第26卷 第9期 地质与勘探 Vol. 26, No. 9
1990 年 9 月 GEOLOGY AND PROSPECTING September, 1990

套管护孔问题初探

傅国兴

（桂林冶金地质学院）

对套管柱的受力及强度的计算与分析，得出设计、校核套管强度不仅要考虑抗拉、抗挤、抗崩，同时还应重视孔壁完整及高速回转钻杆等附加外载对套管强度的影响，并提出了具体护管措施。

关键词：套管强度；护管措施

套管护孔是一种较为可靠、有效的方法。但也存在下述问题：①下入套管层数愈多，钻孔结构愈复杂；②常因技术措施不当，发生套管事故；③管材供应、加工与运输工作量大，成本高；④沉淀的岩粉、坍塌的孔壁岩石埋住套管，造成起拔困难，消耗了人力物力，有时埋弃大量套管，经济效益差。近年来，随着人造金刚石钻进技术的发展，各种类型优质泥浆、水泥的应用，“绳钻”的推广，对解决复杂地层钻进起了很大作用。但在某些特殊复杂地层或深孔施工，套管护孔仍占有重要地位。因此，解决套管事故与起拔困难等问题，具有重要的现实意义。

套管受力分析与强度计算

孔内套管所受载荷较复杂。为合理进行套管柱的选择设计、防止孔内套管事故、增加回收重复利用率、提高套管护孔的技术，必须对套管柱进行受力分析与强度计算。

按受力方向，套管柱在孔内所受载荷有纵向（轴向）力、横向（径向）力和弯曲力三种。在套管下入孔内、钻进及起拔过程的不同阶段，其受力情况不同。

1．套管下入孔内承受的外载

包括自重力；套管与孔壁间的摩擦力（向上）；孔内液体对套管的静水压力、浮力；下管过程中刹车时的惯性力；换径台阶处（套管坐于其上）岩石对套管的反作用力；弯曲与超径孔段引起的弯曲力。

2．钻进中孔内套管承受的载荷

有地层压力；套管内外液柱压力、冲洗液上返对套管内壁的作用力；自重力；高速回转钻杆对套管内壁的离心力、摩擦力；弯曲、超径孔段引起的弯曲力。

3．套管起拔过程承受的载荷

包括升降机拉力或千斤顶顶力；自重力；地层侧压力引起的挤夹力；孔壁对套管的摩擦阻力（向下）；孔内液柱作用力；弯曲力。

作用在套管柱上的外载将在套管内产生应力，使套管产生组合变形。钻进、起拔过程中，套管的断裂破坏应是所有外载综合作用的结果。地质勘探用套管过去常按轴向拉伸载荷计算强度，从而确定套管柱极限下入深度。这种强度计算方法没有考虑钻进、起拔过程中的受载特点。因此，套管强度应按组合变形条件下的强度条件公式计算：

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$\sigma=\frac{\Sigma P}{F}\pm\frac{M_{max}}{W}\leqslant[\sigma] \qquad (1)$$

式中：σ—套管危险断面处的正应力；ΣP—套管危险断面上的拉伸（或压缩）载荷；F—危险断面面积（图1）；M_{max}—由外载引起危险断面上的最大弯矩（假定套管柱未承受扭矩）；W—抗弯截面模量，$W=\frac{\pi}{32D}(D^4-d^4)$，$D$—危险断面的外径，$d$—危险断面的内径；$[\sigma]$—许用应力。

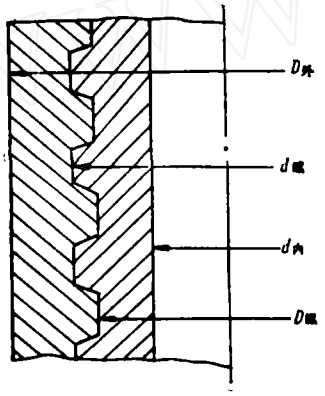

图 1

（1）式中的ΣP、F、W值易于求出。而M_{max}值的计算则较为复杂。这是因为引起危险断面最大弯矩的外载性质、大小的因素很多。

大部分千枚岩、煤系地层及构造破碎带为造斜地层；松散水敏层、岩溶与第四纪松散层易造成钻孔超径与孔斜。在这些孔段，套管柱弯曲。据材料力学，其弯曲挠度ν可由下式表示：

$$\nu=\frac{M_{(x)}}{EJ} \qquad (2)$$

ν的二阶导数与截面弯矩$M_{(x)}$成正比、与管材抗弯刚度EJ成反比。故ν的大小取决于套管的材质、内外径、超径孔段长度、弯曲与超径的幅度、附加外载性质及其大小。

人造金刚石孕镶钻头高速钻进时，回转钻杆对套管内壁的径向力将增大截面弯矩$M_{(x)}$。

因此，设计、校核地质勘探岩心钻探套管强度时，考虑抗拉（压）、抗挤、抗崩强度条件的同时，还应特别重视孔壁完整条件及高速回转钻杆等附加外载对套管强度的影

常用套管车扣部位危险断面面积F与抗弯截面系数W计算表　　表 1

套管规格 外径×壁厚 (mm)		套管外径 $D_{外}$ (mm)	套管母螺纹外径 $d_{螺}$ (mm)	F (mm²)	W (cm³)	接箍(或套管)公螺纹内径 $D_{螺}$ (mm²)	接箍(或套管)内径 $d_{内}$ (mm)	F (mm²)	W (cm³)	附注
新系列标准	φ108×4.25	108	103.5	748	19.36	102	97	781	18.98	接箍联接
	φ108×5.25	108	103.5	748	19.36	102	97.5	705	17.20	直联
	φ89×4	89	84.5	613	12.98	83	78	630	12.35	接箍联接
	φ89×5.25	89	84.5	613	12.98	83	78.5	571	11.22	直联
	φ73×5	73	69	446	7.70	67.5	63	461	7.28	直联
	φ58×4.5	58	54.5	309	4.22	53	49	320	3.94	直联
旧系列标准	φ127×4.75	127	122	978	29.85	120.5	116.5	745	21.70	接箍联接
	φ108×4.5	108	103	829	21.36	101.5	97.5	625	15.25	接箍联接
	φ89×4.25	89	84	679	14.29	82.5	78.5	506	9.94	接箍联接
	φ73×4	73	68	554	9.45	66.5	62.5	405	6.34	接箍联接
	φ55×3.5	55	51.5	292	3.78	50.5	48	193	2.32	直联
	φ55×3.5	接箍外径 60	54.5	495	6.77	53	48	397	4.78	内丝接箍联接

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

响。

从强度条件公式（1）可知，套管强度与套管材质、套管许用应力成正比。近年来，我国已轧制40MnVB、45MnMoB等高强度合金结构钢管。因此，在深孔及复杂情况下的套管护孔中建议采用这类管材，以提高套管的强度、刚度和耐磨性。

套管外径与壁厚越大，其F、W值越大，所受相同外载ΣP、ΣM条件下的强度则高。国内常用套管的F、W值见表（计算时并未考虑螺纹公差、直径公差及加工精度的影响）。

从“等强度”观点考虑，套管母螺纹与公螺纹处的F、W值应当相等或相差较小。显然，表中新标准较旧标准合理。以ϕ55直联套管为例，公、母螺纹的F、W值相差较大，这就是在生产中套管折断总发生在公螺纹的重要原因。

高速回转钻杆与带有岩粉的高速冲洗液流对套管内壁的磨损作用、加工精度差等都会降低F、W值。因此，选择、设计和使用套管时应考虑这一因素的影响。

我们曾设计图2所示结构，以提高ϕ55×3.5套管的强度。从表可知，其F、W值均提高一倍以上，相应增加了套管强度。

套管护孔的技术措施

从套管受载与强度条件分析可知，解决套管事故与起拔困难问题应从降低套管柱所受外载大小与增加套管自身强度两方面着眼。具体技术措施是：

1．降低套管危险断面上的应力

① 尽量选用高强度、高耐磨性的合金结构钢的地质管材。②重视联接螺纹的加工与检验。③预防钻孔弯曲。④采用优质泥浆钻进，快速钻穿松软层，减小钻孔超径。⑤增大丝扣部位危险断面尺寸，以增加其强度。⑥应用含固相低的冲洗液钻进。

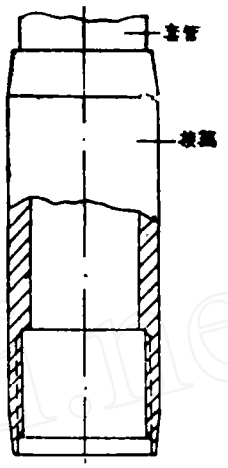

图 2

2．提高套管回收率

生产实践中，起拔套管经常需要强拉、强顶，负荷远远超过套管自重力。主要原因是孔内侧壁岩石崩塌和管外冲洗液中的岩粉岩屑沉聚将部分套管埋住，致使地层侧压力引起挤摩阻力而造成的。挤摩阻力$P_{挤}$计算公式如下：

$$P_{挤}=\sum_{i=1}^{n}P_i=\sum_{i=1}^{n}\frac{\mu_i}{1-\mu_i}\times\gamma_i H_i\pi D_i L_i f_i' \qquad (3)$$

式中 $P_i=N_i f_i'$

$$=\sigma_x A_i f_i'=\xi_i\sigma_z A_i f_i'$$

$$=\frac{\mu_i}{1-\mu_i}\cdot\gamma_i H_i\pi D_i L_i f_i'$$

N_i—地层岩石侧压力；σ_x—岩石侧向压应力；ξ_i—侧向压力系数，$\xi_i=\mu_i/1-\mu_i$；σ_z—岩石竖向压应力；μ_i—岩石泊桑系数；γ_i—岩石容重；H_i—挤夹孔段距地表深度；L_i—被挤夹部分套管长度；D_i—被挤夹部分套管外径；f_i'—岩石与套管外壁间摩擦系数。

公式中μ、γ与岩石性质有关，可查表得到。显然，$P_{挤}$随H、L、D、f'而变化。i即为不同孔段不同岩石受挤次数。$P_{挤}$越大，套管起拔越困难。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

（1）减小L值宜采取的措施：①使用优质泥浆；②下管前用导向钻具打“小眼沉渣”；③下管前使用新配制的聚丙烯酰胺乳化泥浆冲孔换浆，以减少管外泥浆中的岩屑岩粉量；④套管下端坐于“硬盘”上，上端严格固定密封；⑤适当增大套管柱与孔壁之间隙。

（2）降低f'值的措施：①下管前用具润滑性的触变泥浆冲孔换浆；②套管柱外表面涂废黄油或机油；③用塑料薄膜包扎套管。

（3）深孔施工，尽可能选用优质泥浆和简化钻孔结构，以降低H、L值。

工程实例

桃林铅锌矿银上矿区的千枚岩层松软水敏，坍塌垮孔严重。岩层厚300～780m，施工初期因缺乏经验，加之对人造金刚石钻进套管受力情况认识不足，技术措施不当，在孔深350～450m之间施工，常发生孔内套管事故。后总结了经验，采取了前述的一些套管护孔技术措施，顺利施工了5个670～901m深孔，总进尺3974m，共下入孔内各种规格套管4910m，终孔后套管起拔4830m，回收率高达98.4%，获得了较好的技术经济效果。

参考文献

[1] 武汉地质学院等合编，《岩心钻探设备及设计原理》，地质出版社，1980年.

[2] 甘朱缅，普·阿（高森译），《岩心钻探实用计算》，地质出版社，1980年.

[3] 孙训方等编，《材料力学》，人民教育出版社，1981年.

[4] 胡浦元，探矿工程，1984，第3期.

[5] 傅国兴，探矿工程，1988，第6期.

[6] 王仁等编，《固体力学基础》，地质出版社，1979年.

On Hole Wall Protection by Pipe Casing

Fu Guoxing

Through an analysis of the bearing force of a casing column and a calculation of its strength, it is to be noted that in designing and testing the strength of casing pipe, its tensile, compressive and breaking strengths should be taken into consideration as a whole. In addition, to the completeness of hole-wall and the effect of the additional external load due to the high speed rotating drilling rod to the strength of the casing pipe, much attention must be also devoted. Some specific measures for pipe protection are put forward.

（上接封三）

c）或在使用过程中导流过滤器可能会被尾矿粉埋住堵死。

送导流过滤器时，开泵冲粉，边送边冲边拉动。当送到滤料层时，会有滤料从水平导管中流出；过天窗送到竖井时，开始自流排渗。然后，反出送导流过滤器的钻杆，平竖相交，形成全部自流排渗。

马长岭的自流式水平排渗每昼夜自流排水量为1049m^3。浸润线比机械排渗稳定下降。同时不用机械维修人员，保证了尾矿坝的安全和提高了坝的利用年限。

Horizontal Automatical Draining Technique for Seepage Water in Tailings Dam

Xie Weiquan

A new method for drain-out of seepage water from tailings dam of an ore dressing plant is developed by pushing a horizontal pipe into the dam and letting the seepage water flowing out automatically. The whole techological process of this method is described in this paper, which including: horizontal pipe push-feed method, locating the position of the pipe end in the dam, well completeon technique, technique for enmmunicating a vertical well with the horizontal pipe, etc.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net