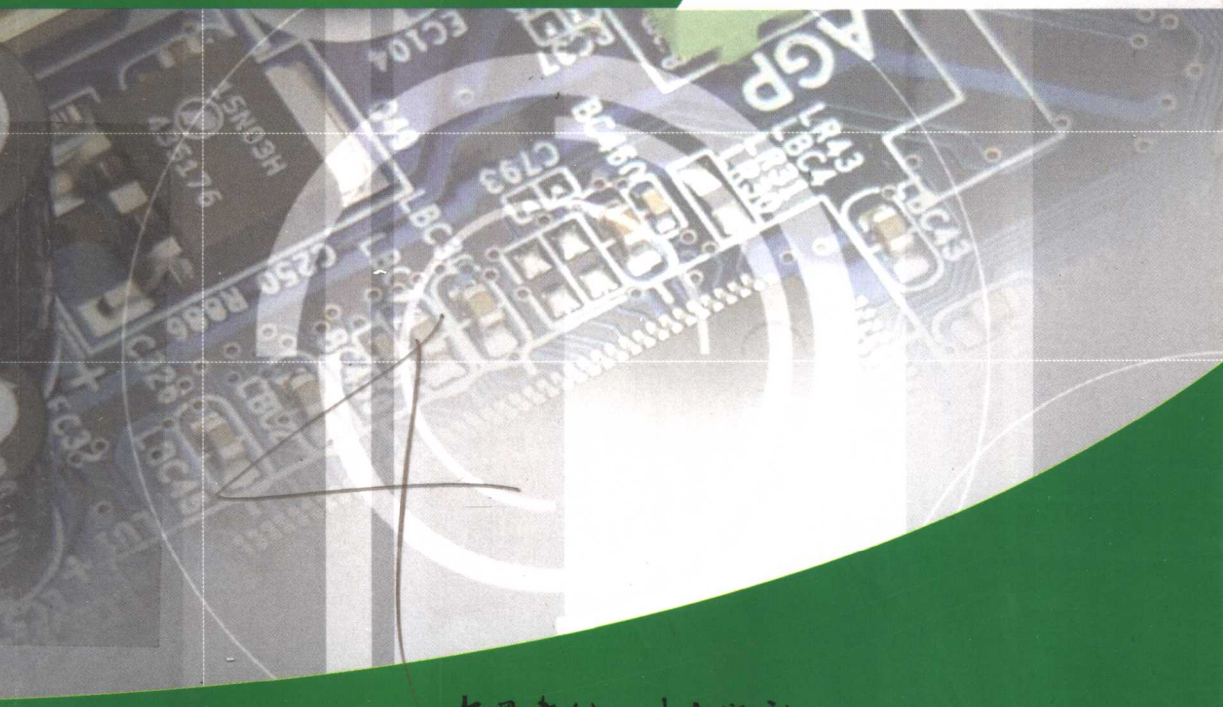


高等学校电气工程及其自动化专业

DIANQI KONGZHI KECHENG
SHEJI ZHIDAO

电气控制课程 设计指导

吴晓君 同志学◎编著



中国建材工业出版社

TM921.5/52

2007

高等学校电气工程及其自动化专业

电气控制课程设计指导

吴晓君 同志学 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制课程设计指导/吴晓君编著. —北京: 中国建材工业出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-80227-317-7

I. 电… II. 吴… III. 电气控制—高等学校—教学参考资料 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 121861 号

内 容 提 要

本书是指导高等学校电类专业进行电气控制课程设计的辅导教材。作为理论教材的延伸和扩展, 本书突出实用, 体现指导, 并以理论与实践相结合的方法, 系统地介绍了继电器接触器控制和可编程控制器控制系统的总体方案设计、元器件选择、PLC 硬件配置、软件调试、工程图纸相关规定、电路图绘制、编制技术文件等内容, 给出了典型的工程设计实例, 并对设计全过程进行了详尽的讲解。

本书依据普通高等教育应用型本科专业系列教材编审委员会审定的大纲编写, 同时也兼顾了工程设计人员的使用需要, 既可作为电气工程及其自动化专业本科生课程设计的指导书、毕业设计的参考书, 又可作为高等职业技术学校电类专业和其他相关专业本科生的教材, 亦可作为从事电气工程、机电一体化工作的工程技术人员参考书。

电气控制课程设计指导

吴晓君 同志学 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 960mm 1/16

印 张: 13

字 数: 235 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版

印 次: 2007 年 8 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-317-7

定 价: 21.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

电气控制装置设计是电气工程师的主要工作之一。本书主要以电动机为控制对象,在读者掌握电气控制基本原理,能够阅读控制线路和控制程序的基础上,针对某一工程要求,阐述电气控制装置设计的基本方法和设计过程。作为理论教材的扩展和延伸,电气控制设计需要综合运用电气控制与可编程控制器(PLC)应用技术的基本知识。

在编写上,充分考虑了电类专业学生的学习特点和当前对应用型人才培养的要求,以电气控制装置的设计为目的,主要反映电气制图规范、工艺设计思想,在阐述电气控制装置设计基本方法的同时,力求反映当前成熟的技术、方法和手段。在内容上尽量与专业课内容衔接,并扩充了工程制图、PLC 调试等工程实践中所用到的相关内容,体现了电气控制课程的系统性和完整性。为便于学生学习,本书既对一般设计方法和过程加以介绍,又针对具体应用,对设计步骤进行了具体的讲解;在设计举例中,选用实例进行多种方案组合,既详细讲述了继电器接触器控制方案,又对 PLC 控制方案的重点技术加以介绍。

本书很多内容来源于生产实践,在编写过程中,编者结合自己已做过的设计查阅了大量公开或内部发行的工程技术书刊和资料,参考了大量的图表和内容,在此向所有未曾谋面的相关作者表示感谢。

全书分为八章,第一章课程设计指导概述,第二章电气制图规则,第三章电气工程图的绘制与阅读,第四章电器元件选择与装置设计,第五章继电器接触器控制系统设计实例,第六章 PLC 控制系统设计概述,第七章 PLC 控制系统的电路设计,第八章 PLC 控制系统设计实例。针对实际应用,本书所涉及的 PLC 程序都经过上机验证,具有很强的实用性。

本书第一章至第五章由吴晓君编写,第六章至第八章及附录由同志学编写。在编写过程中,我们得到了韩行、郭海燕等教师的大力支持,曹凌、文诗为本书的插图做了部分工作,在此我们表示深深的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 6 月

目 录

第一章 课程设计指导概述	1
第一节 概 述	1
一、电气控制课程设计的重要性	1
二、电气控制课程设计的必要性	1
第二节 电气控制课程设计的目的与要求	2
一、电气控制课程设计的目的	2
二、电气控制课程设计要求	2
第三节 设计的方法与步骤	3
一、电气控制课程设计的方法	3
二、原理设计的步骤	4
三、工艺设计步骤	6
第二章 电气制图规则	7
第一节 图纸的幅面和分区	7
一、图面的构成及幅面尺寸	7
二、标题栏和明细栏	8
三、图号	9
四、图幅分区	9
第二节 电气技术中的项目代号	10
一、项目代号的含义	11
二、项目代号的组成	11
三、项目代号的应用	15
第三节 导线的识别标记及其标注方法	16
一、主标记	17
二、补充标记	19
第四节 元件接线端子的表示方法	21

一、端子的图形符号	21
二、以字母数字符号标志接线端子的原则和方法	21
三、端子代号的标注方法	23
四、两个端子板接线的标注方法	24
五、端子接线网格表	25
六、端子接线图示例	26
第三章 电气工程图的绘制与阅读	29
第一节 电气工程图概述	29
一、电气工程图的一般特点	29
二、电气工程图的分类	29
第二节 电气工程图的绘制与阅读	31
一、由集中式电路图到分开式电路图	31
二、由二次电路图到接线图	33
三、由接线图到电路图	35
第四章 电器元件选择与装置设计	38
第一节 主要参数计算及常用电器元件选择	38
一、异步电动机有关启动、制动电阻计算	38
二、笼型异步电动机能耗制动参数计算	39
三、控制变压器容量计算	40
四、常用电器元件的选择	41
第二节 电气控制装置工艺设计	45
一、电气设备总体配置设计	45
二、元件布置图的设计与绘制	46
三、电器部件接线图的绘制	47
四、电气箱及非标零件图的设计	47
五、各类元器件及材料清单的汇总	48
六、编写设计说明书及使用说明书	49
第五章 继电接触器控制系统设计实例	50
第一节 电镀车间专用行车控制系统设计任务	50
一、专用设备基本情况介绍	50

二、拖动情况介绍	51
三、设计要求	51
第二节 继电器接触器控制系统设计过程	52
一、总体方案选择说明	52
二、控制方式选择	52
三、电气控制原理图设计过程	52
四、工艺图设计过程	56
五、编制设计说明书	59
第六章 PLC 控制系统设计概述	62
第一节 PLC 控制系统设计基本原则	62
一、PLC 控制系统分类	62
二、PLC 控制系统设计基本原则	62
三、PLC 控制系统总体方案设计的影响因素	63
第二节 PLC 控制系统设计的步骤	63
第三节 PLC 选型	65
一、PLC 选型基本原则	65
二、开关量输入模块的选择	65
三、开关量输出模块的选择	66
四、模拟量 I/O 模块的选择	67
五、特殊功能模块的选择	67
第四节 程序编制与设计文件	67
一、PLC 软件编制与调试	67
二、编制技术文件	68
第七章 PLC 控制系统的电路设计	69
第一节 S7-200 系列 PLC 的结构、主要技术数据和配线	69
一、S7-200 系列 PLC 分类	69
二、S7-200 系列 CPU 22X 主要技术数据及配线	71
三、S7-200 系列 PLC 数字量扩展模块主要技术数据及配线	77
四、S7-200 系列 PLC 模拟量扩展模块主要技术数据及配线	83
五、热电偶、热电阻扩展模块主要技术数据及配线	87
六、位控模块 EM253 结构原理与端子配置	90

七、通信模块	92
第二节 PLC 控制系统的电路设计技巧	94
一、PLC 配线注意事项	94
二、减少 I/O 点数的措施	95
三、提高系统运行可靠性	99
第三节 S7-200 PLC 的数据类型与编程元件	101
一、S7-200 PLC 的基本数据类型	101
二、编程元件的编址形式	101
三、编程元件	102
四、编程元件的寻址范围	105
第八章 PLC 控制系统设计实例	106
第一节 工业混料系统 PLC 控制系统设计	106
一、设计任务书	106
二、设计过程	109
第二节 电镀车间专用行车的电气控制系统改造	127
一、设计任务书	128
二、设计过程	128
附 录	143
附录 A 电气图常用图形符号和文字符号新旧标准对照表	143
附录 B 明细表和标题栏、电气施工图编号方法示例	149
附录 C S7-200 PLC 梯形图指令汇总表	150
附录 D STEP 7-Micro/WIN V4.0 软件简介	153
附录 E 常用低压电器的技术数据	180
参考文献	197

第一章 课程设计指导概述

随着高等学校教学评估的促进作用和教育教学改革措施的逐步实施,各工科院校均加强了实践环节的实施力度,大作业、综合设计、实习等实践环节比例有所加强。在学生学习了基础知识、专业基础和专业方向课程后,集中一段时间组织学生进行课程设计,可培养学生建立理论联系实际的设计思想,树立实事求是的科学工作作风,使学生成长为长于实践的合格人才。

第一节 概 述

一、电气控制课程设计的重要性

工科学校的课程设计通常是小型的工程设计,在有范例可循的情况下,针对某一工程任务,应用专业知识解决实际问题。课程设计使学生初步接触到工程设计中的关键环节,如计算、实验、绘图、查阅相关标准和手册、制作等,在设计实践过程中让学生将专业知识结合实际要求,了解工程设计工作的任务要求、设计内容和设计步骤及方法。

电类学生的课程设计类型较多,电气控制课程设计是在学生学习了电气控制与可编程控制器应用等相关技术课程后,主要面向工厂设备的电气控制进行设计工作。通过完成一套生产设备的电气控制装置的设计实践,从中了解一般电气控制设计过程和应该完成的工作。电气控制课程设计是非常重要的训练环节之一,可为学生的毕业设计和从事专业工作打下基础。

二、电气控制课程设计的必要性

各种电气控制装置设计的基本要求、内容、设计方法及设计过程是类似的。电气控制设计的主要原则是在最大限度地满足生产机械设备功能和工艺要求的基础上,力求运行可靠、操作安全、结构简单、造价经济。要能胜任电气控制系统的设计工作,按要求完成设计任务,仅仅掌握电气设计的基础知识是不够的,必须经过反复实践,深入生产现场,不断积累经验。课程设计正是为

这一目的而安排的一个实践性教学环节，它是一项初步的工程设计。

电气工程设计包含原理设计与工艺设计两个方面，其中工艺设计思想来源于生产实际，来源于现场需求。因此，设计之初不仅要认真了解设计要求，充分了解被控对象的用途、结构、操作要求和工作过程，对控制方案反复论证，还要深入生产现场，了解各种电气控制设备的作用、结构、控制方式和电气控制箱的造型、使用、维护等实际知识，并对类似设备的控制、使用进行比较。电气控制设计要求学生在重视原理设计的同时，一定要注意工艺设计，在设计过程中培养从事设计工作的整体观念。

第二节 电气控制课程设计的目的与要求

一、电气控制课程设计的目的

在学习了相关课程后，学生已掌握了电气控制中的基本元器件功能、基本环节、控制原理和应用方面的基本知识，但要完成整套电气控制工程的设计工作，还必须学习电气工程制图的相关约定以及国家标准和行业标准，在此基础上，进行课程设计。

电气控制课程设计的目的是通过某一生产设备的电气控制装置的设计实践，巩固以往学习的内容，达到灵活应用的目的，并熟悉相关标准，以便在以后的工作中从事一般电气控制设计和维护、管理工作。

电气控制课程设计强调以能力的培养为主，运用基础知识和专业知识解决实际问题，内容有别于毕业设计。在独立完成设计任务的同时，在选题时要注意多方面能力的培养与提高，主要包括以下几个方面：

1. 独立工作能力和创新能力；
2. 综合运用专业及基础知识，解决实际工程技术问题的能力；
3. 查阅图书资料、产品手册和各种工具书、标准的能力；
4. 工程绘图的能力；
5. 书写技术报告和编写技术资料的能力。

二、电气控制课程设计的要求

为保证顺利完成电气控制课程的设计任务，对学生提出以下要求：

1. 接受设计任务并选定课题后，应根据设计要求和应完成的设计内容，拟订设计任务书和工作进度计划，确定各个阶段应完成的工作量，妥善安排时

间。表 1-1 是某一课程设计时间安排表。

表 1-1 课程设计安排表

课程设计时间安排			
任务分配		要 求	日 期
第一阶段	熟悉设计任务、参观	参观相关设备或类似设备, 阅读实际工程图纸, 了解实际电气元器件	
第二阶段	方案讨论	调研, 提出设计方案, 讨论, 修改	
第三阶段	电路图设计 (包括拖动方案、主线路和控制线路)	依据实际元件绘制并不断完善、改进	
第四阶段	绘制全部或选定工程图	手工绘制或电气 CAD 出图	
第五阶段	编写设计、使用或实验情况说明书		
第六阶段	其他		

2. 在方案确定过程中, 应主动提出问题, 以取得指导教师的帮助, 在此阶段提倡广泛讨论, 做到思路开阔, 依据充分。在具体的设计过程中, 要求多思考、多比较, 主要参数的确定, 要经过计算论证。

3. 绘制电气图纸时必须符合国家有关标准, 包括线条、图形符号、项目代号、回路标号、技术要求、标题栏、元件明细表以及图纸的折叠和装订。

4. 说明书要求文字通顺、简练、字迹端正、整洁。

5. 条件允许情况下, 对自己的设计线路进行实验分析, 考虑进一步改进的可能。

第三节 设计的方法与步骤

一、电气控制课程设计的方法

学生在接到电气控制设计任务书后, 依据原理和工艺两部分, 分别进行设计。

电气控制设计的主要任务是, 选择拖动方案及控制方式。在此基础上, 进行电路图 (亦称电气原理图) 设计和一系列工程图纸、资料的设计工作。电气控制原理设计的任务是保证被控对象的拖动要求、控制要求和系统主要技术指标的实现。而工艺设计的内容则是电气设备制造、装配、调试、使用、维护以及生产管理所必须的各种技术资料, 包括绘制电气设备总装配图、总接线

图、各主要部件的布置图与接线图、设计电气箱和各种非标准结构件以及汇总制订生产准备所必须的各种清单、目录。绘制电气工程图时,要使用新的国家标准中统一的图形和文字符号。

电气控制方案应根据生产机械的传动要求和调速性能指标确定,据此去选择相应的电动机类型、容量和数量,确定控制方案。一般情况下,可选用三相笼型异步电动机,在调整性能要求较高时,才考虑选用直流电动机,或采用其他先进的如变频调速系统,自动化要求高的场合,可以采用可编程控制器 PLC 控制以及采用组态监控软件进行上位机的监控。

选择控制方式的依据是设备对自动化程度的要求。随着电气技术、计算机应用技术的迅速发展,可供选择的控制方式越来越多,故应根据设计要求,并充分考虑制造部门和使用部门的具体情况,去选择简单、经济、安全、可靠的控制方式。

电路图设计方法有两种,即分析设计法和逻辑设计法。前者是以熟练掌握电气控制线路基本环节和一定经验为基础,后者是依据逻辑代数。分析设计法是电气设计中最常用的方法,而逻辑设计法可以作为分析设计法的补充,用以进一步优化设计。

原理设计步骤是根据要求先设计主电路,然后根据控制要求,再去设计各控制环节,最后从保证系统安全、可靠工作角度出发,设置必要的联锁、保护环节和照明、指示、报警等辅助电路。电路图设计完成后,另一项重要工作是正确、合理地选择电器元件,它是电气线路安全可靠工作的保证,并直接影响到电气设备性能和经济效益。

工艺设计是在完成原理设计后进行的另一个重要设计内容,只有充分了解电气设备的制造过程,才能正确理解各种设计图纸、资料的用途、要求和必要性。电气设备的制造工艺性、造型、使用维护、制造成本等,在很大程度上决定了工艺设计水平。

二、原理设计的步骤

1. 根据电气控制要求拟定设计任务。

2. 根据拖动要求设计主电路。在绘制主电路时,可以从以下几个方面考虑:

(1) 每台电机的拖动方式,应根据其容量及拖动负载性质考虑其启动方式,选择适当的启动线路。在一般小容量(7kW 以下)启动负载不大时,可直接启动;对大容量电机应考虑采用降压启动。

(2) 根据运动要求决定正反方向控制。

(3) 根据各台电机的工作制, 决定是否需要设置过载保护和过电流控制措施。

(4) 根据拖动负载及工艺要求, 决定停车时是否需要设置制动控制, 并决定采用何种制动方式。

(5) 设置短路保护和其他必要的电气保护。

(6) 考虑其他特殊要求: 如调速要求、主电路参数测量、信号测量等。

3. 采用 PLC 控制时, 主要是编制和调试程序。采用继电器接触器控制, 需要根据主电路的控制要求设计控制回路, 其设计方法是:

(1) 正确选择控制电路电压种类及大小。

(2) 根据每台电动机的启动、运行、调速、制动及保护要求, 依次绘制各控制环节(选择适当的基本单元控制线路)。

(3) 设置必要的联锁(包括同一台电动机各动作之间, 以及各台电动机之间的动作联锁)。

(4) 设置短路保护以及设计任务中要求的位置保护(如极限位、越位、相对位置等保护)、电压保护、电流保护和各种物理量保护(温度、压力、流量、速度等)。

(5) 根据拖动要求, 设计特殊要求的控制环节, 如自动抬刀、变速和自动循环、工艺参数测量等控制。

(6) 按需要设置应急操作。

4. 设计照明、指示、报警等辅助电路。

5. 总体检查、修改、补充与完善。包括以下内容:

(1) 校核各种动作控制是否满足要求, 是否有矛盾或遗漏;

(2) 检查接触器、继电器、主令电器的触头使用是否合理, 是否超出电器元件允许的数量;

(3) 检查联锁要求能否实现;

(4) 检查各种保护是否完善;

(5) 检查发生误操作所引起的后果与防范措施、联锁功能等是否完善。

6. 进行必要的参数计算。

7. 正确、合理地选择电器元件, 按规定格式编制元件目录表。

8. 根据完善后的设计草图, 绘制完整的设计图, 采用变频器、可编程控制器进行控制, 还应给出程序框图。要求使用国家统一的新标准中的图形和文字符号, 见附录 A。

按照 GB/T 4728.2 ~ 4728.13 《电气简图用图形符号》、GB/T 6988.1 ~ 6988.3 《电气技术用文件的编制》、GB/T 7159 《电气技术中的文字符号制定通则》标准绘制电路图（电气原理线路图），并按 GB 5094 《电气技术中的项目代号》和 GB/T 18656 《工业系统、装置与设备以及工业产品系统内端子的标识》要求标注器件的项目代号，按 GB 4884 《绝缘导线的标记》要求对线路进行统一编号，按 GB/T 19045 《明细表的编制》编制元件目录表：采用计算机绘图时，要遵循 GB/T 18135 《电气工程 CAD 制图》标准。

三、工艺设计步骤

1. 根据电气设备的总体配置及电器元件的分布状况和操作要求，划分电器组件，绘制电气控制系统的总装配图和总接线图；
2. 根据元器件的型号、外型尺寸、安装尺寸，绘制每一组件的元件布置图（如电器安装板、控制面板、电源等）；
3. 根据元件布置图及电气原理图编号绘制组件接线图，统计组件进出线的数量、编号以及各组件之间的连接方式；
4. 绘制并修改工艺设计草图后，便可按机械、电气制图的规定绘制电气工程图纸。

最后依据设计过程和设计结果编写设计说明书及使用说明书。

第二章 电气制图规则

第一节 图纸的幅面和分区

一、图面的构成及幅面尺寸

完整的电气图图面由边框线、图框线、标题栏等组成。边框线所围成的图面，称为图纸的幅面，幅面尺寸共分五类，为 A0 ~ A4。幅面尺寸及代号见表 2-1。

表 2-1 幅面尺寸及代号 (单位: mm)

幅面尺寸代号	A0	A1	A2	A3	A4
宽 $\times$ 长 $B \times L$	841 $\times$ 1189	594 $\times$ 841	420 $\times$ 594	297 $\times$ 420	210 $\times$ 297
不留装订边边宽 e	10			5	
留装订边边宽 c	20			10	
装订侧边宽 a	25				

A0 ~ A2 号图纸一般不得加长，A3、A4 号图纸可根据需要，沿短边加长。例如 A4 号图纸的短边长为 210mm，若加长到 A4 $\times$ 4 号图纸，则为 210mm $\times$ 4 = 840mm，故其幅面尺寸为 297mm $\times$ 841mm。

图面格式见图 2-1，其中 (a)、(b) 分别表示留装订边和不留装订边的图纸。由于两者的实际绘图面积区别不大，随着微缩技术的发展和计算机辅助设计 CAD 图纸的全面应用，留装订边的图纸将会减少或淘汰。

选择幅面尺寸的基本前提是：保证幅面布局紧凑、清晰和使用方便。此外主要考虑的因素还有：

- (1) 所设计对象的规模和复杂程度；
- (2) 由简图种类所确定的资料的详细程度；
- (3) 尽量选用较小的幅面；

- (4) 便于图纸的装订和管理；
- (5) 复印和微缩的要求；
- (6) CAD 制图的要求。

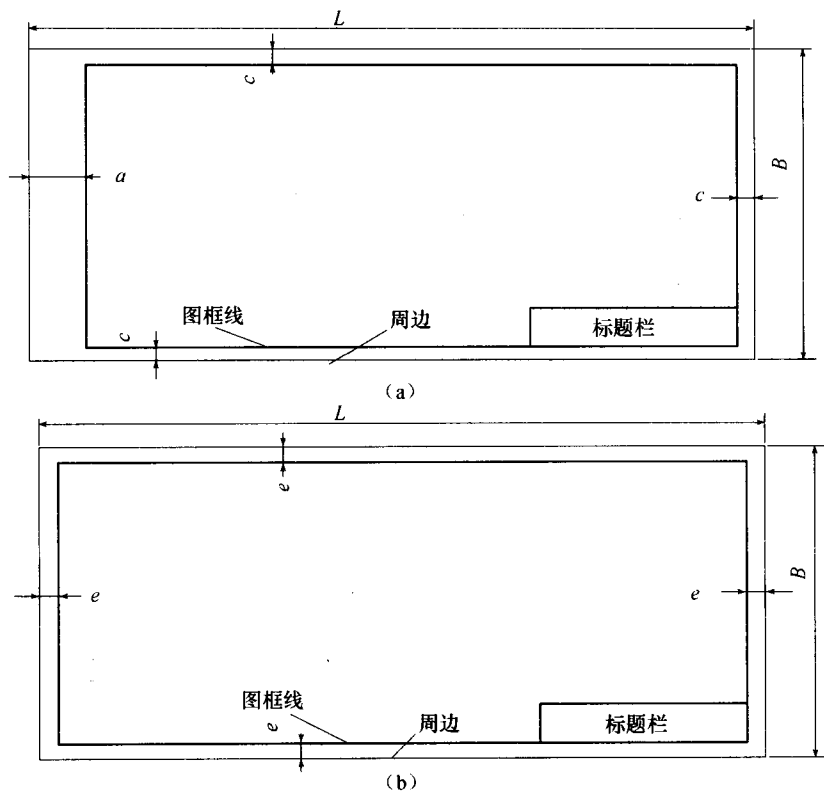


图 2-1 图面的构成
(a) 留装订边；(b) 不留装订边

二、标题栏和明细栏

1. 标题栏

标题栏是用以确定图样的名称、图号等信息的栏目，相当于图样的“铭牌”。

标题栏一般由更改区、签字区、名称区、其他区和代号区组成，也可按实际需要增加或减少，其中：

更改区：一般由更改标志、分区、更改文件号、签名和年、月、日等组成；

签字区：一般由设计、审核、工艺、标准化、批准、签名和年、月、日等组成；

其他区：一般由材料标记、阶段标记、重量、比例、共×张等组成：

名称及代号区：一般由单位名称、图样名称和图样代号组成。

栏目的尺寸与格式举例见附录 B。

某些情况下，标题栏还应提供项目代号等附加信息。

2. 明细栏

明细栏一般由序号、代号、名称、数量、材料、质量（单件、总件）、分区、备注等组成，也可按实际需要增加或减少项目。

序号：填写图样中相应组成部分的序号。

代号：填写图样中相应组成部分的图样代号或标准号。

名称：填写图样中相应组成部分的名称，必要时也可写出其型号及尺寸。

数量：填写图样中相应组成部分在装配时所需的数量。

材料：填写图样中相应组成部分的材料标记。

质量：填写图样中相应组成部分单件和总件数的计算质量。以千克（kg）为计量单位时，可以不写出其计量单位。

备注：填写该项的附加说明或其他有关的内容。必要时，应将分区代号填写在备注栏中。

明细栏的尺寸与格式见附录 B。

三、图号

每张图在标题栏中应有一个图号。一套完整的工程图纸通常由多张标有不同图号的图样组成。内容较多的复杂图为表达清楚也可分为多张分解图，这时，每张分解图都应在彼此相关的地方编制张次号。如图号为 4752 的图由 3 张构成，图号以连接顺序应为 4752-1，4752-2，4752-3，或 4752/1，4752/2，4752/3。

如果在一张图上有几种类型的图，应通过附加图号的方式，使图幅内的每个图都能清晰地分辨出来。

四、图幅分区

为了确定图样中图形的位置和其他用途，应对图幅进行分区。

图幅分区的方法是：在图的边框处，竖边方向从上到下用大写字母编号，横边方向从左到右用阿拉伯数字编号；分区数最好是偶数；每一分区的长度为