水电站，建设工期相当长，必要时应考虑分期过渡方案。为便于集中管理，常常将水电站的升压配电装置集中布置在靠近负荷中心的某电站，设置联合升压开关站，向电网送电。水电站一般建在偏远山区，离主要负荷中心较远，因此常常升压为 35~110kV 等级向电网供电。为了适应农村电气化和乡镇企业的发展需要，还应充分考虑近区工农业用电要求，合理地承担近区负荷的供电问题。

2. 负荷大小和重要性

(1) 对于一级负荷必须有两个独立电源供电，且当任何一个电源失去后，能保证对全部一级负荷不间断供电。

(2) 对于二级负荷一般要有两个独立电源供电，且当任何一个电源失去后，能保证全部或大部分二级负荷的供电。

(3) 对于三级负荷一般只需一个电源供电。

3. 具体资料

系统专业对电气主接线提供的具体资料如下。

(1) 出线的电压等级、回路数、出线方向、每回路输送容量和导线截面等。

(2) 各种运行方式下通过本站的功率潮流情况。

(3) 系统的短路容量或归算的电抗值。注明最大与最小运行方式时的正、负、零序电抗值。

(4) 电力系统近期和远景发展(本期工程建成后5~10年),各级电压中性点接地方式及接地点的选择,本工程在电力系统中的地位、作用以及本期和远景与系统的连接方式。

(二) 基本要求

主接线设计应满足可靠性、灵活性和经济性三项基本要求。

1. 可靠性

供电可靠性是电力生产和分配的首要要求,主接线首先应满足这个要求。主接线的可靠性包括一次部分和相应组成的二次部分在运行中可靠性的综合,并在很大程度上取决于设备的可靠程度。采用可靠性高的电气设备可以简化接线,可靠性的衡量标准是运行实践,其具体要求如下:

(1) 断路器检修时,不宜影响对系统的供电。

(2) 断路器或母线故障以及母线检修时,尽量减少停运的回路数和停运时间,并要保证对一级负荷及全部或大部分二级负荷的供电。

(3) 尽量避免发电厂、变电所全部停运的可能性。

2. 灵活性

主接线应满足在调度、检修及扩建时的灵活性。

(1) 调度时,应可以灵活地投入和切除发电机、变压器和线路,调配电源和负荷,满足系统在事故运行方式、检修运行方式以及特殊运行方式下的系统调度要求,并尽可能减少隔离开关操作次数。

(2) 检修时,可以方便地停运断路器、母线及其继电保护设备,进行安全检修而不致影响电力网的正常运行和对用户的供电。

(3) 扩建时,可以容易地从初期接线过渡到最终接线。在不影响连续供电或停电时间最短的情况下,投入新装机组、变压器或线路而不互相干扰,并且对一次和二次部分的改建工作量最少。

3. 经济性

主接线在满足可靠性、灵活性要求的前提下做到经济合理。

(1) 投资省。

1) 主接线应力求简单,以节省断路器、隔离开关、电流互感器和电压互感器、避雷器等一次设备的投资。

2) 要能使继电保护和二次回路不过于复杂,以节省二次设备和控制电缆的投资。

3) 要能限制短路电流,以便于选择价廉的电气设备或轻型电器。

4) 如能满足系统安全运行及继电保护要求,110kV及以下终端或分支变电所中,应推广直降式(110/6~10kV)变电所和以质量可靠的简易电器代替高压断路器。

(2) 占地面积小。主接线设计要为配电装置布置创造条件,尽量使占地面积减少,以节省架构、导线、绝缘子及安装费用。

(3) 电能损失少。经济合理地选择主变压器的型式(双绕组、三绕组等)、容量、台数,