

內 容 提 要

这本手册是建筑工程部水泥研究院为配合各地小型水泥厂生产而編輯的。全書以各地生产經驗为主要內容，共分三篇，包括：立窖、破碎与粉磨、生产檢驗和生产控制，以及附录等四个部分。其中附录部分，載有生产常用数据，便于計算。

本手册可供小型水泥厂干部和工人閱讀。

立窖水泥厂生产手册

建筑工程部水泥研究院 編

1959年10月第1版

1959年10月第1次印刷

5,075册

850×1168¹/₃₂·230千字·印張8¹¹/₁₆·挿頁1·定价(9)1.10元

建筑工程出版社印刷厂印刷 · 新华書店发行 · 書号: 1759

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

前 言

在党的建設社会主义总路綫和两条腿走路的一套方針指导下，1958年大跃进以来，全国各地建立了很多小立窑水泥工厂，生产了大量水泥，适当地满足了农村建設的迫切需要。在这一基础上，今年上半年各地小立窑水泥厂又經過一番整頓、巩固、和提高，初步解决了定点、设备及生产技术等問題，由“小土羣”逐步提高到“小洋羣”。目前，这些“小洋羣”水泥厂的生产技术水平有了提高，水泥質量基本符合工业和农业建設要求。当然，同大中型水泥厂生产的水泥来比較，小型厂还有質量低的缺点，同时，也有成本高和劳动生产率低等問題。但是，这些缺点和問題是可以克服和解决的。

我院为了配合各地水泥厂更好地解决这些問題，在建筑工程部的领导下，在各地主管部門的协助下，曾先后組織工作組，多次参加过几个省、市試点厂的生产改进工作和經驗交流會議，搜集了不少資料。这些資料經過我們分析整理，把比較成熟的一些經驗編成这本手冊。希望它对生产和生产工作者有所帮助。

这本小冊子着重于实用，沒有把有关小立窑所有問題都收編进来，也沒有詳細的理論叙述。其中有些資料是从其它刊物中摘录来的。順便向原作者致謝。

由于編写時間仓促，經驗搜集得不够全面和丰富；其中难免有不妥甚至錯誤之处，請讀者多多提出批評和意見，以便再版时修正、补充。

建筑工程部水泥研究院

1959年10月

目 录

前 言

第一篇 立 窑

第一章 立窑的计算和选型	(1)
第一节 立窑生产能力的计算	(1)
1.立窑产量的计算	(1)
2.立窑生产率的计算	(2)
第二节 立窑结构的选型	(3)
1.窑的高度与直径的比例	(3)
2.窑身形状	(4)
3.窑的装料门与出料门	(4)
4.爐箆子	(5)
5.烟囱	(6)
第三节 立窑所用的鼓风机和用煤量、用风量的 计算	(6)
1.立窑所需的风量、风压的计算	(6)
2.鼓风机设备的计算	(8)
3.用煤量的计算	(10)
第二章 立窑的测定与检查	(11)
第一节 产量的测定	(11)
第二节 窑内温度的测定	(12)
第三节 废气温度的测定	(13)
第四节 鼓风机风压、风量的测定	(14)
1.测定用的仪器	(14)
2.测定方法	(16)
第三章 立窑的操作	(19)
第一节 成球	(19)
1.成球设备	(19)
2.成球水分的控制	(20)

3. 粒度、产量与操作的控制	(20)
第二节 立窑的通风	(21)
1. 风门的调节	(21)
2. 腰风的使用与控制	(21)
3. 通风管道的要求	(22)
4. 通风管道的计算	(23)
第三节 煅烧操作	(23)
1. 烘窑及点窑	(23)
2. 窑的正常操作	(25)
3. 处理窑内不正常情况的方法	(29)
4. 其他	(31)

第二篇 破碎与粉磨

第四章 破碎机与粉磨机概述	(32)
第一节 破碎机	(32)
1. 颚式破碎机	(32)
2. 锥式破碎机	(33)
3. 滚式破碎机	(34)
4. 锤式破碎机	(35)
第二节 粉磨机	(36)
1. 短筒球磨机和管磨机	(37)
2. 雷蒙磨机	(40)
第五章 颚式破碎机	(40)
第一节 应用范围及作用原理	(40)
1. 应用范围	(40)
2. 作用原理	(41)
第二节 主要指标计算	(41)
1. 偏心轴有效转速的计算	(41)
2. 产量计算	(42)
3. 所需动力的计算	(43)
第三节 操作规程	(44)
第四节 颚式破碎机工作时可能发生的故障 及其处理办法	(46)

第六章 球磨机	(46)
第一节 球磨机的种类	(47)
第二节 球磨机的主要部件	(49)
1. 磨身	(49)
2. 隔仓板	(50)
3. 衬板	(53)
4. 磨机的卸料装置	(55)
第三节 研磨体级配和装载量	(57)
第四节 主要指标计算	(63)
1. 研磨体装载量的计算	(64)
2. 转数计算	(66)
3. 产量计算	(67)
4. 所需动力的计算	(67)
5. 磨机产量计算	(69)
第五节 提高磨机产量的措施	(73)
1. 加快磨机转数	(73)
2. 减小入磨粒度	(74)
3. 均匀喂料	(74)
4. 降低物料的水分	(75)
5. 加强磨内通风	(75)
6. 掺加助磨剂	(77)
7. 安装选粉机	(77)
8. 磨体的水冷却	(80)
第六节 球磨机的操作	(80)
1. 磨机的试运转、对正常运转磨机的要求	(80)
2. 磨机的运转	(82)
3. 磨机的停車	(85)
第七节 磨机安装中应注意的几个问题	(86)
1. 牙輪的检查	(86)
2. 軸承的安装	(87)
3. 磨头与胴体中心綫的检查	(87)
4. 傳动軸与刚性对輪的安装	(89)
第八节 提高磨机产量的經驗	(89)

1. $\phi 900 \times 900$ 毫米磨机的接長	(89)
2. 將 $\phi 900 \times 2440$ 毫米的一仓磨改为二仓磨	(90)
3. 改善鋼球級配	(91)
第七章 磨机的通风与除尘	(93)
第一节 磨机通风量的計算	(94)
第二节 管道的安装	(94)
第三节 管道内风量、风速与管道直径的計算	(95)
第四节 除尘器	(95)
1. 單管旋风除尘器	(96)
2. 布袋除尘器	(97)
第五节 排风机的选择、安装与维护	(98)
第六节 三角皮帶傳动	(100)

第三篇 生产檢驗与生产控制

第八章 生产校驗	(103)
第一节 化学校驗	(103)
1. 仪器设备及化学試剂	(103)
2. 試样的采取与制备	(111)
1) 平均試样的采取	(111)
2) 試样的粉碎与縮分	(113)
3) 分析試样的制备	(114)
3. 水泥原料的化学分析	(115)
1) 粘土的化学分析	(115)
2) 煤灰的化学分析	(130)
3) 石灰石(或白堊土)的化学分析	(131)
4) 消石灰(或生石灰)的化学分析	(140)
5) 高爐矿渣的化学分析	(142)
6) 鉄矿的化学分析	(149)
7) 石膏的化学分析	(155)
4. 煤的工业分析	(157)
5. 水泥生产控制的化学校驗	(160)
1) 水分的測定	(160)
2) 石灰石(或消石灰)的氧化鈣及氧化鎂的快速測定	(161)

3) 生料滴定值的測定	(166)
4) 水泥中矿渣摻加量的測定	(170)
6. 生料及水泥的化学分析	(172)
1) 生料的化学分析	(172)
2) 熟料的化学分析	(173)
3) 普通水泥的化学分析	(184)
第二节 物理檢驗	(186)
1. 仪器設備	(186)
2. 試驗磨	(187)
3. 水泥比重的測定	(189)
4. 透气比面积測定方法	(190)
5. 熟料容重的測定	(202)
6. 标准稠度的測定	(203)
7. 凝結時間和安定性的測定	(205)
8. 球击法測定强度	(207)
9. 抗拉强度的簡易測定	(210)
10. 抗折强度的簡易測定	(215)
11. 养护箱、养护水池的溫度及湿度的調节	(222)
12. 粘土含砂量的測定	(224)
第九章 生产控制	(226)
第一节 配料的計算	(226)
1. 硅酸盐水泥熟料成分的选择及計算	(226)
1) 熟料成分的选择	(226)
2) 熟料的化学特性及矿物組成的計算	(227)
2. 按原料的化学分析成分进行配料的計算	(228)
1) 采用两种原料并考虑煤灰影响的配料計算	(229)
2) 采用三种原料并考虑煤灰影响的配料計算	(234)
3. 按原料滴定值进行配料計算	(241)
1) 石灰石(或白堊土)生料配合比的計算	(241)
2) 消石灰生料配合比的計算	(243)
第二节 生产例行控制	(244)
1. 生产工艺过程的控制点	(244)
2. 原料、燃料的控制	(244)

1) 原料、燃料的技术条件	(244)
2) 原料、燃料的控制指标	(247)
3. 生料的控制	(247)
1) 生料的控制指标	(248)
2) 控制生料滴定值的计算方法	(248)
4. 熟料的控制	(250)
1) 黄粉的处理	(250)
2) 安定性不合格熟料的处理	(250)
3) 熟料的控制指标	(251)
5. 水泥的控制	(251)
附 录	(252)
1. 簡單原子量表	(252)
2. 重量分析的换算因数	(253)
3. 由焦磷酸鎂的重量 (克) 換算成氧化鎂的 百分含量	(254)
4. 由硫酸鋁的重量 (克) 換算成硫、三氧化硫 和硫酸鈣 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 的百分含量	(255)
5. 强酸在 $\frac{15^\circ}{4^\circ}$ 时真空中的比重	(257)
6. 容量分析的当量	(260)
7. 由氫氧化鈉溶液的耗用量換算生料中碳酸鈣 滴定值	(261)
8. 由氫氧化鈉溶液的耗用量換算生料中氫氧化鈣 或氧化鈣滴定值	(262)
9. 常用指示剂变色的 PH 範圍及配制方法	(263)
10. 化学分析結果允許誤差	(264)
11. 各国篩的規格	(265)
1) 苏联篩的規格	(265)
2) 德国篩的規格	(265)
3) 英国篩的規格	(266)
4) 美国篩的規格	(266)
12. 矿物組成計算常用系数表	(267)
参考書籍	(270)

第一篇 立 窑

第一章 立窑的计算和选型

第一节 立窑生产能力的计算

1. 立窑产量的计算

1) 立窑产量可按下列公式计算

$$G = \frac{0.785 D^2}{\sqrt{M q}} \sqrt{\frac{\Delta P}{H}}$$

G ——窑产量, 公斤/小时;

D ——窑的直径, 米;

ΔP ——鼓风风压, 毫米水柱;

H ——窑高, 米;

q ——熟料的耗热量, 千卡/公斤熟料;

M ——料球阻力系数

$$\frac{1}{\sqrt{M}} = (1 \sim 1.2) \times 10^5$$

举例如下: 某窑窑径为 2.0 米, 窑高为 8 米, 所用鼓风机的风压为 1000 毫米水柱, 熟料热耗为 1300 千卡/公斤熟料, 则窑的产量为

$$\begin{aligned} G &= \frac{0.785 \times 2^2 \times (1 \sim 1.2) \times 10^5}{1300} \sqrt{\frac{1000}{8}} \\ &= \frac{3.14 (1 \sim 1.2) \times 10^5}{1300} \sqrt{125} = \frac{314000 \sim 377000}{1300} \\ &\times \sqrt{125} = \frac{314000 \sim 377000}{1300} \times 11.2 = (241 \sim 285) \end{aligned}$$

$\times 11.2 = 2700 \sim 3190$ 公斤/小时。

2) 立窑的近似产量

$$G = 0.785 D^2 \times K$$

K ——窑的單位截面积产量, 公斤/平方米·小时; K 值約在 600~1000。

直徑为 2 米的窑产量 $G = 0.785 \times 2^2 \times (600 \sim 1000) = 1880 \sim 3100$ 公斤/小时。

济南水泥厂的窑产量 (2 米直徑) 就接近 3.0 吨/小时。

上式中的 q 及 $\frac{1}{\sqrt{M}}$ 是設計及試驗时所得的数据, 这个公式較实际产量稍低。

从以上二式可以看出, 立窑的产量与直徑的平方, 风压的平方根成正比, 与窑的高度平方根成反比, 所以如果先确定了窑的产量后, 也可以求出窑的直徑及高度来。

2. 立窑生产率的計算

立窑的生产率有以下几个表現方式:

1) 單位面积产量

$$A_0 = \frac{G}{H \times D \times \pi}$$

A_0 ——窑的單位面积产量, 公斤/平方米·小时;

G ——窑产量, 公斤/小时;

H ——窑的有效高度, 米;

D ——窑的有效直徑, 米;

π ——常数, 3.14。

其中有效高度与有效內徑为窑內装煅燒物料的高度及內徑。

普通立窑的單位面积产量約在 30~70 公斤/平方米·小时。

2) 單位截面积产量

$$S_0 = \frac{G}{A}$$

S_0 ——單位截面积产量公斤／平方米·小时；

A ——窑的燒成帶截面积，平方米。

普通立窑的單位截面积产量約在600~1000公斤／平方米。

3) 晝夜有效容积强度(即晝夜有效容积产量)。

$$H_0 = \frac{P}{V}$$

H_0 ——有效單位容积产量，吨／立方米；

P ——窑的日产量，吨；

V ——窑的有效容积，立方米 ($V = \pi \cdot r^2 \cdot H$ H —窑的有效高度，米)。

計算生产率几个公式中最常用的是單位截面积产量。

第二节 立窑結構的选型

1. 窑的高度与直徑的比例

我們知道，窑的产量与直徑的平方成正比，与窑高度的平方根成反比。显然，立窑的直徑愈大产量就愈高。但窑的直徑大了难以在全窑面保持通风及燃燒的均匀，从而影响窑的正常运转。这种情况在沒有机械化装卸料设备的窑中更为突出。

因此非机械化立窑的直徑，最好在2米以內。

窑的有效高度与直徑之比，关系到窑的产量和熟料質量。因为物料在窑內要有一定的煨燒时间和冷却时间。如果窑身过长就会增加空气透过料层的阻力，影响煨燒速度，从而降低窑的产量。窑身太短，又会发生熟料冷却不够和空气預热不够等缺点，同样会影响产量降低，而且还会影响質量低劣。

目前，对于立窑直徑与高度之比，在實踐中初步摸索，一般認為以1比4~4.5較為适宜，即一米直徑的窑高度为4米或4.5米(指有效直徑与有效高度而言)。如鼓风压力不大的窑应该考虑将比例适当縮小些。

2. 窑身形状

国内的立窑，大多是上下内径相同的圆筒形，在使用中发现有些缺点：即立窑内的物料在自上而下的运动中，经过烘干及煨烧过程而使物料体积发生收缩，这种收缩经常使窑料与窑壁间逐渐形成很大的空隙，以致发生边风过大，而影响到窑内的均匀煨烧。

济南水泥厂新建3号普通立窑是根据上述缺点加以改进的。其形式是将预热带逐渐缩小成喇叭口型，上部的上口径为2.2米，下口径为2.0米；中部为2.0米；下部口径由2.0米再扩大为2.1米。

这样，物料与窑壁不致有很大隙缝，气体上升到喇叭口（扩大部分）时气流速度有一定降低，因而整个窑内的底火及燃烧仍能正常均匀地进行，从而可以解决边风过大，窑内温度不均等现象，保证了熟料的产量与质量；也提高了熟料的成品率和降低了耗煤量。这是目前较为合适的一种普通立窑的窑型。其规格见图1。

3. 立窑的装料门与出料门

立窑内径在1.5米以上的普通立窑需有3个装料门，因为人工投料时向对面投料距离过远，不易投准确也较费劲。所以最好采用三个装料门。装料门的形状为长方形较好，高度与宽度以对通窑打钎子等操作方便为原则。

对出料门应该有比较严格的要求，一般应注意以下几点：

1) 由于有时窑内会有红料下来，因此，木制出料门是不安全的，必须用铁制为宜。

2) 门上要有嵌槽及石棉垫以便严密关闭，要尽一切可能防止门与窑身间的漏风现象。

3) 开闭灵活。

4) 门口窑壁应呈外小内大的喇叭口形便于卸出（或扒出）熟料。

5) 为了关闭方便, 出料門离地面的高度应在半米以上。

出料門有方形及圓形两种, 互有优缺点。圓形出料門有利于窖的密封, 而長方形出料門則对扒料操作較为方便。出料門大小視窖的大小而定。圓形出料門一般最大直徑可在1米左右。長方形出料門的高度也可在1米左右。同时, 出料門一般应有2个以上, 以便保証卸料时的落窖均匀。

4. 爐 篦 子

目前使用的爐篦子有塔形(伞形)、平底、人字形以及三面錐形等型式的爐篦子。

从使用效果上来看, 对鼓风立窖用的人字形及三面錐形較为合理。因为塔形与平底爐篦子在結構上有不少缺点; 如塔形爐篦子容易被大块熟料卡住或挤歪, 出窖所需時間較長。又如采用塔形爐篦, 由于其本身高度較高, 这样便相对地降低了窖的有效高度等等。而平底爐篦子, 則在出料时要用人工將熟料从窖內扒出来, 費劳动力較多, 如这时窖內又堆积有較密的熟料时, 出料要費很長的时间。

人字形和三面錐形爐篦子, 就可以克服上述的缺点, 使卸料

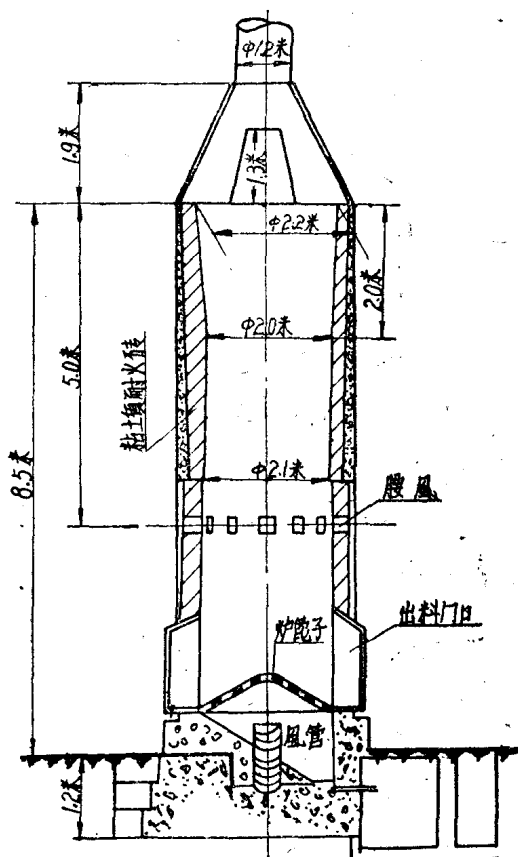


图 1 普通立窖剖面图

时大块容易卸出，而不費勁，而且对保持卸料均匀也有益处。人字形用于二个出料門的窖，三面錐形适用于三个出料門的窖。它們的頂角都要大于90°。做爐篦子时应考虑如下几个方面：

- 1) 能承受一定物料的重量。
- 2) 保持通风及卸料的均匀。
- 3) 操作簡便省力。

5. 烟 囱

烟囱的高度及出口的內徑决定其抽力，烟囱愈高抽力愈大。

烟囱出口的断面可按下式計算：

$$F = \frac{V(273 + t')}{3600 + w + 273}$$

F ——烟囱出口截面积，平方米；

V ——排出廢气量，立方米/小时；

t' ——出口的廢气平均溫度，°C；

w ——廢气流速，米/秒，廢气在出口的流速以3~4米/秒为宜。

根据烟囱出口截面积，計算烟囱內徑方法如下：

$$\text{烟囱內徑} = \sqrt{\frac{\text{烟囱截面积}}{0.785}} \text{ 米。}$$

第三节 立窖所用的鼓风机和

用煤量、用风量的計算

1. 立窖所需的风量、风压的計算

1) 用风量的計算

风量一般不需精确的計算，大約估計一个范围即可，但也可按公式計算，其計算公式如下：

$$V = \frac{qQ}{1190} *$$

V ——每分鐘需要空气量，标准立方米；

q ——每公斤熟料所需之热量，一般取1100~1300大卡；

Q ——立窑日产量，吨；

1190——系数。

根据此式計算所得結果，一般較实际情况偏低；在应用中可用一个系数加以修正（包括出料門的漏风在內）。

另外，立窑需要的风量也可以估計，即当风压在1000~1200毫米水柱时，出料門的漏风損失按15%計算。此时，立窑所需的空气量可按生产1公斤熟料來計算，即：需要1.2~1.3公斤的空气；按加煤計算每公斤煤燃燒約需8~10立方米空气量；再加上約50%的过剩系数；即每公斤煤約需风量12立方米左右。

其次，也可以按立窑的断面积每平方米在每分鐘內通入30立方米的空气量估計。这二种估計的需要空气量比实际需要空气量为高。

2) 风压的計算

风压可按下式計算：

$$\Delta P = H \times \left(\frac{qG}{YD^2} \right)^2 \times 2850$$

ΔP ——所需风压，毫米水柱；

H ——立窑有效高度，米；

q ——每公斤熟料所需热量，一般采取1100~1300大卡；

D ——窑的內徑，米；

G ——立窑日产量，吨；

* V 的計算是在标准状态下的气体体积，测得鼓风机风温就可計算在该温度下的气体体积：

$$V_t = V \left(1 + \frac{t}{273} \right)$$

V_t ——空气在 $t^\circ\text{C}$ 时的体积，立方米；

V ——空气在标准状态时的体积，立方米；

t ——测得的鼓风机风温， $^\circ\text{C}$ 。

Y ——立窖傳热能力系数, 非机械化立窖可采取55000;
2850——系数。

上述公式計算結果, 較实际所需风压偏低。实际采用时可参考本篇有关鼓风机計算一节加以选择。

2. 鼓风设备的計算

1) 鼓风机所需动力的計算

設鼓风机的风压为 H 毫米水柱, 风量为 L 立方米/秒, 則鼓风机所做功为:

$$N_e = \frac{L \times H}{\eta} \text{ (公斤} \cdot \text{米/秒)} \text{ 或 } N_e = \frac{L \times H}{102\eta} \text{ 瓩}$$

N_e ——鼓风机所做的功, 公斤·米/秒;

η ——鼓风机的功率, 可在特性曲綫上查出一一般离心或鼓风机約为0.4~0.65;

1 瓩=102公斤·米/秒。

如鼓风机与馬达为皮带傳动时, 对上式尚須加以修整,

$$N_e = \frac{L \times H}{\eta \times 102 \times n}$$

n ——皮带傳动系数, 0.9。

依照上式計算的結果, 在实际应用中, 还应乘上安全系数 K , K 值見表1。

表 1

通 風 容 量 (瓩)	安 全 系 数 K	
	皮 带 傳 动 时	与 电 机 軸 連 在 一 根 軸 上 时
0.5 以下	2	1.5
1 以下	1.5	1.3
2 以下	1.2	1.2
5 以下	1.15	1.15
5 以上	1.10	1.10

举例如下：設一鼓风机风压为1000毫米水柱，风量为8500立方米/小时，效率为0.6，皮带传动，求所需馬达的功率。

风量 $L = 8500 \div 3600 = 2.36$ 立方米/秒；

$H = 1000$ ； $\eta = 0.6$ ； $n = 0.9$

代入公式：

$$\frac{2.36 \times 1000}{0.9 \times 0.6 \times 102} = \frac{2360}{55} = 42.9 \text{ 瓩} \quad K = 1.10$$

所需馬达功率为 $42.9 \times 1.1 = 47.2$ 瓩。

2) 鼓风机轉数及鼓风机功率的計算

已知立窖的阻力及其所需风量，就可以根据这些数据計算与选择适合要求的鼓风机。

設 n_1, n_2 表示鼓风机轉数；

Q_1, Q_2 表示风量；

H_1, H_2 表示风压；

N_1, N_2 表示所需的功率。

則其关系可用下式表示：

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2}, \quad \frac{n_1^2}{n_2^2} = \frac{H_1}{H_2}, \quad \frac{n_1^3}{n_2^3} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\text{或} \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} = \sqrt[3]{\frac{N_1}{N_2}}$$

从上式可以看出：如将鼓风机的轉数加快，則风量，风压以及所需功率都要增加，其中风压增加要比风量增加大得多。

現举例說明：已知立窖的阻力为1000毫米水柱，需风量是5500立方米/小时，現有一台鼓风机，轉数为960轉/分，风压为400毫米水柱，风量为3500立方米/小时，問鼓风机轉数增加多少才能适用于該立窖作业，并計算其所需功率。

按公式：

$$H_1 = 400 \qquad H_2 = 1000$$

$$Q_1 = 3500 \qquad Q_2 = 5500$$

$$n_1 = 960, \qquad n_2 = ?$$