

What is Explosive

Explosive is a chemical mixtures consisting of two or more compounds. Explosive can have rapid combustion when activated with appropriate tools or with certain conditions such as pressure, heat, fire, impact, friction, electrostatic, electromagnetic, radio signal etc.

Every kind of explosive contains two typical compounds, oxidizing agent and fuel . When the combustion rate of explosive is fast but not fast enough to explode (say between 1000-2000 m/s) we call fast burning or “deflagration” (technical term). Deflagration is a characteristic of low explosive material.

What is Explosive

High explosive is an explosive that have very fast combustion (say more than 2000 m/s), we call it “detonation” and the rate of combustion is called “velocity of detonation or VOD”

High explosive can explode (make a loud noise) in unconfined space (open air) while low explosive can explode in confined condition.

History of Explosive

- Black Powder was originated in China around the tenth century
- 1380 German Franciscan Monk, Berthold Schwarts developed gunpowder and its use in guns.
- 1627 First recorded use of black powder for rock blasting (Hungary).
- 1670 Black powder use spreads to tin mines of Cornwall England by German miners.
- 1773 Black powder first used in U.S. at Copper Mine in Connecticut.

History of Explosive

- 1831 William Bickford of Cornwall, England invents Safety Fuse.
- 1846 Italian chemist Ascanio Sobrero discovers nitroglycerine.
- 1864 Swedish inventor Alfred Nobel develops first detonating blasting cap and dynamite.
- 1884 Ammonium Nitrate (AN) becomes widely used in dynamite formulations.
- 1935 duPont introduces first commercially successful non-nitroglycerin ammonium nitrate (AN) blasting agent.

History of Explosive

- Late 1950's Prilled AN fuel mixture begins to replace dynamite.
- 1971 Emulsion ANFO blends introduced.
- 1974 Shock tube-type non-electric delay detonators introduced in U.S.
- Late-1980's Electronic delay detonators (EDD's) introduced.

DEVELOPMENTS OF INITIATION METHODS SCANDINAVIA.

YEAR	FUSE/CAP	ELECTRIC	NONELECTRIC
1945	95%	5%	
1955	75%	25%	
1970	17%	83%	
1980	5%	85%	10%
2000	3%	40%	57%
2015	1%	10%	85%

ELECTRONIC 4%

HOW WILL IT LOOK 2025

1%	5%	75%
----	----	-----

ELECTRONIC 19%

AUSTRALIA	NONELECTRIC
SINGAPORE	ELECTRONIC
HONG KONG	

THAILAND, LAOS, CAMBODIA (EBC)
MYANMAR, INDONESIA (NONEL)

EXPLOSIVES

LOW EXPLOSIVES

BLACK POWDER
SMOKELESS POWDER
FLASH POWDER

HIGH EXPLOSIVES

PRIMARY HIGH EXPLOSIVES

LEAD AZIDE
LEAD STYPHNATE
MERCURY FULMINATE
DDNP
TETRAZENE

SECONDARY HIGH EXPLOSIVES

BOOSTERS

PETN
RDX

MAIN CHARGE

DYNAMITE
BINARY EXPLOSIVES
WATER GELS
EMULSIONS
TNT
ANFO

การจำแนกวัตถุระเบิดตามวัตถุประสงค์การใช้



ใช้ในงานทหาร



ใช้ในงานอุตสาหกรรม

การจำแนกวัตถุระเบิดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม

- วัตถุระเบิดที่ใช้ในการจุด สำหรับการระเบิด
ได้แก่ ตัวจุดระเบิดทุกชนิด (Initiators) เช่น แก๊ปแต่ละชนิด , สายชนวนระเบิด
- วัตถุระเบิดที่ใช้ในการกระตุ้น สำหรับการระเบิด
ได้แก่ วัตถุระเบิดแรงสูงทุกชนิด (High explosive) เช่น อิมัลชัน เป็นต้น
- วัตถุระเบิดที่ใช้ในการให้กำลัง สำหรับการระเบิด
ได้แก่ สารระเบิดทุกชนิด (Blasting agent) เช่น แอนโฟ หรือ วัตถุระเบิดแรงสูง

VOD of some explosive at different size

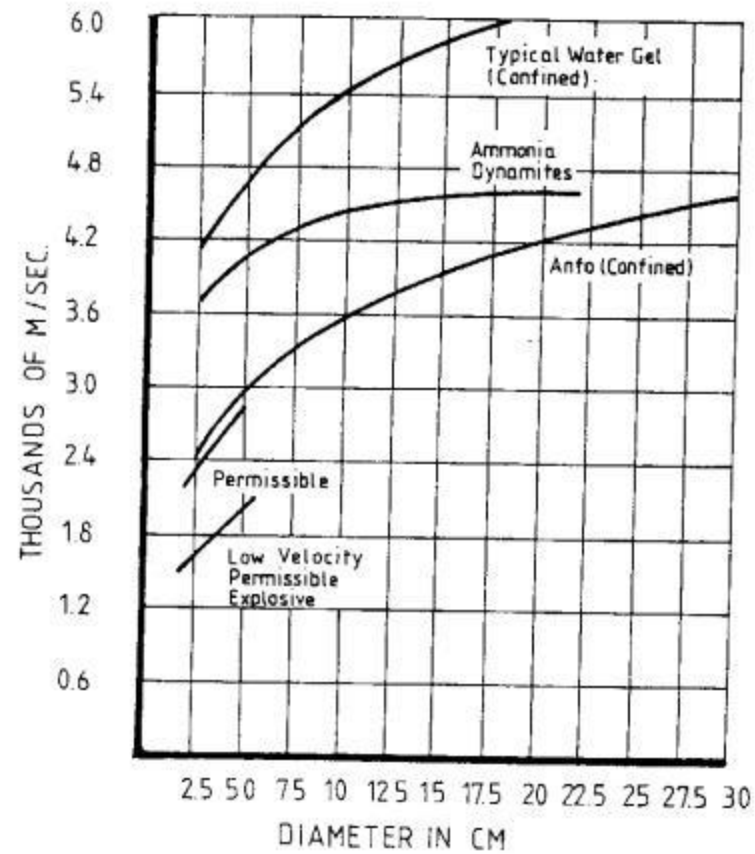


Figure 2. Chart details how the diameter of an explosive affects its velocity.

Low explosive

- **Black powder or Gunpowder contains 75% potassium nitrate, 15% softwood charcoal, and 10% sulfur by weight.**
- **In mining industry, black powder is used in cutting block of dimension stone such as marble and granite, instantaneous electrical detonators (IED) is used to detonate the black powder in this application.**
- **Potassium chlorate was used to mix with mercury fulminate as the primary explosive in detonator.**

Primary High explosive

- **A primary hi explosive is an explosive that is extremely sensitive to stimulate such as impact, friction, heat, static electricity, or electromagnetic radiation.**
- **Primary explosives are commonly used in blasting caps and percussion caps.**



Lead Styphnate



Lead azide



MERCURY FULMINATE

Application of Lead Styphnate in percussion caps



Secondary High explosive

- **A secondary hi explosive is less sensitive than a primary explosive and require substantially more energy to be initiated.**
- **Examples of secondary explosives include TNT and RDX. HMX**

TNT (Trinitrotoluene)

- **VOD 6900 m/sec**
- **Density 1.65 g/cc**
- **Pentolite is TNT + PENT -use as a primer of main charge**
- **TNT is used as and additive explosive in ANFO to improve it's performance.**

PETN

- **VOD 7200 m/sec Density 1.76 g/cc**
- **Detonating Pressure 220 Kbar**
- **PENT is use as a base charge of detonator, a core load of detonating cord and in manufacturing of Pentolite**
- **PETN is a secondary explosive since it is not as sensitive as primary such as a lead azide and lead styphnate**

RDX (Research Department Formula X)

- **Its chemical name is cyclotrimethylenetrinitramine**
- **VOD 8200 m/sec Density 1.70 g/cc**
- **Detonating pressure 240 Kbar**
- **RDX is second strength to nitroglycerine among common explosive substance.**
- **It is use as a base charge of detonator like PETN**
- **Composition B is a mixture of RDX and TNT**
- **Composition 4 (C 4) is a mixture of 97% RDX and 3% stearic acid.**

HMX (octogen)

- **VOD 9100 m/sec Density 1.91 g/cc**
- **Detonating Pressure 240 Kbar**
- **HMX is use as and explosive in manufacturing of shock tube using for initiating NONEL detonator**
- **HMX is a secondary explosive since it is not as sensitive as primary such as a lead azide and lead styphnate**



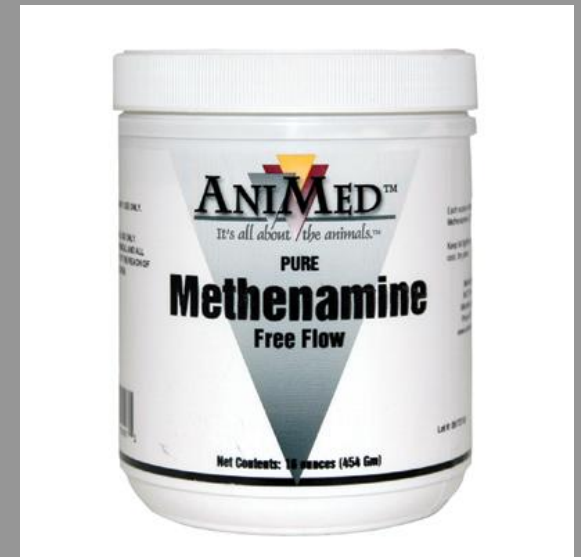
TNT



PETN



Pentolite

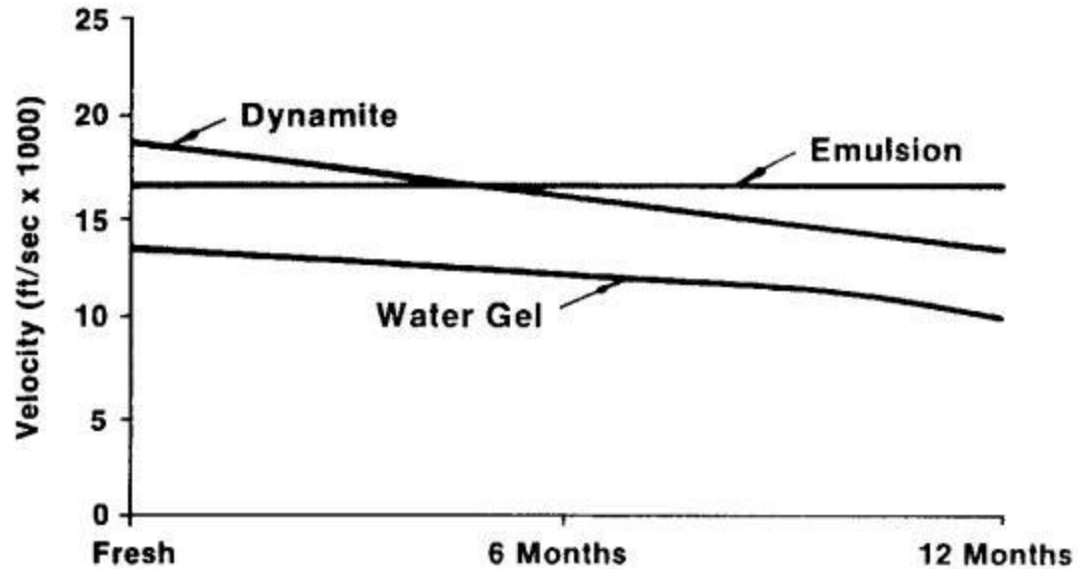


C4 Explosive made from RDX and glue

Main charge or Tertiary explosive

- **Main charge explosive is normally ANFO and other ammonium nitrate based explosives.**
- **In some operations dynamite, TNT, RDX, PETN, and some other high explosives may be used.**

VOD and Storage time of some explosive

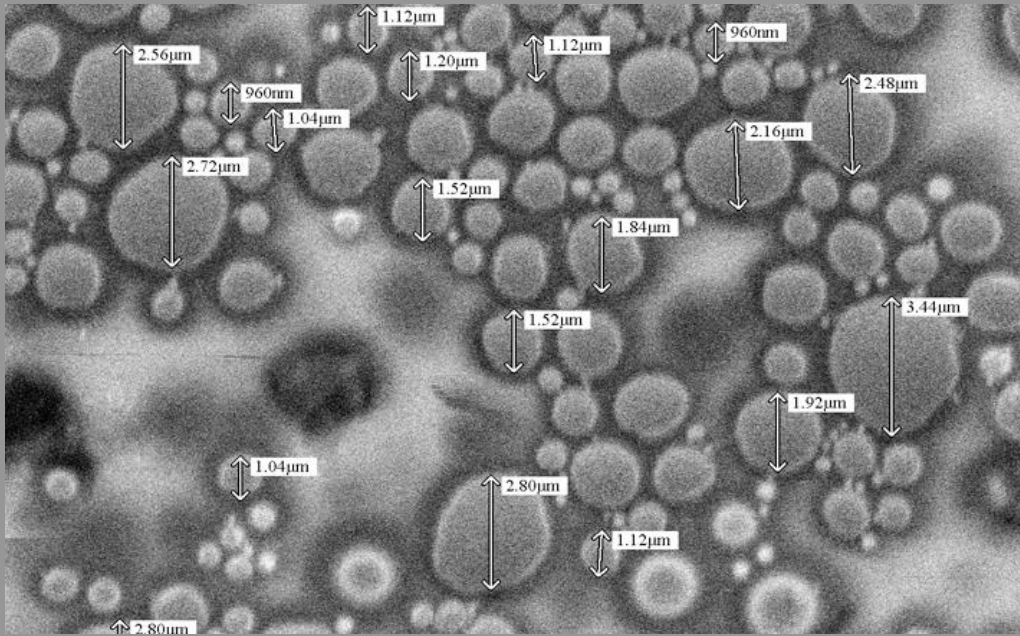


Emulsion Explosive

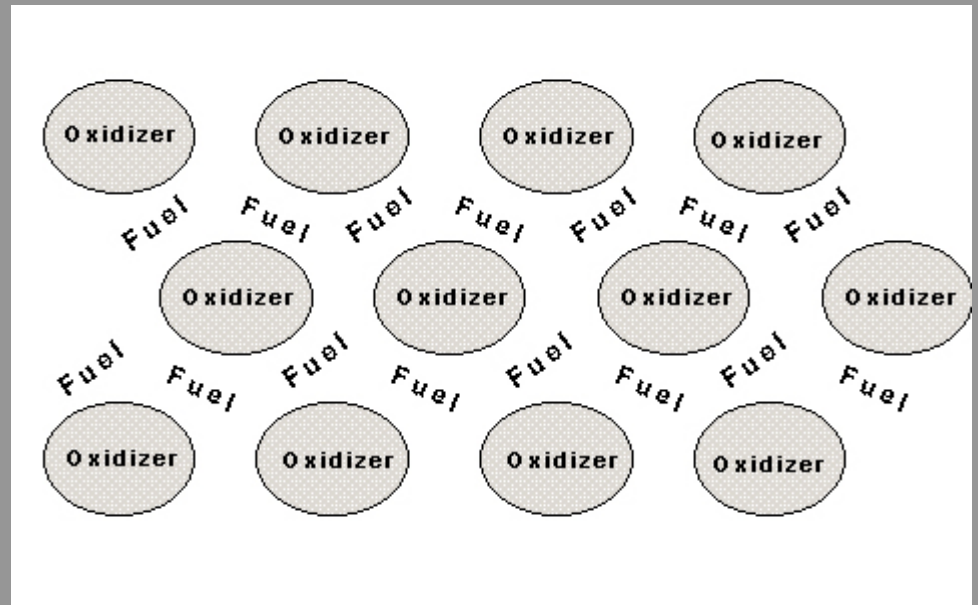
- **In explosives belonging to the emulsion family the oxidant is introduced in the form of a watery solution into an oily phase by an emulsifier. These substances can be initiated using a detonator after adding gas bubbles, or micro balloons, during the manufacturing process. The main building blocks of these explosives are water, an oxidant, a thickening agent, organic material, and in the case of cap-sensitive explosives – gas bubbles or micro balloons.**
- **VOD 4500-5500 m/sec**
- **Detonating pressure 100-120 Kbar**

Emulsion Explosives

Physical Form



Oxidizer surrounded by fuel



Emulsion Explosive





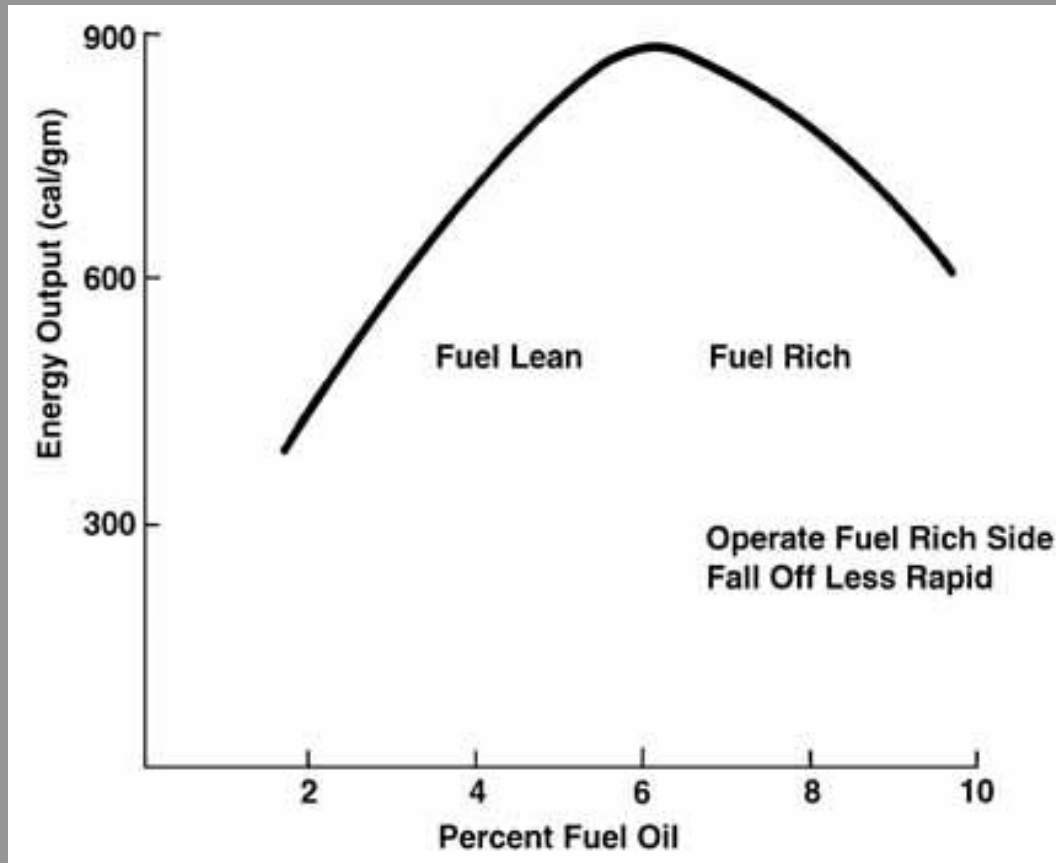
Binary Explosive
(Kine-Stick)

Blasting Agents

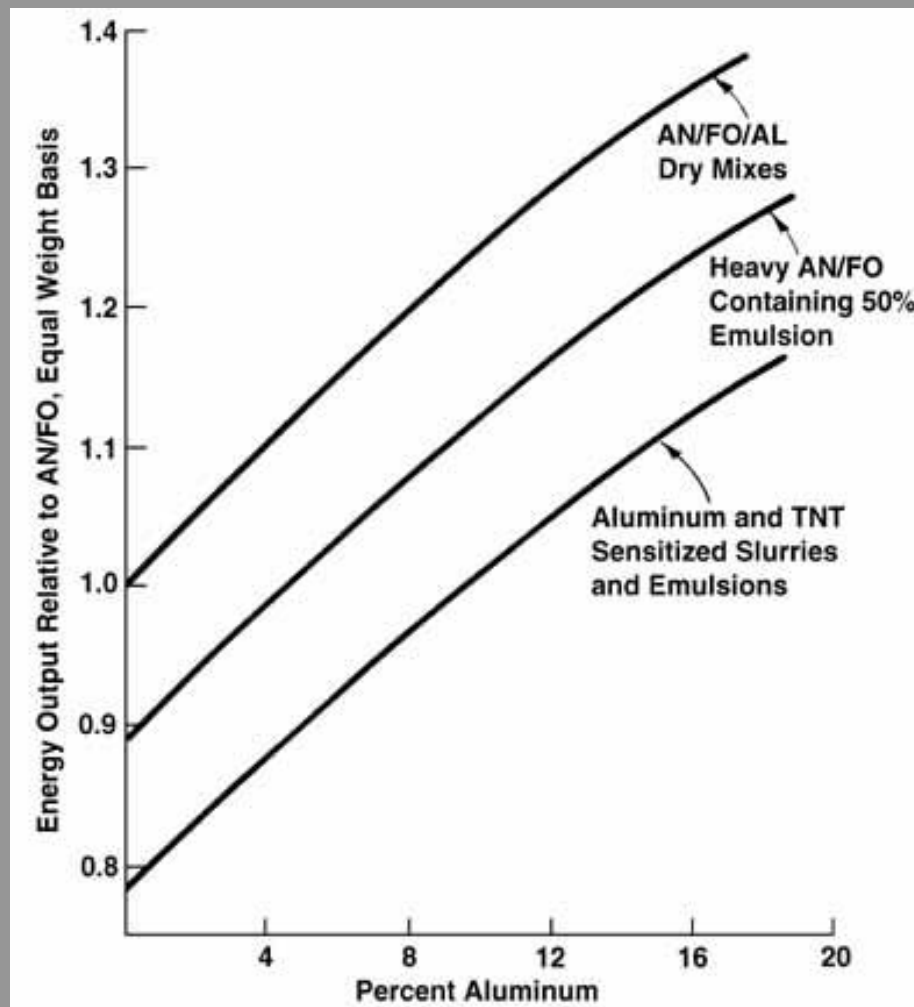
- **The blasting agents are a classification for the storage and transportation of some explosives since they are less sensitive to initiation and, therefore, can be stored and transported under different regulations than would normally be used for more sensitive high explosives.**
- **The subclass of high explosives, called blasting agents, are materials or mixture which consists of a fuel and oxidizer. The finished products, as mixed and packaged for shipping, cannot be detonated by a number 8 blasting cap in a specific test. ANFO is an example of blasting agent.**

ANFO (Ammonium Nitrate and Fuel Oil)

- **A variety of fuels could be used with the ammonium nitrate. Fuel oil is cheap and easy to apply. For maximum energy output, the oxygen balanced mix of approximately 94.4% AN to 5.6% FO gives the optimum mix.**
- **ANFO is the most explosive used in explosive industry today.**
- **Heavy ANFO is ANFO mixing with aluminum emulsions of ammonium nitrate, TNT, etc., to increase strength and to overcome the water resistance .**



Energy output vs. percent fuel oil added to ammonium nitrate.



Weight strengths relative to ANFO for Al/ANFO dry mixes and for aluminum and TNT-sensitized slurries and emulsions containing different percentages of aluminum.



ANFO

Detonating cord

- **Detonating cord is a flexible plastic tube containing a center core of high explosive usually PETN that is use as:**
 - **- initiator of other high explosive**
 - **-transmitter of detonating wave to primer at main charge**
 - **-main charge**

Blasting cap is need to detonate detonating cord.



NONEL-cap and shock tube



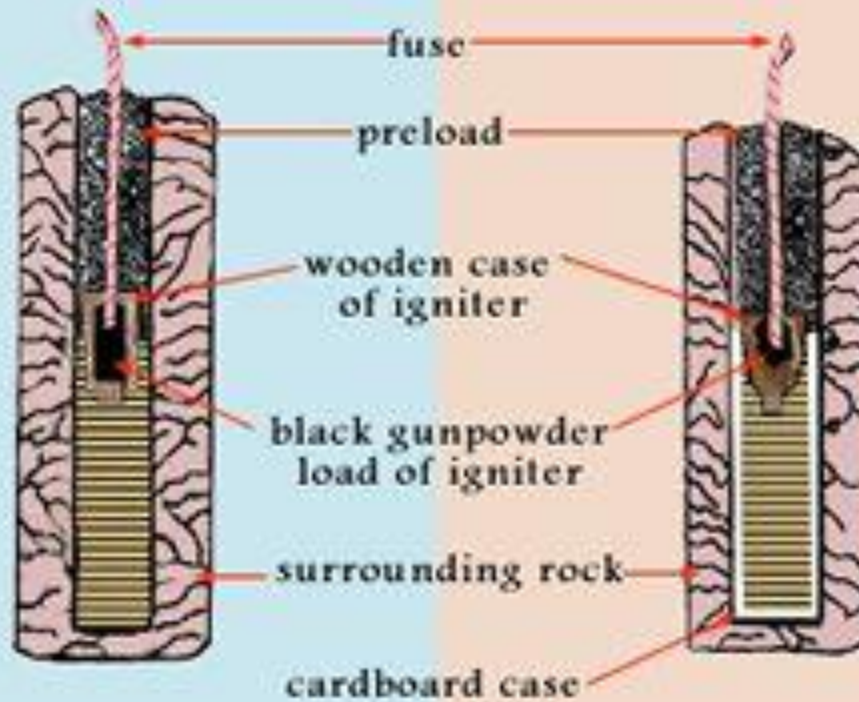
Nitroglycerin



Alfred Nobel



1. Early type



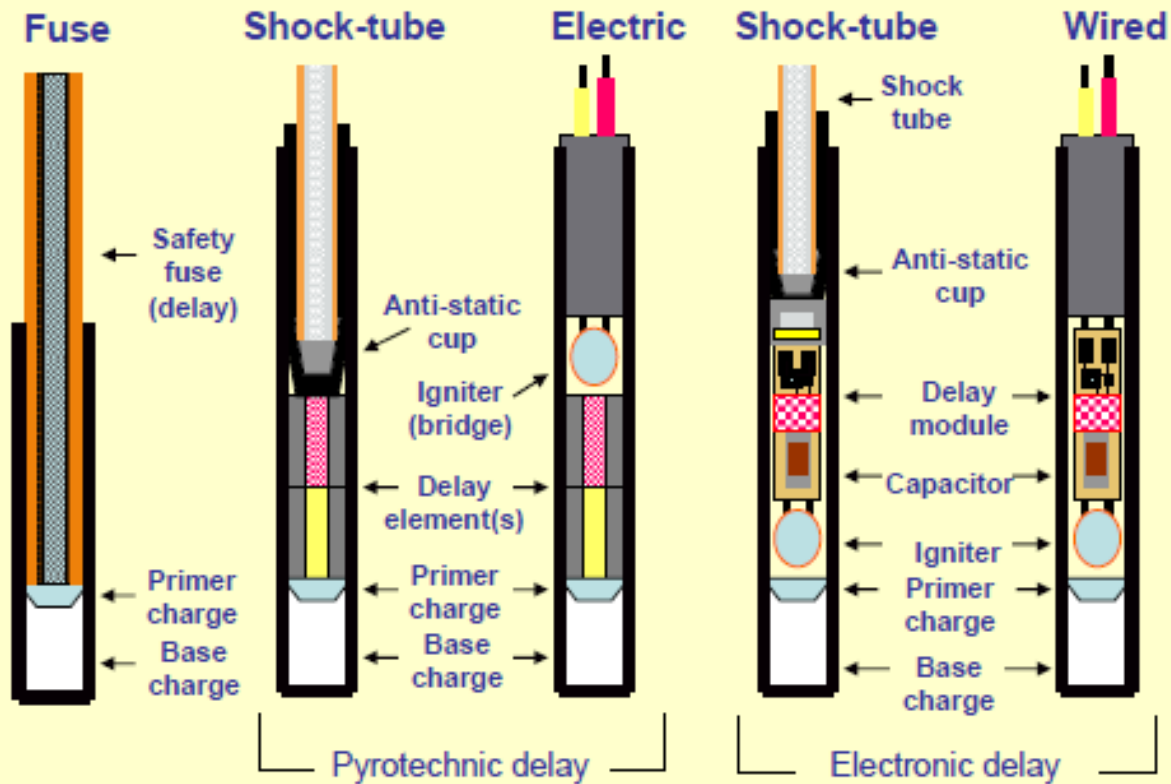
2. Later type

(introduced drilling hole
with nitroglycerine)

(Cartridge of nitro-
glycerine with igniter)

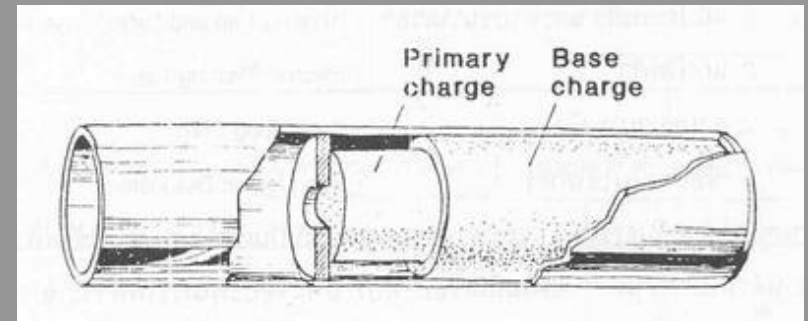
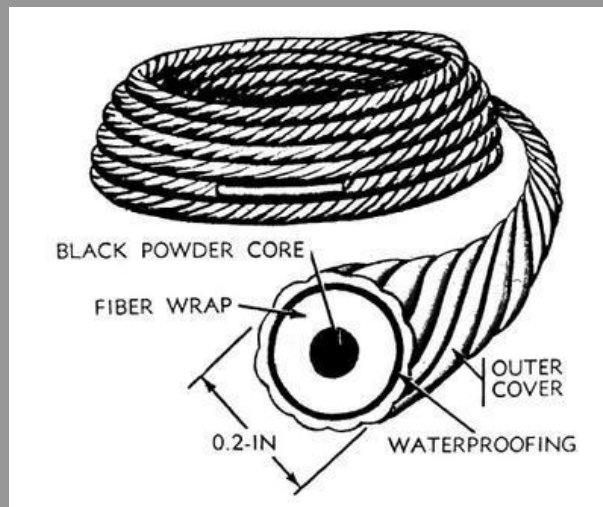
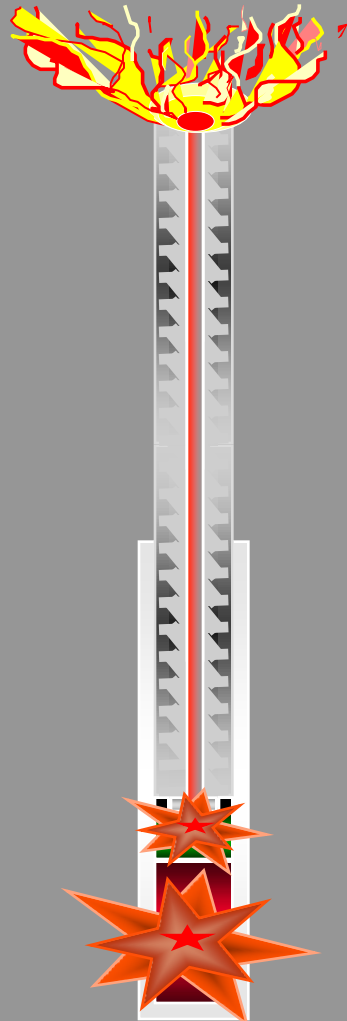
Introduced drilling hole with nitroglycerine

Introduction: Types of Delays

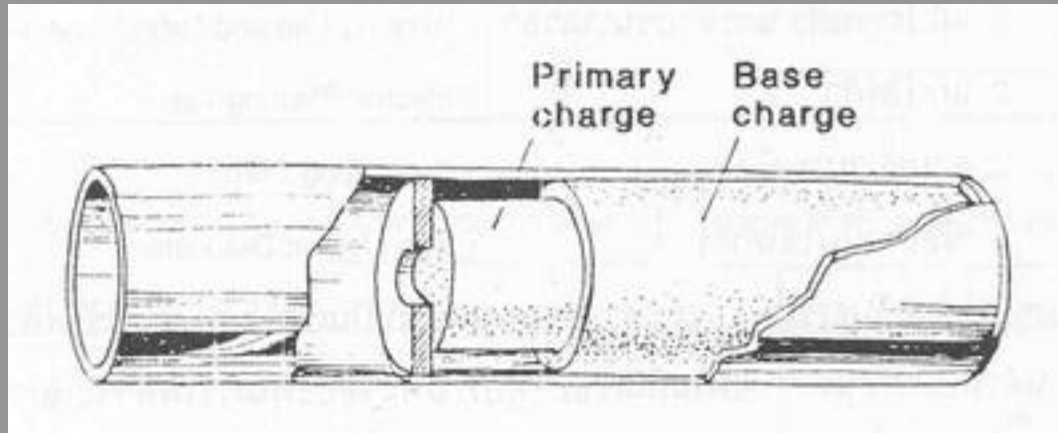


ระบบการจุดระเบิดแก่ปชนิดต่างๆ

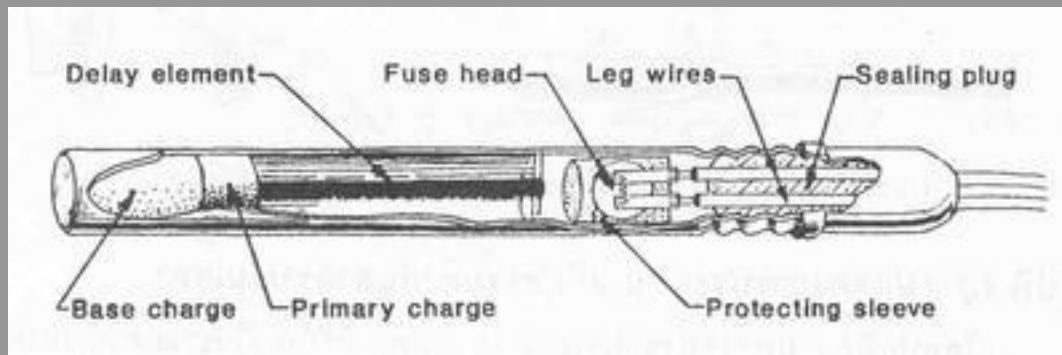
แก้ป้ชรรรรรรและสายชนวนเวลา (Plain Detonator and Safety fuse)



เบอร์	6	8	8*
PETN (g)	0.35	0.45	0.7



(Plain Cap)



(Electric Cap)

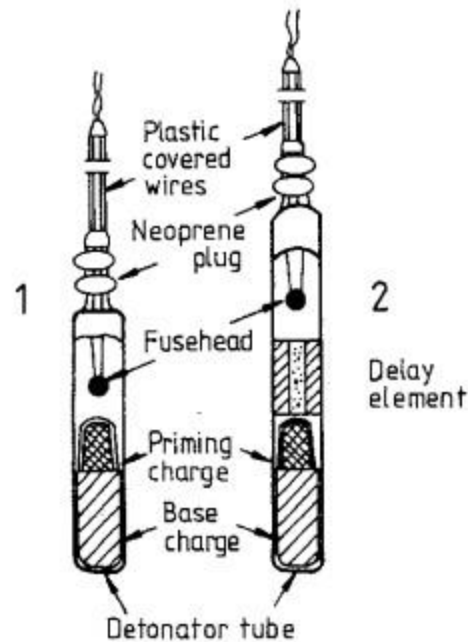
ข้อดีของเชื้อปะทะธรรมดา กับ สายชนวนเวลา

- ง่าย เงินลงทุนเบื้องต้นต่ำ
- ป้องกันความเสี่ยงจากกระแสไฟฟ้าภายนอกได้ดีกว่าเก็บไฟฟ้า
- ถ่วงเวลาได้
- เหมาะสำหรับการระเบิดปริมาณน้อยๆ
- ไปจำเป็นต้องมีการฝึกอบรมการใช้งานมากนัก
- ตัดสายชนวนให้ยาวตามความลึกของรูระเบิดได้

ข้อเสียของเชื้อปะทะธรรมดา กับ สายชนวนเวลา

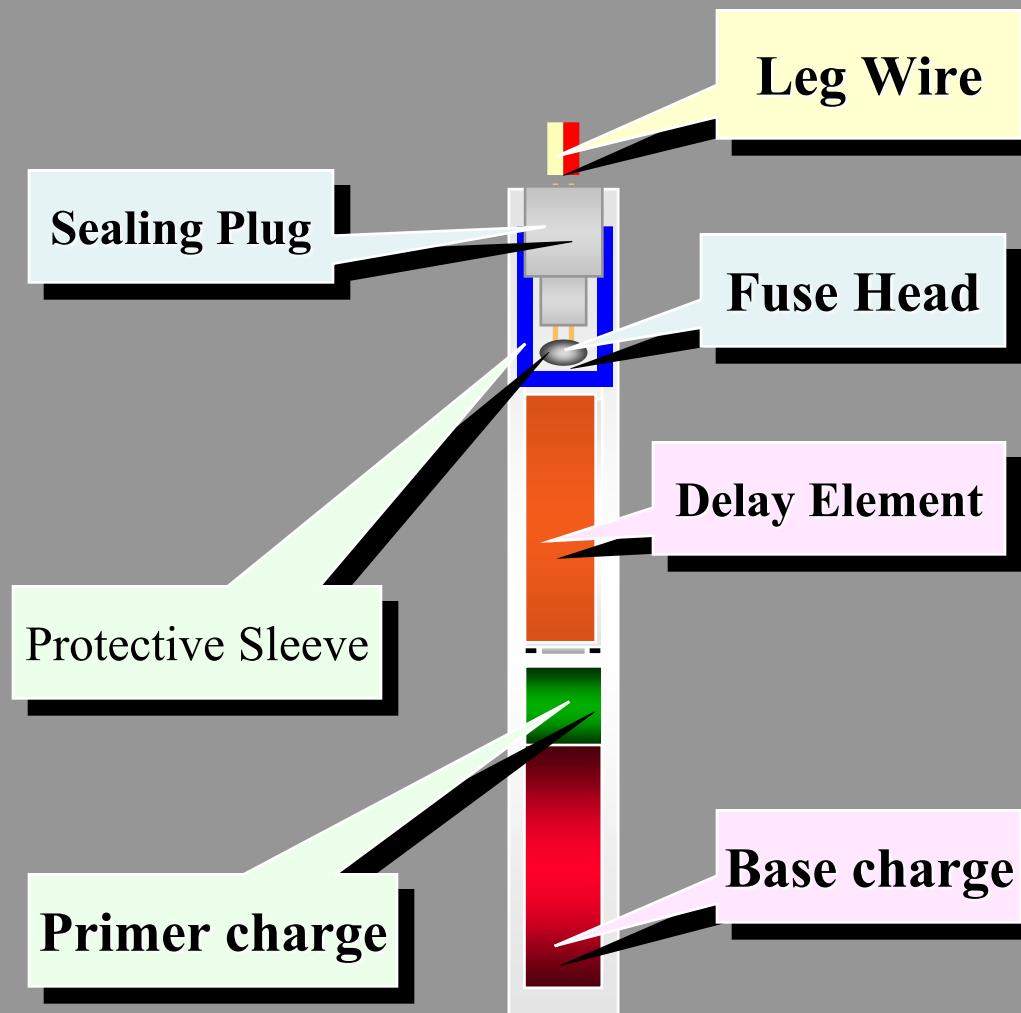
- มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง โดยเฉพาะเสี่ยงจากการระเบิด
- มีความเสี่ยงจากจุดระเบิดด้วยไฟ
- ระยะการถ่วงเวลาไม่แม่นยำ
- ไม่เหมาะสำหรับการระเบิดปริมาณมาก ๆ ในปัจจุบัน
- หากต้องการระเบิดมาก ๆ อาจมีต้นทุนสูงกว่าเชื้อปะทะไฟฟ้า
- คุณสมบัติในการป้องกันน้ำต่ำ
- ใช้เวลาในการจุดระเบิดนาน

แก๊ปไฟฟ้า (Electrical Detonators)



*Figure 15. Electric detonators.
Instantaneous (1) and delay type (2).*

แก๊สปืนไฟฟ้า (Electrical Detonators)



สารหน่วงเวลา (Delay Element) ในแก้ว

เป็นสารประกอบติดไฟ (pyrotechnic composition) ที่บรรจุอยู่ระหว่างตัวจุดระเบิดกับวัตถุระเบิดในแก้วมีอัตราการไหม้ไฟคงที่

เป็นส่วนผสมของสารเคมีที่เป็นเชื้อเพลิงและสาร oxidize เช่น silicon, ferric oxide, barium chromate, lead compounds etc. มีอัตราการไหม้ไฟระหว่าง 3.4-9.9 มิลลิเมตรต่อวินาทีขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้

มีความแม่นยำในการถ่วงเวลาน้อยกว่าการถ่วงเวลาด้วยระบบ

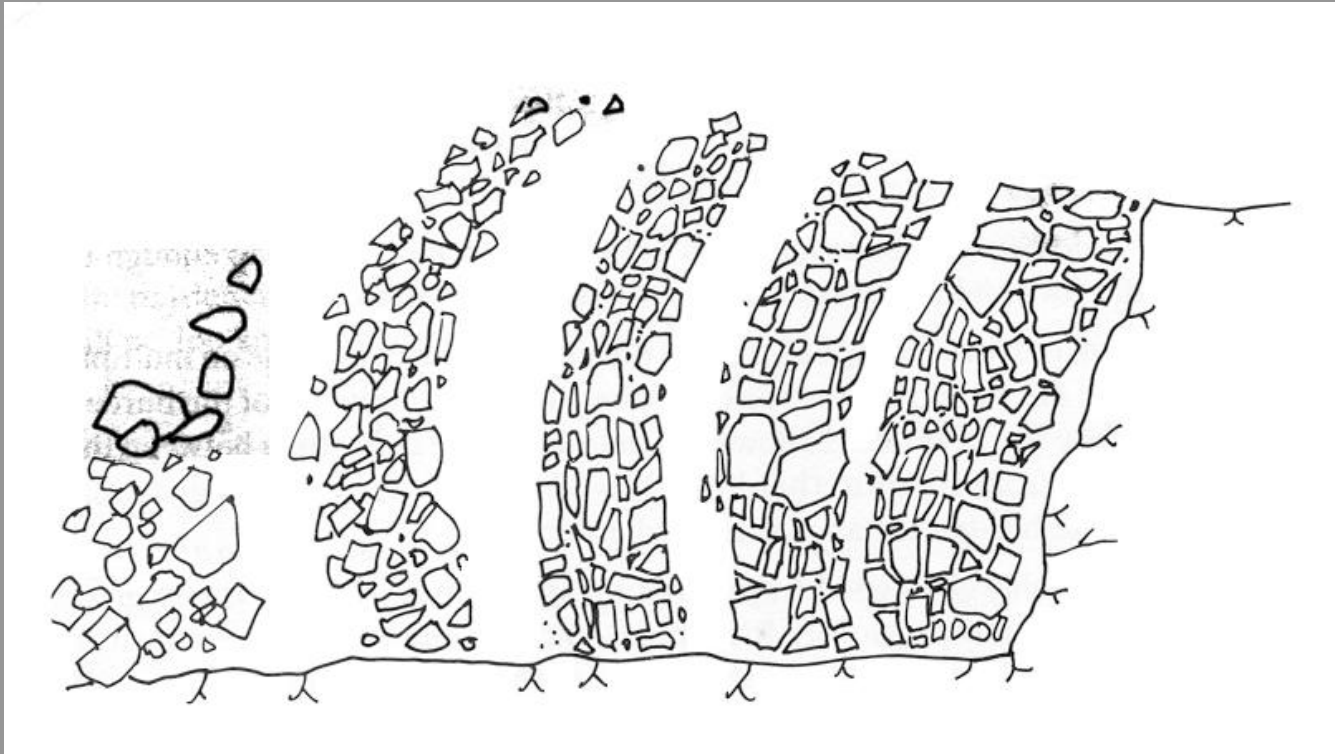
การถ่วงเวลาในการระเบิด (Delay Time)

ประโยชน์ของการถ่วงเวลาในการระเบิด

- ❖ ช่วยลดแรงสั่นสะเทือน แรงอัดอากาศ และหินปลิว
- ↔ หินแตกได้ดีมากขึ้นทำให้ระเบิดหินได้ครั้งละมากๆ
- ❖ ช่วยลดแนวรอยร้าวของหน้าผาด้านหลัง
- ❖ เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และ ลดค่าใช้จ่ายในการระเบิดย่อยหินใหญ่ (Secondary blasting)

การออกแบบถ่วงเวลาในการระเบิด

ระยะการเคลื่อนตัวของหินจากการระเบิด

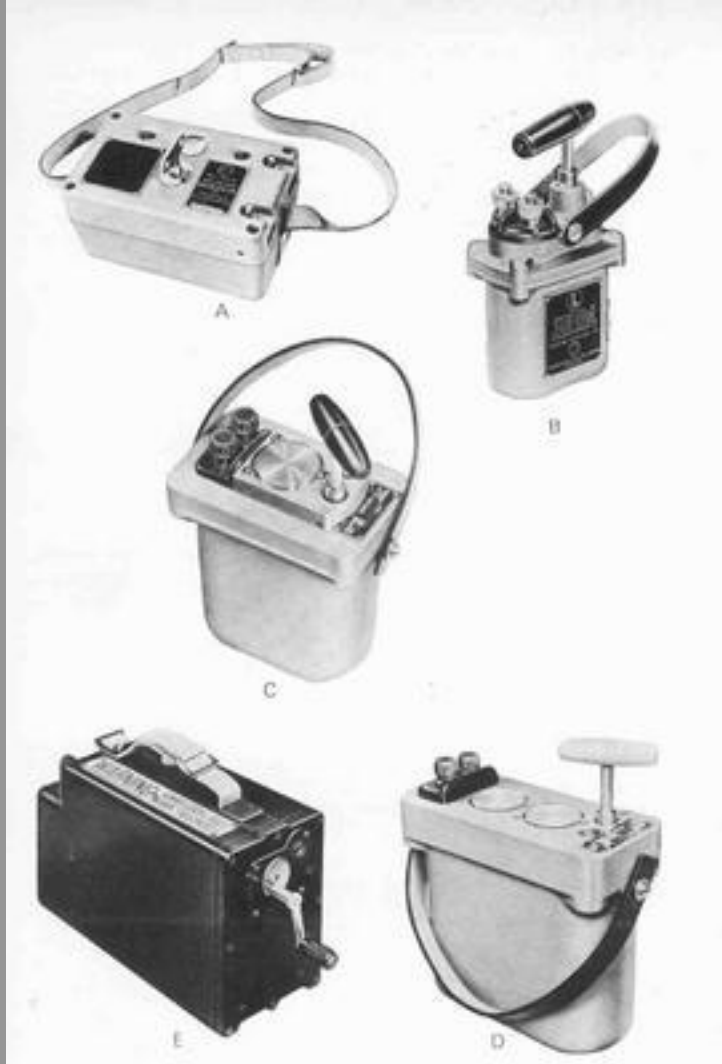


ข้อดีของเชื้อปะทุไฟฟ้า

- มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำโดยเฉพาะเสียงจากการระเบิด
- จุดระเบิดจากกันรุกรระเบิดทำให้ระเบิดส่วนบนไม่เสียหาย และป้องกันความสั่นสะเทือนได้ดีกว่า
- ระยะการถ่วงเวลาแม่นยำมากขึ้น
- เหมาะสำหรับการระเบิดปริมาณมากๆ
- หากต้องการระเบิดมากๆ มีต้นทุนต่ำกว่าเชื้อปะทุธรรมดา
- มีคุณสมบัติในการป้องกันน้ำได้ดีมาก
- ใช้เวลาในการจุดระเบิดน้อย

ข้อเสียของเชื้อปะทุไฟฟ้า

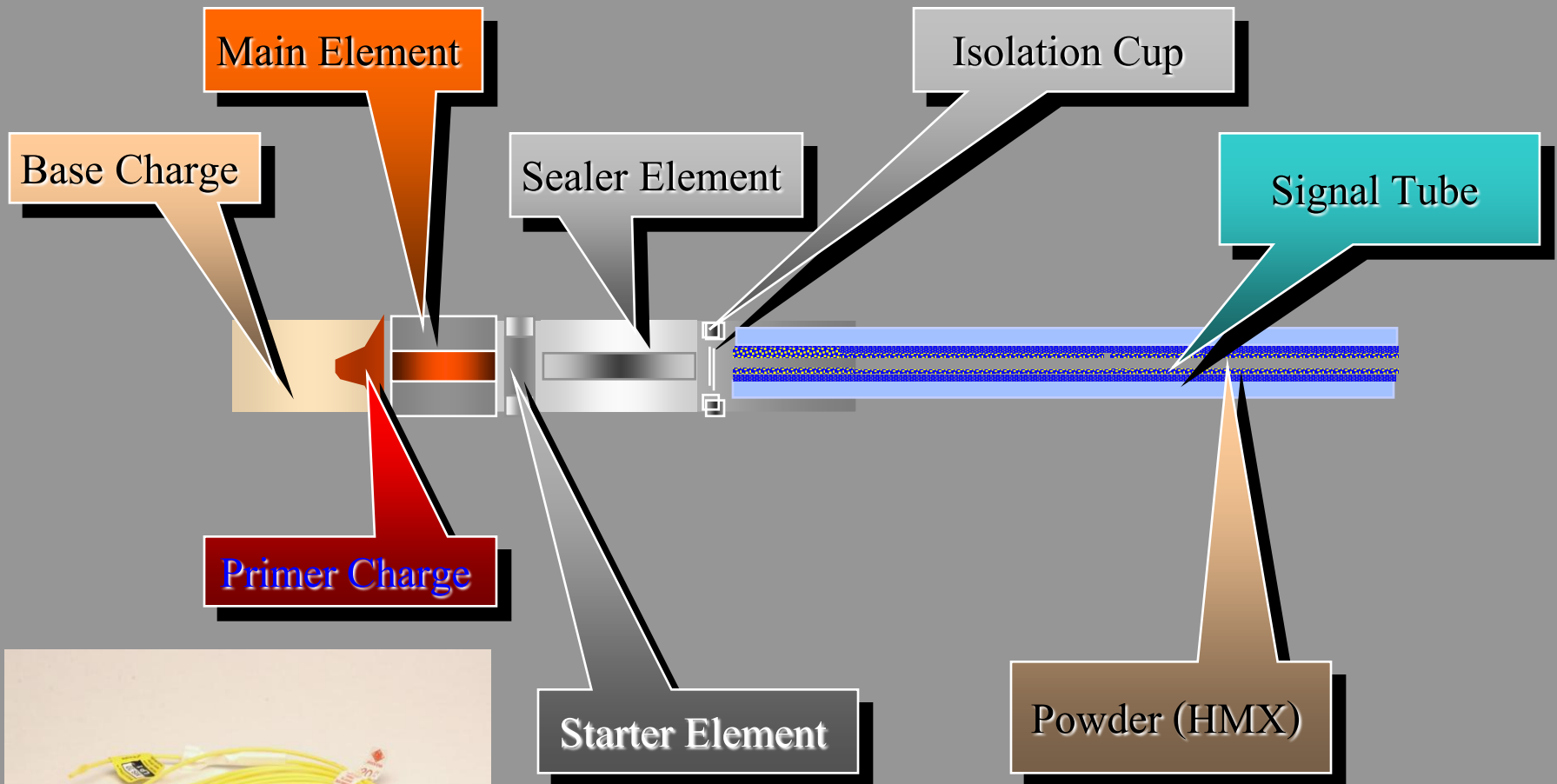
- มักมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการจุดระเบิดโดยเชื้อปะทุ NONEL เนื่องจากการถ่วงเวลาได้จำกัด
- มีความเสี่ยงสูงจากอันตรายของกระแสไฟฟ้าภายนอก (Extraneous Electricity) เช่น ไฟฟ้ารั่ว จากสื่อทางไฟฟ้า หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ หรือคลื่นโทรศัพท์ กระแสไฟฟ้าสถิต รวมถึง การใช้งานในช่วงที่มี พายุฝนฟ้าคะนอง
- ระเบิดด้านได้ง่ายในกรณีที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วจากวงจร
- ต้องการคนงานที่ได้รับการฝึกอบรมมาอย่างดี
- หากมีการละเมิดกฎความปลอดภัยอาจเกิดระเบิดโดยไม่ตั้งใจได้ง่าย



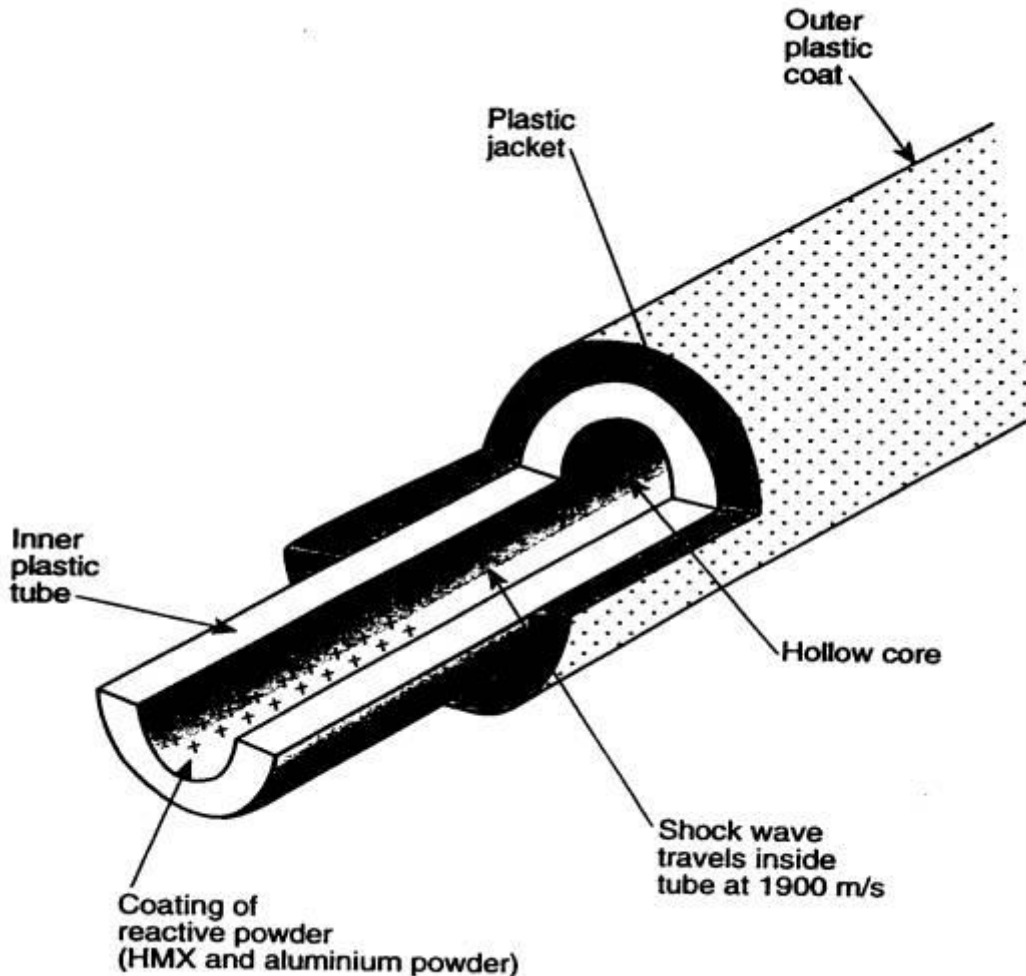
Ohm meter for blasting
circuit

Blasting Machine

เชือกปะทุ Non Electric

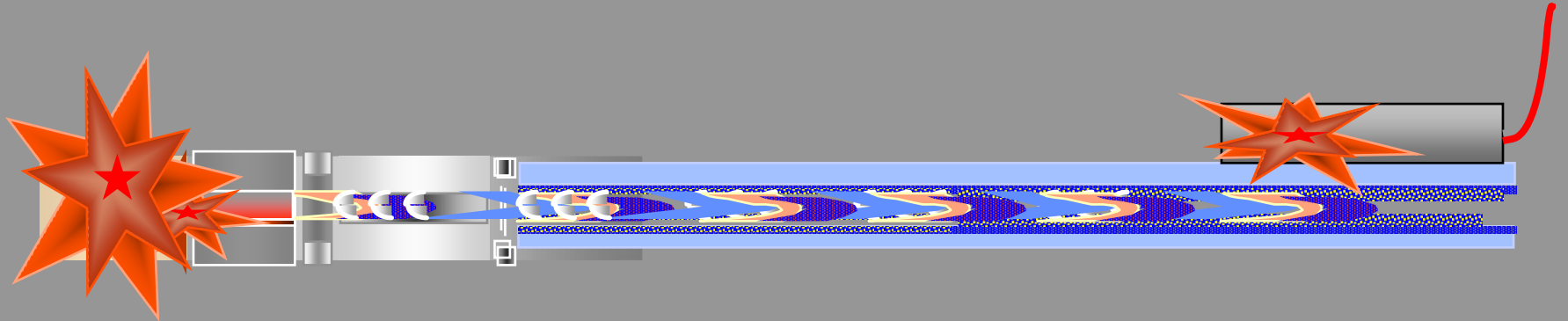


Shock tube



- Shock tube is a flexible thin and transparent plastic tube contains a thin coating 0.02 g/m of high explosive, which, when, initiated by blasting cap transmits a low energy signal from one point to another at a velocity of 2000 m/sec

เชอปะทุ Non Electric



$$\text{VOD} = 2200 \text{ M/S}$$

ชนิดของแก้ป้อนอิเล็กทรอนิกส์

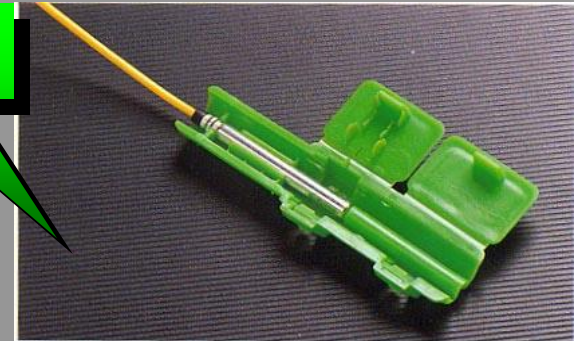
DOWN LINE

SURFACE DELAY

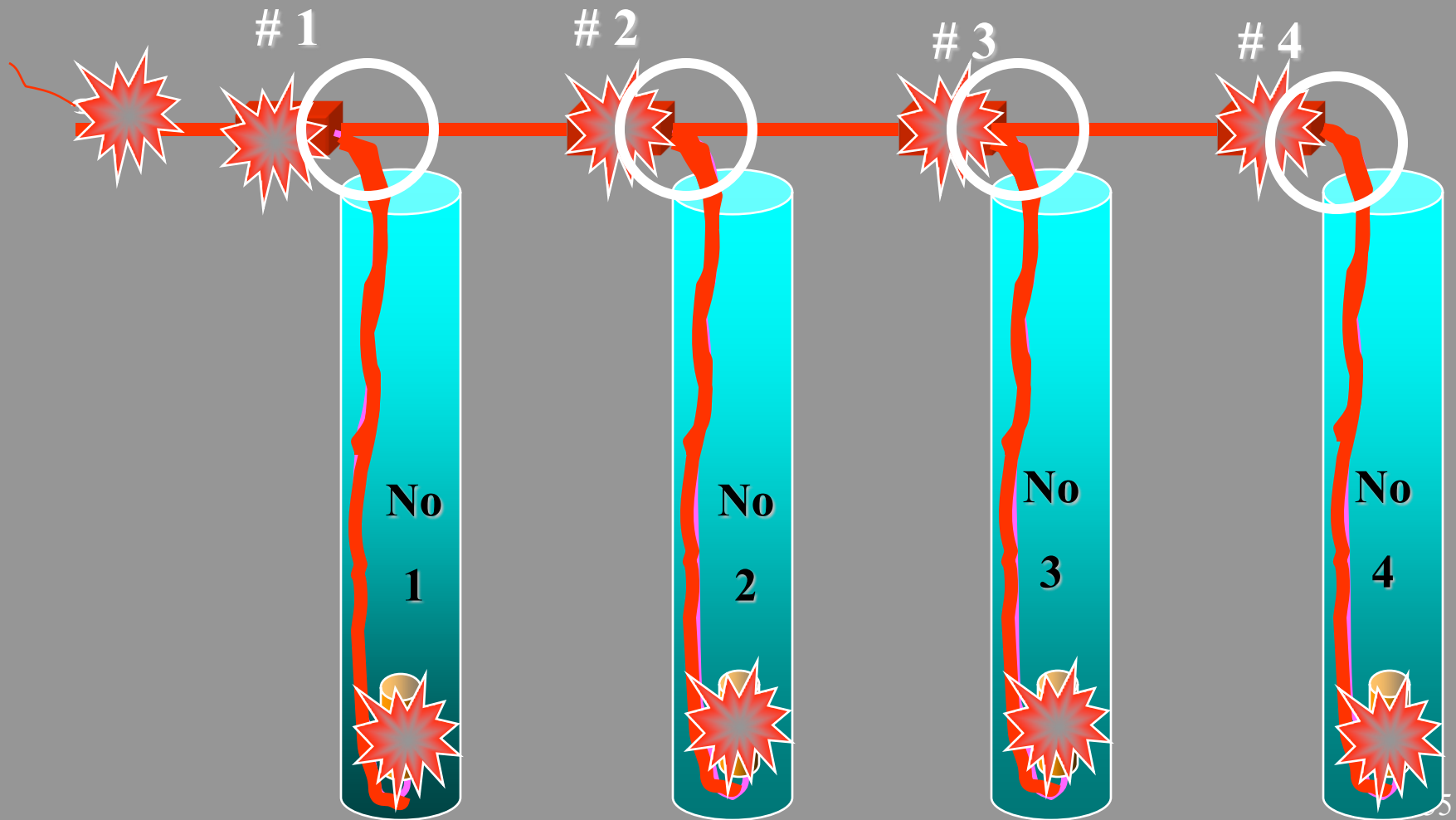
J - HOOK

TLD

Connector Dets



การต่อแก้ป้อนอนอิเล็กทริก



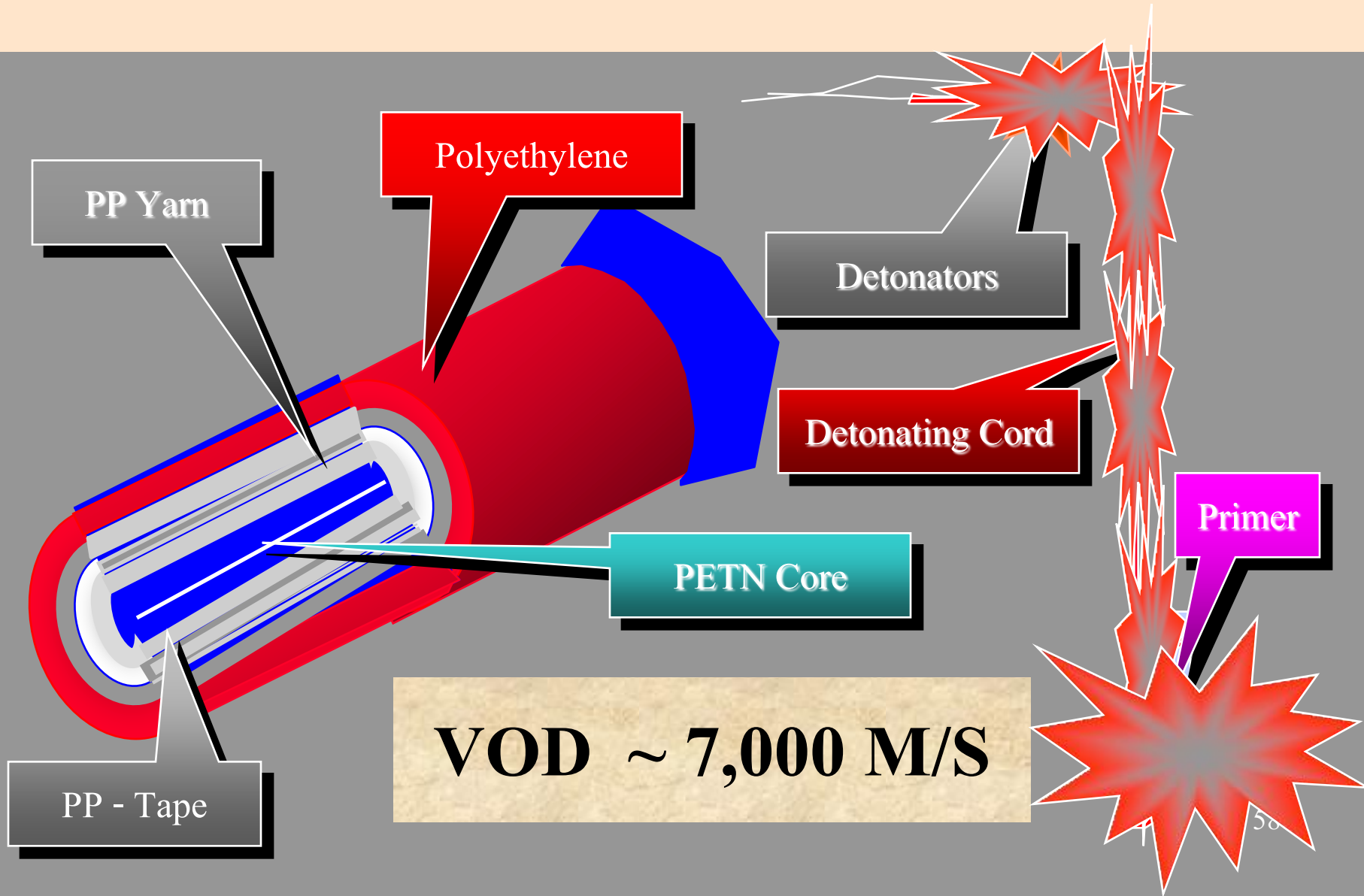
ข้อดีของเชื่อนิค NONEL

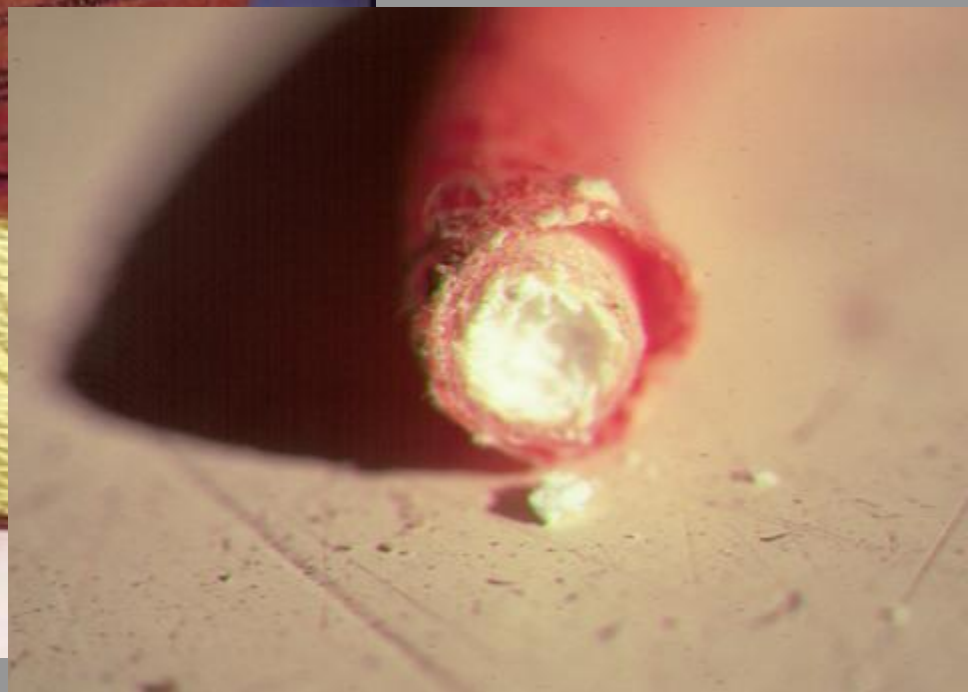
- มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่ำทั้งด้านความสิ้นสะท้อน เสียง และหินปลิวกระเด็นจากการระเบิด
- จุดระเบิดจากกันรุกรระเบิดทำให้ระเบิดส่วนบนไม่เสียหาย และป้องกันความสิ้นสะท้อนได้ดีกว่า
- ระยะเวลาถ่วงเวลาแม่นยำ และมีการถ่วงเวลาโดยไม่จำกัด
- เหมาะสำหรับการระเบิดปริมาณมากๆ หรือน้อยๆก็ได้
- ลดความเสี่ยงจากกระแสไฟฟ้าภายนอกและคลื่นต่างๆที่เป็น รวมถึงการกระแทก และการขัดสี ซึ่งเป็นข้อจำกัดของเชื่อปะทุไฟฟ้าลงได้
- ง่ายต่อการต่อวงจร และการแก้ไขวงจร

ข้อเสียของเชื่อนิค NONEL

- มีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับเก็บไฟฟ้าโดยเฉพาะในรูระเบิดต้นๆ
- หากมีการชำรุดเสียหายไม่สามารถตรวจสอบได้
- หากส่วนหนึ่งส่วนใดชำรุดเสียหายหลุมระเบิดที่เหลือจะไม่ระเบิด
- ปรับสายตามความลึกรูระเบิดไม่ได้
- กรณีที่ต้องใช้วัสดุปิดทับป้องกันหินปลิวสายจุดอาจฉีกขาดได้ง่าย

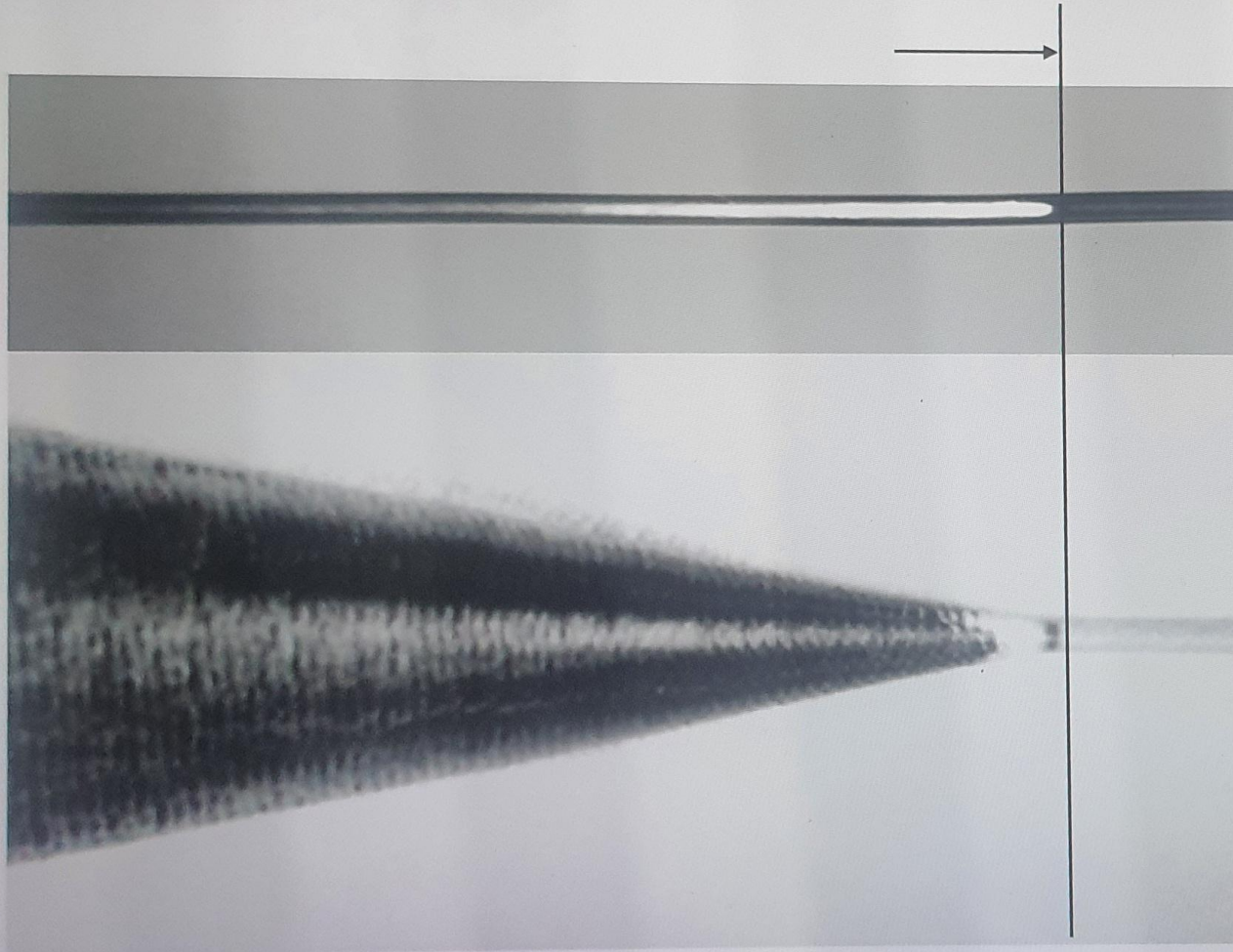
สายชนวนระเบิด





Detonating cord

NON ELECTRIC DETONATOR VS DETONATING CORD



Nonel Tube

Det. Cord

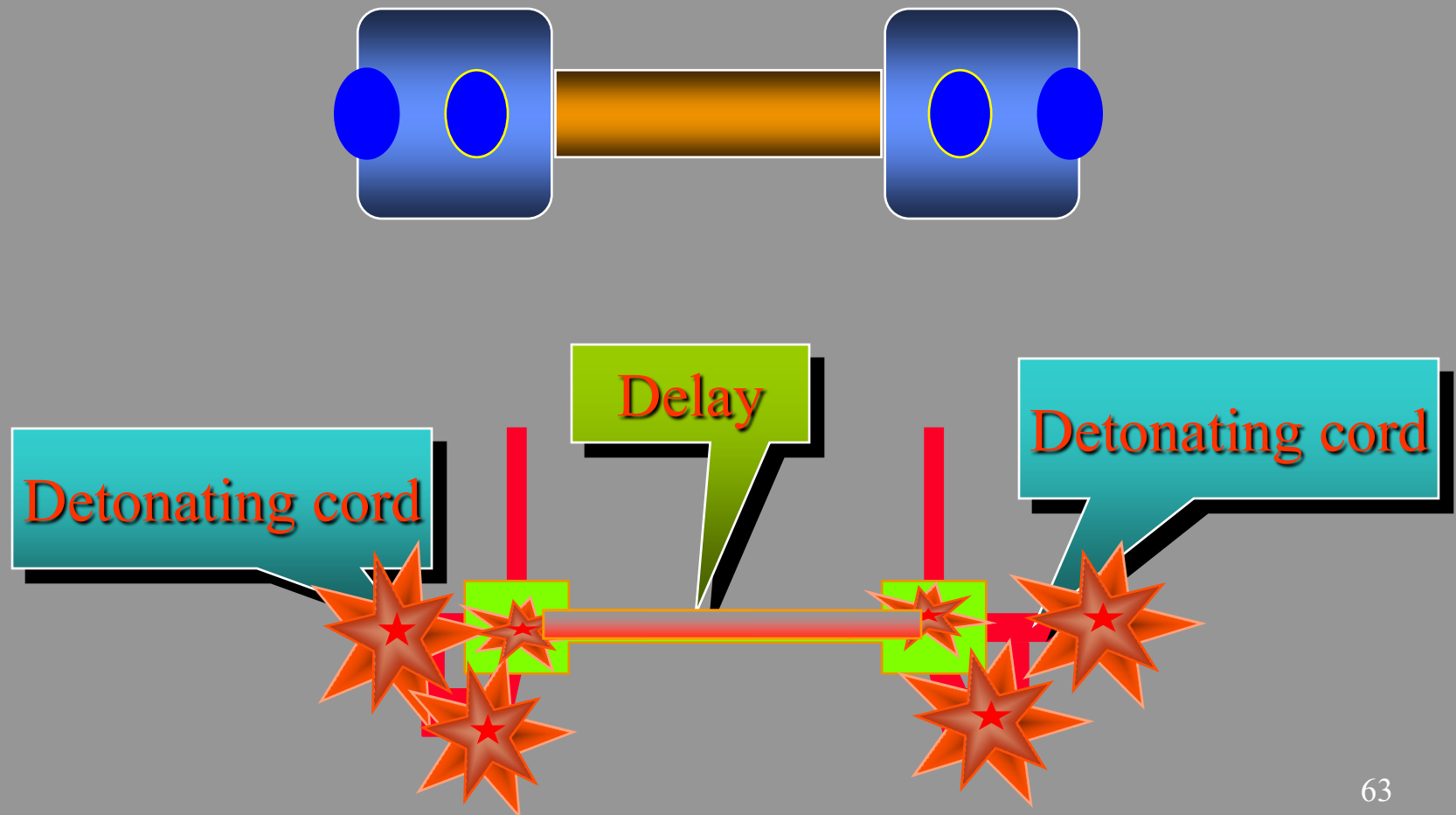
ชนิดและขนาดของสายชนวนระเบิด

ขนาดบรรจุ	งานที่ใช้
3.3 กรัมต่อเมตร 50 เกรนต่อเมตร	ใช้เป็นสายต่อบนพื้นดินเพื่อจุดสายชนวน ระเบิดหรือ แก๊ป NON ELECTRIC ในหลุม
10 กรัมต่อเมตร(150 เกรน)	ใช้เป็นหัวจุดวัตถุระเบิดในหลุม
20 , 40 กรัมต่อเมตร	ใช้เป็นหัวจุดวัตถุระเบิดหรือ ANFO ใน หลุม หรือการใช้ทำ PRE - SPLIT

การต่อวงจรของสายชนวนระเบิด



ตัวถ่วงเวลาของสายชนวนระเบิด



ข้อดีในการใช้สายชนวนระเบิด

- ไม่มีแก๊ปในหลุมระเบิด ทำให้ปลอดภัยในการบรรจุ
- ทุกหลุมบรรจุตัวจุดชนิดเดียวกันทำให้ง่ายต่อการบรรจุ
- ระบบหน่วงเวลาอยู่บนผิวดิน ทำให้ง่ายต่อการแก้ไข
- สามารถหน่วงเวลาได้โดยไม่จำกัดจำนวน
- ลดอันตรายอันอาจเกิดจากสื่อทางไฟฟ้า , คลื่นความถี่ และกระแสไฟฟ้าสถิต
- ลดปัญหาการใช้งานในพื้นที่ชื้นแฉะหรือใต้น้ำ

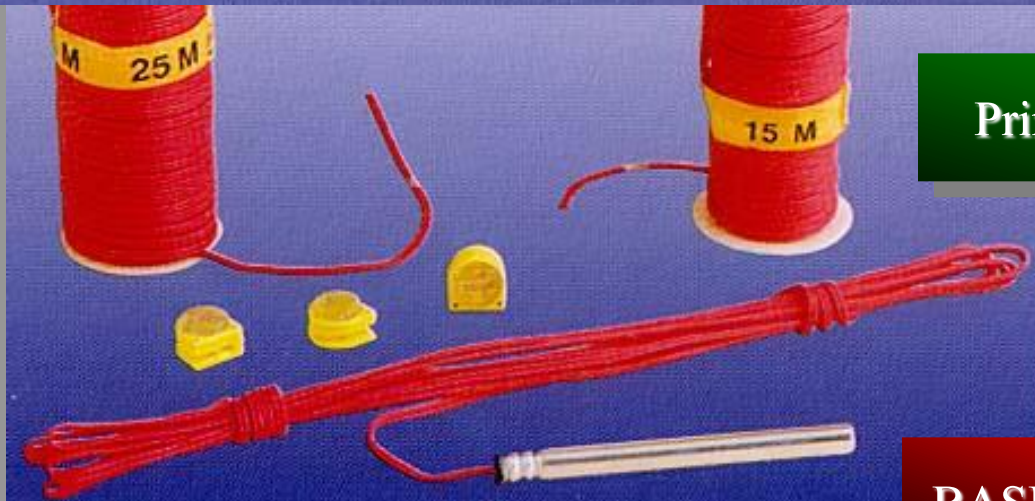
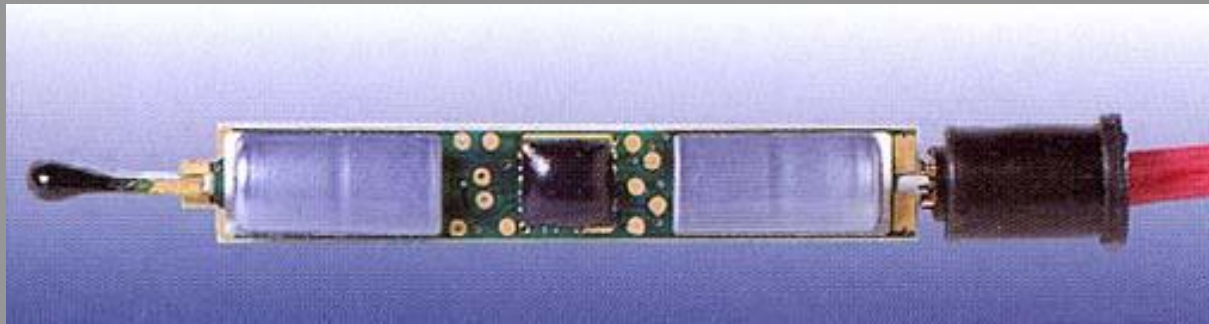
ข้อจำกัดในการใช้สายชนวนระเบิด

• เป็นการระเบิดจากปากหลุมลงสู่ก้นหลุม ซึ่งมีผลต่อการอุดปากหลุมและANFO ภายในหลุม และมีแนวโน้มจะเกิดความสั่นสะเทือนมากกว่าการจุดที่ก้นหลุม

• ส่วนที่อยู่พื้นผิวมีเสียงดัง

• หากวงจรส่วนใดส่วนหนึ่งขาดจะทำให้หลุมที่เหลือไม่ระเบิด

แก๊ป อิเล็กทรอนิกส์



Primer Charge

BASE CHARGE



แท่ง อิเลคทรอนิกส์

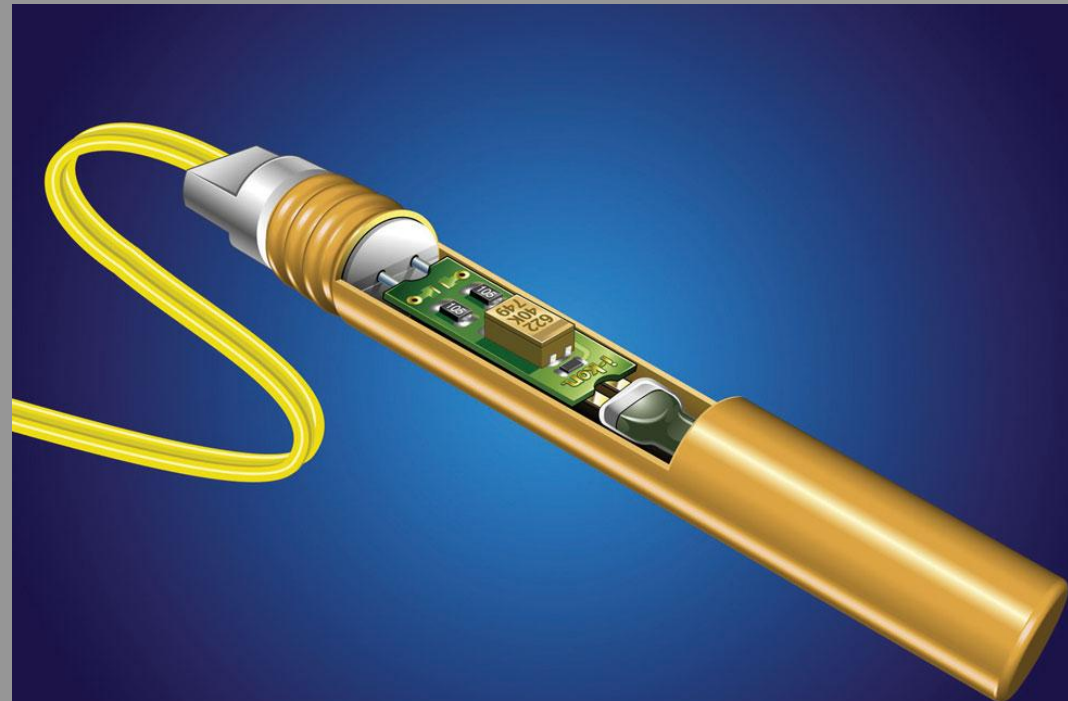




Table 7.1. Detonation Pressures for Selected Explosives

Explosive	Density (g/cc)	VOD (ft/sec)	Detonation pressure (kbar*)	Pressure (psi)
ANFO	0.81	12,000	27	391,600
Emulsion, High Explosive	1.19	19,000	100	1,450,400
Ammonia Gelatin Dynamite	1.40	20,000	130	1,885,500
Composition B	1.60	26,000	251	3,640,500

* 1 kbar = 14,504 psi

การอัดระเบิด (Blasthole Loading)

- ก่อนการอัดระเบิดต้องตรวจสอบความลึกของรูระเบิด น้ำ โพรง ถ้ำ และอื่นๆ
- ทำ Primer แล้วค่อยหย่อนลงไปที่ก้นรู แก๊ปต้องซ้อนในดินระเบิดมิดชิด ผูกแน่นหนา และชี้ขึ้นสู่ปากรูเสมอ
- ห้ามกระแทกหรือทิ้งPrimer ไป
- กรณีที่มีน้ำในรูเจาะดูว่าใช้ลมเป่าออกหมดหรือไม่
- หากไม่สามารถเป่าน้ำออกหมดได้ (พื้นราบ) ต้องใช้ระเบิดชนิดก้นน้ำ
- ถ้าน้ำในรูไม่มาก (พื้นที่สูง)อาจใช้ถุงพลาสติกบรรจุ ANFO ได้
- กรณีมีโพรงหรือถ้ำต้องใช้ถุงพลาสติกบรรจุ ANFO เสมอ
- กรณีที่รูระเบิดเสียหายควรเจาะรูใหม่ใกล้ๆรูเดิม

หลักของการกระตุ้น ANFO (Principle of Priming)

- การเลือกใช้สายชนวนระเบิด (Detonating cord) ในการจุดระเบิดควรเลือกใช้ที่มีขนาดเล็กที่สุดโดยใช้ร่วมกับระเบิดแรงสูง
- ไม่ควรใช้สายชนวนระเบิดทำการจุดระเบิดในรูระเบิดขนาดเล็กเช่นรูขนาด 3 นิ้ว เพื่อป้องกันปัญหา Dead pressing และการไหม้ไฟ (Deflagration) หากจำเป็นจริงๆควรวาง Primer ไว้ส่วนบนสุดของ ANFO แล้ววาง Booster ไว้ทุกระยะ 3-5 เมตร
- ไม่ควรเลือกใช้สายชนวนระเบิดเพียงอย่างเดียวในการจุดระเบิด
- Dead pressing คือ ANFO เสียหายจากการระเบิดของสายชนวนระเบิดไปกดทับทำให้ความหนาแน่นของ ANFO มากกว่า critical density หรือมีขนาดเล็กกว่า Critical Diameter – 1.0 นิ้วจนทำให้ ANFO ไม่ระเบิด