

水泥厂设计瓦理

水泥工廠設計原理

重工業出版社

水泥工廠設計原理

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ

原 著 者: М.С.НЕГИНСКИЙ

原出版者: ПРОМСТРОЙИЗДАТ (1949)

中央重工業部設計司翻譯科 趙維彭 譯

重工業出版社(北京東交民巷26號)出版 中國圖書發行公司總經售

25 開本 • 共 434 面 • 定價 17,000 元

初版 (1—5,000 冊) 一九五三年八月 北京人民印刷廠營業分廠印

本書為水泥工廠畢業論文與課程設計教材的第一部份，適用於高等技術學校「矽酸鹽工學」專業學生。

本書旨在闡明水泥工廠設計中的主要生產技術問題。

為了使學生更好地理解書中所講述的教材，特列舉有計算例題及合理的解決重要技術聯繫的圖解。

原文序言

蘇聯水泥工業的迅速發展和戰後斯大林五年計劃中建設水泥工廠的龐大計劃已在要求我們大量地培養高度熟練的專家。這些幹部必須以祖國水泥工業、蘇聯學者們和工程師們的富豐經驗為依據之具有先進科學根據的設計方法及計算方法的知識武裝起來。

為期將教學過程中重要階段之一的畢業論文設計及課程設計的質量加以提高，就必須有適當的教材。本書目的旨在闡明畢業論文及課程設計中的一些基本問題。

本書中所敘述的教學材料總括了編輯人和作者在莫斯科門得列也夫化工學院講授水泥工廠論文設計當中所積累的二十五年經驗，以及他們在國內設計機構【建築材料設計院（由1927年該院成立起）與後來在【水泥設計局】和【國立水泥設計院】工作期間的經驗。

本書並未涉及到與熟工有關的生產技術問題；有關熟料的問題及原料、燃料與混合材在乾燥筒內的乾燥問題以及煤粉製造、立窯或迴轉窯的燒成等問題均在第二冊中加以研究。但是，本書第九章中提到了燒成車間小時產量的計算方法；只供作論文設計的人有可能根據燒成車間的小時產量選擇水泥工廠中各生產車間設備的數量和尺寸之參考。

在編纂教學材料時，對於總平面圖的編製原則、每箇車間的生產技術系統圖的選擇、主要生產設備的類型、數量和尺寸之確定、各車間所繪的及設計的小時產量的計算方法以及設備的技術經濟指標等均給予了最大的注意。

本書並以適當的篇幅論及如何加強生產過程、提高生產能力的最大利用率和產品質量諸問題。

作者並規定了一定的術語和對此術語的解釋，如工廠、車間、機組的生產能力，設備利用率及其儲備能力以及計算上述各項的方法。

書中所引述的公式和對這些公式的說明及例題，非僅適用於高級技術學校的學生，即對中等技術學校的學生也同樣適用。

應當着重指出：這裏所提出的計算燒成窯、粉碎機和其他生產設備小時產量的公式只是可能的計算方法之一。因此，即不能將所求之數值認為是機組小時產量的最高技術定額；斯達汗諾夫運動的開展和先進革新者的工作方法之推廣，將於實踐中大大地超過這些定額。

由於問題的新穎，本書中的錯誤與疏漏之處亦是在所難免，作者和編輯人希望讀者將自己的批評意見及建議寄至莫斯科化工學院膠凝物質工程學教研室。此序。

伏·恩·容克

穆·斯·聶金斯基

目 次

第一章 設計能力和年產量的計算方法 (1)

§1. 生產能力 (定義、術語) (1)

§2. 設備的利用率和設計儲備能力 (3)

(一) 設備 (機組、車間) 的利用率 (3)

(二) 設備 (機組、車間) 的設計儲備能力 (5)

§3. 水泥工廠的設計能力和年產量的計算方法 (7)

(一) 工廠 (或車間) 燒成設計能力的計算 (7)

(二) 工廠 (或車間) 燒成年產量的計算 (8)

(三) 工廠 (或車間) 粉碎設計能力的計算 (8)

(四) 工廠 (或車間) 粉碎年產量的計算 (10)

§4. 工廠的設計能力與年產量的計算結果 (12)

第二章 工廠總平面圖 (13)

§1. 工廠總平面圖的定義及製作步驟 (13)

§2. 總平面圖的內容及編製 (15)

§3. 建築場地之選擇及其尺寸 (17)

§4. 工廠的組成 (18)

§5. 設計總平面圖的基本規則 (20)

(一) 總則 (20)

(二) 總平面圖上車間之互相連系 (21)

(三) 建築原則 (22)

(四) 工廠建築與擴充的程序 (23)

(五) 廠區地形的影響 (24)

(六) 防火及衛生要求 (24)

(七) 廠區之美化設施 (28)

§6. 廠內運輸 (29)

(一) 關於貨物週轉量及應用鐵路運輸的一般規則 (29)

(二) 標準軌距及窄軌鐵路的配置系統圖 (31)

(三) 倉庫或房屋和構造物旁鐵路線之配置	(32)
(四) 廠內路線的縱斷面和標準曲線半徑	(35)
(五) 鐵路線的連接	(37)
(六) 廠內道路	(41)
§7. 總平面草圖示例	(41)

第三章 原料及其開採與運輸 (49)

§1. 總則	(49)
(一) 水泥原料的埋藏量	(49)
(二) 原料的質量	(50)
(三) 原料的採掘	(53)
(四) 原料運輸	(54)
(五) 採石場的工作制度	(55)
(六) 採礦及原料運輸中的計算程序	(55)
§2. 採石場與裝載機械的能力	(56)
(一) 採石場與運輸工具能力的計算	(56)
(二) 電鏟生產量及其抓斗要求容量的計算	(57)
(三) 電鉆生產量及其抓斗要求容量的計算	(59)
§3. 運輸工具的生產量與需要量的計算	(60)
(一) 有軌與無軌路綫車輛需要量的計算	(60)
(二) 每台電鏟所需車輛數量的計算	(62)
(三) 雙線架空索道的生產量及其所需車輛的計算	(63)
(四) 皮帶運輸機的生產量及其寬度的計算	(66)

第四章 原料配合計算法 (68)

§1. 總則	(68)
(一) 波特蘭水泥熟料及配合原料成份的主要性質	(68)
(二) 配合原料計算中所有的各種代表符號	(69)
(三) 計算配合原料成份的一般原則	(70)
§2. 不考慮燃料之灰粉份摻入量時，配合原料成份之 計算法	(71)
(一) 配合原料之計算程序	(71)

(二) 根據所設飽和係數之值，對兩種原料所配成配合原料 之成份計算·····	(71)
(三) 根據所設飽和係數及矽酸率之值，對三種原料所配成 配合原料之成份計算·····	(72)
(四) 根據所設飽和係數及鐵率之值，對三種原料所配成配 合原料之成份計算·····	(72)
(五) 根據所設飽和係數，矽酸率及鐵率之值，對四種原料 所配成配合原料之成份計算·····	(73)
(六) 生產配合原料中各原料間配合百分比之計算法（不考 慮燃料之灰份摻入量）·····	(73)
§3. 考慮燃料之灰份摻入量時，配合原料成份之計算法·····	(74)
(一) 配合原料之計算程序·····	(74)
(二) 燃料灰份摻入量之計算·····	(75)
(三) 根據所設石灰飽和係數之值，對兩種原料所配成之配 合原料之成份計算（考慮燃料灰份摻入量）·····	(76)
(四) 根據所設飽和係數及矽酸率之值，對三種原料所配成 之配合原料成份的計算（考慮燃料灰份摻入量）·····	(77)
(五) 生產配合原料中原料配合比之計算（考慮燃料之灰份 摻入量）·····	(78)
§4. 生產配合原料化學成份的計算法·····	(79)
(一) 生產配合原料之化學成份的計算·····	(79)
(二) 含煤的生產配合原料化學成份之計算·····	(80)
(三) 生產配合原料中滴定（鹼酸度）之計算·····	(82)
§5. 波特蘭水泥熟料之化學成份及礦物組成之 設計成份計算·····	(83)
(一) 不考慮燃料灰份摻入量時，對熟料化學成份之計算·····	(83)
(二) 考慮燃料灰份摻入量時，水泥熟料化學成份的計算·····	(83)
(三) 礦物組成的計算·····	(85)
§6. 原料消耗量及熟料燒成量之計算·····	(85)
(一) 計算程序·····	(85)
(二) 不計算燃料之灰份摻入量時，一噸熟料之乾燥原料之 理論單位消耗量·····	(89)

- (三) 考慮燃料之灰份摻入量時，一噸熟料之乾燥原料之理論單位消耗量.....(90)
- (四) 一噸熟料之含天然水份原料之理論單位消耗量.....(91)
- (五) 配合原料中各原料在含天然水份狀態下百分配合比的計算.....(91)
- (六) 一噸乾燥配合原料之理論熟料燒成量.....(92)
- (七) 原料損失量的計算.....(92)
- (八) 原料消耗量與熟料燒成量之生產定額.....(93)

第五章 料漿的儲存與拌合.....(95)

§1. 總則.....(95)

- (一) 料漿最適當的水份.....(95)
- (二) 技術管理規則.....(95)
- (三) 料漿池的工作制度.....(96)

§2. 水的消耗量(需要量).....(96)

- (一) 原料的原有水份.....(96)
- (二) 一噸乾燥配合原料之單位耗水量.....(97)
- (三) 一噸熟料之單位耗水量.....(97)

§3. 一噸熟料之料漿消耗量及一立方公尺料漿之

熟料燒成量.....(98)

- (一) 一噸熟料之料漿消耗計算.....(98)
- (二) 一立方公尺料漿之熟料燒成量計算(第一方案).....(99)
- (三) 一立方公尺料漿之熟料燒成量計算(第二方案).....(99)

§4. 料漿池.....(100)

- (一) 料漿池的用途與種類.....(100)
- (二) 料漿池有效容量的計算.....(101)
- (三) 料漿必要儲備量的計算.....(102)
- (四) 料漿池的數量與尺寸的計算.....(103)

§5. 料漿的攪拌.....(106)

- (一) 料漿攪拌設備.....(106)
- (二) 攪拌料漿用空氣之必要壓力之計算.....(107)
- (三) 攪拌料漿所需空氣量之計算.....(110)
- (四) 料漿管道直徑的計算.....(111)

§6. 料漿池之技術聯繫	(112)
第六章 原料、熟料與混合材的破碎	(118)
§1. 總則	(118)
(一) 破碎前各種物料塊的最大尺寸	(118)
(二) 破碎後各種物料塊的最大尺寸	(119)
(三) 破碎裝置的輔助設備	(120)
(四) 破碎部份的位置	(121)
(五) 破碎部份的設計儲備能力	(122)
(六) 破碎部份之工作制度	(122)
§2. 破碎機之利用率和設計儲備能力之計算	(122)
§3. 破碎部份要求小時產量的計算	(125)
(一) 原料破碎部份	(125)
(二) 熟料破碎部份	(126)
(三) 石膏和混合材破碎部份	(126)
§4. 破碎系統與破碎機類型的選擇	(127)
(一) 原料的破碎	(127)
(二) 波特蘭水泥熟料的破碎	(130)
(三) 石膏和混合材的破碎	(131)
§5. 破碎機的數量和規格的選擇	(131)
(一) 原料破碎	(131)
(二) 波特蘭水泥熟料、石膏及混合材的破碎	(134)
§6. 破碎裝置的生產技術聯繫	(135)
(一) 原料的破碎	(136)
(二) 波特蘭水泥熟料之破碎	(144)
第七章 原料、熟料與混合材的粉碎	(148)
§1. 總則	(148)
(一) 準備粉碎的物料尺寸	(148)
(二) 準備粉碎的物料水份	(148)
(三) 配合原料(料漿)與水泥的粉碎細度	(149)
(四) 粉碎料的成份及其配合	(150)
(五) 粉碎車間之產量計量和量度儀表	(151)

(六) 車間內和車間間的運輸·····	(152)
(七) 關於加速粉碎過程的措施·····	(153)
(八) 粉碎車間的位置·····	(153)
(九) 粉碎車間之儲備能力·····	(154)
(十) 粉碎車間之工作制度·····	(154)
§2. 粉碎料成份的檢定·····	(155)
§3. 粉碎車間小時產量的計算·····	(156)
(一) 水泥粉碎車間當加混合材時之要求小時產量的計算 (未考慮設計儲備能力)·····	(157)
(二) 原料粉碎車間要求小時產量的計算(未考慮設計儲備能力)·····	(157)
(三) 聯合粉碎車間要求小時產量的計算, 未考慮設計儲備 能力(乾法生產)·····	(158)
(四) 粉碎車間要求小時產量的計算, 考慮設計儲備能力·····	(158)
(五) 粉碎車間要求小時產量的計算程序·····	(159)
(六) 粉碎車間要求小時產量之計算實例·····	(160)
§4. 粉碎技術操作系統的選擇·····	(161)
§5. 粉碎機類型, 數量及尺寸的選擇和粉碎機的特性·····	(165)
(一) 粉碎機類型的選擇·····	(165)
(二) 粉碎機的數量和尺寸的選擇與粉碎機的特性·····	(166)
§6. 水泥與原料粉碎機設計小時產量之計算·····	(170)
(一) 粉碎機實際產品小時產量之計算·····	(170)
(二) 粉碎機標準產品小時產量之計算·····	(172)
(三) 易碎係數之計算·····	(173)
(四) 粉碎細度係數(q_7)之計算·····	(175)
(五) 粉碎效率的計算·····	(175)
(六) 粉碎車間小時產量計算實例·····	(177)
§7. 粉碎機(粉碎車間)的利用率與設計儲備能力的 計算方法及計算程序·····	(180)
(一) 粉碎機(粉碎車間)的利用率與設計儲備能力的計算·····	(180)
(二) 計算程序與實例·····	(183)
§8. 粉碎機轉數的計算·····	(186)
§9. 傳動粉碎機用電動機容量的計算·····	(186)

§10. 研磨體	(188)
(一) 研磨體之種類和噸位	(188)
(二) 粉碎中研磨體及襯板之消耗量	(190)
§11. 水泥與原料粉碎機 (乾法生產) 之收塵 (抽風)	(194)
(一) 收塵裝置的種類與收塵系統的選擇	(194)
(二) 袋式收塵機的數量及尺寸的計算	(196)
(三) 通過粉磨裝置之風量計算	(197)
(四) 收塵裝置中流體阻力的計算	(198)
(五) 收塵用空氣管道直徑之計算	(201)
(六) 袋式收塵機的吹風系統	(202)
§12. 粉狀物料的風動式輸送	(202)
(一) 螺旋式風力輸送泵 (加料機) 尺寸之選擇	(202)
(二) 需要風量的計算	(203)
(三) 螺旋式風力輸送泵所用電動機之容量計算	(204)
§13. 粉碎車間之主要技術經濟指標及定額	(205)
(一) 主要的技術經濟指標	(206)
(二) 原料、燃料、電力與各種材料之單位消耗定額	(206)
(三) 配合原料之特性與標準	(208)
(四) 粉碎機之單位產量與電力單位消耗量之計算	(209)
§14. 粉碎機之技術聯繫	(211)
(一) 粉碎機之各種配料和加料系統圖	(212)
(二) 粉碎機卸料及輸送的各種系統圖	(214)
(三) 粉碎機的各種傳動系統圖	(223)
(四) 原料在粉碎機儲料倉上的聯合輸送與分配系統圖	(224)
(五) 數台粉碎機之各種聯合卸料及輸送系統圖	(225)
第八章 水泥之保管、包裝與運發	(229)
§1. 總則	(229)
(一) 水泥倉	(229)
(二) 水泥倉的充氣系統	(230)
(三) 水泥包裝室	(231)
(四) 成裝水泥和水泥紙袋倉庫	(232)

(五) 重量計算	(232)
(六) 水泥倉的工作制度	(233)
§2. 水泥倉的要求容量, 數量及尺寸的計算	(233)
§3. 水泥倉充氣及卸載用壓縮空氣需要量的計算	(237)
§4. 成裝水泥倉庫和紙袋倉庫面積尺寸的計算	(238)
§5. 包裝機數量的計算及其收塵問題	(239)
(一) 包裝機數量的計算	(239)
(二) 包裝機的收塵	(240)
§6. 技術聯繫	(242)
(一) 水泥倉的充裝方法	(242)
(二) 水泥倉之卸料方式和水泥散運裝車的方式	(246)
(三) 散裝水泥的方式	(249)
(四) 水泥的紙袋包裝方式	(251)
(五) 重量計量的方式	(252)
第九章 燒成車間小時產量的計算方法	(254)
§1. 燒成車間要求小時產量的計算	(254)
(一) 按工廠所設之燒成設計能力對燒成車間要求小時產量的計算	(254)
(二) 按工廠所設之粉碎設計能力(實際產品)對燒成車間要求小時產量的計算	(254)
(三) 按工廠所設之燒成年產量對燒成車間要求小時產量的計算	(255)
(四) 按工廠所設之粉碎年產量(實際產品)對燒成車間要求小時產量的計算	(255)
(五) 燒成車間小時產量的計算程序	(256)
§2. 燒成窯的利用率和設計儲備能力的計算	(257)
§3. 燒成窯的類型、數量及規格的選擇	(261)
§4. 燒成窯設計小時產量的計算	(263)
(一) 燒成窯的平均直徑和有效長度的計算	(265)
(二) 迴轉窯要求小時產量的計算	(266)
(三) 立窯設計小時產量的計算	(269)
(四) 燒成車間設計小時產量的計算	(270)

第一章 設計能力和年產量的計算方法

§1 生產能力(定義, 術語)

工廠(車間)的生產能力乃是在運用進步的方法管理生產技術操作過程和在運用先進的斯達汗諾夫式勞動組織形式的基礎上按產品的最大可能生產量所確定。這就是生產能力概念的技術經濟本質。

水泥廠(車間、機組)的生產能力決定於：

- 一、機組的小時產量；
- 二、在規定的日歷時期內，機組的運轉小時；
- 三、作業機組的數量。

實際上，水泥工業與其他工業部門相同，一般均以成品的年產量決定生產能力。

工廠(車間、機組)的生產能力應分成兩種：

- 一、設計生產能力和
- 二、實際* 生產能力，或通常稱為年產量。

所謂設計能力是指在一年內，工廠中的生產技術設備若能全期運轉，即連續的在8760小時內沒有任何停車情況而生產的產品數量而言。

所謂實際生產能力是指在一年內，工廠的生產技術設備在實際的運轉小時中，即全年時間減去停車時間後必將少於日歷小時(8760小時)的時間中，實際所能生產之產品數量而言。

這兩種生產能力的不同規定，並未違背生產能力的定義本質，而只是對計算設備利用程度方面更進一步的解釋。規定設計生產能力以及實際生產能力的基本原始資料為技術定額，即生產技術設備的最高小時產量。

但是，應當記得：正如斯達汗諾夫運動所指明的，生產能力決非是一成不變的。

斯大林同志教導我們說「斯達汗諾夫運動——這一男女工人運動的目的乃是企圖突破現今的技術定額，超過現行的設計能力，現有的生產計劃和對照表的運動」**

* 在水泥工業中實際上是叫做有效能力。

** 一九三五年十一月十七日斯大林同志在第一次全蘇聯斯達汗諾夫工作者會議上的演說。(列寧主義問題，第十一版。)

根據斯大林同志的指示與斯達汗諾夫運動的經驗，聯共（布）黨中央委員會全體大會頒佈了關於重新考慮提高企業之生產能力和設備的技術定額的指令，同時指出：

《……在審查原有設計能力的基礎上要確定已增高了的新技術定額。這些將要決定各個機組生產能力的技術定額，必須取自己被審查過的優秀斯達汗諾夫工作者的實際經驗中》。

工廠（車間）的擴充或改建，以及實現各種技術組織措施，各種合理化和創造性的建議中間均能顯著的提高生產能力。

由是證明，工廠（車間、機組）的生產能力不是一成不變的。

在工廠中，作業上互相聯系着的車間或機組之間有時發生能力不平衡的現象，結果是降低某個主要生產車間甚至整個工廠*的生產能力。

對新設計廠，這種不平衡的現象是不可能有的，因為各項設計決議全是根據能力保證所設生產能力的需要而作出的。

在少數情況下，個別機組或車間可能有多餘的生產能力，原因是要保留相當的儲備能力，或者是由於選購不到在類型及尺寸上合乎設計要求的生產技術設備所致。

所謂所設的生產能力即指在論文設計任務中所提出之能力而言。這決不可同《設計能力》混為一談，因為後者所指的是根據設計中所選定的生產技術設備的生產能力計算而定，並不完全與所設之能力相符合。

水泥廠的生產能力數值應以《燒成》即以半成品（熟料）與《粉碎》即成品（水泥）來表示。這種生產能力的計算方法對生產矽渣波特蘭水泥或火山灰波特蘭水泥的水泥廠尤其需要。

水泥工廠中常安裝有各種不同類型、尺寸與數量的粉碎機，為比較水泥工廠之生產規模，不但要計算《實際產品》的粉碎能力，並且要計算《標準產品》的粉碎能力。

當選擇粉碎車間的粉碎機時，同樣要考慮到製造實際產品與標準產品的能力。

術語《實際產品的粉碎》一語應當理解為某一機組或粉碎車間所製成的實在產品，即一定品種**及一定細度的產品。

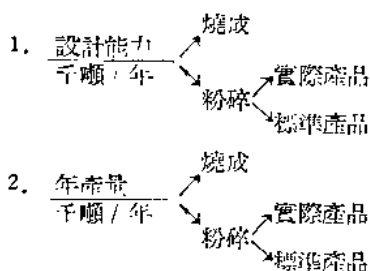
* 在這種場合下，計算工廠生產能力最正確的方法是要計算基本車間及機組的最大能力。倘若當中發現所謂「瓶頸環節」時，除確定生產能力外，並須設法消滅這些瓶頸的環節。

** 在任何場合下，產品的數量均以乾燥料計算，與生產方法無關。

術語《標準產品的粉碎》——語應當理解為某一機組或粉碎車間所製成的產品按一定標準換算*成某一特定產品而言。在水泥工業中，一般是取普通硬度的迴轉窯熟料粉碎至在篩孔為0.09公厘篩上之篩餘為10%之產品，定為標準產品。

當計算任何機組、車間或工廠的生產能力的數值時，全要用一個統一的單位——千噸/年表示。

當說明某一工廠（車間、機組）的生產能力時，在論文設計中最好採用下列術語：



以後我們將永遠使用上述的術語。

根據生產規模的大小，水泥廠可假定分成下列幾類：

1. 小型工廠——產量在5萬噸/年以內；
2. 中型工廠——產量在20萬噸/年以內；
3. 大型工廠——產量在20萬噸/年或以上。

雖然上述水泥工廠生產規模的分類是假定的，但它在本書中各項資料的說明時却經常需要。

§2 設備的利用率和設計儲備能力

（一）設備（機組、車間）的利用率

水泥工業中，設備的利用率常採用兩種指標：

1. 按小時產量者——單位產量利用率；
2. 按一年運轉小時者——時間利用率。

因此設備利用率要分成兩種：

1. 設備之設計能力的總（累計）利用率，要考慮上述兩項指標。

* 換算粉碎車間產品為標準產品的方法載於第七章《原料、熟料及混合材的粉碎》

2. 設備的時間利用率，只考慮上述第二項指標。

所謂設備之設計能力的總利用率，即是一年中產品的實際* 生產量同設備之年設計能力之比，可用下列公式表示：

$$K = \frac{\Pi}{M} = \frac{nG(8760-T)}{1.1G' \cdot 8760} \dots\dots\dots (1)$$

式中：K——設備設計能力的利用率，小數點後兩位；

Π ——設備（機組、車間）的年產量，千噸/年；

M——設備（機組、車間）的設計能力，千噸/年；

T——一年中設備的停車小時數；

n——車間內同類型機組的數量；

G——在計算設備之設計能力時對每一機組所規定的小時產量，噸/小時；

G'——每一個機組的實際小時產量**。

所謂設備的時間利用率K，應看成爲設備（機組、車間）之運轉時間與全年日曆小時之比；如下式所示：

$$K' = \frac{8760-T}{8760} \dots\dots\dots (2)$$

式中T的意義同公式（1）的相同。

對生產工廠來講，總的利用率同設備的時間利用率之間在具體數值上是可能有區別的。但這裏應當提到：設備的時間利用率永遠小於1。而設計能力的總利用率在個別情況下可能大於1。所以會有這種情況，由於設備的實際小時產量超過了計算設計能力時所規定之小時產量所致，或者說，由於超過了技術定額之故。

在設計時，兩種利用率數值相等，因爲在計算設計能力時，年產量與設備（機組、車間）的小時產量的數值完全相同之故。

因此：

$$K' = K = \frac{8760-T}{8760} \dots\dots\dots (3)$$

公式（1）中nG與nG'相等，可相互抵消。

因此，在設計水泥工廠時，對設備利用率應規定一統一的認識，使之包括並代替前述兩所，而通稱《爲設備（機組、車間）利用率》。在計算利用

* 在設計中，所謂實際生產量就是設計中所取之年產量。

** 在設計時， $G' = G$ 。