



橡胶膜型 干式煤气柜

XIANGJIAO MOXING GANSHI MEIQIGUI

■ 谷中秀 著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

橡胶膜型干式煤气柜

谷中秀 著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2010

内 容 提 要

本书介绍了橡胶膜型煤气柜的构造和使用条件,通过设计示例分步介绍了橡胶膜型干式煤气柜的设计计算,详细介绍了橡胶膜型煤气柜的安装要领和试运转要领,最后分析了第二代橡胶膜型煤气柜的特征。

本书可供煤气柜领域从事设计、制造、施工、运行工作的工程技术人员阅读,也可作为高等院校能源专业的师生参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

橡胶膜型干式煤气柜/谷中秀著. —北京:冶金工业出版社, 2010. 7

ISBN 978-7-5024-5285-8

I. ①橡… II. ①谷… III. ①橡胶—干式—煤气储罐
IV. ①TQ547. 9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 127581 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 刘小峰 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5285-8

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2010 年 7 月第 1 版, 2010 年 7 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 6.875 印张; 204 千字; 207 页

35.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

橡胶膜型干式煤气柜是解决煤气产销间气量不平衡的一个重要转换设备。钢铁厂转炉炼钢过程不均匀间歇产生煤气，转炉煤气产气量波动大、温度高达 72°C 、含尘量达 $100\text{mg}/\text{m}^3$ (标态)，不适合于采用干油润滑的科隆型 (Klonne 型) 和稀油润滑的曼型 (M. A. N 型) 及 COS 型、POC 型、KMW 型煤气柜，要想将转炉煤气作为能源气体连续地供给下游用户，就必须建立橡胶膜型煤气柜。至于转炉煤气进一步的降温、降尘加工，在煤气柜之后解决，只有避开断续的大煤气流量，对降温、降尘装置来说才是经济的和安全的。

我国橡胶膜型干式煤气柜的开发始于 1985 年，在宝钢引进日本设备的基础上，在“摸着石头过河”的状态下，最早诞生的是 3万 m^3 的煤气柜。这是我国第一个独立自主设计的橡胶膜型煤气柜。随着它在昆钢和重钢的顺利投产，我们才有了底气。之后，于 1987 年我们又为宝钢一炼钢设计了 8万 m^3 的 2 号转炉煤气柜，并与日本设计的 1 号转炉煤气柜进行了两柜串联扩容设计，以应对转炉煤气产率超出原先设计值而出现的困境。其运行过程达到自动化程序运行，这在世界上都是独创性的。1995 年设计的 5万 m^3 煤气柜时我们已进步到可以多方案优选了。在此后闲暇时，作者对 15万 m^3 煤气柜进行了技术探索，虽说是纸上谈兵，但本书愿意把它奉献出来供同行参考，有待同行业者再进一步完善、改进它。以上的橡胶膜型煤气柜还基本上属于第一代型，即橡胶膜

型煤气柜的性能特征是“三无”型（即无动力消耗、无润滑油消耗、无人操作型）。2006年，作者有幸主持和参与中石油华东院吉林分院开展2万 m^3 及3万 m^3 橡胶膜型煤气柜设计，在设计过程中进行了大的“外科手术”，达到“六无”型（即无动力消耗、无油润滑、无人操作、无水消耗、柜顶无积雪障碍、柜体检修活塞下无中央支柱），形成了全新的一代（第二代）产品，比已往更加省能、省力、省维护，而且均已顺利投产。它的特征之一是柜本体屋顶是光滑的，无调平装置的钢绳、滑轮、支架等造成积雪的障碍物，这为它今后利用太阳能发电安设光伏板创造了条件。橡胶膜型煤气柜的屋顶表面积约为同容积的新型煤气柜的1.7倍，开发太阳能发电将会带来利好的前景。

本书对橡胶膜型干式煤气柜进行论述，它是属于无油润滑型，它的柜后剩余压力低、几乎无法向用户不经加压直供，它的调峰能耗大，使用寿命较新型煤气柜短，不适合用于民用领域。至于稀油润滑型的新型干式煤气柜，将在同时出版的《新型干式煤气柜》（冶金工业出版社）一书中专门论述。

本书为从事橡胶膜型干式煤气柜的设计、制造、施工、运行的工程技术人员提供参考，也对高校能源储存领域学科拓宽有所帮助，它将对煤气柜的技术进步注入活力因素。作为“抛砖”之作的目的，是希望同行者今后能不断地创新、完善。

本书如有不妥之处，诚恳地期待各位读者不吝赐教。

谷中秀

2010年3月

目 录

1 橡胶膜型干式煤气柜的简述	1
1.1 橡胶膜型煤气柜的发展	1
1.2 橡胶膜型煤气柜的特点	2
1.3 橡胶膜型煤气柜在钢铁工业中的应用	3
1.3.1 转炉煤气利用的经济效益与环保效益	3
1.3.2 转炉煤气利用的途径	3
1.3.3 转炉煤气柜的选型	4
2 橡胶膜型煤气柜主要构件简述	5
2.1 柜本体综述	5
2.2 底板	6
2.3 侧板	8
2.4 活塞板、活塞挡板与临时活塞支柱	8
2.5 T 挡板与 T 挡板支架	14
2.6 屋顶板、梁、屋顶设施	20
2.7 立柱	22
2.8 防风梁与回廊	22
2.9 活塞调平装置	23
2.10 煤气事故放散管	25
2.11 橡胶膜的密封装置	26
2.12 柜容量指示计	29
2.13 楼梯间	29
3 密封橡胶膜	31
3.1 技术条件	31
3.1.1 密封橡胶膜结构	31

3.1.2	密封橡胶膜技术条件	31
3.1.3	纯橡胶技术条件	32
3.1.4	骨架层材料技术条件	33
3.1.5	产品的公差要求	33
3.2	密封橡胶膜圆筒状外径的确定	33
3.3	密封橡胶膜圆筒状有效高度的确定	35
3.3.1	外密封橡胶膜有效高度	36
3.3.2	内密封橡胶膜有效高度	39
3.4	密封橡胶膜圆筒有效高度极限值的探讨	44
4	合成转炉煤气的制作与接入	46
4.1	合成转炉煤气的作用	46
4.2	合成转炉煤气的配制	46
4.3	合成转炉煤气混合站的能力	48
4.4	合成转炉煤气的气源保障措施	49
5	检测、控制与连锁、照明、防雷接地、防爆	50
5.1	检测	50
5.2	控制与连锁	51
5.3	照明	52
5.4	防雷接地	52
5.5	防爆	52
6	橡胶膜型煤气柜的设计	54
6.1	5万 m ³ 橡胶膜型煤气柜的设计	54
6.1.1	立柱根数	55
6.1.2	侧板内径	55
6.1.3	活塞行程	55
6.1.4	T 挡板支架高度	55
6.1.5	活塞挡板高度和外径、T 挡板外径和内径	58
6.1.6	橡胶膜筒外径	59

6.1.7	内橡胶膜筒有效高度	59
6.1.8	当 T 挡板升起时, 活塞挡板与 T 挡板的底部高差	60
6.1.9	活塞与 T 挡板 100% 升起时, T 挡板下表面距 底板的高度	61
6.1.10	T 挡板高度	62
6.1.11	侧板密封角钢距底板的高度	62
6.1.12	外橡胶膜筒有效高度	64
6.1.13	煤气柜侧板高度	64
6.1.14	煤气柜空间利用系数	65
6.1.15	煤气柜储存容积	65
6.1.16	适配转炉吨位	65
6.1.17	煤气事故放散管的直径和根数	66
6.1.18	T 挡板重量估算	67
6.1.19	不包括死、活配重时的活塞重量估算	69
6.1.20	T 挡板与活塞挡板升起时总的向上浮力	72
6.1.21	混凝土配重所需的总重量	72
6.1.22	活塞混凝土挡墙断面尺寸	73
6.1.23	煤气压力与煤气压力波动幅度	74
6.1.24	侧板的分段与厚度	75
6.1.25	柜本体参数	75
6.1.26	建柜地区的气象地质条件	76
6.1.27	5 万 m ³ 橡胶膜型煤气柜设计小结	76
6.2	两个橡胶膜型煤气柜的串联扩容设计	77
6.2.1	两柜进行串联扩容的由来	77
6.2.2	两柜联动的管网连接	78
6.2.3	DN3000 煤气柜入口蝶阀性能及其操作转换	79
6.2.4	两柜串联的前提——对 1 号柜的压力变动容积 进行界定	83
6.2.5	两柜串联运行时柜内压力制度的确定	85
6.2.6	两柜串联运行的控制程序	86
6.2.7	单柜运行的控制程序	89

6.2.8	2号转炉煤气柜的性能特征	90
6.3	15万 m ³ 橡胶膜型煤气柜的概略计算	91
6.3.1	侧板内径与立柱根数	91
6.3.2	活塞行程	92
6.3.3	活塞挡板的高度及内T挡板支架的高度	92
6.3.4	内橡胶膜的有效高度和活动体的升程	92
6.3.5	内T挡板高度及外T挡板支架高度	95
6.3.6	中橡胶膜的有效高度和活动体的升程	96
6.3.7	外T挡板高度	97
6.3.8	侧板密封角钢位置及外橡胶膜的有效高度	97
6.3.9	内、中、外橡胶膜筒有效高度的调整	100
6.3.10	侧板的分段、壁厚、总高度	101
6.3.11	壳体空间利用系数	102
6.3.12	煤气柜的有效储存容积	102
6.3.13	适配转炉吨位、事故煤气放散管的直径和根数	103
6.3.14	煤气冷凝水排水管的直径和根数	104
6.3.15	煤气进出口管道管径	104
6.3.16	外T挡板重量	105
6.3.17	外橡胶膜及50%密封部件重量	106
6.3.18	内T挡板重量	107
6.3.19	中橡胶膜及其密封部件重量	108
6.3.20	内橡胶膜及50%密封部件重量	108
6.3.21	煤气柜的压力波动幅度	109
6.3.22	活塞与活塞挡板的结构重量	109
6.3.23	活塞上混凝土配重量	111
6.3.24	活塞混凝土挡墙断面尺寸	112
6.3.25	柜本体非活动体结构重量	113
6.3.26	柜本体的工艺、设备重量	116
6.3.27	柜本体总重量统计	117
6.3.28	柜本体工艺、结构参数	119
6.3.29	柜本体技术、性能特点	120

6.3.30 作用在基础上的荷载	121
6.4 钢铁厂内转炉煤气柜容积的确定	126
6.4.1 对宝钢1号8万 m ³ 转炉煤气柜容积确定方法的 研讨	126
6.4.2 转炉煤气柜容积的确定	128
7 橡胶膜型煤气柜安装工程要领	130
7.1 总则	130
7.2 安装顺序与分段	130
7.3 安装工艺流程	131
7.4 基础的检查和验收	134
7.5 基础测量定心、安装用基准的取法	134
7.6 底板的敷设和焊接	136
7.6.1 定中心和做标记	136
7.6.2 底板的敷设	137
7.6.3 底板圆拱状板的焊接	138
7.6.4 底板环状板的焊接	139
7.6.5 底板的最后收口焊接和附件焊接	139
7.7 活塞板的敷设和焊接	140
7.7.1 定中心和做标记	140
7.7.2 活塞板的敷设	140
7.7.3 活塞板的焊接	141
7.7.4 活塞板上附件位置的定心及做标记	141
7.8 活塞混凝土挡墙的安装	141
7.8.1 挡墙本体的组装	141
7.8.2 素混凝土的浇注	143
7.9 活塞板上密封槽钢的组装	143
7.10 活塞环状板①-②的圆周接缝的焊接	144
7.11 屋顶组装	144
7.11.1 屋顶梁地上组装	144
7.11.2 外周环板的组装	145

7.11.3	配列基准的定中心	145
7.11.4	屋顶梁组装台架的设置	146
7.11.5	屋顶梁的组装	147
7.11.6	屋顶板的敷设	148
7.12	侧板和立柱的组装	149
7.12.1	侧板地上组装	149
7.12.2	第1节立柱的组装	149
7.12.3	第1组侧板的组装	151
7.12.4	第2节立柱以后的组装	151
7.12.5	第2组侧板以后的组装	152
7.13	屋顶的起吊	152
7.13.1	起吊准备	152
7.13.2	起吊与屋顶外周环板的固定	155
7.13.3	屋顶环状板的敷设	156
7.14	T挡板支架组装	156
7.14.1	内部作业的准备	156
7.14.2	支架安装位置定中心做标记	157
7.14.3	材料的搬入及配置	157
7.14.4	组装	157
7.14.5	支架基座的固定	158
7.15	活塞挡板组装	159
7.15.1	材料的搬入和配置	159
7.15.2	挡板支柱和梁的组装	159
7.15.3	加强环的组装	160
7.15.4	尺寸检查	160
7.15.5	辅助梁的组装	160
7.15.6	焊接	160
7.15.7	附件的安装	160
7.16	T挡板组装	160
7.16.1	T挡板地上组装	160
7.16.2	盖板(封板)的组装	161

7.16.3 下部 T 挡板的组装	162
7.16.4 上部 T 挡板的组装	163
7.17 波纹板组装	163
7.17.1 连接金属件的安装	164
7.17.2 波纹板的组装	164
7.17.3 调整及防移动金属件的安装	165
7.18 附件组装	165
7.18.1 侧板附件的安装	165
7.18.2 屋顶附件的组装	165
7.18.3 调平装置的安装	166
7.18.4 放散管的安装	166
7.19 密封膜的搬入	166
7.20 作业口的封闭	167
7.21 密封膜组装	167
7.21.1 开箱	167
7.21.2 起吊准备	168
7.21.3 起吊	168
7.21.4 组装	168
7.22 内部附件安装	169
7.23 配重块的配置	170
7.24 涂漆工程	170
7.25 试运转调整	170
7.25.1 试运转调整前的准备	170
7.25.2 试运转调整的项目	171
8 第二代橡胶膜型煤气柜特征	196
8.1 第二代橡胶膜型煤气柜特征简介	196
8.2 屋顶上面无调平钢绳及支架	196
8.3 活塞板无中央临时支柱	197
8.4 煤气放散管无切断水封	199
8.5 关于煤气柜的呼吸系统	200

8.6 两代橡胶膜型煤气柜的对比	201
附 录	206
附表 1 橡胶膜型 (Wiggins 型) 煤气柜与湿式螺旋型 煤气柜的综合比较	206
附表 2 第一代橡胶膜型 (Wiggins 型) 干式煤气柜已投产 系列各项性能	207

1 橡胶膜型干式煤气柜的简述

1.1 橡胶膜型煤气柜的发展

橡胶膜型煤气柜，过去也有称之为布帘式煤气柜。其早期代表柜型为威金斯（Wiggins）型，威金斯型煤气柜是1947年由美国人威金斯（Wiggins）发明，这种煤气柜在美国建造得比较多，该型煤气柜的最大容量发展到14万 m^3 。

1955年日本月岛机械株式会社对威金斯型煤气柜做了两点改造，即设置密封橡胶膜的防磨损装置和维持活塞防歪斜的装置，于是发展到月岛—威金斯型煤气柜。该种煤气柜是一种无油润滑、无动力消耗、无人看管的省能省力的干式煤气储存设备。

叫做布帘式煤气柜也很形象，如果一个筒形状的布帘的下端连接活塞的挡板，布帘的上端连接煤气柜的侧板，那么当煤气以有压状态充入时，活塞机构则上浮，而布帘也跟着受煤气压力而上卷，那么这就是一段式的煤气柜。严格地说叫布帘还不够确切，因为这个帘子不是布做的，而是具有内外两层不同性能的橡胶贴合而成的薄膜（内层要耐煤气耐油腐蚀，外层要耐空气老化）。

随着煤气储存容积的增加，而筒形状的布帘的高度又受到限制，那么只好在活塞与侧板之间串接一个套筒（Telescoping Fender，或叫T挡板），而套筒与侧板间用外橡胶膜筒来连接，套筒与活塞的挡板之间用内橡胶膜筒来连接，那么这就是两段式的煤气柜。

1985年后我国自主地开发过3万 m^3 、5万 m^3 、8万 m^3 这三型橡胶膜型煤气柜，又将宝钢的两个8万 m^3 橡胶膜型煤气柜给予串联扩容并实行自动程序联动。这个在国际上的禁区被我们突破了，从而我国在橡胶膜型煤气柜的技术水平上走进了世界的前列。

1.2 橡胶膜型煤气柜的特点

橡胶膜型煤气柜具有以下特点:

(1) 采用无油润滑。由于采用无油润滑的方式, 它适于储存煤气的温度高, 最高温度可达 $+70^{\circ}\text{C}$ 。另外, 它适用于储存煤气的含尘量高, 可允许进入其内的煤气含尘量高达 $100\text{mg}/\text{m}^3$ (标态), 即折合成标准状态下每 1m^3 煤气的含尘量可达 100mg 。

(2) 升速高。其允许的最大上升速度可达 $5\text{m}/\text{min}$, 这是其他形式的干式煤气柜无法与之相比的。

(3) 无动力消耗。由于该型煤气柜在运行过程中无需动力设备, 于是也无需设专人看管, 因此该型煤气柜是一种省能省力的煤气储藏设备。

(4) 储藏煤气压力较低。该型煤气柜的外形属矮胖型, 其高径比约为 0.75 左右, 不像瘦高型的新型煤气柜 (其高径比约为 1.6 左右)。这种柜型注定了它承受的煤气压力不能太高, 承受煤气压力高了反而会影响其经济性。其适用的储藏煤气压力约 3kPa (300mm 水柱), 从文献记载来看其最高储藏煤气压力在国外曾达到 6.5kPa (650mm 水柱)。另外, 橡胶薄膜的承压性能及密封机构的气密性也是限制储藏煤气压力升高的因素。

(5) 储藏过程中储气压力有一定波动。该型煤气柜储气压力的波动值在 $0.4 \sim 0.8\text{kPa}$ ($40 \sim 80\text{mm}$ 水柱) 之间, 气柜容量小波动值就较大, 气柜容量大波动值就较小。相对于新型煤气柜的储气压力波动值 (低于 $\pm 0.2\text{kPa}$) 来说, 该型煤气柜的储气压力波动值略高。

(6) 单位容积的耗钢量。以 8万 m^3 的橡胶膜型煤气柜为例, 其单位容积的耗钢量约为 $19.1\text{kg}/\text{m}^3$, 远大于新型煤气柜。就单纯以柜本体重量这个指标来衡量, 该型煤气柜的经济性并不占优, 对于 10万 m^3 的新型煤气柜、曼型煤气柜来说, 单位容积的耗钢量分别为 $16.2\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $16.9\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(7) 煤气柜的使用寿命。该型煤气柜的使用寿命取决于橡胶薄膜的耐折叠次数。对于设有 3 座转炉同时吹炼 2 座的炼钢厂, 与之适

配的橡胶薄膜型干式煤气柜，当橡胶薄膜的往返折叠次数累计能达至 72 万次时，该型煤气柜的使用寿命将达到 15 年。目前国内产品能满足这个要求。相对于新型煤气柜的使用寿命（大于 20 年）来说，该型煤气柜要短一些。

1.3 橡胶膜型煤气柜在钢铁工业中的应用

1.3.1 转炉煤气利用的经济效益与环保效益

转炉煤气的热量约占钢铁厂自产气体燃料总热量的 6%，折合每吨钢产生 21kg 标准煤的热量。以 100 万 t 规模的钢铁厂为例，靠回收转炉煤气每年折合成标准煤约为 21000t。若以回收的转炉煤气置换出焦炉煤气来发展民用煤气时，以 100 万 t 规模的钢铁厂为例，可使 34000 户的家庭烧上煤气。

若转炉煤气不利用直接排放到大气中时，其排放时的含尘量标准为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ （标态），而作为合格煤气利用时其含尘量标准为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ （标态），以 100 万 t 规模的钢铁厂为例，当回收利用转炉煤气时，每年可减少向大气中排放粉尘 5.8t，这就改善了环境空气的条件，同时改善了空气的清洁度。

因此，实行转炉煤气回收利用，在经济效益和环保效益上均能获得好的成果。

1.3.2 转炉煤气利用的途径

转炉炼钢的间歇生产与转炉煤气用户的连续使用，造成了转炉煤气生产和使用的矛盾。为了调合这一对矛盾，就必然要建立转炉煤气柜。

当转炉停止吹炼时，转炉煤气也就停止发生，为了使转炉煤气的用户不受连带的影响，就必须开通以高炉煤气和焦炉煤气合成转炉煤气的途径，以保证转炉煤气用户不受转炉停产的影响，而且热制度也几乎不受什么影响。

只有成功地解决了上述两点，转炉煤气的回收利用才能走上健康之路。

1.3.3 转炉煤气柜的选型

转炉煤气柜的选型显然应该适合于转炉煤气的特点。转炉煤气的特点现剖析如下：

(1) 间歇产气。转炉煤气是铁水吹氧过程中的产物，由于炼钢的吹炼过程是周期性的间歇操作，故转炉煤气的产气过程也是周期性的间歇产气。产气的波动也大，最大的转炉煤气瞬时发生量约为平均转炉煤气输出量的 3.6 倍。

(2) 入柜前煤气压力为 3.0kPa（约 300mm 水柱）左右。

(3) 入柜前煤气含尘量不大于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ （标态）。

(4) 入柜前煤气温度低于 70°C ，为饱和湿度。

从上述转炉煤气的特点来看，橡胶膜型干式煤气柜能与之配套。

日本的威金斯型煤气柜用在钢铁工业上起步于 1967 年，至今已成为用于回收转炉煤气的一种特定的柜型。在日本，用湿式煤气柜回收转炉煤气已是 1974 年以前的事了，1974 年以后已不再新建湿式煤气柜用于回收转炉煤气，已建的湿式煤气柜大部分已停用淘汰，在回收转炉煤气方面，橡胶膜型煤气柜已取代了湿式煤气柜。