

工业锅炉检验与修理

(一)

(试用本)

国家劳动总局锅炉安全监察局

一九八〇年

前 言

锅炉安全监察工作在我国开展的历史比较短。前些年，这项工作受到严重的破坏，目前正在得到加强和发展，各地纷纷举办锅炉检验人员技术训练班，培养技术力量，积极开展工作。我国锅炉安全监察工作正在出现一个崭新的局面。

国家劳动总局委托辽宁省劳动局组织，并由鞍山市锅炉检验研究所主要负责，编印了这本《工业锅炉检验与修理》（试用本），以适应目前开展工作的需要。在编写本书时，试图在总结我国锅炉检验实践经验的基础上，对锅炉设计、制造、安装、运行、检修、改造、报废等全过程的审查和检验工作分别进行论述。由于目前国内工业锅炉中低压锅炉占绝大多数，安全状况较差，是监督检查的重点，因此用较多的篇幅论述了这类锅炉。

本书可以作为各级劳动部门锅炉安全监察人员和锅炉检验所专业检验人员的培训教材，也可作为各企事业单位及其主管部门锅炉管理专业人员参考资料。在实际工作中，对锅炉有关的技术标准、安全规定等要求，应以国家当时颁发的规定为准。

本书编写时，由于参考资料甚少，加之时间仓促，水平有限，因此不妥之处在所难免，恳求大家提出宝贵意见，以便进一步修订充实。

一九八〇年八月一日

注：因本书页数过多，故分订（二）两册装订。

工业锅炉检验与修理(一)

目 录

第一章 概论

第一节	锅炉设备的特点	1
第二节	锅炉检验的目的	4
第三节	锅炉检验的范围	6
第四节	国内外锅炉检验工作情况	10

第二章 锅炉设计审查

第一节	设计资料的审批	23
第二节	强度计算的审查	25
第三节	角焊结构的问题	28
第四节	对水循环的要求	41
第五节	检修门孔的布置	56
第六节	设计中常见的其他结构问题	58
第七节	锅炉设计的经济性和消烟除尘的要求	61
第八节	分析几台锅炉的设计	64
第九节	锅炉房的要求	71

第三章 锅炉制造质量的检验

第一节	锅炉制造厂应具备的条件	78
第二节	材料检查	80
第三节	受压元件几何尺寸检查	82
第四节	焊缝质量检查	94
第五节	制造工艺的监督检查	109
第六节	检查总的锅炉生产的质量情况	112

第七节	附件配套的检查	1 1 6
第八节	新产品鉴定	1 1 7
第四章	锅炉安装质量的监督和检验	
第一节	安装质量检验总的要求	1 1 9
第二节	安装工艺的监督检查	1 2 2
第三节	水管锅炉的胀接要求	1 3 6
第四节	检查安全附件的安装情况	1 4 2
第五节	烘炉煮炉和试汽	1 4 6
第五章	锅炉登记	
第一节	锅炉登记的目的和要求	1 5 4
第二节	锅炉登记必须具备的条件	1 5 5
第三节	登记中一些问题的处理方法	1 6 0
第四节	登记工作的日常管理	1 6 5
第六章	运行锅炉的检验	
第一节	检验的必要性和内容	1 6 7
第二节	内部检验程序	1 6 9
第三节	锅炉受压元件常见的缺陷和原因	1 8 0
第四节	锅炉安全附件常见的缺陷和原因	1 8 8
第五节	几种常见锅炉炉型损坏示意图举例	1 9 2
第六节	蒸气锅炉报废的原因	2 0 0
第七节	对运行人员技术水平的考核	2 0 2

第一章 概 论

第一节 锅炉设备的特点

锅炉是一种受热、承压的特种设备，广泛使用于各个部门。它的特点是：

一、锅炉受压元件容易损坏。

任何设备在使用后，都会逐渐损坏，锅炉设备要比其他机械设备更易损坏。特别是维护保养不当时，损坏就更快，这与锅炉的工作条件有直接关系。

锅炉受热面内外广泛接触烟火、灰、水、汽等物质，这些物质在一定条件下对锅炉起腐蚀作用，如锅炉内部水位线上下100毫米范围内的钢板腐蚀十分严重。不少立式锅炉的冲天管或火管，都在这个部位烂穿（图1-1）。因为此处由于水位波动，金属受交变温差作用，产生应力，加之水面附近盐度和碱度最高，电化学腐蚀严重，所以此处最容易损坏。还有由于接缝、孔盖处的渗漏或地基潮湿，致使锅筒或炉胆下部严重腐蚀。另外，锅炉各受压元

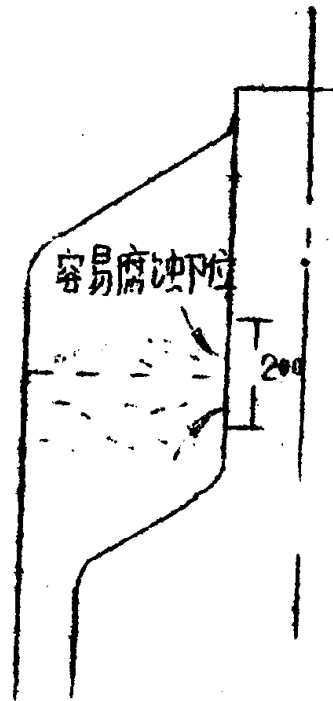


图 1-1

件上承受不同的内外压力而产生相应的应力，同时由于元件工作温度不同，热胀冷缩程度也不同而产生附加应力。随着负荷和燃烧的变化

这种应力也发生变化，这就容易使一部分承受集中应力的受压元件疲劳损坏。如卧式快装锅炉的火管伸胀变化，以及炉内压力的变动使封头的平板部分反复变形，角板拉撑承受交变应力，在应力集中的A点处很容易开裂（图1—2）。又如立式锅炉炉胆上下伸胀的变化和炉内压力的改变，使下脚圈部分产生交变应力，导致下脚扳边部分疲劳开裂（图1—3）。还有，由于水质管理不善或水循环不良，会使锅壳、炉胆、管子鼓包变形、腐蚀、开裂。如卧式快装锅炉锅筒下部容易堆积水垢，经常发生鼓包变形。立式多横火管（考克兰）锅炉后管板和烟喉管由于结垢而造成钢板过热、管端渗漏也是常见的。水管锅炉水冷壁管由于水垢的影响或水循环出现故障，时常造成管子损坏事故。此外飞灰对管壁和管端的磨损，铆接缝渗漏引起苛性脆化，金属本身的衰老等，也都是锅炉损坏之例。

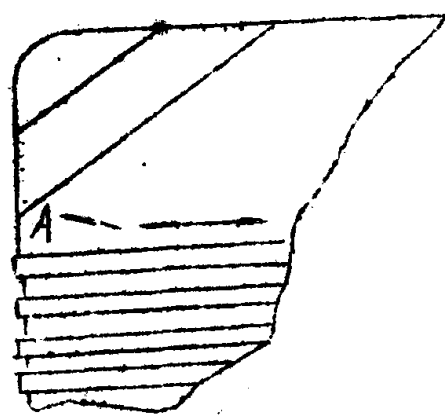


图1—2

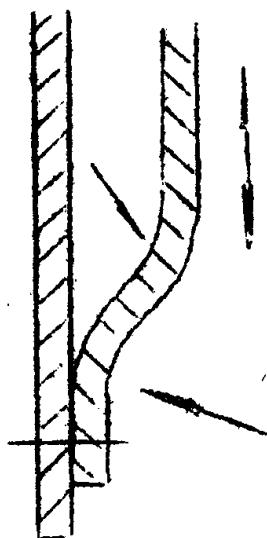


图1—3

以上的情况说明，锅炉设备由于工作条件恶劣，其损坏要比其它一般机械设备容易。如果保养不当，多则十几年，少则几年就损坏了。

二、有爆炸的危险性

锅炉是一种密闭的容器，处于受热和受压的条件下运行。它具有爆炸的危险性。锅炉为什么会爆炸呢？原因很多，归纳起来，有两种

情况：一种是安全附件失灵，炉内压力升高，超过某一受压元件材料的极限强度而发生爆炸，另一种是，在正常工作压力的情况下，由于受压元件结构本身有缺陷，或使用后造成损坏，或钢材衰老而不能承受原来允许的工作压力时，就可能突然破裂爆炸。锅炉爆炸时，炉内压力突然降至大气压，具有一定压力的高温饱和水，靠自身的汽化潜热产生大量蒸汽，体积膨胀千倍以上，形成冲击波，使锅炉本体及附件飞出伤人，而且巨大的汽浪，还能冲垮建筑物，造成严重的破坏。某市城建部门一台锅炉爆炸，冲击波把三十米范围内的门窗玻璃全部震碎，炉体腾空而起，在旁边站立的两个人同时被汽浪带到空中，随炉体飞越两栋楼房摔下死亡，可见锅炉爆炸时冲击波的力量之大。

三、要求运行的连续性

一般的机械设备，如运行中发生故障，可随时停车检修，影响较小。而锅炉的情况就不同了，无论是发电、生产，还是生活用炉，一般都要求连续工作，不能任意停炉，如发生事故影响就很大，轻则停一条线，重则全厂停产，甚至影响到一个地区。如某炼铁厂的一台作为鼓风动力用的锅炉有一次因漏水而影响正常运行仅五分钟，就少产生铁3000吨。某发电厂一台锅炉发生事故，使全地区停产，少发电148万度，损失140多万元。就是作为取暖用的生活锅炉，也不允许随意停用。某锅炉厂的一台10吨/时取暖锅炉，在严寒季节因缺水使水冷壁烧塌而停用，不仅整台锅炉损坏，冻裂损坏数百片暖气片，而且造成全厂停产一周，直接损失十余万元，间接损失数十万元。

四、使用的广泛性

锅炉产生的蒸汽，在火力发电厂，用来驱动汽轮发电机组发电，在化工、轻工纺织的工厂里，用于加热、干燥、蒸煮等工艺中，在交

通运输部门用于驱动车、船行进，在日常生活中用于食品加工、消毒、蒸饭、洗澡、取暖等等。使用极为广泛，与国民经济关系相当密切。现全国约有十八万多台锅炉，几乎遍布于城乡各地、各行各业。

基于锅炉设备的上述特点，保证锅炉设备安全运行是至关重要的，一旦发生事故，就会造成重大损失。因此，必须有专门机构，按照国家公布的各种法规，对锅炉设备进行监督检查和技术检验。

第二节 锅炉检验的目的

对锅炉进行技术检验，是为了达到以下目的：

一、及时发现并消除隐患，防患于未然。

不少事故隐患，来之于新造的锅炉。结构不合理，钢材选用不当，强度计算错误，制造质量低劣等等，这些都是将来在运行中酿成事故的重大隐患。如对新制造锅炉加强监督检查，就能把住关口，防止带有缺陷锅炉投入运行。另外，运行锅炉的缺陷，一般情况下，由产生到发展，直到发生爆炸，是要经历一段过程的。如受压元件板边处的起槽、开裂，拉撑的折断；铆缝的荷性脆化，各部分的腐蚀、变形等，都不是突然发生的。如果能够有计划地定期对锅炉进行内外部检验，就能及时发现缺陷，掌握它的发展趋势，采取相应的措施防止恶性事故的发生。如在一次检验中，发现某酒厂一台4吨/时快装锅炉连续生产几年没有停炉，即通知工厂停炉进行内外部检验，发现锅炉下部后封头由于没有拉撑，在与锅壳连接的板边圆弧处有三处长300多毫米，深5~6毫米的裂槽，已处于十分危险的状况。当即进行了修理，从而消除了事故的隐患。

二、弥补缺陷，延长锅炉使用寿命

对锅炉的轻微缺陷，如不及时修复，就会加快损坏速度，缩短使用寿命。不少锅炉，由于缺乏定期检验，有了缺陷不能很快发现，得不到及时修理，结果只用了十几年，有的甚至只用了三、四年就被迫报废。如有一台考克兰锅炉，起先只是后管板的胀管管端渗漏，用捻缝或封焊的办法很快可能修复，但是由于没有及时检验和采取补修措施，致使后管板严重腐蚀，管孔带开裂，损坏加剧，最后不得不更换全部管板和管子。

三、实现连续安全运转，保证生产的正常进行

按照锅炉运行的情况，实行有计划的检验，及时处理事故隐患，就不至于在不允许停炉的时候，发现缺陷或发生事故，造成被迫停炉的现象，这时正常生产和人民日常生活的需要，起到了保证作用。

四、堵塞漏洞、节约能源

锅炉耗用燃料所占的比重很大，全国每年锅炉所用燃料占产量的百分之四十。而许多锅炉由于漏汽、漏水、漏风、漏烟，或受热面堆积大量水垢，排污率控制不当等，浪费了不少燃料，而且使锅炉达不到额定出力。加强锅炉检验，就可以及时堵塞这些漏洞，减少损失，提高出力。全国十几万台锅炉，如果都做到了这一点，节省的燃料是很可观的。

此外，对锅炉进行检验能疏通进出口渠道，提高国家信誉，减少损失，也有很重要意义。国际上要求，锅炉进出口都要经双方国家有关部门进行检验签证。如出口锅炉保证质量就能提高产品信誉和竞争能力；对进口锅炉发现问题，可要求索赔。如某化肥厂进口两台

70吨/时锅炉，在使用中发现爆管，经检验和分析，管材材质与规定不符，向进口国厂商索赔了九万多元。

第三节 锅炉检验的范围

一、什么是锅炉检验

锅炉检验是按照国家颁布的有关法规对锅炉结构的合理性，制造和按装质量的优劣，内外部存在的缺陷以及安全附件的准确、可靠情况等进行检查，并进行强度校核以作出鉴定性的结论。

锅炉检验，一般指的是运行锅炉的定期、不定期的内外部检验。但如果只进行这样的检验，还是不够的，事故虽都发生在运行之中，而隐患却可能来之于设计、制造、安装等各个环节。结构不合理，制造质量低劣，安装上存在的问题都可能使锅炉在运行中发生事故。有的新锅炉使用还不到计划停炉检验日期，甚至刚投入运行就发生了爆炸。从锅炉事故统计数字分析也证实了这一点，例如我国某年发生的391起爆炸和重大事故，按照事故发生的原因进行分类，其比例如下：

设计问题	29起	占总数7.4%
制造问题	88起	占总数22.5%
安全装置失灵	19起	占总数4.9%
水质不良	65起	占总数16.6%
操作管理不善	179起	占总数45.8%
其他原因	8起	占总数2.8%

而爆炸事故中，由于设计错误，制造质量低劣原因造成的，占百

分之八十以上。

上述数字说明，造成事故的原因是复杂的，由于管理不善而发生的事故，只占总数的一半。为了防止事故的发生，必须抓住从设计审查到报废鉴定全过程的检验。

二 锅炉检验的范围

锅炉检验应包括下列范围：

1、锅炉设计的审查：这项工作由劳动部门和主管部门进行。主要审查锅炉结构的合理性。按照设计参数的要求，审查其强度是否足够，经济指标能否达到，制造工艺能否满足，运行操作中能否发生故障，检修是否方便等等。这种审查，有的是全国统一组织进行的，有的是当地单独进行的。

2、锅炉制造质量的检验，主要检查制造厂使用的材料是否符合要求，制造工艺是否合理，各项质量指标是否达到，各受压元件及元件之间的连接尺寸是否符合图纸要求。并审查有关技术资料和产品合格证是否齐全可靠。这种检验除了制造厂正常的自行检查外，劳动部门要组织定期检查，或委派锅炉检验所复检。主要是审查制造厂检验记录和技术文件，也可对锅炉逐台进行复检。如对无损探伤记录发生怀疑时，可进行重复探伤。如劳动部门未复检，可在使用单位对安装前的锅炉进行检验。

3、锅炉安装质量的检验。主要是检查新锅炉各部件的安装质量和锅炉改造后的安装质量是否符合规定，相互间的几何位置是否符合设计要求，锅筒内部装置及安全附件，是否安装齐全，炉墙砌筑是否合格等。这种检验主要由安装单位和使用单位共同检验和验收。在安装完毕投入运行前劳动部门也参加总体安装质量检查。

4、运行锅炉的检验：锅炉运行中或按计划停炉进行的内外部检验，分为定期、不定期检查两种。主要由使用单位自行检验，劳动部门进行监督检查。主要检查锅炉运行后本体内外部的各种缺陷和安全附件的可靠性。

5、锅炉修理质量的检验 对锅炉 作修补性的修理，劳动部门要审查修理方案的合理性，其中包括工艺、强度、使用材料、验收条件等，修后要检查其修理质量。

6、锅炉改造的审查：对更动受压元件或改变燃烧方式等锅炉改造，劳动部门要对其改造方案及改后能否保证安全运行，进行审查和检验。

7、锅炉报废鉴定：国家规定，要报废更新的锅炉，必须由当地劳动部门出示鉴定证明后方可更新。因此对要报废的锅炉从材质性能的改变到受压元件的损坏程度进行全面检验，确定其是否符合报废标准。

总之，凡是能影响锅炉安全运行的项目，都是检验的范围。

三、检验的人员

1、检验人员：锅炉检验应当由有专门技术的人员担任。主要为以下三种人员：

劳动部门锅炉安全监察机构的锅炉监察人员；

劳动部门所属的锅炉检验所的专业技术人员；

经过劳动部门核准的企业及企业主管部门专职或兼职的锅炉检验人员。

2、检验员的职责：

各种检验人员的职责是不同的。

劳动部门的锅炉监察员主要是组织贯彻国家有关的锅炉法令和规定，并对本地区企事业执行锅炉法规情况进行监督检查，有权对锅炉安全管理各环节直接进行检验或委托有关部门进行检验，以及对企业自检质量进行监督，组织培训检验人员和司炉人员；对不符合安全要求的锅炉提出不准出厂、不准安装、不准使用的意见，办理锅炉有关的审查、批准、备案、发证等手续。

锅炉检验所的检验人员，根据国家有关规定，接受劳动部门的委托，积极协助开展各项检验工作，提出技术检验报告，对不符合安全要求的锅炉，及时建议企业作出妥善的处理，并报告当地劳动部门。

企业及主管部门的检验人员，按照上级有关规定对本企业或本单位锅炉设备进行定期、不定期的检验，将检验结果填入登录簿（技术档案），发现问题后提出正确的处理意见，并及时向企业负责人和当地劳动部门报告。

3、检验员的条件

• 锅炉检验人员应当具备下列条件：

- (1) 能理解和掌握锅炉的有关法令、规定、规程、标准；
- (2) 由大中专学校锅炉专业毕业或具有相当高中以上文化程度，经过锅炉专业培训，熟练掌握锅炉检验技术；
- (3) 能独立进行锅炉设备各项检验，进行强度核算，并能根据检验发现的各种问题，提出正确的处理意见；
- (4) 劳动部门或检验所的专业检验人员，应经上一级劳动部门考核认可，并取得相应的证明，企业和主管部门的专、兼职检验人员，应经市、地劳动部门的考核认可，并取得相应的证明。

第四节 国内外锅炉检验工作情况

一、我国锅炉检验工作的历史

解放前，我国的工业落后，锅炉多集中在少数城市。当时，没有全国性的安全监察和检验机构，仅上海市有一个自由职业者办的锅炉检验师协会，检验师多是大学教授，兼任锅炉、压力容器定期检验工作，人数极少。也有的用户聘请检验师为技术顾问。另外，东北地区某些大城市、在日伪统治时期，警察署内也有人搞锅炉监察工作。

解放后，随着工业的发展，锅炉设备逐渐增多，分布也逐渐广泛。建国后国家把锅炉安全工作作为劳动保护工作的一项内容。一九五三年劳动部举办了第一期锅炉检验学习班仅几十名学员。当时由于缺乏经验，对锅炉安全监察工作的重要性认识不足，没有成立全国性的锅炉安全监察机构，各地的锅炉检验工作未能很好开展，各种事故不断发生。一九五五年天津国棉一厂自备发电用的一台水管锅炉爆炸，造成了重大人身伤亡和巨大的经济损失，引起了国家领导人对锅炉检验工作的重视。政务院在严肃处理事故，向全国发出通报的同时，开始加强锅炉安全监察工作。一九五六年在劳动部内设立了锅炉安全监察总局，聘请苏联锅炉监察局的专家为技术顾问，又先后办了两期锅炉检验训练班，培训了一批锅炉检验的骨干力量。随之各级劳动部门也逐渐建立起锅炉安全监察机构。锅炉检验工作逐渐开展，制订和公布了有关规程，标准。当时虽然机构刚刚成立，检验人员还不够，但由于加强了锅炉检验工作，事故有所下降。一九五九年九月劳动部在沈阳召开了第一次规模较大的全国性锅炉安全工作经验交流会议，会议提出了依靠企业、依靠群众开展锅炉安全工作的口号。但是，这次会

议把刚开展起来的正常的锅炉安全监察工作指责为走“专家路线”，是“单纯监督检查”，需要改变路线。使建立不久的监察机构被削弱，本来为数就不多的专业检验人员被精减，锅炉监察和专业检验工作受到很大影响，锅炉事故又开始增加。针对这种情况，国务院于一九六三年下达文件批评劳动部对锅炉监察工作抓到不好，并明确要求各地加强这方面工作，决定为全国各地劳动部门增编锅炉技术干部五百名，劳动部重新修订并公布了《锅炉安全监察规程》，在全国范围内逐步建立起自上而下的锅炉监察系统，当时劳动部门的专职监察已有五百多人。中央其他工业部门，也有负责这方面工作的专职或兼职人员。在专职锅炉检验人员的组织推动下，全国各地普遍开展了锅炉普查登记和技术检验工作。锅炉事故又逐渐下降。但是“文化大革命”的恶浪破坏了各项工作的正常秩序，十年浩劫，锅炉检验工作也遭到了严重破坏。整个锅炉监察系统被摧垮，锅炉检验专家被当成“反动技术权威”遭到批判，各项规章制度都被当作“管卡压”的框框而废除，绝大部分专业检验人员被下放，十年时间积累的技术资料毁于一旦。与此同时，大搞所谓的“锅炉革命”，锅炉滥改滥造的现象十分严重，很多单位边设计边制造，甚至没有图纸也造，新造或改后的锅炉，结构不合理，工艺质量低劣，致使锅炉恶性事故急剧增加。一九七六年，锅炉爆炸事故比“文化大革命”前的一九六五年猛增十倍，造成的经济损失相当惊人。我国锅炉台数与日本相近，一九七六年，锅炉爆炸事故比日本高出十三倍。仅一九七六年的全年事故，比日本一九六六年至一九七五年十年事故总数高二倍多。受压容器爆炸事故则更为严重。在管理上留下隐患，一九七九年全国三起举世罕见的恶性事故，正是这种恶果的反映。

粉碎“四人帮”以后，锅炉技术检验工作开始恢复和加强，劳动总局先后在宜昌、蚌埠、杭州召开了全国性的锅炉专业会议，国家锅炉安全监察局于一九七八年重新建立，一九七九年国务院作出为全国劳动部门增编锅炉监察人员八百名的决定。各地锅炉监察机构逐步健全，锅炉监察工作得到了加强。作为专业锅炉检验机构——锅炉检验所在各地相继成立，并开展了各项锅炉检验工作。一系列规程进行了修订和重新公布。全国锅炉、压力容器安全技术鉴定委员会又恢复工作。这些都是国家加强锅炉监察和检验工作的重要措施。为了更快的搞好锅炉检验工作，学习国外的先进技术，中国和罗马尼亚锅炉代表团互相访问，中罗两国签订了互相承认锅炉检验工作的协议。西德权威的锅炉检验机构TUV技术监督协会代表团来访，交流了两国锅炉检验工作经验。这些都为我国锅炉检验工作尽快赶上世界先进水平，创造了条件。

从我国锅炉安全监察工作发展的历史可以看到，只有加强锅炉检验工作，才能保证锅炉安全运行，减少事故发生。反之，减弱了锅炉检验工作，事故就必然上升。

二、我国的锅炉监察机构及其任务

国家劳动总局设立的锅炉安全监察局（对外称中华人民共和国锅炉安全监察局），是我国政府部门的一个综合性的监督检查机构，有一定的立法权。它对锅炉、受压容器这二种特种设备的安全问题，从设计、制造、安装、运行管理、维修改造、报废更新等七个环节实行综合管理和监督检查。它的具体任务是：拟订锅炉和受压容器的上述七个方面的安全法规和制度，审定有关专业标准，并实行监督检查，

研究解决重大的安全技术问题，提出有关的政策性建议；调查、研究事故，提出事故预防措施；组织培训专业检验人员和技术工人，参与国际上锅炉和压力容器的学术活动。

地方劳动部门的监督机构根据国家劳动总局颁布和确认的有关法规、制度、对本地区的锅炉，受压容器实行综合管理和监督检查，他们也可以根据本地区的实际情况，在不违背国家法令的前提下，制订一些补充规定和制度。中央其他产业系统，在制订有关这种设备的技术标准时，不能违背劳动部门规程的规定，有关专业技术标准，要经劳动部门会审同意。

各地劳动部门领导下的锅炉检验所，是协助劳动部门对锅炉，压力容器实行监督检查的机构。它根据劳动部门的委托按照国家有关锅炉和压力容器的法规，开展各种检验业务，如对锅炉制造厂产品出厂质量的复检，协助企业对运行锅炉的定期检验，新安装锅炉投入运行前的检验，修理、改造锅炉方案的确定和修理、改造后的质量检验，需要报废更新锅炉的鉴定等。检验所是近几年开始兴起的，它使锅炉监察部门扩大了检验队伍，增加了检验手段。凡是建立了检验所的地方，锅炉安全工作都得到了加强。

三、我国锅炉检验工作的方针和方法

我国采取了把企业和企业主管部门的安全技术管理工作同监察工作结合起来的办法，即：专业管理和群众管理相结合；监督检查和帮助解决问题相结合；严格管理和说服教育相结合。要求企业和企业主管部门，对锅炉必须做好安全技术管理工作，使锅炉从设计、制造、安装、运行、维修、改造等都合乎安全要求，并使日常管理不断完善，操作水平不断提高。监察部门一方面通过监督检查，进一步推