

# 超重型( $N_{120}$ )动力触探试验在卵石层中的应用

核工业第四勘察院 武景林 唐和平

某工程位于四川省成都地区,该区广泛分布第四纪冲、洪积形成的卵石,卵石层厚达30m左右。对这一地区卵石层勘探及工程地质评价,通常是比较困难的。《工业与民用建筑工程地质勘察规范》TJ<sub>21</sub>-77中规定用重型(Ⅱ)动力触探试验对碎石土(卵石)进行工程地质评价,但一般只适用于冲积或洪积的碎石土,其 $d_{60}$ 不大于30mm,不均匀系数不大于120,密度以稍密~中密为主。而对成都地区 $d_{60}$ 为30~50,不均匀系数为145~250的卵石是不适用的。随着改革的进行,建设规模的日趋扩大,以卵石作持力层的高层建筑、重型荷载的建筑物日益增多。卵石层工程地质条件的评价变得越来越重要,为了适应需要,成都地区发展了一种落锤质量为120kg,落距为1.0m的超重型动力触探试验。我们在工程勘察中,使用了这种超重型动力触探,取得较好效果。本文就我们使用超重型动力触探勘察谈些体会。

## 一、设备装置

主要由以下七部分组成(见图1):

1. 穿心锤: 重120kg。
2. 导向杆: 由 $\phi 42\text{mm}$ 钻杆制作,长度保证穿心锤自动脱落后落距为1.0m。
3. 自动落锤装置: 为偏心轮式。

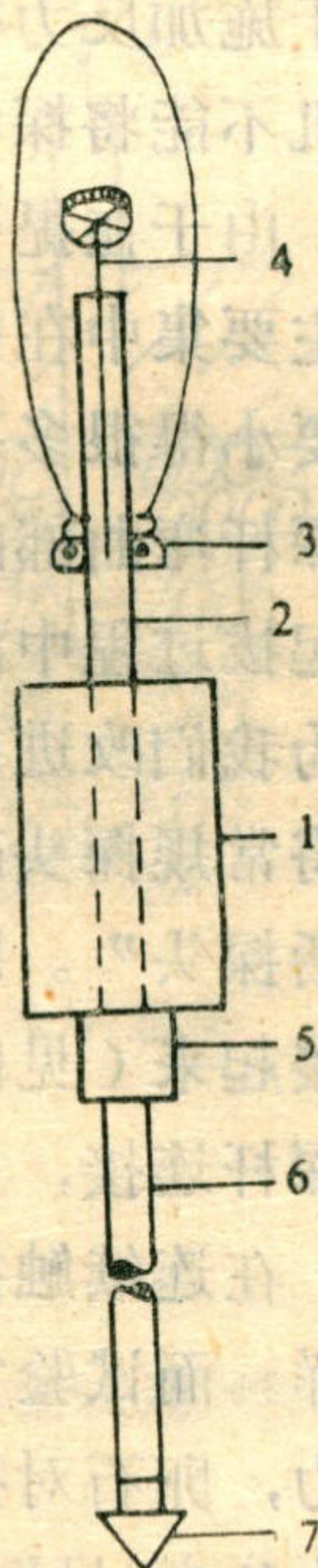


图1 超重型动力触探试验设备

4. 变径杆: 由 $\phi 20\text{mm}$ 钢筋制作,顶部为直径100mm的圆盖,插入导向杆中。

5. 打锤垫: 上接导向杆,下接 $\phi 60\text{mm}$ 钻杆。

6. 钻杆: 直径为60mm。

7. 触探头: 圆锥头,锥角 $60^\circ$ ,锥底截面积为 $43\text{cm}^2$ 。

试验过程中,记录每贯入地层0.10m的锤击数 $N_{120}$ 。

## 二、特点及使用效果

超重型动力触探试验与其它动力触探试验的设备结构基本相同。但是超重型动力触探试验加大了落锤质量和落距,使其具有贯入能量大,贯入能力强等特点。一般用触探能量与探头截面积的比值即能量指数 $P_0$ 来表示贯入能力的大小。

$$P_0 = \frac{M \cdot g \cdot H}{A}$$

其中  $P_0$  —— 能量指数 ( $\text{J}/\text{cm}^2$ );

$M$  —— 落锤质量 ( $\text{kg}$ );

$g$  —— 重力加速度

( $g = 9.8\text{m}/\text{s}^2$ );

$H$  —— 落距 ( $\text{m}$ );

$A$  —— 探头截面积 ( $\text{cm}^2$ )。

能量指数愈大,动力触探的贯入能力就愈强。表1为超重型动力触探与重型(Ⅱ)动力触探试验的能量指数。

通过比较可以看出:超重型动力触探试验的能量指数为重型(Ⅱ)动力触探试验能量指数的2.49倍,说明超重型动力触探的贯入能力远大于重型(Ⅱ)动力触探的贯入能

表 1

触探类型	落锤质量 $M$ (kg)	落锤距离 $H$ (m)	探头直径 (mm)	探头截面积 $A$ (cm <sup>2</sup> )	能量指数 $P_0$ (J/cm <sup>2</sup> )
重型(II)	63.5	0.76	74	43	11.0
超重型	120	1.00	74	43	27.4

力。我们在某工程勘察中，做了部分重型(II)动力触探试验。如36号孔，孔深2.70m见卵石后，连续做重型(II)动力触探试验(见图2)。开始每贯入10cm锤击数一般为30~40击，随后锤击数逐渐增高，到5.2m处每贯入10cm锤击数超过100击， $\phi 42$ mm钻杆弯曲，不能贯入。而36号孔附近的37号孔，见卵石后，连续做超重型动力触探试验(见图3)，每贯入10cm的锤击数一般为7~20击，最高为32击，而且能够比较顺利的连续触探到钻孔预计深度12m。由此可以证明：成都地区由于卵石层  $d_{6.0} = 30 \sim 50$ mm，不均匀系数为145~250，重型(II)动力触探试验不适用。而超重型动力触探试验则取得较满意效果。

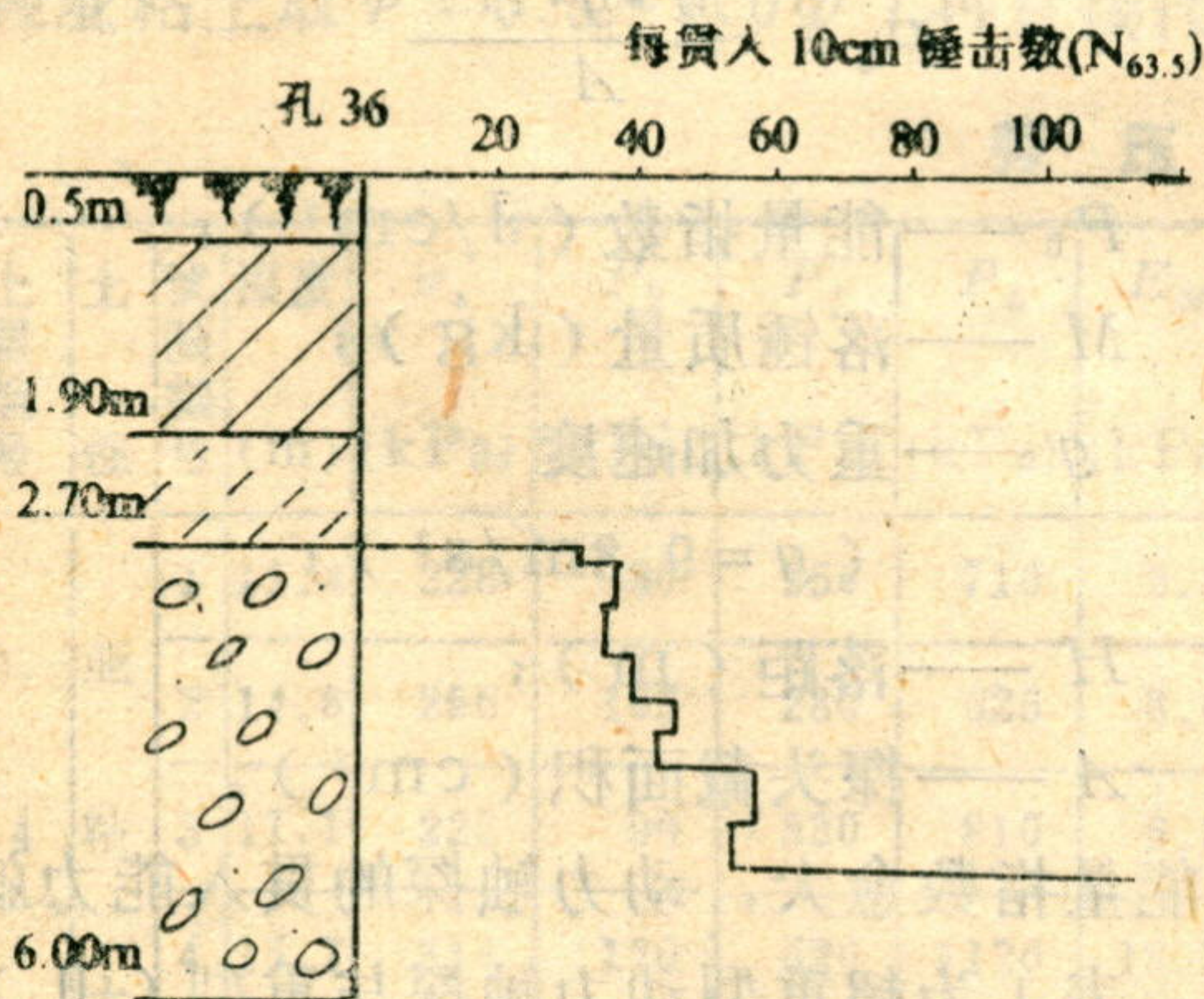


图 2  $N_{63.5}$ 动力触探试验曲线

由于超重型动力触探试验具有贯入能力强等特点，因此决定其主要适用于密度大，颗粒粗的地层(如碎石土)。然而在试验完毕，探杆起拔过程中，这类地层对触探系统

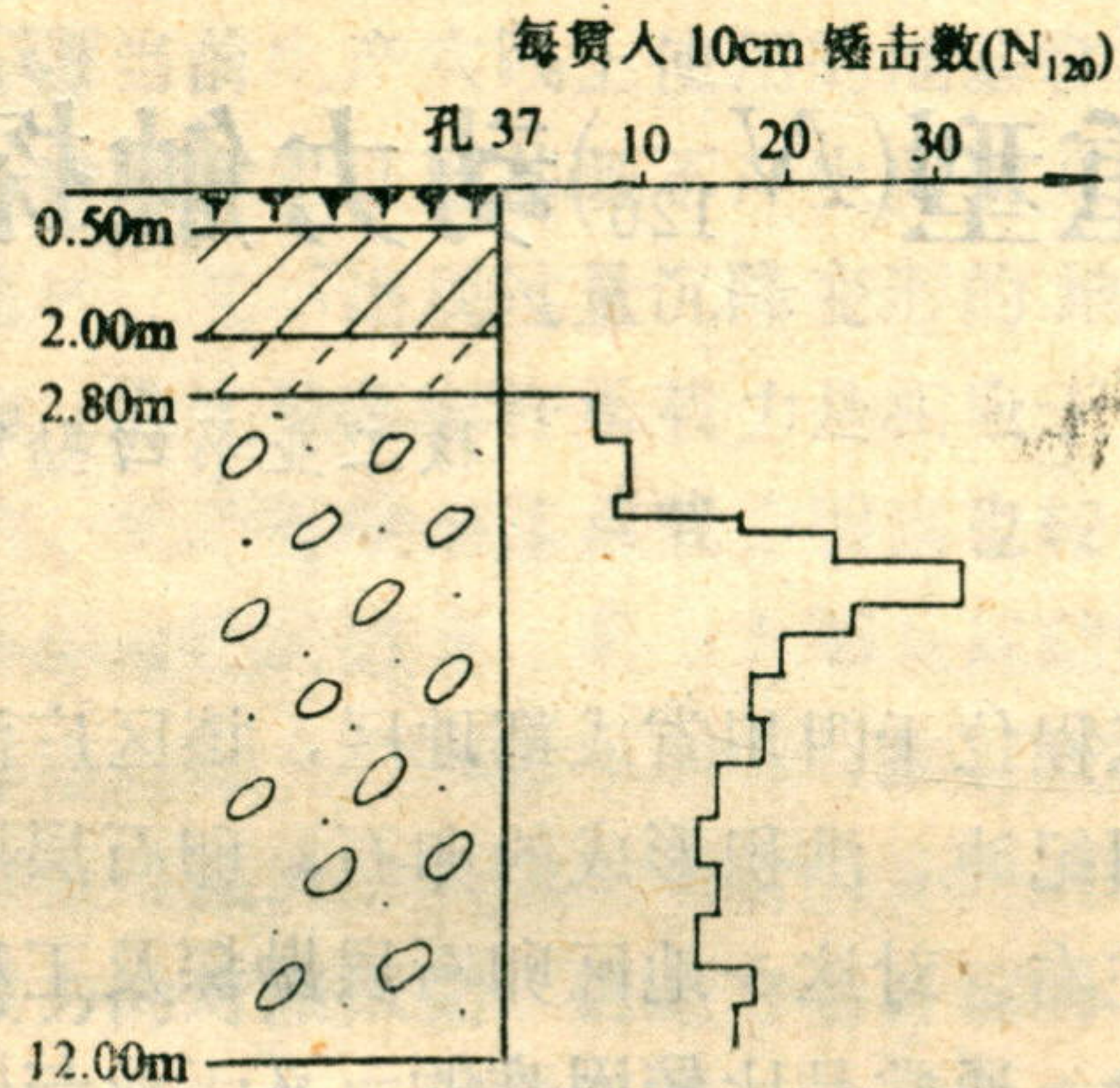


图 3  $N_{120}$ 动力触探试验曲线

施加反力很大，致使探杆起拔困难。所受反力主要表现为探杆摩擦力和探头向下压力。大家知道，探头直径( $\phi 74$ mm)大于探杆直径( $\phi 60$ mm)是为了减少贯入或起拔过程中土层对探杆的摩擦力，但是在成都地区，当触探到一定深度后，随着卵石密度的增大，极少数漂石、块石的挤卡，探头直径大于探杆直径的那部分反而成了钻机起拔探杆时卵石对探头施加反力的部位(见图4)。由于施加反力很大，大部分情况下SH-30型钻机不能将探杆起拔。如何解决这一矛盾呢？由于在提引过程中卵石对触探系统的反力主要集中在探头，而对探杆的摩擦力则相对要小得很多(除非触探杆弯曲时，卵石对触探杆弯曲部的反力骤然增加)。因此如何在起拔过程中消除卵石对触头施加的反力则成为我们改进目标。在工作中通过试验，我们将常规探头改用为一种能与探杆分离的“活探头”。即通过一个接手将探杆与探头连接起来(见图5)。接手的一头通过丝扣与探杆连接，另一头的凸头与探头的凹部连接。在连续触探试验过程中效果与常规探头一样。而试验完毕后，只要探杆受到向上的拔力，卵石对探头施加的反力就使得探杆和探头分离(见图6)这样钻机在起拔探杆过程中，只要克服卵石对探杆的摩擦力，起拔就

轻松多了。从而使超重型动力触探设备的工作效率在试验过程中得到充分地发挥。

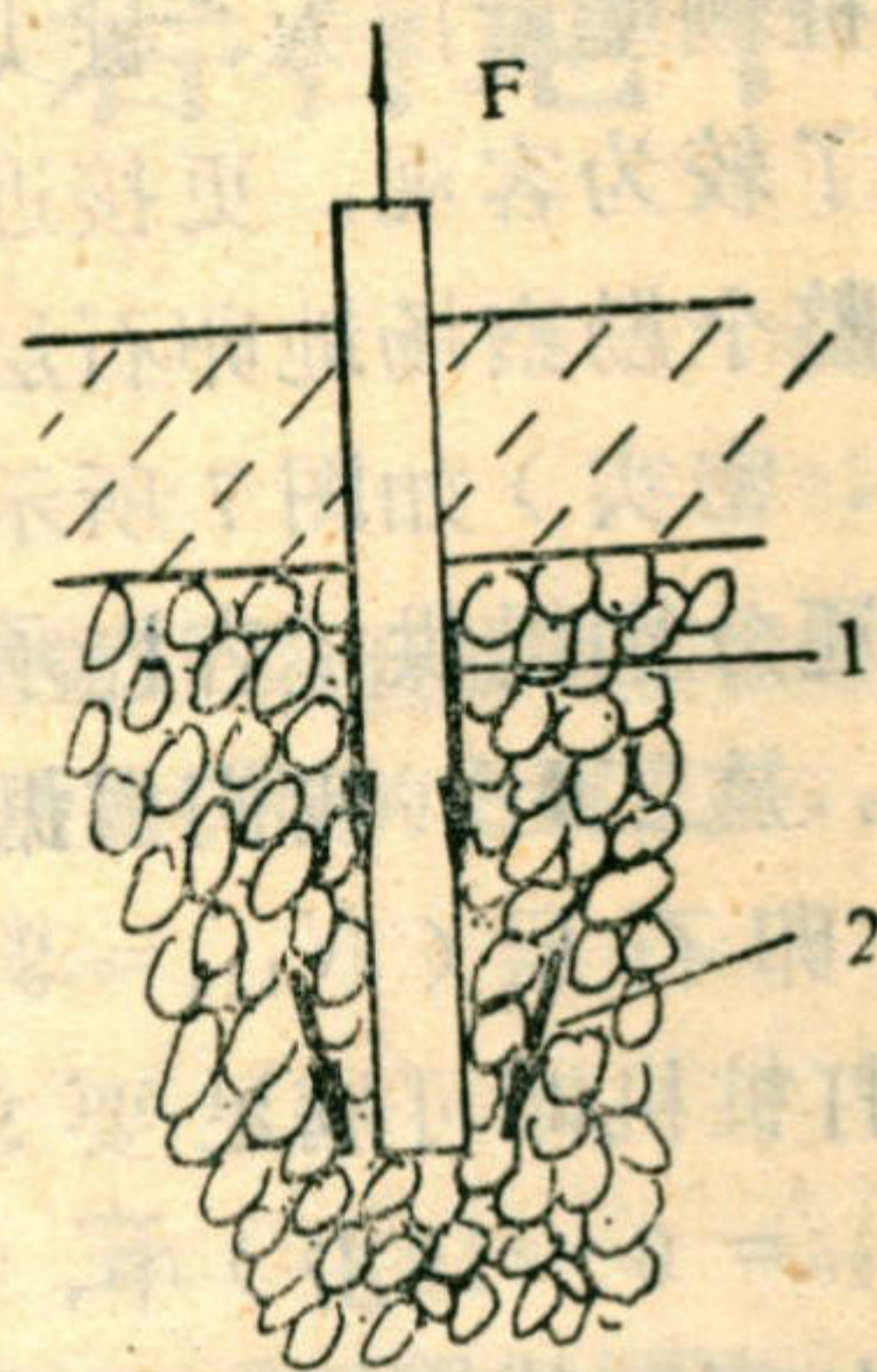


图4 起拔时卵石作用于触探系统反力示意图  
1—摩擦力 2—对探头向下作用力

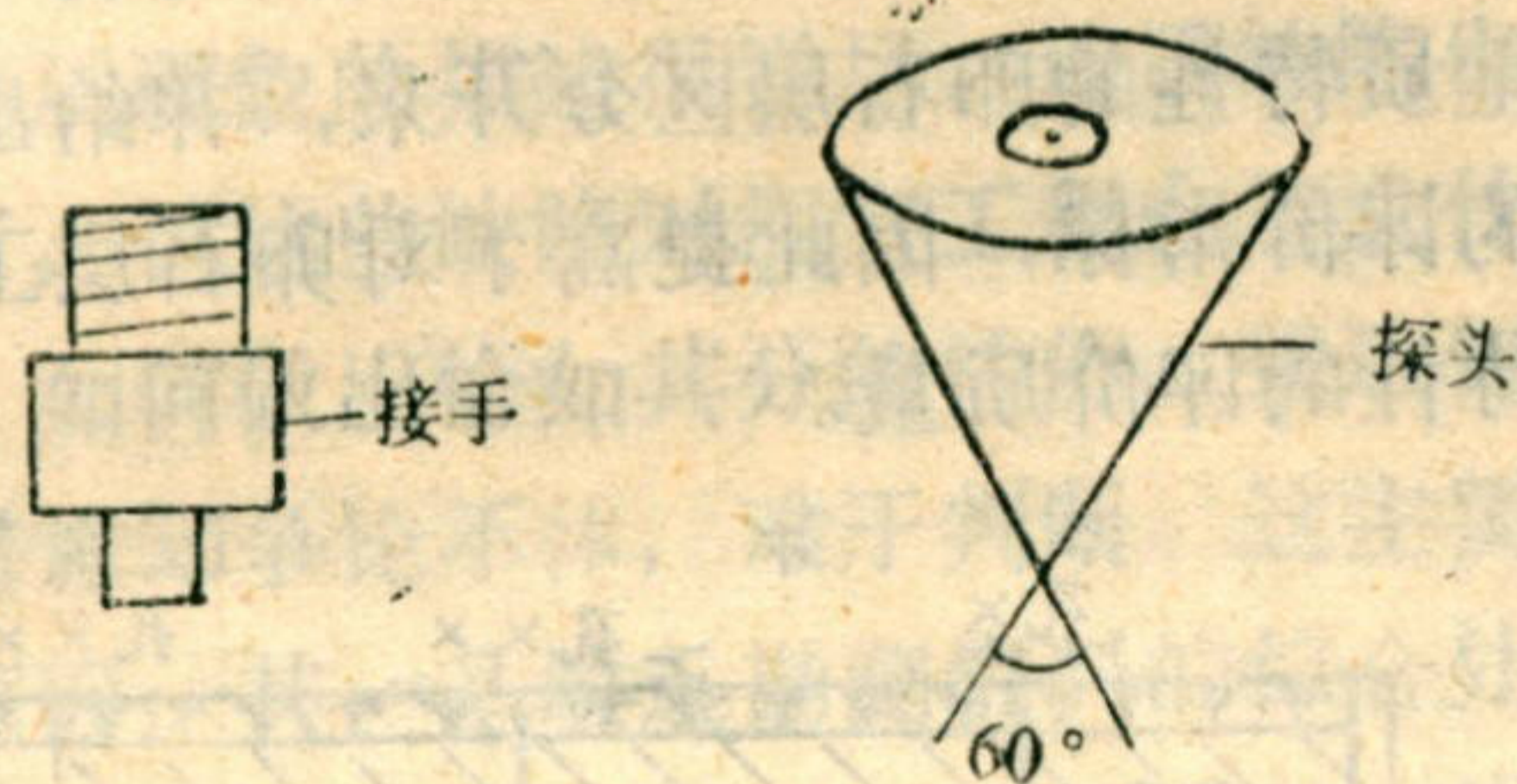


图5

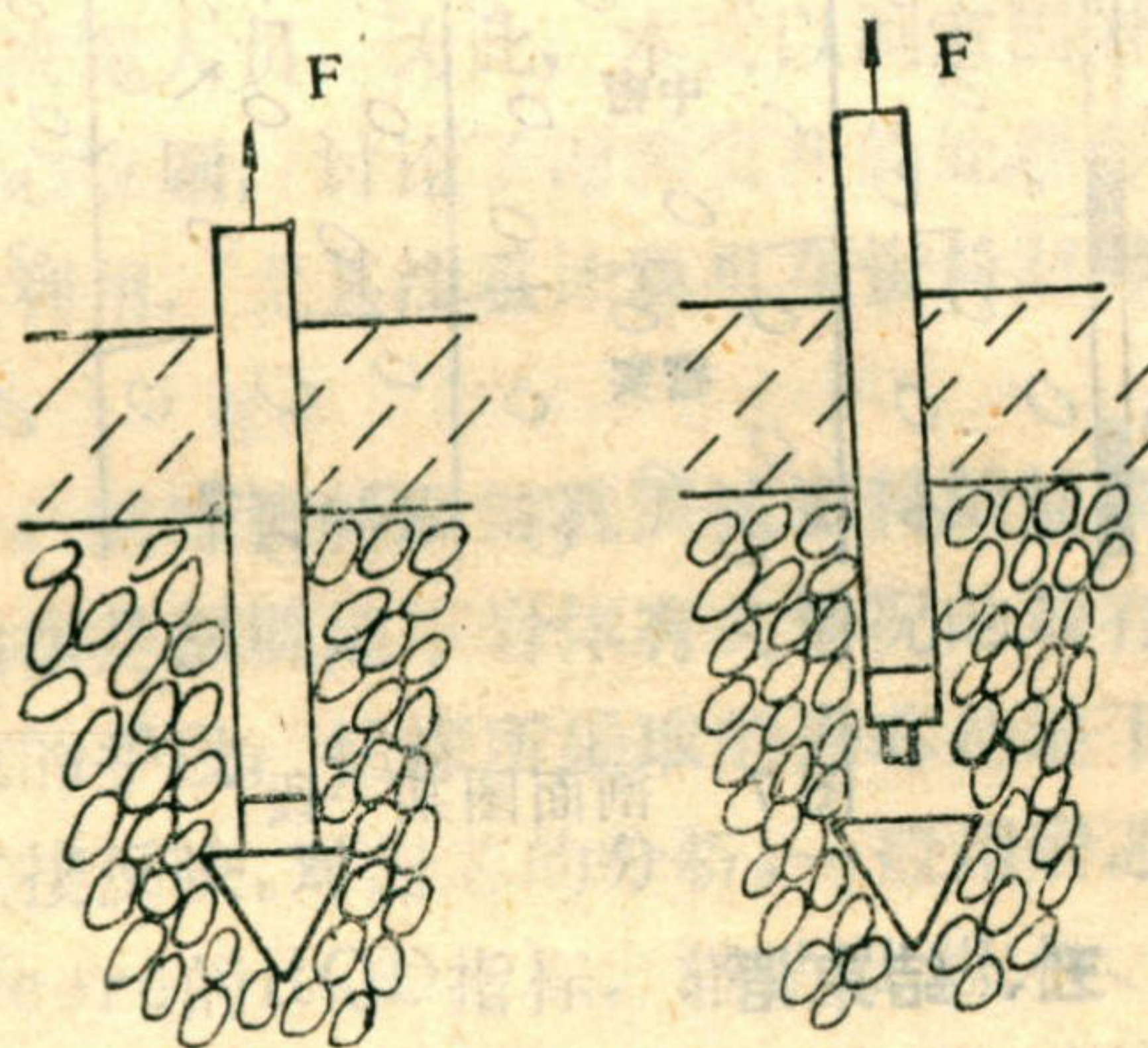


图6 起拔时探头与探杆分离示意图

### 三、指标评价

#### 1. 密实度

根据成都地区经验卵石层密实度划分如表2。

2. 容许承载力 $[R]$ 、变形模量 $E_0$ 。桩尖承载力 $[R_j]$

表2

$N_{120}$	3~5	6~10	11~20
密实度	稍密	中密	密实

在成都地区根据载荷试验结果与 $N_{120}$ 的相关关系，所建立的经验关系列于表3。

表3

$N_{120}$	$[R]$ (kPa)	$E_0$ (MPa)	打入 $R_j$ (kPa)	灌注 $R_j$ (kPa)
3	240	1.51	1800	
4	320	1.96		
5	400	2.44	3000	1300
6	480	2.92		
7	560	3.40	4000	
8	630	3.84	4500	1750
10	700	4.25		
	750	4.62		
12	800	4.95	6000	2350
	850	5.23		
14	900	5.46	6800	
	930	5.66		
18	950	5.82		
	1000	6.10	7500	

### 四、指标的应用

1. 应用超重型动力触探试验曲线进行分层

根据动力触探试验曲线进行土层划分是早已被公认的。但是由于各地区地层不同，触探试验过程中的影响因素较多，因此目前还不可能用某种固定的模式来进行划分。我们在某工程勘察中，开始采取先触后钻的方法。首先将每个孔中的超重型动力触探试验锤击数与相应深度的岩心进行比较：当 $N_{120} = 1 \sim 2$ 击时、岩心为砂、砾砂；当 $N_{120}$

= 3 ~ 10击时, 岩芯是直径为40 ~ 80mm, 稍密~中密状态卵石, 筒钻钻进相当困难; 当 $N_{120} = 12 \sim 20$ 击时, 筒钻无法钻进, 说明卵石密实或直径较大。其次将筒钻进尺与超重型动力触探试验进尺进行比较: 当筒钻由卵石层进入砂层时, 即触探试验由高击数( $N_{120} < 3$ )进入低击数( $N_{120} \leq 2$ )时, 触探曲线比筒钻进尺“滞后”0.1~0.2m, 即根据触探试验曲线分层时, 将第一个低击数点上移0.1~0.2m; 相反, 当触探试验由低击数( $N_{120} \leq 2$ , 砂层)进入高击数( $N_{120} > 3$ , 卵石层)时, 触探曲线比筒钻进尺“超前”0.1~0.2m, 即根据触探曲线分层时, 将低击数最后一个点下移0.1~0.2m。依据以上两方面结果, 在某工程勘察区范围内, 我们逐渐掌握了根据超重型动力触探曲线更符合实际地来划分地层, 并在后来的工作中应用, 使之代替了部分钻孔, 取得了较好效果。

## 2. 根据超重型动力触探试验定量确定卵石的主要工程特性指标

在成都地区, 由于不同层位上卵石的成因、形成环境等不同, 表现出的工程地质特性也不尽相同。过去在这一地区进行工程地质勘察, 由于重型(II)动力触探试验无法适用, 只能一味钻进, 在钻进过程中, 卵石被击碎, 又无法取样, 无法取得卵石在不同层位的原位测试数据, 只能根据野外钻探情况, 大致确定卵石层的密实度, 以此再对容许承载力 $[R]$ 、桩尖容许承载力 $[R_j]$ 等指标作出偏于保守的评价。当评价结果与实际相差较大时, 对设计施工可能会带来很多麻烦。例如在成都地区, 如卵石层实际是密实, 而评价为中密, 按中密设计的打入式预制桩, 各种打桩机将难以满足要求。但是我们在某工程勘察中, 使用超重型动力触探试验对每个孔的卵石在竖直方向上做连续原位

测试, 取得大量数据, 将数据统计整理后, 根据表2、表3, 对卵石不同层位的密实度、容许承载力、桩侧壁摩擦力、桩尖容许承载力等指标进行了较为客观, 更接近于实际的评价; 划分了整个勘察场地卵石层的密实度(稍密、中密、密实)如图7所示, 对密实度不同的层位还分别提供了容许承载力、桩尖容许承载力。施工时, 我们根据成都地区经验, 在稍密卵石层( $N_{120} = 3 \sim 5$ 击)中, 用低能量打桩机即可满足要求; 在中密卵石层( $N_{120} = 6 \sim 10$ 击)中, 须用大能量打桩机; 而在密实卵石层( $N_{120} > 11$ 击)中, 各型打桩机都难以满足, 制定了不同的施工工艺。超重型动力触探试验可将不同工程地质特性的卵石层区分开来, 并给出了不同的评价指标, 因此提高了对卵石层工程地质特性的评价质量。

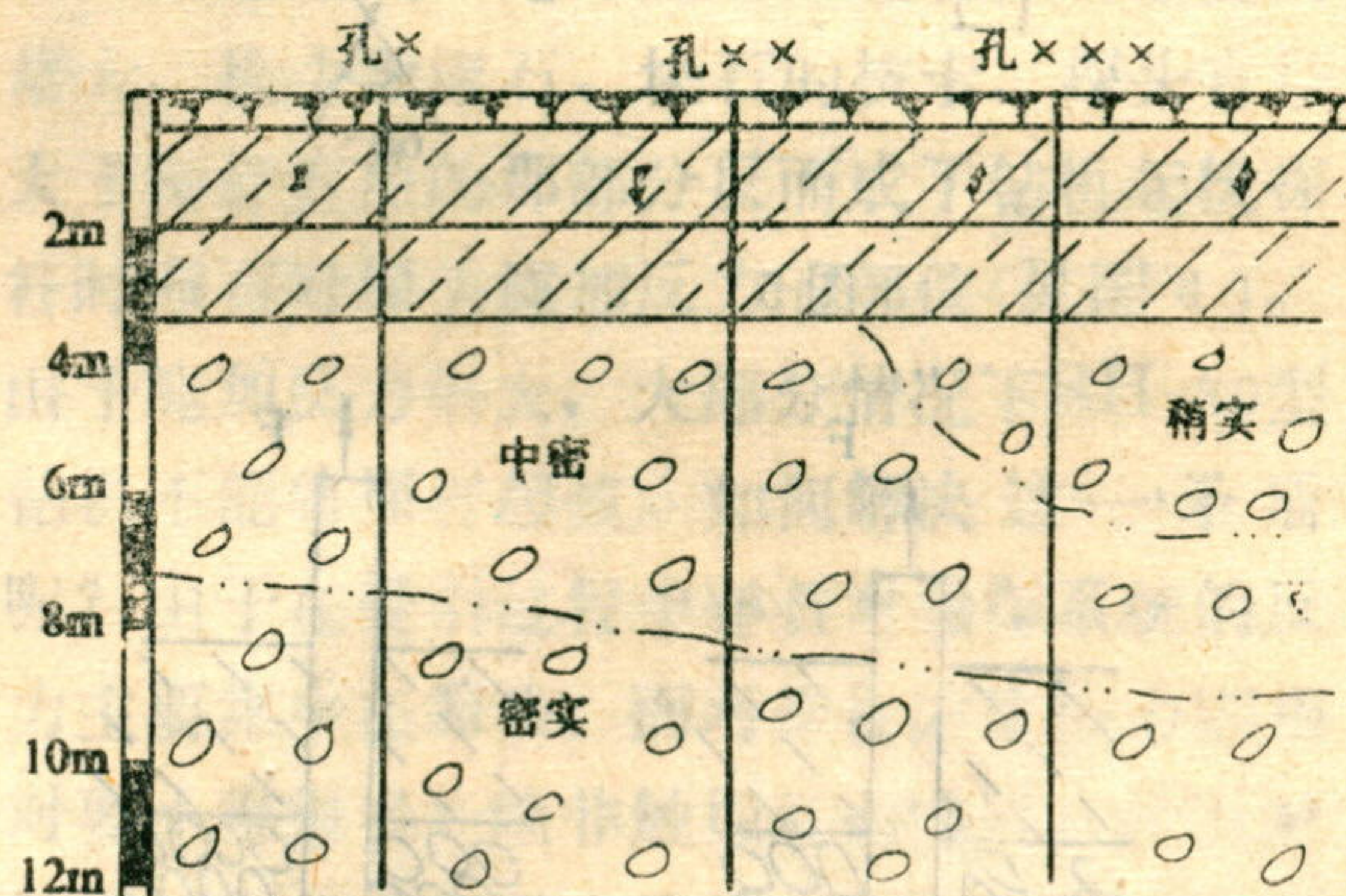


图7 剖面图某一段

## 五、结束语

以上谈了超重型动力触探试验在成都地区的使用经验。随着建设规模的扩大, 对粗颗粒(碎石土等)地层的工程地质条件的评价精度要求越来越高, 而其它测试手段在粗颗粒地层中难以发挥作用, 因此超重型动力触探试验在这类地层中作为一种行之有效的测试手段必将得到广泛的推广和发展。