

攀钢转炉氧枪软连接金属软管的应用

许立志 王涛 陈渝

(攀枝花钢铁研究院)

陈德生 肖笙 王增明

(攀钢提钒炼钢厂)

摘要 通过选取金属软管的结构、材质及相关参数,改善其使用条件,满足了攀钢转炉氧枪软连接的需要。

关键词 转炉 氧枪 金属软管

APPLICATION OF LANCE CONNECTING METAL HOSE IN PANGANG CONVERTER

Xu Lizhi Wang Tao Chen Yu

(Panzhuhua Iron & Steel Research Institute)

Chen Desheng Xiao Sheng Wang Zengming

(Panzhuhua V-extracting and Steelmaking Plant)

Abstract By choosing structure, material and parameter of metal hose, the performance of the metal hose was improved, it metted the requirement of connecting lance in Pangang converter.

Key Words converter, lance, metal hose

1 引言

橡胶软管是以往攀钢转炉氧枪软连接采用的唯一材料,其使用的胶管型号为Dg125,长度为14.35m(包括法兰盘)。在高温条件下橡胶软管易老化、耐压性差、疲劳寿命低。胶管的使用寿命一般4个月左右(约5000次/根),且每年有2次以上的爆炸事故,一旦更换氧枪需耗3~4h,影响转炉的作业率及炼钢生产。因此,采用性能更好的产品用于氧枪软连接是转炉炼钢亟待解决的一个问题。

金属软管是近几十年的新型工业产品,

具有柔性好、重量轻、承载能力高、不易老化和耐高温等优点。因此,该产品的出现为氧枪软连接材料的选择开辟了一条新的途径。目前,首钢、本钢、重钢、昆钢、包钢等厂家均先后使用了国产的金属软管。本钢120t转炉使用金属软管的寿命达12000次/根以上(历时4个多月)^[1]。

攀钢2", 3", 1"转炉氧枪输氧管分别于1993年5月、1994年3月、1994年10月使用了南京晨光机器厂生产的金属软管,经21个月的试验,2"炉软管的使用寿命达22800

多次(冶炼 11400 多炉钢)并仍可使用。用金属软管输氧,转炉冶炼操作正常,无任何不良影响,取得了较好的经济效益和社会效益。

2 金属软管结构、材质及选用的参数

2.1 金属软管的结构及材质

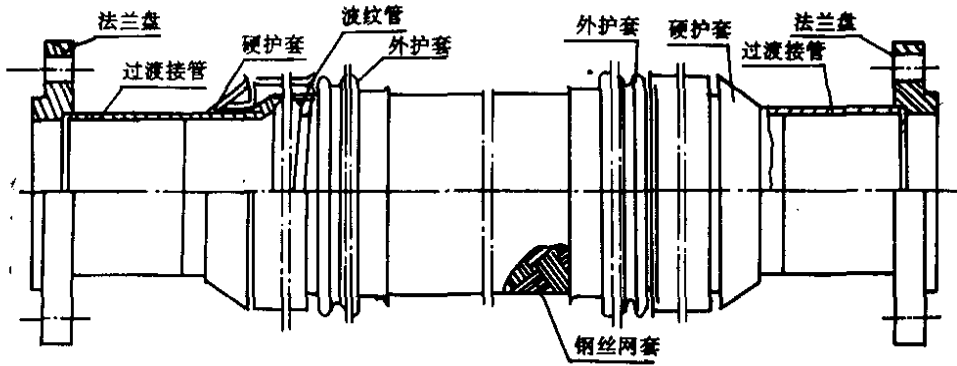


图 1 金属软管结构示意图

2.2 金属软管选用的结构参数

2.2.1 波纹管

因波纹管的结构特点决定了其特性,即在接近于线性和有效面积几乎不变的情况下,能进行位移补偿(具有较好的伸缩性和可弯性)。因此,它是氧枪软连接的理想部件。其结构形式见图 2。

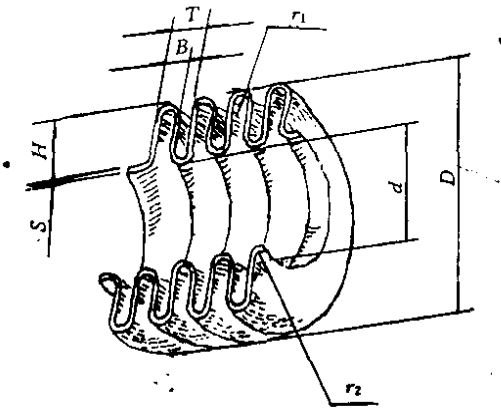


图 2 波纹管的结构示意图

(1) 波纹管波形的选定

波纹管波形有环形和螺旋形两种。

因螺旋形比圆环形压力损失小⁽¹⁾,且可用带材纵焊,使波纹管任意长,能满足转炉氧枪软连接输送介质阻力小、软管整体连接的

金属软管的结构由波纹管、钢丝网套、过渡接管、法兰盘(或快装接头)、硬护套、波纹管外护套组成。金属软管各部件材质均为奥氏体不锈钢(1Cr18Ni9Ti)。金属软管的结构见图 1。

要求,故攀钢使用的金属软管内波纹管选为螺旋形。

(2) 波纹管通径 D_N 的确定

波纹管的通径(指内径)是根据供氧压力、流量、输氧管氧气的流速(选定为 40m/s 左右)、管路压力损失及金属软管的使用特点来确定的。

氧枪内管直径的计算公式为⁽²⁾;

$$F_1 = (P_0 \times Q \times V_1) / (P_1 \times W_1) \quad (1)$$

$$d_1 = 1.128 \sqrt{F_1} \quad (2)$$

式中 F_1 —氧枪内管截面积, m^2 ;

P_0 —绝对标准大气压, MPa;

Q —出钢量, t;

V_1 —供氧强度, $Nm^3/t \cdot min$;

P_1 —供氧压力(绝对), MPa;

W_1 —氧气流速, m/s;

d_1 —氧枪内管直径, m。

结合攀钢实际情况,由公式(1),(2)计算得 $d_1 = 134mm$ 。

因金属软管的流阻系数大于同径橡胶软管,而管体的阻力损失与氧流的平均速度的平方成正比,与管的平均直径成反比。为减小阻力损失,选取金属软管通径时应比橡胶软

管直径大1~2个规格。故氧枪使用的金属软管通径最后确定为 $D_N=150\text{mm}$ 。

(3)其它结构参数的确定

波纹管的壁厚、波高、波宽等是根据供氧流阻系数、软管的柔性好坏及波纹管的轧模而确定的。攀钢选用的波纹管壁厚 $0.6 \pm 0.02\text{mm}$ ，波高 11mm ，波宽 5.65mm 。

2.2.2 钢丝网套

钢丝网套是金属软管的约束件，也是承载体。金属软管在内压的作用下产生的力由钢丝网套来承担，并可在脉动作用下安全可靠地工作。其参数的选择是根据设计压力、安全系数(爆破压力)确定的。当安全系数选定后，设计压力将直接决定钢丝的直径、钢丝编织的股数、每股钢丝的根数、编织的层数和编织角。攀钢使用的金属软管设计压力为 2.5MPa ，故钢丝网套的参数选为根数 \times 钢丝股数 \times 钢丝直径($94 \times 12 \times 0.5\text{mm}$)，2层，编织角取 54° 。

2.2.3 过渡接管与法兰盘

为使金属软管在氧枪输氧管道上顺利安装，金属软管两端设有法兰盘(或快装接头)。因金属软管的通径大于光滑管1~2个规格，故金属软管两端必然有一收缩(扩张)段，该段接管即过渡接管。法兰盘、过渡接管可根据实际情况确定。攀钢用金属软管的过渡接管由光滑管经机加工成内部锥台形，长度为 $82 \pm 5\text{mm}$ 。

2.2.4 硬护套

硬护套是为了提高过渡接管焊接处因受力过大而增设的一种重要部件，波纹管与过渡接管焊接处是整个软管最薄弱的环节。为减少该处焊缝受力，提高软管寿命，设置硬护套以保护焊缝是必要的。同时在硬护套与金属软管网体间，充满石棉布隔热、消噪，可增强金属软管的使用性。其结构形状及参数由生产厂家在产品的设计时确定。攀钢使用的金属软管硬护套长度为 0.25m 。

2.2.5 波纹管外护套

金属软管工作时的位置在靠氧枪侧约 700mm 处，正位于转炉氧枪氮封口上部。该处温度高，钢水、钢渣时有喷溅，易造成金属软管烧坏而局部漏氧，成为事故隐患。为防止该处高温损坏，在金属软管两端外层增加一段通径稍大的波纹管作为保护套，可有效提高金属软管的使用寿命。外护套在使用时与硬护套连接。攀钢用金属软管外护套为 $D_N=200\text{mm}$ ，长度为 $1.5 \sim 2.0\text{m}$ 的波纹管。

2.2.6 金属软管长度的确定

金属软管的长度由使用时的弯曲半径、软管不参加弯曲的直线过渡保护长度(规定为管通径的3倍以上)、氧枪行程及连接件长度确定，其计算公式为^①：

$$NL=4 \times R + s/2 + 2L \quad (3)$$

式中 NL —金属软管的长度， m ；

R —弯曲半径， m ；

s —氧枪的行程， m ；

L —硬护套长度， m 。

将现场实际及有关参数($R=2.45\text{m}$ ， $s=8\text{m}$ ， $L=0.25\text{m}$)代入式(3)，得 $NL=14.3\text{m}$ 。

攀钢 $2^\#$ 转炉金属软管 NL 取 15m ， $3^\#$ ， $1^\#$ 转炉 NL 取 15.5m ，攀钢最后选定的金属软管型号为SY25JRL150B-15000(或15500)。

型号中符号的意义：SY为软管的工作性质(输氧)；25为软管设计压力 MPa ；L为波纹管结构(螺旋型)；150为波纹管通径(即内径) mm ；B为软管材质(不锈钢)；15000(或15500)为软管长度 mm 。

3 金属软管的安装及使用

南京晨光机器厂按上述结构参数生产的金属软管，在使用前需再进行去油、外裹石棉布(防止细颗粒落入钢丝网套内，损害网套)、试水压等处理，并在安装、使用过程中注意相关事项。

另外，值得提出的是：①金属软管与氧枪之间采用了快装接头；②连接法兰处用不锈

钢石墨缠绕垫片密封;③通过 2[#]转炉的使用,3[#]转炉在安装时采用了活动法兰置于金属软管一端,这样有利于现场安装;④原胶管的弯曲半径为 2.45m。根据金属软管的使用要求(即金属软管的弯曲半径为软管通径的 14~20 倍)来检验其是否符合使用要求。 $R/D_N=2450\text{mm}/150\text{mm}\approx 16.3$,接近要求的中限,能够满足使用要求。故攀钢使用金属软管的弯曲半径仍采用 2.45m。

4 试验结果

截止 1995 年 2 月 23 日,2[#]转炉使用金属软管,已炼钢 11 个炉役,共炼钢 11400 多炉。由冶炼数据统计知,每炉氧枪平均升降 2.0 次,故金属软管使用寿命累计达 22800 多次,达到了 12000 次的预期目标。

金属软管与胶管的供氧量可由氧气流量表测定,在氧气工作压力为 0.75~0.9MPa 时,流量均为 16500~21000m³/h。说明采用金属软管后,不会影响其供氧量。

金属软管使用 21 个月,未发生任何如爆炸等异常情况。宏观检查结果表明,金属软管本体及连接处均完好无损。

5 分析与讨论

5.1 影响金属软管使用寿命的因素

5.1.1 金属软管结构

金属软管结构是使用寿命的决定因素。

由图 1 可知,金属软管的内表面为波纹管,它是一种具有横向波纹的、圆柱形的薄壁金属壳体。外表面为嵌装金属丝或金属带编织的网套。这种结构的参数均为考虑了其工作状态下波纹管承受纵向载荷,钢丝网套承受径向受力而设计的;其余部件是为了改善波纹管及钢丝网套的工作状态而增补的;故金属软管的结构性能类似于一根钢管,且金属软管的材质均选用不锈钢材料。因此说金属软管结构本身便保证了其具有较高的寿命。由理论分析知,金属软管在不弯曲的情况下,理论寿命为无限大。

5.1.2 安装使用条件

金属软管使用寿命的影响因素较多。如安装条件(弯曲半径及有无扭曲)、使用条件(介质性质、允许压力)、静态位移(每动一次为一个位移)、动态振动(流动产生的自激振动)及环境(温度、对金属有侵蚀的气、液体)等都将影响金属软管的使用寿命。实践证明,工作状态下金属软管的使用寿命主要决定于材料的弯曲疲劳寿命。文献[3]表明,金属软管弯曲半径越大,氧枪行程小,疲劳许用循环次数越高,即金属软管的使用寿命越高。在弯曲半径适当的条件下,使用寿命可达 3×10^4 次左右。其次是金属软管在安装时的扭曲。首钢在氧枪上使用金属软管时,因安装时存在扭曲,仅冶炼 3 炉钢,钢丝网套便折断而被迫报废。因此,使用条件的好坏,是金属软管使用寿命高低的关键所在。

攀钢在使用金属软管时,较好地解决了上述问题,达到了国内大型转炉厂家使用金属软管的先进水平(22800 多次)。

5.2 金属软管使用的安全性

由金属软管的结构知,金属软管的本体主要用薄壁不锈钢材料制成,无法承受较大的载荷,而钢丝网套才是提高金属软管承载能力的主要因素。

金属软管爆破压力值可按下式计算:

$$p_b = 2f \times m \times n \times \delta_b \times \cos\alpha \frac{d_c^2}{D^2} \quad (4)$$

式中 p_b —爆破强度,MPa;

f —网套钢丝(钢带)受力不均匀系数;

m —每股钢丝根数;

n —钢丝股数或钢带锭数;

δ_b —钢材破坏强度,MPa;

α —网套的编织角;

d_c —钢丝直径,mm;

D —波纹管最大直径,mm。

攀钢金属软管相关参数取值为 $f=0.6$;
 $\delta_b=850\text{MPa}$; $D=175.8\text{mm}$ 。

将相关参数代入公式(4)计算得:

$p_h = 5.47 \text{ MPa}$ 。

攀钢最高氧气工作压力为 0.95 MPa ，则理论安全系数为 5.75 倍。即使网套的钢丝断裂，降低了耐压强度，但由于波纹管的受力仍远远低于材料的许用强度，也不会造成事故。

另外，因金属软管均由奥氏体不锈钢材料制成，其在 400°C 以下的物理和机械性能稳定，不会受氧枪氮封口周围时常出现的 350°C 左右的高温 and 火星影响。且对转炉内生成的硫化物等有抗腐蚀作用，有利于使用寿

命的提高。因此，转炉氧枪采用金属软管，可保证使用时的安全。

6 结论

(1) 攀钢转炉氧枪软连接采用金属软管是可行的，完全可代替高压橡胶软管。

(2) 金属软管的参数选择合理，使用安全可靠。

(3) 金属软管使用寿命达 22800 多次（炼钢 11400 多炉，历时 21 个月）。具有较好的经济效益和社会效益。

参 考 文 献

- 1 本溪钢铁公司. 金属软管在氧枪与输氧管道软连接上的应用. 1990
- 2 谭牧田. 氧气转炉炼钢设备. 北京: 机械工业出版社, 1983. 435
- 3 航空航天部南京晨光机器厂. $120t$ 转炉炼钢顶吹氧用金属软管设计说明及研制总结. 1990

(上接第 5 页)

d), 随攀钢高炉渣铁氧分压的增高, 渣铁中 Ti(C, N) 含量、铁中 [Ti], [Si] 含量及硫分配系数 (%S)/[C(%S)] 均呈下降趋势。这说明攀钢高炉渣铁氧位的提高, 可以抑制 Ti(C, N) 的生成, 控制铁中 [Ti], [Si] 的还原, 并降低硫的分配系数。

5 结论

(1) 实验室测量工作稳定可靠, 组装的定氧探头能用于 1500°C 攀钢高炉渣铁氧分压的测定工作, 可长时间地取得稳定的测量电势值。

(2) 测定结果表明, 攀钢高炉渣铁氧势约

为 $1.01325 \times 10^{-9} \text{ Pa}$, 而鞍钢普通高炉渣铁氧分压为 $1.01325 \times 10^{-11} \text{ Pa}$ 。

(3) 攀钢高炉渣随氧分压的增高, 渣、铁中 Ti(C, N), 铁中 [%Si], [%Ti] 及硫分配系数均呈下降趋势, 即适当增高高炉氧势, 可降低渣铁中 Ti(C, N) 及铁中 [Si], [Ti] 含量, 但对降低生铁含硫不利。

致谢

本课题实验所用的探头和材料由北京钢铁研究总院杜挺教授帮助提供; 攀枝花钢铁研究院刁日升同志为试验提供了渣铁试样, 在此一并表示谢意。

参 考 文 献

- 1 Minoru Sasabe. Determination of Oxygen Potential in Blast Furnace by Means of Oxygen Probe Using solid Electrolyte. The Third China-Japan Symposium on Science and Technology of Iron and Steel, 中国洛阳, 1985. 16~30
- 2 王常珍. 冶金物化研究方法. 北京: 冶金工业出版社, 1982