



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

درس حفاری عمیق

مته حفاری

بخش دوم

دکتر رمضان زاده

بهار ۹۹

به نام خدا

فهرست مطالب

- سیستم های خنک کننده مته های مخروطی
- انتخاب مته
 - طبقه بندی مته
 - هزینه هر متر حفاری
 - محاسبه انرژی ویژه
 - بررسی فنی مته ها
 - ارزیابی مته از نظر سایشی
 - ارزیابی قطر مته
- جمع بندی کلی در رابطه با انتخاب مته
- مراجع



سیستم های خنک کننده مته های مخروطی

مته های مخروطی به دو دسته درزه بندی شده sealed یا باز open طراحی می شوند.

سیستم باز open

در این نوع مته ها خنک کاری توسط گل حفاری انجام می شود. از آنجا که اجزای داخلی مته با گل در تماس است دوام پذیری پایینی دارند

مته های سیستم open معمولا در اعماق کم مورد استفاده قرار می گیرند. در مته های سایز بزرگ که در سطح مورد استفاده قرار می گیرد، به دلیل فشار گل کم از این سیستم خنک کننده استفاده می شود.



سیستم های خنک کننده مته های مخروطی

درزه بندی شده sealed

در مته های درزبندی شده sealed خنک کاری مته با استفاده از گریس یا روغن موجود در قسمت داخلی مته انجام می شود.

در این سیستم گل حفاری به داخل مته نفوذ نم کند. در صورت خراب شدن مته و نفوذ گل به داخل مته، یاتاقان مته از حالت sealed خارج شده و به جالت open تبدیل می شود.

در اینگونه مته ها به علت عدم ارتباط یاتاقان های مته با سیال حفاری عمر یاتاقان ها بیشتر از حالت قبلی است. میزان کارکرد این نوع مته به مراتب بالاتر از حالت قبلی است. البته باید توجه داشت که در تعیین عمر مته عوامل زیادی چون قطر مته، وزن روی مته، سرعت دور مته و ... تاثیر بسزایی دارند.



انتخاب مته

انتخاب مته در حفاری چاه از عوامل بسیار مهمی است که می تواند هزینه حفر چاه را تا حد قابل توجهی کاهش دهد. هزینه مته در حفر چاه معمولا ۳-۸ درصد هزینه حفر است، اما انتخاب مته درست می تواند زمان حفر را تا نصف کاهش دهد.

در انتخاب یک مته عوامل مختلفی حاکم است:

- ۱- مشخصات سازندی
- ۲- مشخصات مته
- ۳- مشخصات دکل حفاری
- ۴- هزینه حفر هر متر چاه
- ۵- محاسبه انرژی ویژه



انتخاب مته

مشخصات سازندی:

خواصی که در انتخاب مته نقش مهمی ایفا می کنند عبارتند از:

۱- مقومت تراکمی UCS

۲- خاصیت الاستیسته سنگ ELASTICITY MODULUS

۳- سایندگی سنگ ABRASIVENESS

۴- فشار روباره OVERBURDEN PRESSURE

۵- تخلخل و تراوایی POROSITY AND PERMEABILITY

۶- فشار منفذی PORE PRESSURE

۷- چسبندگی سازند COHESION

انتخاب مته

مشخصات مته:

بر اساس
مته ها؛
گذاری

TABLE 5.1—IADC DIAMOND AND PCD DRILL BIT CLASSIFICATION CHART FOR FOUR MANUFACTURERS

MANUFACTURER:
AMERICAN COLDSET

(a)

FORMATION	IADC SERIES NUMBER	BIT DESIGN FEATURES								
		STEP TYPE 1	LONG TAPER 2	SHORT TAPER 3	NON-TAPER 4	DOWNHOLE MOTOR 5	SIDE TRACK 6	OIL BASE 7	CORE EJECTOR 8	OTHER 9
SOFT	D1	0		STRATACUT				STRATACUT		
		1	SHARKTOOTH			SHARKTOOTH T	ANGLE BUILDER			
		2	TRIGG	EAGLE ARMADILLO		"	"	SHARKTOOTH	CORE CRUSHER	UD
		3	"	"	"	"	"	"	"	"
		4	"	"	"	"	"	"	"	"
MEDIUM SOFT	D2	0		STRATACUT				STRATACUT		
		1	SHARKTOOTH TRIGG	ARMADILLO		SHARKTOOTH T	ANGLE BUILDER	SHARKTOOTH	CORE CRUSHER	UD
		2	"	"	"	"	"	"	"	"
		3	"	"	"	"	"	"	"	"
		4	"	"	"	"	"	"	"	"
MEDIUM	D3	0		STRATACUT				STRATACUT		
		1	TRIGG	ARMADILLO		TBY	ANGLE BUILDER		CORE CRUSHER	UD
		2	"	"	"	"	"	"	"	"
		3	"	SHREW		"	"	"	"	"
		4	"	"	"	"	"	"	"	"
MEDIUM HARD	D4	0								
		1	TRIGG	SHREW	WOLF	TBY	ANGLE BUILDER		CORE CRUSHER	UD
		2	"	"	"	"	"	"	"	"
		3	"	"	"	"	"	"	"	"
		4	"	"	"	"	"	"	"	"
HARD	D5	0								
		1				TBY	ANGLE BUILDER		CORE CRUSHER	UD
		2				WOLF RIBSET	"	"	"	MILL & DRILL
		3				"	"	"	"	"
		4				"	"	"	"	"

TABLE 5.2—IADC DIAMOND AND PCD CORE BIT CLASSIFICATION CHART FOR FOUR MANUFACTURERS

MANUFACTURER: AMERICAN COLDSET

(a)

		DESIGN FEATURES		
FORMATION	IADC SERIES NUMBER	CONVENTIONAL CORE BARREL 1	FACE DISCHARGE 2	OTHER 9
SOFT	D7	0		STRATACORE
		1		
		2	SHARK HEAD	EH STAR FD
		3	"	"
		4	"	"
MEDIUM	D8	0		STRATACORE
		1	EH	SHARK HEAD FD
		2	"	"
		3	EH STAR	"
		4	"	"
HARD	D9	0		
		1	EH STAR	SHARK HEAD FD
		2	"	"
		3		"
		4		

طبقه بندی مته

TABLE 5.3—IADC ROLLING-CUTTER BIT CLASSIFICATION CHART FOR FOUR MANUFACTURERS

(a)

MANUFACTURER: HUGHES TOOL CO.

	SERIES	FORMATIONS	TYPES	FEATURES								
				STANDARD ROLLER BEARING (1)	ROLLER BEARING, AIR (2)	ROLLER BRG GAGE PROTECTED (3)	SEALED ROLLER BEARING (4)	SEALED ROLLER BRG GAGE PROTECTED (5)	SEALED FRICTION BEARING (6)	SEALED FRICTION BRG GAGE PROTECTED (7)	DIREC-TIONAL (8)	OTHER (9)
MILLED TOOTH BITS	1	SOFT FORMATIONS WITH LOW COMPRESSIVE STRENGTH AND HIGH DRILLABILITY	1	ØSC3AJ			X3A		J1			MX3A
			2	ØSC3J	S				J2			
			3	ØSC1GJ					J3	JD3		MX1G
			4									
	2	MEDIUM TO MEDIUM HARD FORMATIONS WITH HIGH COMPRESSIVE STRENGTH	1	ØWVJ/ØW4J	M				J4	JD4		
			2	WØ								
			3									
			4									
	3	HARD SEMI ABRASIVE AND ABRASIVE FORMATIONS	1	W7J/W7C	H				J7			
			2	W7R2J								
			3		HR							
			4						J8	JD8		
INSERT BITS	4	SOFT FORMATIONS WITH LOW COMPRESSIVE STRENGTH AND HIGH DRILLABILITY	1									
			2									
			3					X11		J11		
			4									
	5	SOFT TO MEDIUM FORMATIONS WITH LOW COMPRESSIVE STRENGTH	1					X22		J22		
			2									
			3		HH33			X33		J33		
			4									
	6	MEDIUM HARD FORMATIONS WITH HIGH COMPRESSIVE STRENGTH	1		HH44			X44		J44		
			2							J44C/J55R		
			3		HH55					J55		
			4									
7	HARD SEMI ABRASIVE AND ABRASIVE FORMATIONS	1										
		2										
		3		HH77					J77			
		4										
8	EXTREMELY HARD & ABRASIVE FORMATIONS	1		HH88								
		2										
		3		HH99					J99			
		4										

**TABLE 5.5—BIT TYPES OFTEN USED
IN VARIOUS FORMATION TYPES**

IADC Bit Classification	Formation
1-1	Soft formations having low compressive strength and high drillability (soft shales, clays, red beds, salt, soft limestone, unconsolidated formations, etc.)
1-2	
5-1	
6-2	
1-3	Soft to medium formations or soft interspersed with harder streaks (firm, unconsolidated or sandy shales, red beds, salt, anhydrite, soft limestones, etc.)
6-1	
2-1	Medium to medium hard formations (harder shales, sandy shales, shales alternating with streaks of sand and limestone, etc.)
6-2	
2-3	Medium hard abrasive to hard formations (high compressive strength rock, dolomite, hard limestone, hard slaty shale, etc.)
6-2	
3-1	Hard semiabrasive formations (hard sandy or chert bearing limestone, dolomite, granite, chert, etc.)
7-2	
3-2	Hard abrasive formations (chert, quartzite, pyrite, granite, hard sand rock, etc.)
3-4	
8-1	

انتخاب

مشخ

با تع

۱-۳

۲-۳

۳-۳

۴-۳

بر اس

مشخ



انتخاب مته

مشخصات دکل

مشخصات دکل از عوامل مهمی است که در انتخاب مته مورد توجه باید قرار گیرد. برای این منظور باید دکل را به گونه ای تجهیز نمود که بتواند دبی گل مورد نیاز، وزن مناسب جهت اعمال روی مته، سرعت مناسب جهت چرخش مته را تامین نماید. تامین تمام این موارد همراه با انتخاب درست مته باعث افزایش سرعت حفاری می شود.

انتخاب مته

هزینه هر متر حفاری

در انتخاب مته مسائل اقتصادی از اهمیت بسزایی برخوردار است که این مورد از طریق محاسبه هزینه حفاری هر متر چاه با استفاده از فرمول زیر انجام می شود.

$$c = \frac{R * (T + t) + B}{F}$$

C = Drilling Cost PerMeter (\$/M)

R = Rig Operating Cost Per Hour (\$/H)

T = Drilling Time (Hour)

t = Trip Time (Hour)

B = Bit Cost (\$)

F = Meterag Drilling (M)



انتخاب مته

هزینه هر متر حفاری

باید توجه نمود که در ابتدای حفاری هزینه حفر پایین است، با افزایش عمق و فرسوده شدن مته هزینه حفاری افزایش می یابد. لذا با محاسبه مقدار هزینه حفاری در طول زمان حفاری به صورت پیوسته می توان تشخیص داد که چه موقع تعویض مته درون چاه از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است. (معمولا مقایسه نسبت به اطلاعات چاه مشابه انجام می شود)

انتخاب مته

محاسبه انرژی ویژه:

در حفاری دورانی کار انجام شده را می توان به دو بخش کار انجام شده توسط نیروی محوری (وزن روی مته) و کار انجام شده توسط مولفه دورانی (نیروی گشتاور) تقسیم نمود. در نتیجه کل کار با در نظر گرفتن اتلاف انرژی صفر و پیشروی Y به شرح زیر می باشد.

$$W_{total} = WY + 2\pi N \left(\frac{T}{R}\right)Y$$

در این فرمول W وزن روی مته، N سرعت دورانی، T گشتاور اعمالی، R نرخ نفوذ است

با تقسیم معادله بالا به حجم حفاری شده AY انرژی ویژه به شرح زیر بدست می آید.

$$SE = \frac{W}{A} + \frac{2\pi NT}{AR}$$

بر اساس آنالیز حساسیت، مشخص شده است که نرخ نفوذ

نسبت به وزن روی مته و سرعت دورانی اثر بیشتری در انرژی ویژه دارد. از اینرو ابزار مناسبی برای تعیین مته می باشد.

در یک سازند مشخص مته ای که دارای انرژی ویژه کمتری باشد انتخاب می شود.

بررسی فنی مته ها

بررسی قطر مته ها

ارزیابی قطر مته نکته بسیار مهمی در انتخاب مته بعدی است. به عنوان مثال اگر مته

Measured Distance

3 Cone Bits

**AMOUNT OUT OF GAGE =
MEASURED DISTANCE X
2/3**



به مشکلات قرار دادن رینگ در وسط مته این روش منسوخ شده است)

۲- رینگ را از یک طرف به مته چسبانده و مقدار فاصله مته تا رینگ را در $\frac{2}{3}$ ضرب نموده و مقدار ساییدگی مته بدست می آید.



بررسی فنی مته ها

بررسی فنی مته ها

اگر قطر مته ای کم نشده باشد مته INGAGE است (I) و اگر قطر آن کم شده باشد مته OUT OF GAGE است (O). مقدار ساییدگی مته به صورت ضریبی از ۱/۱۶ به همراه حرف O نمایش داده می شود.



جمع بندی کلی در رابطه با انتخاب مته

علاوه بر موارد مذکور در هنگام انتخاب مته باید موارد زیر مورد نظر قرار گیرد.

۱- انتخاب مته از نظر اقتصادی باید بررسی شود.

۲- مته های مخروطی با طراحی خاص، مته های الماسی گران قیمت و PDC در زمانی که قیمت حفاری روزانه زیاد است استفاده شود. در این حالت قیمت مته در روز نباید از هزینه دکل بیشتر شود.

۳- مته های مخروطی سه کاجه بهترین مته های در دسترس بوده و انتخاب اولیه خوبی برای چاه های کم عمق است.

۴- در زمان استفاده از مته های کاجی:

الف- استفاده از بیشترین طول دندان (تا حد مجاز)

ب- کمترین مقدار شکست دندان های با کوتاهی دندان ها تعیین می شود

ج- زمانی که بر اساس مسائل اقتصادی وزن کافی بر روی مته برای خودتیز کنی مته، نمی توان اعمال کرد، از مته های با دندان بلند باید استفاده نمود.



جمع بندی کلی در رابطه با انتخاب مته

د- در زمانی که سرعت از بین رفتن دندانه ها کمتر از سرعت از بین رفتن یاتاقان ها است، مته ای با دندانه بلند انتخاب شود یا یاتاقان بهتر یا وزن بیشتر اعمال شود

ه- در زمانی که سرعت از بین رفتن یاتاقان خیلی کمتر از سرعت از بین رفتن دندانه ها است، از دندانه های کوچکتر یا یاتاقان با طراحی اقتصادی تر و یا وزن کمتر باید اعمال شود.

۵- در مقاطع یکنواخت سازندهای کربناته و تبخیری که با سازندهای شیلی سخت یا سنگ های شکننده تداخل ندارند مته های PDC کارایی خیلی خوبی دارند.

۶- مته های PDC نباید در سازندهای چسبنده که چسبندگی قابل توجهی دارند استفاده شود.

- ✓ Drilling Engineering Workbook, A Distributed Learning Course, 1995
- ✓ Applied Drilling Engineering, Adam T. Bourgoyane Jr., Keith K. Millheim, 1986
- ✓ IADC Drilling Manual, eBook Version (V.11), 2000
- ✓ Internet sites