

120970



# 關於竹筋混凝土的研究

## 论文集



269

教師參考室

陈列图书不得携出室

### 內 容 提 要

本書是把目前搜集到的日本建築雜誌、土木技術雜誌和興亞竹筋混凝土研究所在1940~1943年間所發表的關於竹筋混凝土研究資料翻譯出來彙編成的論文集。內容包括三個部分：竹筋混凝土的研究；關於竹筋混凝土的資料和竹的研究。

為了節約鋼材和木材，我國目前正在大力研究以竹筋代替鋼筋和木材的問題。但是這方面的參考資料是很缺乏的。本文集所收集的資料雖是日本遠在十幾年前所發表的研究報告，但是這些研究試驗結果還是值得我們吸取的。如能結合我國具體情況加以分析，相信對於我們這方面的研究工作是裨益的。

本書可供建築科學研究機關，學校以及土木工程技術人員研究參考。

# 关于竹筋混凝土的研究论文集

建筑科学研究院等译

建筑工程出版社出版

• 1957 •

原本説明

書 名 竹筋コンクリートの研究  
竹筋コンクリートに関する資料  
竹の研究

著 者 岩 田 恒  
松 島 鉄 也 等  
茂庭忠次郎

出 版 者 兴亜竹筋コンクリート研究所  
建筑学会  
土木技术社

出版地点  
及 年 份 1940~1943 东京

关于竹筋混凝土的研究论文集

建筑科学研究院 等译

\*

建筑工程出版社出版 (北京市阜成门外南礼士路)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 052 号)

建筑工程出版社印刷厂印刷・新华书店发行

书号 493 字数 140 千字 850×1168  $\frac{1}{32}$  印张  $5\frac{7}{8}$  插页 1

1957年5月第1版 1957年5月第1次印刷

印数: 1-5,400册 定价 (10) 1.10元

## 前 言

我国是世界上竹材产量丰富的国家之一。能够充分利用这一丰富资源来节约钢筋和木材，这将对当前大规模的社会主义经济建设起很大的作用。因此，对竹材的科学研究是值得十分重视的问题。

为了开展这方面的研究工作，国家建设委员会已经组织和领导了全国各有关研究部门、高等学校和建设单位，正在进行竹筋混凝土和竹结构等专题的试验与研究。

几年来，我国对于竹筋混凝土和竹结构的实用与研究方面已经取得了一些成果；在建筑工程方面应用竹材的范围是逐渐扩大起来了。不仅在临时工程——工地办公室、食堂、宿舍及脚手架等大量地应用了竹材，而且在承重较大的结构如楼板、天棚板、地沟盖、圈梁等方面，各地区亦都在不同的情况下，应用了竹筋混凝土结构。

然而用竹筋来代替钢筋是一个非常复杂的技术问题；这是因为这两种材料本质是完全不相同的。因而对于竹的性能、竹材的处理与加工，竹筋与混凝土的相互作用以及竹结构的有效结合等重要问题，还极需进一步细致地研究与掌握，才能真正达到代替钢筋的目的。

为了广泛地吸取经验和丰富这方面的研究资料，我院特将蒐集到的，对竹材有研究的国家如日本、印度等的研究资料，组织翻译陆续出版，以供大家参考。本书是翻译日本杂志上关于竹材和竹筋混凝土的研究论文与试验报告的论文集。

这些资料中，有某些理论可能是陈旧了的，或者还有不完全适

合我国当前需要的地方;我們應該結合我国具体情况,抱着分析研究的态度,从中吸取我們所需要的部分加以創造和發揮,唯有这样才能真正对我們的研究有所裨益。

建筑科學研究院

1956年11月

# 目 录

|     |   |
|-----|---|
| 前 言 | 3 |
|-----|---|

## 一 竹筋混凝土的研究

|                   |    |
|-------------------|----|
| (一) 竹筋混凝土在学术上的研究  | 7  |
| (1) 竹筋在物理化学上的研究   | 8  |
| (2) 竹筋混凝土梁的弯曲試驗   | 21 |
| (二) 实用化的研究        | 30 |
| (1) 关于竹筋的制造法      | 30 |
| (2) 关于竹筋混凝土的设计与施工 | 33 |
| (三) 设计竹筋混凝土结构的实例  | 38 |

## 二 关于竹筋混凝土的资料

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 前 言                    | 70  |
| (一) 竹材的物理性质            | 70  |
| (二) 竹筋的处理法             | 86  |
| (三) 关于竹筋及竹筋混凝土的强度      | 94  |
| (四) 竹筋混凝土梁的一个試驗报告      | 101 |
| (五) 竹筋混凝土板及无筋混凝土板的强度試驗 | 106 |
| (六) 竹筋混凝土梁的試驗报告        | 114 |
| (七) 关于竹筋混凝土结构的设计与施工    | 122 |
| (八) 关于竹筋混凝土结构的实例       | 130 |
| (九) 关于竹筋及竹筋混凝土的创造发明和设计 | 140 |

## 三 竹的研究

|           |     |
|-----------|-----|
| 竹材的性能     | 148 |
| (一) 竹材的比重 | 148 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| (二) 竹材的收縮率及其吸水量 .....   | 151 |
| (三) 竹的成分及其发热量 .....     | 152 |
| (四) 竹材的抗压强度 .....       | 153 |
| (五) 竹材的抗拉强度 .....       | 154 |
| (六) 竹材的抗撓强度 .....       | 158 |
| (七) 竹材的彈性模量 .....       | 159 |
| (八) 旧竹的耐久性 .....        | 161 |
| (九) 大气中的干燥和水中的浸漬 .....  | 163 |
| (十) 竹和牆壁中的土 .....       | 164 |
| (十一) 竹节的影响 .....        | 164 |
| (十二) 混凝土块中的竹 .....      | 148 |
| (十三) 水泥溶液中的竹 .....      | 168 |
| (十四) 石灰溶液中的竹 .....      | 169 |
| (十五) 鹽酸溶液中的竹 .....      | 170 |
| (十六) 竹的强度与儲存状态的影响 ..... | 170 |
| (十七) 竹管的耐水压力 .....      | 172 |
| (十八) 竹材的抗剪强度 .....      | 177 |
| (十九) 竹材和混凝土的粘着强度 .....  | 178 |
| (二十) 竹材的容許强度 .....      | 182 |

# 一 竹筋混凝土的研究

## (一) 竹筋混凝土在學術上的研究

### 內 容 概 要

关于竹筋混凝土的研究,由于以鋼、鉄丰富为理由,到現在还没有充分加以研究。

截止目前,所研究的内容是很貧乏的,只是把未經防水处理的竹材,埋放在混凝土中,因为竹材的膨脹、收縮、而使混凝土发生裂縫。

凡經涂刷氧化鉛、干性油以及釉藥的竹材,虽能减少一些膨脹和收縮,但其效果并不大,尤其是对于硷的侵蝕不能完全防禦。

然而在1939年4月,建筑学会在京都大学召开时,在学术論文講演会上,神戶高等工业学校的巽純一教授以“竹筋混凝土梁的受弯試驗”为題,堺市的島田一工程师,以“竹筋在物理化学上的研究”为題发表以来,他兩人在每年的建筑学会上以及四年一次的日本工学大会上,不断地发表了他們所研究的内容。

从此以后,各方面才認真地对竹筋混凝土的結構物钻研起来。

本篇是根据这兩人的同意,將他們在1939年第13号、1940年第17号、1941年第21号的建筑雜誌,1941年竹筋專刊以及1941年5月号土木技术雜誌上所发表的論文中选編的。

第(1)章主要是选自島田一的論文。

第(2)章主要是选自巽純一的論文。

## (1) 竹筋在物理、化學上的研究

(選自堺市工程師島田一的論文)

### 1) 竹材的一般性質

竹子屬於單子葉中的禾本科植物，杆部突出，是木質化的多年生禾本。

世界各國計有 227 種竹子，日本有 12 屬、151 種之多，因此竹材是日本的特產植物。

竹材的生長很迅速，有一種竹材生長了三年就可作竹筋使用。竹杆為中空的圓筒，由節間與節所構成。

就是同一根竹杆，依其部位的不同，則節間與節的長度也不相同。

長成了的竹杆，其物理上的組織就充分發達，能抵抗來自外界的物理力量。

竹的組織，從中空的里边起，越向外边，就越強韌，這一點和鋼筋混凝土結構的煙筒相似，同時還在適當的部位上有節，使人聯想起鋼筋箍來。

竹杆富於劈裂性、彈性、承載力、拉力、壓力、剪力等等性質，這在植物中它是突出的。

但這些特性，按照竹的種類相差是很懸殊的。其區別主要是以竹的組織和維管束分布在單位面積的數量多少、維管束周圍的韌維群的數量多少以及韌維群的韌皮纖維長度、硬化、細胞膜壁的厚度和木化程度等如何為依據。

### 2) 竹杆的細胞組織

將竹杆的截面薄片放在顯微鏡的下邊（如圖 1）可以把最外邊的表皮，緊接着下面的皮下組織，再下面的皮層，占杆的大部分

的层的中心柱,中空空洞等等区别出来。

把外皮表面、縱截面及橫截面的薄片放在显微镜下来看(如图2、3、4),長短細胞排列得很有規律,并可以看出其間有气孔。

紧接着表皮細胞下面的厚膜的皮下細胞有兩三层,其内部又有兩三层稍大形的皮层細胞,且有基本組織。細胞就占了竹层的绝大部分,而形成組織的柔細胞,其膜壁很薄,橫截面虽成橢圓形或多角形,但在縱截面上,則稍長一些。

中心柱的机械組織分布如(图6),在圓形孔的周圍,被厚膜的多角形或稍圓形的纖維群所包圍。这叫做維管束。各韌維束有的是彼此完全独立,或是几个韌維束彼此相合,因而形成多数不規則的韌維板的情况較多。

如图1所示的机械組織愈接近外边,其分布愈密。

維管束的面积总和如果比基本組織愈大,則杆的强度也愈大。

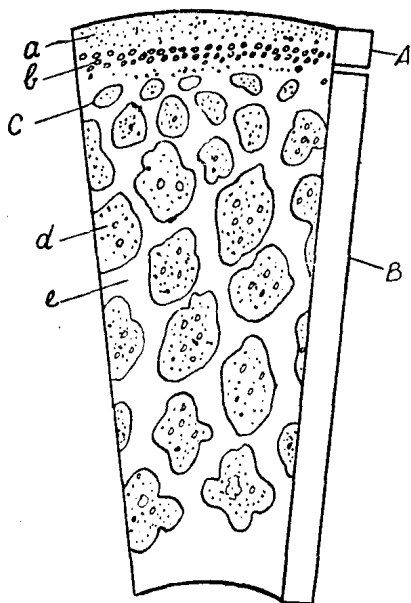


圖1 竹的橫截面擴大略图(剛竹)

A 皮層 B 中心柱 a 表皮 e 皮下組織  
c 獨立韌維束 d 合着韌維束 e 基本組織

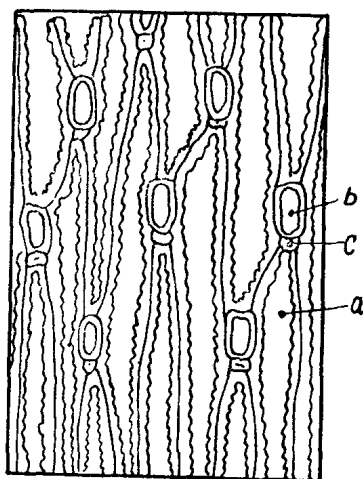


圖2 从表面看表皮

a 長形細胞 b 木栓細胞 c 珣  
酸細胞

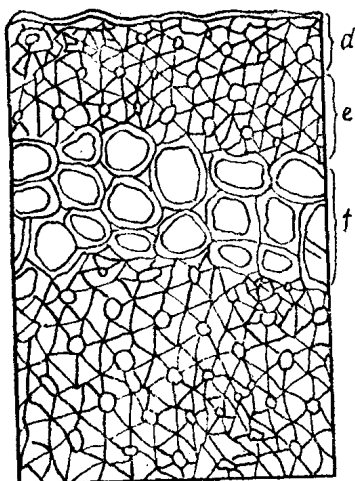


圖 3 橫截面(擴大)

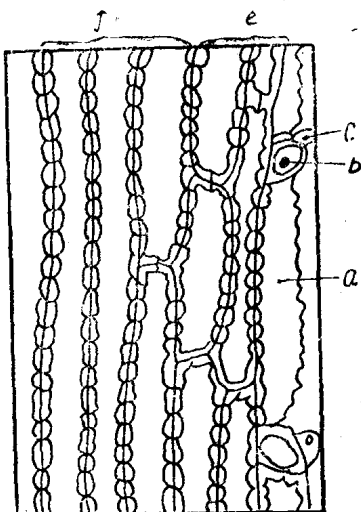


圖 4 縱截面(擴大)

e 皮下組織  
f 皮層

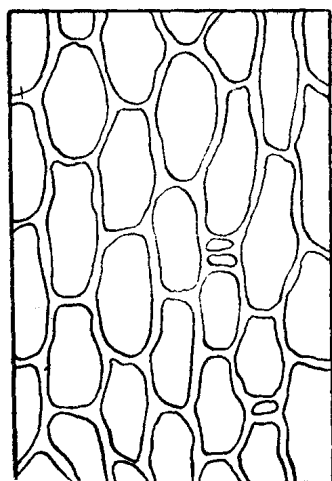


圖 5 基本組織的縱截面(擴大)

在強度上具有重大作用的是纖維(如图 7), 在纖維的中央有細孔, 其周圍由 3 个膜层所組成。

膜层肥而且厚, 富有纖維素。

第 2 膜层系由許多层所構成, 层与层之間有成分不同的薄层。由于这种薄层, 使第 2 膜层由許多互相重疊的輪所分开, 这称做第 1 膜层。

各纖維由中間膜层密接起来, 成为纖維群。

节的橫隔壁的組織是由看着不規則形狀的柔細胞所構成的, 如(图 8), 特別在它的中心具有很多細胞空隙的通气組織。

在这空隙里, 充滿着气体。

縱向在杆上的維管束, 在节的上方生長帶附近特別膨大, 且向

外弯曲。

从节附近的維管束有着横断横隔壁的且向杆的相反的方向弯曲的小型維管束。

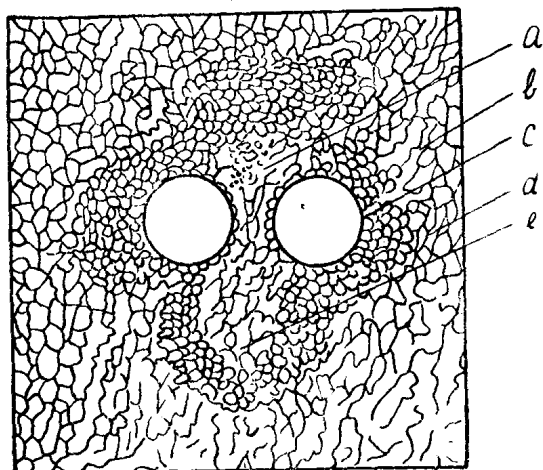


圖 6 竹(剛竹)的机械組織布置(擴大略图)

a 螺旋紋導管 b 基本組織 c 維管束 d 韌維束 e 柔組織板狀部分

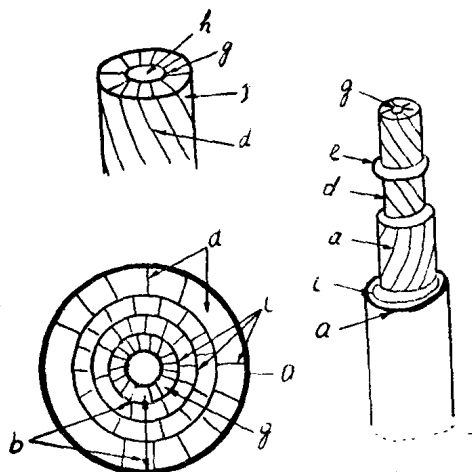


圖 7 植物纖維的構造模型

a 第一膜層 b 第二膜層 c 切綫縱皮 d 輻射縱皮 e 扭轉紋  
f 微絲 g 第三膜層 h 空隙

像这样各种細胞構成就有空隙或气体的,許多細小的通貫的穴孔。

因为主要的貫通空穴受着韌維組織的保护,所以,如果侵犯了这个空隙,則韌維組織就会遭受破坏,这是應該注意的。

其次必須注意的是:細胞孔隙的养分或細胞液的压力达到了1.5至2个气压,則在处理方法上是个最困难的問題;相反,如果能对它加以利用,也是个非常好的条件。

### 3) 竹杆在化学上的研究

竹是从根上吸收来的养分輸送到葉子的綠色組織里去,再由二氧化碳的同化作用形成同化物,分配到各部分成長起来的。

关于竹的分析,按古在博士对孟宗竹的分析百分率来表示如(表1)。但除此之外,也有氮癩丙氨酸(Asparagin)、甲状腺素(Thyroxine)、鳥尿嘧(Guanine)、次黃尿嘧(Hypoxanthine)、黃尿嘧(Xanthine)等含氮素的非蛋白性成分,以及纖維素、葡萄糖、菓糖、蔗糖、胆碱(Choline)甜菜碱(Betaine)等等。

不过这些成分根据竹的种类、年龄、土壤养料等等多少有些不同。

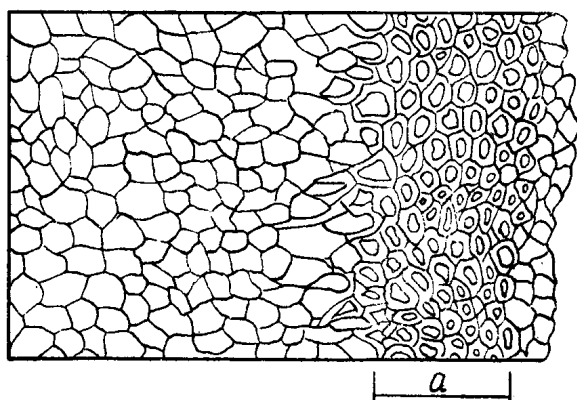


圖 8 節的橫隔壁縱截面(擴大略图)

a 通風組織

在幼杆上,也存在一些氮化合物即蛋白質一类的物質,如:氨基酸、嘌呤(Purine)等等;对碳水化物的新陳代謝起重大作用的

灰分是磷酸、硫酸、矽酸、石灰、鎂、鉀、鈉、錳、鉄、鋁等等。

孟宗竹杆的分析成分百分率

表 1

| 成 分   | 百 分 率 % | 成 分     | 百 分 率 % |
|-------|---------|---------|---------|
| 蛋 白 質 | 25.12   | 葡 萄 糖   | 8.15    |
| 脂 肪   | 2.49    | 可溶性無氮物質 | 30.49   |
| 纖 維 素 | 11.60   | 灰 分     | 9.22    |
| 淀 粉   | 3.33    | 其 他 成 分 | 9.60    |

#### 4) 水泥的化学成分及化学結合

如果混凝土使用标准規範的砂、卵石，則引起化学作用的主要因素是由于水泥和水。其中以水泥成分为最主要。現簡單地叙述其成分：水泥的主要成分是氧化鈣、氧化矽和礬土，此外还含有少量氧化鉄、苦土(氧化鎂)、硫酸、硫及硷等。其成分及含有量如(表 2)

水泥的成分及含有量百分率

表 2

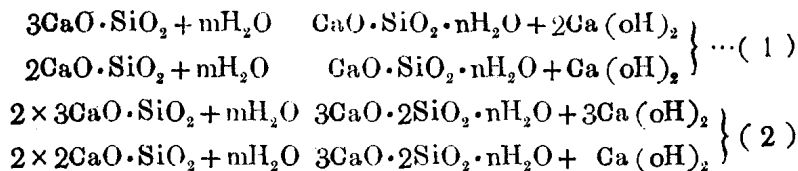
| 名 稱   | 化 學 式                          | 百分率(%) |
|-------|--------------------------------|--------|
| 氧 化 鈣 | CaO                            | 60~68  |
| 氧 化 矽 | SiO <sub>2</sub>               | 21~24  |
| 礬 土   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6~8    |
| 氧 化 鐵 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4以下    |
| 碱     |                                | 2以下    |
| 苦 土   | MgO                            | 0.5~3  |
| 硫 酸   | SO <sub>4</sub>                | 1.5以下  |
| 硫     | S                              | 0.5以下  |

水泥是由于它本身的化学成分，以及水硬性主要化合物的加水分解，来达到水泥硬化的目的。

氧化矽与氧化鈣結合而成为矽酸鈣鹽，这种 矽酸鈣鹽即 矽酸三鈣、矽酸二鈣加水分解，能产生大量遊离的氧化鈣。这就是把矽酸鈣鹽变成水硬性主要化合物的水泥的根本原理。

这两种鈣鹽的加水分解的化学 方程式，根据永井彰一郎的发

表,有以下兩種:



这就是說,矽酸鈣鹽加水分解所得到的最終产物是 $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$ 或是 $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$ ,即产生游离氫氧化鈣是肯定的。

矽酸鈣鹽加水分解之后,由矽鹽鈣鹽水和物及氫氧化鈣的膠化状态漸漸变成微結晶狀,以至于硬化起来。因此,这种氫氧化鈣对于硬化具有重大的作用。

但是,氫氧化鈣保持游离状态而存在,对于有机物質的竹材会发生很大影响,我們应对此特別留意。

这种游离氫氧化鈣約占20~30%,作为游离石灰則达15~20%。

虽然混凝土会硬化,但由于裂縫蜂窩,或者由于侵入混凝土层的水分使其容易溶出,所以,使用竹材是很危險的。

### 5) 關於竹材的耐硷的研究

在水泥經化学結合而硬化的时候,所发生的游离氫氧化鈣以及虽在硬化之后而由于侵入的水分使游离氫氧化鈣容易流出,究竟对竹材的損害如何,其試驗的結果是:

首先,为了調查混凝土中的氫氧化鈣的濃度,按标准规范,將70%的水灰比的混凝土加以攪拌,再用P·H·測定仪来測定經過濾紙過濾的液体硷度为11.70。

其次,石灰的飽和液經過濾后的液体硷度为11.90。然而,水泥經化学結合时所产生的氫氧化鈣就变成了飽和状态。所以,以后就以石灰飽和液假定为混凝土中的氫氧化鈣来进行試驗。

但是,混凝土是否經常存在这么多的氫氧化鈣是有問題的。因为我們可以想到每当水侵入混凝土中氫氧化鈣就会溶解而游离在水里;并且多少要排出到混凝土的外面。同时,也可以推想到經

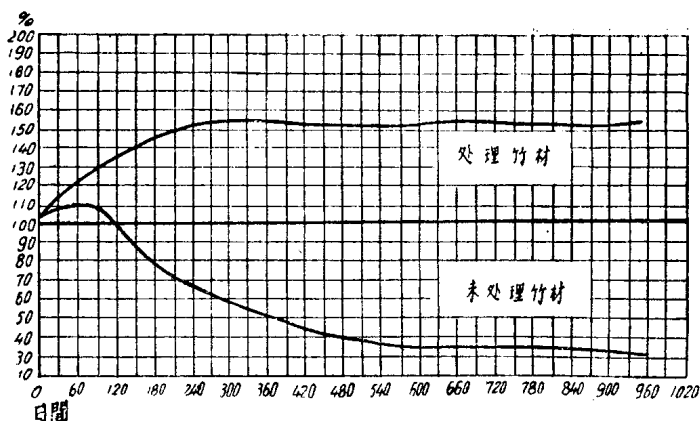


圖 9 未經处理的竹材和經過耐碱处理的竹材在碱中的抗拉强度的变化曲綫

碱液中投入日數抗拉强度變化百分率

过几十年之后混凝土的氢氧化鈣会减少，它要和空气中的成分发生化学作用而变成其他物質。然而，在沒有达到这种情况之前，竹材是会遭受损伤的。

供作試驗用的竹杆全部使用江州产，3年生的剛竹，从根部往上的第5节間的竹杆长度为10公分，劈开的宽度为5公厘。

液体应使用石灰饱和液(石灰在20°C时，仅有0.163%能溶解在水里)的過濾溶液。

容器須使用玻璃制品，底部直径为10公分，容量为1,000公撮，并附有玻璃盖。

先准备5个玻璃壘，每壘內各放进30根未經处理的青竹，然后注入1,000公撮的石灰液，根据經過的日数，观察了竹材所发生的变化。

茲將試驗过程中的結果仅述其大要如下：

投进壘內30天后便发生如絲狀一般的柔軟的沉淀物，想是由脂肪硷化作用而起的東西，日数越久，則越多。

到了70天溶液里发生臭味，如蛋白質溶解似的。

以經過了150天的溶液放在显微镜下，則可看出細胞組織的一