

陶土管用作下水道的研究

呂 瀚 璿 編 著

建 筑 工 程 出 版 社

內 容 提 要

本書系报导將陶土管（缸瓦管）使用作下水道管的一些研究和試驗的結果。作者通过在一年多的時間內进行這項研究和試驗，証明陶土管代替混凝土管作下水道管，不仅在抗压性方面可以合乎标准，且具有耐侵蝕、抗高温和不透水等为混凝土管所不及的独特性能。陶土管的价格亦远較混凝土管为廉。尤以使用陶土管作下水道，可为国家节省水泥，对国家經济建設有现实意义。

本書从分析目前手工制造的陶土管的缺点着手，参考苏联及美国关于陶土管的质量标准，提出改良制造方法、質量檢查方法和設計施工方法等，說明了改良陶土管使它適宜于用作下水道的全部过程。作者最后就其得出的初步結論，提出意見，希望全国有关單位或專家进一步試驗研究指正。

陶土管用作下水道的研究

呂瀚璿編著

*

建筑工程出版社出版（北京市阜成門外南禮士路）

（北京市書刊出版業營業許可証出字第052号）

国家建設委员会印刷厂印刷·新华書店發行

書号 847 字數 45 千字 787×1092 1/32 印張 2

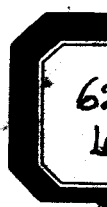
1958年2月第1版 1958年2月第1次印刷

印數：1—1,100册

*

統一書号：15040·847

定 价：(11)0.44元



序

这本小冊子是我从事研究陶土管（缸瓦管）用作下水道的一些心得的报导。

这项研究工作是于1956年在中南土木建筑学院教学之余进行的。当时，校外一些施工單位委託我研究他們使用陶土管作下水道失敗的原因。在这过程中，我發現：他們現在使用的手工制的陶土管，是有可能經過改造提高它的質量而用作下水道的。目前，我国正在进行大規模經濟建設，下水道工程隨基本建設的日益开展而不断扩大，如能采用陶土管作下水管道以代替混凝土或鋼筋混凝土管，不仅可以節約工程費用，尤能为国家节省一定的水泥和鋼鉄。这对我国目前水泥、鋼鉄供不应求的情况來說，是有其现实的經濟意义的。因此，我建議中南土木建筑学院正式开展这项研究工作。这项建議隨即得到中南土木建筑学院領導上的采納和積極支持，經报高等教育部备案后，便开始进行研究。为了便于进行实验和蒐集实际資料，研究工作是分組进行的。

在研究积累了一些初步經驗后，經過整理，我向中南土木建筑学院提出了研究报告。1957年4月，我来北京参加国家建設委员会召开的給排水設計經驗交流會議。国家建設委员会科学工作局的同志們和参加会议的各地設計單位的負責人，在了解了这项研究工作的情况后，都鼓励我将研究材料編写出来，以供有关單位参考。这样，我就写成了这本小冊子。当然，由于研究和实验的时间不够長，个人学識、經驗又有限，写出来的不能認為是很成熟的东西，錯誤在所难免，希望讀者多加指正。

在这項研究工作过程中，經湖南省城市建設局設計公司、工程公司和長沙市工程公司、建設局、衛生局溝渠工程队等單位供給給我許多实际資料，並承中南土木建筑学院实习工厂、土壤力学實驗室、建筑材料實驗室和給水排水教研組的同志們給我們不少工作上的协助，使我們能順利完成這項工作，謹表謝意。

呂 瀚 璿

1957年5月于中南土木建筑学院

目 录

序

一、陶土管在国内的使用情况	1
二、陶土管的质量问题	3
三、使用陶土管作下水道的設計理論(观念)、設計标准和計算方法	19
(一)下水道管材料的选择	19
(二)使用陶土管的設計标准和計算方法	20
1. 陶土管应有的抗压强度問題	20
2. 陶土管埋置在不同土質、不同深度和寬度的溝槽中应有的承受強力問題	24
(1) 溝管承受的压力問題	25
1) 崔托維奇氏計算公式	25
2) 克臻氏計算公式	26
3) 馬司頓氏計算公式	27
4) 史朋格拉氏計算公式	32
5) 克列恩氏計算公式	33
(2) 溝管 埋置方式对溝管 支持强度的影响問題	46
四、关于使用陶土管的施工方法問題	49
五、使用陶土管作下水道与使用混凝土管或鋼筋混凝土管在經濟价值上的比較	50
六、初步結論和几点建議	53
附录: 苏联和美国陶土管質量标准介紹	56

一、陶土管在国内的使用情况

陶土管又叫缸瓦管。我国的陶瓷工业原已有悠久的历史，但陶土管的使用范围不大，尤其把陶土管使用作下水道，在以前可以说仅是一个工程上的术语而已。

解放以来，尤其是近年来，大家都在为节约水泥和钢铁而努力寻找代替品。有许多单位已试用陶土管作室内卫生用具的连接系统。也有一些单位试图用陶土管作室外下水道（以在沒有或者只有很少車輛經過、不致产生較大的集中荷重的交通路上为多）。但由于缺乏經驗和实际参考资料，仅能摸索地进行设计和施工，因此对工程质量不能提出保证；有些单位在工程失败以后，还不知道是什么原因，致引起業主与设计或施工单位发生责任上的糾紛。

我在开始研究时，曾向有关的设计和施工单位征集实际使用陶土管作下水道的經驗資料。据施工单位报导：陶土管的缺点，主要是管子质量差，同时安装困难，管理也多不便。这些缺点具体表现在：管子不圆、管身厚薄不均，因此容易破裂；承口太浅，致有时接口接不上；接口处不成直线，容易引起淤塞；接口处不平，清通时易被钩破损坏；管身短，不但施工不便，且增加工程費。由于这些原因，陶土管的使用，就受到很多限制，因而不为人所乐于采用。据设计单位的报导，则以陶土管用于下水道的設計理論、設計标准和計算方法的参考资料都很缺乏，近年来摸索地进行設計，往往在一些地方得到較好的結果，在另一些地方又出了毛病，因而不敢放胆使用和推广。

总的說来，在我国目前，虽已开始注意到使用陶土管代替

混凝土管作下水道，並且還作了一些嘗試，但由於沒有作有系統的研究，找出失敗的原因和改進方法，所以往往都是半途而廢。

在國外，陶土管使用作下水道的資料比較多。如蘇聯和美國，雖然他們的水泥工業都很發達，用陶土管代替混凝土管以節約水泥的實際意義不大，但對陶土管使用問題的研究，仍很重視。如蘇聯有關下水道的著作，談到下水道材料時，都首先以陶土管作為考慮的對象。為了提供參考，特將蘇聯和美國對陶土管質量所訂的標準，列於本書附錄，以資比較。

二、陶土管的質量問題

陶土管的質量問題，主要是陶土管用作下水道的質量標準的問題。研究陶土管的質量，包括陶土管材料成分的配合及燒制方法、管子的厚薄、長短尺寸和強度標準等三個方面的問題。

關於材料成分的配合及燒制方法的問題，因屬化工研究範圍，我缺乏研究，故只作了一些化驗工作。其結果列於本節末的附表1。本節研究重點，放在管子的厚薄、長短尺寸和強度標準方面。

由於我國目前還沒有標準陶土管的出產，各地所制的陶土管，其性能、規格各各不同，因此我只就“湖南銅官缸瓦管廠”的產品進行了實驗。“湖南銅官缸瓦管廠”已有幾十年的歷史，對制管事業來說，是有一定的貢獻的。但該廠完全是手工業生產，技術方面也是只憑經驗，缺乏科學理論根據，所制管子，又多只用在房屋的煙囪和農田灌溉的水溝方面，故要用它作下水道，質量上有待研究改進，是很明顯的。

我曾就某些單位使用陶土管作下水道失敗的原因進行分析，並就湖南銅官缸瓦管廠以前所出產的一般產品的厚度、長度和承口等的基本尺寸作了詳細的調查。茲將調查的結果列於下表（表1）：

湖南銅官缸瓦管廠出產的陶土管的基本尺寸和性質 表1

內 徑 (公厘)	管 厚 (公厘)	管 長 (公厘)	承口深 (公厘)	抗 壓 強 度 (公斤/公尺)	
				三邊支承法	砂 承 法
390	20	340	20		620

續表 1

內 徑 (公厘)	管 厚 (公厘)	管 長 (公厘)	承口深 (公厘)	抗 壓 強 度 (公斤/公厘)	
				三边支承法	砂 承 法
280	20	310	20	470	580
490	25	320	20		
220	20	330	15	430	
375	22	340	25	470	560
380	25	340	26		
504	25	330	26	600	
495	25	330	24		610
282	17	315	20	340	880
275	20	310	22		

从上表的数字可以看出，該厂出产的陶土管，如与苏联或美国的陶土管标准（見附录）比較，管厚仅及苏联标准的 $2/3$ 左右，比美国的标准，則只及 $1/2$ 左右；管長也只及苏、美标准的 $1/3 \sim 1/2$ ；承口深还不及美国标准的 $1/3$ 。

上述基本尺寸的不合标准，不論从理論上或从实际使用經驗上（根据長沙市衛生局溝渠工程队提出的使用陶土管經驗报告），都証明它是質量不合要求、管子在使用时容易破裂的主要原因。我曾將上表尺寸的管子，进行了10次抗压試驗，結果如上表末欄所示。其抗压强度仅为外国标准（見附录）的 $1/5$ 左右。这样低的强度，管子不堪使用是很明显的。

为了进一步証实这个論証，我曾按照我初步拟訂的改良尺寸标准，請湖南銅官缸瓦管厂制造了一批管子进行抗压試驗。第6頁的表2就是用該厂原来的产品和按我初步設計的尺寸制成的管子，分別进行共23次抗压試驗的比較結果。

从表 2 的試驗可以看出：加厚管壁，虽然增加了抗压强度，但还是远不够苏联的标准。多数管子，其管口部分的厚度已接近苏联的标准，但其抗压强度仍差，如表 2 中的改字Ⅱ₍₁₎、Ⅱ₍₃₎、Ⅱ₍₅₎、Ⅲ₍₂₎等号的管子。究其原因，就是由于管身与管口厚度不一致。多数是管身比管口薄很多，甚至有的管子，管身薄的地方，还不及管口厚度的1/2。管身厚薄不匀，其抗压强度就不能按管口厚度来计算了。何况管子系手工制造，管身組織也难严密一致；过于加厚管壁，又不易燒透。这都是影响抗压强度的重要因素。表2中原字Ⅱ₍₁₎、Ⅱ₍₂₎、Ⅲ₍₂₎、Ⅲ₍₃₎和改字Ⅰ₍₁₎、Ⅱ₍₃₎、Ⅱ₍₄₎、Ⅲ₍₃₎、Ⅲ₍₆₎等号的管子都表明了这种情况。

由此可见，要改良管子質量，不能單靠增加管壁厚度，更重要的还是要使管身組織严密、厚薄均匀一致；要做到管身組織严密、厚薄均匀一致，手工制造的方法是不能胜任的。因此必須改进制管坯的工具和方法。这，只有要求于机械制管了。

据長沙市衛生局溝渠工程队关于使用陶土管的經驗报导，除了指出管壁厚度不够、厚薄不匀、管身不圓等，都是影响管子的强度致其使用范围受到很大的限制的原因外，还指出管子长度不够，致接头过多，也是增加使用上困难的因素。而要增加管子的长度，如按适当标准增加到80~100公分，也非手工制造所能做到（手工制造最多可以加長到50公分），必須改用机制。

此外，手工制管成本較高（普通40~50公分長的管子，每人每天只能生产2~5个左右），也以改用机制为經濟。

由此可见，提高陶土管的質量标准，关键在于改进制造方法——由手工制造改为机械制造。

为此，在繼續进行研究以前，我設計了一套半机械化的压

陶土管（鋼宮缸瓦管厂制）压

号 碼		基 本 尺 寸 (公 厘)								形	管情	吸
字	号	有效管長	管全長	內徑	外徑	承口內徑	承口外徑	管壁厚	承口深	狀	身厚薄况	破塊
		L	L ₁	D	D'	D ₁	D ₁ '	T (平均)	E			
原	I (1)	330	380	504	560	584	620	25.0	26	不甚圓	不均勻	9%以內
原	I (2)	330	370	495	545	570	625	25.0	24	稍 圓	"	"
原	I (3)	320	370	495	550	560	620	25.0	20	不甚圓	"	"
原	II (1)	340	380	375	420	435	475	22.5	25	不甚圓	"	"
原	II (2)	340	370	390	440	445	490	20.0	20	不甚圓	"	"
原	II (3)	340	380	380	430	440	485	25.0	26	較 圓	較 勻	"
原	III (1)	310	350	280	320	320	350	20.0	20	不甚圓	不均勻	"
原	III (2)	315	355	282	320	335	365	17.0	20	不甚圓	"	"
原	III (3)	310	350	275	315	335	370	20.0	20	不甚圓	較 勻	"
原	III (4)	330	350	220	260	260	290	20.0	20	不甚圓	不均勻	"
改(-)	I (1)	540	610	520	667	690	768	73.0	47	稍 圓	較 勻	"
改(-)	II (1)	583	583	290	340	360	400	24.5	45	"	薄的仅只	"
改(-)	II (2)	550	590	307	355	355	402	23.0	22	"	11公厘	"
改(-)	II (3)	540	540	378	365	370	410	23.0	22	"	不均勻	"
改(-)	II (4)	550	585	305	360	378	418	23.0	20	"	不均勻	"
改(-)	II (5)	560	598	310	360	370	410	22.0	30	"	不均勻	"
改(-)	II (6)	560	575	313	360	360	400	20.0	30	"	較 勻	"
改(-)	III (1)	560	590	210	245	250	285	18.0	20	"	頗 勻	"
改(-)	III (2)	560	585	212	250	260	287	18.0	23	"	不均勻	"
改(-)	III (3)	570	590	210	245	250	285	16.0	20	"	不均勻	"
改(-)	III (4)	555	582	200	245	260	295	20.0	20	"	不均勻	"
改(-)	III (5)	540	570	210	240	260	290	13.0	17	"	不均勻	"
改(-)	III (6)	530	575	275	245	260	293	20.0	23	"	不均勻	"

注：原字管子系指未經改良的管子；改（一）字管子系指經過第一

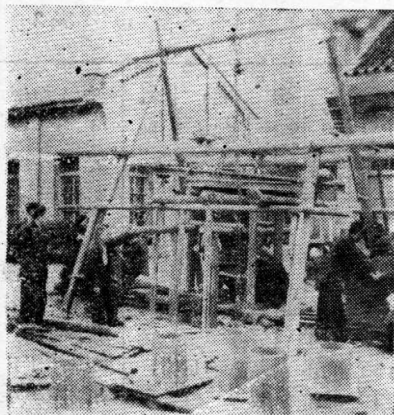
力試驗記錄 (1956年6~8月)

表 2

水率	試驗方法	加壓情況			每公 尺抗 壓 力	破 裂 現 象	燒 制 情 況	質 地 情 況	抗酸和抗 碱情 況
		第 一 次	第 二 次	破 裂					
全 管									
5 %	三边支承法	166	83	249	600	四	頗 好	不均	用濃硫酸浸
"	砂 承 法	244	14	258	610	四	"	"	陶土管破片
"	"	146	60	206	580	边	"	"	48小时后,
"	三边支承法	148	10	153	470	边	火力不足	"	取出抹干,
"	砂 承 法	158	73	231	620	开	頗 好	"	用显微镜觀
"	"	187	25	212	560	开	"	"	察, 未見發
5.5%	三边支承法	145	—	145	470	裂	火力不足	"	生 侵 蝕 現
"	"	117	—	117	340	裂	"	"	象, 重量也
5%	砂 承 法	247	46	293	880	裂	頗 好	"	未 显 著 減
"	三边支承法	127	10	137	430		"	"	少, 証明抗
"	"	1000	100	1100	2020		不 甚 好	"	酸力很强。
"	"	198	—	198	370		"	"	用 5 % 氫氧
"	"	129	181	310	570		"	"	化鈉溶液浸
"	"	129	43	172	320		"	"	陶土管碎片
"	砂 承 法	198	252	450	800		頗 好	頗勻	48小时取出
"	"	198	110	308	550		"	"	抹干, 用显
"	"	330	90	420	750	"	"	"	微鏡觀察,
"	三边支承法	129	236	365	650		"	"	有一些起霜
"	"	198	30	228	410		不 甚 好	不勻	現象, 但未
"	"	198	70	268	470		"	"	發現侵蝕痕
"	"	298	231	429	770		頗 好	頗勻	跡。
"	砂 承 法	200	130	330	600		"	"	
"	"	330	200	530	1000		火力較足	較好	

次改良的管子。

管工具，如圖 1-A、圖 1-B 所示，由中南土木建筑学院實習工



照片 1 压管机正在压制管坯。



照片 2 机制陶土管做压力試驗破坏后，显示管身厚薄均匀。

厂制造。按拟定尺寸标准，用这部半机械化的压管机制造出一批管子（見照片 1），进行比较試驗。当然，如用完全机械化的工具制管会更好些，但由于是实验性質，半机械化的工具既然能够达到改良管子質量的目的——即制出的管子有合乎标准的厚度和厚薄均匀的管壁（見照片 2）、全圓的管身和合乎使用标准的管長——，就不必用完全机械化的工具了。

下面是关于用这种半机械制的管子进行一系列的試驗——抗压强度試驗（見表 3）、耐酸、耐碱和吸水試驗（見表 4）和实地埋管試驗（見表 5）結果的一些資料。

此外，我們把接受广西农学院委託的广东石湾出产的陶土管的試驗結果，也列于本节末的附表 2，以供参考。

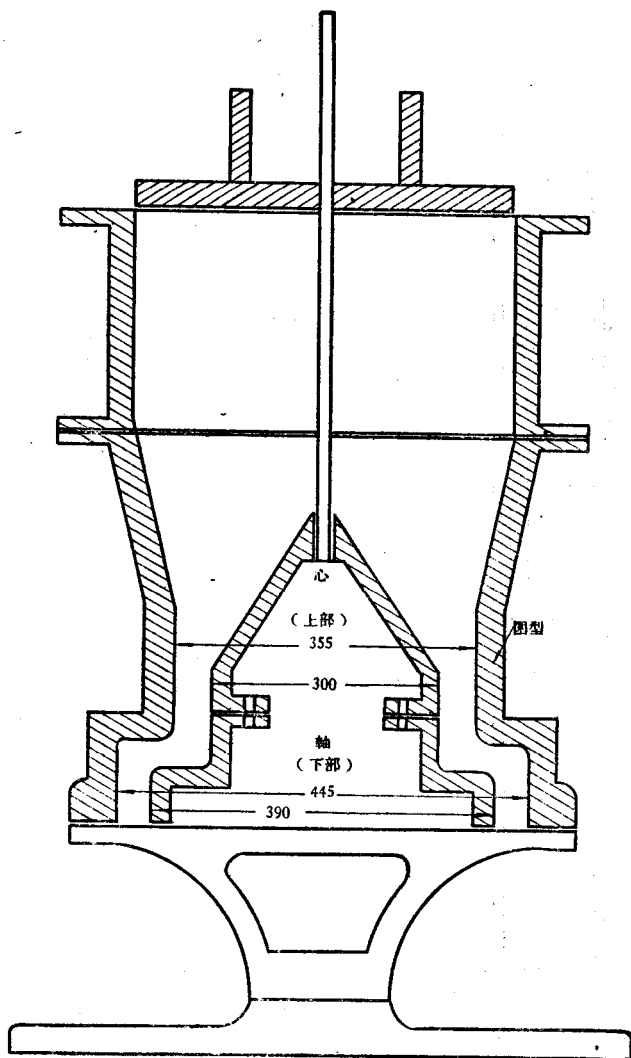
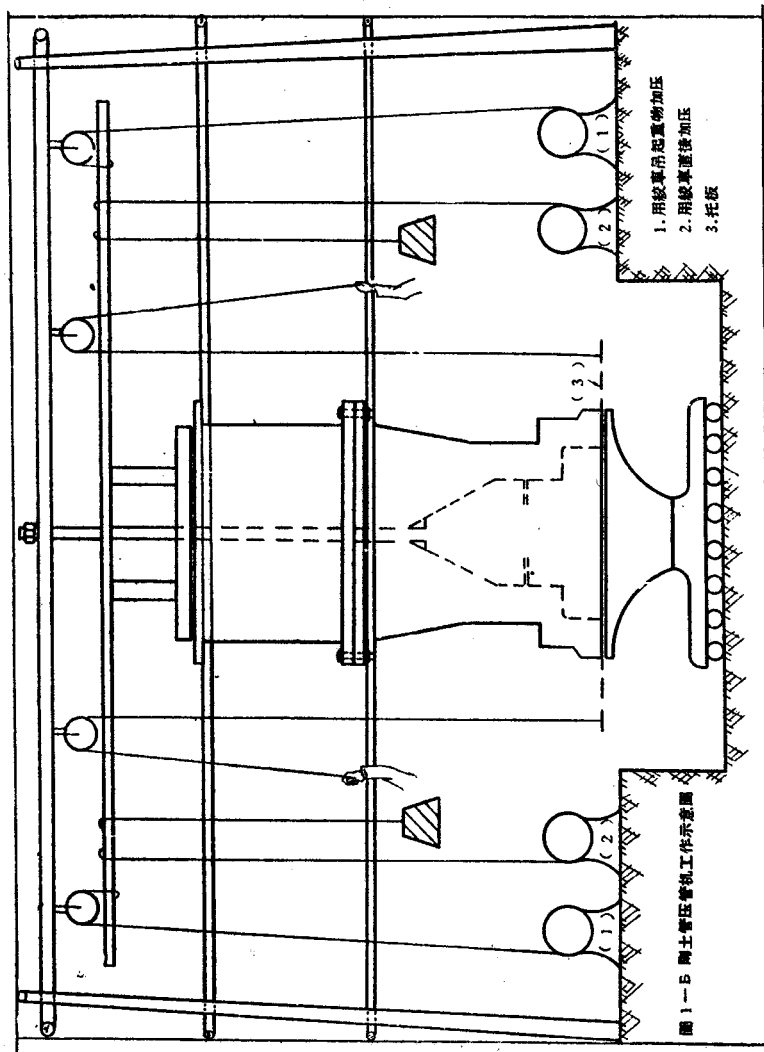


圖1—A 300 ϕ 陶土管压管机剖面示意图。



陶土管压管机工作說明

(一) 將泥土按成分配合並加适当的水拌勻后裝滿压机中。(注意加水不能太多，也不能太少；太多則过湿，压不成管坯，且收縮性大，裂縫多；太少則过干，泥土压不下去，且孔隙多，質量差。)

(二) 將压板加力压下，使泥土压入心軸和圓型的空間，作成管的凸端(或叫承端)。

(三) 当底板周圍的小空隙挤出一些泥土时，即表示凸端已压成，此时可把底板和心軸下部緩緩取下。

(四) 用另一托板托好凸端，繼續加力將泥土往下压，則管身徐徐压出，用托板托好；边压边放下托板，俟达到所需長度后，即停止加压。然后用薄鋼板或鋼絲將管子切斷。(应从四周切，不应單从一方切。)

(五) 將压成的管子用人工把切口整理完善后，再把它倒回来(即凸端向上)，放在干燥的屋子里，俟陰干即可燒制。

(六) 压管时泥土所受压力，应在17~24公斤/平方公分(即250~600磅/平方吋)的範圍內。

(七) 加压时要注意兩边用力均匀。

(八) 这个压管机是初步設計成的，今后有待繼續研究改进，使工作更簡便、更經濟，以提高生产效率。

經第二次改良的手工制陶土管和改用半

(1957)

号 碼		基 本 尺 寸 (公厘)								形状	加 压 情	
字	号	有效 管長 L	管全 長 L ₁	內徑 D	外徑 D'	承口 內徑 D ₁	承口 外徑 D ₁ '	管壁 厚 T	承口 深 E	內徑 不均 差數	第一	第二
											次	次
(公斤)												
改(二)	I (1)	525	590	240	300	316	378	28	65	較圓	242	182
"	I (2)	515	580	240	305	305	358	20	65	6	242	281
"	II (1)	490	555	300	360	358	410	28	65	25	242	182
"	II (2)	495	560	310	360	365	410	25	65	較圓	242	114
"	II (3)	495	555	308	365	370	410	25	60	10	242	76
"	II (4)	495	560	323	345	370	410	25	60	橢圓	242	38
"	III (1)	495	555	360	428	440	500	32	60	10	242	182
"	III (2)	485	560	353	415	445	500	30	60	5	262	182
"	III (3)	500	560	350	410	450	510	30	55	10	262	114
"	III (4)	490	570	360	420	450	505	30	60	10	262	133
"	IV (1)	500	570	395	470	480	542	44	65	較圓	262	182
"	IV (2)	490	560	400	488	500	550	40	70	橢圓	262	324
"	IV (3)	500	565	400	475	480	550	40	65	較圓	424	280
"	IV (4)	500	560	400	460	470	530	30	65	12	262	182
"	V (1)	510	585	480	595	630	740	55	75	較圓	424	182
机(半)	I (1)	350		270	320			25		圓	500	120
"	I (2)	350		270	320			25		"	500	80
"	I (3)	400		250	300			25		"	500	100
"	I (4)	450		250	300			25		"	500	310
"	I (5)											

注：1.符号所指与表2同。

2.改(二)字的管子系指經第二次改良的手工制管子；机(半)

机械化压制的陶土管抗压比較試驗記錄

年 1~5 月)

表 3

况 破裂)	試驗 方法	抗压 (公斤/ 公尺)	破裂 現象	管身 厚薄 情况	燒 制 情 况	組織 情况	吸 水 率		抗酸和抗 碱 情 况
							破 塊	全 管	
424	三 边 支 承 法	810	四 边 开 裂	不 勻	尚 好	頗 勻	8%	5%	50%濃
523		1,000		稍 勻	"	"	7.5%	"	硫酸浸48
424		870		不甚勻	火力不足	不勻密	9%	"	小时, 無
356		720		"	尚 好	尚 好	8%	"	侵 蝕 現
316		640		"	火力不足	"	8.5%	"	象。
280		570		不 勻	"	不勻密	9%	"	5%氫
424		860		稍 勻	尚 好	尚 好	8%	"	氧化鈉浸
444		920		"	"	"	8%	"	48小时,
376		750		不甚勻	火力不足	"	8.5%	"	有白霜,
395		800		"	尚 好	不勻密	8%	"	但無显著
444		890		不 勻	火力不足	"	9%	"	侵 蝕 現
596		1,220		頗 勻	尚 好	尚 好	8%	"	象。
704	承 法	1,408	开 裂	"	"	頗 勻	8%	"	
444		890		不 勻	火力不足	不勻密	10%	"	
606		1,200		頗 勻	"	松 疏	11%	"	
620		1,750		均 勻	"	頗 勻	7%	5%	同
580	法	1,650	裂	"	"	"	"	"	
600		1,500		"	"	"	"	"	
810		1,800		"	尚 好	"	"	"	上

字的管子系指半机械化压制的管子。