



鋼鐵冶煉基礎知識叢書

小高爐的故障與處理

陳次青編著

江蘇人民出版社

目 录

一	緒言.....	1
二	爐冷.....	1
三	悬料及崩料.....	8
四	爐瘤.....	13

一 緒 言

小高爐发生故障是一个十分严重的問題。因为小高爐的爐身小，爐子容易冷，如果处理得不及时或不得当，很快就可能导致风口堵塞，爐缸冻结。所以偵察預兆，及时处理，是保証小高爐正常生产的重要关键。

小高爐主要故障有爐冷、悬料及崩料、爐瘤等。如果能掌握这些故障发生的原因，发生故障前的征兆，以及預防故障和处理故障的方法，就能及时采取措施，及时解决問題，使小高爐很快恢复正常生产。这本书就是圍繞这些內容，講一些基本知識，希望能对小高爐工作者有所助益。

二 爐 冷

1. 爐冷发生的原因

总的來說，爐冷是由于过度发展吸热反应而引起的。过度发展吸热反应又是由下列几个因素造成。

(1) 长期慢风操作：高爐內热量的来源，可以說是完全依靠风口內焦炭的燃烧。而每单位時間焦炭燃烧的量，决定于每

单位时间风口内所进的风量。风量越大，燃烧焦炭就越多，所发生的热量也越大，爐子就越热。反之，如长期慢风操作，焦炭燃烧量就大大降低，热量减少，当然会产生爐冷。

(2) 爐料分布不合理：在爐子大鐘上面的矿石分布不均匀，促使粉矿集中在爐内个别区域，煤气透过这些地方就很困难。这部分矿石在进入高温区时没有被煤气充分地还原，因而使得鉄氧化物直接还原，这一吸热反应过度发展，就引起爐冷。

从另外一方面看，在爐内煤气通过得多的部分，高温区的温度就升得非常高，这就引起还原矿石的过早熔化，因而在爐缸内获得很多的含鉄爐渣。石灰石应尽量倒入爐的中心，在爐子边缘的石灰石越少越好，在边缘的石灰石須均匀分布，不可偏析（一边多一边少），因石灰石在爐内边缘过多或偏析，即易造成初成渣的混乱，使 FeO 进入爐缸，导致爐冷。

(3) 焦炭負荷过重：焦炭負荷过重，則它所发生的热量不能满足鉄矿还原的需要，供应不上爐缸内所需高温及熔化鉄水和渣滓所需的热量，因而引起爐冷。过分增加焦炭負荷的原因是矿石称量不准确，矿石中含鉄量大大地增加，爐尘量很大的减少。焦炭若按重量入爐，則当大雨时，焦炭内水分大大地增加，且波动很大，不易控制，倘調整不得法，最易引起爐冷或爐热。焦炭强度减低，可能导致崩料，因为爐缸内骤然进入很多沒有还原的矿石就会間接发生爐冷。在小高爐内若发生两、三次崩料，尤其是爐子已經冷行而有很多爐渣存在于爐缸中，可能使风口堵塞，崩下的爐料則冻结于爐缸中。爐瘤滑入爐缸中，需要很大的热量去熔化它，所含生料且須直接还原，可能引起极严重的爐冷，甚

至冻结爐缸。

此外，空气中湿度增加，一部分热量消耗于分解水分及氢的还原，也会引起爐冷。冷却設備有严重的漏水現象，也可引起爐冷，因为冷水漏入爐中，吸收大量热能，尤其是氢的还原，需要更大的热量。

热风爐损坏，不能供应高爐所需的风温，就发生爐冷。料批下降过快，大部分矿石来不及間接还原，也会促使爐冷。

爐內料綫不平，爐料下降不均匀，打乱气流分布，以致生料降到爐缸內，引起爐冷。长期的低料綫操作，使爐料未能接受充分的預热，打乱爐料合理的分布，且减少爐子的有效容积，会引起爐冷。矿石的粒度超过規定的尺寸，或矿石的还原性能大大降低，也可能导致爐冷。

爐子中心負荷过重，透气性变坏，甚至中心成一个冷柱，也要导致爐冷。

2. 爐冷发生前的征兆

爐冷发生前的征兆有下列几种：

(1) 爐料下降較正常时为快。这种現象可能由于大气温度驟降，空气密度增加，而风口所进风量仍与过去一样，实际上的风量已較前增加不少。

(2) 爐渣的 SiO_2 逐漸升高，渣的断口由石块状变成玻璃状，渣的顏色由白变成淡黄——棕黄——黑色——黝黑色。渣的流动性初期尚好，以后逐渐恶化，最后难以流动。

(3) 风口暗淡而且見黑块，风口越暗，前端黑块越多，則爐

冷越厉害。

- (4) 生鉄含硅及錳的量逐漸降低，硫升高，最后渣鉄不分。
- (5) 渣口出渣量减少，而风口內的渣滓似被壅塞，不能下降，沸騰于风口之內。
- (6) 爐頂散放管出来的煤气由浓变淡，最后只冒青烟。
- (7) 用长的鋼条插入风口中，立刻抽出，如发现潮气，就是风口漏水的象征。
- (8) 风口出水管的溫度升高，且出水量显著减少，也是漏水象征。
- (9) 根据爐腹爐壳上漏气部分含氢气的煤气燃烧的情况来判断，含氢的煤气在燃烧时产生特殊火焰。

3. 爐冷的預防

在談預防爐冷之前，首先要明确一个問題，就是这个非常重要而且非常繁复的預防任务應該由誰来担負呢？我們說，應該由工长来担負。明确这样的职责是有好处的，否則尽管預防方法訂得尽善尽美，若无人負責执行，或执行得不彻底，則預防的措施几乎等于零。現在把苏联某厂某高爐工长的工作經驗摘要介紹如下：“假如在接班之初，看不出高爐进行有违反規定制度的現象，那末，乍看起来，在这种情况下，工长們似乎无事可做。但是工长应当检查和監督高爐工作的全部条件，在尚未深信高爐确是按規定制度工作时，工长不能不去干預爐子的工作。

“首先，每一班都要检查高爐爐型的情况，这个只有間接地判断，按煤气气流，按冷却水箱出水的溫度，如情况有可疑之处，

就检查和探摸爐皮。每一班至少有兩次檢查原料，並注意稱原料的地磅是否準確。然後回到高爐，從風口檢查爐子的工作，了解爐前的工作情況，仔細觀察鐵和渣，並從外表來判斷其成份及溫度。每班一次甚至幾次到卷揚機房去檢查裝料機械的工作。每班至少一次上爐頂平台，看看料車倒的角度，看看容料漏斗；漏斗的斜面上有沒有粘住的原料，鋼板有沒有損壞，因為這都會使得小鐘上的布料起變動的。隔着大、小鐘中間鐵皮聽一聽大鐘關閉和原料入爐的聲音。每一工長每星期檢查裝料系統一次。但是任何偏差都不發現的時期是很少的，通常小心檢查時，幾乎都能看出高爐工作條件的某些變化。為了確定這些變化會不會使爐子的規定工作制度（主要是煤氣氣流）受到破壞，在這種情況下就應確定變化的大小和其趨向。如果爐子邊緣負荷過重，這是由於入爐原料比較碎，強度比較差所致；假使沒有及時改變裝料制度，那末爐子會轉為不順的；……”

從上面所述蘇聯某廠某工長的工作方法看來，倘我們的高爐工長們也能這樣負責，則高爐內將要發生的故障，必可消除，因為他時時做好預防工作，所以故障也無法乘隙而來。

確定爐冷的預防方法，首先必須肯定爐冷的原因，才能對症下藥，及時制止爐冷的发展。因長期慢風操作而發生的爐冷，應立即逐步恢復風量，俟爐子有向熱趨勢，並增加焦炭的負荷。因爐料分布不均勻而引起的爐冷，應使爐料分布均勻，減少石灰石的批重，酌加空焦（不帶石灰石）。因焦炭負荷過重而爐冷，應減輕礦石批重及石灰石的重量，並加大量的空焦，並酌量減少風量若干小時，再行恢復原風量。因焦炭中含水量大大地增加或

焦炭變質而爐冷，則只需多加空焦，並減輕礦批及石灰石的重量。因料批下降太快而爐冷，首先要減少風量，酌加空焦，減石灰石的重量。因料綫不平而爐冷，要調整裝料制度，疏鬆邊緣，加空焦，減輕石灰石。因長期低料綫操作而爐冷，應趕快提高料綫（如由1公尺提高到800公厘），並加空焦填補空檔，暫時減少風量若干小時。因礦石粒度太大或礦石還原性降低而爐冷，應大量減輕焦炭負荷，酌加空焦及暫時減低風量。因爐子中心負荷過重，透氣性變壞而爐冷，應酌加空焦，減低風溫改變裝料制度，增加邊緣負荷，俟爐子恢復正常時，增加風量，借以加強中心氣流。因冷卻系統漏水而爐冷，先須確定那一個冷卻器（風口或渣口）漏水，做好准备工作，在休風前加空焦若干批及沒有熔劑的礦石若干批入爐，借以避免復風後爐子難行或懸料；更換風口須休風，但時期切不可過長，以免意外，復風時的風量，約為正常風量的70%，以後慢慢增加。

4. 爐冷的處理

嚴重的爐冷可能導至渣鐵不分，爐缸凍結，風口堵死，爐子不能進風，煤氣完全消失等事故。

無論任何爐冷都應該減輕焦炭負荷或加空焦，借以增加熱量的來源。加空焦的惟一缺點在於作用起得較慢，大約在12小時以上。在嚴重的爐冷同時需採取休風及減風的操作情況下，輕料批降到爐缸內就要更遲一些。在爐冷過程中，渣的鹼度要較正常時為低，因為高鹼度渣的爐冷，比酸性渣的爐冷更為危險。在爐冷時提高風溫，不僅不能消除故障，反而加重了故障的程

度，可能引起难行与悬料。因爐中心为未熔化的冷料堵塞而引起冷悬料的情况下，恢复高爐的正常作业以及使它回热，只有在降低风温操作的情况下才能达到。

在严重爐冷的情况下，减风是必需的，因为在爐内某些部分的爐料，可能以高出正常的速度下降，在降到爐缸时还没有很好还原。在爐冷时热量消耗大大地增加，因为要减少这种热量的消耗，所以用减风来降低爐料下降的速度，并因而减少未还原的矿石进入爐缸的做法，是合理的。

严重的故障行程中，减风20—40%或更多的结果能使爐缸回热的现象，是因为在风口前再次氧化的鉄量与风量有关，风口前氧化鉄在爐缸較下部分再还原，此时消耗的热量比氧化时放出的热量要少一些。这些反应在总的热量平衡上没有多大影响，但无疑地会引起爐缸下部温度的降低。

在爐冷的情况下，风口前被氧化了的鉄再还原，可能将爐缸較下部分的温度降得很低，使还原反应的进程在这样的温度下减慢了。因此，风量的降低，能使风口前受氧化的鉄量，以及进入爐缸更下层的鉄的氧化物量降低，就可以促使爐温上升。如果爐冷时爐渣在风口前沸腾，需要大量地减风，以防止风口灌渣。风口内爐渣沸腾是因为爐缸内有粘稠的物质生成，减少了爐缸容积，因而阻止渣和鉄渗透入爐缸下部。减低风量使进入爐缸内渣及鉄水的量减少，所以减低风量对于减少风口灌渣，是很有成效的。风口灌渣，因而被堵死，只好放弃这个风口不用，而讓其它风口进风。如降低风量后，风压也降得很低，則只好在风口内加入套圈或堵死几个风口。

最严重的爐冷，能导致爐缸冻结，使渣口及鉄口均放不出渣和鉄，甚至全部风口完全被堵死。在这种情况下，只好在爐腹上装置临时风口。倘爐子尚能下料，則一面加大批空焦，一面用氧气烧通风口(至少一个)，作为临时放渣鉄之用。在这样情况之下，打通爐子，只能从上而下，即先打风口，再渣口，最后方烧鉄口，万不可顛倒順序，否則会徒劳无功。倘若爐子的爐缸已經冻结，而上部又有爐瘤，爐料不下，則只有先炸掉爐瘤，再按上法处理爐缸的冻结。当爐子剧冷时，除风口及渣口尚需冷却外，所有爐腹及爐缸各部的冷却用水需完全关死。爐缸冻结事故消除后，应赶快恢复各部分冷却用水，以免烧穿爐缸。

三 悬料及崩料

1. 悬料及崩料发生的原由

总的來說，悬料及崩料是由于爐料料柱透气性恶化所致。在难行时这种阻碍是局部性的，仅有較小的发展，而在悬料时則面积扩大了。使料柱透气性恶化的原因是：

(1) 爐料卡塞，例如矿石及焦炭的粉末过多。

(2) 爐身或爐腰部分的爐墙上生成爐瘤：

①初成渣的成渣綫突然由于爐溫稍凉而下移，因而使已形成的液相冷凝下来。

②初成渣化学成份发生变化，例如最低熔点的渣中含有自

由的 SiO_2 ，在繼續下降过程中一定与 CaO 相結触化合，初成渣成份就改变了，于是熔点提高了，从而又凝固下来，粘于爐牆上。

③初成渣中含有大量 FeO ，而且也有相当多的 CaO ，于是就凝固在爐牆上面，因为 FeO 被还原之后的殘渣很难溶化。高 FeO 的渣是很危险的，但对初成渣酸碱性不同的作用还不一样。酸性初成渣虽也不好，但还无危险，因为一方面 FeO 还原后酸性渣还是很容易熔解的，另一方面酸性渣中 FeO 不易还原出来，而就是还原出来也在較下部分，这时 FeO 还原出来后也不致凝固起来。而高 FeO 的碱性渣之所以危险，是因为碱性渣中 FeO 很易还原， CaO 还原出来后殘渣碱度相当高，熔化温度比酸性渣高得多。

(3)焦炭进行燃烧的区域截面积减少，对爐料下降的抵抗作用則增加，因为在这样的情况下，下降的爐料与不动部分的爐料間的摩擦阻力相当地变得更大一些。

(4)煤气流支住爐料的作用是由于爐料調整得不恰当，誤用不适合的高风量及高风温，导致煤气气流温度突然的升高，使其体积大量增加，压力提高很多，引起爐料下降得很慢，或竟不下降。

(5)料柱的透气性与焦炭的强度及气孔度，料內焦炭与矿石量的比例，爐料的粒度組成，爐料的分布情况，爐渣量与爐渣性質，以及由燃烧带决定的料柱松动的程度等因素有关。

(6)爐壁侵蝕不均匀，下部比上部侵蝕得厉害，是由于瓦斯分布不均匀的緣故，因而导致悬料和崩料。

2. 悬料及崩料发生时的征兆

高爐悬料的特征是料批下降减慢崩料，以及风压增高且有波动。由于悬着的料柱透气性低，煤气在爐內对爐料的阻力急剧增加，这就造成风压上升，且因为积聚在爐缸內的煤气找不到出路，因而不讓新的热风进入爐缸，空气的进入爐內就几乎停止。由送风机加压后的空气，沒有进入爐內的可能，因而經由不严密的地方逸入大气中。在严重悬料的情况下，在送风机的附近时，常将空气阀打开，放走过剩的空气。爐缸內焦炭的燃烧剧烈地减慢了，在风口前可見到停留不动的焦炭块，爐喉煤气压力剧烈地降低，上升管中出去的煤气减少了，或者几乎完全停止。

3. 悬料及崩料的預防

(1) 使进入爐內的风量及风溫尽可能維持在一定水平，即不要使进入爐內的风量及风溫波动頻繁。

(2) 爐頂布料要均匀，不可偏析。

(3) 設法使石灰石多倒入爐的中心，在边缘的石灰石也不可偏析。

(4) 絕對避免长期低料綫操作。

(5) 定期洗爐。洗爐方法有以下几种：①先加空焦若干批，再加倒装料10批到20批，然后恢复原状。②先加空焦若干批，再加沒有熔剂的矿批5批，再加通常料批10批，再加无熔剂的矿批5批，然后恢复正常。③加空焦若干批，繼之加倒装料5批，再加均热爐渣及石灰石若干批(沒有矿石)，然后恢复正常。

(6) 改炼高錳炼鋼生鉄(鉄中含錳約 2 %, 渣中含 MnO 約 3 %)兩、三星期。

(7) 改用自熔性燒結矿代替原矿。

4. 悬料及崩料的处理

发生悬料及崩料后,通常采取降低风溫、风量以及改变装料制度等措施。风溫較正常时降低 100°C , 风量降低約 10—15%。装料制度变更的方向是促进边缘煤气的发展。降低风溫促使燃烧溫度降低,因而爐缸內煤气体积减少,变更装料制度,使边缘爐料疏松,以达到边缘煤气流的增强。在这种情况下,爐料的透气性改善了,同时并提高了爐墙附近的溫度(由于增加了通过煤气量的緣故),高溫帶上移的結果,可以熔化凝固在爐墙上妨碍爐料下降的粘稠的爐渣。如果用上列各种方法不能消除頑固的悬料,則采取下列措施,借以塌落悬着的料柱。

(1) 人工坐料: 将冷风管上的排风閥打开,风压就很快降低,由于这一緣故,爐內煤气支持的作用很快降低,因而发生爐料的塌落。压力降低得愈快愈强烈时,人工坐料的效果也愈大。在人工坐料之前,应預先告知送风机值班人員,减少送风机負荷,以免损坏送风机。为了防止煤气倒入冷风管(这可以造成爆炸),应注意不能将风压降至零点。倘人工坐料不发生效果,就不得不采取更厉害的吹冷风方法。

(2) 吹冷风: 就是将热风供应完全切断,都用冷风。当风溫降低时,氧化帶不仅在水平方向增加,且在垂直的方向也增加,因而高溫帶就向上移,結果使焦炭粘成的渣殼熔化,消除悬料。

在冷行悬料时，也可以采用吹冷风方法来消除悬料。冷行悬料时采用加空焦的措施，可以使爐料疏松，爐缸回热。如人工坐料及吹冷风均不发生效果，則要采用噴吹措施。

(3) 噴吹：打开出鉄口(要开得大些)，增加风量，进行噴吹焦炭，時間要长，有时可繼續数小时，一直至崩落发生为止。这一措施的机械作用是：第一，焦炭自渣口被吹出后，在爐缸內造成一較大的自由空間。第二，造成一煤气的通路，因此空气可进入爐內，在作为悬着料柱用的料拱下面，就可以促进焦炭的燃烧。焦炭燃烧的结果，提高了这一料拱的溫度，因而促使料拱上的胶質爐渣熔化而塌下。

(4) 在爐腹和爐腰間鑽一孔，与鉄口同时噴吹，也可发生很大作用，因为这种噴吹，可以协助焦炭燃烧，提高料拱的溫度而熔化崩落。

采用以上四种措施而使悬料崩落后，如处理得不适当，可能再行悬料，因此必須有正确的基本操作制度，才可消除頑强的悬料。如适当的风量，較低的风溫，疏松边緣的装料制度，避免爐內任何区域上有矿石集中的現象，不用粉矿及焦末入爐，勿使石灰石偏析或集中于爐壁的边緣等。崩料后应按其料綫降低的深浅，酌加空焦，以补偿热量的損失，及直接还原增加后所需的热量。

四 爐 瘤

在爐腹和爐腰生成的爐瘤，因該處溫度較高，不易擴展，有時且可自行消滅，即使消滅不了，也可用洗爐措施去熔化它。生在爐身的爐瘤，尤其是爐身上部的瘤，很難消除，直到現在為止，除用炸瘤措施外，尚無其它良法。爐瘤形狀有偏于一邊的，有半環形的及整個環形的，在垂直方向則高度不等，兩頭薄而中間凸起。爐瘤的化學成分(%)如下表：

爐 瘤 類 型	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	MnO	Fe 總	S	C	ZnO
CaO 瘤	39.00	14.70	27.45	6.68	1.48	7.65	2.33	0.80	0.30	—
鐵 瘤	31.50	14.70	10.90	4.90	24.45	10.50	18.76	0.30	0.50	—
海棉狀鐵瘤	33.80	14.36	25.57	4.20	4.70	9.20	4.16	—	—	—
鋅質爐瘤	2.61	2.09	3.45	3.06	0.17	0.36	1.38	—	—	77.89

1. 爐瘤發生的原因

爐瘤發生的原因有下面幾點：

(1) 大鐘和爐喉的間隙不適合。間隙過大則邊緣氣流過於疏松，中心負荷過重，反之則矿石均集中於邊緣。

(2) 爐腹過高。爐腹角度太小，爐身角度過大，使稠粘如面团式的渣滓很容易在平坦的爐腹上做根据地。

(3) 爐子內型過分的和不均勻的侵蝕。

(4) 爐牆冷却过甚, 使已熔化的初成渣再凝固, 因而結瘤。

(5) 焦炭的机械强度差, 碎末多, 集中于爐牆邊緣, 很容易造成面团式的粘渣, 并将焦炭气孔封闭, 因而結瘤。

(6) 液体的初成渣因爐內溫度剧降而再凝固。

(7) 爐內的石灰(CaO)过剩, 促使已熔的初成渣內 FeO 还原, 代之以 CaO , 因而提高了渣的熔点, 造成含鉄量多的爐瘤。

(8) 高爐长时期以碱度过高而流动性又不好的爐渣作业, 不能引起悬料, 因而結瘤。

(9) 长期慢风操作导致爐牆邊緣溫度升高, 爐子結瘤。

(10) 无計劃的休风。

(11) 矿石內含鋅如超过0.1%, 也引起結瘤, 因为硫化鋅或氧化鋅很易还原, 又很易再氧化而升华, 到了瘤喉保护板以下即冷却而分层結瘤。

(12) 氧化硅(SiO)的揮发和再氧化而凝固, 可能引起結瘤, 在爐缸高溫情况下, SiO (低級硅氧化物)在 $1,970^{\circ}\text{C}$ 时有很大的揮发性, 而 SiO_2 还原时是按 $\text{SiO}_2 \rightarrow \text{SiO} \rightarrow \text{Si}$ 的反应过程进行的, 所以 SiO 是 SiO_2 还原时必须經過的一个阶段。冶炼平爐鉄时, 爐缸內最高溫度沒有达到 $1,970^{\circ}\text{C}$, 故 SiO 不能大量揮发。在冶炼高硅鑄造鉄($\text{Si } 3\%$)或硅鉄时, 則爐缸最高溫度要超过这一点, 因此大量的 SiO 将进行揮发。在爐缸中揮发的 SiO 到了爐腹部分因溫度較低而重新凝固在爐料中, 堵塞了料柱的孔隙, 而大大減低了爐料的透气性, 使煤气上升困难, 煤气上升浮力增大, 造成悬料及爐瘤, 上部凝結在爐料中的 SiO_2 (如在焦炭块中), 当爐料逐渐下降时溫度亦逐渐增加, 当达到 $1,650^{\circ}\text{C}$ 时 SiO 即行軟化而变

成粘潤性的物質，並將爐料粘結在一起而且可以粘結在爐牆上，結果導致結瘤。

2. 爐瘤發生的徵兆

發生爐瘤的徵兆是風壓上升，爐子不能接受風量，爐料批數減少，產量降低，生鐵含硫量升高，因而經常出廢品，時有驚風難行及崩料現象。倘爐內發生的瘤是半環形或偏在一邊，則結瘤處的爐牆溫度較低，料綫偏斜。

3. 爐瘤的預防

爐瘤炸落后，希望從爐內取出，但這是很難做到的，因此應使它集中在爐子中心，多加空焦，並在熔化爐瘤期間裝料時，勿使礦石集中到爐牆附近，以免爐瘤卷土重來。倘發現含鋅質的爐瘤，應停止含鋅礦石為爐料，或俟大修時，爐身部分改砌炭磚或炭素搗固爐襯，在爐腰和爐身（上至爐喉護板以下）磚牆上規定出足夠的探測孔洞。橫的孔洞是互相平行的，垂直的孔洞應互相參差，借使探測面較為廣泛。這個措施對於預防爐瘤，實有重大意義，因為通過實際的探測可以準確量出爐壁的厚度（在休風時探測更可靠），再把每次的紀錄按日期排列下來，就可查知爐形的改變情況，能比較有把握的更早的發覺爐壁是否結厚。如果証實有結厚現象，就可以及時採用不同的洗爐方法，趕快清洗爐壁，以保持爐壁清潔。其它預防結瘤方法，大致和預防懸料相似，不再贅述。