

电力管道检修技术

实用问答

邵彭年 郭延军 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电力管道检修技术 实用问答

邵彭年 郭延军 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书根据电力管道系统实际发生的事故和部件失效情况,以问答的形式叙述了相应的处理措施及相关检修技术。本书共有9部分内容,分别为管道系统和参数、管道材料基础知识、泄漏与预防、阀门、管道振动与控制、管道支吊架失效与预防、焊接质量控制、管道爆漏与预防、管道主干线安全检测。

本书可作为火力发电厂项目工程设计、施工、安装、调试、运行、检修专业技术人员和科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电力管道检修技术实用问答 / 邵彭年, 郭延军编. —北京: 中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-8805-2

I. 电… II. ①邵…②郭… III. 火电厂-管道-检修-问答 IV. TM621.7-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 068696 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年7月第一版 2009年7月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 6.75印张 156千字
印数0001—3000册 定价15.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

— 前 言 —

管道是火电厂工艺流程系统的纽带。电力管道系统一般由管子、管件、阀门、支吊架等组成，涉及材料、焊接、热处理等诸多领域。随着 600MW 和 1000MW 超（超）临界火电机组相继投产，火电机组向高参数、大容量方向又迈进了一大步，因而对电力管道提出了新的、更高的要求。

四大管道，即主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道、低温再热蒸汽管道和高压给水管道，是发电厂主厂房内核心管道。然而整个电厂工艺管道系统错综复杂，数量繁多，管道安装施工图达 126 个卷册之多。任何一个局部环节一旦发生故障，就会对整个管道系统产生影响，甚至造成停机和人身安全事故。因此，电力管道系统是否安全可靠是关系到整个电厂能否安全运行的重要因素。

本书根据数十年来电力管道系统发生的故障案例，提出预防与维修措施，为改善生产工作环境、提高安全运行可靠性、强化节能减排服务。本书是《电力管道实用问答》的姊妹篇。两者编写的出发点和侧重点不同，两者的内容具有较强的互补性。本书从电厂汽水管道系统常见故障与失效形式的角度出发，通过问答形式，在理论与实践两个方面提出了针对性的解决方案与措施，供电厂运行与维护、检修、安装、设计、制造和相关科研、技术人员查阅使用。由于本书通俗易懂，也可供初学管道技术人员参考。

本书内容涉及面广，因编者知识水平所限，书中难免存在不足与疏漏之处，诚望读者指正。

编 者

2009 年 1 月

— 目 录 —

前言

1 管道系统和参数

1.1	电力管道包括哪些？	1
1.2	发电工程初步设计阶段和施工图设计阶段的管道设计有何区别？	1
1.3	什么是管道设计压力？	2
1.4	什么是管道设计温度？	2
1.5	火力发电机组超临界和超超临界参数是多少？	2
1.6	火力发电机组亚临界蒸汽参数是多少？	3
1.7	目前我国正在发展中的火电超临界和超超临界机组的蒸汽参数是多少？	3
1.8	当前国际上超临界机组和超超临界机组发展情况如何？采用的蒸汽参数为多少？	3
1.9	如何确定主蒸汽管道的设计压力？	3
1.10	如何确定主蒸汽管道的设计温度？	4
1.11	如何确定再热蒸汽管道的设计压力？	4
1.12	如何确定再热蒸汽管道的设计温度？	4
1.13	如何确定高压给水管道的的设计压力？	5
1.14	如何确定高压给水管道的的设计温度？	5
1.15	如何确定给水再循环管道的设计压力？	5
1.16	如何确定给水再循环管道的设计温度？	6
1.17	列表比较火电站工程中 1000MW（超超临界）、900MW（超临界）、600MW（超临界）、600MW（亚临界）、300MW（亚临界）、200MW 及 135MW	

机组的四大管道设计压力和设计温度。	6
-------------------------	---

2 管道材料基础知识

2.1 沸腾钢与镇静钢各有何特点?	8
2.2 电厂常用耐热钢有哪几类? 有何用途?	9
2.3 常用锅炉管子用钢在制作汽水管道、受热面等部件的 适用条件是什么?	10
2.4 低碳与超低碳奥氏体不锈钢如何划分?	12
2.5 金属强化的含义是什么? 强化金属材料的方法主要有 哪些?	12
2.6 蠕变发生的“三要素”是什么? 蠕变的三个阶段如何 划分?	13
2.7 蠕变极限、持久强度极限、持久塑性分别是什么?	13
2.8 什么是钢的冷脆性? 影响冷脆性的因素有哪些? 对钢材的使用温度下限有何规定?	14
2.9 什么是钢的热脆性? 影响钢的热脆性的因素有哪些?	15
2.10 钢的普通热处理方法主要有哪几种? 固溶处理对 奥氏体不锈钢的性能有何影响?	16
2.11 什么是钢的回火脆性? 什么是钢的应变时效脆性? 什么是蠕变脆性?	18
2.12 常用锅炉管道材料一般在何种热处理状态下使用? 其金相显微组织如何?	18
2.13 什么是脱碳? 有何危害?	21
2.14 什么是过热和过烧? 钢的过热、过烧断口各有何 特征?	22
2.15 加工残余应力是如何产生的? 它对材料性能有何 影响?	23

2.16	什么是应力松弛？应力松弛对水冷壁管的弯曲变形有何影响？	23
2.17	锅炉管承受的“载荷”有哪几类？对锅炉钢管的性能有何特殊要求？	24
2.18	什么是失效？失效形式由哪几种类型？	26
2.19	金属部件失效的主要原因有哪些？	26
2.20	什么是金属的氧化？什么是高温氧化？什么是内氧化？什么是金属的抗氧化性？	28
2.21	新型耐热钢 T23、T92、HR3C 等钢材的抗氧化性和抗高温腐蚀性如何？	28
2.22	什么是应力腐蚀？什么是腐蚀疲劳？两者有何区别？	30
2.23	哪些介质可引起金属的应力腐蚀破裂？提高抗应力腐蚀能力的措施有哪些？提高腐蚀疲劳极限的措施有哪些？	30
2.24	什么是氢脆？什么是氢腐蚀？两者有何区别？	31
2.25	什么是苛性脆化？发生苛性脆化的条件是什么？受压元件哪些部位易发生苛性脆化？如何预防？	32
2.26	锅炉受热面主要有哪些腐蚀？如何预防？	33
2.27	火电厂中锅炉管的失效形式有哪些？	34

3 泄漏与预防

3.1	什么是管道系统泄漏？	35
3.2	发电厂管道系统泄漏的危害有哪些？	35
3.3	电站工程建设中有什么规范和措施保障管道系统的密封性？	36
3.4	国外包括技术发达国家对管道系统介质外泄有何规定？	36

3.5	具体列举外泄限定值。	37
3.6	如何提高电站阀门的严密性?	37
3.7	什么是管道的热态紧固? 操作时应注意什么?	38
3.8	设备接口法兰与管道连接法兰呈自由状态是什么 含义?	39
3.9	什么是管道应力计算?	39
3.10	管道法兰连接点承受的外力和弯矩能否通过管道 应力计算确定?	39

4 阀门

4.1	怎样查阅阀门代号(型号)?	41
4.2	电力管道系统采用的闸阀有哪些工况特点?	52
4.3	为什么电力管道的闸阀通常设置旁通小阀门?	53
4.4	在何种情况下, 阀门需要装设电动或气动驱动装置?	53
4.5	电力管道及机组设备进入大修检修周期, 对闸阀检查 维修应进行哪些项目?	53
4.6	闸阀解体应掌握哪些操作要点?	53
4.7	闸阀的闸板、阀座和阀体检修中应掌握哪些操作 要点?	54
4.8	检修阀杆应掌握哪些操作要点?	54
4.9	检修阀盖应掌握哪些操作要点?	54
4.10	闸阀支架检修应掌握哪些操作要点?	54
4.11	闸阀四合环(六合环)垫圈检修应掌握哪些操作 要点?	55
4.12	闸阀各部件清理检修后组装复原应掌握哪些操作 要点?	55
4.13	更换新闸阀需要注意哪些操作要点?	55

4.14	电力管道系统采用的截止阀有哪些工况特点？	56
4.15	截止阀检修应注意哪些要点？	56
4.16	电力管道系统的止回阀有哪些工况特点？	57
4.17	止回阀的检修应掌握哪些要点？	57
4.18	电力管道系统的调节阀有哪些工况特点？	58
4.19	调节阀选型应掌握哪些要素？	59
4.20	检修调节阀需要注意哪些环节？	64
4.21	检修安全阀需要注意哪些环节？	66

5 管道振动与控制

5.1	为何要对电厂管道振动进行控制？	68
5.2	什么是共振？如何避免发生共振？	69
5.3	影响管系固有频率的因素有哪些？工程上采用什么方法改变管系的固有频率？	69
5.4	影响管系刚度的因素有哪些？调整管系刚度时有什么行之有效的方法？	69
5.5	影响管系振动振幅的因素有哪些？	70
5.6	管道与刚性支架之间的非金属垫板有何作用？	71
5.7	试述两相流管道的振动起因。有何防振措施？	71
5.8	什么是水（汽）锤？水（汽）锤引起的管道振动有何特点？可采取哪些预防措施？	72
5.9	试述涡流流动管道的振动起因。这类振动有何特点？	73
5.10	对转动机械动不平衡引起的管道振动应如何处理？	73
5.11	风载荷引起的管道振动有何特点？地震载荷引起的管道振动有何特点？如何预防风载荷、地震载荷引起的管道振动破坏？	74
5.12	管道振动引起的疲劳破坏与管道低周疲劳破坏有何	

不同?	75
5.13 举例说明由固有频率过低产生的电厂汽水管道的振动问题及采取的消振措施。	75
5.14 举例说明电厂汽水管道存在的自激振动现象及采取的消振措施。	77
5.15 控制或消除电厂汽水管道振动的措施有哪些?	81
5.16 引起锅炉受热面及空气预热器发生振动的原因有哪些?	81
5.17 举例说明如何消除空气预热器及烟风道的振动。	83

6 管道支吊架失效与预防

6.1 管道支吊架系统的组成及各部分的定义是什么?	85
6.2 支吊架“失载”与“超载”的含义是什么?	86
6.3 什么是“冷态”? 什么是“热态”?	86
6.4 管道支吊架“管部”失效的形式有哪些? 举例说明。	86
6.5 管道支吊架“根部”失效形式有哪些? 举例说明。	89
6.6 管道支吊架连接件失效形式有哪些?	89
6.7 恒力弹簧支吊架状态异常的表现形式有哪些?	90
6.8 变力弹簧支吊架状态异常的表现形式有哪些?	91
6.9 刚性吊架状态异常的表现形式有哪些?	92
6.10 固定支架状态异常的表现形式有哪些?	92
6.11 导向支架状态异常的表现形式有哪些?	93
6.12 滑动支架状态异常的表现形式有哪些?	93
6.13 限位装置状态异常的表现形式有哪些?	93
6.14 弹簧减振器检查维护时应注意什么问题?	94
6.15 液压阻尼器有哪些失效形式? 检查维护液压阻尼器时应注意什么问题?	95

6.16	支吊架状态异常对管道安全运行有何影响?	96
6.17	引起管道支吊架工作状态发生异常的原因有哪些? ...	97
6.18	试述由设计计算引起的管道支吊架工作状态异常或失效现象, 并举例说明。	98
6.19	为什么说安装不当会引起管道支吊架工作状态异常或失效? 举例说明。	101
6.20	应从哪些环节着手来预防和控制支吊架工作状态异常现象的发生?	102
6.21	对工作状态出现异常的支吊架应如何处理?	103
6.22	弹性支吊架检查时应注意哪些问题?	104
6.23	保护性刚性吊架检查时应注意哪些问题?	104
6.24	管道支吊架安装后水压试验前的检查内容有哪些?	104
6.25	水压试验后升温前管道支吊架的检查内容有哪些?	105
6.26	汽水管道首次投运时支吊架应进行哪些检查?	105
6.27	电力行业标准与规范中对管道支吊架调整的时机如何规定?	106

7 焊接质量控制

7.1	钢中的含碳量对钢的焊接性能有何影响? 低合金钢中的一些合金元素对钢的焊接性能有何影响? 评价钢材焊接性的方法有哪些?	108
7.2	影响焊接接头组织和性能的因素有哪些?	109
7.3	焊接接头的缺陷有哪些? 接头内部、根部、表面一般易形成什么缺陷?	111
7.4	什么叫热裂纹? 热裂纹有何特点? 热裂纹产生的原因是什么?	112

7.5	影响热裂纹形成的因素有哪些？防止热裂纹的措施有哪些？	113
7.6	什么叫再热裂纹？再热裂纹有何特征？防止产生再热裂纹的措施有哪些？	115
7.7	什么叫冷裂纹？冷裂纹有何特征？	116
7.8	冷裂纹产生的原因是什么？防止产生冷裂纹的措施有哪些？	117
7.9	焊条（剂）的烘焙有何规定？焊接材料的保管领用应注意哪些问题？	119
7.10	同种钢材焊接、异种钢材焊接时的焊接材料选择原则是什么？	119
7.11	对不同强度级别的低碳钢、低合金高强钢之间的异种钢焊接，以及珠光体耐热钢与低碳钢、碳锰钢（如16Mn）之间的异种钢焊接，选择焊条的原则是什么？	120
7.12	奥氏体不锈钢之间的焊接材料选用有何要求？	120
7.13	T91/P91 与 T22/P22 等异种钢焊接时如何选择焊材？	120
7.14	焊接方法选用时应遵循哪些原则？电厂承压管道采用的焊接方法和工艺有何规定？	121
7.15	管道或受热面管子的焊口位置布置有何要求？	124
7.16	管道或受热面管子焊接前的组对对口有何要求？	125
7.17	不同钢材管子、管件的焊前预热温度有何要求？	126
7.18	管道焊接后热处理有何规定？常见耐热钢的焊后热处理温度和保温时间有何规定？	127
7.19	低合金高强钢的焊接应注意哪些问题？	129
7.20	珠光体耐热钢有何焊接特点？其焊接工艺控制要点是什么？	130

7.21	马氏体耐热钢有何焊接特点？其焊接工艺控制要点是什么？	131
7.22	铁素体不锈钢有何焊接特点？其焊接工艺控制要点是什么？	133
7.23	奥氏体耐热不锈钢有何焊接特点？其焊接工艺控制要点是什么？	135
7.24	T91/P91 钢有何特点？其焊接工艺控制要点是什么？	136
7.25	T92/P92 钢有何特点？其焊接工艺控制原则是什么？	140
7.26	T122/P122 (HCM12A) 钢有何特点？其焊接工艺控制原则是什么？	142
7.27	E911 钢有何特点？其焊接工艺控制原则是什么？	144
7.28	HCM2S (T23/P23) 钢有何特点？其焊接工艺控制原则是什么？	145
7.29	Super304H 钢有何特点？其焊接工艺控制原则是什么？	147
7.30	TP347HFG 钢有何特点？其焊接工艺控制原则是什么？	149
7.31	HR3C (25Cr20NiNbN) 钢有何特点？其焊接工艺控制原则是什么？	149
7.32	NF709 钢有何特点？其焊接工艺控制原则是什么？	150
7.33	P91、P92、P122 等强韧型铁素体耐热钢焊接时应注意哪些问题？	152
7.34	焊接接头有超标缺陷时如何处理？	153
7.35	火电厂管道焊接接头的无损检验有何要求？	153
7.36	电厂管道焊缝硬度有何规定？	156

7.37	电厂耐热钢部件焊缝金属光谱分析有何要求？	156
------	----------------------	-----

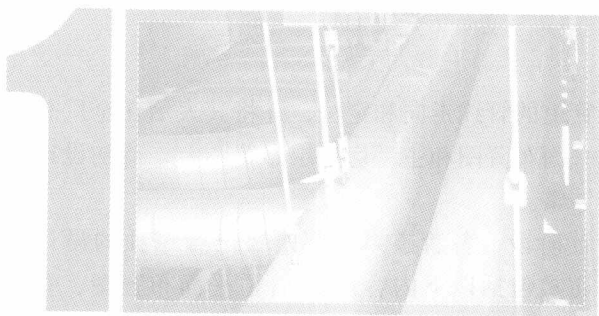
8 管道爆漏与预防

8.1	什么是锅炉“四管”爆漏？有何危害？	157
8.2	锅炉“四管”发生爆漏后有何征兆？	157
8.3	锅炉“四管”发生爆漏的原因有哪些？	158
8.4	为防止蒸汽管道、集箱爆漏，对其用钢的性能有何要求？	159
8.5	举例分析因材质不良或缺陷引起的主蒸汽管道爆裂现象。	160
8.6	为防止锅炉“四管”爆漏，对其用钢的性能有何要求？	163
8.7	防止过热器、再热器用 Cr-Ni 奥氏体钢管发生应力腐蚀的措施是什么？	164
8.8	举例说明过热器管长期过热爆管的特征及产生的原因。	164
8.9	举例说明再热器管长期过热引起的爆管现象。	166
8.10	举例说明水冷壁长时过热引起的爆管现象。	167
8.11	锅炉受热面短时过热爆管的原因有哪些？有何预防措施？	169
8.12	举例说明过热器管和再热器管短期超温爆管的特征及产生的原因。	169
8.13	锅炉受热面高温腐蚀的形成机理是什么？	172
8.14	过热器、再热器管发生高温腐蚀有何特征？产生的原因是什么？如何预防？	172
8.15	水冷壁管发生高温腐蚀有何特征？如何预防？	173
8.16	锅炉受热面低温腐蚀的形成机理是什么？	174
8.17	低温腐蚀一般发生在锅炉哪些部件上？举例说明	

省煤器发生低温腐蚀引起的爆管现象。·····	174
8.18 锅炉受热面垢下腐蚀的形成机理是什么?·····	175
8.19 垢下腐蚀一般发生在锅炉哪些部件上?举例分析 水冷壁管垢下腐蚀引起的爆管现象。·····	175
8.20 腐蚀疲劳破坏有何特征?举例分析水冷壁管发生 的腐蚀疲劳破坏现象。·····	176
8.21 锅炉受热面发生苛性腐蚀的机理是什么?举例水 冷壁管发生的苛性腐蚀现象。·····	179
8.22 过热器管与再热器管的磨损失效是如何产生的? 其影响因素有哪些?减小磨损的措施有哪些?·····	180
8.23 检修期间对管件的检查内容是什么?·····	181
8.24 检修期间对联箱的检查内容是什么?发现缺陷后 如何处理?·····	181
8.25 检修期间对锅炉受热面监督检查的主要内容是什 么?何种情况下应更换受热面管子?·····	182
8.26 检修期间过热器管检查的主要内容和质量要求是 什么?·····	183
8.27 检修期间对再热器管检查的主要内容和质量要求 是什么?·····	185
8.28 检修期间对水冷壁管检查的主要内容和质量要求 是什么?·····	186
8.29 检修期间对省煤器管检查的主要内容和质量要求 是什么?·····	188
8.30 为防止停炉后对汽水管道的腐蚀,锅炉停用后应 注意采取哪些保养措施?·····	188
8.31 锅炉爆管分析的一般程序是什么?锅炉管道失效 分析报告主要包括哪些内容?·····	189

9 管道主干线安全检测

9.1 什么是电站配管?	192
9.2 对火电站四大管道检测的要点是什么?	192
9.3 管道判废条件有哪些?	194
附表 A 焊接异种钢的焊条(焊丝)及焊后热处理温度 速查表	195
附表 B 推荐的常见耐热钢的焊后热处理的恒温温度及 恒温时间	196
参考文献	197



管道系统和参数

1.1 电力管道包括哪些？

答：电力管道包含以下范围：

(1) 火力发电机组的主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道、低温再热蒸汽管道和主给水管道。

(2) 火力发电厂范围内的一般性汽水管道、主厂房内中低压汽水管道，以及热力网管道、压缩空气管道和施工用临时管道。

(3) 汽轮机和发电机本体范围内的各类管道，包括发电机氢、油、水管道。

(4) 锅炉本体范围内的各类管道，包括燃油、燃气和除灰系统的管道。

(5) 热工仪表管道。

(6) 氧气及乙炔管道。

1.2 发电工程初步设计阶段和施工图设计阶段的管道设计有何区别？

答：发电工程初步设计阶段和施工图设计阶段的管道设计的区别是比较大的。

发电工程初步设计阶段基本上没有单独的管道设计图纸，此