

电气设备管理与 维修基础教程

刘东海 卢勇威 蒋思中主编



北京理工大学出版社



电气设备管理与 维修基础教程

主 编 刘东海 卢勇威 蒋思中
副主编 方小菊 江 健 杜 斌 韦伟清
审 稿 黄永杰

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电气设备管理与维修基础教程 / 刘东海, 卢勇威, 蒋思中主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 1

ISBN 978-7-5682-3682-9

I. ①电… II. ①刘… ②卢… ③蒋… III. ①电气设备-设备管理-高等学校-教材 ②电气设备-维修-高等学校-教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 024844 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 15.25

字 数 / 360 千字

版 次 / 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 52.00 元

责任编辑 / 李志敏

文案编辑 / 李志敏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

Preface

近年来国家高度重视高等教育，高等教育得到了迅速发展。顺应国民经济迅速发展需要的电气自动化技术、机电一体化、机械设计与制造等与现代电气设备设计、制造、维护、管理工作相关的专业也得到了快速发展。但是电气设备管理、维护维修方面的教材建设却相对滞后于高等教育的发展。因而编写一本能够适用于高等教育，体现真实岗位工作任务和能力需求，培养技术应用型人才要求的教材迫在眉睫。

本书是以高等教育中与电气设备密切相关的电气自动化技术、机电一体化技术、机械设计与制造等专业的学生为授课对象的教材。本书是课程团队深入企业调研，提取岗位工作任务，明确电气设备管理、维护岗位能力和素质要求后，邀请经验丰富的企业技术专家合作编写的，此教材为校企合作的结晶，能充分利用企业、学校资源，较好地指导学生学习的电气设备管理知识，练就电气设备维护、维修技能。

教材分为3个模块共14个项目，以企业变电、用电设备为主线，兼顾管理与维护、维修理论知识学习和实践技能训练。力图做到教、学、训一体化。每个实训项目都有工作任务和实施指导步骤以及实施结果考核，项目结束后还有课后练习。项目中结果考核有对应的考核评分表，可以直接在上面逐项评分，最后得出总分。课后练习也留有足够空间，方便学生直接书写答案。

本书模块一为电气设备管理基础篇，含3个项目。主要学习：设备经济效益管理的基本知识、基本概念和设备综合效益的计算方法；设备档案管理的职责、工作任务及设备档案资料建档、管理等知识和具体做法；明确设备安全管理的重要意义和作用，分析安全隐患来源及应对管理措施。通过任务实训掌握电气设备安全维护规程的编写方法及电气设备接地安全措施实施技能和方法。

模块二为电气设备管理与检修篇，含8个项目。以变电、送电及常用电气设备为主线，涉及变压器、继电器、接触器、电池组、低压配电柜、变频器及电动机等常用电气设备。学习这些电气设备的结构功能、工作原理、典型故障及维护和维修处理等知识和方法。通过任务实训掌握具体设备的维护、维修技能。

模块三为电气设备管理拓展篇，含3个项目。主要学习电气预防性实验，明确电气预防性实验的意义、作用。通过项目任务实训，掌握预防性实验的方法和技能；通过实际案例，学习电气工程项目管理的具体内容和要求；通过任务实训，进一步理解项目管理的内容和作用；通过具体案例和任务实训，明确5S管理的作用、意义及车间实际问题的处理办法。

本教材内容图文并茂，叙述清楚，项目学习主线清晰、明确，实训任务切合实际工作岗位，实现了理论和实践的较好融合。通过教、学、训一体化项目式学习，能很好地

掌握电气设备管理和维护、维修知识及技能，为学生从事此类工作岗位打下扎实的理论知识和技术基础。

限于编者的学术水平，本书的选材、内容和安排上如有不妥与错误之处，恳请读者与同行批评指正。

作者电子邮箱为：windmoom@163.com。

作 者
2016.12

目 录

Contents

► 模块一 电气设备管理基础 1

项目一 设备管理认知 1

一、学习目标 1

二、工作任务 1

三、知识准备 2

四、任务实施 13

五、思考与练习 13

项目二 电气设备档案管理 14

一、学习目标 14

二、工作任务 14

三、知识准备 14

四、任务实施 18

五、考核评价 19

六、思考与练习 20

七、档案表格格式目录 20

项目三 电气设备安全管理 41

一、学习目标 41

二、工作任务 41

三、知识准备 41

四、任务实施 54

五、考核评价 55

六、思考与练习 55

► 模块二 电气设备管理与检修 56

项目一 变压器管理与维修 56

一、学习目标 56

二、工作任务 56

三、知识准备 56

四、任务实施 75

五、考核评价 76

六、思考与练习	77
项目二 电气开关检修	77
一、学习目标	77
二、工作任务	78
三、知识准备	78
四、维修案例	86
五、任务实施	87
六、考核评价	87
七、思考与练习	88
项目三 交流接触器检修	88
一、学习目标	88
二、工作任务	89
三、知识准备	89
四、任务实施	92
五、考核评价	92
六、思考与练习	93
项目四 继电器的检修	94
一、学习目标	94
二、工作任务	94
三、知识准备	94
四、时间继电器	99
五、速度继电器	101
六、任务实施	101
七、考核评价	102
八、思考与练习	102
项目五 蓄电池管理与维护	103
一、学习目标	103
二、工作任务	103
三、知识准备	103
四、案例	108
五、任务实施	113
六、考核评价	114
七、思考与练习	115
项目六 低压配电柜的管理及检修	115
一、学习目标	115
二、工作任务	115
三、知识准备	115
四、低压成套开关设备	121
五、低压开关柜的日常维护	124

六、低压开关柜常见故障及维修	125
七、低压配电柜开关柜的保养	126
八、任务实施	128
九、考核评价	128
十、思考与练习	129
项目七 变频器日常检查及保养	129
一、学习目标	129
二、工作任务	130
三、知识准备	130
四、变频器常见故障及处理方法	136
五、案例	138
六、任务实施	139
七、考核评价	140
八、思考与练习	140
项目八 电动机管理与维护	141
一、学习目标	141
二、工作任务	141
三、知识准备	141
四、任务实施	164
五、考核评价	166
六、思考与练习	167
► 模块三 电气设备管理拓展项目	168
项目一 电气预防性试验	168
一、学习目标	168
二、工作任务	168
三、知识准备	169
四、任务实施	175
五、考核评价	176
六、思考与练习	176
项目二 电气工程项目管理	177
一、学习目标	177
二、工作任务	177
三、知识准备	177
四、安装与调试	195
五、编制岗位操作规程及管理制度	199
六、编制各岗位的工作标准	218
七、变电站投运及维护	219

八、任务实施	220
九、考核评价	220
十、思考与练习	221
项目三 企业现场 5S 管理	221
一、学习目标	221
二、工作任务	221
三、知识准备	221
四、任务实施	230
五、考核评价	233
六、思考与练习	233
► 参考文献	234

模块一

电气设备管理基础

项目一 设备管理认知

现代工业企业中，设备反映了企业现代化程度和生产技术水平，在企业生产经营过程中占据着日趋重要的地位，对企业产品的质量、产量、生产成本、交货期限、能源消耗及人机环境等都起着极其重要的作用，更是安全生产的重要基础。随着科技的迅速发展，企业的生产技术和设备在不断更新，产品生产的自动化、连续化程度越来越高。所以，设备对企业的生存发展和市场竞争能力已起到举足轻重的作用。

一、学习目标

- (1) 理解设备的含义。
- (2) 理解设备管理的含义。
- (3) 熟悉设备管理考核指标和要求。
- (4) 了解国外设备管理方法。

二、工作任务

计算某企业设备综合效率。

某公司车间的某型设备工作情况如下，试计算此设备的综合效率。

- 1天工作时间： $8\text{ h}\times 60\text{ min}=480\text{ min}$ 。
- 1天停止时间：80 min。
- 1天产量：450个。
- 1天合格率：95%。

- 计划周期时间：0.64 min/个。
- 实际周期时间：0.6 min/个。
- 早晚 5S 时间：10 min。
- 故障停止时间：30 min。
- 准备、调整时间：40 min。

三、知识准备

1. 设备的含义

一般认为，设备是人们在生产或生活上所需的机械、装置和设施等，是可供长期使用，并在使用中基本保持原有实物形态的物质资料。在国外，设备工程学把设备定义为“有形固定资产的总称”，它把一切列入固定资产的劳动资料，如土地、构筑物（厂房、仓库等）、建筑物（水池、码头、围墙、道路等）、机器（工作机械、运输机械等）、装置（容器、蒸馏塔、热交换器等）以及车辆、船舶、工具（工夹具、测试仪器等）等都包含在其中。在我国，只把直接或间接参与改变劳动对象的形态和性质的物质资料才看作设备。

设备是企业的主要生产工具，也是企业现代化水平的重要标志。对于一个国家来说，设备既是发展国民经济的物质技术基础，又是衡量社会发展水平与物质文明程度的重要尺度。在现代工业企业的生产经营活动中居于极其重要的地位。

（1）机电设备是现代企业的物质技术基础。机电设备是现代企业进行生产活动的物质技术基础，也是企业生产力发展水平与企业现代化程度的主要标志。没有机电设备就没有现代化的大生产，也就没有现代化的企业。

（2）机电设备是企业固定资产的主体。企业是自主经营、自负盈亏、独立核算的商品生产和经营单位。生产经营是“将本就利”，这个“本”就是企业所拥有的固定资产和流动资金。在企业的固定资产总额中，机电设备的价值所占的比例最大，一般都在 60%~70%之间。而且随着机电设备的技术含量与技术水平日益提高，现代设备既是技术密集型的生产工具，也是资金密集型的社会财富。设计制造或者购置现代设备费用的增加，不仅会带来企业固定资产总额的增加，还会继续增大机电设备在固定资产总额中的比例。设备的价值是企业资本的“大头”，对企业的兴衰关系重大。

（3）机电设备涉及企业生产经营活动的全局。首先，在市场调查、产品决策阶段，就必须充分考虑企业本身所具备的机电设备生产条件，否则，无论商品在市场上多么紧俏利大，企业也无法进行生产并供应市场。其次，质量是企业的生命，成批生产产品的质量必须靠精良的设备和有效的检测仪器来保证和控制。产品产量的高低、交货能否及时，很大程度上取决于机电设备的技术状态及其性能的发挥。同时，机电设备对生产过程中原材料和能源的消耗也关系极大，因而直接影响产品的成本和销售利润以及企业在市场上的竞争能力。此外，设备还是影响生产安全、环境保护的主要因素，并对操作者的劳动情绪有着不可忽视的影响。可见，设备和现代企业的产品质量、产量、交货期、成本、效益以及安全环保、劳动情绪都有密切的关系，是影响企业生产经营全局的重要因素。

现代设备的出现，给企业和社会带来了许多好处，如提高产品质量、增加产量和品种、减少原材料消耗、充分利用生产资源以及减轻工人劳动强度等，从而创造了巨大的财富，取得了良好的经济效益。

2. 设备管理的含义

设备管理又称设备工程，是以提高设备综合效率，追求寿命周期费用经济性，实现企业生产经营目标为目的，运用现代科学技术、管理理论和管理方法，对设备寿命周期（规划、设计、制造、购置、安装、调试、使用、维护、修理、改造、更新到报废）的全过程，从技术、经济、管理等方面进行的综合研究和管理。因此，设备管理应从技术、经济和管理 3 个要素以及三者之间的关系来考虑。从这个观点出发，可把设备管理问题分成技术、经济和管理 3 个侧面。图 1-1 表示了三者之间的关系及 3 个侧面的主要组成因素。

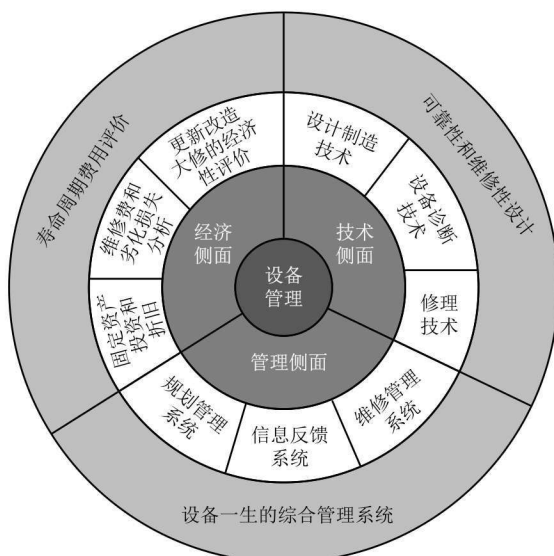


图 1-1 设备管理的 3 个侧面及其关系

1) 技术侧面

技术侧面是对设备硬件所进行的技术处理，是从物的角度控制管理活动。其主要组成因素有以下几个。

- (1) 设备设计和制造技术。
 - (2) 设备诊断技术和状态监测维修。
 - (3) 设备维护保养、大修、改造技术。
- 其要点是设备的可靠性和维修性设计。

2) 经济侧面

经济侧面是对设备运行的经济价值的考核，是从费用角度控制管理活动，其主要组成因素有以下几个。

- (1) 设备规划、投资和购置的决策。
- (2) 设备能源成本分析。
- (3) 设备大修、改造、更新的经济性评价。
- (4) 设备折旧。

其要点是设备寿命经济费用的评价。

3) 管理侧面

管理侧面是从管理等软件的措施方面控制，即从人的角度控制管理活动，其主要组成因

素有以下几个。

- (1) 设备规划购置管理系统。
- (2) 设备使用维修管理系统。
- (3) 设备信息管理系统。

其要点是建立设备一生信息管理系统。

3. 设备管理考核指标和要求

1) 设备技术经济指标的作用

指标是检查、评价各项工作和各项经济活动执行情况、经济效果的依据。指标可分成单项技术经济指标和综合指标，也可分成数量指标和质量指标。指标的主要作用有以下几个。

(1) 在管理过程中起监督、调控和导向的作用，通过指标考核、分析，发现偏差及时采取措施调整、控制，制定新的考核指标。

(2) 通过指标考核，定量评价管理工作的绩效。

(3) 指标通过数据的形式反映实际工作的水平，评价与考核的绩效与企业及个人的利益挂钩，起到激励和促进的作用。

设备管理的技术经济指标体系就是一套相互联系、相互制约，能够综合评价设备管理效果和效率的指标，设备管理的技术经济指标是设备管理工作目标的重要组成部分。设备管理工作涉及资金、物资、劳动组织、技术、经济、生产经营目标等各方面，要检验和衡量各个环节的管理水平和设备资产经营效果，必须建立和健全设备管理的技术经济指标体系。此外，有利于加强国家对设备管理工作的指导和监督，为设备宏观管理提供决策依据。

2) 设备技术经济指标的原则

(1) 在内容上，既有综合指标，又有单项指标；既有重点指标，又有一般性指标。

(2) 在形态上，既有实物指标，又有价值指标；既有相对指标，又有绝对指标。

(3) 在层次上，既有政府宏观控制指标，又有企业微观及车间、个人执行的指标。

(4) 在结构上，从系统观点设置设备全过程各环节指标，既要完整，又力求精简。

(5) 在考核上，应按照企业的生产性质、装备特点等分等级考核。指标应逐步标准化，力求统一名称、统一术语、统一计算公式、统一符号意义，扼要、实用、可操作性强。

指标考核值的确定应建立在周密的分析基础上，并具有一定进取性。

3) 设备管理技术经济指标的构成

根据设备的实物运动形态与价值运动形态理论，设备管理技术经济指标体系设置如图 1-2 所示。

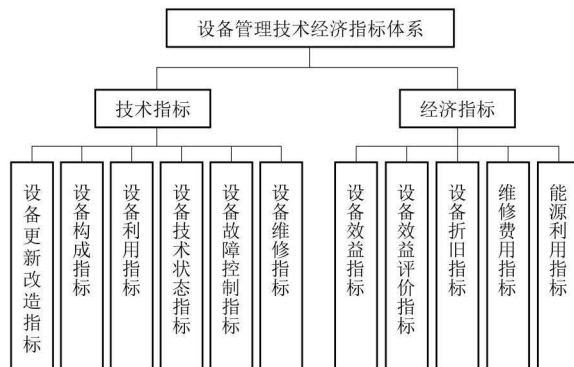


图 1-2 设备管理技术经济指标体系

4. 技术指标

1) 设备更新改造指标

设备改造计划完成率为

$$\text{设备改造计划完成率} = \frac{\text{实际改造项数 (或金额)}}{\text{计划改造项数 (或金额)}} \times 100\%$$

设备改造成功率为

$$\text{设备改造成功率} = \frac{\text{达到预期技术经济的项数 (或金额)}}{\text{实际改造项数 (或金额)}} \times 100\%$$

设备更新计划完成率为

$$\text{设备更新计划完成率} = \frac{\text{设备资产形成率实际完成更新项数 (或金额)}}{\text{计划完成更新项数 (或金额)}} \times 100\%$$

设备资产形成率为

$$\text{设备资产形成率} = \frac{\text{形成设备资产的台数}}{\text{计划投资设备数}} \times 100\%$$

2) 设备利用指标

设备制度台时利用率为

$$\text{设备制度台时利用率} = \frac{\text{设备实际开动台时}}{\text{设备制度工作台时}} \times 100\%$$

设备闲置率为

$$\text{设备闲置率} = \frac{\text{年末设备原值}}{\text{年末全部设备原值}} \times 100\%$$

3) 设备技术状态指标

设备完好率为

$$\text{设备完好率} = \frac{\text{设备完好台数}}{\text{设备总台数}} \times 100\%$$

设备精度指数为

$$T = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{T_p}{T_s} \right)^2}{n}}$$

式中 T_p ——精度实测值；
 T_s ——规定的允差值；
 n ——测定项数。

设备工程能力指数为

$$c_{pm} = \frac{\delta}{8\sigma_m}$$

式中 δ ——产品的技术要求；
 σ_m ——设备质量分布标准差。

故障停机率为

$$\text{故障停机率} = \frac{\text{设备故障停机台时}}{(\text{设备实际开动台时} + \text{设备故障停机台时})} \times 100\%$$

事故率为

$$\text{事故率} = \frac{\text{设备事故次数}}{\text{实际开动的设备台数}} \times 100\%$$

4) 设备维修管理指标

设备修理计划完成率为

$$\text{设备修理计划完成率} = \frac{\text{实际完成修理台数}}{\text{计划完成修理台数}} \times 100\%$$

定期检查（保养）计划完成率为

$$\text{定期检查（保养）计划完成率} = \frac{\text{实际完成检查（保养）台数}}{\text{计划完成检查（保养）台数}} \times 100\%$$

设备维修保养优等率为

$$\text{设备维修保养优等率} = \frac{\text{维护优等的设备台数}}{\text{设备评定总台数}} \times 100\%$$

设备大修（项修）返修率为

$$\text{设备大修（项修）返修率} = \frac{\text{大修（项修）返修台数}}{\text{大修（项修）总台数}} \times 100\%$$

5. 经济指标

1) 设备效益指标

设备资产保值增值率为

$$\text{设备资产保值增值率} = \frac{\text{年末设备净资产总净值}}{\text{年初设备净资产总净值}} \times 100\%$$

设备净资产收益率为

$$\text{设备净资产收益率} = \frac{\text{设备年收益额}}{\text{企业设备总净值}} \times 100\%$$

2) 设备投资评价指标

设备（追加）投资利润率为

$$\text{设备（追加）投资利润率} = \frac{\text{设备年创利润额}}{\text{设备追加（投资）额}} \times 100\%$$

3) 设备折旧指标

设备新度系数为

$$\text{设备新度系数} = \frac{\text{年末企业设备净值}}{\text{年末企业设备原值}}$$

4) 维修费用指标

设备维修费用率为

$$\text{设备维修费用率} = \frac{\text{年度设备维修费用总额}}{\text{年度生产费用总额}}$$

委外维修费用比为

$$\text{委外维修费用比} = \frac{\text{年度委外维修费用}}{\text{年度维修费用}}$$

故障（事故）停机损失为

故障（事故）停机损失=故障（事故）修理费用+故障（事故）停产损失费用
备件资金周转率为

$$\text{备件资金周转率} = \frac{\text{年备件消耗总额}}{\text{年均库存总额}} \times 100\%$$

5) 能源利用指标

能源利用率为

$$\text{能源利用率} = \frac{\text{用能设备总有效使用量}}{\text{能源供给总量}} \times 100\%$$

单位产值综合耗能为

$$\text{单位产值综合耗能} = \text{综合耗能量} / \text{企业净产值 (t/万元)}$$

6. 选用指标

1) 国家指标

根据《企业国有资产监督管理暂行条例》（2003年）、《中华人民共和国企业国有资产法》（2009年）的有关规定，主要考核指标是国有资产保值增值率，同时依法对国有资产流失、设备的安全、节能、环保等方面进行监督。

2) 行业或主管部门选用指标

(1) 设备利用率。

(2) 主要生产设备完好率（大于90%），质控点设备、在用动能设备完好率（100%）。

(3) 主要生产设备故障停机率（小于1%）。

(4) 无特大、重大设备事故。

以上选用指标仅供参考。不同的设备系统应设置不同的考核体系，企业应根据具体情况进行分层、选择与设置，以方便检查与考核。

7. 设备管理技术经济指标评价

目前，由于变化因素较多，企业之间发展的不平衡，很难形成统一的设备管理技术经济指标体系及评价标准，这需要在实际工作中不断修订和完善，才能形成比较完整的指标体系，才能适合现代化设备管理的要求。下面仅就一些指标的设置做一简单分析与评价。

(1) 国家除建立健全国有资产保值增值考核和责任追究制度外，还应该通过相应的法律、经济和行政手段对全社会的设备资源的有效利用和优化配置进行宏观调控和指导。培育和发展设备资源市场，制定技术装备政策，规定限期淘汰的设备和鼓励发展的设备，引导投资方向，促进技术装设素质和设备管理水平的提高。

(2) 设备完好率作为设备技术状态的主要考核指标，目前企业可继续使用。但在具体操作中，应对完好标准的定性条款加以研究改进，力求减少主观因素的影响；或对指标的计算公式加以改进，确保指标的准确。建议有条件的企业，对质控点设备可考核设备工程能力指数（ c_{pm} ）。当 $c_{pm} > 1$ 时，该设备满足产品工艺要求，其技术状态完好。

企业通过主要生产设备完好率、质控点设备工程能力指数和主要工程设备故障停机率3项指标的考核能保持设备的技术状态完好、高效运行。有条件的企业，建议用设备综合效率替代设备技术状态指标，设备综合效率综合分析设备的时间利用、性能发挥和产品质量情况，较全面、彻底地评价设备的技术状态。

(3) 企业应重视设备净资产收益率的考核使用，促进企业设备管理以效益为中心。积极

开拓市场，生产适销对路的产品，加强设备投资管理，优化企业资产组合，盘活闲置资产，充分挖掘企业现有资产组合，提高设备资产营运效益。通过指标的纵向比较，确定企业发展和资产经营的目标。

(4) 为加大企业设备革新改造的力度，企业根据具体情况提高设备折旧率。在资金短缺的情况下，尤其应重视使用设备改造更新的成功率、设备投资利润率等指标，确保资金使用到位。

8. 设备综合效率

设备综合效率综合分析设备的时间利用、性能发挥和产品质量情况，较全面、彻底地评价设备的技术状态，反映设备的管理水平。提高设备综合效率，就是要充分利用和发挥企业现有设备的潜力，提高企业效益增加社会财富服务。一般设备综合效率以不小于 80%为好，设备综合效率越大越好，表明设备的管理水平越高。

$$\text{设备综合效率 (OEE)} = \text{时间开动率} \times \text{性能开动率} \times \text{合格品率}$$

其中：

$$\text{时间开动率} = \frac{(\text{负荷时间} - \text{停机时间})}{\text{负荷时间}}$$

$$\text{性能开动率} = \text{净开动率} \times \text{速度开动率}$$

$$\text{净开动率} = \frac{(\text{产量} \times \text{实际加工节拍})}{(\text{负荷时间} - \text{停机时间})}$$

$$\text{速度开动率} = \frac{\text{理论加工节拍}}{\text{实际加工节拍}}$$

$$\text{合格品率} = \frac{\text{合格品数}}{\text{投料数量}}$$

设备综合效率与八大损失有关，其关系如图 1-3 所示。

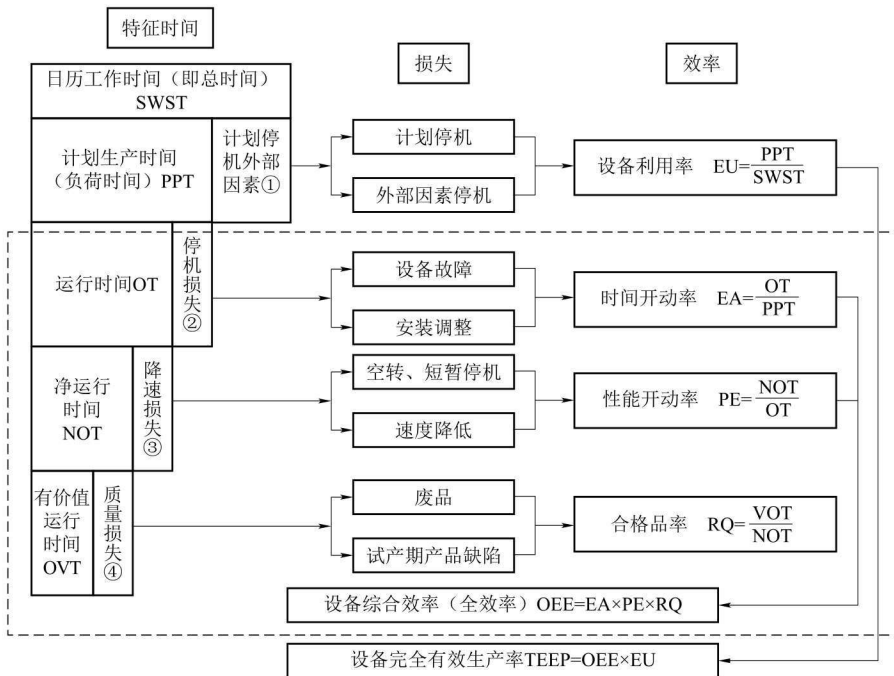


图 1-3 综合效率与八大损失的关系