

119443

TK22  
1292

# 大型电站锅炉事故 分析及预防措施

张光纯 编著

本书是根据我国大型电站锅炉已发生的事 故的 大量总结、通报、试验报告和作者多年现场工作的体验，并参照国内外有关文献编著的。作者对发生事故的原因做了详细的说明和分析，并提出了切实可行的改进措施。分析侧重于宏观结构的综合分析，即从科研、设计、工艺、制造、安装、调试和运行等方面进行综合探讨，对技术政策的决策也有所涉及。因此，本书是一本有实用价值的参考书。

本书不但可作为电站锅炉设计、制造、安装、使用单位的技术人员和管理人员的参考书，还可以作为劳动部门的安全监察、检验人员以及大专院校锅炉和热能动力装置专业师生的参考书。

## 大型电站锅炉事故分析及预防措施

张光纯 编著

责任编辑：王 斌 版式设计：张世琴

封面设计：郭景云 责任校对：张 媛

责任印制：郭伟

机械工业出版社出版（北京百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张7<sup>5</sup>/<sub>8</sub>·字数 167千字  
1990年5月北京第一版·1990年2月北京第一次印刷

印数 0,001—3,100·定价：6.80元

ISBN 7-111-01287-9/TK·58

## 前 言

大型电站锅炉技术的发展，遵循着一条规律：事故教训——分析总结——完善提高。

本书对事故原因的分析和改进措施的意见，侧重于宏观的综合分析，即从科研、设计、工艺、制造、安装、调试和运行等方面进行综合探讨，并对技术政策的决策也有所涉及。至于某一方面专门技术的微观理论，这里就不加以讨论了。

本书所引的事故实例，均为一些单位发生的真实事例。但是，鉴于本书作者主要是探讨事故原因，提出改进措施。因而，除作为经验介绍者外，其余一律隐厂、埋名。如有不当，切望见谅。

本书是根据我国已发生的大量事故的大量总结、通报、试验报告和作者多年现场工作的经验，以及参照国内外的有关文献编著而成。上述内容曾在西南地区（云、贵、川三省）大型电站锅炉运行培训班讲授过，反映较好。很多运行管理人员建议将讲义出版，以降低事故率，提高可用率，防患于未然。故此，作者在讲义的基础上作了较大的修改和补充，写成此书。书中不少观点是作者的个人意见，限于水平和资料，不足、片面甚至错误，在所难免，请读者批评指正。

本书由哈尔滨工业大学李之光教授审阅。劳动人事部锅炉监察局高级工程师李毅为本书的编写做了大量工作。作者一并致谢。

## 目 录

### 前言

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 提高可用率,降低事故率(代序).....     | 1   |
| 第一章 炉膛爆炸.....            | 18  |
| 第二章 汽包爆破和裂纹.....         | 37  |
| 第三章 屏式过热器爆管.....         | 61  |
| 第四章 屏式过热器裂纹.....         | 73  |
| 第五章 尾部受热面磨损及防磨途径的探讨..... | 80  |
| 第六章 喷水减温器断裂及裂纹 .....     | 108 |
| 第七章 过热器超温 .....          | 134 |
| 第八章 空气预热器腐蚀、堵灰及漏风 .....  | 163 |
| 第九章 安全阀事故 .....          | 206 |
| 第十章 给水调节阀事故 .....        | 216 |
| 第十一章 水位计爆破、漏泄 .....      | 225 |
| 附录 尾部受热面《磨损计算公式》 .....   | 233 |
| 参考文献 .....               | 237 |

## 提高可用率，降低事故率（代序）

### 一、提高火电机组可用率的经济效益

我国火电机组耗能。约占全国能耗的  $1/5$ 。因此，火电机组节能具有重要意义。

火电机组节能和提高经济效益的主要途径是降低煤耗和提高机组可用率。前者，是提高机组的效率，节约一次能源；后者，是降低机组事故率，多生产二次能源（电）。

要大力发展国民经济，电力必须要先行，并且电力生产还要有一个超前系数（弹性系数），在我国1985年以前为0.5，现已上升，但仍不到1；在工业发达国家可达到1.4以上。因而，当前我国的电力生产供不应求。东北、华北、华东等大电网缺电严重。特别是水电比例大的电网，在枯水期经常拉闸限电。所以，充分发挥现有装机的作用，提高机组可用率，降低事故率，争取多发电，就显得十分迫切。

我国一度电的成本虽然只有3~4分，全国平均售价才7分，但是它的工业产值较高，重工业为2~3元，轻工业为5~7元。因此，由电力生产所造成的间接损失就会很大。例如，一套200MW火电机组停电一天，就是以最低产值2元/(kW·h)电计算，已达960万元。若停机一个月，则高达2.88亿元。相当于损失25台670t/h超高压再热锅炉机组，或约等于3个大型锅炉制造厂的投资。例如某电厂1号炉（1025t/h）发生的一次炉膛爆炸，本体损失不计，仅5个月的修复期折合停电损失就高达21.6亿元（以2元/(kW·h)电

计算)。而且,停电给国民经济和人民生活带来的损失,更是无法用数字计算的。

因此研究火电机组可用率低的原因,探讨提高可用率、降低事故率的措施,对提高电厂和整个国民经济的经济效益,有重大的现实意义。

## 二、多数火电机组可用率随参数容量的提高而不断降低

国内外实践经验证明,随着火电机组容量、参数的提高,多数的火电机组可用率在下降。

为了提高火电机组的经济性(提高循环热效率,减少基建投资),高参数、大容量机组在不断增加,而且还出现了尖峰负荷和中间负荷机组,以适应调峰、停机过夜及快速启停的需要。但是,又由于参数、容量的提高及启停的频繁而导致机组事故率上升,可用率下降。因此,不能单纯追求降低煤耗,还必须十分重视提高可用率,降低事故率。

美国爱迪生电气协会(E. E. I.)根据对各类电厂事故的多年调查及大量统计,得出一条明确的结论:大型火电机组的事故率,以较小容量的机组为高,而可用率正好相反。这点可见表 0-1 所示的该协会在1979年10月对美国运行中的1057台火电机组的调查统计。

应当指出,表 0-1 中的数据尚未考虑因事故降低出力而折算到全停机的时间。如要考虑,则事故率将提高 35~39%,可用率将降低 5~11%。折算事故率为 7.92~24.83%,折算可用率则为 82.50~64.40%。

E. E. I. 协会对在1964~1973年运行中的 925 台火电机组事故率和可用率的分析,如图 0-1 所示。

表0-1 美国火电机组的可用率与事故停机率

| 机 组 容 量<br>(MW) | 统 计 台 年<br>(台·年) | 实际可用率<br>(%) | 实际事故停机率<br>(%) |
|-----------------|------------------|--------------|----------------|
| 100~199         | 3621             | 86.0         | 4.8            |
| 200~299         | 1242             | 85.2         | 5.7            |
| 300~399         | 766              | 80.1         | 7.9            |
| 400~599         | 802              | 77.5         | 9.7            |
| 600~799         | 329              | 73.5         | 13.8           |
| 800及以上          | 155              | 72.5         | 16.2           |

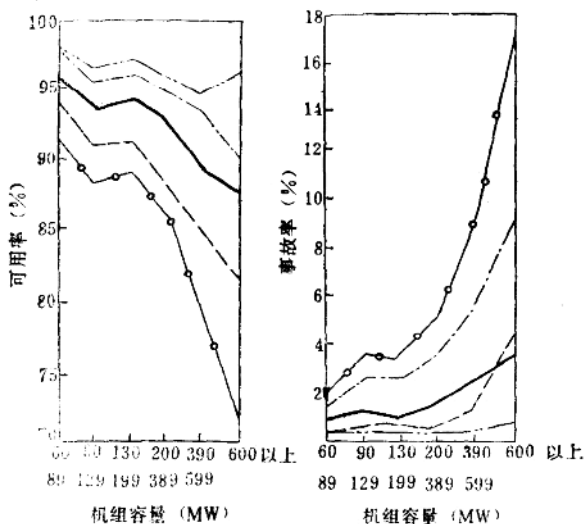


图0-1 美国火电机组可用率及事故率 (1964~1973年)

- - - 锅炉    ——— 汽轮机    - · - · - 冷凝器  
 · · · · 发电机    —○—○— 整套机组

1972年对英国10座2000MW以上大型火电站（单机370~500MW）的统计，年平均利用小时数仅为3154h，平均年利用率只有36%。

目前，世界上大型火电机组已跨入了单机1000MW级。例如，美国在1972年投运了1300MW火电单机机组，其锅炉为4222 t/h；日本在1974年投运了1000MW火电机组；苏联在1980年投运了1200MW火电机组。但是，由于这些机组的事故率高、安全性差，再加上这种特大型机组的燃煤、供水、除灰及环境污染等问题难于解决，因此基本上又退回到500MW级。美国从70年代以来，订购可用率高并能满足用户长期连续安全运行的大容量自然循环汽包炉的比例在不断上升。有的用户宁愿要两台500MW汽包炉来代替1000MW的超临界直流炉。当前，美、日、苏等国电网中正在运行的火电主力机组仍为可用率较高的、较成熟的500MW级机组。

在压力上，由于超临界机组压力较高（24.6~27.0MPa），使得本体以及阀门、水泵等辅机事故率随之也高，因而，基本上又退回到亚临界机组的压力（16.9~18.0MPa），参见表0-2中所示。

目前，只有日本和苏联仍坚持超临界、亚临界机组并用的方针。日本能源贫乏，火电机组的燃料主要靠进口燃油，因此需追求高效率；此外日本接受了美国的经验教训，对阀门、水泵等辅机的漏泄等问题已基本解决。故350MW以上的火电机组，仍采用超临界机组参数。

在温度上，则普遍从568/568℃退回到538/538℃。这主要是由于奥氏体钢焊接工艺性差、机组事故率高、不安全以及价格昂贵等原因，同样，出于安全、经济的理由，基本上放弃了系统复杂的二次再热。

表0-2 美国390MW以上的燃煤机组事故  
停机平均小时数 (h)

| 停运设备     | 参数            | 16.9MPa<br>(269台·年) | 24.6MPa<br>(411台·年) |
|----------|---------------|---------------------|---------------------|
|          | 停机平均小时<br>(h) |                     |                     |
| 水冷壁      |               | 141.1               | 178.3               |
| 过热器      |               | 57.3                | 54.1                |
| 再热器      |               | 43.2                | 59.1                |
| 蒸汽阀门、管道  |               | 4.1                 | 20.1                |
| 汽机、电机、振动 |               | 27.3                | 51.5                |
| 给水泵      |               | 12.1                | 16.5                |
| 冷凝水泵     |               | 8.8                 | 3.5                 |

由此可见，机组的可用率低限制了其向高参数、大容量发展。超临界机组虽然效率高、煤耗低，但由于不安全，而导致不经济，故达不到预期的节能效益。因此，绝大多数国家不得不退回到亚临界参数。当然，也不能由此而得出“机组容量越大、参数越高、可用率就越低，需要退回到小容量、低参数”的错误结论，因为超临界、大容量机组，也有一些可用率较高的。但是向高参数、大容量机组的方向发展，需认真解决可用率低的问题。

目前，已投运的国产火电机组中有1/3是中压机组，100、125、200以及300MW的超高压机组则约占27%；其余为100MW以下的高压机组。国产亚临界300MW机组已投运的有两种。一种配直流UP炉，可用率较低。另一种配自然循环汽包炉。邹县1号炉(DG1000/170-2)在1985年年底

满负荷、额定参数一次启运成功，1986、1987两年，年运行小时数均突破6000 h。

目前，我国的火电机组中，尚无超临界机组。尽管如此，我国大型火电机组的事故率仍很高，而可用率不高（对长期带基本负荷的机组而言）。例如：根据1977、1978、1979三年的统计，125MW的机组年利用小时数为6119 h，平均年利用率（我国火电机组备用系数 $\approx 1$ ，因而机组的可用率 $\approx$ 机组的利用率）为69.8%；200MW机组的平均年利用小时数为3919 h，平均年利用率为44.7%；300MW机组平均年利用小时数为5053 h，平均年利用率为57.8%。平均最长连续运行天数，则分别为79.4天、73.1天和85.1天，参见表 0-3 所示。

可用率低的另一方面，表现为事故率高。如根据1981年上半年统计，全国100MW以上的火电厂无事故运行平均天数

表0-3 国产125、200、300MW火电机组的年利用率

| 容量<br>(MW) | 电厂 | 机组号 | 年利用小时 (h) |      |      | 年利用率 (%) |      |      | 平均负荷 (MW) |       |       |
|------------|----|-----|-----------|------|------|----------|------|------|-----------|-------|-------|
|            |    |     | 1977      | 1978 | 1979 | 1977     | 1978 | 1979 | 1977      | 1978  | 1979  |
| 125        | A  | 5   | 6673      | 7809 | 7402 | 76       | 89   | 85   | 117.9     | 119.7 | 121   |
|            | B  | 1   | 3569      | 6432 | 6962 | 41       | 73   | 80   | 86.7      | 104.9 | 109   |
|            | B  | 2   | 5163      | 4815 | 4637 | 59       | 55   | 53   | 10.58     | 105.7 | 103.4 |
|            | B  | 3   | 5371      | 5832 | 6622 | 61       | 67   | 76   | 103.8     | 106.8 | 110.6 |
|            | C  | 15  | 6392      | 6718 | 7148 | 73       | 77   | 82   | 114       | 111   | 119   |
|            | C  | 16  | 5682      | 7582 | 7300 | 65       | 87   | 83   | 106       | 118   | 117   |
|            | E  | 3   | 4775      | 6322 | 6844 | 55       | 72   | 78   | 101       | 107   | 113   |
|            | E  | 4   | 4403      | 6233 | 5798 | 50       | 71   | 66   | 105       | 110.6 | 113.5 |
|            | F  | 1   | —         | 5708 | 6299 | —        | 65   | 72   | —         | 102   | 115   |

(续)

| 容 量<br>(MW) | 电 厂 | 机 组 号 | 年利用小时 (h) |      |      | 年利用率 (%) |      |      | 平均负荷 (MW) |      |      |
|-------------|-----|-------|-----------|------|------|----------|------|------|-----------|------|------|
|             |     |       | 1977      | 1978 | 1979 | 1977     | 1978 | 1979 | 1977      | 1978 | 1979 |
| 200         | G   | 1     | 3637      | 4716 | 3335 | 42       | 54   | 39   | 107       | 127  | 103  |
|             | G   | 2     | 3551      | 4178 | 4734 | 41       | 48   | 54   | 104       | 105  | 123  |
|             | H   | 1     | 5464      | 4689 | 5580 | 62       | 54   | 64   | 131       | 138  | 140  |
|             | J   | 3     | 1157      | 4051 | 4710 | 13       | 46   | 54   | 125       | 157  | 154  |
|             | J   | 4     | 2219      | 3549 | 3933 | 25       | 41   | 45   | 115       | 146  | 148  |
|             | K   | 11    | —         | —    | 5106 | —        | —    | 58   | —         | —    | 157  |
|             | L   | 5     | —         | —    | 1954 | —        | —    | 22   | —         | —    | 140  |
| 300         | M   | 12    | 3774      | 6449 | 6784 | 43       | 74   | 77   | 256       | 257  | 261  |
|             | M   | 13    | 4215      | 5173 | 6356 | 48       | 59   | 73   | 243       | 254  | 260  |
|             | N   | 1     | 3015      | 3901 | 5806 | 34       | 45   | 66   | 186       | 240  | 262  |

只有79.2天, 平均无事故率为43.7%。见表 0-4 所示。

表 0-4 中带※的数据67.7天、37.4%, 低于 $\geq 500$  MW机组的数据是由于其中有10个电厂的57机/58炉中, 主要机组为125 MW机组。若扣除这些125 MW机组, 则平均无事故运行天数为85.3天, 平均无事故运行率为47.1%。

由表 0-4 可见, 机组容量大的电厂, 平均无事故运行天数少, 平均无事故运行率亦偏低。

应当指出的是, 我国的火电机组基本上是一机一炉即机炉比 $\approx 1$  ( $659/665 = 0.991$ )。因此, 机组的可用率即是机、炉本身的可用率。目前, 各电厂计算的炉、机可用率都偏高, 有的高达93%。这是由于计算时只分别扣除机、炉本身事故小时数的结果, 即若是因汽轮机事故所致机组停运,

表0-4 国产火电机组的平均无事故运行率

(1981年上半年统计)

| 机组容量<br>(MW) | 统计电厂<br>(个) | 统计机炉<br>(台)(机/炉) | 平均无事故运行天数<br>(天) | 平均无事故运行率<br>(%) |
|--------------|-------------|------------------|------------------|-----------------|
| 100~245      | 54          | 283/290          | 93.1             | 51.4            |
| 250~473      | 32          | 190/197          | 67.7*            | 37.4*           |
| ≥500         | 11          | 135/127          | 73.4             | 40.6            |
| 燃油299以下      | 9           | 33/33            | 102.0            | 56.4            |
| 燃油300以上      | 5           | 18/18            | 84.1             | 46.5            |
| 总 计          | 111         | 659/665          | 79.2             | 43.8            |

则锅炉在计算可用率时，不扣除此停运时间，反之亦然。

### 三、火电机组可用率低的原因

火电机组可用率低的直接原因是由于事故率较高。汽轮机中常见的事故如：叶片振动、断裂，大轴弯曲、裂纹，隔板强度不够，汽缸温差大、裂纹，通流部分（轴封、汽封、隔板）磨损，推力瓦烧毁，差胀超极限，调节系统卡涩、失灵等等。锅炉中常见的事故如：炉膛爆炸，汽包裂纹（插入式大下降管、筒体、内部预焊件），屏式过热器、高温过热器超温爆管，省煤器磨损、漏泄，空气预热器堵灰、磨损、低温腐蚀等等。发电机中常见的事故如：振动（底座、轴、机壳），烧瓦，轴变形，线圈超温、烧毁，漏水，漏氢，调节性能差等等。辅机中常见的事故如：除氧器爆炸，高压加热器爆炸，漏泄，风机及风道振动、断叶片，磨煤机烧大瓦、磨损，凝汽器铜管断、裂，调节阀阀杆折断、漏流大（高达40%），执行机构不灵敏（打不开，关不严），安全阀定不住舵、弹簧性

能差，水位表玻璃破裂、看不清水位，止回钢球失灵等等。

新机组可用率低的原因，有半数是设计性能差、结构不合理；成熟机组可用率低的原因，则与制造安装质量差，运行管理水平低有关。此外，技术政策决策的片面性，管理体制不健全，也是重要的影响因素。具体分以下八点阐述。

### 1. 未经安装、调试和运行实践的考验就成批制造生产。

在英国10座2000MW大型火电站的一批500MW机组（锅炉为1520t/h），未经造样机就大量成批制造了，因而汽轮机、锅炉、发电机及辅机的设计、制造中的缺陷很多，运行中事故频繁，大多数机组长期达不到出力。虽经十年调试，机组年利用率也只有36%（14.0~59.4%），见表0-5所示。如考旦姆电厂1号、2号机组，由于锅炉炉管超温及

表0-5 英国10座2000MW火电站年利用率（1972年统计）

| 电 站 名 称 | 装机容量(MW) |          |          |          |          | 发 电 量<br>(10 <sup>8</sup> kW·h) | 年利用<br>小 时<br>(h) | 年利用率<br>(%) |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------------------|-------------------|-------------|
|         | 全厂       | 1号<br>机组 | 2号<br>机组 | 3号<br>机组 | 4号<br>机组 |                                 |                   |             |
| 弗雷桥“C”  | 2000     | 500      | 500      | 500      | 500      | 78.1                            | 3905              | 44.6        |
| 西勃顿     | 2000     | 500      | 500      | 500      | 500      | 67.2                            | 3860              | 44.1        |
| 爱格鲍罗    | 1920     | 480      | 480      | 480      | 480      | 80.8                            | 4040              | 46.1        |
| 福雷      | 2000     | 500      | 500      | 500      | 500      | 73.6                            | 3680              | 42.0        |
| 费德勒斯费雷  | 950      | 500      | 450      | —        | —        | 21.1                            | 2110              | 24.1        |
| 金斯诺斯    | 1268     | 474      | 474      | 320      | —        | 38.9                            | 2590              | 29.6        |
| 拉特克利夫   | 2000     | 500      | 500      | 500      | 500      | 104                             | 5200              | 59.4        |
| 潘勃罗克    | 1360     | 500      | 500      | 360      | —        | 18.4                            | 1230              | 14.0        |
| 考旦姆     | 1597     | 450      | 399      | 374      | 374      | 51.6                            | 2580              | 29.5        |
| 狄德考特    | 370      | —        | —        | —        | —        | —                               | —                 | —           |

汽轮机振动等原因，出力仅达到额定值的53%，最大出力仅为额定出力的66%。后来对制粉系统进行重新设计制造，更换了新的喷燃器及大量炉管，汽轮机也进行了许多调整、修改，投产6年后，才第一次达到额定出力。以后，3号、4号机组也做了同样的修改。再如爱格鲍罗电厂，仅1971~1972年1号炉改造，就拆除了过热器、水冷壁管15000m左右，返修焊口近3000个，历时3个月。而且，改造后出力仍未达到额定值。1970年投运的24套机组，全年经常有8套因事故停机，不能发电。英国中央发电局为这些500MW机组的改造所花的费用已达上亿英镑。

国产300、200、125MW也有类似的情况。如：1971年9月生产的一套300MW机组，1975年9月25日投入运行，从1977~1979年，三年的平均可用率只有48.3%。但是，在1973~1977年的五年间，却每年照样连续生产一套同型号的300MW机组。因为这些机组在设计、制造质量中存在的问题相同，所以事故同样频繁，可用率很低。同样原因，1970年以来相继制造的几十套200MW机组的可用率也不高。此外，1967~1978年间，成批生产了数十套125MW机组，几乎每套都有问题，而且问题不断重复出现。最近发现，125MW的汽轮机隔板强度不够，台台需返修，每台需耗资上百万元。只有1987年以后生产的8套配125MW机组的锅炉，由于吸取了前期产品的经验教训，改进了某些设计、工艺、检验，提高了可用率，基本上达到了水压、点火、并网三个程序一次成功。

## 2. 设备陈旧，工艺和检验方法落后

当前，我国各电力设备制造厂基本上仍沿用苏联50年代的陈旧设备和落后的工艺及检验方法。而美、日、苏等国

从1965年以来，则普遍更新了设备。例如，采用了弯、钻、铣数控机床及空间交叉自动线，以及全位置钨极和金属丝极惰性气体保护焊（TIG和MIG）等。原材料和产品的检验则采用电视显示和自动记录的100%无损探伤自动线等先进的制造工艺和检验方法。

因而，国产机组的产品质量与先进国家的相比，差距较大。用户称之为“半成品”。其中，锅炉产品更差一些。受热面焊口在安装中大量返修，蛇形管绝大多数需现场放样、校正，强制对口。如一台1000t/h的锅炉管焊口返修多达39368只，因吊耳及管接头焊缝裂纹等缺陷，集箱返修达198只。不少电厂220t/h、400t/h、670t/h等锅炉的汽包下降管接头（插入式）K型焊缝及母材普遍发生裂纹。另外，国产400t/h、670t/h炉的汽包内部顶焊件与BHW35内壁相焊的焊缝处普遍发生微裂纹（用奥氏体焊条冷焊）。某电厂<sub>1</sub>号炉汽包出厂时就带裂纹，只好长期监督运行，并降低负荷20%运行。现已更换汽包。

### 3. 安装质量差

由于制造质量差，制造组合率低，把本应在条件较好的制造厂完成的工作，转移到施工条件较差的安装现场，有些不得不进行高空作业。如：锅炉产品的校正、放样、通球、水压、光谱、焊口检验（5% X光）等等。造成了安装上的大量重复工作，而且由于安装质量差，进一步降低了可用率。

1981年4月11日某电厂2号炉（670t/h）转向室的3个灰斗，由于制造及安装上的原因，在运行中全部掉落，砸坏了运转层，修复用了60天，直接损失为50万元。再如，1979年5月24日某电厂2号炉（1000t/h）的两片后水冷壁，因折焰角（鼻子）处吊耳结构不良，安装、制造质量差，在起

吊安装中堕毁，使吊装工期推迟了3个月之久。

不少单位在安装中单纯追求工程进度，忽视工程质量。例如：不按图纸和技术文件施工，冲管不设靶板；通球、水压、酸洗等降低标准或干脆取消；钢102焊后不做热处理；阀门不解体检查；材料以劣代优等等。结果导致：炸掉混凝土基础，汽轮机混凝土底板裂纹；安装焊口漏泄；堵管引起超温、胀粗、爆管；炉墙漏烟、喷火；尾部受热面乱排、磨损等事故。不少机组，在72 h试运行时就达不到额定出力（当然也有设计、制造的原因），搞“象征性发电”，埋下了事故隐患。

#### 4. 忽视细微末节

有些大事故的起因，往往是些看起来是微不足道的小问题。例如：汽轮机叶片的转角未加工成圆角，因应力集中而疲劳断裂；集箱钻孔残留的圆形钻屑（即“眼镜片”或“草帽圈”）未清除，造成屏式过热器及高温过热器堵塞爆管；安全阀阀瓣的公差加二为正公差，造成起跳后不能回座；长80mm的一段管接头用错料（12Cr 1MoV合金钢误用20号碳钢），造成超温爆管；某电厂1号机，仅因“托销”一个零件材料用错（20CrMo误用为碳钢），造成运行中高压缸调节级导流环内两侧“耳销”脱落，致使调节级复环全部脱落，叶片严重磨损，造成事故停机。

在安装中忽视了尾部受热面与炉墙的间隙 $e$ 和节距 $s_1$ 、 $s_2$ ，故形成了局部烟气走廊，而导致尾部受热面磨损。未重视屏式过热器与水平烟道前下部的间隙，而造成屏式过热器在运行中因热膨胀使下部顶死、弯曲变形，导致爆管。

在冬季试运行时，脉冲安全阀压力表管未做保温或伴热，使管内汽、水冻结，造成安全阀误起座事故等。

#### 5. 误操作

1979~1980 两年，全国电业生产事故中，运行责任事故分别为 21.1% 和 26%，而其中误操作则分别占 14.6% 和 16.4%。

有些电厂因误操作，造成全厂停电，重要用户停电，甚至电网大面积停电事故。不少电厂因误操作发生锅炉炉膛爆炸，造成设备严重损坏，电厂停电。特别应当指出的是，不少电厂采用水利电力部严令禁止的“爆燃法”点火节油，近年来虽已发生 20 多起炉膛爆炸事故，但有的电厂仍视为“节油经验”，还在继续推广采用！

某电厂 1 号炉（300t/h）在煮炉时，因司水将手拨式水位计正水位误拨为负水位，造成满水。使得屏式过热器及高温过热器均被高浓度碱水灌满，严重堵管，导致大面积超温、胀粗，多处爆管，停运行达 3 个多月。

此外，由于误操作，造成汽轮机错投盘车，叶片断裂，大轴弯曲及烧毁电机、主变压器电缆等事故曾在某些电厂发生过多起。

## 6. 辅机、阀门事故率高

辅机、阀门事故对机组可用率的影响，决不亚于主机。美国在机组强迫停机的原因中，阀门及控制装置事故要占第三位（第一位为水冷壁，第二位是过热器）。日本机组可用率低的主要原因是水泵轴承超温、磨损、烧瓦和空气预热器振动（日本将空气预热器作为辅机）等。联邦德国在 1972 年以前投运的 11 台 300MW 褐煤机组中，除常见的汽轮机断叶片、电机振动等事故外，主要是辅机及阀门的问题。例如：曾多次发生高压调节阀阀杆断裂；凝汽器铜管振动、破裂；疏水阀堵塞造成中压缸进水；离心式扩容器振动等等。

国产机组中，辅机、阀门的事故率也很高。常见事故如