

现代热连轧 自动厚度控制系统

彭燕华 刘安平 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

现代热连轧自动厚度控制系统

彭燕华 刘安平 主编

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2009

内 容 提 要

本书系统地诠释了热连轧带钢厚度控制原理,详细介绍了自动厚度控制(AGC)各个环节的控制思想,推导了轧制工艺与自动厚度控制的有关模型。全书共分16章,主要包括:热轧带钢厚度波动的原因、自动厚度控制策略、自动厚度控制软件包开发、自动位置和自动压力控制、活套控制、主速度控制、测厚仪原理、PDA开发。

本书可供从事带钢热连轧自动化科研、设计、软件开发的工程技术人员参考,也可供高等院校自动化专业的师生阅读,尤其对自动厚度控制程序开发、现场调试和维护工程师具有较高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

现代热连轧自动厚度控制系统/彭燕华,刘安平主编. —北京:
冶金工业出版社, 2009. 9

ISBN 978-7-5024-5005-2

I. 现… II. ①彭… ②刘… III. 带钢—热轧—连续轧制—
自动控制系统 IV. TG335.5 TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 094065 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 戈 兰 美术编辑 李 新 版式设计 张 青 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5005-2

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2009 年 9 月第 1 版, 2009 年 9 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 20.5 印张; 500 千字; 315 页; 1-2000 册

65.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

热连轧计算机控制技术值得研讨的地方比较多，本书重点阐述自动厚度控制（AGC）并简要介绍相关的压下、活套和主速度控制。

本书简要介绍了 AGC 发展历史，广视角地剖析了 AGC 控制策略，深入研究了影响厚度波动的因素，融入了近年来的科研应用成果，展示了 AGC 研究方向，指出了开发调试应注意的问题，透彻分析了部分 AGC 系统应用效果不佳的原因，是一幅充分展示 AGC 过去、现在和未来以及厚度控制机理、策略、编程技巧的全景式画卷。

讲述热连轧计算机控制的书籍很多，并大都用专门的章节介绍了 AGC，但一般偏重于理论，不能直接用来指导设计和解决现场实际问题。本书侧重于实践，结合作者多年的现场维护、消化和在多个热轧项目 AGC 软件包的开发调试经验，阐明 AGC 原理、基本功能、编程方法、改进方向、调试维护注意的问题，既有普及又有提高，完全可以做到在调试和生产过程中不断一支辊不废一块钢，并广泛适用于电动、电动 + 液压、全液压等各种压下机构，稳定性和精度都已达到国际先进水平。

中冶赛迪工程技术股份有限公司作为国内首家现代化热连轧的设计单位，经过三十多年的技术积累，已形成集工厂设计、机械设计加工、液压系统设计、三电自主开发、安装调试等为一体的综合性国际工程公司，实物质量达国内一流水平。

本书的编写旨在抛砖引玉，希望对提高国内 AGC 应用、维护和开发创新的整体水平有所裨益。具有自主知识产权的高精尖热连轧控制技术是我国几代冶金自动化专业技术人员的不懈追求。入门者通过对 AGC 功能全面系统的学习，逐步触及 L2 设定模型、活套、主速度等控制，是一个全面掌握热连轧控制技术的捷径。

目前国内自主开发的 AGC 已广泛投入应用，但也有部分系统不能正常

投入或能投入但不稳定,因此,操作工一般将 AGC 切除或只投 1~2 个机架;还有一些能投入也较稳定但效果不好,头尾更明显,本书将分析产生这些不足的原因并指明注意事项。

近几年引进的热连轧线控制系统及国内一些公司开发的 AGC 程序一般不对用户开放,只提供几个功能块,在学习、研究、维护时存在诸多障碍。随着国内数十条宽带钢和中宽带钢热连轧生产线的相继建成,能够深入领会 AGC 精髓、准确判断分析各类故障原因的工程技术人员还比较缺乏,启迪思绪正是本书出版的初衷。

全书由彭燕华、刘安平主编,参加本书编写的有彭燕华(第1章、第2章)、刘安平(第3章、第4章、第5章、第8章、第9章、第10章、第11章)、徐茴香(第6章、第7章、第12章、第13章、第14章、第15章、第16章),刘吉、何立、何茂松、刘成康、李华等参与了部分章节的编写和修改,全书插图由徐茴香编绘,彭燕华详细审阅了全书,对书稿结构、技术细节提出了很多建设性意见,中冶赛迪组织国内专家对书稿内容进行了审核,提出了一些修改意见。本书的出版得到了中冶赛迪自动化部、科技开发部的大力支持,凝聚了一批专家的心智,在此一并致谢。

本书参考并引用了许多文献资料,谨此向上述文献资料的作者和提供单位表示真诚的感谢。

希望本书对提高我国热连轧的产品质量能有一些微薄的贡献。尽管作者做了大量认真的工作,但限于业务水平和经验,书中值得商榷的内容定然不少,热望同侪指正。

书中具体数据是为了叙述的方便并不具普适性,仅作参考。

联系方式:liu_an_ping@21cn.com、liu_an_ping@sina.com。

编 者

2009年6月

目 录

第1章 概述	1
第2章 厚度考核验收	4
2.1 厚度精度表示方法	4
2.2 待考核的带钢定义	4
2.3 带钢长度定义	4
2.4 高斯分布	5
2.5 保证值的一般前提条件	8
2.6 板坯的前提条件	10
2.6.1 冷坯的前提条件	10
2.6.2 热坯的前提条件	10
2.7 成品带钢前提条件	10
2.8 测量值前提条件	10
2.9 带钢厚度保证的设备前提条件	11
2.10 厚度精度保证值	11
第3章 热带厚差分布特征	14
3.1 头部厚差	14
3.2 头部小丘	14
3.3 颈部拉薄	14
3.4 穿带减薄	14
3.5 卷钢冲击	15
3.6 尾部厚跃	15
3.7 趋势渐变	15
3.8 来料厚差	16
3.9 张力波动	16
3.10 水印温差	17
3.11 周期波动	17
3.12 调速波动	18
3.13 润滑油膜	19
3.14 随机波动	19

3.15 膨胀磨损	19
3.16 窜辊零漂	19
第4章 热带厚度波动原因	20
4.1 概述	20
4.2 来料工艺参数波动	20
4.3 轧机参数变动	23
4.4 控制系统的干扰因素	25
4.5 轧机震颤	26
4.5.1 垂直振动	26
4.5.2 机电扭振	29
第5章 厚度控制的基本原理	33
5.1 调整压下	33
5.2 调整张力	33
5.3 调整轧制速度	34
第6章 傅里叶级数	35
6.1 三角函数系的正交性和三角级数	35
6.2 函数展开成傅里叶级数	36
6.3 收敛定理	37
6.4 正弦级数和余弦级数	38
6.5 一般周期函数的傅里叶级数	39
6.6 典型函数的傅里叶级数	39
第7章 线性系统的卡尔曼滤波	46
7.1 线性连续随机系统的卡尔曼滤波	48
7.2 线性离散随机系统的卡尔曼滤波	50
7.3 线性离散系统的卡尔曼最优预测基本方程	51
7.4 线性离散系统卡尔曼最优滤波的基本方程	59
7.5 线性离散系统卡尔曼最优滤波的具体计算	65
7.5.1 卡尔曼滤波器方程的计算	66
7.5.2 滤波器增益矩阵 $K(k)$ 递推计算	67
7.6 线性离散系统卡尔曼滤波的特点与性质	68
7.6.1 卡尔曼滤波的特点	68
7.6.2 卡尔曼滤波的性质	69
7.7 线性离散系统卡尔曼滤波的推广	70

7.7.1 具有控制作用 $U(k)$ 时的卡尔曼滤波方程	71
7.7.2 噪声 $W(k)$ 和 $V(k)$ 相关时的卡尔曼滤波方程	71
7.7.3 白噪声作用下一般情况的卡尔曼滤波方程	73
7.7.4 有色噪声情况下的卡尔曼滤波方程	74
7.8 线性连续系统卡尔曼滤波的基本方程	78
7.8.1 建立连续模型的等效离散化模型	80
7.8.2 等效离散系统的卡尔曼滤波基本方程	81
7.8.3 连续系统的卡尔曼滤波基本方程	82
7.9 矩阵 Riccati 方程的求解	85
7.10 线性连续系统卡尔曼滤波的计算举例	89
7.11 线性连续系统卡尔曼滤波的推广	91
7.11.1 $W(t)$ 和 $V(t)$ 相关时的连续卡尔曼滤波方程	92
7.11.2 白噪声作用下一般线性连续系统的卡尔曼滤波方程	92
7.11.3 有色噪声作用下线性连续系统的卡尔曼滤波方程	94
7.12 深入浅出卡尔曼滤波	96
7.13 卡尔曼滤波与经典滤波	100
第8章 轧机刚度曲线拟合	103
8.1 概述	103
8.2 轧机刚度的实测方法	107
8.3 实测数据的处理	108
8.4 一元线性回归	110
8.5 对回归结果的评价	111
8.6 刚度曲线拟合的编程方法	113
8.7 非线性拟合	114
8.8 反函数的求导	117
8.9 常用轧机刚度模型结构分析	118
8.10 典型轧机刚度模型	120
8.10.1 模型参数式	120
8.10.2 分段插值式	121
8.10.3 曲线回归式	122
8.11 轧机两侧刚度差异的处理	124
第9章 AGC 控制策略及软件包开发	128
9.1 概述	128
9.2 自动厚度控制基础	131
9.2.1 弹跳方程	131

9.2.2	$P-h$ 图	133
9.2.3	比例控制	135
9.2.4	积分控制	135
9.2.5	比例 + 积分控制	136
9.2.6	比例 + 积分 + 微分控制	137
9.2.7	厚度计式控制的板厚精度	137
9.2.8	压下装置所必须具有的速度	137
9.2.9	压下装置所必须具有的加速度	138
9.2.10	前滑和后滑	138
9.2.11	轧机的刚度	145
9.2.12	不同作业条件下的刚度变化	147
9.2.13	增量厚度方程	152
9.2.14	增量轧制力方程	153
9.2.15	塑性系数增量和所需辊缝增量的关系	153
9.3	反馈 AGC (GM-AGC)	154
9.3.1	绝对 GM-AGC	157
9.3.2	相对 GM-AGC	157
9.3.3	条件相对 GM-AGC	158
9.3.4	轧制力滤波	158
9.3.5	基于弹跳方程的厚度检出算法	158
9.3.6	塑性系数计算	158
9.3.7	恒压力控制方式	160
9.3.8	厚度计方式调节量计算	160
9.4	前馈 AGC (FF-AGC)	162
9.4.1	位置内环厚度外环方式	162
9.4.2	轧制力内环厚度外环方式	164
9.4.3	前馈 AGC 延时时间计算	165
9.5	硬度前馈 (KFF) AGC	167
9.6	监控 AGC	171
9.6.1	监控 AGC 的作用	171
9.6.2	监控 AGC 的控制策略	173
9.6.3	监控 AGC 控制算法	174
9.6.4	监控值计算	174
9.7	快速监控	175
9.8	动态设定	176
9.9	动态模糊设定	177
9.10	变刚度控制	181

9.10.1 软特性 (SOFT) 控制方式	183
9.10.2 恒位置控制 (CPC) 方式	183
9.10.3 硬特性 (STIFF) 控制方式	183
9.10.4 超硬特性 (CRG) 控制方式	183
9.10.5 变刚度控制的收敛性	184
9.10.6 变刚度控制的稳态特性	186
9.11 动态设定型变刚度厚度控制 AGC	188
9.12 正负公差轧制	188
9.13 AGC 锁定方式	188
9.13.1 人工锁定	188
9.13.2 自动 1 锁定	188
9.13.3 自动 2 锁定	189
9.13.4 自动 3 锁定	189
9.13.5 锁定值计算	189
9.14 机架间测厚与测速	190
9.15 辊缝调节量计算	191
9.16 AGC 的控制输出	191
9.17 自动复归	191
9.18 AGC 粗框图	191
第 10 章 AGC 软件包的补偿控制	193
10.1 概述	193
10.2 油膜补偿	193
10.3 宽度补偿	201
10.4 轧辊磨损和热凸度补偿	202
10.5 弯辊补偿	203
10.6 偏心补偿	203
10.6.1 概述	203
10.6.2 偏摆现象	206
10.6.3 轧辊偏心基本测量方法	206
10.6.4 支撑辊角度跟踪	208
10.6.5 采样点数的选择	208
10.6.6 数据采集及傅氏变换	208
10.6.7 死区法	209
10.6.8 轧制力偏心滤波器法	209
10.6.9 辊缝厚度控制法	210
10.6.10 纽曼 (Neumann) 法	210

10.6.11	阿索普 (Alsop) 法	212
10.6.12	霍华德 (Howard) 法	213
10.6.13	轧辊偏心傅里叶分析法	214
10.6.14	史密斯 (Smith) 法	216
10.6.15	库克 (Cook) 法	217
10.6.16	福克斯 (Fox) 法	219
10.6.17	盖伯尔 (Gerber) 法	219
10.6.18	韦里奇和沃尔德 (Wehrich and Wohld) 法	220
10.6.19	叶山 (Hayama) 等人的方法	220
10.6.20	山口 (Yamagui) 等人的方法	221
10.6.21	Ichiryu 等人的方法	221
10.6.22	大井 (Ooi) 等人的方法	222
10.6.23	金兹伯格法一	222
10.6.24	金兹伯格法二	222
10.6.25	小波分析法	222
10.6.26	自适应滤波补偿算法	223
10.6.27	神经网络方法	223
10.6.28	角位置法	223
10.7	冲击补偿	226
10.8	轧辊弯曲变形补偿	226
10.9	轧辊窜辊凸度补偿	226
10.10	轧辊热膨胀补偿	227
10.11	卷取咬钢补偿	227
10.12	尾部补偿	228
10.13	活套补偿	229
10.13.1	流量方程	229
10.13.2	以流量补偿为基础的活套补偿算法	231
10.13.3	以套量为基础的活套补偿算法	232
10.14	活套张力补偿 (T-AGC)	233
10.15	AGC 补偿控制框图	234
第 11 章	AGC 调试步骤及注意事项	236
11.1	AGC 投入的前提条件	236
11.2	AGC 功能的投入	236
11.3	AGC 调试步骤	236
11.4	注意事项	238

第 12 章 轧制力测量和厚度测量	239
12.1 轧制力测量仪	239
12.2 测厚仪	240
12.2.1 核辐射穿透式测厚仪	241
12.2.2 γ 射线反射式测厚仪	241
12.2.3 X 射线测厚仪	242
第 13 章 自动位置和自动压力控制	262
13.1 电动 APC	263
13.1.1 电动 APC 系统的组成	266
13.1.2 电动压下 APC 的控制逻辑	268
13.1.3 电动机与传动机构	270
13.1.4 检测装置	271
13.1.5 控制算法	271
13.2 液压 APC	272
13.2.1 液压压下与液压伺服系统	274
13.2.2 检测装置	275
13.2.3 传感器及执行机构概况	275
13.2.4 控制算法	276
13.2.5 HAPC 软件包功能综述	277
13.2.6 HAPC 软件包开发	278
13.2.7 流量分配特性曲线	285
13.2.8 系统保护	287
13.2.9 HAPC 软件包运行环境	288
13.3 辊缝零调与轧辊水平调整	288
13.4 电动压下系统的局限性	290
13.5 关于位移传感器	292
第 14 章 活套控制	293
14.1 概述	293
14.2 控制功能	293
14.3 活套高度控制	294
14.4 活套张力控制	297
14.5 计算参数	299
14.6 结语	301

第 15 章 主速度控制	302
15.1 生产工艺说明	302
15.2 设备构成	302
15.2.1 机械设备技术参数	302
15.2.2 机械安装结构图	303
15.3 控制功能设计	303
15.3.1 工作方式	303
15.3.2 零速启车	304
15.3.3 升速	304
15.3.4 手动减速	304
15.3.5 自动减速	304
15.3.6 保持	304
15.3.7 画面 MSC 设定	304
15.3.8 单动点动	304
15.3.9 联动点动	305
15.3.10 速度手动微调	305
15.3.11 动态速降补偿	305
15.3.12 加速度综合给定	305
15.3.13 MSC 上限给定	306
15.3.14 MSC 给定	306
15.3.15 MSC 综合补偿	307
15.3.16 MSC 综合给定	307
15.3.17 典型速度曲线	307
第 16 章 PDA	308
16.1 规格化浮点数的转换	308
16.1.1 计算机中浮点数的表示	308
16.1.2 规格化浮点数	309
16.1.3 二进制浮点表示的 IEEE 标准	309
16.1.4 规格化浮点数的转换程序	310
16.2 Iba 系列 PDA 技术特点	310
16.3 PDAServer、PDAClient 技术特点	310
16.4 开发 PDA	314
参考文献	315

第 1 章 概 述

板带材是一种最重要的轧制产品，它广泛应用于国民经济的许多领域，随着生产的发展和科学技术的进步，对于板带材的质量要求越来越高，特别是对其几何尺寸精度的要求越来越严格。多年来，围绕着如何提高板带材几何尺寸精度这一问题，国内外许多学者都进行了深入的研究。

厚度是板带钢最主要的尺寸质量指标之一，厚度自动控制（AGC）是现代化板带钢生产中不可缺少的重要组成部分，本书从分析板带钢厚度波动的原因及厚度的变化规律出发，着重论述厚度自动控制的基本形式及其控制原理，以及带钢热轧机的常规厚度控制系统。

热轧带钢厚度精度一直是提高产品质量的主要目标，正因如此，厚度设定模型及自动厚度控制（AGC）曾是热轧带钢自动化首先实现的功能。模拟 AGC 系统在计算机控制应用之前已经开始发展，而冶金工业第一套计算机控制系统（1960 年）即用于热连轧精轧机组的厚度设定。

热带厚度精度可分为：一批同规格带钢的厚度异板差和每一条带钢的厚度同板差。

为此可将厚度精度分解为带钢头部厚度命中率和带钢全长厚度偏差。

头部厚度命中率取决于厚度设定模型的精度，当一批同规格带钢在进入精轧机组前由于粗轧轧出的坯料厚度、宽度，特别是带坯温度有所不同时，厚度设定模型为每一根带坯计算各机架辊缝（速度），保证轧出的每一条带钢头部厚度与要求的成品厚度之差不超出允许精度范围。

带钢全长厚差则需由 AGC 根据头部厚度（相对 AGC 采用头部锁定）或根据设定的厚度（绝对 AGC）使全长各点厚度与锁定值或设定值之差小于允许范围，应该说头部精度对 AGC 工作有明显影响。

同其他各种技术的发展一样，板带轧机板厚调节技术的发展也经历了由粗到精的过程，即：

（1）最早是手动压下调节板厚，轧机是靠手动调节压下螺丝来进行辊缝调节的。这种调节方式仅能设定原始辊缝，无法达到厚度控制精度的要求，因而现代的板带轧机上已基本不再采用。

（2）电动压下调节板厚。手动压下的调节方式缺点很多，所以在电机出现之后，人们就将它用到轧机上，不但采用电机驱动，而且压下调节也采用电动方式，由电机通过减速装置驱动压下螺丝来设定原始辊缝。这种调节方式一般不能在线调节，无法保证严格的厚度精度，因而目前只在开坯和厚板轧机上使用，板带轧机上很少用。

（3）电动双压下系统调节板厚。为了进一步控制板厚偏差，许多较为先进轧机的

板厚调节装置分为粗调和精调两个部分,其中粗调装置用来设定原始辊缝,而精调装置用来在轧制过程中,随各种轧制条件的变化而进行微量在线调整。电动双压下系统由高速和低速两套电动压下系统组成。其中高速电动压下系统用来设定原始辊缝,低速电动压下系统用作在线调整。这种压下系统虽然比单一的电动压下系统要好,但由于它的精调系统滞后比较严重,不能适应高速轧机的需要,因此,现代化的轧机上已基本不再采用。

(4) 电-液双压下系统调节板厚。电-液双压下系统也是由粗调和精调两部分组成的,其中粗调部分就是一般的电动压下装置,用它来设定原始辊缝。精调部分采用液压系统,其具体结构方式有多种,如用液压缸推动扇形齿轮以带动压下螺丝以及将液压缸直接放在轴承座与压下螺丝或压下横梁之间等方式。这种调节方式的精调系统较为灵活,调节精度高。特别是这种系统的粗调系统可以是一般的电动压下,因而这种方式特别适用于对原有旧轧机的改造,目前仍在使用。

(5) 全液压压下调节装置。全液压压下的厚度调节系统取消了传统的压下螺丝,用液压缸直接压下,这种厚度调节方式结构简单,灵敏度高,能够满足很严格的厚度精度要求,并可根据需要,改变轧机的当量刚度,是现代化轧机上普遍采用的厚度调节方式。但这种方式也存在着一些缺点,如系统相对较复杂、对系统各部分及各元件的精度要求相对较严格、制造困难、成本稍高等。

(6) 弯曲支撑辊的厚度调节方式。尽管液压压下的厚度调节方式具有很多优点,并被广泛采用,但这种方式绝不是厚度控制发展史上的终点,也不等于其他厚度调节方式没有市场。1969年 M. D. Stone 提出了一种新的厚度调节方式,即利用支撑辊弯曲进行板厚调节。新的支撑辊的弯曲方式有多种,其中之一是增加横梁式。如图 1-1 所示,在上支

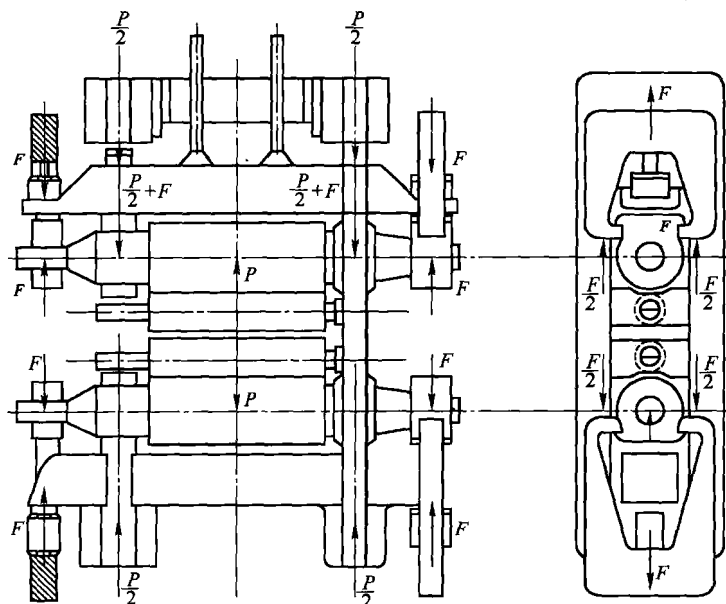


图 1-1 支撑辊弯曲结构

撑辊的上面和下支撑辊的下面都增加了专门的横梁。这种横梁的主要目的是使支撑辊弯曲力自成体系，而不传到压下装置和牌坊中去，与压下螺丝和牌坊不发生关系。由于支撑辊弯辊力不使压下装置和牌坊产生变形，因而，支撑辊弯曲就可以使辊身中点处的辊缝值产生明显的变化，从而达到控制板厚的目的。

这种厚度调节方式的优点是响应速度快，可以在任何载荷下调整，特别是在一些用支撑辊弯曲来调节板形的轧机上，通过很少的改动即可直接调节板厚。这种板厚调节方式可进一步发展成新的板厚板形综合调节系统。

(7) 工作辊偏移的厚度调节方式。针对液压压下厚度调节系统调节力大、对系统定位精度高，以及液压压下的厚度调节系统对改善板形作用不大等特点，有人提出了一种新的板厚调节方式，即通过改变工作辊偏移量来调节板厚，即利用液压缸，水平地调节工作辊，改变工作辊的偏移量。由于支撑辊是圆柱形的，因而改变工作辊的偏移量，必将改变辊缝值，从而起到调节板厚的作用。与直接压下的厚度调节方式相比，这种调厚方式的优点主要有以下几方面：调节系统所受的调节力仅仅是工作辊水平方向的作用力，它远远小于直接压下的厚度调节方式的调节力，这样也就可以减小液压缸和轧机尺寸以及液压系统的压力等，从而减少投资；厚度方向的精度要求由水平方向的定位精度来保证，这样就降低了控制系统定位精度的要求，从而给控制系统的设计和制造带来方便；可以较方便地改造那些原有的使用电动压下的轧机。这种厚度调节方式可以直接与工作辊交叉的板形调节方式相结合，仅需很少的改动就可以达到利用一套系统、一个执行机构同时调节板厚和板形这两个被调节量的目的，从而更充分地发挥控制的作用。

第2章 厚度考核验收

2.1 厚度精度表示方法

厚度精度通常用纵向厚差表示，它是指以板宽中点为代表点，沿轧制方向的厚度之差。

2.2 待考核的带钢定义

考核按“首卷”、“转换卷”、“正常卷”加以区别，不同公司对其称呼及定义可能有所不同。

首卷即初始带钢也称烫辊材：轧机停机超过15min或换辊后轧的头两块带钢。这两块钢不包括在性能考核之内。

转换卷即过渡带钢也称过渡材：指某个生产条件变化后轧的第一卷，具体有板带目标厚度变化大于15%；目标宽度变化大于100mm；变形抗力变化大于15%；基准凸度变化超过10 μ m。

正常卷即一般带钢也称正常材：除初始带钢和过渡带钢外的均为一般带钢。

若无特殊注明，过渡带钢与一般带钢相比，性能考核值相差50%。

2.3 带钢长度定义

厚度精度随着控制技术的发展而不断提高。热轧带钢由于头尾和中部在轧制过程中的轧制状态不同（没有张力，加上温度较低）而反映在带钢产品的性能和尺寸公差上也有所不同，因此考核一般要去头和去尾，减少不考核长度是当前努力的方向。此外变换规格时由于二级模型的原因也会对开始几块钢的厚度精度产生影响，因此厚度命中率与带钢头、尾和本体长度、是否为“首卷”、“转换卷”、“正常卷”有关。

带钢头部长度由末机架速度、测量仪表的响应和稳定输出的时间及测量仪表与末架轧机的距离决定。

$$L_{\text{head}} = v_e t_e + d_e$$

式中 L_{head} ——带钢头部长度；

v_e ——末机架的速度；

t_e ——测量仪表的响应和稳定输出的时间；

d_e ——测量仪表与末机架轧机的距离。

带钢尾部长度由机架间距离及后两机架速度决定。