

钻杆性能及其结构的发展

冶金部地质研究所 **胡福昌**

金刚石钻探用的钻杆,是一种高速迥转构件。由于钻杆柱细长比很大,钻进时地层多变,因而人们认为,在一般工程施工中,钻杆是受力最复杂,工作条件最恶劣的构件之一。它在钻探装备中所处的地位十分重要。因此各国钻探界及制造厂家都很重视钻杆的研究。近年来国内有关部门也作了不少研究,而且取得了一定进展。本文就国内钻杆性能及其结构的发展趋势问题作初步探讨。

对钻杆的基本要求

1. 具有高的综合力学性能,即高强度和一定的塑性韧性,同时应具有较好的抗磨性和抗疲劳性,必要时还要具有特殊物理性能。

2. 具有较高的性能储备,以便满足处理事故的要求。

3. 具有良好的尺寸精度和几何精度,以便提高钻柱几何中心和迥转中心的一致性,使钻柱迥转平稳。

4. 标准化、系列化。

钻杆的机械性能

1. 对钻杆性能的要求越来越高 随着钻探技术的发展,人们对钻杆重要性的认识不断加深,对钻杆的研究也越来越深入,因而生产的钻杆性能不断提高。在这方面较突出的要数日本。日本原先制订的钻杆标准中所规定的性能级别比较低,最高一级为STM—R 80,其屈服强度只有53公斤/毫米²。当前,日本的地质管生产厂家,根据钻探技术的发展,都在争相研究并生产性能远高于STM—R 80级的钻杆。例如,专门生产地质管的山和钢管公司,七十年代先后制造出SKK—80级和SKK—90级钻杆,其屈服强度分别为70和75公斤/毫米²,随后又研制屈服强度达90公斤/毫米²的钻杆。近年来,日本利根公司也宣布可向用户提供屈服强度为90公斤/毫米²以上的钻杆。

2. 提高国产钻杆性能的途径 国产钻杆的性

能在七十年代之前仅达50公斤级(指屈服强度)。七十年代初,有些单位根据我国资源情况,经过4~5年努力,先后研制成功45MnMoB、27MnMoVB、40Mn₂MoVNb等新材质的钻杆,其性能达到65公斤级。正在研制中的35MnMoVTi钻杆,其性能可望达到75公斤级。虽然获得一些进展,但与国外相比,还有很大差距。如苏联最高一级钻杆的屈服强度在75公斤/毫米²以上;美国最高级钻杆的屈服强度达100公斤/毫米²。

由于国内钻杆热处理技术和设备落后,只能做正火或高温回火处理,钻杆机械性能没有得到充分发挥。实际上,现在生产的钻杆只利用了其材质性能潜力的50~70%,这是很大的浪费。就40Mn₂、40MnVB、45MnMoB、40MnMoVNb等材质的钻杆来说,如果其最终热处理由正火或高温回火改成调质处理,那末,其屈服强度可由原来的50、55、60、65公斤/毫米²分别提高到75、85、90、100公斤/毫米²。

要使国产钻杆的性能赶上国外同类产品的水平,单纯靠改进材质是很难达到的,必须通过调质这一技术途径。对钻杆施行调质处理的方法可分为一般调质(如井式炉调质)和中频调质。前者存在设备复杂、工件变形大、表面质量差、污染环境等缺点,不大适宜于处理钻杆。后者则比较适于钻杆的调质处理。所谓中频调质就是用中频感应加热进行调质。1976~1978年,冶金地质系统有关部门与上海热处理厂经过几年的努力,研究成功钻杆中频调质处理技术,为无缝钢管在生产上采用中频调质技术提供了依据。

钻杆中频调质处理具有设备简单、厂房小、建厂投资少、生产效率高、工件表面质量好、容易实现自动化、不污染环境等一系列优点。国外在地质管生产方面很重视这一技术。日本山和公司的SKK—90级钻杆就是采用中频调质处理获得成功的。

表 1

材 质 (规格)	热 处 理 工 艺	抗 拉 强 度 (公斤/毫米 ²)	屈 服 强 度 (公斤/毫米 ²)	断 面 收 缩 率 (%)	延 伸 率 (%)	硬 度 HRC
40Mn ₂ (∅50×5.5)	钢管出厂状态(高温回火)	76.3~78.7	51.8~57.8	48.6~60.8	22.5~26.9	17~18
	中频调质, 880℃ 水淬+650℃回火空冷	90.5~93.7	85~87.5	41.5	17.5~18.8	28~29
40MnVB (∅42×5)	钢管出厂状态(正火)	68.5~73.2	43.0~48.7	47.6~55.6	22.9~25.7	13~14
	中频调质, 900℃ 淬火+630℃回火空冷	101~103	94~94.5	40	13.2~13.6	13~34
40Mn ₂ MoVNb (∅53×4.5, ∅42×5)	钢管出厂状态(正火)	89.5~89.9	69.5~72.3	38.4~41.0	17.3	27~28
	中频调质, 930℃ 淬火+680℃回火空冷	110~122	104~114	35.7~42.4	12.8~16.5	37.5~39

注: 1. 表中所列全部为实测数据。

2. 40MnVB、40Mn₂MoVNb的淬火介质均为0.8%聚乙烯醇溶液。

表 2

国 别	材 质 或 级 别	屈 服 强 度 (公斤/毫米 ²)	抗 拉 强 度 (公斤/毫米 ²)	延 伸 率 (%)	依 据	备 注
中 国	40Mn ₂	85~87.5	90.5~93.7	18.8~17.5	中频调质处理 后实测数据	
	40MnVB	89.5~94.5	97.5~103	12.8~13.2		
	40Mn ₂ MoVNb	104~114	110~122	12.8~16.8		
日 本	STM-R80	53	80	15	JIS 标准	
	TS-R90	63	90	15	日本利根公司 标 准	TS-R110刚研制成功, 即将出产品
	TS-R110	90	110	17		
	SKK-90	75	90	18	日本山和公司 标 准	SKK-100为1978年研制中 的数据, 尚未达到预定目标
	SKK-100	89	100	18		
美 国	EHS-140	90~96	102~108	15	标 准	美国最高级钻杆的性能
	VNS-170	108~116	112~125	15		
苏 联	Л	65	95	12	标 准	苏联最高级钻杆的性能
	М	75	110	12		

表 1 为钻杆中频调质前后性能对比。表 2 为中频调质钻杆和国外同类产品的性能对比。从表中可以看出, 就 40Mn₂MoVNb 等材质的钻杆来说, 在材质及制管工艺上不用作任何改变, 只要把最终热处理改成中频调质处理就可以使其性能赶上国外同类产品。因此, 在地质管材质方面, 虽然还可做些工作, 如研制高寒地区使用的钻杆的材质(要求低温韧性好), 但总的来说, 没有必要花很多力量去研究地质管材质了。

3. 影响发展高性能钻杆的因素 随着钻杆中频调质处理技术的研究成功, 国内已具备发展高性能钻杆的技术条件。但是, 还存在一些影响因素。

首先, 人们对于使用高性能钻杆在技术上、经济上可带来的效益认识不足。有人认为现在已有 60~65 公斤级的钻杆, 有更高性能的当然好, 没有也可对付, 造成一种高性能地质管没有多少市场需要的假象。这和日本的情况恰好相反。

其次,现行的管材计价办法使国产高性能钻杆价格很贵,妨碍推广使用。现行计价办法基本上是钢级加合金元素种数的计算方法,即每增加一个合金元素加价5%,每提高一个钢级加价约30%。一般屈服强度每增加5公斤为增加一个钢级。按这种计价办法,50公斤级的钻杆每吨价为1500元左右,而65公斤级的每吨就得3000元了。这就是前些年某些部门宁肯花外汇进口钻杆也不愿买国产钻杆的原因。上述计价办法是极不合理的。如45MnMoB、40MnMoVNb的65公斤级的钻杆,采用中频调质处理,就可达90公斤级或更高性能,每吨生产成本只增加300~500元,若按上述计价办法,则每吨要增加7000多元。

现行计价办法是建立在无缝管生产技术水平较低的基础上的。现在生产技术水平提高了就应当加以修改,以利高性能地质管的推广使用。

钻杆加工精度

国外地质管生产厂家根据用户需要,不断提高地质管的几何精度及尺寸精度。在几何精度方面,最好的地质管弯曲度不超过0.3毫米/米;在内外径尺寸公差方面,绳索取芯钻杆为 ± 0.12 毫米,普通钻杆为0.2毫米,但国产地质管的精度还比较低。即将颁布的国家新标准规定,钻杆的弯曲度不大于1毫米/米;其径向尺寸公差不是以内外径公差为标准,而是以一个径向偏差(内径或外径)加上壁厚偏差来控制,且允许的尺寸偏差较大,如 $\phi 50$ 钻杆,外径偏差为 ± 0.54 毫米,壁厚偏差为 $+0.9$ 、 -0.6 毫米;绳索取芯钻杆内径的偏差为 ± 0.4 毫米,壁厚偏差为 ± 0.475 毫米。

要提高国产地质管的几何精度,由于生产条件限制,若干年内难于做到。但提高尺寸精度则是有可能的,只要采用带芯拔制工艺,严格控制拔模精度即可。

钻杆结构

目前钻杆的结构有两种。一种是没有接头的钻杆,钻杆之间直接用螺纹连接起来。这种钻杆的最大优点是省去了接头,减少加工费用。但要求钻杆材质的性能比较高。这个条件国内基本具备,值得提倡。

另一种是对焊钻杆。这种钻杆的接头用高强

度材质制作,然后焊到钻杆本体上。其优点是较轻,可提高钻机的提升能力和钻探能力。制造这种结构的钻杆需要解决焊接质量及接头加工处理两方面的技术问题。前者要解决材质可焊性、焊接工艺、焊后热处理、焊缝探伤等问题。后者要解决接头丝扣设计加工和热处理等问题。由于钻探现场或一般机修厂无法修复这种钻杆,所以从一定意义上来说,解决接头质量问题比解决焊缝问题更重要。目前地质矿产部、煤炭部都在加紧这方面的研制工作。

无磁钻杆

随着定向钻进及定向取芯技术的发展,要求把岩芯管及其邻接的若干根钻杆无磁性,以便正确测定岩芯及钻孔的方位。无磁钻杆是一种性能要求很高的地质管,必须满足三个要求:①具有高的机械性能;②具有特殊的物理性能——无磁性,其导磁率一般要低于1.01;③具有较好的加工性能。对于无磁地质管国内尚未认真的研究。研制这种地质管还有某些技术问题要解决——主要是为达到高机械性能和无磁性能的统一而必须解决材质选择及加工制造上所带来的技术问题。

无磁管材可分为非铁合金无磁管和铁合金无磁管两大类。

1.非铁合金无磁管 指的是不属于铁基合金的其他无磁金属管。沿用最久而机械性能最好的非铁无磁金属材料是蒙乃尔合金。它是一种镍铜比约为70:30的镍基合金,屈服强度可达到80公斤/毫米²,虽能满足无磁钻杆的要求,但价格太贵,且不耐磨。

2.铁合金无磁管 实际上就是奥氏体钢管,只有奥氏体型的铁合金才是无磁的。这种钢必须含有使钢在常温下保持奥氏体组织的合金元素如Ni、Mn、N等。

国外在研制高机械性能无磁钢管方面已达到相当高的水平。SMF国际钻探公司生产无磁钻杆用的三种无磁钢的屈服强度分别达到63、78、105公斤/毫米²,塑性韧性也较好,导磁率均低于1.01。

国内现在生产的无磁钢有三大类,一类是低碳铬镍钢,即1Cr₁₈Ni₉型奥氏体不锈钢,属高

(下转第38页)

变化较大, 细脉和层纹的脉幅及频率不等, 品位变化系数在50~100%的各类矿床, 其中有些矿床金属矿物的分布较均匀, 接近前一类的特征, 但大部分分布不均匀, 故样槽和钻头口径不宜采用一个规格, 可从矿床的实际情况出发, 采用大致相当于5×2到6×3 cm的截面和内径36~49 mm的钻头。

3. 金属矿物分布极不均匀, 品位变化系数大

于100%的一些矿床, 对于此类矿床, 采用最大截面规格的样槽也难以取得代表性品位, 多数需坑、钻结合, 加密勘探网度, 加大取样密度来探求工业储量。当然, 适当增大样槽截面和钻头口径也是必要的, 一般可采用6×3到10×9 cm的截面样槽和内径49~69mm的钻头。

以上各类矿床宜于采用的样槽截面和钻头口径归纳于表7。

表 7

钻头内径 样槽截面 编号	A	B	C	D	E
钻头内径, mm	25	36	49	69	86
样槽截面, cm	2.5×2	5×2	6×3	10×4	10×6
金属组分均匀性	均 匀	不均 匀	极不均 匀	极不均 匀	极不均 匀
品位变化系数, %	<50	50~100	100~150	>150	>150

表7中的钻头口径, 由于采用金刚石钻进, 岩芯采取率较高, 表面光洁, 选择性磨损小, 故品位的代表性将比过去有明显提高。为保证岩芯样品的质量, 建议用金刚石锯片切分岩芯。

实践证明, 有些钻孔可以不保留岩芯, 如金属矿物分布均匀和不均匀的矿体探求B级储量的加密钻孔; 圈定矿体边界的钻孔; 埋藏浅、产状平缓的矿体求B级和C级储量的加密钻孔等, 其钻头口径可考虑减小一个规格。

上述试验成果是西南、西北、中南、首钢、

华北、贵州、甘肃、广东、吉林、江西等地质勘探公司的有关同志, 通过艰苦的劳动取得的。为了早日将这些成果提供给正在推广金刚石钻探的部门选择钻头口径时作为参考, 笔者仅使用了简单的统计对比方法进行了初步研究, 遗漏甚至失误之处在所难免, 恳请广大地质工作者给予批评指正, 以期进一步充实、提高。成文后, 蒙周传新同志审阅、修改, 首钢地质公司地质科及天津地质调查所赵成章同志协助绘制图件, 在此一并致谢!

(上接第80页)

铬镍型, 导磁率及加工性都不错, 但强度太低, 只有20公斤/毫米²左右。

第二类是中碳高锰型无磁钢, 屈服强度可达80公斤/毫米², 导磁率低, 但加工性太差, 一般只能热锻或热轧成型, 冷拔或切削都很困难, 无法制成管材。

第三类是中碳铬镍锰型无磁钢, 如4Cr₁₂Ni₁₈Mn₈MoVNb等。屈服强度可达60公斤/毫米², 塑性韧性能满足钻杆要求, 加工性尚好。若加工及热处理控制得当, 导磁率有可能达到要求。这是目前国内适于制作无磁地质管的较有前途的钢

材。当然, 超低碳奥氏体钢无疑是很好的制作无磁地质管的材料, SMF国际钻探公司就是从这类材料中研制出无磁钻铤的。不过此类材料在冶炼方面比前述钢种困难。因此, 目前应集中力量于中碳铬镍锰型无磁地质管的研究。

综上所述, 今后几年内, 国产地质管尺寸精度有可能提高, 符合性能要求的无磁地质管和无缝的直连钻杆会应用于生产。另外, 国内具备了推广使用高性能地质管的技术条件, 但还存在着阻碍推广使用的因素——主要是价格昂贵, 改革现行不合理的地质管计价办法是很有必要的。