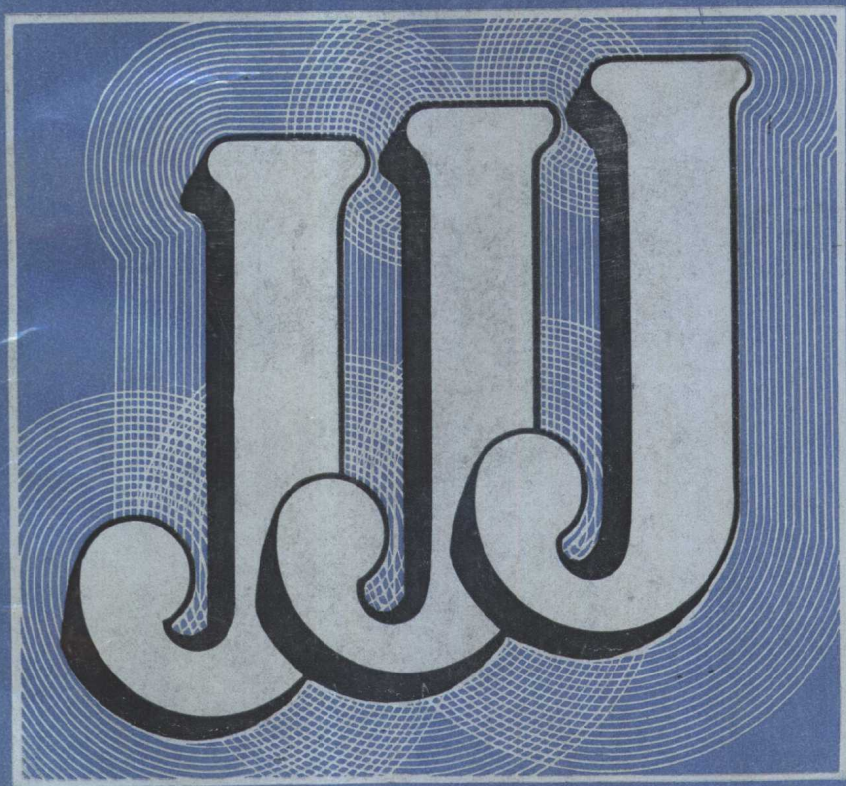


国家机械工业委员会统编

高级化铁工工艺学

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

机械工人技术理论培训教材

高级化铁工工艺学

国家机械工业委员会统编



机械工业出版社

本书主要内容有铸件缺陷分析、大型铸件的浇注、特种铸铁知识、设备参数的选择、设备的工作原理及常见故障、脱硫技术、熔化技术实例分析以及新材料、新设备、新工艺的发展情况等，适合于化铁工种的高级工人用。

本书由四川省长江液压件厂杨堂德、成廷森编写，由四川省机械研究设计院张德纯、梁俊忠、吴蜀龙审稿。

高级化铁工艺学

国家机械工业委员会统编

责任编辑：王明贤 版式设计：张伟行
封面设计：林胜利 方 芬 责任校对：李广孚

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业性可复制字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

开本 787×1092¹/₃₂·印张 5⁷/₈·字数 123 千字
1983年9月北京第一版·1983年9月北京第一次印刷

印数 00,001—11,600·定价：1.80元

ISBN 7-111-01028-0/TF·8

前 言

1981年，原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》，确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此，组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲（试行）》，编写了相应的教材，有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作，初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况，取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准（通用部分）》进行了全面修订，原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求，而且缺少高级部分；编写的教材，由于时间仓促、经验不足，在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此，原机械工业部根据新《标准》，重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划，培训大纲》（初、中、高级），于1987年3月由国家机械工业委员会颁发，并根据培训计划、大纲的要求，编写了配套教材148种。

这套新教材的编写，体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神，坚持了文化课为技术基础课服务，技术基础课为专业课服务，专业课为提高操作技能和分解解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上，力求以

IV

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组

1987年11月

目 录

前言

第一章 铸件缺陷分析及大型复杂铸件的浇注	1
第一节 铸件缺陷的分类	1
第二节 铸件缺陷产生的原因及防止方法	5
第三节 铸件的质量鉴定	17
第四节 铸件缺陷的修补	20
第五节 大型复杂铸件的浇注	21
复习题	25
第二章 铸铁	26
第一节 合金元素对铸铁性能的影响	26
第二节 常用特种铸铁的配料	37
第三节 铸铁材料的发展	47
复习题	53
第三章 熔化设备	54
第一节 冲天炉结构参数的选择	54
第二节 特种化铁炉的构造	63
第三节 化铁炉辅助设备	78
第四节 设备常见故障	92
第五节 熔化设备的新发展	97
复习题	103
第四章 熔化工艺	105
第一节 冲天炉熔化的基本原理	105
第二节 工频感应电炉熔化的基本原理	124

V

第三节	特种化铁炉熔化的基本原理	129
第四节	脱硫原理及操作方法	131
第五节	特殊条件下的熔炼方法	137
第六节	熔化技术实例	150
第七节	熔化工艺的新发展	154
复习题		163
第五章	工艺规程	165
第一节	工艺规程的编制方法	165
第二节	工艺规程示例	165
复习题		182

第一章 铸件缺陷分析及 大型复杂铸件的浇注

第一节 铸件缺陷的分类

综合国内外有关铸件缺陷的分类方法, 结合我国铸造生产情况, 本书将铸件缺陷分为八类 45 种, 其类别、名称及特征见表 1-1。

表1-1 铸件缺陷名称及分类

类别	序号	名 称	特 征
一、 多 肉 类	1-1	披缝(飞边)、毛翅	常在铸件的分型面和芯头部位出现薄片状的金属突起物, 或在型和芯的裂缝处出现形状不规则的刺状突起物
	1-2	抬型(抬箱)	铸件在分型面部位高度和宽度增大
	1-3	胀 砂	铸件内、外表面局部胀大, 形成不规则的瘤状金属突起物
	1-4	冲 砂	铸件表面上有粗糙不规则的金属瘤状物, 常位于浇口附近。在铸件其它部位则往往出现砂眼
	1-5	掉 砂	铸件表面上的块状金属突起物, 其外形与掉落的砂块很相似。在铸件其它部位则往往出现砂眼或残缺
	1-6	外渗物(外渗豆)	铸件内外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(明说铸件的上表面, 离心铸件的內表面)上。外渗物的化学成分与铸件金属往往有差异

(续)

类别	序号	名 称	特 征
二、 孔 洞 类	2-1	气孔、针孔	1.析出气孔 多是细小的,呈圆形、椭圆形或针状,分布在铸件的整体或某一部分,其内壁光滑而明亮 2.侵入气孔 尺寸较大,孔壁光滑,表面氧化,多数呈梨形或椭圆形,位于铸件表面或内部 3.反应气孔 位于铸件表面下,有的呈分散状的针孔,有的隐藏在铸件上部并伴有夹渣
	2-2	缩 孔	形状不规则的封闭或敞露的孔洞,孔壁粗糙并带有树枝状晶,常出现在铸件最后凝固的部位(热节处)
	2-3	缩松、疏松	1.缩松 铸件断面上出现的分散而细小的缩孔。水压试验时会渗漏 2.疏松 形状和缩松相似,但孔洞更细小些。组织粗大、石墨粗大可能导致铸件组织疏松
三、 裂 纹、 冷 隔 类	3-1	冷 裂	往往穿过晶体而不是沿晶界断裂,断口具有金属光泽或呈轻微氧化色,通常为褐色
	3-2	热 裂	断口常有严重氧化的黑色表面,断口沿晶粒边界产生和发展,故裂口外形曲折而不规则,外裂表面宽而内部窄。内裂产生在铸件内部,一般在最后凝固的部位,断面常有树枝状结晶
	3-3	冷 隔	铸件上有穿透或不穿透的缝隙,其边缘呈圆角,多出现在远离浇口的铸件宽大上表面和薄壁处、金属流股会合处或激冷部位
	3-4	热处理裂纹	铸件在热处理过程中出现穿透或不穿透的裂纹,开裂处的金属表面有氧化现象
四、 表 面 缺 陷 类	4-1	鼠 尾	铸件表面上有较浅的($< 5\text{ mm}$)带有锐角的凹痕,凹痕内常夹有型砂,由浇口附近延伸出来,有时有分枝或交叉,通常多发生在铸件的下表面
	4-2	沟 槽	铸件表面上有边缘光滑的V形凹痕,通常有分枝,多发生在铸件的上、下表面

(续)

类别	序号	名 称	特 征
四、 表 面 缺 陷 类	4-3	夹砂结疤 (夹砂)	铸件表面上有凸起的金属片状物，表面粗糙。边缘锐利，有一小部分和铸件本体相连。片状物与铸件之间夹有砂层。
	4-4	机械粘砂	铸件的部分或整个表面上粘附着一层金属和砂粒的机械混合物，多发生在砂型表面受热作用强烈的部位。清除粘砂层时可见金属光泽。
	4-5	化学粘砂	铸件的部分或整个表面上，牢固地粘着一层由金属氧化物、砂子和粘土作用而生成的低熔点化合物。通常发生在铸件厚壁表面以及型、芯的过热部位。化学粘砂很难清除，用砂轮才能磨掉。
	4-6	表面粗糙	铸件表面不光滑、凹凸不平。
	4-7	皱 皮	铸件表面呈现不规则的粗大皱褶，一般带有较深的网状沟槽。它是镁合金和镁球铁特有的一种缺陷，通常出现在截面变化大的铸件和薄壁铸件的上表面。
五、 残 缺 类	4-8	缩 陷	铸件厚断面或断面交接处的上表面有凹陷。大多数的缩陷都发生在铸件的厚断面处，有时也出现在内缩孔附近的表面。
	5-1	浇 不 到	铸件上产生的边角圆滑光亮的局部残缺，常出现在远离浇口的部位及薄壁处。
	5-2	未 浇 满	铸件上部缺肉，边角略成圆形，浇口顶面与铸件平齐。
	5-3	跑火、型漏 (漏箱)	1. 跑火 铸件分型面以上的部分有严重的缺陷，有时沿型底面有类似披缝的金属壳； 2. 型漏 铸件有时虽有比较完整的外形，但其内部的金屬已漏空，铸件呈壳状，底部有残留的多余金属。
五、 残 缺 类	5-4	损 伤	铸件损伤断裂，常出现于铸筋、凸台、棱角和浇冒口与铸件连接部位。

(续)

类别	序号	名 称	特 征
六、尺寸、形状和重量差错误类	6-1	尺寸和重量差错	铸件的部分尺寸或重量与图纸不符
	6-2	变 形	铸件呈现一端翘起、一端翘起、或是中间凸起的扭曲变形。形状与图纸不符
	6-3	错型(错箱)	铸件的一部分与另一部分在分型面处相互错开
	6-4	错 芯	铸件孔腔的一半多肉，一半缺肉，不符合图纸要求
	6-5	偏 芯	铸件内腔的形状不变，铸件一面的壁厚减薄或穿透，另一面则加厚
	6-6	春 移	在分型面附近，铸件局部增厚，往往发生在容易产生春紧过度的部位上。春移通常是单边凸起
七、夹杂物	7-1	金属夹杂物	铸件加工后，表面上有大小不等、形状不规则、色泽与基体金属不同的其它金属杂物
	7-2	冷 豆	通常位于铸件的下表面或嵌入铸件内部，未完全与铸件熔合，表面氧化，其化学成分与铸件本体相同
	7-3	内 渗 豆	表面光滑并带有光泽的豆状金属夹杂物，一般出现在气孔或其它孔洞内部。它的化学成分接近共晶成分，和铸件本体的化学成分不一致。内渗豆常出现在灰铁和球铁件中
	7-4	夹 渣	铸件表面或内部的非金属夹杂物，没有光泽，形状极不规则，颜色因渣质不同而变化
	7-5	砂 眼	铸件内部或表面充满有砂粒的孔洞
八、性能、组织、成分不合格	8-1	物理、机械性能和化学成分不合格	铸件的化学成分和强度、硬度、延伸率、冲击值、耐热、耐蚀、耐磨等性能不符合技术条件的规定
	8-2	石墨深·浮	球铁件断口的上表面有一层密集的石墨黑斑，与正常的银白色断面组织相比，有清晰可见的分界线。它通常位于厚大铸件断面的上表面、砂芯的下表面和铸件的死角处

(续)

类别	序号	名 称	特 征
八、性能、成分、组织不合格	8-3	石墨粗大	机械加工后，铸件表面上有均匀分布并且充满石墨的乳洞，加工面呈灰黑色，断口晶粒粗大
	8-4	组织粗大	铸件加工后的表面硬度低，金相检验晶粒过于粗大，多发生在厚壁部位。水压试验时易渗漏
	8-5	偏 析	铸件整体或部分区域出现化学成分、金相组织不一致
	8-6	白 口	铸铁件的断面，全部或部分出现亮白色的组织，通常位于铸件的薄断面、棱角以及边缘部分。白口组织硬度高、性脆，加工困难
	8-7	反 白 口	铸件断口的内部出现小块白口区，白口区外圈是正常组织
	8-8	球化不良	铸铁件的断面上，有大块黑斑或明显可见的小黑点，越接近中心越密，金相组织中有较多的厚片状石墨或枝晶石墨
	8-9	球化衰退	随着浇注过程的延续，球铁铁水球化效果逐渐消失，先是出现团状石墨，进而出现厚片状石墨

第二节 铸件缺陷产生的原因及防止方法

在铸造生产中，由于原材料质量不合格、工艺不合理、操作不当或管理不善等原因，往往很容易造成铸件缺陷甚至报废。通过对铸件缺陷的分析，找出缺陷产生的原因和防止方法，这对避免缺陷的重复出现，提高铸件质量有很大的意义。根据已发生的铸造缺陷找出其产生原因和防止方法，并在实际生产中加以应用，这是高级铸造工人必须掌握的基本技能。

对于铸件的缺陷，要从具体情况出发，根据具体条件，

如缺陷的特征、位置、采用的工艺和材料等因素，进行综合分析研究、才能正确地得出产生缺陷的主要原因，从而采取相应的技术和组织措施，有效地防止和消除缺陷。

表 1-2 从铸造生产的主要环节分析了10种铸件缺陷产生的原因和防止方法，其它类型的缺陷则可参阅《铸件缺陷手册》和其它有关资料。这里必须指出，防止铸件产生缺陷的措施都不是孤立的、绝对的、这一种缺陷和另一种缺陷的防止方法之间可能是相互冲突的，矛盾的，因此在选择防止措施时，必须结合生产实际条件，平衡利弊，从解决主要矛盾入手解决产品质量问题。

表1-2 铸件缺陷产生的原因及防止方法

	产 生 原 因	防 止 方 法
1. 气孔		
一、 浇冒系统	1) 浇冒口不合格，导致压头太低 2) 浇注系统引起产生紊流或断流，导致气体卷入 3) 冒口的高度和大小不够	1) 增加直浇口高度，提高铁水静压力 2) 合理设置浇注系统，使型腔排气畅通，液流平稳 3) 增加冒口高度和大小 4) 在型腔最高处设置出气孔
二、 型砂	1) 湿型砂中水分过高 2) 透气性差 3) 型砂中混有杂质，如冷铁豆、铁钉、煤渣等 4) 混制不良 5) 涂料中含有过多的发气材料或材料的发气性过高	1) 控制适宜水分 2) 减少粘土含量，增加提高透气性的材料 3) 清除干净杂物，如铁豆、粘土块、煤块等 4) 严格混制工艺 5) 煤粉、重油等发气物质的含量要适当控制

(续)

	产生原因	防止方法
三、制芯	1) 砂芯未烘干或未固化 2) 粘结剂的加入量过多 3) 砂芯排气不畅 4) 砂芯透气不良 5) 湿芯水分过多 6) 涂料层太厚, 有破损或未烘干 7) 发气材料过多 8) 砂芯吸湿返潮	1) 砂芯应严格烘干或固化 2) 控制合适的粘结剂用量 3) 排气要通畅, 芯头间隙处要防止钻水堵塞 4) 控制涂料层厚度 5) 选用低发气性材料 6) 控制湿砂芯的含水量
四、造型	1) 砂型排气能力差 2) 砂型未烘干 3) 湿型局部紧实度过高 4) 湿型修型过度, 刷水过多 5) 粘结剂用量过多, 涂料层过厚 6) 冷铁、芯撑生锈吸湿	1) 提高砂型的排气能力 2) 严格烘干砂型 3) 紧实均匀 4) 湿型修型不能过度 5) 涂料层厚度适当 6) 冷铁、芯撑须除锈去污, 保持干燥
五、金属成分	1) 硅含量过高 2) 铁水中含铝 3) 球铁处理时镁的残留量过高 4) 铁水中硫和锰的含量高	1) 严格控制铁水含铝量 2) 尽量减少球铁的残留镁量 3) 硅含量不应过高 4) 控制硫、锰含量
六、熔炼	1) 炉料潮湿, 锈蚀、油污严重 2) 出铁槽、浇包未烘干 3) 冲天炉底焦过低, 风量过大, 铁水氧化严重 4) 鼓风湿度大 5) 熔化中棚料 6) 炉料中混入铝料	1) 炉料、工具应干燥, 无锈无油污 2) 保证焦炭质量, 提高铁水出炉温度 3) 防止铁水过度氧化 4) 熔化过程中防止棚料 5) 炉料中严禁混入铝料
七、浇注	1) 浇注温度过低 2) 浇注时产生紊流或断流 3) 浇包未烘干	1) 适当提高浇注温度 2) 浇注时控制不产生紊流或断流

(续)

	产生原因	防止方法
七、 浇注	4) 浇注方法不当, 如流速过慢, 包嘴位置过高等	3) 烘干浇包 4) 大平面铸件采用倾斜浇注

2. 缩孔、缩松

一、 浇注系统	1) 浇冒口设计不当, 不能保证顺序凝固 2) 冒口数量不足、尺寸大小或冒口与铸件连接不当, 造成冒口补缩不良 3) 内浇口太大或位置不当造成热节 4) 冒口颈和铸件尺寸比例不当, 造成冒口颈早凝	1) 浇注系统应满足顺序凝固的要求 2) 提高冒口的补缩能力, 如增加冒口数量, 增大冒口尺寸, 采用发热冒口、保温冒口等 3) 内浇口的开设注意防止形成热节 4) 适当加工冒口颈尺寸
二、 型砂	1) 湿型砂抗变形能力差, 易使砂型型壁扩张变形, 影响冒口的补缩能力 2) 型砂中采用过多的退让性大的材料	1) 提高型砂的抗变形能力, 如减少退让性大的材料(如木屑)的用量, 改用干模砂等
三、 制芯	1) 砂芯位移造成铸件壁厚不均匀, 使冒口局部补缩不够或破坏了顺序凝固 2) 砂芯紧实度不够或不均匀	1) 下芯时注意防止芯子位移 2) 提高砂芯的紧实度, 紧实要均匀
四、 造型	1) 砂型刚度差, 在金属液压力和石墨化膨胀力的作用下变形	1) 提高砂型的紧实度及砂箱的强度, 防止型壁扩张变形 2) 采用补贴增厚方法改变断面形状
五、 金属成分	1) 碳当量偏低 2) 含磷量偏高, 低熔点磷共晶在最后凝固时得不到补给 3) 球铁中残留镁量高	1) 控制铁水的合适成分, 碳当量和磷含量应在规定的范围内 2) 减少残留镁量

(续)

	产 生 原 因	防 止 方 法
六、 熔 化	1) 配料有误 2) 称量不准 3) 铁水中含气多	1) 正确配料和称量, 严格控制铁水成分 2) 尽量减少铁水中的含气量, 以利补缩
七、 浇 注	1) 浇注温度不当, 过高易产生缩孔, 过低易产生疏松 2) 浇注速度过快 3) 没有点补冒口	1) 控制合适的浇注温度和浇注速度 2) 点补冒口
八、 其 它	1) 冷铁位置不当 2) 铸件结构不合理	1) 合理安放冷铁 2) 提高型、芯的冷却能力

3. 热裂

一、 浇 冒 系 统	1) 浇冒系统阻碍铸件正常收缩, 如直浇口、冒口距箱带太近, 内浇口、冒口和横浇道设置不当等	1) 内浇口截面不宜太大, 尽量采用分散的多道内浇口 2) 浇冒口形状和位置不要妨碍铸件的正常收缩 3) 浇口处避免形成热节
二、 型 砂	1) 退让性太差 2) 溃散性差 3) 高温强度过大	1) 改善型、砂芯的溃散性, 如在砂中加木屑; 采用有机粘结剂等
三、 制 芯	1) 芯骨结构、形状不合适 2) 砂芯退让性差 3) 紧实度过高	1) 改用刚度合适的芯骨, 芯骨外部要有足够的吃砂量 2) 不应春实过紧
四、 造 型	1) 春实过硬 2) 圆角修整不当 3) 刷水过多 4) 防裂工艺筋或冷铁使用不当 5) 铸件披缝过厚	1) 不应春实过紧 2) 转角圆角应适当 3) 适当部位采用防裂工艺筋或安放冷铁 4) 控制铸件披缝厚度

(续)

	产生原因	防止方法
五、金属成分	1) 硫、磷含量过高 2) 碳当量过低, 合金收缩大	1) 严格控制硫、磷含量 2) 碳当量应在规定范围内
六、熔化	1) 配料不当 2) 孕育、球化不良 3) 铁水过热度太高	1) 正确配料和称量, 控制好铁水成分 2) 孕育、球化适当 3) 控制适宜的铁水过热温度
七、浇注	1) 浇注温度不当。太低, 型、芯砂不易溃散, 太高, 铸件内温度梯度大	1) 控制适当的浇注温度
八、其它	1) 铸件结构不当 2) 铸件落砂过早	1) 必要时适当修改铸件壁厚结构 2) 控制好出箱时间

4. 夹砂

一、浇注系统	1) 内浇口分布不均, 使型腔表层的受热不均, 铁水覆盖表面不平稳	1) 适当调整内浇口的分布
二、型砂	1) 原砂热膨胀大 2) 退让性差 3) 型砂热湿强度低 4) 水分含量过高	1) 在型砂中加入煤粉、沥青、重油、木屑等 2) 湿型用优质膨润土提高湿强度 3) 型砂粒度适当粗一些 4) 严格控制水分 5) 混制均匀
三、制芯	1) 紧实不均匀 2) 表面有分层或裂缝 3) 局部修补不平	1) 紧实应均匀, 避免局部过紧 2) 注意修补质量 3) 加强通气