

樊自田 吴和保 董选普 编著

铸造质量控制 应用技术

第2版



以铸造质量控制原理为基础

以介绍铸造质量控制技术为目的

为生产高质量的铸件提供技术支持



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

铸造质量控制应用技术

第 2 版

樊自田 吴和保 董选普 编著



机械工业出版社

本书针对各种铸造工艺方法、造型材料、生产工序及铸造合金,全面系统地介绍了铸造质量控制原理及控制技术要点,为生产高质量的铸件提供了理论和技术支持。本书主要内容包括:砂型铸造质量控制、消失模铸造质量控制、特种铸造质量控制、铸造合金及其熔炼质量控制、铸件清理技术及质量控制。本书内容丰富,以介绍铸造质量控制原理为基础,以介绍典型的铸造质量控制技术为目的,体现了铸造技术的新成果,具有较高的学术及应用参考价值。

本书可供铸造行业的工程技术人员、工人阅读参考,也可作为铸造技术研究人员、高等院校铸造方向研究生或高年级本科生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

铸造质量控制应用技术/樊自田,吴和保,董选普
编著. —2版. —北京:机械工业出版社,2015.5
ISBN 978-7-111-50006-3

I. ①铸… II. ①樊…②吴…③董… III. ①铸造-
质量控制 IV. ①TG247

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第081273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:陈保华 责任编辑:陈保华

封面设计:路恩中 责任校对:陈秀丽 李锦莉

责任印制:刘 岚

北京京丰印刷厂印刷

2015年6月第2版·第1次印刷

169mm×239mm·28.5印张·555千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-50006-3

定价:68.00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

010-88379203

机工官博:weibo.com/cmp1952

编辑热线:010-88379734

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

第2版前言

自2011年起,我国的铸件产量已超4000万t,80%~90%的铸件是采用砂型铸造工艺生产的。其中,灰铸铁件(含可锻铸铁件)2000余万t,球墨铸铁件1000余万t,铸钢件500余万t,非铁金属铸件500余万t。同时,铸造行业引起的环境问题也十分惊人。据不完全统计,我国铸造每年要产生废旧砂(废渣)等固体废弃物3000万~4000万t,废气300亿~600亿 m^3 。因此,粗放性地增加铸件产量已不再是我国铸造生产追求的目标,而高质量、少污染、低成本地实现清洁生产和绿色铸造,是我国新一代铸造工作者的主要任务。

《铸造质量控制应用技术》自2009年出版以来,印刷了3次,得到了读者的广泛关注与认同。为了适应铸造行业的发展和读者的需要,我们决定对《铸造质量控制应用技术》进行修订,出版第2版。第2版主要是精简第1版书中较为陈旧的内容,加强铸件质量的影响及控制内容,并增加绿色铸造方面的内容介绍。具体修订内容为:第1篇中,增加了“铸件质量的影响因素”“绿色铸造材料及工艺方法选择”;第2篇中,充实了三种砂型铸造(黏土砂、树脂砂、水玻璃砂)方法中的铸件质量控制内容;第3篇中,增加了“铝、镁合金消失模铸造新技术及质量控制”等内容;第4篇中,增加了“真空压铸及半固态压铸的质量控制”等内容。第5篇中,增加了“金属熔炼质量控制”等内容;第6篇中,增加了“铸件变形缺陷矫正及防治”等内容。

本书由樊自田教授、吴和保教授、董选普教授编著,由樊自田教授统稿、整理。刘富初博士和龙威博士参与了书稿的整理工作,在此表示衷心的感谢。

在此,感谢国家自然科学基金项目(51375187、51075163、50575085、50275058)、国家“863”计划项目(2007AA03Z113)的资助。

由于作者水平有限,书中难免有偏颇与错漏之处,恳请广大读者及专家批评指正。

樊自田
于华中科技大学

第1版前言

“铸造”是机械工业的基础。作为加工工具的各类机床，其重量的80%~90%来自于铸件；飞机、汽车的核心——发动机，其关键零件（涡轮叶片、缸体、缸盖等）均为铸件。我国已是铸件生产大国。2008年我国的铸件年产量已接近3000万t，年产量远远超过了铸造强国的美国、日本、德国等发达国家。但我国并不是铸造强国，所生产的铸件大多为档次不高的普通铸件，高质量的铸件尤其是高质量的铝合金、镁合金铸件的产量偏少。生产高质量的铸件是铸造生产的永恒目标，实现铸造强国的目标也是我国几代铸造工作者的理想。

本书根据铸造过程中不同的造型材料种类及其特点（黏土砂、水玻璃砂、树脂砂等）、不同的铸造工艺方法（砂型铸造、消失模铸造、特种铸造等）、不同的工序〔金属液准备、铸型（芯）准备、落砂清理等〕，全面系统地介绍了铸造质量控制原理及控制技术要点，为生产高质量的铸件提供了理论和技术支持。

据不完全统计，目前我国的各类铸造企业有数万家，从业人员近千万，各种介绍铸造技术的著作也很多，但大多数著作都为理论性著作，而以基层从业人员为读者对象、介绍铸造生产过程中质量控制的实用著作及资料较为缺乏。本书从繁杂的文献资料中总结出多种典型的铸造工艺方法生产铸件过程中的质量控制问题，结合作者多年的研究及应用成果与体会，奉献给读者，愿它为我国铸造事业的发展起到推动作用。

全书主要内容包括：砂型铸造质量控制、消失模铸造质量控制、特种铸造质量控制、铸造合金及其熔炼质量控制、铸件清理技术及质量控制等。全书内容丰富，涉及典型铸造生产的各个工序（熔化、造型、制芯、砂处理、落砂清理等）、各种铸造工艺方法（包括砂型铸造中的黏土砂型铸造、水玻璃砂型铸造、树脂砂型铸造，消失模精密铸造以及各种特种铸造）和各种铸造合金材料（铸铁、铸钢、铝镁合金等）。本书以介绍铸造质量控制原理为基础，以介绍典型工艺的铸造质量控制技术为目的，具有较高的学术及应用参考价值，可供铸造行业的工程技术人员、工人阅读参考，也可作为铸造技术研究人员、高等院校铸造方向研究生或高年级本科生的教学参考用书。

本书由樊自田、吴和保、董选普、龙威、李继强、王继娜、陈慧敏编

写。具体编写分工为：第1篇概述由樊自田编写；第2篇砂型铸造质量控制由樊自田、龙威、陈慧敏编写；第3篇消失模铸造质量控制由樊自田、李继强编写；第4篇特种铸造质量控制由董选普编写；第5篇铸造合金及其熔炼质量控制由吴和保编写；第6篇铸件清理技术及质量控制由樊自田、王继娜、陈慧敏编写。全书由樊自田统稿、整理。

由于作者水平有限，加之时间紧迫，难免有偏颇或错漏之处，恳请广大读者批评指正。

樊自田
于华中科技大学

目 录

第2版前言

第1版前言

第1篇 概 述

0.1 铸造质量及铸件质量标准	1
0.2 铸件缺陷及分类	2
0.3 铸造质量管理	10
0.4 铸造成形方法及特点概述	13
0.5 铸造质量的影响因素	15
0.6 绿色铸造材料及工艺方法选择	16

第2篇 砂型铸造质量控制

第1章 黏土砂型铸造质量

控制

1.1 黏土砂型铸造工艺过程及特点	20
1.2 影响黏土砂型铸造质量的因素	23
1.2.1 造型工艺及设备精度对铸造质量的影响	24
1.2.2 砂芯材料、工艺及制芯设备对铸造质量的影响	25
1.2.3 型砂材料的组成及其性能对铸造质量的影响	27
1.2.4 金属液熔炼质量及浇注对铸造质量的影响	36

1.2.5 铸件清理质量对铸造质量的影响	37
----------------------------	----

1.3 黏土砂型铸造常见缺陷

及防止措施

1.3.1 气孔缺陷及防止措施	37
1.3.2 铸件体积亏损缺陷及防止措施	40
1.3.3 裂纹和变形缺陷及防止措施	42
1.3.4 表面粗糙和粘砂缺陷及防止措施	46
1.3.5 膨胀缺陷及防止措施	48
1.3.6 充填缺陷及防止措施	50
1.3.7 夹杂类缺陷及防止措施	52
1.3.8 尺寸和重量超差缺陷及防止措施	55

1.4 黏土砂型铸造规模生

产中的质量控制

第2章 树脂砂型铸造质量

控制

2.1 自硬树脂砂型的特点

及常用种类

2.1.1 自硬树脂砂型的特点	59
2.1.2 酸固化呋喃树脂自硬砂型	61
2.1.3 酯固化碱性酚醛树脂自硬砂型	64
2.1.4 胺固化酚醛尿烷树脂自硬砂型	66

2.2 影响树脂砂型铸造质

量的因素

2.2.1 原材料质量的影响	68	量控制	101
2.2.2 旧砂再生质量的影响	70	3.3.1 水玻璃旧砂的特点及 其再生方法	101
2.2.3 环境温度、湿度的 影响	76	3.3.2 水玻璃旧砂再生的典 型设备系统	103
2.3 树脂砂型铸造常见缺 陷及防止措施	76	3.3.3 水玻璃再生砂的性能 特征	105
2.3.1 酸固化呋喃树脂自硬 砂型铸造常见缺陷及 防止措施	76	3.3.4 水玻璃旧砂再生的质 量控制	108
2.3.2 酯固化碱性酚醛树脂 自硬砂型铸造常见缺 陷及防止措施	78	3.4 水玻璃砂型铸造常见 缺陷及防止措施	113
2.3.3 胺固化酚醛尿烷树脂 自硬砂型铸造常见缺 陷及防止措施	79	3.4.1 CO ₂ 硬化水玻璃砂型 铸造常见缺陷及防 止措施	113
2.4 树脂砂型铸造生产的 质量控制	80	3.4.2 酯硬化水玻璃砂型铸 造常见缺陷及防止 措施	118
第3章 水玻璃砂型铸造质量 控制	85	3.5 水玻璃砂型铸造生产 的质量控制	122
3.1 水玻璃砂型的特点 与工艺	85	3.5.1 CO ₂ 硬化水玻璃砂型 铸造生产的质量控制	122
3.1.1 水玻璃砂型的特点	85	3.5.2 酯硬化水玻璃砂型铸 造生产的质量控制	126
3.1.2 CO ₂ 硬化水玻璃砂 型工艺	85	第3篇 消失模铸造 质量控制	
3.1.3 酯硬化水玻璃砂型 工艺	88	第4章 消失模铸造工艺过程 及关键技术	130
3.1.4 其他水玻璃砂型工艺	88	4.1 消失模铸造工艺过 程及特点	130
3.2 水玻璃砂的性能及其 影响因素	89	4.2 消失模铸造的关键 技术	132
3.2.1 CO ₂ 硬化水玻璃砂的 性能及其影响因素	89	4.2.1 消失模铸造的白区 技术	132
3.2.2 酯硬化水玻璃砂的性 能及其影响因素	96	4.2.2 消失模铸造的涂料 技术	135
3.2.3 真空 CO ₂ 硬化水玻璃 砂的性能及其影响 因素	99	4.2.3 消失模铸造的黑区	
3.3 水玻璃旧砂再生及质			

技术	137	6.5 球墨铸铁管件消失模 铸造质量控制	174
4.3 消失模铸造的浇注系 统	140	6.6 球墨铸铁轮毂铸件消 失模铸造质量控制	176
4.4 铝、镁合金消失模铸 造新技术及质量控制	141	6.7 杆头类球墨铸铁铸件 消失模铸造质量控制	177
4.4.1 铝、镁合金消失模铸造 技术特点	141	6.8 高锰钢筛板消失模铸 造质量控制	178
4.4.2 压力消失模铸造技术	143	6.9 烧结机尾固定筛算条 消失模铸造质量控制	179
4.4.3 真空低压消失模铸造 技术	145	6.10 进气歧管消失模铸造 质量控制	181
4.4.4 振动消失模铸造技术	147		
4.4.5 铝、镁合金消失模铸造 质量控制	149		
第5章 消失模铸造常见缺陷 及防止措施	151	第4篇 特种铸造质量控制	
5.1 充型缺陷及防止措施	151	第7章 金属型铸造质量 控制	183
5.2 坍塌缺陷及防止措施	153	7.1 金属型铸造工艺过 程及特点	183
5.3 气孔缺陷及防止措施	154	7.1.1 金属型铸造原理和工 艺过程	183
5.4 皱皮缺陷及防止措施	155	7.1.2 金属型铸造工艺特点 及其应用范围	184
5.5 增碳缺陷及防止措施	159	7.2 金属型铸造常见缺陷 及防止措施	188
5.6 夹杂缺陷及防止措施	162	7.3 金属型铸造典型案例 分析	191
5.7 粘砂缺陷及防止措施	162	7.4 金属型铸造涂料技术	196
5.8 变形缺陷及防止措施	164	7.4.1 金属型铸造涂料的作用 及技术要求	196
5.9 铝合金铸件消失模 铸造针孔、缩松及 防止措施	166	7.4.2 金属型铸造涂料的组成 及典型配比	197
第6章 典型铸件的消失模铸 造质量控制	169	第8章 低压铸造质量控制	199
6.1 铸钢集装箱角件消失 模铸造质量控制	169	8.1 低压铸造工艺过程及 特点	199
6.2 离合器壳体消失模铸 造质量控制	171	8.1.1 低压铸造原理和工艺 过程	199
6.3 柴油机飞轮壳消失模 铸造质量控制	172		
6.4 电动机壳体消失模铸 造质量控制	173		

11.6.3	耐热铸铁的质量控制	337
11.7	铸铁熔炼质量控制	340
11.7.1	铸铁熔炼的质量要求	340
11.7.2	冲天炉熔炼质量控制	341
11.7.3	电炉熔炼质量控制	347
11.7.4	双联熔炼的选配与控制	350
第12章	铸钢及其熔炼质量控制	351
12.1	铸钢牌号的表示方法及力学性能试验的取样	352
12.2	铸造碳钢的质量控制	353
12.2.1	铸造碳钢的质量要求	353
12.2.2	铸造碳钢的质量控制方法	354
12.3	铸造合金钢的质量控制	356
12.3.1	铸造低合金钢的质量控制	356
12.3.2	铸造高合金钢的质量控制	359
12.4	铸钢熔炼质量控制	364
12.4.1	碱性电弧炉氧化法炼钢工艺控制	365
12.4.2	碱性电弧炉返回法炼钢工艺控制	366
12.4.3	碱性电弧炉不氧化法炼钢工艺控制	367
12.4.4	酸性电弧炉炼钢工艺控制	368
12.4.5	感应电炉炼钢工艺控制	368
12.4.6	铸造用钢炉外精炼工艺控制	369

第13章	铸造非铁合金及其熔炼质量控制	372
13.1	铸造铝合金的质量控制	372
13.1.1	铸造铝硅合金的质量控制	372
13.1.2	铸造铝铜合金的质量控制	378
13.1.3	其他铸造铝合金的质量控制	381
13.2	铸造铜合金的质量控制	384
13.2.1	铸造青铜的质量控制	384
13.2.2	铸造黄铜的质量控制	386
13.3	铸造镁合金的质量控制	388
13.4	铸造非铁合金熔炼质量控制	390
13.4.1	铸造非铁合金熔炼炉的选用	390
13.4.2	铸造铝合金熔炼质量控制	390
13.4.3	铸造铜合金熔炼质量控制	394
13.4.4	铸造镁合金熔炼的质量控制	396

第6篇 铸件清理技术及质量控制

第14章	铸件清理工序及质量检验概述	399
14.1	铸件清理工序	400
14.2	铸件质量检验项目	400
14.3	典型铸件的清理程序	401
第15章	铸件的落砂与清砂	402

15.1	铸件的冷却	402	第 17 章	铸件缺陷修补、矫正	
15.2	落砂机的选择及机 械落砂	405		及质量检验	423
15.3	手工落砂与清砂	408	17.1	铸件孔洞缺陷修补	423
15.4	水力清砂	409	17.1.1	焊条电弧焊焊补	423
第 16 章	铸件浇冒口去除和表 面清理	411	17.1.2	气体保护焊焊补	424
16.1	铸件浇冒口去除	411	17.1.3	气焊焊补	425
16.1.1	铸件浇冒口去除方法 简介	411	17.1.4	铸件渗漏的修补 方法	427
16.1.2	铸件浇冒口去除质量 控制	413	17.2	铸件变形缺陷矫正	428
16.2	铸件表面清理	416	17.2.1	冷态矫正	428
16.2.1	铸件表面清理方法 简介	416	17.2.2	热态矫正	429
16.2.2	铸件表面清理质量 控制	417	17.2.3	防止矫正缺陷措施	430
			17.3	铸件质量检验	431
			17.3.1	铸件外观质量检验	431
			17.3.2	铸件内在质量检验	437
			参考文献		440

第 1 篇 概 述

0.1 铸造质量及铸件质量标准

1. 铸造质量

铸件是铸造生产的产品，铸造质量的本质体现是各类铸件产品的质量。铸件质量也包含两方面的内容：一是铸件产品质量，二是铸件工程质量。铸件产品质量，即铸件满足用户要求的程度；或按其用途在使用中应取得的功效，这种功效是反映铸件结构特征、材质的工作特性和物理力学特性的总和，是评价铸件质量水平和技术水平的基本指标。铸件工程质量，是指铸件产品的生产过程对产品质量的保证程度，即铸件在具体使用条件下的可靠性，这个指标在相当大的程度上决定于所取得的功效，还与稳定性、耐用性和工艺性等指标有关。

2. 铸件质量标准

为了衡量铸件的质量，通常需要建立铸件质量标准。铸件质量标准是由国家承认的标准制订单位批准的对各种铸件产品规格、材料规格、试验方法、术语定义或推荐的工艺方法的规定。铸件质量标准定量地表示铸件满足一定要求的适用程度。铸件质量标准不仅包含交货验收技术条件标准、铸件质量分等通则（JB/JQ 82001—1990），还有材质、检验方法、工艺和材料规格等一般性规范。铸件质量标准主要包括精度标准、表面质量标准、功能质量标准三种。

（1）铸件精度标准 铸件几何形状精度决定于机械加工余量、铸件尺寸和重量公差，在其他条件相同场合下，几何形状精度从机械加工工作量和金属用量两方面来说，反映了工艺过程的先进程度。

铸件的尺寸、重量公差和铸件的机械加工余量，分别按 GB/T 6414—1999、GB/T 11351—1989 和订货的技术条件决定，而实际偏差按技术检查部门的数据判定。

铸件精度控制，即铸件尺寸控制，是在实测平均值与铸件名义尺寸符合的前提下，控制实测值的离散程度。这种离散原因通常是由于生产技术条件和原材料特性等随机变化或系统误差所引起的。应该根据误差性质判断和采取相应对策，提高尺寸精度满足标准要求。有时，整个铸件上只有 1 或 2 个尺寸要求较严格的毛坯尺寸公差，这时就没有必要将全部尺寸都按同一等级规定公差。

评定铸件几何形状精度时，除了加工面余量、铸件重量偏差需加规定外，最有代表性的壁厚和肋厚的公差范围或偏差范围也应给定。结构必需的壁厚由

铸件设计者决定，最小容许壁厚由铸造工艺师确定。在大多数情况下，设计者的决定形成图样上标出的壁厚。这一设计壁厚与实际壁厚之间的容许偏差是表征铸件几何形状精度的重要指标。

为了提高铸件精度等级，一般可以改用金属模具或提高模具的加工精度；需要显著提高时则必须变换造型方法，如采用壳型铸造或其他精密铸造工艺。

(2) 铸件表面质量标准 铸件的非加工表面和外观质量对铸件的商品性颇有影响，它们包括：①表面凹凸度（胀箱、缩陷和夹砂）；②表面或内腔清洁度（粘砂、粘“涂料层”）；③平面度偏差（非加工面起伏不平）；④表面粗糙度；⑤轮廓清晰度（凸台、脐子等结构单元的轮廓清晰度，用肉眼评定）。

上述的①、②属于铸件表面缺陷，将在后面的章节中加于讨论；表面平面度偏差与铸件重量及长度有关，不同的行业有不同的要求。

铸件加工表面粗糙度值可用 Ra 或 Rz 来表示。铸件非加工表面则是反映铸型表面的凹凸的状况，无规律可循，因此用方均根值方法测定铸件非加工表面粗糙度存在困难。目前，各国都采用标准对比块来评定铸件非加工表面的表面粗糙度（我国铸造表面粗糙度比较样块标准为 GB/T 6060.1—1997），用 Ra 及 Rz 参数表示不同造型方法和合金铸件可能获得的表面粗糙度。

(3) 铸件功能质量标准 铸件材料特性决定其功能和使用条件。功能质量是指在特定环境条件（高温、受压且以力学指标为考核依据）下工作可满足技术标准要求的特性总和，或是满足一般强度要求选用程度的质量指标。前者，如一般用途耐蚀钢铸件标准（GB/T 2100—2002）规定出化学成分、热处理和验收条件；后者，如球墨铸铁件标准（GB/T 1348—2009）规定出按强度分等的方法和检验规则。此外，还有用一些综合指标来评定铸件金属材料质量水平的。

适合一般工程用铸造碳钢件标准（GB/T 11352—2009）是通过规定力学性能（屈服强度、抗拉强度、断后伸长率）间接地限定化学成分。工厂应通过多元线性回归，找到以屈服强度、抗拉强度、断后伸长率为目的变数，以碳、锰、硅及硫、磷含量为独立变数的回归方程，使硫、磷含量一定，便可找到对应于屈服强度、抗拉强度的最佳碳、锰与硅含量搭配；或者在这些主要元素上限规定的条件下，获得要求强度下成分的变动范围。化学成分与性能之间关系通过回归分析，有利于进行过程控制。

0.2 铸件缺陷及分类

1. 铸件缺陷

在 JB/JQ 82001—1990 中，根据铸件的质量不同，将铸件分为合格品、一等品、优等品三个等级。对合格品要求“质量达到标准规定，铸件生产过程质量

稳定，用户评价铸件能满足使用性能”。有一项不达标则为不合格，铸件存在缺陷的往往是不合格产品。

(1) 铸件缺陷定义 广义的铸件缺陷是指铸件质量特性没有达到等级标准，铸件生产厂质量管理差，产品质量得不到有效保证。铸件上存在的缺陷是多方面的，这些缺陷也是铸件质量差的根本原因。广义的铸件缺陷实际上是全面评定铸件的质量，除对铸件实物质量进行检测外，还包括对技术管理和售后服务的评定。

狭义的铸件缺陷是铸件上可以检测出的、包括在 GB/T 5611—1998《铸造术语》中的全部名目，有尺寸与重量超差、外观质量低、内部质量不健全、材质不符合验收技术条件及其他疵病等。狭义的铸件缺陷是通常意义上的缺陷，可以将其细分为宏观缺陷和微观缺陷。

铸件实物质量主要分为外部质量和内部质量，其内容相同于狭义的铸件缺陷。因此，提高铸件质量的实质应为消除铸件的各种缺陷。

(2) 废品率 在铸件质量分等通则 (JB/JQ 82001—1990) 中，质量等级以外的铸件称为不合格品。铸件作为商品如不能满足订货合同规定的要求也是不合格品。不合格品也称不良品，它可分为废品、次品、返修品等。

废品是指不符合规定要求不能正常使用的产品，或是铸件缺陷无法修补或修补费用太高，经济上不合算的不合格品。在铸造生产中，废品还分为外废（件）和内废（件）。外废是指铸造车间以外的场所（如机械加工车间等）检验出来的废品；内废则是指在铸造车间内，由铸造工作者检查出来的废品。废品一般作为工业废料（又称“回炉料”）回收其残值。

次品是指存在缺陷但不影响产品主要性能的铸件，如外观有少量砂眼等。造成次品也不一定是由于有了铸件缺陷，机械损伤或加工差错也可能导致次品。

返修品是指在技术上可以修复，并在经济上值得修复的不合格产品。例如，气缸盖等需要承压的铸件发生渗漏时，在真空处理后，用浸渗剂加压填充缺陷可减少内废率。

在规定期内，铸件废品率 P_1 可用以下公式表示：

$$P_1 = \frac{W_1}{W + W_1 + W_2} \times 100\% \quad (0-1)$$

式中， W 为合格铸件量， W_1 为铸件的废品量（内废量）， W_2 为铸造车间自用件量（如砂箱、芯骨等）。

(3) 缺陷率 有缺陷的铸件数量与生产总量之比称为缺陷率。缺陷率通常大于不合格品率，是铸造工厂进行质量管理时评估铸件质量是否稳定的指标。

缺陷有两类：一类是度量的，另一类是计数的。前者是可以用品表尺度来

测量的缺陷；后者是不能用仪表尺度来衡量的缺陷（如气孔缺陷等），而用计数的方法来得出缺陷数量。

计数数据的特点在于它们是不连续的、非负的整数。针对气孔这类缺陷，用计数来衡量这批产品的质量，这类计数数据称为计件数据。计件数据有两种表示方法：一种是直接把计件数据写出来（在质量管理中称为 C 数据），另一种是把它们折算成百分率数据写出来（简称 P 数据），如缺陷率。所以，缺陷的数量有三种方法进行衡量，即度量法、计数获得的 C 数据和 P 数据。

工厂检查铸件缺陷时，可以检查全部铸件，也可以从整批铸件中抽样检查。实践表明，即使对全部铸件进行检查，也不一定能把缺陷铸件全部检查出来。若采取正确的措施，使样组的检查结果能反映出整批铸件的缺陷情况，采取抽样检查能省工省时且效果也不错。

2. 铸件缺陷分类

铸件缺陷的种类很多，在 GB/T 5611—1998《铸造术语》中，将铸件缺陷分为 8 类 102 种，各种缺陷的特征见表 0-1。

表 0-1 铸件缺陷的分类（GB/T 5611—1998）

分类	序号	名称	特 征
1. 多肉类缺陷	1. 1	飞翅 (飞边)	垂直于铸件表面上厚薄不均匀的薄片状金属突起物，常出现在铸件分型面和芯头部位
	1. 2	毛刺	铸件表面上刺状金属突起物，常出现在型和芯的裂缝处，形状极不规则。呈网状或脉状分布的毛刺称脉纹
	1. 3	外渗物 (外渗豆)	铸件表面渗出来的金属物。多呈豆粒状，一般出现在铸件的自由表面上，例如，明浇铸件的上表面、离心浇注铸件的内表面等。其化学成分与铸件金属往往有差异
	1. 4	粘模多肉	因砂型（芯）起模时，部分砂块粘附在模样或芯盒上所引起的铸件相应部位多肉
	1. 5	冲砂	砂型或砂芯表面局部型砂被金属液冲刷掉，在铸件表面的相应部位上形成的粗糙、不规则的金属瘤状物，常位于浇注系统附近。被冲刷掉的型砂，往往在铸件的其他部位形成砂眼
	1. 6	掉砂	砂型或砂芯的局部砂块在机械力作用下掉落，使铸件表面相应部位形成的块状金属突起物。其外形与掉落的砂块很相似。在铸件其他部位则往往出现砂眼或残缺
	1. 7	胀砂	铸件内外表面局部胀大，重量增加的现象。由型壁退移引起
	1. 8	抬型 (抬箱)	由于金属液的浮力使上型或砂芯局部或全部抬起、使铸件高度增加的现象

(续)

分类	序号	名称	特 征
2. 孔洞类缺陷	2. 1	气孔	铸件内由气体形成的孔洞类缺陷。其表面一般比较光滑，主要呈梨形、圆形和椭圆形。一般不在铸件表面露出，大孔常孤立存在，小孔则成群出现
	2. 2	气缩孔	分散性气孔与缩孔和缩松合并而成的孔洞类铸造缺陷
	2. 3	针孔	一般为针头大小分布在铸件截面上的析出性气孔。铝合金铸件中常出现这类气孔，对铸件危害很大
	2. 4	表面针孔	成群分布在铸件表层的分散性气孔。其特征和形成原因与皮下气孔相同，通常暴露在铸件表面，机械加工 1~2mm 后即可去掉
	2. 5	皮下气孔	位于铸件表皮下的分散性气孔。为金属液与砂型之间发生化学反应产生的反应性气孔。形状有针状、蝌蚪状、球状、梨状等。大小不一，深度不等。通常在机械加工或热处理后才能发现
	2. 6	呛火	浇注过程中产生的大量气体不能顺利排出，在金属液内发生沸腾，导致在铸件内产生大量气孔，甚至出现铸件不完整的缺陷
	2. 7	缩孔	铸件在凝固过程中，由于补缩不良而产生的孔洞。形状极不规则，孔壁粗糙并带有枝状晶，常出现在铸件最后凝固的部位
	2. 8	缩松	铸件断面上出现的分散而细小的缩孔。借助高倍放大镜才能发现的缩松称为显微缩松。铸件有缩松缺陷的部位，在气密性试验时可能渗漏
	2. 9	疏松 (显微缩松)	铸件缓慢凝固区出现的很细小的孔洞。分布在枝晶内和枝晶间。其为弥散性气孔、显微缩松、组织粗大的混合缺陷，使铸件致密性降低，易造成渗漏
	2. 10	渗漏	铸件在气密性试验时或使用过程中发生的漏气、渗水或渗油现象。多由于铸件有缩松、疏松、组织粗大、毛细裂纹、气孔或夹杂物等缺陷引起
3. 裂纹、冷隔类缺陷	3. 1	冷裂	铸件凝固后在较低温度下形成的裂纹。裂口常穿过晶粒延伸到整个断面
	3. 2	热裂	铸件在凝固后期或凝固后在较高温度下形成的裂纹。其断面严重氧化，无金属光泽，裂口在晶粒边界产生和发展，外形曲折而不规则
	3. 3	缩裂 (收缩裂纹)	由于铸件补缩不当、收缩受阻或收缩不均匀而造成的裂纹。可能出现在刚凝固之后或在更低的温度
	3. 4	热处理裂纹	铸件在热处理过程中产生的穿透或不穿透的裂纹。其断面有氧化现象
	3. 5	网状裂纹 (龟裂)	金属型和压铸型因受交变热机械作用发生热疲劳。在型腔表面形成的微细龟壳状裂纹。铸型龟裂在铸件表面形成龟纹缺陷