

钎 钢

冶金工业出版社

钎 钢

《钎钢》编写组 编

冶金工业出版社

内 容 提 要

《钎钢》是一本介绍以中空钢为原材料生产成品钎杆（采掘工业中凿岩使用的主要工具）的综合技术书籍。内容包括钎杆用的中空钢的性能、各种生产方法、冶炼、轧制以及钎杆的锻造、加工成型、热处理、表面强化和防腐处理。书中对钎杆服役时的受力条件、破断类型和提高钎杆疲劳强度的机理也做了分析。全书取材立足于国内生产中空钢及制造和使用钎杆的基本经验，也介绍了国外资料，可供中空钢生产者、钎杆制造者、采矿工作者及有关科研、教学单位参考。

本书编写组成员包括新抚钢厂、贵阳钢铁厂、北京钢铁研究总院、华南工学院等单位的有关同志。

钎 钢

《钎钢》编写组 编

*

冶金工业出版社出版

（北京灯市口74号）

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/32 印张 8 5/8 字数 189 千字

1980年4月第一版 1980年4月第一次印刷

印数 00,001~2,500 册

统一书号：15062·3504 定价0.80元

前 言

采掘工业是发展冶金工业的基础，而且煤炭、水利、交通、国防、建筑等部门，都有大量的采掘作业。

凿岩爆破是采掘工程中最基本的作业之一。凿岩工具的好坏直接影响凿岩速度，钎杆是凿岩作业中的必需工具消耗品，而中空钢是制作冲击式或冲击回转式凿岩工具——钎杆的素材。

随着社会主义建设的发展，特别是采矿工业的迅速发展，不仅在数量上，而且在质量上，对钎钢都日益提出了更高的要求。

钎钢是中空钎钢、成品钎杆的统称，而我国生产中空钢已有近三十年的历史，无论在钢种，还是在冶轧、制钎工艺等各方面，都积累了丰富的实践经验，在赶超世界钻具的先进水平方面，不仅创制出了适合我国资源情况的高强度合金钎钢钢种，如40MnMoV（作连接钎杆）、35SiMnMoV（作连接钎杆或小钎杆）、55SiMnMo（作小钎杆）等，而且还创出了生产中空钢的多种冶轧新工艺及加工钎杆的新工艺与新设备，使试验钎杆使用寿命赶上了国际先进水平，为提高我国钎钢质量，为大打矿山之仗和满足其他各方面的需要，创造了条件。

过去，我国对钎钢及其制品的系统研究做得不够，到目前为止，关于钎钢的生产与使用，只有一些零星资料。为了总结交流数年来我国在钎钢生产和使用方面的实践经验，推广使用我国的新型合金钎钢，根据各方面的要求，编写了本

书，把有关中空钢及钎杆的生产与正确使用的基本知识和国内外的一些经验，介绍给我国中空钢生产者、钎杆制作者、采矿工作者及其他使用者。

本书是由新抚钢厂、贵阳钢铁厂、北京钢铁研究院、华南工学院等单位的有关同志，集体讨论，分工编写的。编写中得到了北京矿冶研究院、北京钢铁学院等兄弟单位的热情帮助与大力支持，并提供了宝贵的修改和补充意见，在此一并致谢！

由于编者专业知识和实践经验不足，书中错误和缺点在所难免，恳请读者提出批评指正，以便改进和提高。

《钎钢》编写组

1979年4月

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 中空钢的定义.....	1
第二节 中空钢的生产概况.....	1
第三节 中空钢的用途.....	3
第四节 中空钢的种类.....	4
第五节 常用中空钢的形状尺寸.....	5
第六节 中空钢的现状与发展趋势.....	8
第二章 钎杆的破断	12
第一节 钎杆的服役条件.....	12
第二节 钎杆的破断类型.....	20
第三节 提高钎杆疲劳强度的途径.....	24
第三章 钎杆用钢——中空钢	32
第一节 中空钢的性能要求.....	32
第二节 国外常用的中空钢钢种.....	32
第三节 我国常用的中空钢.....	37
第四章 中空钢的冶轧方法	48
第一节 铸管法.....	48
第二节 钻孔法.....	50
第三节 涂料法.....	52
第四节 穿孔—拔制法.....	54
第五节 穿孔—热轧法.....	55
第六节 热挤压法.....	56

第五章 中空钢的冶炼	58
第一节 中空钢的冶炼特点.....	58
第二节 铸管法生产中空钢的浇注设备及耐火材料.....	61
第三节 中空钢的浇注工艺特点.....	64
第四节 钢锭的特有缺陷及防止方法.....	67
第六章 高锰芯材钢的生产	69
第一节 高锰芯材钢的技术要求.....	69
第二节 高锰芯材钢的性能及特点.....	71
第三节 高锰芯材钢的冶炼.....	77
第四节 高锰芯材钢的轧制.....	81
第五节 高锰芯材钢的检验.....	86
第七章 中空钢的轧制工艺和质量检查	88
第一节 中空钢的轧制特点.....	88
第二节 轧钢机和抽芯机.....	89
第三节 中空钢的加热.....	95
第四节 中空钢的轧制和孔型系统.....	96
第五节 加热与轧制产生的缺陷及防止方法.....	103
第六节 抽芯.....	105
第七节 精整和矫直.....	106
第八节 中空钢的质量检查.....	106
第八章 六角小钎杆的锻造	110
第一节 锻造工艺流程.....	110
第二节 锻钎设备.....	112
第三节 常用钎钢的锻造温度规范.....	126
第四节 小钎杆锻造的实际操作.....	128
第五节 锻钎缺陷及其防止方法.....	133
第九章 连接钎杆的加工成型	141

第一节	连接钎杆的螺纹加工·····	141
第二节	连接钎尾的加工·····	156
第三节	连接套管的加工·····	159
第十章	小钎杆的热处理·····	164
第一节	概述·····	164
第二节	小钎杆的一般正火·····	166
第三节	中频感应加热正火·····	179
第四节	接触加热正火·····	184
第五节	小钎杆钎尾的淬火回火·····	189
第六节	小钎杆的常见疵病与热处理的关系·····	194
第十一章	连接钎杆的热处理·····	200
第一节	概述·····	200
第二节	连接钎杆的渗碳处理·····	203
第三节	钎尾用钢及热处理·····	223
第四节	套管的热处理·····	235
第十二章	钎杆的表面强化·····	238
第一节	钎杆的喷丸强化·····	238
第二节	钎杆的螺纹滚压·····	248
第十三章	钎杆的防腐蚀处理·····	250
第一节	腐蚀疲劳机理·····	251
第二节	提高钎杆抗腐蚀能力的方法·····	253
第三节	钎杆的磷化挂蜡处理·····	255
附录一	磷化溶液中游离酸度及总酸度的测定方法·····	265
附录二	关于钎杆使用的注意事项·····	266

第一章 概 述

第一节 中空钢的定义

中空钢即中空钎钢，是一种断面为圆形、正六角形或其他形状的中心有圆孔道的型钢。中空钢也可看成是一种外内径比较大的圆形或异形厚壁无缝钢管。

中心孔道的作用是通压缩空气或水借以排除岩粉。

第二节 中空钢的生产概况

在人类同自然斗争中，很多地方都要同岩石打交道。随着社会生产力的发展，凿岩技术也不断发展。中空钢就是随着凿岩技术发展的需要，从凿子，实心钎钢演变发展，在1871年开始出现的。

作为破碎岩石、钻凿炮眼的工具——钎子是十六世纪随着利用火药来破碎岩石而诞生的。十九世纪中叶以前，全是人工手锤打眼。十九世纪中叶，随着封建制度的崩溃，资本主义的兴起，煤和矿物的需要量大大增加，修筑铁道需要开凿大量隧道，低效率的手锤凿岩已不能满足要求。随后在欧洲出现了蒸气和风动的凿岩机，用风钻打眼，采用胶质硝化甘油炸药，取代了爆炸力小的黑色火药，凿岩爆破技术因而向前跨进了一大步。凿岩机的使用大大提高了凿岩的劳动生产率，钎子消耗量也随之大大增加，于是机器锻钎取代了手工锻钎，钎头的形式也越来越多，如图1-1所示。

用凿岩机钻眼，速度比手锤凿眼高好多倍，此时所产生的岩粉用勺掏已不适应，要求在凿岩过程中连续排出，为

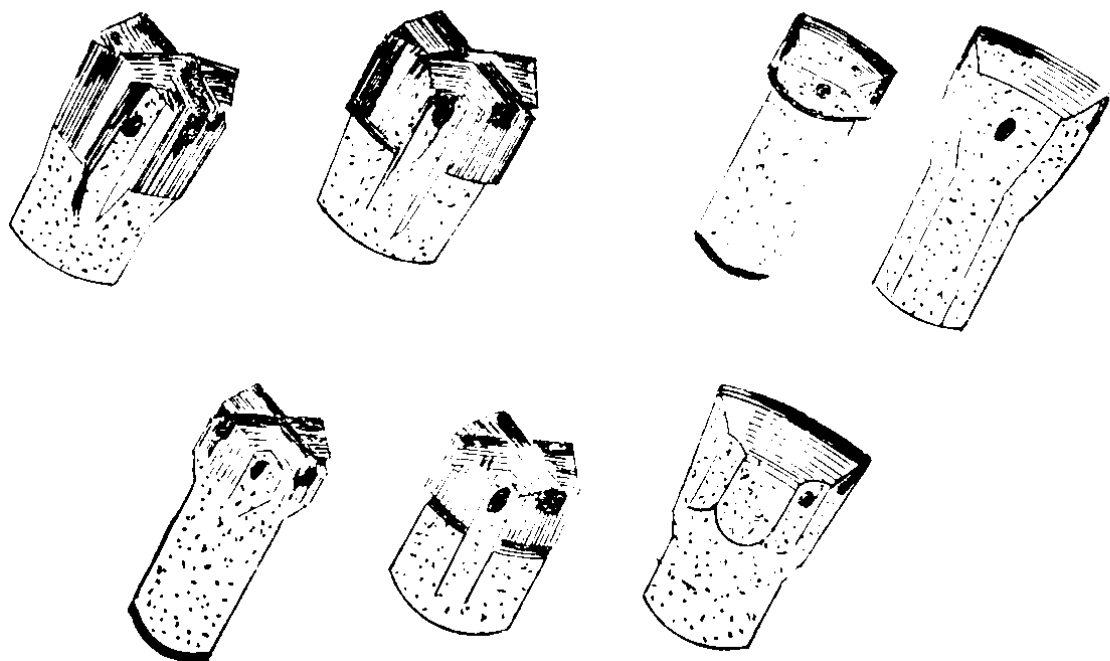


图 1-1 钎头的各种形式

此起初曾利用带螺旋的实心钎杆，如图1-2所示，但其结构较复杂，排粉也不通畅。到1871年前后在欧洲出现了中空钢，通过钎杆中心孔道用压缩空气吹眼底的方法来排除岩粉。为了防止矽肺，进而改用湿法凿岩，通过钎杆中心孔道，用高压水冲洗眼底岩粉。在缺水地区采用吸尘式钎杆干式凿岩时，钎杆的中心孔道，就成了吸排岩粉的通道。

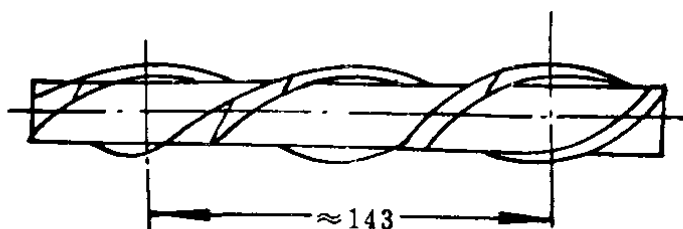


图 1-2 带螺旋的实心钎杆

一百多年来，中空钢在钢种、生产工艺、规格品种等方面，发展变化是很大的。最初的中空钢基本上是中碳钢或高碳的工具钢，采用“钻孔砂芯（或铅芯）热轧法”生产，用

它制成的钎子，使用寿命只有3~10分钟。以后，英国人哈特菲尔德（Hadfield）发明的哈特菲尔德高锰钢逐渐被用作热轧法生产中空钢的芯材，效果很好，大大地提高了中空钢产量及质量。随着坚硬耐磨的硬质合金应用于采矿工业，采用镶硬质合金刀片的钎头，纯凿岩速度和每台凿岩机的生产率提高了50~100%，凿岩成本也随之下降，使凿岩技术发生了一场革命。由于硬质合金刀片应用于钎头，钎杆由自刃式直接凿岩工具变成了支持钎头、传递冲击功的结构件，而且随着凿岩机频率的增高，功率的增大，碳素钢已不能满足要求。于是出现了各种合金中空钢，它们的出现又使钎杆的使用寿命提高了一步，使中空钢的发展进入了一个新阶段。近十多年来，随着高频率、大功率重型多机凿岩台车的出现，对钎杆质量提出了更高的要求，于是渗碳处理亦作为钎杆的一种强化手段获得了广泛的应用。总之，随着社会生产力和采掘工业的发展，凿岩机性能的提高推动着中空钢的产生和发展，而中空钢的产生和发展又促进着现代采掘工业凿岩爆破技术的发展。

解放前，我国不能生产中空钢。解放后，我国国民经济得到了迅速的恢复和发展，现代冶金、采矿、机器制造等工业，随着社会主义建设的发展，都迅速发展起来。中空钢生产也从无到有，从少到多有了很大发展，目前新抚钢厂、贵阳钢铁厂、鄂城钢铁厂、唐山钢铁公司、团山钢厂、涟源钢厂、沙河钢厂等均可生产中空钢。

第三节 中空钢的用途

凿岩爆破即在坚硬的岩石上用凿岩机装上钎杆、钎头钻出炮眼，然后装进炸药爆破，此过程是现代采掘工业的基本

作业之一，无论采矿，还是在井巷掘进，都少不了这一环。

同样，在修建铁道、公路、水渠、水坝、国防战备工程建设中，也都要凿岩爆破。

钎杆是整个凿岩设备的主要消耗工具之一，中空钢是制作钎杆的素材。因此，有人干脆将中空钢称为钎子钢或钻杆钢，其用途比较广泛，最大用户是矿山采掘工业。

第四节 中空钢的种类

中空钢的种类、规格、品种较多，可按断面形状、钢种、用途加以区分。

一、按断面形状分

断面形状有以下八种，即圆形、正六边形、方八角形、扁八角形、带耳圆形、正方形、十字形、矩形等，如图1-3所示。

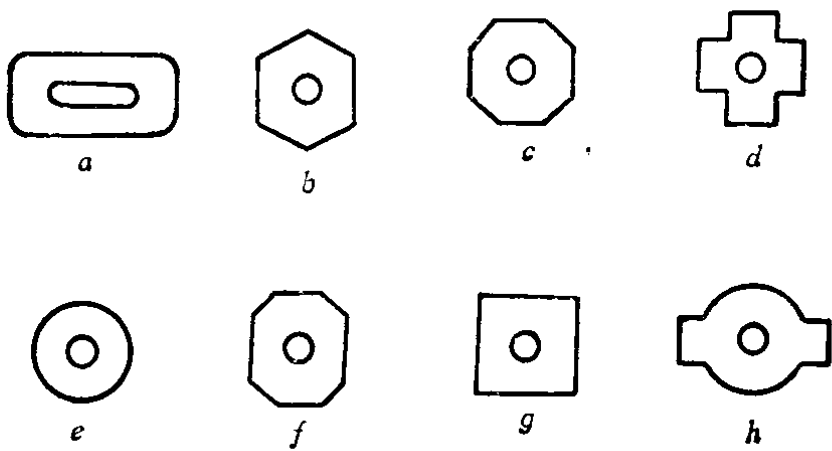


图 1-3 各种断面形状的中空钢

a—矩形；*b*—正六边形；*c*—方八角形；*d*—十字形；*e*—圆形；*f*—扁八角形；*g*—正方形；*h*—带耳圆形

现在国内外使用最多的为19、22、25毫米正六边形和32、38毫米圆形几种，因六边形刚度大，排粉间隙大，有利于排出岩粉，凿岩速度也快。矩形断面适用于制造挠性钎

杆，正方及八角形等很少使用。

二、按钢种分

迄今国内外所用中空钢钢种不下50种，但大同小异，总起来可分为碳素中空钢和合金中空钢两大类。碳素中空钢为含碳量在0.56~0.94%左右的碳素工具钢系，合金中空钢可分为：

- 1) 高碳（含碳0.90~1.05%）硅锰结构钢系；
- 2) 高碳（含碳0.80~1.1%）铬钼轴承钢系；
- 3) 中碳（含碳0.25~0.43%）镍铬钼、铬锰钼结构钢系；
- 4) 中碳（含碳0.32~0.60%）硅锰钼结构钢系和弹簧钢系；
- 5) 低碳（含碳0.17~0.35%）渗碳合金钢系。

三、按用途分

按用途基本上可分作三大类：

1) 制造深孔凿岩连接钎杆（俗称大钎杆）用的中空钢。多为圆形的，现在也有用六角形的，一般说，其用量约占整个中空钢用量的20~30%。

2) 制造浅孔凿岩钎杆（俗称小钎杆）用的中空钢。基本上都使用六角形的，一般说，其用量约占整个中空钢用量的70~80%。

3) 制造特种用途的钎杆，如挠性钎杆、干式凿岩吸尘钎杆用的中空钢。其用量较少。如图1-3中的矩形中空钢专作挠性钎杆用。

第五节 常用中空钢的形状尺寸

几十年来，各国生产的中空钢断面形状、尺寸、规格品

种很多，中空钢的断面形状，一般根据岩石特性和使用条件来选择，而很少考虑其相对强度。中空钢的相对强度与其断面形状有关，表1-1示出了几种常用中空钢的相对强度。

表 1-1 **中空钢的相对强度**

项 目	圆 形			六 角 形			八 角 形		
	19毫米	22毫米	25毫米	19毫米	22毫米	25毫米	19毫米	22毫米	25毫米
I_c (厘米 ⁴)	0.0152	0.0283	0.0487	0.0190	0.0354	0.0597	0.0219	0.0432	0.0756
I_f (厘米 ⁴)	0.0152	0.0283	0.0487	0.0190	0.0354	0.0597	0.0217	0.0427	0.0750
Z_c (厘米 ³)	0.0406	0.0647	0.0974	0.0439	0.0703	0.1030	0.0484	0.0825	0.1230
Z_f (厘米 ³)	0.0406	0.0647	0.0974	0.0506	0.0810	0.1194	0.0580	0.0980	0.1500
A (厘米 ²)	0.3798	0.5393	0.7230	0.4260	0.6050	0.8060	0.4645	0.6670	0.9020
Z_c/A	0.1070	0.1200	0.1340	0.1030	0.1170	0.1270	0.1040	0.1230	0.1360

注: I_c —角上的惯性矩; I_f —平面上的惯性矩; Z_c —角上的断面系数;
 Z_f —平面上的断面系数; A —横断面积。

I 表示中空钢断面形状尺寸抗弯曲变形的能力； Z 表示中空钢断面对中空钢强度的一个系数，这个系数由断面形状和尺寸而定。 I 越大，则中空钢抗弯能力就越大； Z 越大，则中空钢的相对强度就越高。

由表1-1可知，在相同的断面直径下，八角形的 Z 和 I 均大于六角形的和圆形的。 Z_e/A 表示中空钢的相对经济性，可见六角形的最不经济。但是，六角形的排粉能力最好，在相同断面直径下，与圆形的比，其 I 和 Z 都大，即抗弯能力大，相对强度高，因此，用的越来越广。

根据我国热轧中空钢标准 GB1301—77、日本工业规格中空钢标准 JIS G4410—1970 及瑞典工业标准 SIS74·12·01, 几种常用中空钢的形状尺寸及其允许偏差值如表1-2所示。

表 1-2 常用中空钢的形状尺寸及允许偏差值 （单位：毫米）

国 家	圆 形					
	内 切 圆 直 径		水 孔			
	名义尺寸	允许偏差	直 径	允许偏差	椭 圆 度	偏 心 度
中 国	32	+1.20 -0.20	9	+2.5 -1.0	≧2	≧1.3
	38	+1.20 -0.20	12.0	+2.5 -1.0	≧2	≧1.3
日 本	32	±0.4	9	-1.3	—	≧2.0
	38	±0.4	12.7	-1.5	—	≧2.4
瑞 典	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—
国 家	六 角 形					
	内 切 圆 直 径		水 孔			
	名义尺寸	允许偏差	直 径	允许偏差	椭圆度	偏 心 度
中 国	22	+0.9 -0.5	6.5	+2.5 -1.0	≧2	≧1.3
	25	+0.9 -0.5	7.0	+2.5 -1.0	≧2	≧1.3
日 本	22	±0.3	6.6	-0.8	—	≧1.6
	25	±0.3	8.0	-1.0	—	≧1.8
瑞 典	22	+0.5 -0.0	6.7	±0.5	—	≧0.6
	25	+0.6 -0.0	7.6	±0.5	—	≧0.7

第六节 中空钢的现状与发展趋势

中空钢的生产工艺比较特殊，世界上生产中空钢的厂家不多，国外大多是由专门的矿山工具公司（或厂），将中空钢加工成钎杆出售，这是因为钎杆制造工艺复杂，加工质量的好坏直接影响钎杆的使用寿命。

各国都十分重视钎钢的研究工作，特别是瑞典、加拿大和日本等国。1945年，瑞典的山特维克·可乐门特（Sandvik Coromant）就在鲍达斯（Bodas）矿建立了一个有30名工作人员的钎杆凿岩实验室，平均每年钻孔实验20~30万米，不断从钢种材质、制钎工艺等方面改进提高钎杆质量。

目前，普遍使用的是合金中空钢，碳素中空钢的生产量只占很小比例。国外小钎杆仍以CrMo钢为主，大钎杆以CrNiMo钢为主，20多年来，钢种变化不大。1964年，瑞典法格斯塔·赛克劳克（Fagersta Secroc）公司试制了一个小钎杆钢种，代号Z708，其成分是：C0.4%；Si1.5%；Cr0.7%；Ni0.5%；Mo0.25%。

在日本小钎杆广泛采用SKC11(CY3, MD11, MD12)高碳铬钼钢，大钎杆广泛采用SKC31 (CR5, CR6; MD31, MD32) 低碳镍铬锰钼渗碳钢。

中空钢的生产方法较多，至今国外仍以钻孔法为主，即将10~80吨碱性电弧炉熔炼的镇静钢，用下注法铸成1~5吨钢锭，轧成100毫米左右的方坯或圆坯，锯成一定长度，用专门的深孔钻床钻通一中心通孔，然后插入高锰钢芯棒，加热轧制到规定尺寸，在抽芯机上抽出芯材而得到中空钢。日本山阳特殊钢株式会社的饰磨厂，1960年后采用热挤压法生产中空钢，并用此法试制了两层金属的复合中空钢，如图1-4所

示。挤压件的几何形状规整，复合钎杆的凿岩使用寿命高，但成本高，未获发展，现在只用此法生产少量 $\phi 32$ 毫米以上作大钎杆用的中空钢。

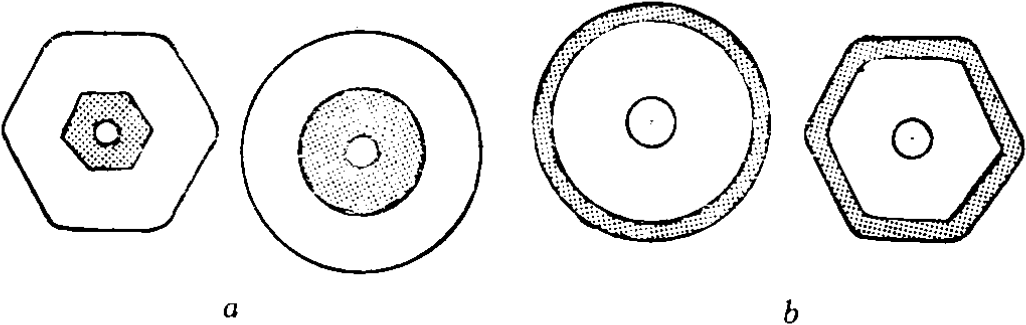


图 1-4 复合中空钢

a—内复合； b—外复合

为了减少气体、夹杂物，提高钎钢疲劳强度，有的国家采用了炉外精炼或炉外真空脱气处理。钢锭越大，生产效率和金属收得率越高，所以钢锭由0.5~1.5吨扩大到5吨，但钢锭增大，内部偏析也随之增大，锭型设计要充分注意。

理论和实践证明，在现代广泛采用的回转冲击凿岩中，提高钎杆的抗腐蚀弯曲疲劳强度是提高其使用寿命的关键。CrMo钢，CrNiMo钢等钢种本身的强度潜力认为已发挥到家，采用防腐蚀及表面强化处理等一系列工艺措施，能提高钎钢的抗腐蚀弯曲疲劳性能，从而显著提高钎杆的使用寿命，这已成为提高钎杆质量的重要途径，受到大家重视。

水孔防腐的办法有两种，一是在水孔内加一层不锈钢管内衬，一是采用磷化挂腊处理。后者在瑞典山特维克于1954年首先使用，即所谓的SR处理，效果良好，目前应用较广。表面强化处理的方法有：喷丸、高频表面淬火、滚压、渗碳处理等。喷丸、渗碳目前应用较广，表面淬火在苏联应用较多，滚压在加拿大应用较多。