

劳动保护科学知识

怎样防止锅炉爆炸

傅文毅



中華全國科學技術普及協會出版

本書提要

鍋爐是種使用很廣泛的生產設備，可以供給我們動能和熱能。但是，如果我們對它缺乏科學上的認識，在運用它的時候就有爆炸的危險。這本小冊子，系統而概括地介紹了有關怎樣防止鍋爐爆炸的科學知識。

出版編號：310

怎樣防止鍋爐爆炸

著 者： 傅 文 毅

責任編輯： 陳 少 新

出 版 者： 中華全國科學技術普及協會

(北京市天津路3號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第058號

發 行 者： 新 華 書 店

印 刷 者： 北 京 市 印 刷 一 廠

(北京市西便門大街乙1號)

開本：31×43 1/4 印張：1

1956年7月第1版

1956年7月第1次印刷

字數：17,100

印數：10,500

定價：(一)1.50元

引 言

鍋爐是一種供給蒸汽的設備。早在 1765 年，俄國烏拉爾的工匠、伊凡·鮑爾祖諾夫，就首先制成了世界上第一個鍋爐，運用在工業生產上。從那個時候起，鍋爐為人類服務已將近二百年了。

很難設想，假如今天沒有鍋爐，我們的生活將成什麼樣子。火力發電廠將要不能發電，需要動能和熱能的工廠會停頓下來，火車和輪船將不能開動，而在寒冷的季節，我們的暖氣設備也不能利用了。所以，鍋爐和我們的關係是很密切的。它是供給我們動能和熱能的一個主要設備。

鍋爐作為一個有效的生產工具，它一直很好地為人類服務，提高了生產力，促進了社會的發展。但是另一方面，我們也不應該忽視和遺忘掉：它也曾給人們帶來了一些災難。

由於過去，我們的科學技術水平不高，還沒有摸清鍋爐的性格和脾氣，沒有正確掌握使用它的規律。特別是在資本主義的社會制度下，生產的目的是為了追求利潤。資本家根本不關

心工人的生命和安全。鍋爐損壞和爆炸的事故曾經是非常嚴重的。鍋爐爆炸不但破壞了設備，而且能使勞動者遭受很大的傷亡。

今天，我們已經能夠更好地利用自然界的力，駕馭它們為社會造福，而防止它們的為害。對鍋爐來說也正是這樣。一方面我們要更多的利用它來為社會謀福利，同時，我們也要善於駕馭它們——防止鍋爐爆炸。

火管鍋爐和水管鍋爐

鍋爐是資格很老，使用很廣泛的一種生產設備。它的式樣和種類很多。為了便於研究和比較，我們分別來看一下火管式和水管式的鍋爐。

火管式鍋爐 除了有一個盛水和汽的外殼（汽鼓）外，在汽鼓裏面還通過火管或許多煙管。這樣就能使鍋爐的受熱面增加，改進了鍋爐的運行效能。這一類型的鍋爐，由於有一定的水容量，在蒸汽需要量不很均衡的時候，仍能保證供汽；構造比較簡單；清洗、檢查和保養比較方便。因此，目前在我國很多工廠企業中（如化學、印染、造紙、食品等工廠）還廣泛地採用着這一類型的鍋爐。最常見的有：立式橫火管鍋爐（圖1）；臥式雙爐胆鍋爐（圖2）；及臥式外燃迴火管鍋爐（圖3）等。

水管式鍋爐 由汽鼓和水管等部份構成。鍋爐的受熱面主要是外面被熱煙烘烤着的水管。由於汽鼓數目和水管排列的形式不同，水管鍋爐又有各種不同的式樣。這一類鍋爐由於水管和汽鼓的直徑不大，能夠生產壓力較高的蒸汽。鍋爐裏的水能順

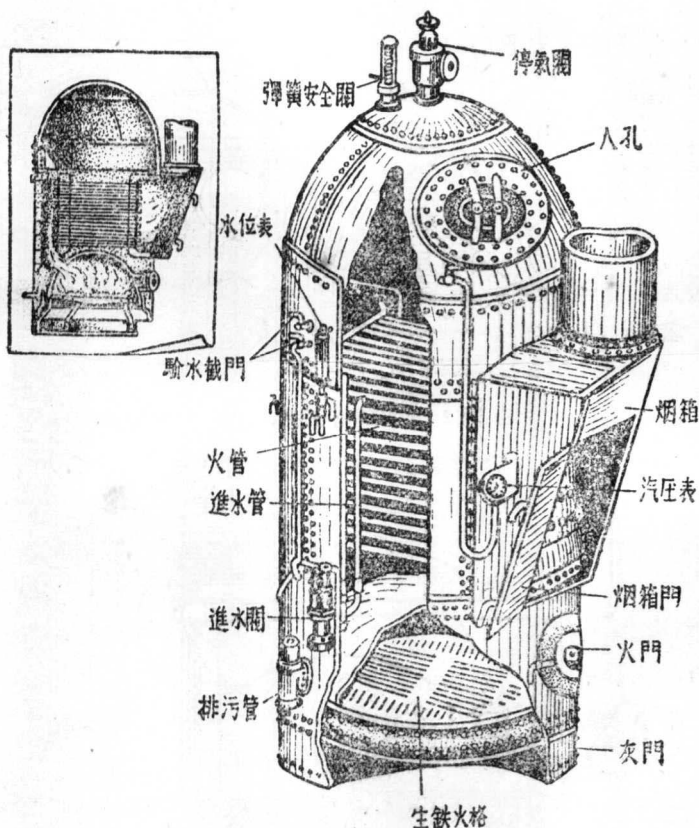


圖 1 立式火管鍋爐。

着水管很好的循環流動，所以經濟性能也比舊式火管鍋爐為高。（圖 4、5）

水管式鍋爐中又以彎水管鍋爐較為先進。由於利用彎管，在同樣直徑的汽鼓上就可以多連接些管子。彎管可以直接連接

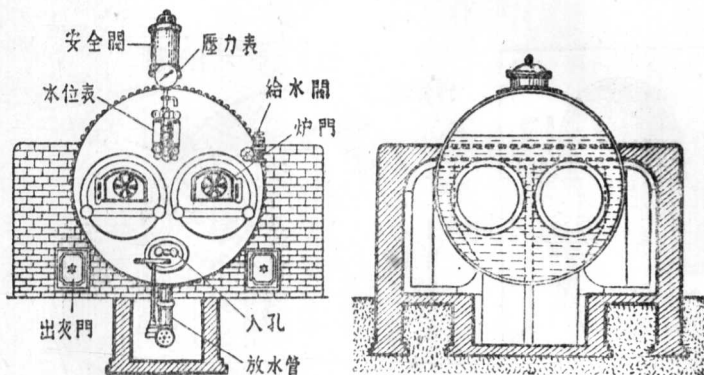


圖 2 臥式雙爐胆鍋爐。

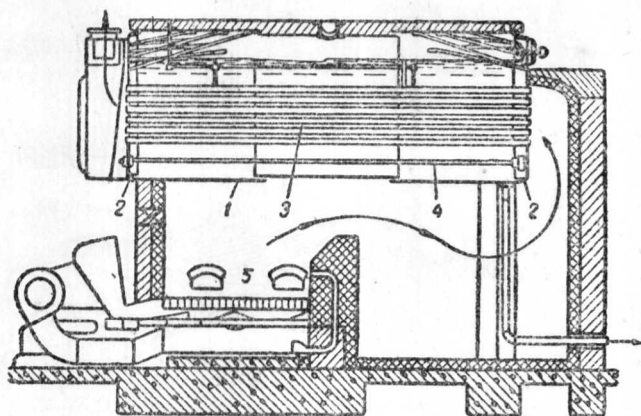


圖 3 1.汽鼓；2.封頭；3.烟；4.角撐；5.爐膛。

在汽鼓上，這樣就能簡化制造方法，降低制造費用。此外，由於管子有彎度，鍋爐在受熱時可以得到較自由的伸縮。所以，彎管式鍋爐是結構比較最完善的鍋爐；在火力發電廠以及新建的需要蒸汽壓力較高，供汽量較大的工廠，一般都採用這一類

型的鍋爐。

為了便於進一步研究，我們不妨熟悉一下幾個有關蒸汽鍋爐的術語。並且，從安全方面來對水管鍋爐和火管鍋爐作一下比較和分析。

鍋爐的表面，一面接觸着鍋爐水，另一面被火焰和熱煙烘烤的叫作受熱面。每小時從鍋爐中蒸發出的蒸汽量叫

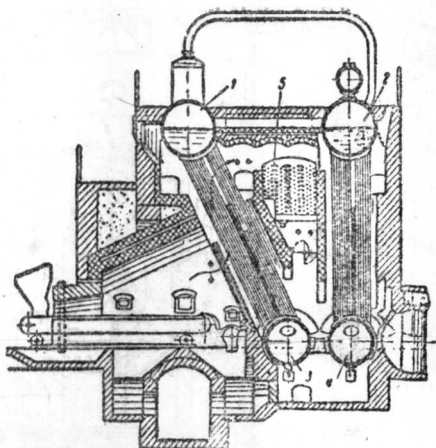


圖 4 直水管鍋爐

1,2—汽鼓；3,4—水鼓；5—過熱器。

作蒸發量。鍋爐受熱面的最高界綫，也就是爐膛和汽鼓連接的界綫。在這條綫以上，熱煙就不能再烘烤汽鼓。這條綫叫做傳熱界綫。由於爐膛里的溫度很高，受熱面接觸水的一面，如果沒有了水的冷卻作用，鍋爐鋼板就會因過熱而燒壞，發生變形，甚至有爆炸的危險。所以鍋爐里的水位必須高於傳熱界綫。

汽鼓里蒸汽佔據的容積叫做蒸汽空間。鍋爐水佔據的容積叫做水空間。在受壓的情況下，水要有較高的溫度（高於 100°C ）才能變汽，因此在壓力高的鍋爐內，水的溫度也越高。鍋爐水空間的大小對鍋爐的運行情況和安全有很大關係。因為爐水能夠蓄積熱量，起儲熱作用。

鍋爐受熱面的外部有熱煙流動，內部有水的循環，所以能很好地傳熱。鍋爐里的水為什麼能循環呢？因為，靠近受熱面的水在受熱後會產生很多氣泡，帶有氣泡的水比較輕，而氣泡

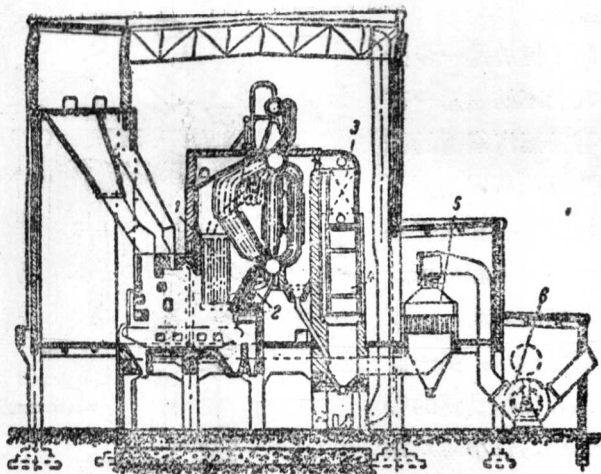


圖 5 兩汽鼓管式鍋爐

1—左右爐牆水冷壁；2—後爐牆水冷壁；3—省煤器；4—空氣預熱器；5—吸塵器（除淨爐煙里的灰）；6—引機風。

又要上昇到汽空間去。因此，這部份的水和汽泡就會向上移動。它的位置為較冷或沒有汽泡的鍋爐水所補充，同樣的在吸收了熱量後又向上移動。這樣週而復始，就形成了鍋爐內水的循環流動。

鍋爐內水的循環能保證受熱面良好的傳熱，同時也保障了鍋爐的安全。假如在受熱表面沒有水的流動，傳熱就慢了，這地方的金屬的溫度就會過高，強度就減低，引起鍋爐的變形，甚至破裂。所以，水循環不好，對鍋爐是很不利的。

火管鍋爐由於結構上的限制，從運行條件和安全方面來看是有一定缺點的。

1. 水循環不好：水管鍋爐由於水在管子里受熱，管子可以

根据需要适当的安排，使水按着一定的通路和方向順利的流动。因而，水的循环很方便。火管鍋爐就不然。水在汽鼓里面，主要靠不同位置的水因受热程度不同而起流通作用。因之，火管鍋爐的水循环不如水管鍋爐。

2. 火管或爐胆上面的水層較薄：这是由於構造上的限制。因为，汽鼓里还要通过火管或爐胆；因而，火管或爐胆上面的水層就有限了。水層薄，在看管不注意时，就容易缺水。当水位低於傳热界綫时，火就直接燒烤到火管或爐胆上，而得不到水的冷却，这样鍋爐就会燒坏，引起损坏或爆炸事故。

3. 鍋爐的受热与膨胀不均：火管鍋爐的受热面往往是火管、爐胆或者是汽鼓本身。各部份由於距离火焰的远近不同，受热程度很不均匀，因热漲冷縮的緣故，能使鍋爐連接以及弯曲的部份產生很大的应力，引起损坏，甚至破裂。

4. 气鼓內水的容積大，爆炸的后果也嚴重：由於水能起儲热作用，水空間較大的鍋爐，爆炸时的威力也大。

目前在我國各工厂、机关和学校中还廣泛地使用着各式火管鍋爐，数量很大，而在管理和保养方面往往沒有訂出必要的規程制度並委派專門的技術人員來負責管理；司爐人員也沒有受过訓練。因而，在安全方面的問題是較多的。而这些鍋爐由於有較大的水容量，一旦因操作或保养不当發生爆炸將會造成很大的破坏和不幸的人身事故。因此必須十分重視这些鍋爐的安全运行。

鍋爐为什么会爆炸

蒸汽鍋爐和其他生產設備不同，它有以下兩個特点：

1. 鍋爐里面有汽和水，它是一种受压容器：它的内部有压力。

2. 鍋爐的外部还直接受到火焰和爐烟的高温作用。

水在加热后，温度就逐渐升高。在敞开的容器里，温度达摄氏 100° 时，水就沸腾，开始变汽。如果在密闭的容器里，水蒸发后变成的蒸汽跑不出去，这时蒸汽就被压缩，容器内部的压力就增加。

鍋爐内部压力增加对汽鼓本身起什么作用呢？我們知道：如果汽鼓是用橡皮做的，那末里面压力增加，它就会胀大起来；如果汽鼓是由兩部份黏起来的，那末里面压力一大，黏着的地方就会分开。但是汽鼓既不胀大也不分开，为什么呢？因为，汽鼓鋼板中有力量拉住它，使汽鼓不至於胀大，也不至於裂开。

那末，这个力量有多大呢？也就是說，在内部有压力的情况下，汽鼓鋼板中会受到多大的作用力呢？我們就来简单的分析一下这个问题。

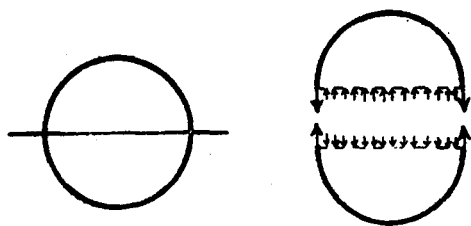


圖 6 (甲)

一般的汽鼓都是圓形的。为了研究方便，把它剖成上下兩半来加以分析[为圖 6 (甲)]

对上半个鍋爐來說，蒸汽的压力是向上的，这个压力想把上半个汽鼓向上顶开。如果汽鼓鋼板里面沒有拉力，那末这半个汽鼓早就飛出去了。它不飛出去是因鋼板本身有力量把它拉住了。这个力量的

大小，对鍋爐的安全有很大关系。假如鍋爐鋼板的强度不够，拉不住，鍋爐就会裂开，發生爆炸事故。

为了計算方便，我們假設鍋爐的內徑为1公尺（100公分）；鍋爐內的压力为每平方厘米 10 公斤。

同时，为了計算时簡化起見，我們可以割取一段，也就是在汽鼓的縱直方向取一段來分析。假如这一段的長度为1公分（如：圖 6（乙））。

这一段鍋爐在水
平方向的面积（画斜
綫部份）將等於長乘
闊，也就是等於 100
公分 $\times$ 1 公分 = 100
平方公分。作用於这

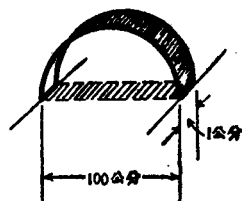
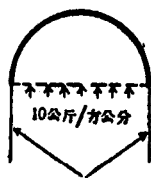


圖 6（乙）

个水平表面上的蒸汽压力为 10 公斤/平方公分。所以，蒸汽作用於这一段汽鼓的总的向上的力量將等於压力乘面积，也就是等於 10 公斤/平方公分 $\times$ 100 平方公分 = 1000 公斤。

这个向上的力量是靠兩边鋼板中的拉力起平衡作用的。总的向上力量应等於向下拉住它的力量；也就是每一边鋼板中应有 1000 公斤 $\div$ 2 = 500 公斤的拉力。

如果汽鼓的直径增加 1 倍，为 2 公尺；則經過同样計算結果，每边鋼板中的拉力也將增加 1 倍（为 1000 公斤）。

如果汽鼓中的压力增加 1 倍，为 20 公斤/平方公分；則計算結果，鋼板中的拉力也將增加 1 倍（为 1000 公斤）。

所以，从上面簡單的分析中，我們可以得到結論：汽鼓鋼板中產生的拉力是直接和鍋爐內部的压力和鍋爐設備的直径成

正比的。汽压越高，汽泡的直徑越大，鋼板內受到的作用力也愈大。对同样的汽鼓來講，汽压愈高，破裂的危險就愈大；而对受到相同压力的容器來講，直徑愈大，則它外殼受到的作用力愈大。例如：在同一个鍋爐設備上，汽鼓壁的厚度就要比管子壁的厚度大得多。因汽鼓的直徑要比管子的直徑大許多倍。鍋爐上的水位表往往使用玻璃管。管內压力和鍋爐內的压力相同。但因玻璃管直徑很小，所以並不破裂。水管鍋爐的管子和汽鼓直徑較小，汽鼓採用較厚的鋼板來制造，所以虽然工作压力較高，仍然能保證足够的强度。

如上所述，一个鍋爐直徑为 2 公尺，内部压力为 10 公斤每平方厘米；那末在單位長度（1 厘米）汽鼓壁上所產生的沿圓周方向的作用力根据簡單的計算，將是 1000 公斤。

如果，汽鼓壁的厚度也是 1 厘米，那末汽鼓鋼板上受到的作用力將为每平方厘米 1 千公斤。这样大的作用力，一般來講是已經超过了普通鍋爐鋼板的安全限度了。

所以，在内部有压力的情况下，鍋爐汽鼓壁上受到的作用力是很大的。如果鍋爐的構造不正确；鋼材的質量不好；有了变形、裂紋或者受到腐蝕，厚度減少，那末鍋爐就有破裂的危險。

在运行中，由於缺水、水循环不好、或者水垢集結太多，鍋爐鋼板或管子会过度受热，而温度超过了一定的限度，金屬的强度就大大減低，鍋爐也就会發生变形、損坏、甚至爆炸的事故。

当鍋爐爆炸时，汽鼓破裂，鍋爐內的压力突然降低到与外界的大气压力相同。在压力降低的情况下，鍋爐內高压下的蒸

汽迅速膨脹；溫度很高的水，立即都變為蒸汽。在平常的壓力下，水變蒸汽時，它的體積要擴大約1,600百倍。所以，鍋爐爆炸時能產生很大的力量，引起強烈的破壞。根據計算，每立方公尺鍋爐水在爆炸時，產生約相當於8公斤炸藥的爆炸力。

鍋爐的水容積愈大（蓄積的熱量愈多），爆炸時破壞力也愈大。因此，我們對目前還廣泛使用着一些火管鍋爐，對它們運行的安全應引起足夠的重視。雖然，它們的工作壓力不高，蒸發量也不大，但儲水量較多，一旦爆炸，後果非常嚴重。

解放後，由於黨和政府十分重視廠礦企業的安全衛生工作。在很多地方都檢查了鍋爐安全，使鍋爐在使用管理方面有了很大的改進。但仍有某些地區和企業，沒有及時注意和重視這個問題，發生了鍋爐爆炸事故。給國家帶來了很大的不應有的損失。

鍋爐爆炸事故是完全可以避免的。很多地方由於重視這個問題，進行了一些必要的管理和檢查工作，在解放以後就沒有發生過爆炸事故。很多鍋爐由於使用和維護得好，運行中從未發生過事故。在蘇聯，雖使用高壓鍋爐，但由於技術水平高，鍋爐設備的高度機械化，關於鍋爐製造、裝置、保養，有完善的立法，並對運行中的鍋爐實行國家監督，所以，鍋爐爆炸事故是極少發生的。

怎樣防止鍋爐爆炸

我們應從那些方面着手防止鍋爐爆炸呢？

首先，我們要求有保證安全的必要的物質條件：鍋爐本身的質量、式樣、構造和強度必須合乎安全的要求；每個鍋爐應

有一套完善的附件和仪表；加煤、排灰及操作、調節等工作应尽可能地机械化、自动化；鍋爐房的構造，設備的安 排 需 合 理。

其次，在操作运行的过程中，应貫徹一系列的安全技術措施。如對司爐工人的訓練；訂立操作規程和交接班制度；定期的進行清洗、檢修等。

最后，为了保證安全，还必须对运行中的鍋爐实施檢查、監督制度。如鍋爐在开始使用前应進行登記、接受檢查，在使用过程中，还应對鍋爐定期進行技術檢驗

1. 对鍋爐構造和鍋爐房的安全要求

对鍋爐最基本的要求是可靠的工作与安全的运行。因此，鍋爐应有正确的構造和足够的强度。

当一个物体受到外力的作用时（如拉伸、壓縮或扭曲一个物体时），物体内部必然会产生一个对抗外力的力量。这个力量一般叫做应力（或机械应力）。各种物体所能承受的力量是有一定限度的。例如，含碳量不超过 0.2% 的鋼材，当应力大於每平方毫米 50 公斤时它就会断裂。因此，鍋爐上受到压力的部件必須按照一定的标准來設計，並选用合乎規格要求的材料；以保證有足够的强度。不制造和修理鍋爐时，任意改变規格或随便採用未經試驗，質量沒有保証的材料是絕對禁止的。

物体当受热时，会膨脹；冷却时，会收縮。如果得不到自由的伸縮，物体的内部也会產生应力。这个应力一般叫做热应力。鍋爐的汽鼓（或水鼓）由於各部份受热不均匀，温度不一样，脹縮也不一致。因此，在鋼材内部，特別是鑄釘接合部份，往往会產生很大的局部应力。它能使汽鼓弯曲，使鑄接的

地方松动，並开始漏水。

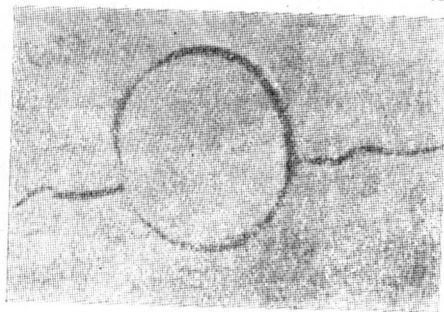
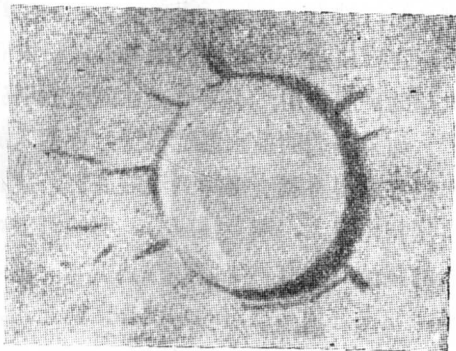
在漏縫中由於水不断变汽逸出，爐水中的碱質就会濃集起來。在很大的局部应力和濃集的碱性鍋爐水（含 NaOH 在 5% 以上）的同时作用下，鋼鉄材料会發生危險的碱性脆化現象；也就是在鋼鉄材料的結晶顆粒間会發生裂紋。鋼板有了裂紋，强度就大大降低，爆炸事故也容易發生了。目前，很多旧式的鉚接起來的鍋爐，还在我國繼續运行和使用，由於这个構造上的缺点，容易引起爆炸事故，例如 1955 年 4 月天津某厂的鍋爐爆炸事故就是因鍋爐下水鼓鉚縫部份發生碱性碱化裂縫而引起的。（如圖）

要防止發生碱性脆化現象，在設計、制造和使用鍋爐时必须注意下列問題：

（1）避免在鋼鉄材料内部產生过高的局部应力；

（2）防止在鍋爐滲漏部份因爐水濃縮而生成高濃度的碱液。

消除上述两个因素之一，就能防止碱性脆化現象的發生。



因此，鍋爐的結構必須正確。在運行時，汽鼓的各部份溫度不應相差太大；以免材料內部產生不應有的附加應力。安裝鍋爐時，應保證各部份能自由伸縮。在較大的水管鍋爐上要安裝膨脹指示器，以便在昇火、停爐及鍋爐運行時，經常檢查其脹縮情況，看是否合度。在下汽(水)鼓中應有蒸汽加熱裝置，即用專門的管子通入熱蒸汽。這樣，因有熱蒸汽在下汽鼓中起攪拌、加熱作用，汽鼓的各部份就能保持較一致的溫度。(否則，鍋爐在昇火及熱備用時水循環較弱，就可能上面熱、下面涼，使汽鼓上下部溫度相差很大，發生彎曲。)在鍋爐的構造上，還應注意：勿使汽鼓的銲接部份安置在爐膛中，直接受到火焰的高溫作用；不需要受熱的汽鼓則應包上隔熱材料。

如果鍋爐的進水溫度很低，或進入的冷水沒有和爐內的熱水很好地混合就直接降到汽鼓底部，這樣也能使汽鼓上下部的溫度相差很大，產生熱應力，引起汽鼓彎曲、漏水。因此，較大的鍋爐應裝有省煤器，預熱進水。進入鍋爐的水應較均勻分佈，並很好地和爐內的水混合；防止冷水直接下降與集中在汽鼓的某一部份，使汽鼓各部份的溫度很不一致。這也是防止材料內部產生過大應力需要採取的措施。

消除高濃度的鹼性液體的具体方法，是在鍋爐水中加入適量的硝酸鹽(如 NaNO_3)或磷酸鹽(如 Na_3PO_4)，這樣就能使爐水的鹼性不致過高，不會達到足以引起脆化的濃度。

為了便於檢查和了解鍋爐是否有脆化現象，可以在有鍋爐水通過的地方(如水管上)安裝鹼性脆化指示器。它的作用原理也很簡單，就是用一塊與鍋爐鋼板質量相同的樣品4，一方面把它壓彎使它內部產生很大應力，同時人為地造成滲漏現象，

使爐水經常在細縫中逸出，發生局部濃縮現象。每隔一定時間檢查這塊鋼材上有沒有裂紋，就能相應地判斷鍋爐本身是否有脆裂的現象。

鍋爐發生爆炸的另一個主要原因是缺水事故。汽鼓鋼板由於沒有水冷卻它，就會被燒得過熱而失去應有的強度。因此，除了運行時要注意鍋爐的水位外，設計鍋爐的構造時應保證受熱汽鼓中的最低水位能高於傳熱界綫至少10厘米。鍋爐上還必須有人孔和手孔，以便工作人員能進入內部或通過手孔的開啓部份進行清洗、修理及檢查工作。這一些都是鍋爐的構造上必須遵守的基本要求。

鍋爐上還應用鋼印和銘牌標明下列各項：

- (1) 製造廠名，
- (2) 廠方的出品順次號碼，
- (3) 製造年份，
- (4) 鍋爐的工作壓力。

鍋爐房應有寬敞的工作地帶。通風和照明要良好。牆壁和屋頂要用不易着火的材料來建造。門應該向外開。鍋爐房是可以並且也是必須保持清潔和整齊的；工作地帶和通路上不應亂堆東西；在鍋爐旁堆積大量的煤和其他燃料也是不許可的。

為了安全，當進入鍋爐內部進行工作時，應使用十二伏電壓的手燈。鍋爐房內應設有藥箱，備有包紮材料和必要的藥品。此外，還應有整套消防設備。

2. 每個鍋爐應有完善的附件和安全設備。

為了正確地掌握操作，保證安全運行，每個鍋爐都需要有一套附件和儀表裝置。它們之中，有的起指示作用，告訴我們