

內模震動制管器

人民鐵道出版社

前 言

1955年，鐵道部參加赴蒙古人民共和国『鐵路工程學習團』的人員回國后，將蘇聯鐵路建設先進經驗的學習心得進行了傳達，其中介紹了內模震動制管器生產水管的先進方法。隨後，鐵道部新建鐵路工程總局又印发了該團的學習筆記。在橋涵工程一冊「關於水泥產品工廠化、機械化」中敘述了內模震動制管器的生產方法（另外，在И·А·馬塔羅夫所著『中小橋及涵洞工程』及А·К·高棟娜所著『混凝土與鋼筋混凝土鉸式涵洞』兩書中也有簡單的敘述）。1955年底，工程局決定即以該書為基礎，試制成功內模震動制管器，並生產水管5,000節，質量良好。雖然掌握這一先進方法僅僅兩年，在技術操作、生產組織等方面還缺乏成熟的經驗。但根據實踐中的摸索和體會，這一生產方法不但效率高、質量好、成本低，且設備輕便易于流動，可大大縮短成品運輸距離。在新建鐵路施工中實屬一項重要之革新。

一、內模震动制管器之構造及原理

內模震动制管器主要由以下四部份組成（图1）：

（1）外模：为圆柱形。可分为可拆式与不拆式两种：可拆式由4~5公厘厚鋼板制的两个对称半圓組成（2.0公尺直徑的外模由三块鋼板組成），在使用时各片外模用螺絲連接。

（2）內模：为截头錐体。錐体表面有0.015的斜度，下小上大，便于拆模时抽吊；模板內部用四块环形鉄板加强，在环鉄上装有水平槽鋼及角鋼，以固定震動器之上部及下部。

（3）电动机及震動器：电动机轉速应为3000轉/分；震動器为安在內模垂直对称軸綫上的軸，上装有偏心輪。

（4）加料錐体：为保护电动机和震動器免于受潮和溅上混凝土。

內模震动制管器的原理与普通震動器原理相同，即通过电动机带动震動器高速迴轉，在迴轉中由于震動器偏心輪之不平衡重而产生巨大的震動的激动力。激动力 Q 依偏心輪的重量、偏心距与偏心輪的軸的轉速来决定。 Q 的数值可由下式求得：

$$Q = \frac{pe n^2}{10^5}$$

Q ——震動的激动力（公斤）；

p ——偏心輪重量（公斤）；

e ——偏心距（公分）；

n ——偏心輪的轉的每分鐘轉速；

pe 值又称为偏心动力矩。

假如不考虑震动所遭遇的阻力，則震動器圓周震動的振

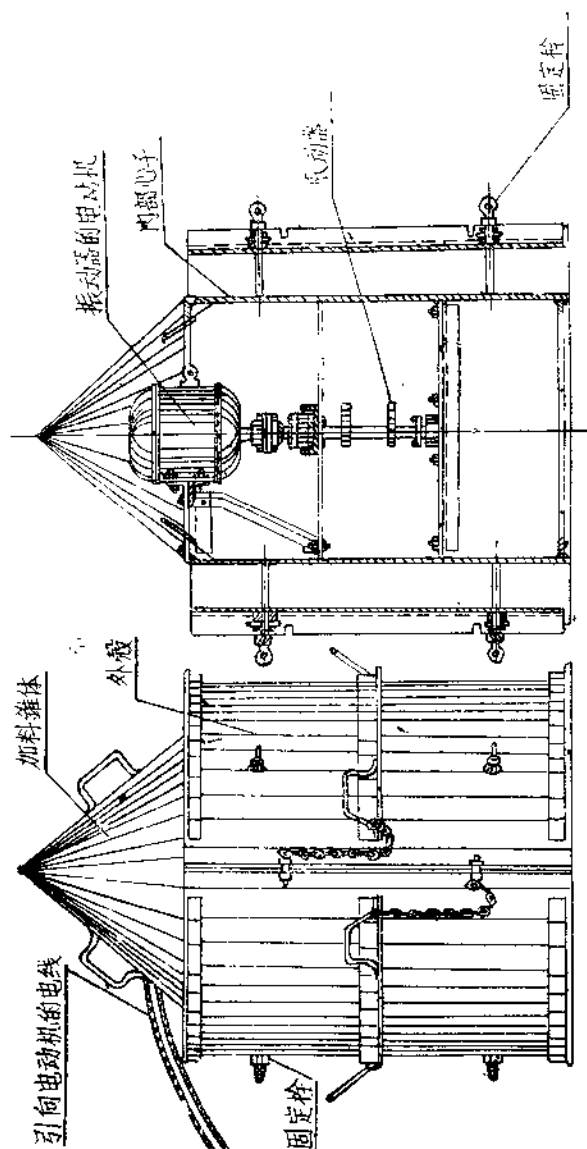


圖1. 震動裝置結構

幅在理論上與頻率無關。而可以下式來計算：

$$A = \frac{p e}{P}$$

A ——振幅（公分）；

$p e$ ——偏心動力矩（公斤公分）；

P ——震動器震動部份的重量（公斤）。

震動器震動時，偏心輪作勻速圓周運動時所產生的震動為簡諧運動，當沒有阻力時這種震動可用下式表示：

$$A = \frac{p e}{P} \cos \omega t$$

式中 t ——經過的時間；

ω ——偏心輪的軸的轉動角速度。

其綫速度與綫加速度分別為：

$$\text{速度 } v = \frac{p e}{P} \omega \sin \omega t$$

$$\text{加速度 } a = \frac{p e}{P} \omega^2 \cos \omega t$$

$$\text{最大速度 } v_{\max} = \frac{p e}{P} \omega \cong 0.1 \frac{p e}{P} n$$

$$\text{最大加速度 } a_{\max} = \frac{p e}{P} \omega^2 \cong 0.01 \frac{p e}{P} n^2$$

根據蘇聯 A·E·傑索夫著所著『應用震動器澆筑混凝土須知』一書介紹：為了能有效地搗固混凝土混合物，在各種震動頻率下，所需要的最小振幅、速度與加速度的試驗資料如下表：

震 動 頻 率 (震動數/分)	必 需 的 最 小 值		
	振 幅 (公分)	速 度 (公分/秒)	加 速 度 (公分/秒 ²)
1500	0.037	5.5	8.3
3000	0.010	3.3	10.0
4500	0.006	2.8	12.6
6000	0.004	2.5	15.0

二、技术操作过程

(1) 鋪設地坪：在已澆水夯實鋪砂之地坪上，用水平尺操平后，用单层水泥紙袋鋪設一个圓圈，用鉄环压紧，以免被风吹动；

(2) 立模及安裝鋼筋：將內模擦淨涂次廢柴油安放在地坪中心后，套入鋼筋架，并用水泥墊块墊好；在外模內部擦油后进行安裝，用固定栓校正管徑及管壁尺寸后，开动震動器約10秒鐘左右，使模型底部与地面密貼，以防止漏漿；

(3) 灌注混凝土：每节水管分五层灌注，每层高度为20公分。混凝土倒入模型后先用鉄鏈搗實，再开始震動至混凝土冒漿为止。由于它的流动指数不一致，我們所用內模震動器各种規格的震動力不一致，每层混凝土震動時間也有所不同。根据施工中的統計，当流动指数为30~40秒时，震動時間为1.5m——60秒；1.25m——90秒；1.0m——120秒。当頂层震動冒漿时，就进行頂面抹平；

(4) 吊出內模：在灌注混凝土的同时，移动龍門架或三角架，使倒鏈滑車或二二滑車鋼絲繩較磨的吊鈎对正水管中心，这样吊起內模时不会搖动而碰坏水管壁。在水管頂部抹面完后即开始起吊。在起吊时同时震動一次，当內模拔出一公寸左右即停止震動，以減少混凝土与模型之間的黏結。內模吊起后，移动龍門架將內模落放在下一次灌注之位置，將灰漿擦淨并涂油；

(5) 拆除外模。內模吊起后，当时即可拆除外模。拆外模时，首先用活动扳手松开外模上之連接螺栓，并将固定栓抽出。拆模时，因頂部混凝土內凝力較小，易与外模沾結而发生裂縫。故应注意在发生此种現象处，及时用鉄抹刀沿外模插入紧压混凝土即可消除裂縫。拆开外模后，扳动外模

时,应注意不碰撞管身,将拆下之外模上的灰浆擦净后涂油;

拆除外模工作对质量的影响很大。如操作不良,易致粘脱甚至坍塌。在混凝土内掺入 0.3% 塑化剂,可塑性极好,经灌注后 5 分钟拆除外模质量良好,这说明混凝土之可塑性是拆外模时间长短的一个主要影响因素。其他如温度、湿度等影响,因在生产中缺乏详细纪录尚难得出结论。

(6) 整修: 拆除内外模后混凝土表面有鱼鳞状灰浆而不平整,可用棕刷在管内外壁抹刷一遍,即可基本平整。

三、配合比的选择与工地试验工作

1. 配合比的使用与强度增长情况

在兰新线 1025 公里生产时,由于工程段代备的砂石级配不良,以及我们对影响配合比的各项因素开始时也注意不够,因此发生过不少问题。经一再调整配合比始得扭转。所用配合比及强度增长情况有如下表:

配合比使用情况表

顺序	配合比	水灰比	水泥			含砂率(%)	河砂			石子	筛分	附注	拆模结果	附注
			牌号	标号	品种		筛分	平均粒径	细模量					
1	$\frac{269}{1:3.36:4.26}$	0.55	锦牌	600	普通	44.2	合格	0.375	2.65	不合格	2	部份沾模,其它尚好	3	大部沾模及倒
2	"	"	"	"	"	"	"	0.485	3.43	合格	3	大部沾模	4	管口沾边其它良好
3	"	"	锦牌	"	"	"	"	0.375	2.30	"	4	全部很好	5	全部很好
4	"	"	"	"	"	"	"	0.39	2.65	"	5	全部很好	5	全部很好
5	$\frac{225}{1:4.35:4.9}$	0.62	锦牌	"	"	47	"	0.39	2.65	"	5	全部很好	5	掺入塑化剂 0.3%

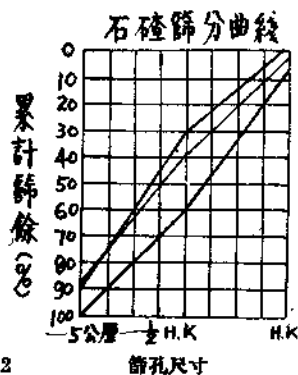
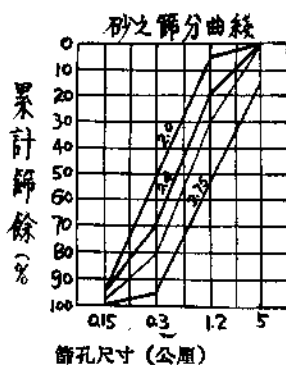


圖 2

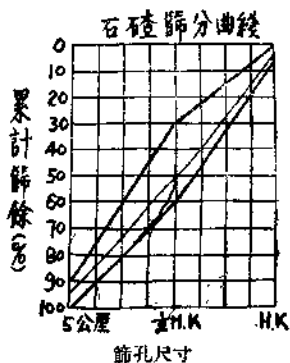
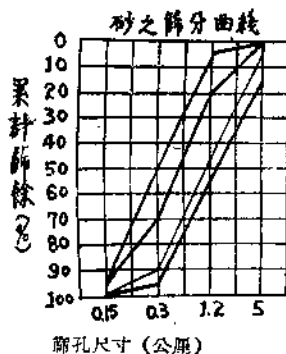


圖 3

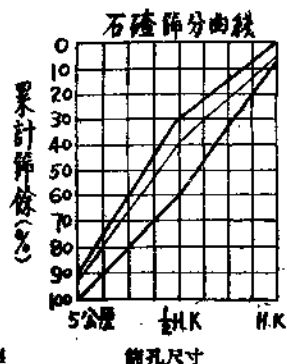
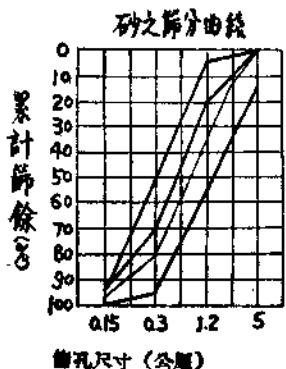
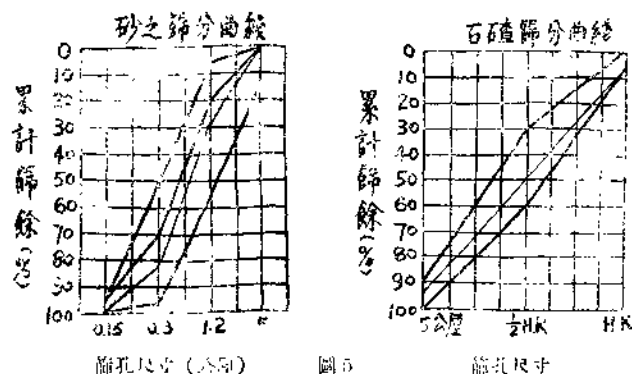


圖 4



混凝土强度增长情况表

硬 日 期 (日)	水 泥 品 种 及 标 号	水 灰 比	温 度	强 度		备 注
				掺CaCl ₂ 1.5%	掺CaCl ₂ 1.5% 0.3% 潮化剂	
2	硫磺水泥600号	0.55	5°C	102	73	
3	硫磺水泥600号	"	"	118	91	
5	硫磺水泥600号	"	"	136	115	
7	硫磺水泥600号	"	"	161	139	
10	硫磺水泥600号	"	"	206	150	
2	硫磺水泥600号	"	"	87	64	
3	硫磺水泥600号	"	"	105	82	
5	硫磺水泥600号	"	"	121	104	
7	硫磺水泥600号	"	"	143	125	
10	硫磺水泥600号	"	"	183	143	

2. 配合比选择中应注意事项

采用内模震盪器生产水管，由于在混凝土灌注后几分钟内即行拆模，故对混凝土的工作性（和易性）要求极高。如性能稍差，极易发生沾模内空或坍塌等情况。因此对配合比的选择较一般人工或机械捣固的混凝土更应特别注意。我们以往在生产中缺乏对这一问题进行深入的钻研，仅就几点初

步体会叙述如下：

(1) 水泥品种及标号：56年9月在兰新线1015公里处，曾使用400号矿渣水泥，当时气温甚高，最低时，正午最高达 28°C ，最低为 1°C ，平均在 14°C ，使用情况良好，对拆模没有发生影响；10月迁至1025公里后，因气温已降低，为早日达到设计强度，使用了600号普通水泥（矿渣水泥早期强度较低，故不宜于在平均气温低于 5°C 时使用；火山灰质水泥需水量较多，陷度受气温影响极大，较难掌握，且养护条件要好，不宜使用）；至于水泥标号，按水管设计强度140级的要求，只需300号即可，但为利于采用塑化剂以加强混凝土之和易性仍采用400号水泥。

(2) 水灰比及水、水泥用量：

我们在生产初期，局里因考虑经验不足，明确采用0.55的较小水灰比；后因使用了600号高标号水泥，为节省水泥起见，将水灰比调整为0.62，因掺用0.3%的塑化剂，水泥用量达到了最小限度225公斤/公尺³，质量良好。为充分发挥内模震动制管器的优越性，我们认为应采用最大水灰比的限值，并尽量减少水泥用量，以达到节约的目的。

(3) 砂石集料：

(a) 砂石颗粒与级配方面：为获得良好的和易性，石子宜采用卵石。我们在1025公里使用就地采用的砾石时，因颗粒有棱角、且片状较多，和易性不易掌握，出过不少问题。石子尺寸可根据水管不同规格尽量采用最大粒径，其中5~10公厘者不宜太多，筛余以40~45%、累计筛余以90~95%为宜；砂子宜采用中砂（平均颗粒不小于0.35公厘），细度模量以2.6~3.0之间为宜，5公厘以上者尽量减少。使用细砂，则增加水泥用量因而不经济；

(6) 含砂率方面：含砂率对混凝土的和易性有极大的

影响，在选择配合比时，应特别注意。由于含砂率与砂石集料粗细、集料颗粒的粗糙程度以及水灰比、砂子空隙粒等均有关，故难确定其适当的最佳数字。一般使用震动器的混凝土含砂率可以较小；但使内模震动器时，因要迅速拆模，根据实践结果含砂率一般宜大，最好是在44%~48%之间。

(4) 附加物：混凝土中掺一定数量之塑化剂，不但可提高混凝土之和易性，且能节省水泥，我们曾经掺入0.3%粉状塑化剂，效果良好。

(5) 陷度：由于所用混凝土基本上是系半干硬性的，要求的陷度极小，约为5~10公厘，使用圆锥形体陷度器测定，难以达到要求。无论在制作配合比与工地试验中，应采用流动指数测定法（流动指数以20~40秒）为宜。

3. 工地试验工作

由于影响混凝土和易性之各项因素很多，而在灌注后不久即拆模，其中某一个因素变化及时会反映在混凝土质量上。因此工地试验工作，比一般在人工或机械捣固混凝土时均要求细致些，其中尤应注意以下事项：

(1) 经常对砂石级配进行检查：因砂石级配对和易性影响很大，级配稍有变化，拆模时极易发生坍塌等现象。而采备成堆存放的砂石，均匀性难以控制，如不经常检查，将临时影响生产。砂石之堆放不宜过高，以免使用时造成离析，最好不超过50公分。

(2) 作好温度、湿度及风力等气象资料的统计及施工情况的纪录，以便结合拆模质量情况进行分析，不断改进。

(3) 多作陷度试验：在正常情况下，每二小时作一次，每日上下午各作二次，以便及时调整配合比，达到和易性良好。

四、冬季施工方法的选择

采用内模震动制管器生产水管，因灌完混凝土后不久即行拆模，使混凝土与大气接触，且模型均为铁板，散热系数很大。如何选择合理的冬季施工方法生产，能连续不断地进行，是一个重要而尚有待进一步研究的问题。兹先就以下几种方法分别讨论分析：

1. 掺块类混凝土施工法：根据苏联冶金与化学工业企业建筑部技术管理局批准，苏联中央工业建筑科学院所编制之『在严寒中硬化的掺块类混凝土应用暂行规则』规定，冷混凝土〔用冷材料掺多量块类（3%~15% CaCl_2 和 7%~5% NaCl ）在严寒中硬化的混凝土〕只允许浇于无筋结构中；用预热材料掺少量块类拌制在严寒中硬化的如掺 4% NaCl 时只允许浇灌于少筋（小于 50 kg/M^3 ）结构中；如掺有块类 5% NaCl 和 3% CaCl_2 时只允许浇灌于无筋的结构中。但水管钢筋数量均超过 50 kg/M^3 ，掺块类混凝土时，钢筋锈蚀问题尚在研究试验中，故水管冬季施工，现阶段尚不能考虑此一方法。

2. 热电法：根据土建工程冬季施工参考资料中热电法热功计算举例中，当室外温度为 -20°C ，一件 0.47 M^3 、表面系数为 14 之钢筋混凝土柱达到 70% 强度需要电量为 129.5 KWH，加热时间为 50 小时（包括升温、等温时间在内，等温加热，温度为 50°C ）；水管表面系数为 11~21。如每日按生产 5 M^3 计算，则需电量约为 1380 KWH。按加热 50 小时计，需电能约 28 KW。当日灌注之混凝土翌日尚在等温阶段，而翌日灌注之混凝土又须开始加热，故共需电能为 $2 \times 28 = 56 \text{ KW}$ 。如考虑室外温度之骤然下降等意外因素，仅防寒加热即需 75 KW 发电机一台，防寒机械使用费即达约 40 元 / M^3 ，

增价达20%以上。在流动生产之方式下，是不經濟的，故不宜采用。

3. 蒸汽加热法：我們曾于1956年12月进行了試驗，采用就地挖坑道四周不設側墙板，坑頂以帆布遮盖，內通蒸汽。試驗結果情况如下表：

順序	水泥品种及标号	計算 实际	混凝土温度			室外温度			加热温度				
			初温	等温	升温速度 (度/小时)	最高	最低	平均	升温	等温			
1	400号日本 矿 渣	計算	12	40	2			-10	14	26.4	100	40.6	
		实际	12	40	1.7	-8	-17	-9.6	14	28	120	48	
2	400号日本 矿 渣	計算	5	50	5			14	9	17	100	26	
		实际	5	51	4.6	-7	-18	-14	10	17	114	28	
3	300#長城 矿 渣	計算	15	27.5	1.6			-13.4	8	19	100	197.1	
		实际	15	27.5	1.6	-1	-22	-13.4	8	15	110	163	

在試驗中发生以下問題：（1）水管就坑道地面生产未加工鋪設，致于蒸汽加热过程中，土壤吸水而松软；（2）鉄模散热量极大，由于必須在坑道中全部成品完成后始能加热，致最初灌注之水管拆模后在冷空气中停留过长，后用羊毛毡在拆模后之水間外部圍盖。

根据試驗情况，內模震动器采用加热法宜于在較固定的工場內进行。如流动性太大，則蒸汽設備迁建均感困难。采用蒸汽加热法仍以采用坑道式为宜，坑道底部应加鋪透水性土壤，必要时加填部份小卵石，并設置排水沟，坑道四周仍应設置边墙板，以防边墙土壤受蒸后坍塌。根据我們初步計算：采用坑道蒸汽加热法冬季施工，工料費增加約为17%（包括設備設置費用），成本增加較高。

4. 白灰鋸末暖瓶法：第三工程局生产水管采用此法。在-30°C时效果良好，經四天即可达到設計强度的75%。其法系將鋸末按200~250%含水量均匀拌合，并按1:3（石灰

1 公斤与原状锯末 3 公斤) 比例配合作暖瓶防寒填料。此法簡易可行, 宜于在內模震动制管器冬季施工中采用。惟因拆模早, 且防寒期間再无模板保护 (如木模生产), 故对暖瓶厚度、內模先拆后之防寒措施均有待进一步試驗, 始可得出結論。

5. 砂堆防寒法: 第四工程局京汉綫槐河导流堤水管工程 (在 -3°C 到 15°C 的气温中) 采用过此种方法。先将水管在砂地上制出, 脫模后即用砂埋起, 結果良好。

6. 土窖法: 第四工程局在焦黃綫焦九段水管 (在 -5°C 到 -15°C 气温中) 施工中采用过。将窖預先挖好, 上盖草席, 保护不冻, 将管制在窖內, 少加以木炭火, 然后盖起。每管一窖, 結果良好。

五、內模震动制管器生产的优点

1. 效率高。按我們初步測定的定額与原用木模生产的定額比較, 可提高劳动生产率約 34% (木模生产需要工时为 21 工时/ M^3 內模生产需要工时 13.8 工时/ M^3), 月产 800 节 (400 M^3), 水管所需劳动力仅 60 人 (砂石备料及机械保管人員不包括在內), 且成品能在較短時間內达到設計强度。根据統計 (詳見混凝土强度增长情况表), 使用 600 号普通水泥在平均温度 5°C 以下最快二天 (0.55 水灰比掺用 1.5% CaCl_2)、最慢 5 天 (0.62 水灰比掺用 1.5% CaCl_2 及 0.3% 塑化剂) 即能达到設計强度的 75%, 可迅速使用;

2. 質量好: 由于是震动搗固, 故混凝土密实度好: 即使使用較大水灰比, 仍能获得 0.90 以上的密实度; 如我們可用 $\frac{225}{1:4.35:4.90}$ (0.62 水灰比 600 号日本普通水泥), 其密实度达到 0.92;

3. 成本低；

4. 設備輕便，易于流动适应新綫施工的特点。月产800节（400 M³）水管的全部設備（包括炊具、家具等）約仅50吨，使用汽車搬运迁移，亦极方便。

六、技术装备方面

1. 由于內模震動器系机械震動搗固，应配备試驗用震動台一具以測定流动指数。

2. 所制水管强度增长迅速，为达到及时使用，应配备較輕手动压力机1台，随时試压。

3. 由于生产的流动性，应配备架桥車一辆，以解决及时拆迁轉迁工地的問題，平日尚可兼任成品运输及紧急送料工作。