



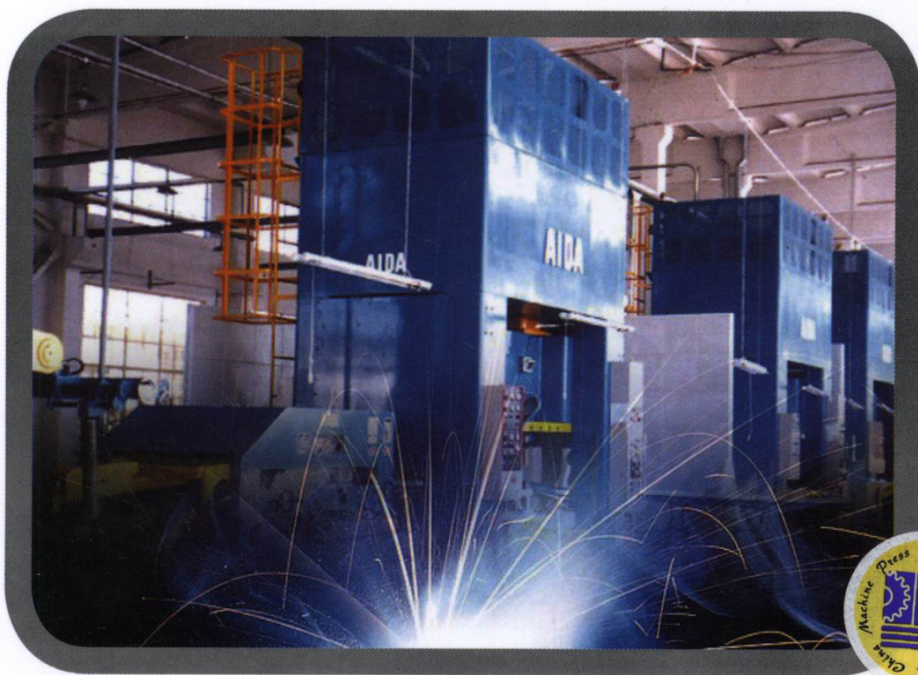
从校园到职场

CONG XIAOYUAN DAO ZHICHANG

机电安装工程与现场焊接难题

实用技术技能

白 公 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

从校园到职场

机电安装工程与现场焊接难题 实用技术技能

白 公 主编



机械工业出版社

本书根据国家焊工技术等级标准,结合实践经验、亲身体会及多年的机电工程管理和教学积淀,详细地介绍了机电工程安装过程中解决现场焊工焊接难题的方法及实用焊接技术技能。

全书分为两部分,第一部分讲述机电工程从设计、安装、调试到运行维护的过程中应具备的条件及相关技术技能、质量管理及监督、安全管理及监督、工程管理及监督以及现场技术难题的解决方案,并突出现场技术工人在安装过程中的重要作用。

第二部分列举工程现场 40 个焊接难题为典型案例,详细地讲述了进口钢材及常见的铜、铝、塑料、管道、锅炉、储罐、风筒、钢结构、轨道以及特钢、不锈钢、镍钢、碳钢、型钢等在焊接过程中出现的难题及其实用的焊接工艺方法,同时讲述了焊接作业的注意事项等。

本书可供焊工自学,亦可作为工科院校、职业院校的实践教材,同时可作为焊工培训及青年工人、转岗工人自学用书。本书是技术工人走向技师的阶梯,是解决焊接技术难题的金钥匙。

图书在版编目(CIP)数据

机电安装工程与现场焊接难题实用技术技能/白公主编. —北京:机械工业出版社, 2015.11

(从校园到职场)

ISBN 978-7-111-51730-6

I. ①机… II. ①白… III. ①机电设备—建筑安装②机电设备—焊接工艺
IV. ①TU85②TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 237497 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:牛新国

责任校对:刘雅娜 封面设计:路恩中

责任印制:

印刷厂印刷

2015 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·9 印张·220 千字

0001— 册

标准书号:ISBN 978-7-111-51730-6

定价: 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010) 88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

(010) 88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

从校园到职场——

机电安装工程与现场焊接难题实用技术技能

主 编	白 公						
编 委	刘 洋	宋宏江	陈 斌	高 英	张艳梅	田 明	
	桂 垣	董蓓蓓	武占斌	王振山	赵洪山	张 璐	
	莫 杰	武双有	谷文旗	李云鹏	刘晋虹	白永军	
	赵颖捷	王 建					
主 审	悦 英	赵颖捷	桂 垣				
土建工程	李志强						
顾 问							
编写人员	闫敬敏	张瑜军	李树兵	赵玉春	王佩燕	田 朋	
	韩月英	高春明	贾连忠	李云鹏	刘晋虹	白永军	
	李志强						

前言

如今正处于紧缺技工的时期，特别是高级技工、高级技师紧缺已经有几年了。有的企业提供年薪 10 万、20 万却招不到技术精湛、技能全面、职业道德高尚的技工。技术断档、技工断档是一个非常严重的问题，也是一个客观的事实。面对“技工荒”，最关键的是怎样解决、怎样造就大批技术拔尖的人才，尽快弥补这个断档，这才是当务之急。

机电设备安装工程在国民经济中占有主导地位，其是否能正常、稳定、安全运行决定着国家的发展及民族的兴旺。机电设备安装工程涉及的专业几乎包含了工科院校的所有专业，所涉及的工种主要有机、钳、电、铆、焊、吊装、运输、管道、金属结构制作及自动化仪表等，涉及的技术管理主要有预算、原材料供应、施工组织、质量管理、安全管理及环境管理等。在机电设备安装调试中，由于缺乏优秀技工，同时伴随新设备、新材料、新工艺和新技术的不断涌现，在工程中经常会出现一些现场难以解决的技术问题，直接影响到了工程的质量、进度、安全及工期，有时还会造成重大损失和不良的社会影响。

因此，作为机电设备安装人员，特别是刚刚进入这个行业的年轻人，应该加强机电安装技术技能的学习和锻炼，深入实践，不怕吃苦、不怕受累；同时应加强电工理论知识的学习，并与实践紧密结合，提高技术水平。在工程实践中加强职业道德的修养，加强和规范作业执业行为，才能成为机电行业的技术高手。

在国家经济高速发展的过程中，作为一名机电安装工作者肩负着非常重要的责任。国家宏观调控的重要目标就是要全面贯彻落实科学发展观，加快建设资源节约型、环境友好型社会，把节能减排作为调整经济结构、转变增长方式的突破口。在机电设备安装工程及其系统的每个环节和细节里，每个机电工作者只要能够尽心尽责，兢兢业业，确保安装调试的质量，做好运行维护工作，就能够减少工程费用，降低事故频率和运行成本，削减维护开支；同时能确保机电系统的安全、稳定、可靠运行。机电工作人员便为节能减排、促进低碳经济发展，保增长、保民生、促稳定做出巨大的贡献。

本书分为两大部分，第一部分是主要讲述机电设备安装工程概论，第二部分讲述焊接施工中出现的 40 个技术难题以及 1 个注意事项，详细讲解了焊接技能及解决难题的工艺方法，为现场焊接人员排忧解难，完成焊接工程项目。

本书由教授级高级工程师组织编写，在编写过程中汇集了众多实践经验极为丰富、理论知识精通扎实、能够将科研成果转化为实践、能够解决工程实践难题的资深高级工程师、教授、技师承担编写工作，他们分别来自设计单位、安装单位、工矿企业、高等院校、通信单位、供电公司、生产现场、监理单位、技术监督部门等。他们将机电设备安装工程中设计、安装、调试、运行、维护、检修、保养以及安全技术、读图技能、施工组织、预算编制、质量管理监督、计算机应用等实践技术技能以及实践经验、绝活窍门由浅入深、由易至难、由

简单到复杂、由传统到现代进行了详细的论述，供广大读者，特别是青年工人和机电设备相关专业的学生们学习、模仿、参考，以期在技术技能上取得更大的成绩和进步。

本书的编写过程中，得到了众多专家、学者、工程技术人员的帮助及其提供的技术资料，特别是《安装》杂志（2004 版，2005 版）的多位作者，这里本书全体编写人员衷心的向他们表示感谢和敬意。

本书的特点是实用性强，可操作性强，通用性强。但需要说明，本丛书讲述的技术技能及方法不是唯一的，也可能不是最先进、最科学的，然而按照本书讲述的方法，一定能将各种工程，包括复杂且难度大的工程顺利圆满地完成。由于资料有限，书中难免有不妥和错误之处，敬请读者批评指正。

白公 谨上
2015 年 8 月于北京

目 录

前言

第一部分 概论

一、机电设备在国民经济中的地位	1
二、机电设备及其所属工程项目正常、稳定、安全运行的条件	1
三、机电设备安装工程形成的过程	6
四、机电设备安装调试应具备的条件及相关技术技能	12
五、机电设备吊装技术技能的基本要点	15
六、机械设备安装、找正、拆卸、清洗及装配调整的基本要点	16
七、电气设备安装调试及试运行的基本要点	17
八、机电设备安装工程的施工验收规范及相关标准规程	17
九、常用机电设备安装项目的类别及工艺要求	18
十、机电设备安装调试程序、要点、方法及要求	19
十一、机电设备安装工程的质量管理及监督	20
十二、机电设备安装工程的安全管理及监督	21
十三、机电设备安装工程施工组织设计	26
十四、机电设备安装调试人员职业道德	30
十五、工程现场安装调试难题实用技术技能指导	32

第二部分 工程现场焊接难题技术技能

一、高原、野外、严冬、无电地区焊接预应力水泥电杆的方法	37
二、1Cr5Mo 耐热钢钢管的电焊焊接方法	41
三、T2 纯铜母线单面焊双面成形焊接方法	43
四、加热炉排式炉管的焊接方法 (ASTM A335 P9 P11)	45
五、高镍合金 C276 管道的焊接工艺方法	50
六、低温钢制球罐焊接工艺方法	53
七、管道向下立焊接技术	57
八、316L 不锈钢管道的焊接	59
九、15CrMo 耐热钢管道的焊接	62
十、碳钢 Q235A 储槽内衬不锈钢 316L 板的焊接	64
十一、不锈钢薄壁容器焊接收缩变形的控制方法	66
十二、高架单轨列车轨道的焊接工艺方法	68
十三、储罐壁板对接焊接工艺及焊缝角变形的控制方法	71
十四、双壁储罐焊接组装工艺方法	74

十五、不锈钢板焊缝双面同步焊接工艺方法	79
十六、特钢 09MnNiDR 接头焊接工艺方法及要求	80
十七、镍基耐热钢管的焊接工艺方法	83
十八、吊车轨道的焊接	84
十九、不锈钢复合管的焊接工艺方法	85
二十、特殊合金钢管的焊接	87
二十一、进口 316L 不锈钢容器的焊接	90
二十二、12Cr2Mo1R 耐热钢板的焊接工艺方法	92
二十三、H 型钢焊接及其变形的控制方法	94
二十四、纯铜母线软接头钨极氩弧焊焊接工艺方法	95
二十五、碎焊丝埋弧焊焊接工艺方法	96
二十六、进口双相不锈钢的焊接方法	98
二十七、炉管烧损与新炉管的焊接	100
二十八、聚乙烯 (PE 塑料) 管道的热熔焊接	102
二十九、大型风筒的焊接方法	105
三十、316L U.G 不锈钢管的焊接方法	108
三十一、大管径钢管焊接坡口加工机的制作要点	111
三十二、低碳钢焊接裂纹的控制方法	113
三十三、锅炉安装管道焊接缺陷的处理方法	115
三十四、铝制设备及其管道附件的焊接方法	117
三十五、轨道梁铸铁连接件的焊接方法	120
三十六、电气开关柜纯铜母线的补焊方法	122
三十七、不锈钢阀杆破裂的补焊方法	124
三十八、气体保护焊露天作业的防护方法	125
三十九、钢结构制造及设备安装中焊接作业质量的控制方法	126
四十、渗铝钢管的焊接工艺方法	128
四十一、焊接作业安全注意事项	130
结束语	135
参考文献	136

第一部分 概 论

当我们步入学校、工厂、商厦、写字楼、农场、军营、科研场所、机场、码头、车站、娱乐场所乃至饭店、宾馆、厨房、空调机房、锅炉房等地方，我们都会看到一排排、一座座机电设备在稳定正常地运转着，并不时地发出相应的指令或信号，在提示着操作人员进行操作。同样，我们也会看到维修人员用测试仪器、仪表对设备进行测试和试验，或者是拆卸后进行维修维护或保养。有时我们也会看到设备安装人员在现场安装调试设备，他们用安全绳清楚地划分出了明显的界限，并有监督人员举着小旗、吹着口笛或拿着喇叭在提醒着过往的人员，而安装人员却在精心细致地进行设备安装的作业。由于他们细心的安装调试，正常的维护保养，准确的操作保证了机电设备的正常运行，保证了机电设备的安全使用。准确地讲，我们每个人都离不开这些设备的辛勤工作，这些设备已经是人们的亲密伙伴了。同样，这些设备在国民经济、国家发展、人民生活提高、精神文明建设以及国防建设、提高国际地位方面都有着非常重要的作用。

一、机电设备在国民经济中的地位

随着科学技术的进步和国民经济的发展，机电设备在国民经济、生产过程及人民生活中占据着相当重要的地位，在工程建设中占有的比例很大，一般的工程占到 30%~40%；科技含量高、系统复杂、自动化程序高的往往都超过 50%，有的工程要占到 70%左右。

在工业生产过程中，机电设备能否正常运行及稳定工作决定着工业生产的正常运行，决定着产品及服务的质量和产量，这是国民经济中最重要的一环。而机电设备的非正常运行将会造成重大的经济损失和政治影响，这是每个人都不愿看到的事情。因此，机电设备及其所属工程项目在国民经济当中是保证工业生产、人民生活的重要条件，也是国民经济中的最宝贵的财富，是圆中国梦、是中华民族立足于世界民族之林的最重要的条件，同时也是每个参与机电设备工程项目人的光荣。每个参与机电项目人的责任是重大的。

二、机电设备及其所属工程项目正常、稳定、安全运行的条件

保证机电设备及其所属工程项目正常、稳定、安全运行的条件有以下几点：

首先一个重要的条件是所有参与机电设备及其工程设计、制造、原材料供应、安装调试、运行维护、质量监督、安全监督的单位及个人应有崇高的职业道德、精湛的技术技能、丰富的实践经验，对工作认真负责、兢兢业业、尽心尽责、一丝不苟，杜绝假冒伪劣、反对以次充好，严格执行国家相应的标准、规范、规程，并将其落实于工作和作业行为中去。

再者就是设计师、工程师、技术工人在工程中的作用及其三者之间的关系，这也是一个非常重要的条件。

1) 机电设备安装调试工程的几个环节。

机电设备安装调试工程的成败，主要取决于工程设计、设备及原材料的质量以及安装、调试、运行、维护、检修、修理及保养等环节。

① 机电设备安装调试工程项目的设计必须由具有相应资质的设计单位进行，对于工程较大、重要工程建设单位必须到设计单位进行实地考察，设计单位应出具项目设计论证报告、设计方案和初步设计，经相关专家论证及评估后才能进行设计，以确保工程项目的设计质量。

② 对于产品、材料的开发设计应有可行性试验报告、市场调研报告，投放市场时应经过准入制度考核，并有型式试验报告和产品质量合格报告；经主管部门、质量监督部门、大型用户联合使用鉴定报告，必要时应有上一级或国家级主管部门介入，从源头杜绝假冒伪劣产品的设计、研制及生产，以确保机电产品及材料的设计质量。

③ 机电设备安装调试工程所用到的设备、原材料是决定工程项目质量好坏最重要的条件。把好设备和原材料的质量关是机电设备安装调试工程的头等大事。机电设备安装调试工程对于设备和原材料须施行三检制度：一是在采购时的检验，特别是对生产商、销售商的资质、信誉、业绩和服务的检验和考察；二是采购后的进厂进货检验，除了采购人员、保管人员应有专业人员参与进货检验，必要时，特别是对于大型、贵重、重要的设备应进行实地通电试运行试验和仪器检验，以确保产品的质量；三是安装或运行使用时的检验，所有机电设备、元器件、材料在安装或使用前应按规程、规范要求进行试验及检验，杜绝假冒伪劣产品混入工程项目。上述三检均应出具试验及检验报告。

④ 机电设备安装调试工程的安装是保证工程项目的重要条件，除了按照规程、规范、标准和设计要求外，最重要的是在安装前要对设备、元器件、材料进行测试和试验，确保安装的质量。在安装过程中要用到吊装、运输、焊接、加工制作、钳工作业等作业程序，这些环节的质量关系到工程的总体质量。可见，每道工序的质量检查是非常重要的，同时要求做好事前控制，避免成形后不合格返工或返修，以确保工程质量。

⑤ 机电设备安装调试工程的调试是保证工程项目交验及正常运行的非常重要的技术手段，除了按照规程、规范、标准对工程各个子项目进行调整试验外，更重要的是，要对其的可靠性、灵敏性、准确性、安全性和抗衰老性做出判断，确保使其正常运行，并且能在非正常条件下自动做出响应，确保系统安全地运行或使用。

⑥ 机电设备安装调试工程的运行是保证交付使用及运行后系统正常工作的重要手段，除了按照规定的运行规程和要求进行监视、测量、调整、控制和记录外，更重要的是，对系统的安全性、可靠性、灵敏性、准确性做出判断，并及时发现运行缺陷，为维护、保养、检修提供可靠的依据和线索。

运行技术措施的科学性和普遍性是保证机电设备安全运行的必要条件之一，是保证安全运行的关键手段。

⑦ 机电设备安装调试工程的维护保养是保证系统安全运行的重要技术手段。维护保养必须遵守维护保养技术规程，同时在确保维护保养的要点上下功夫，把故障、缺陷消灭在萌芽状态。

运行维护技术措施的要点就是“勤”、“严”、“管”三个字。

“勤”就是对机电设备安装调试设备的每一部分、每一参数勤检、勤测、勤校、勤查、勤扫、勤修，以便及时发现问题及隐患，并及时处理，使其消灭在萌芽中。这里的勤是指按周期进行。

除按周期进行清扫、检查、维护和修理外，还需利用检修或停电的机会彻底地清扫、检查、紧固及维护修理。

“严”就是在运行维护及各类作业中，严格地执行操作规程、试验标准、作业标准，并有严格的管理制度，现有的各种规程、标准及制度有 300 多种。

“管”是指机电设备管理机构及组织，这个机构是具有权威性的，一般由机电专家和行政负责人组成，负责解决有关设计、安装调试、运行维护及安全方面的难题，同时从上到下直至每个用电者应有一个强大的安全协作网，构成全社会机电设备的安全系统，这是保证安全运行的社会基础。

⑧ 机电设备安装调试工程的周期检修是确保系统长期安全运行的基本技术手段。随着时间的推移，世界上任何人工制造的装置在使用或运行的过程中，多少都有一定的磨损。在维护保养中我们要去除一些容易发现而工作量较少的磨损，如螺母松动、加油、仪表数据不准而更换仪表、导线或触头发热等。同时要记录设备的状态及工作量较大的修复项目，进行周期性的检修或更换。其中，周期是按长期运行或使用经验而制定的，并不时地按设备实际运行状况而修订，以满足设备运行的需要。检修同安装一样，要编制施工组织设计，要对设备进行检测和试验。

2) 设计师、工程师、技术工人在工程中的主导作用及其三者之间的关系。

① 设计师在机电设备安装工程项目中的作用。

机电设备安装工程项目的设计在工程的全部过程中起着非常重要的作用，设计上的任何细微失误都会给工程带来重大的损失。因此，工程设计要进行招标，投标单位要进行工程的初步设计和技术设计，并由第三方组织专家进行评审，提出相应的意见和建议，然后由建设单位技术部门认可后方可进行设计。当施工图样设计完成后，要经过当地或上一级专业工程建设审图机构的审核批准。可见，工程设计应当层层把关，关关严谨，不得有丝毫的马虎和失误，只有这样才能保证工程设计的质量和技术。

设计师是工程项目设计的主体，他们肩负重担、责任重大，在保证系统的先进性、稳定性、可靠性、灵敏性和安全性上起着举足轻重的作用。

a. 在工程项目的主体上要确保技术的先进性，确保其是机电设备安装工程的主流。设计上采用先进的技术、先进的设备、先进的材料是推动全社会技术进步的重要手段。任何设备、技术和材料只有在工程实践中推广使用后，才能证明它的先进性和实用性，最终才能进入真正的推广使用阶段。

设计方案的先进性是保证工程项目设计主体上先进的根本。因此，在确定设计方案时，应参考国内外同类机电设备安装工程项目的设计图样，参考相关文献书籍，并对其进行分析，汲取精华，去除糟粕。所谓汲取不是照搬硬套，而是由它激发你的创意，在其基础上创造出更为先进的方案或提供更为先进的思路，确保设施设计方案的先进性。而去除糟粕不是全部否定，而是分析造成糟粕的原因，避免导致设计方案的落后和失败。

同时，确定设计方案不能一味地追求先进而忘记投资，往往过分追求奢华会造成糟粕，也就是说，钱没有用在刀刃上。所谓先进是指功能上先进、设备上先进、技术上先进，材料上先进，而这些设备、技术和材料必须是经过实例检测和验证后确定为具有先进性的方可采用。作为工程师，任何时候、任何情况下，都不能采用未经实例检测和验证的产品，更

为重要的是千万不能去当别人的试验品，杜绝假冒伪劣产品进入机电设备安装工程，否则会毁掉你的设计生涯，甚至造成终生遗憾。

b. 在工程项目的主体上确保系统的稳定性，是机电设备安装工程的重要基础。除了上述技术、设备、材料以及设计方案的先进性外，还要解决它们之间的接口和控制问题。只有接口和控制的问题解决好了，设备才能稳定地工作。所谓稳定工作就是在各种数值、参数、定值以及运行环境、条件、状态处于正常状态下，系统能长期无故障、无缺陷且精准地运行，这是对机电设备安装工程最根本的要求，特别是对控制系统复杂、重要负荷、特殊环境条件下要求更为严格。为此，在选择先进方案、先进设备及材料，确定接口和控制的具体方法及结构时，更要考虑到稳定性这一重要基点。

c. 在工程项目的总体上要确保系统的可靠性，是机电设备安装工程的基本要求。可靠性是在先进性、稳定性的基础上，系统设置的各种保护装置、报警系统、自动调节系统、自动控制系统、自动检测装置、安全保护自动装置、智能识别及控制系统等能够在系统各种数值、参数、定值以及运行环境、条件、状态处于非正常情况下，可靠地动作，或者可靠地按照设定的程序去进行保护、报警、调节、控制，当系统从非正常状态经控制或调节到正常状态时系统又能自动恢复正常的运行状态。这是一个非常复杂的过程，除了常规的保护装置及继电保护技术外，还要用到传感器技术、电子技术和电力电子技术、微机技术、通信技术、自动控制及调节技术、人工智能技术乃至机械手、机器人技术等。

可靠性及这些技术是电气工程及自动化工程的难点，也是最有魅力的并能激发人们工作乐趣的源泉。每一位设计师都应该在这方面多放些精力，确保设计的保护装置及继电保护系统、报警系统、自动调节及控制系统、自动检测系统、安全保护系统、智能识别及控制系统等可靠动作，确保系统的安全运行。

d. 在工程项目可靠性的基础上要确保其灵敏性，是机电设备安装工程控制保护系统的基本要求。

灵敏性是建立在可靠性的基础上的，在设定的数值、时间、环境、条件之外应迅速动作，确保控制和保护的可靠性。除了在设备、元器件、材料的选用上符合并满足设定的要求外，主要是数学模型的建立必须精确无误，检测元件的设置必须合理，同时应有排除各种干扰的设置和措施，有拒绝错误动作的设置和措施。可见，智能识别和控制系统在重要的机电设备安装工程中具有很重要的地位和作用，一般在方案设计中通常采用数理统计的方法，把所有可能出现的将要影响系统运行的条件和环境全部列出，逐一设立方案。有相关的条件或环境还要采用“与”、“或”、“与或”、“与非”、“或非”等数学模型去解决，确保万无一失，做到滴水不漏，这正是机电设备安装工程的魅力所在。说一句行话，必须学好数学，因为数学使人有周密的思维。

e. 机电设备安装工程的安全性是工程中的重中之重。上述先进性、稳定性、可靠性和灵敏性是保证系统安全运行的基本要点，只要设计上能确保这四点，其余的则由安装、调试、运行、维护、保养和检修等程序去完成。由此可见，设计师在机电设备安装工程中具有显赫地位和重要作用。所谓安全运行是指在正常条件下，系统能稳定工作，在非正常条件下，系统的保护及自动调节系统能及时工作，将非正常条件的状态牵引到正常状态而稳定工作，使系统永远处于正常状态。这种安全运行是理想状态，而在实际工程中是不存在

的。机电系统总会发生一些故障，只要这些故障不影响系统的总体运行、不造成损失，基本上就是安全运行。

综上所述，设计师在机电设备安装工程的设计中承担着重大的责任，起着决定性的作用。设计是机电设备安装工程先进性、稳定性、可靠性、灵敏性和安全性的先导。如果在设计上存在缺陷、瑕疵、纰漏以及不足，那结果将会导致设计的失败，导致工程项目的失败，代价将是非常惨痛的。因此，设计师要与时俱进，不断地学习新技术、新工艺、新设备、新材料，提高自身技术素质，同时也要经常深入工程现场，掌握第一手资料，验证设计的成败，并向现场安装人员学习和探讨，进一步开阔思路，改进设计。只有这样，才能永远立于不败之地，为机电设备安装工程做出更多的优秀设计。

② 工程师在机电设备安装工程项目中的作用。

工程师在机电设备安装工程项目的整个实施过程中，起着决定成败的至关重要的作用，他们是工程的中流砥柱、是桥梁、是金钥匙、是抢险队长；他们是工程的指挥者、组织者和实施者；他们在工程中传授技术、教授方法、解决难题、监督质量、掌握进度、保证安全、控制投资以及交流沟通。这里简述一下其工作内容。

- a. 熟读并掌握工程设计图样和设计文件。
- b. 编制施工组织设计并付诸实施。
- c. 向施工人员技术交底、安全交底。
- d. 把设计图样存在的缺陷、不足和问题反映给设计单位，双方达成共识，利于施工。
- e. 解决工程中出现的技术难题和非技术性难题。
- f. 解决工程中出现的质量、安全及环保事故。
- g. 投标阶段编制标书，直接参与投标活动。
- h. 与建设单位、设计单位、兄弟单位、供货单位、地方政府及上级单位交流沟通。
- i. 在管理方和作业方之间上下传达技术、管理、组织信息，并组织实施。
- j. 对工程的实施全面监督、全面负责、统筹组织人、机、料、法、环等生产环节，确保质量、安全、进度、投资及环保。

作为工程师同样要与时俱进，学习新技术、新工艺、新设备和新材料，扎根于施工现场，积累实践经验，逐渐在电工专业及其边缘学科拓展，瞄准高端，立足于机电设备技术前沿，在机电设备安装工程中发挥更大的作用，做出更大的贡献。

③ 技术工人在机电设备安装工程项目中的作用。

技术工人是机电设备安装工程的直接实施者，是机电设备安装工程的中坚力量，是创造价值和财富的主力军，是配合工程师工作的得力助手。他们是承载工程项目的基石，是攻克工程项目实践中所遇的困难的勇士，是抢险队员。

他们在工程项目中功不可没。他们在工程中要完成安装、调试、运行、维护、检修、试验、保养和修理等工作，每个项目的完成都必须遵守标准、规范、规范的要求，确保工程的质量；同时还要排除工程出现意想不到的复杂事故、故障、险情或意外，这就要求他们具备精湛的技术技能、崇高的职业道德及行为规范、临危不惧的心理素质以及处理复杂事物的能力和意志。

技术工人同样要与时俱进，学习新技术、新工艺、新设备和新材料，特别是与微机技术、

电子技术、电力电子技术、传感器技术、自动检测技术和自动控制技术相关的“四新”产品及技术更要认真细致地学习和实践，以适应新形势、新技术的需要，越来越多的与这方面相关的技术已经逐渐普及到机电设备安装工程及其安装、调试、运行、维护、检修、保养和修理等作业项目中。如果不加强这方面的学习和实践，或者忽视这方面的学习和实践，就会慢慢被新形势下的新技术所淘汰。

④ 设计师、工程师和技术工人之间的关系。

由前述分析可以明确地看出，设计师、工程师和技术工人之间的关系是互补的、相容的且密不可分的，区别只是分工不同，在机电设备安装工程中所处位置不同，对于机电设备安装工程来讲，他们缺一不可。

a. 设计师要经常深入工程现场，了解情况，并向工程师、技术工人学习，共同探讨技术问题。同时，工程师、技术工人要向他们反映设计上存在的缺陷或不足，以获得正确的解决方法。

b. 工程师处于设计师和技术工人之间的位置，既是传递信息的桥梁，又是解决实际问题的纽带；既要把握设计意图和自身领会传授给技术工人，又要组织、指挥技术工人完成工程项目；既要解决工程中的难题，又要把握工程中出现的或技术工人反映上来的难点、疑点、不可行点协同设计师商讨解决。

c. 技术工人是按设计意图和工程师的技术要求及技术交底来施工的，施工过程中出现不可解决的问题时必须向工程师、设计师反映，在解决过程中，技术工人往往提出很多可操作、有价值的方法。他们丰富的实践经验是工程师和设计师们学习的地方。

设计师、工程师、技术工人在工程中的位置不同，起到的作用不同，其利益和效果不同，但目的是相同的；他们之间既有合作，又有监督，还有上下级关系；既是三者鼎立，又是三者统一，这就是工程技术中的辩证法。

三、机电设备安装工程形成的过程

大中型机电设备安装工程项目形成的过程是一个非常复杂的系统工程，涉及技术、商务、经济、设备制造研发、法律及管理方面的内容。电气工程及自动化工程形成的过程一般要经过如下的程序：

1. 立项

由建设单位或主管部门提交项目建议书，阐述项目的重要性、必要性及其对经济发展至关重要的作用等，并提交项目评估报告。项目评估报告主要是评估项目投资、效益、工期和税金估算等，经专家及主管部门评审通过后正式立项。

2. 可行性研究及分析报告

由第三方组织有关专家及有经验的技术人员对项目的必要性、可实现性和实际效果等进行详细的调查研究及分析，收集、整理、分析所有数据，为决策者做出正确的判断提供有效的依据，降低或防止决策失误，包括决策存在的风险和不确定因素等，确保项目决策正确，从而保证项目建成后的投资效益及社会效益。

3. 设计招标及实施

1) 项目确定后首先是设计招标，并发布招标书。投标单位必须是具有相应设计资质且涵

盖项目要素的设计单位，出示设计方案和招标书，由评标委员会评出的最佳设计单位中标。

2) 设计单位中标后，首先应出示项目的初步设计和技术设计，由第三方组织相关专家及有经验的技术人员进行评审，提出相应的改进意见或建议，然后经建设单位技术部门认可即可进行项目的施工图设计，并在规定时间内出示施工图，报当地或上一级或专业工程建设审图办审核批准。审图办是审核设计图可行性、先进性、经济性的技术部门，审图办必须具备相应的资质。

3) 将全套施工图交给建设单位。

4. 工程项目的招标书

1) 建设单位发布招标书，并将施工图全部交给投标单位，并签订相应的协议。

2) 投标单位必须具有相应施工资质且涵盖全部施工图要素的施工单位，按招标书要求编写技术标（施工组织设计）和商务标（工程目标），并在规定时间内将投标书送达招标单位。

3) 招标单位应委托第三方评标委员会评审。评标委员会由相关专家及有经验的技术人员组成，并按照公平、公正、公开的原则进行评标。评标委员会必须在招标书规定的时间发布招标结果和中标单位。

4) 经评审后中标单位应按技术标和商务标进行工程项目的实施，并按后续程序的规定完成工程项目。

5. 机电设备安装工程必备条件

1) 机电设备安装工程的设计及施工图。机电设备安装工程的设计必须由具有相应资质并由主管部门颁发相应等级设计许可证书的设计单位进行设计，特别是重点工程、大中型工程或对本地区有较大影响的工程，必须审核设计单位的资质证书，其设计人员的资格必须符合资质证书等级的要求。

设计单位提供的施工图必须在中标后且在开工前进行审核、提出会审意见备案。参加会审的应有设计单位、安装单位、监理单位、建设单位和供货单位，大型或国家重点工程必须由省部主管部门主管技术的人员参加。会审时，应由设计单位对图中不妥、缺项、疑问等内容做出反应，同时，在施工中发现不妥应及时更正，确保施工图的正确、完善和可实施性。

2) 机电设备安装工程的施工组织设计。施工组织设计应在标书中的施工组织设计基础上细化，特别是施工工艺程序及施工方案（方法）、保证质量目标及措施、计划的技术措施，保证工期的安全目标及保证措施、环境目标及保证措施、工程预算及投资计划、机具计划和人力计划及管理措施、物资供应计划及物资管理、安装技术措施及技术交底、安全技术措施及技术交底、应急预案、施工管理组织及人员设置应具有可操作性，能真正指导施工。

施工组织设计实际就是一种安装工程的模拟演练，就是工程的管理组织者在开工前对整个工程进展的一种设想，并对主要工艺方法、质量保证、安全管理、环境保护、施工进度、投资经费及人员配置等做出预演和预测，并在实际施工中得以证实。

3) 机电设备安装的施工预算及承包合同价（中标价）。施工预算应在标书中的报价基础上细化，找出哪些部分报高了，哪些部分报低了，然后按照核实后的工程量进行详细的计算，把施工预算定格在一个基数上。特别是关键设备及材料、贵重设备及材料必须核实并有实践经验的人审核后准确报价。工程量的核算同样必须经预算人员互核，然后确定预算额。在

工程进行中时,要及时将由于设计变更、建设单位增/减项及实际工程变化而变化了的工程量补充到预算中去,使工程预算能较准确地反映出整个工程的实际工程量。

施工预算是企业经济核算的基础,是盈亏的重要依据。企业必须提高预算人员的能力素质,确保企业利润的实现。

4) 施工材料清单计划。材料清单计划与施工预算是相辅相成的,也是成本核算的主要依据。材料清单计划应由材料人员根据实际施工图、设计变更、增项等进行详细计算并按预算定额留有余量,随后由材料人员互核。同时,材料清单计划必须超前进度计划,紧缺的材料须有三个进货渠道,以免延误工期。编制材料清单计划时,必须按进度计划确定到货日期。任何安装工程均不得因材料未到而停工待料,这将是一个重大的损失。

5) 施工机具计划。除定额中规定的机具以外,还有很多工程中常用的机具。编制机具计划时必须考虑周全,一般应由项目经理主持。同样,机具计划必须超前进度计划。另外,编制机具计划的同时,应有机具维护保养方面的管理制度。

6) 施工人力计划及技术力量的配备。人力计划和技术力量的配备是施工组织的中心议题。一些管理者或项目经理往往由于用人不当而导致工程不同程度的受损,这个议题是每个管理者不容忽视的。人力计划是按照工程量参照劳动定额编制的。为了节约成本,其原则是工程应以技工为主,但能用普工的就不用技工,能用低一级的技工就不用高一级的技工。人数的多少应按劳动定额计算,进行估算时应由有实践经验且多年从事该项工作的管理人员估算。

技术力量的配备是按工程及其设备安装的难易程度而定的。为了保证工程的质量、安全进度及投资,一般条件下应选高素质的技术人员参与工程。

7) 设备清单及到货计划。工程合同中应彻底分清哪些设备由建设单位提供,哪些设备由安装单位提供,以免互相扯皮推诿。任何一方遇到困难时,必须提前(紧缺设备应提前三个月)告知。设备的到货计划必须超前进度计划,给检测、试验留有充分的时间。其他见 4) 施工材料清单计划。

8) 质量计划。质量计划是按工程合同约定的质量目标或安装企业预想的质量目标来制定的。质量计划的制定就是将这些质量目标逐步分解到分部、分项及单位工程中去,用分部工程的质量去保证分项工程的质量,用分项工程的质量去保证单位工程的质量。这样在制定安装工艺程序的时候,要向分部、分项工程提出质量要求,并由专职质量检查员来检查,保证分部、分项工程的质量。另外,还应对机具、人员技术素质和材料质量提出相应的要求,以保证质量目标的实现。质量是企业的生命之本,管理者必须将其列为工作的重中之重。

9) 环境管理方案。环境管理方案是按国家环保标准和当地环保部门对施工现场环境保护的要求制定的。环境管理方案主要是对施工现场易污染环境的油品、废料、污水(生活和生产)、有害气体、固体废弃物、噪声、灰尘及烟尘等进行治理和清除的办法和制度。环境保护问题往往容易被人忽视,企业管理者和项目经理有义务宣传环境保护并加强这方面的管理,以保护环境。

10) 安全管理方案。安全管理方案是根据建设部门安全条例和当地安全主管部门对施工现场安全生产的要求而制定的。安全管理方案主要是对施工现场有碍安全生产的各种不安全因素进行提前防护,设置安全装置及设施,制定安全管理制度和相应的安全操作规程。施工现场不安全因素主要有高空坠落、物体打击、漏电触电、危险品、易燃易爆品、塌方及塌陷