



大学生毕业设计指南丛书

电气工程专业毕业设计指南

继电保护分册

韩笑 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

大学生毕业设计指南丛书

电气工程专业毕业设计指南

继电保护分册

韩笑 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为电气工程专业的《大学生毕业设计指南丛书》之一,共四章。以通俗易懂的语言介绍了电气工程专业(二次部分)毕业设计基本方法、继电保护与安全自动装置的配置与整定计算原则、发电厂与变电所二次回路初步设计方法和毕业设计示例,并附录了毕业设计中的常用工具性资料。

本书主要供电气工程及其自动化专业应届本、专科毕业生使用,也可供从事该专业教学工作的高校教师以及新近从事该专业设计工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气工程专业毕业设计指南·继电保护分册/韩笑主编. —北京:中国水利水电出版社, 2003

(大学生毕业设计指南丛书)

ISBN 7-5084-1395-4

I. 电… II. 韩… III. ①电气工程-毕业设计-高等学校-教学参考资料
②继电保护-毕业设计-高等学校-教学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 005606 号

书 名	大学生毕业设计指南丛书 电气工程专业毕业设计指南·继电保护分册
作 者	韩笑 主编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 13.25印张 314千字
版 次	2003年3月第一版 2003年3月第一次印刷
印 数	0001—4100册
定 价	25.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

毕业设计是高等工科学校教学中一个不可缺少的实践性环节。作为《大学生毕业设计指南丛书》之一的《电气工程专业毕业设计指南·继电保护分册》是为高等学校电气工程及其自动化专业毕业设计所编写的一本指导书。它既可作为该专业本、专科学生毕业设计的参考书，也可供从事该专业教学工作的高校教师以及新近从事该专业设计工作的技术人员参考。

本书共分四章。第一章为电气工程专业（二次部分）毕业设计概论，分别介绍了电气工程专业二次部分毕业设计的目的、要求及总体原则，发电厂、变电所二次部分设计的特点，毕业设计的准备、实施、评阅和答辩。第二章为继电保护及安全自动装置的整定计算，介绍了继电保护及安全自动装置的配置及整定计算任务、步骤及基本原则，并介绍了35~500kV电网的继电保护及主设备保护的配置及整定方法，简要介绍了安全自动装置的配置。第三章发电厂、变电所二次回路初步设计，介绍了发电厂、变电所的二次部分设计的基本方法、步骤，并对常规控制系统、计算机监控系统、电压、电流互感器二次回路的设计进行了简要的介绍，最后给出电气制图与识图的基本方法。第四章为典型毕业设计示例，介绍了发电厂、变电所的二次部分设计的实例。

本书由韩笑任主编，第一章，第二章的第三、四、七、八节，第三章，第四章的第一节由韩笑编写；第二章的第一、二、五、六节由宋丽群编写；第四章的第二节由刘微编写。全书由韩笑修改定稿。

本书大量引用了有关专业文献和资料（如参考文献中所列），在此对这些文献的作者和专家致以衷心的感谢。

由于编者的条件和水平有限，对某些问题的看法可能带有片面性，书中难免有谬误和不当之处，欢迎广大读者批评指正，意见请寄南京工程学院电力工程系（邮政编码210013）。

编 者

2003年2月

6AP-101

目 录

前言

第一章 电气工程专业（二次部分）毕业设计概述	1
第一节 电气工程专业（二次部分）毕业设计的目的、要求及总体原则	1
一、毕业设计的目的和要求	1
二、毕业设计的总体原则	1
第二节 发电厂、变电所二次部分设计的特点	2
一、电力系统的发展及其对发电厂、变电所二次部分设计的要求	2
二、发电厂、变电所二次部分毕业设计的特点	3
第三节 毕业设计的准备和实施	3
一、毕业设计的准备工作	3
二、毕业设计的实施	6
三、计算机在毕业设计中的应用	9
第四节 毕业设计的评阅与答辩	12
一、毕业设计的评阅	12
二、答辩的目的和作用	12
三、答辩的准备和程序	13
四、毕业设计成绩的参考评定标准	14
第二章 继电保护及安全自动装置的整定计算	15
第一节 概述	15
一、整定计算的基本任务	15
二、整定计算的步骤	15
三、运行方式的选择原则	15
四、整定配合的基本原则	17
第二节 35kV 及以下中性点非直接接地电网中线路保护的配置与整定计算	19
一、相间短路的电流、电压保护	19
二、单相接地零序电流保护	24
三、短线路纵联差动保护	24
第三节 110~220kV 中性点直接接地电网线路保护的配置与整定计算	25
一、线路纵联保护	27
二、距离保护	30
三、零序电流保护	34
第四节 330~500kV 中性点直接接地电网线路保护的配置与整定计算	42
一、330~500kV 电网的特点	42
二、330~500kV 电网保护的配置方式	43

第五节 发电机保护的配置与整定计算	43
一、纵联差动保护	44
二、横联差动保护	47
三、相间短路后备保护及过负荷保护	48
四、定子绕组单相接地保护	51
五、发电机励磁回路接地保护	53
六、发电机失磁保护	56
七、发电机其他保护	58
第六节 变压器保护的配置与整定计算	60
一、纵联差动保护	60
二、变压器相间短路的后备保护	63
三、变压器接地短路后备保护	69
四、变压器过负荷保护	73
五、变压器过励磁保护	74
六、变压器非电量保护	74
第七节 母线保护及断路器失灵保护的配置与整定	74
一、母线保护	74
二、断路器失灵保护	76
第八节 安全自动装置配置原则	76
一、自动重合闸装置	77
二、备用电源和备用设备的自动投入装置	77
三、自动低频减载装置	78
四、系统安全自动装置	78
五、自动电压调整器（自动调节励磁装置）	79
六、同步并列装置	79
七、自动故障记录装置	80
第三章 发电厂、变电所二次回路初步设计	81
第一节 概述	81
一、主要内容	81
二、设计步骤	82
三、设计的基本方法	82
四、需注意的问题	85
第二节 常规控制系统的设计	85
一、断路器控制回路	86
二、隔离开关控制回路	96
第三节 电流、电压互感器配置与接线	98
一、电流互感器的选择、配置与接线	98
二、电压互感器的选择、配置与接线	103
第四节 发电厂、变电所的计算机监控设计简介	105

一、分散控制系统 DCS 简介	105
二、发电厂电气系统的计算机监控	107
三、变电所和发电厂网络部分的计算机监控	108
第五节 其他二次部分设计	110
一、直流系统	110
二、厂(所)用电系统	111
三、常规测量系统	112
四、常规信号系统	112
五、二次回路设备的选择与配置	113
第六节 电气制图	118
一、电气图的表示方法	118
二、项目代号	122
三、电气图的画法规则	127
四、电气图的种类及画法图例	132
五、识图方法	141
第四章 典型毕业设计示例	144
第一节 110kV 变电所二次部分设计实例	144
一、电气一次部分设计的基本情况	144
二、电气二次部分设计概述	144
三、110kV 主变短路电流计算保护选型和整定计算	145
四、主变三侧断路器控制信号回路图	146
五、主变 110kV 隔离开关电动操作回路图	148
六、主变电流电压回路图、部分端子排图及端子接线图的绘制	148
七、公用部分的设计及相关图纸的绘制	149
第二节 发电机—变压器组保护的配置与整定实例	149
一、原始资料	150
二、保护配置	151
三、出口方案	153
四、整定计算	154
附录	
附录一 常用电气简图常用图形符号	162
附录二 电气常用新旧文字符号对照表	191
附录三 小母线新旧文字符号及其回路标号	194
附录四 二次直流回路新旧数字标号	195
附录五 二次交流回路新旧数字标号	197
附录六 发电机—变压器组数据 I/O 量	199
附录七 变电所及发电厂电网部分数据 I/O 量	200
参考文献	203

第一章 电气工程专业(二次部分)毕业设计概述

第一节 电气工程专业(二次部分)毕业设计的目的、要求及总体原则

一、毕业设计的目的和要求

毕业设计(论文)是学生在校期间最后一个重要的综合性实践教学环节,是学生全面运用所学基础理论、专业知识和基本技能,对实际问题进行设计(或研究)的综合性训练。通过毕业设计,可以培养学生运用所学知识解决实际问题的能力和创新精神,增强工程观念,以便更好地适应工作的需要。

通过毕业设计应达到下列要求:

- (1) 熟悉国家能源开发策略和有关技术规程、规定、导则等,树立发电、送电、变电、配电、用电必须安全、可靠、经济的观点。
- (2) 巩固并充实所学基本理论和专业知识,做到能够灵活应用,解决实际问题。
- (3) 初步掌握电气工程专业(二次部分)工程设计的流程和方法,独立完成工程设计、工程计算、工程绘图、编写工程技术文件等相关设计任务,并能通过答辩。
- (4) 端正态度,树立严肃认真、实事求是和刻苦钻研的工作作风。

二、毕业设计的总体原则

毕业设计除了不要编制设计任务书之外(编制设计任务书一般由指导教师承担),其他均需按正规设计工作的固定程序进行。包括设计构思、方案的论证、计算分析、绘制工程图、编制毕业设计说明书和计算书,最后完成答辩。这是一项艰苦的、创造性的理论联系实际的劳动过程。毕业设计作为一项系统工程来说,有其总体的原则和要求。

1. 科学性原则

毕业设计的内容要体现出当前电力系统科学技术的发展水平。随着电力系统的发展,新技术、新设备在电力系统得到广泛应用,新的设计理念也不断地涌现,而电力系统的发展同时也出现了许多新的技术问题。我们在设计过程中要立足于应用所学基本理论和专业知识,大胆地运用新理论、新技术去分析解决实际问题。

2. 可行性原则

可行性包括两个方面:一方面,设计者一开始就必须想到如何使自己的劳动变成可行的设计方案。应紧密结合当前电力系统的发展趋势,结合当地电网、发电厂、供电局的实际情况选择毕业设计内容并尽可能寻找出最优、最经济的设计方案,设计不应该单纯追求技术指标,不应脱离实际工程技术水平,不应进行理想化的设计。同时要注意设计方案不应与国家的政策法规及电力系统的有关政策法规相违背。另一方面,教师应针对不同层次学生的专业基础和实际水平,拟定可行的设计要求。对普通学生应立足于掌握设计技能,完成基本设计任务;对高水平学生可增加设计的深度和难度。

3. 创新性原则

创新性原则贯彻在毕业设计中,一方面体现在设计中教师要培养学生的创新精神,提倡创新精神与科学态度相结合,鼓励学生大胆提出新的设计方案和技术措施;学生要锻炼自主学习的能力、独立工作的能力,设计中应有团体协作精神。另一方面体现在设计内容、设计手段的创新,设计内容必须有一定的新颖性,设计手段上应利用计算机的最先进手段进行绘图和计算。

第二节 发电厂、变电所二次部分设计的特点

一、电力系统的发展及其对发电厂、变电所二次部分设计的要求

改革开放以来,电力工业实行“政企分开,省为实体,联合电网,统一调度,集资办电”的方针,大大调动了地方办电的积极性,使电力建设飞速发展。从1988年起连续11年每年新增投产大中型发电机组超过10000MW;从1982年到1999年底,全国新增35kV以上输电线路372837km,新增变电容量732690MVA;我国现有发电装机容量在2000MW以上的电力系统达11个。各大区电网和省网随着电源的增长加强了网架建设,各电网中500kV(包括330kV)主网架逐步形成和壮大,220kV电网不断完善和扩充。省及以上电网现代化的调度自动化系统基本实现了实用化。以数据通信为特征的覆盖全国各主要电网的电力专用通信网已基本形成。目前我国基本上进入了大电网、大电厂、大机组、高电压输电、高度自动控制的新时代。

随着电力技术的发展,特别是自动化技术的发展,发电厂、变电所的二次部分越来越“现代化”,传统的手动控制正逐渐被自动控制所替代,大量的继电保护及自动装置采用微机装置,传统的声光信号也逐渐被数字信号所替代,控制屏、信号屏、保护屏的数量也越来越少,调度自动化系统、发电厂及变电站综合自动化系统、配网自动化系统在电力系统中被广泛应用。

国内大型电厂已广泛应用分散控制系统(DCS)。DCS以强大的功能优势取代了常规仪表,提高了机组控制性能,合理、有效地利用资源,使自动化水平和管理水平达到较高层次。DCS由最初用于大型燃煤电厂的数据采集处理系统(DAS)和模拟量调节系统(MCS),逐步发展到用于顺序控制系统(SCS)、炉膛安全监控系统(FSSS)。除发电机励磁系统自动调节装置(AVR)、自动准同期装置(ASS)和厂用电快切装置采用专用设备并与DCS接口外,发电厂的发电机、变压器组和厂用电纳入DCS进行控制已成为趋势。DCS可靠性高,监控信息集中,且人机界面灵活方便;DCS采用CRT监控,减小了后备操作盘尺寸,大大缩小了控制室面积。

在变电所,综合自动化系统的应用使无人值班成为可能,采用计算机监控后,除在各控制单元保留能应急手动操作跳、合闸的手段外,其余全部的控制、监视、测量和报警功能均由该系统来完成。

由此可见,采用常规发电厂、变电所的一、二次设计方法,选用传统的二次设备是很难满足当今电力系统的要求的,必须采用全新的设计理念,新型的设计标准,以新型设计取代传统设计,以标准设计取代非标准设计;必须利用先进的计算机技术,以全微机化的

新型二次设备代替常规设备, 尽量做到硬件资源、信息资源共享, 用不同的软件模块实现常规设备的各种功能, 用计算机局域网代替大量信号电缆的联接, 用主动模式代替常规设备的被动模式, 只有这样, 发电厂、变电所的二次部分设计才能跟上系统发展的需要。

二、发电厂、变电所二次部分毕业设计的特点

在毕业设计中, 受到所学知识及应用能力及设计时间的局限, 我们不可能完成发电厂或变电所整个二次部分的设计, 但是要对二次部分的设计最新技术发展动态有所了解, 对所设计的发电厂及变电所的主要情况应有所了解, 对设计内容相对应的一次系统应有所了解。在此前提下, 完成某一部分设计工作。

在传统的电力系统二次部分设计中, 可设计的主要内容有: ①围绕一次设备 (如发电机、变压器), 将其及其相关的一次设备 (如变压器及相关的各侧断路器、隔离开关等设备) 作为设计对象, 设计其控制回路、信号回路、进行继电保护及自动装置的配置及整定计算、绘制相应的施工接线图纸; ②专门对发电厂 (变电所) 的公用部分进行设计, 如对中央信号部分、直流系统部分、厂 (所) 用电部分、母线电压互感器回路等部分进行专门设计; ③专门对继电保护及自动装置进行设计, 例如线路保护、变压器保护的设计, 发电机的同期系统、励磁系统的设计等。

当前二次部分的设计相对于传统的设计方法有以下特点:

(1) 设计时必须考虑装置的高集成度, 设计的重点由装置的内部回路的设计转移到外部回路的设计。如某些微机型 110kV 线路保护装置既可以完成距离保护、零序保护、自动重合闸的功能, 又能完成对断路器进行操作控制的功能。在二次回路设计时, 不再需要过多考虑装置内部的接线, 不再需要画装置内部的原理接线图, 而要多考虑装置实现的功能 (如功能框图、逻辑功能图) 及与外部如何联系 (如交流量输入回路、开关量输入回路、保护出口回路、信号回路、操作回路等与外界的联系)。

(2) 典型设计方案的采用较以往增多。在设计时可供我们参考的典型设计方案、典型配置方案较以往大有增加。改革开放以来, 电力系统的设计及设备选型经历了由统一 (开放前落后技术的统一) 到杂乱 (引进多种先进设备, 设计方案多, 不易于运行管理) 到再统一 (统一较先进的设计理念、统一设备的选型原则) 的过程。设计规范化是电力系统设计的必然趋势。

(3) 新技术、新设备逐渐引入, 提高了二次部分的设计的科技含量。如变电站综合自动化系统的设计所涉及的内容可以说已涵盖了变电所各部分的控制、保护、测量、信号等多方面的内容。某些发电厂、变电所的公用部分如中央信号系统不再单独设屏, 只是作为自动化系统的某一部分功能。只有少数公用部分需单独进行设计。

(4) 继电保护及自动装置的设计难度加大, 在毕业设计时, 一般难以完成微机型继电保护及自动装置的软、硬件设计工作。我们只要能对典型装置的原理有较好的理解掌握, 并能将其与其他部分进行有机的结合, 充分地利用装置的功能, 也就达到了毕业设计的目的。

第三节 毕业设计的准备和实施

一、毕业设计的准备工作

1. 毕业设计题目的确定

毕业设计题目一般在毕业设计前一学期,根据专业具体培养方向确立多个题目类型,并由各指导教师提出具体毕业设计(论文)题目,也可根据工程需要由指导教师与学生商定。题目确定后不得随意更改。题目类型主要有:

- (1) 综合训练型题目。发电厂、变电所电气二次部分的初步设计或模拟设计。
- (2) 专题设计型题目。发电厂、变电所电气二次部分的局部实用工程设计(如发电机保护、电气控制,综合自动化等),即在初步设计的基础上,完成部分技术施工设计的内容。
- (3) 科研、创新型题目。发电厂、变电所电气二次部分运行、管理及技术改革方面的专题研究。

设计题目选定后,以《毕业设计任务书》的形式落实到人,《毕业设计任务书》一般由指导设计的专业教研室制订,由指导教师编写,经教研室主任和系主任审批后发给学生,其内容一般包括:①学院、系(部)、专业名称、学生姓名;②毕业设计的题目;③毕业设计的目的要求;④毕业设计的主要内容,包括研究专题及技术要求等;⑤毕业设计的原始数据、资料;⑥对说明书内容的要求、对设计图纸的要求、对计算书的要求;⑦指导教师姓名;⑧主要参考文献。

毕业设计(论文)题目一般在毕业设计(论文)开始前一学期末,以《毕业设计任务书》的形式发给班级,并由班级组织学生分组、选题。

2. 毕业设计资料的收集

学生在接到《毕业设计任务书》之后,要认真阅读,并根据相关设计指导书,迅速了解整个设计的目的、内容和基本要求,进行设计的资料准备。资料准备主要通过查阅(包括上网查阅)文献资料和参加生产实习两条渠道进行。学生在进入专业课学习时,就要根据自己兴趣、爱好、特长以及客观条件,考虑自己毕业设计的选题方向,有目的、有计划地查阅与选题方向有关的文献资料,特别是在参加生产实习的过程中有意识地搜集生产过程及新技术、新设备、改革新成果的应用等方面资料,这也是为毕业设计课题搜集资料的最重要途径。选定题目后,应再有针对性地查阅一些资料,最后对所有收集的资料进行整理。

发电厂、变电所二次部分的毕业设计所需参考的部分标准见表1-1,根据设计内容的不同及今后技术的发展趋势,标准也在不断地更新并与国际标准接轨。在毕业设计时,应尽量参照最新的标准,同时,在使用标准的过程中,要注意强制性标准与推荐性标准(标准代号中有“T”的属于推荐性标准)的区别,要严格执行强制性标准。标准的推广有一个较长的过程,某些设计标准、制图标准、图形符号、文字标号等在未完全执行新标准之前,我们应该对新、旧标准都有所了解,以便于我们更快更好地适应实际工作。

表 1-1 毕业设计需参考的部分标准

名 称	标 准 代 号	批准单位	备 注
继电保护和安全自动装置技术规程	GB14285—93		国家标准
火力发电厂、变电所二次接线设计技术规定	DL/T5136—2001	经贸委	行业标准
水力发电厂二次接线设计规范	DL/T5132—2001	经贸委	行业标准
220~500kV 变电所设计技术规程	SDJ 2—88	能源部	行业标准

续表

名 称	标 准 代 号	批准单位	备 注
3~110kV 变电所设计规范	GB50059—92		国家标准
3~110kV 无人值班变电所设计规程	DL/T5103—1999	经贸委	行业标准
火力发电厂设计技术规程	DL5000—94	电力部	行业标准
小型火力发电厂设计规范	GBJ49—83		国家标准
电力系统设计技术规程（试行）	SDJ161—85	能源部	行业标准
220~500kV 电网继电保护装置运行整定规程	DL/T559—94	电力部	行业标准
3~110kV 电网继电保护装置运行整定规程	DL/T584—95	电力部	行业标准
进口 252(245)~500kV 交流高压断路器和隔离开关技术规范	DL/T405—1996	电力部	行业标准
火力发电厂厂用电设计技术规定	DL/T5153—2002	经贸委	行业标准
220~500kV 变电所所用电设计技术规程	DL/T5155—2002	经贸委	行业标准
火力发电厂、变电所直流系统设计技术规定	DL/T5044—95	电力部	行业标准
电业安全工作规程（发电厂和变电所电气部分）	DL408—91	能源部	行业标准
电气图用图形符号（总则）、电气简图用图形符号	GB/T4728.1~GB/T4728.13		国家标准
电气技术用文件的编制标准	GB/T6988.1~GB/T6988.3		国家标准
电气设备接线端子和特定导线线端的识别及应用字母数字系统的通则	GB/T4026—1992		国家标准
绝缘导线的标记	GB4884—1985		国家标准
电气技术中的项目代号	GB/T 5094—1985		国家标准
电气技术中的文字符号制订通则	GB/T 7159—1987		国家标准
电气系统说明书用简图的编制	GB/T 7356—1987		国家标准
导体的颜色或数字标识	GB/T7497—1997		国家标准
技术制图的标题栏、明细栏的标准	GB/T 10609—1989		国家标准
技术制图的图纸幅面和格式的标准	GB/T14689—1993		国家标准
技术制图的字体的标准	GB/T 14691—1993		国家标准
信号与连接线的代号	GB/T 16679—1996		国家标准
电气工程 CAD 制图规则	GB/T18135—2000		国家标准

除本书之外，可供毕业设计参考的资料主要有：

（1）有关电力系统二次部分设计的教材，理论方面如继电保护、自动装置、自动化系统、通信、发电厂及变电所二次接线等方面的教材；毕业设计论文完成手段（如文档录入、CAD 制图）方面如 OFFICE、AUTOCAD 等方面的教材。

（2）与设计有关的一次设备（如断路器、隔离开关）、二次设备（如继电保护、自动装置）的产品说明书、相关图纸。

（3）可供参考的发电厂、变电所二次部分的设计方案、整定计算、施工图纸。

（4）在互联网上下载的设计方面的相关论文、网上图书馆（如超星图书馆）下载的相

关参考书等电子文档及其他参考资料。

3. 按照设计任务书拟订进度计划。

在毕业设计开始前,由指导教师指导学生拟定详细的毕业设计进度计划,内容包括毕业设计起止日期、各设计阶段的起止日期及详细工作内容等。

二、毕业设计的实施

(一) 毕业设计实施过程

毕业设计的实施过程主要包括:

(1) 学生拟定初步设计方案并经指导教师批准通过。

(2) 学生根据设计方案,逐一完成设计内容,教师定期进行具体指导。

(3) 学生撰写毕业论文(毕业设计说明书)初稿、绘制相应设计图;教师进行审阅;指出不足,指导学生进行修改。

(4) 学生撰写毕业论文(毕业设计说明书)正稿、绘制相应设计图,誊写(打印)毕业论文(毕业设计说明书)。

毕业设计既不同于平时的课堂教学,也不同于以巩固局部专业理论知识为主的课程设计。一方面它具有工程设计的性质,题目和内容所涉及的知识面较广;另一方面又是一个教学环节,必须在教师的指导下,通过设计工作的实践,达到预定的各项教学目的。除了恰当规定毕业设计的内容,制订严密的计划外,提高毕业设计质量的关键在于充分调动和发挥学生的主观能动性,在教师的指导下,根据各阶段的特点和规律,制定相应的措施。

在设计开始阶段,学生情绪一般比较高,但面对大量的资料和繁重的任务书,感到陌生,无从下手,甚至产生急躁情绪,这是普遍而自然的现象。而这正是每个学生在毕业设计中要解决的问题。在这一阶段,指导教师要对学生进行具体的帮助,使学生理解设计的内容要求,掌握分析思考问题的方法。通过分析解决某一具体问题让学生对设计有初步认识。在这一过程中要注意培养学生通过查阅资料来解决问题的能力。

在毕业设计中期,出现的主要问题是学生运用所学知识解决实际工程设计问题的能力不够强,学生无论从理论知识、生产运行经验、还是独立工作能力都存在许多不足之处,造成设计任务与学生的能力之间存在一定的差距。普遍出现的现象是学生生搬硬套教科书的内容,对实际资料缺乏研究分析,不善于运用综合分析能力确定设计方案,主观性较强。这一阶段中指导教师要十分重视对学生进行具体帮助,可给学生一些工程设计实例作为参考,使学生在教师对具体问题的解答中得到启发。

毕业设计的后期,主要出现的问题是由于设计时间较短,某些同学出现了赶时间的现象,对设计内容、设计说明书、设计图纸产生不应有的草率了事的思想。这一阶段指导教师应严格要求,一丝不苟,以保证毕业设计质量。应鼓励学生利用计算机进行设计、计算、绘图,以提高效率和质量。

(二) 毕业论文(毕业设计说明书)的撰写

1. 毕业论文(毕业设计说明书)的构成

一篇完整的毕业论文(毕业设计说明书)通常由题名(标题)、摘要、目次页(目录)、引言(前言)、正文、结论、结束语(谢辞)、参考文献和附录等几部分构成。

2. 毕业论文的撰写方法

常见的是逐步予以展开的方法。一般有以下步骤：

(1) 对设计题目进行分析。通过分析让读者对该课题的来龙去脉有所了解，对于工程性课题，首先对需求进行分析，概要地勾画出一个解决此问题的设想。在此基础上，具体明确本人所承担的任务，并写出设计结束时应达到的目标。同时论证设计方案在技术、理论、经济上的可行性。

(2) 阐述设计方案的具体实现方法。这是毕业设计（论文）的主要部分，是对本人在完成毕业设计过程中所做工作的陈述。

文章结构一般采用自上而下的形式，从整体设计到各部分设计依次一一展开，也可以由下而上，先介绍局部设计最后给出全貌。无论采用何种结构，都要突出论文的重点、难点问题的解决方案。

写法上应突出实际成果，如对于某电压等级的变电所的主变压器的初步设计方案、保护初步整定结果等。

(3) 给出结论和评价。

3. 毕业论文（毕业设计说明书）的撰写步骤

大体上分为拟写提纲、写成初稿、修改定稿和誊写等四步。

(1) 拟写提纲。毕业论文（设计说明书）的篇幅较长，内容比较复杂，动笔写作时有必要先拟一个文字提纲。按提纲写稿子的好处是可以帮助作者系统全面地考虑课题的内容，并依据提纲有效地组织相关材料。

所拟提纲要项目齐全，能初步构成文章的轮廓；要从全局着眼，权衡好各个部分；要征求指导老师的意见，注意多加修改。要边写边积极思索，不断开拓自己的思路，以取得较满意的结果。

(2) 写成初稿。毕业论文初稿的写作是很艰苦的工作阶段，在执笔时应注意下面几点要求：

1) 要尽可能地把自已事先想到的内容写进去。初稿的内容应尽量充分丰富，以便为修改定稿提供便利。当然，也要防止一味地堆砌，写成一个材料仓库。

2) 要合乎文体。文句力求精炼简明，深入浅出，通顺易读。避免采用不符合语法的口头语言，也要避免采用科技新闻报道式的文体。要顺利表达，不要在枝节上停留。要写得干净些、清楚些。初稿最好使用页面字数不太多、四周有足够空余处的稿纸，以利于增加、删除和改动。

(3) 修改定稿。许多大作家的文章或著作，都是经过反复修改，使之臻于完善后，才公布于众的。对于初次撰写毕业论文和设计说明书的大学生，就更应注意对文章的精心修改。修改的范围在内容上包括修改观点、修改材料；在形式上包括修改结构、修改语言等。

(4) 毕业论文（毕业设计说明书）的誊写（打印）。毕业设计论文（设计说明书）应按统一的规范要求誊写（打印），需注意的问题主要有以下几个方面：

1) 应合理运用篇、章、节以使文章具有层次。毕业设计论文（设计说明书）的篇、章、节等应有标题。书写方法可参照下列格式：

第1篇 ××××（居中书写）

第1章 ××××（居中书写）

1.1 ××××（居中书写）

1.1.1 ××××（顶格书写）

1. ××××（空两格书写）

××××（正文）

(1) ××××（空两格书写）

××××（正文）

a. ××××（空两格书写）

(a) ××××

2) 应注意名词、名称的合理使用。毕业论文（设计）中的科学技术名词术语应采用全国自然科学名词审定委员会公布的名词或国家标准、部标准中编写的名称，尚未编定和叫法有争议的，可采用惯用的名称。

相同名词术语和物理量的符号应前后统一。不同物理量的符号应避免混淆。

使用外文缩写代替一名词术语时，首次出现的，应在括号内注明其含义，如CPU（Central Processing Unit，中央处理器）。

国内工厂、机关、单位和名称应使用全称，不得简化，如不得把北京大学写成“北大”。

3) 对公式的要求。公式应另起一行写在稿纸中央，一行写不完的长公式，最好在等号处转行，如做不到这一点，可在数学符号（如“+”、“-”号）处转行。

公式的编号用圆括号括起，放在公式右边行末，在公式和编号之间不加虚线，公式可按全文统编序号，也可按章单独编序号，如（49）或（4.11），采用哪一种序号应和稿中的图序、表序编法一致。不应出现有些章里的公式编序号，有的不编序号的现象。子公式可不编序号，需要引用时可加编a、b、c、…重复引用的公式不得另编新序号，公式序号必须连续，不得重复或跳缺。

文中引用某一公式时，写成“由式（16.20）可见”，而不写成“由16.20可见”或“由第16.20式可见”等。

将分数的分子和分母平列在一行而用斜线分开时，请注意避免含义不清，例如， $a/b\cos x$ 就会既可能被认为是 $a/(b\cos x)$ ，也可能被认为是 $(a/b)\cos x$ 。

公式中分数的横线要写清楚。连分数（即分子、分母也出现分数时）更要注意分线的长短，并把主要分数和等号对齐。

4) 对表格的要求。表格必须与论文叙述有直接联系，不得出现与论文叙述脱节的表格。表格中的内容在技术上不得与正文矛盾。

每个表格都应有自己的标题和序号。标题应写在表格上方正中，序号写在其左方，不加标点，空一格接写标题，表题末尾不加标点。

全文的表格可以统一编序，也可以逐章单独编序。采用哪一种方式应和插图、公式的编序方式统一。表序必须连续，不得跳缺。正文中引用时，“表”字在前，序号在后，如写“表2”，而不写“第2表”或“2表”。

表格允许下页接写，接写时表题省略，表头应重复书写，并在上方写“续表××”。多

项大表可以分割成块,多页书写,接口处必须注明“接下页”,“接上页”、“接第×页”字样。

表格应写在离正文首次出现处最近的地方,不应超前和过分拖后。

5) 对图的要求。毕业论文(设计)的插图必须精心制作,线条要匀洁美观。插图应与正文呼应,不得与正文无关或与正文脱节且应先见文后见图。图形符号、文字标号应符合相应的国家标准。图的内容安排要适当,不要过于密实。

每幅插图应有题目和序号,全文的插图可以统一编号,也可以逐章单独编号,如图 45 或 6.8;采取哪一种方式应和表格、公式的编号方式统一。图号必须连续,不得重复或缺。

由若干分图组成的插图,分图用 a、b、c、…标序。分图的图名以及图中各种代号的意义,以图注形式写在图名下方,先写分图名,另起一行后写代号的意义。

6) 对注释的要求。毕业论文中有个别名词或情况需要解释,而正文又无法处置时,可加注说明。注释应该采用页末注(即把注文放在加注处那一页稿纸的下端),而不用行中注(夹在正文中的注)或篇末注(把全部的注文集中在论文末)。

在同一页中有两个以上的注时,按各注出现的先后,顺序排列并编列注号,如 1、2、3 等。注释符号的顺序取稿纸当前一页为准计算,隔页时必须从头开始不得续接上页。注释只限于写在注释符号出现的同页,不得隔页。较长的注文应在抄写正文时妥善安排,当页写完。

7) 参考文献的书写格式。具体如下:

源于期刊者:[序号] 作者姓名·文题·刊名或其缩写,出版年,卷(期):起止页码

源于图书者:[序号] 作者姓名·书名·出版地·出版者,出版年:起止页码

源于会议论文:[序号] 作者姓名·题目名·文集名·出版者,出版年:页码

源于学位论文:[序号] 作者姓名·论文题目:[×× 学位论文]·地点:单位,年

8) 标点符号、量和单位、数字的使用:

标点符号、量和单位、数字的使用应符合相应的国家标准。

(三) 毕业设计图纸和计算书

1. 对毕业设计图纸的要求

图纸是工程师的语言,是工程设计的主要结果。绘图是一项重要的基本训练,学生必须通过毕业设计,使自己的制图能力有所提高,特别是要学会用计算机进行绘图。毕业设计的所有图纸要按工程图标准绘制,要求图面排列整齐、布置合理、稀密匀称、清洁美观。

2. 对设计计算书的要求

在毕业设计中,如果涉及继电保护及自动装置的整定计算,则除要提供毕业论文、设计图纸外,还要求提供设计计算书。计算书如实记录设计中有关计算的方法和过程,是供校核审查的重要文件,其基本要求是:计算方法正确、参数取值合理,严格执行国家和行业现行的技术规范和标准;数据真实、可靠,公式选用合适,计算结果正确、可信,书写规范、工整。

三、计算机在毕业设计中的应用

(一) AutoCAD 在制图方面的应用

计算机辅助设计(Computer Aided Design)简称 CAD,最早出现在 20 世纪 50 年代后

期。现已成为计算机应用领域的一个重要组成部分,在许多行业中获得了广泛的应用。CAD 实际上是一种应用计算机辅助进行的设计技术。AutoCAD 是一个功能齐全自动绘图软件工具库。被誉为绘图软件中的珍品之一,其用户之众远远超过任何其他 CAD 软件系统。该软件由美国 Auto Desk 公司开发。1982 年 11 月首次发行。经过多次重大的修改,至今已经推出了十多个版本。目前较流行的版本为 AutoCAD 2000。

AutoCAD 在 Windows 环境运行,提供非常友好的图形用户界面,用户可通过键盘、屏幕菜单、鼠标器、下拉式菜单、数字化仪、标准命令等方式与 AutoCAD 对话。该软件有齐全的绘图及控制命令。其中基本绘图功能有点、直线、圆、圆弧、椭圆、区域填充、折线、文本、形、块、正多边形、圆环等;AutoCAD 具有强大图形编辑功能,既可对图形进行缩放、移动、镜像、拷贝、阵列、旋转、修剪及删除,也可把已存入的磁盘文件输入到当前正在建立或修改的图形中,以形成新的图形文件等。另外,AutoCAD 可方便地与其他高级语言程序以及 Windows 环境下的其他软件如 Office 2000 等实现资源共享,还提供了扩展名为“.DXF”的图形交互文件,通过 DXFIN 和 DXFOUT 命令实现与 C、VB、VC 等高级语言的接口。

AutoCAD 2000 与以前版本相比有很大的改进,主要改进有:①提高工作效率的功能(使用新 AutoCAD 设计中心;增强对象捕捉;自动跟踪功能、局部打开及局部加载等功能);②增强的访问方式和使用功能(如用特性窗口快速方便地修改图形对象特性;使用简便的新方法编辑常用对象特性,例如线宽和打印样式;使用“多行文字编辑器”中新增的文字控制功能可以更快地编辑文字等);③共享设计信息[如使用 Web 页在 Internet 上更快更直观地访问和存储 AutoCAD 数据;将超级链接附着到 AutoCAD 对象或图形位置,随后可以使用“附着超级链接”对话框;以安全的、Internet 兼容的中间文件格式创建图形(或布局)的电子打印];④设计一体化输出(增加一些新功能,使输出更加灵活、更易于控制。例如,可以创建非矩形视口并指定输出对象的线宽);⑤更强的定制功能使软件更能满足每个用户的要求。

图纸是工程师的语言,计算机制图以其所特具的图形编辑、修改和存贮功能及其易操作性,能让我们用键盘和鼠标替代铅笔和绘图板,从而大大提高了毕业设计的效率及绘图质量。

(二) 文字处理

在电气一次和二次部分毕业设计论文中,我们经常要处理一些公式、图形、图表,学会一些这方面的小窍门,将使设计说明书质量和编写效率比传统方法有质的飞跃。

1. 利用公式编辑器(Microsoft 公式 3.0)进行公式的输入

“公式编辑器”是 Design Science 公司的 Math Type “公式编辑器”的特别版,是为 Microsoft 应用程序定制的。“公式编辑器”的界面如图 1-1 所示,从其工具栏中挑选符号并键入变量和数字可建立复杂的公式。建立公式时,“公式编辑器”会根据数学方面的排字惯例自动调整字体大小、间距和格式,还可以在工作时调整格式设置并重新定义自动样式。用“公式编辑器”工具栏顶行的按钮可插入 150 多个数学符号。其中许多符号在标准的 Symbol 字体下没有。“公式编辑器”底行的按钮用于插入样板或结构,它们含有分式、根式、求和、积分、乘积和矩阵等符号,以及各种围栏或像方括号和大括号这样的成对匹配符号。许