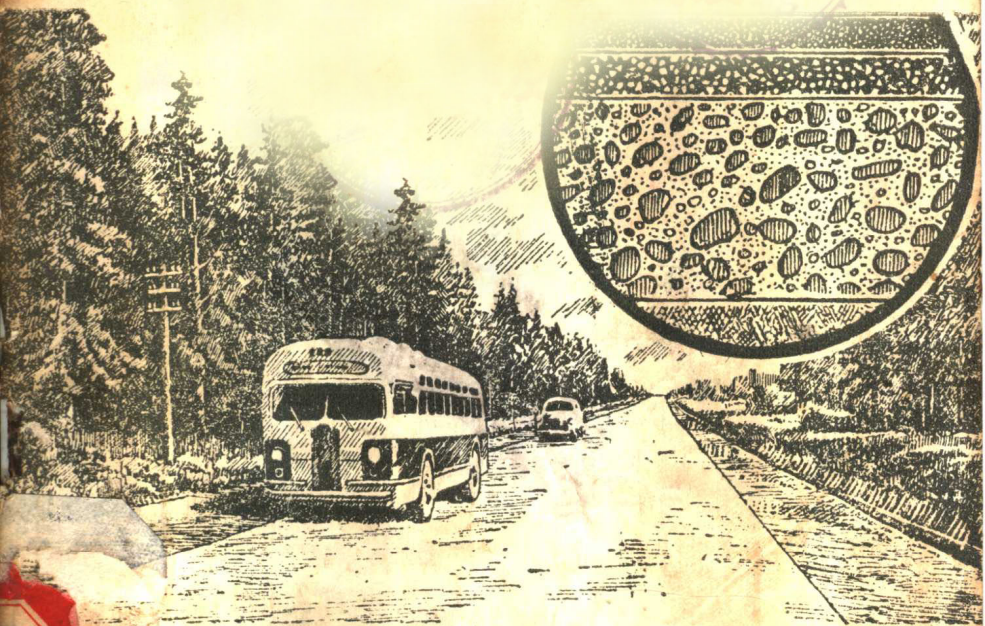


石头及其在道路工程中的应用

M.A. 馬庫尼著

乐 鑄譯



人民交通出版社

石头及其在道路工程中的应用

M. A. 馬庫尼著

乐 鑄譯

人民交通出版社

本書主要是說明在道路工程中应用什么石料、怎样勘查石料的產源、如何進行石料的加工等。同时并扼要地叙述石头的起源及其在自然环境和路面中的破坏原因，以及防止其破坏的方法。適合于筑路工人閱讀，并可供道路工程人員學習和參考。

統一書号：T 15044·1146-京

石头及其在道路工程中的应用

М. А. МАКУНИ

КАМЕНЬ

И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

В ДОРОЖНОМ

СТРОИТЕЛЬСТВЕ

АВТОТРАНСИЗДАТ

МОСКВА 1955

本書根据苏联汽車运输与公路部出版社 1955 年莫斯科俄文版本譯出

乐 鑄譯

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新華書店發行

北京市印刷一厂排版

公私合营慈成印刷工厂印刷

1956 年 8 月北京第一版 1956 年 8 月北京第一次印刷

开本：787×1092 毫米 印張：1 1/4 張

全書：41,000 字 印数：1—3,600 册

定价(9)：0.20 元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号)

目 次

前 言

一、序論·····	3
二、石头的起源·····	4
三、石料的破坏·····	16
四、怎样測定石料在道路工程中的用途·····	21
五、怎么样的石料可以使用在道路工程中·····	28
六、怎样勘查和試掘石料礦床·····	43
七、各种石料場的开采·····	45
八、石料的加工·····	50

前 言

在苏联，由于汽車运输的迅速发展，需要鋪筑稠密的公路網，而公路的建設又需要大量的筑路材料，其中首先就是石料。由于从外处运来的石料成本过高，所以作为廉价材料的当地石料在道路工程中的作用極為重大。

本書目的在使筑路工作人員認識石料在道路工程中的重要性，並扼要地敘述石头的起源及其在自然环境和路面中的破坏原因，以及防止其破坏的方法。

本書还說明，如何在野外确定石料在道路工程中的用途，實驗室的主要試驗方法，勘察試掘工作的進行方法，以及料場的开采和石料的加工；并要求筑路工作人員尽量注意就地取材，利用当地石料以建筑道路。

一、序 論

在古代，石头已經在人类的生活中起了巨大的作用。人用石料制造了最初的劳动工具來抵抗动物和敌人。这就是所謂石器时代，它在古代人类的生活中占很長时期。

后来，当人們学会了使用各种金屬时，即在銅器和鉄器时代里，石料依然沒有失去它的作用，而是廣泛地使用在居住場所和防御工事的建筑上。

現時，在这个高度技術發展的时代里，石料大規模应用在住宅、工業建築物、桥梁、河岸的砌面、道路的建设和其他种种目的，石头的作用还是十分重大的。

正如从各种古蹟中可以看到，大約在四千年以前，在古代的中國、巴比倫、希臘、波斯、埃及等國已經用石料來建筑道路了。

第四世紀所建筑的一部分至今还保留着的著名羅馬大道，就是用石料鋪設的。这些大道的石質路面厚达1公尺以上。

当各國之間有了通商关系时，道路的建筑就大为發展起來。十八世紀末期，开始在石質基礎上用碎石塊建筑道路，而1836年俄罗斯已經研究出一种在砂質基礎上用碎石構成的新型路面了。

这种路面后来在國外也廣泛地应用。

上世紀末期，在道路建筑的實踐中也普遍使用下列各种塊石：条石、嵌花式鋪砌拳石、緣石等。同时还制造了人造石料。

苏联在十月革命以后，由于汽車运输迅速的發展，开始大規模建筑新的道路網。由于对石料和其他筑路材料的需要一年比一年迅速增加起來，所以除石料外，还注意到像砂礫、礦渣、岩石碎塊等

那类材料。

由于从铁路运来的石料成本过高，不得不力图就地取材，利用当地的石料和工厂的废料。

在开始建筑新路或对旧路进行大修以前，必须查明，当地有无筑路材料和哪些材料。首先就是作为主要筑路材料的石料和礫石。

只有在确知当地没有石料或现有石料不适用于道路建筑时，才计划从遥远的基地料场用铁路运输石料。

不要忘记，从远处运来的石料成本很高。使用运来的石料建筑 1 公里道路的成本，等于用当地石料建筑 2 公里、甚至更长道路的費用。

常有这样的情况，当地虽有良好的石料，但由于勘查不仔细却没有加以利用，反到几百公里以外的地方用铁路去运石料。

例如，为了修建由奥廖尔到維帖布斯克的公路，老早就从遥远的烏克蘭的采石场运输石料。当时认为道路附近地区没有石料。

可是 1953 年在路区附近却找到了一个巨大的礫石料场。原来这个礫石料场的蕴藏量和质量是可以大规模用于各种道路工程中的。因此石料的成本急剧下降，使在同一的费用下增加了施工量。

二、石头的起源

地球的构造和成分

如果了解地球的构造和成分，就可以研究石头起源的问题。

究竟怎样才能知道地球是由什么组成和它是怎样构成的呢？

现在人们用钻孔掘进的方法来研究地球的上层。其中最深已达 4~5 公里，而到地心的距离则有 6,000 多公里。因此，用钻孔的方法只能研究上层较薄的一部分地壳。

科学家利用地震所產生的那些波的特性來研究地球中更深的部分。

地震时是在几十公里的深处發生强烈的震动。震动產生波动，这种波动是以波的形式从地震發源地向各方傳播。根据这些波進行的速度确定了地球的構造并不是完全一样的（圖 1），而是由許多層不同的外殼組成的。

地球外殼的上部，或者所謂地殼，是由岩石和礦物所構成的，其中大部分是矽和鋁，即比重 3.5 的較輕的岩石（1 立方公尺重 3,500 公斤）。地殼的厚度不是完全一样的，在大陸上从 30 到 80 公里，而在海洋底下則不超过 20 公里。

再往下，一直到 2,900 公里為中間層，是由比重 3.5 至 5.0 的較重的岩石所構成（1 立方公尺重達 5,000 公斤）。它的主要部分為矽、鎂和鐵。

中間層是以固体狀態存在着的，只有个别地段成為熔體狀態。

中間層下面就是地球的中心部分，或稱地核。

地核的半徑等於 3,500 公里。它是由比重 8-11 的固体物質所構成的。这里 1 立方公尺的岩石重達 11,000 公斤。

一般推測，這些物質的成分也和在中間層里的一樣，但是由於地心所產生的巨大壓力的作用，所以它們具有很高的比重。

考查的結果証明了，地球腹部發生着極高的溫度。已經確定，當深入地殼每 30~50 公尺時，溫度就升高 1 度。

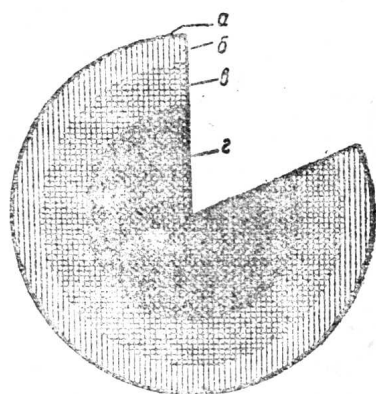


圖 1 地球的構造：
a—地殼；б、в—中間層；г—堅硬的核

在4~5公里的深处温度升高到怎么样，我們現在还不知道，但是从火石的噴發中可以証明，地球内部的温度是非常高的。

可是大家推测，地球内的温度不超过2,000~2,500度。在这样高的温度和正常的压力下所有的岩石都将熔化。而地心里的岩石是处在巨大的压力下（每1平方公分約有2百万公斤的压力），所以虽然有很高的温度，也还是固体状态。

根据科学院院士B. И. 維尔納特斯基的資料，地球深处之所以發生高温是由于地球中存在着放射性物質：鈾、鈷、鐳等。当这些物質自發地分裂时就產生热，这种热在千百万年期間逐漸積聚起來，温度强烈增加，有些地方甚至把地球内部个别的地段也熔化了。

地球中的这种火焰般的熔体称为岩漿。由于很容易流动，岩漿就能沿着裂縫滲透得很远，甚至流出地面。岩漿凝固时就变为岩石。

虽然岩石的式样形形色色，种类繁多，但是可以把它們区分为三大类：火成岩（岩漿岩）、沉積岩和变質岩。所有石質岩石，根据它們建筑性質的不同，都可以廣泛地用于道路工程中。

火 成 岩

火成岩，正如这个名称所表示的一样，是熔化的岩漿从地球深处流到地面凝結而成的。

岩漿熔流不是經常能够到达地面上的。它們往往不能穿过岩石的上層复土而凝固在地球深处。

流到地面上的岩漿很快就凝固起來，相反的，沒有到达地面的岩漿却冷得很慢。

緩慢地凝固的岩漿所形成的火成岩是一种結晶岩（花崗岩、正長岩、閃長岩）；反之，迅速凝固的岩漿所形成的岩石，它的成分

則為玻璃狀的物質（流紋岩、粗面岩、安山岩、玄武岩）。

這些岩石主要分布在下列各山區里：烏拉爾、中亞細亞和高加索。但在其他地區（第聶伯河附近、科拉半島）也可以遇見。

在國民經濟中火成岩廣泛採用於建築和工程方面。

這些岩石在道路工程中使用得最多。

現在把用於道路工程中的那些最重要的火成岩簡單地分述如下：

花崗岩是一種分布最廣的岩石。也許很難找到一個不知道或沒有聽見過花崗岩的人。

花崗岩的俄文名稱（ГРАНИТ）是從拉丁文（ГРАНУМ）而來的，就是顆粒的意思，表明它是一種顆粒結構的岩石（圖2）。和其他幾種岩石一樣，花崗岩按照顆粒的大小通常分為粗粒、中粒和細粒三種。

花崗岩是一種非常堅固美麗的建築材料，它在建築師中享有良好的聲譽。

列寧格勒的涅瓦河和蘇聯首都的莫斯科運河上的美麗的河岸都“穿上了花崗岩的外衣”。許多紀念碑、圓柱、裝飾和砌面都是用花崗岩建築的。列寧和斯大林的陵墓也是用磨光的紅色花崗岩配合黑色致密的拉長岩建成的。

花崗岩由於強度的關係，在道路工程中總比其他石質岩石受到重視。

花崗岩可以製成修建路面和路基用的碎石及鋪砌路面用的拳石。它的強度和顆粒的大小有關。細顆粒的花崗岩最堅固，中顆粒次之，粗顆粒最差。

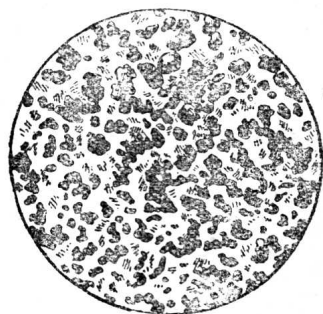


圖2 岩石的顆粒結構

花崗岩是岩漿在地球深处慢慢冷却所形成的，它的礦物成分有：正長石、石英、云母和普通角閃石。

花崗岩的顏色种类最多，常見的有从近似白色起一直到深紅色止。

花崗岩漂石分布在苏联的廣大地區中。它們是在冰河时期从北方帶到这里來的。漂石也和料場里的花崗石一样，分布在各地，在有漂石分布的地方可以進行道路建筑。

正長岩是一种与花崗岩很相似的岩石，因此大家常常把它和花崗岩混淆起來。它和後者的区别就是它不含有石英。正長岩也和花崗岩一样，是岩漿在地球深处慢慢冷却而形成的。它的俄文名称(СИЕНИТ)是从埃及的西埃納(СИЕНА 即正長岩)城名而來的。

正長岩的顏色通常为灰紅色，灰色和淺藍色的正長岩却很少見。

正長岩比花崗岩柔軟，所以易于加工。由于它的形式美丽，往往被用作砌面的材料。在道路工程中正長岩的应用和花崗岩一样。

閃長岩也是一种和花崗岩相似的岩石。有些完全不含石英，有些含量不多。閃長岩的主要礦物为普通角閃石和普通輝石；所含的黑色礦物多于正長岩。它的顏色有深綠色或綠色，并具有白色斑点、灰色与淺綠灰色。

閃長岩的特点是强度和粘結性都很高。所以是一种貴重的建筑材料，在道路工程中廣泛地采用。因为閃長岩有良好的磨光性，所以用这种石料鋪砌的路面，很快就形成平滑的表面，这一点也可說是这种石料的缺点。閃長岩能很好地抵抗自然力和机械力的破坏作用，这使它成为很有价值的筑路材料。

流紋岩是岩漿在地表上迅速冷却所形成的岩石。它的礦物成分也和花崗岩一样，可是沒有顯著的顆粒結構，而是玻璃質的斑狀結構，即具有石英顆粒的斑点。

它在道路工程中用得很少，主要用于次要的工程上（碎石路基的建筑、加固工程等）。

粗面岩的礦物成分相当于正長岩。它的破裂面粗糙，是一种細孔狀的材料，具有斑狀結構。顏色主要是淡色：白、淺灰、淺黃、淺紅。

在道路工程中，由于脆度的关系，所以粗面岩主要用于次要的工程上。

輝綠岩是致密細粒的斑狀結構的岩石；顏色为暗色、深綠色，破裂面不平。

由于輝綠岩是高級技術材料，所以廣泛采用于道路工程中。輝綠岩可以制造良好的塊石：各种板石、条石、零石以及道路用的优良碎石。輝綠岩的缺点就是容易磨光，因此用它鋪砌的路面会逐渐变成滑溜。

玄武岩是一种成分和輝綠岩相同的岩石，但是顏色較暗，几乎是黑色，是含有火山玻璃雜質的隱晶結構。这种岩石堅硬致密。通常，顏色較暗的各种玄武岩是最好的建筑材料。它的缺点就是很脆。

在道路工程中，玄武岩廣泛用來制造拳石和碎石。

玄武岩还有一些缺点，就是玄武岩碎石的抗压强度不良，而且这种石料容易磨光，以致使鋪砌路面变成光滑。

沉 積 岩

沉積岩主要是由火成岩在地表上經過破坏所形成的。在这些岩石的沉積中，水、風和冰等起着主要的作用。石質沉積岩主要分为兩类，即疏松碎屑岩和膠結碎屑岩。

碎屑岩，正如其名称所表明的一样，是由各种大小的岩石碎屑所組成的。这些碎屑或呈疏松状态，或被某种天然膠結物固結起

來。

疏松碎屑岩廣泛采用于道路工程中。屬於疏松碎屑岩的有：漂石、卵石、礫石、天然碎石、砂等。

漂石是各种石質岩石的碎屑，碎屑大小在 100 公厘以上。

天然漂石，大量分布在苏联欧洲地区的西北部和中部。尤其在列寧格勒、普斯科夫、維利科盧基、斯摩稜斯克等州更多，这些漂石是在冰河时期被帶到那里的。它們分散在森林区和田野里。在个别地区，小漂石顯露于地面上，妨碍土壤的耕耘。

由于种植的耕地逐漸增加，田野中漂石分布的面積一年比一年减小了。

漂石的沉積也分布在山間的河谷里。

漂石是优良的筑路材料。它也可用作粒徑 100 至 200 公厘的天然圓石，以及作为制造碎石和粗琢拳石的材料。

漂石的缺点就是从田野采集和把它送到支綫时需要用人工操作。

卵石和礫石是粒徑 100 公厘以下的滾圓的岩石碎屑。

同样大小帶稜角的不是圓形的岩石碎屑叫做碎石。

这种岩石碎屑同样廣泛采用于道路工程中。同时天然碎石和礫石料往往不經任何加工就可以使用。

礫石-卵石料分佈很廣。在河谷里、湖泊和海洋沿岸、苏联的廣大地区以及冰河沉積發達的地方都可以見到。

砂。砂也是疏松的碎屑料，它是微小的岩石碎屑（粒徑从 0.1 至 5 公厘）。砂在自然界中几乎到处都可以遇見，而且是廉价的建筑材料。

在道路工程中砂的用途很廣。它可以用作路面的垫層，制造水泥混凝土和地瀝青混凝土，作为改善土路的添加料，以及建筑盲溝等。

砂按照粒徑可分为粗粒、中粒和細粒三种。

砂有清潔的，經過很好冲洗而不帶雜質的，或含有粘土、粉土等雜質。

使用清潔的粗粒和中粒砂以建筑路面和盲溝。对于土路的改善可用掺有粘土的砂。

可是，在任何情況下最好不用細小的粉質砂土，因为这种砂土在潮湿时容易帶有流砂的性質。

膠結碎屑岩在道路工程中也廣泛采用。属于膠結碎屑岩的有：礫岩、砂岩、角礫岩和石灰岩。

礫岩。疏松碎屑岩受到天然膠結物（石灰、氧化矽、粘土等）的作用可以变成整塊的岩体。

例如，礫石-卵石料在天然膠結物的作用下变成礫岩，礫岩是一种膠結岩，要把其中的礫石和卵石顆粒單獨地分开是很困难的（圖3）。

有礫岩礦層的地方，可以利用礫岩来建筑道路。

砂岩。砂岩在膠結碎屑岩中占有顯著的地位。这种岩石是以氧化矽、碳酸鈣或粘土膠結而成的砂。砂岩的强度視天然膠結物的性質而定。矽質砂岩最为坚固。砂粒是用氧化矽結合起來的。以粘土作为天然結合料的砂岩最为松軟。这种砂岩在湿气和温度变化的作用下很容易破坏。通常砂岩是粗糙的，而且有不平的破裂面。把砂岩击碎就成为砂子。



圖3 礫岩

砂岩廣泛采用于道路工程中。在任何情況下，都願使用那些比

較堅固的砂岩。在其分布的地方可以把它們用來製造碎石和鋪砌路面的礮石。

石灰岩。石灰岩是一種最普遍的岩石，也是屬於膠結的石質沉積岩。几乎所有的石灰岩都完全由海中微生物的介殼遺骸所構成的。在几千年甚至几百万年中，这些介殼沉在海底，形成了厚达几十公尺的沉積物。

由于在海底中受水的巨大压力的影响，这些沉積物逐渐被压紧，于是就变成了岩石——石灰岩。

海水退却后，石灰岩就露在陸地上，便形成了良好的建筑材料的巨大礦層。

石灰岩差不多完全由碳酸鈣所組成。如果把鹽酸滴在石灰岩上，就立刻噼噼地發出泡沫。發生所謂“沸騰”的現象。这就是石灰岩和其他岩石不同的地方。

沸騰的現象，是由于鹽酸作用在含石灰的岩石时，產生二氧化碳所造成的。

沸騰的情況也随岩石內石灰的含量而改变。举例說，石灰含量大时（如白堊、石灰岩），就發生劇烈的沸騰，含量不大时就較弱。不含石灰的岩石則完全不沸騰。

石灰岩廣泛采用于國民經濟中各种不同的部門，它也是一种具有特殊意义的岩石。

石灰岩在道路工程中也很重要。石灰岩能很好地制成筑路碎石。

石灰岩的良好的膠結性能，使其在鋪筑碎石路面和路基中占重要地位。由石灰岩碎石所構成的碎石路面，很容易輾成堅實整塊的形狀。

由于石灰岩能和瀝青結合，所以石灰岩碎石可以認為是製造地瀝青混凝土混合料的最好材料。

石灰石的强度变化很大。甚至同一料場里，在很坚固的岩層中时常可以遇見容易破坏的、松軟的夾層。

最坚固的石灰岩用來鋪筑路面，較为松軟的石灰岩則用來制造石灰。

石灰岩的顏色通常極不相同——由白色至深灰色，甚至黑色。它的顏色和混合在岩石里的物質有关。

白色和淺灰色的石灰岩最为普遍。岩石的淡黄顏色表示强度很低，而有好几种淡藍顏色能証明石灰岩的强度很高。

泥灰質石灰岩和泥灰岩，即含有粘土的石灰岩，是制造各种标号的水泥的主要原料，这种水泥大量用在水泥混凝土路面的建筑上。这种路面的强度和耐久性都很高。

石灰岩磨成的石粉，是制造地氈青混凝土的最好礦質粉料（填料）。

有好几种石灰岩，所謂介質石灰岩，是由眼睛能清楚地分辨出來的介殼所組成的，它們很容易用鋸鋸成“整塊”的材料。这种石灰岩，由于强度很小，虽然不用在路面的建筑上，但是在它分布的地方可以順利地用作住宅和其他养路处房舍的建筑。现在这种塊石的开采已經机械化了。

介質石灰岩制成的產品，其特点为輕便、導热性低，而且能很好的隔音。

变 質 岩

变質岩在石質岩石中占次要地位。

变質岩也就是火成岩与沉積岩，不过和它本身的名称一样，曾經在高温和高压的作用下起了变化。压力使岩石形成皺紋；因此花崗岩、砂岩等的結構逐漸变成帶狀和片狀。

能应用在道路工程中的变質岩就是片麻岩和石英岩，前者的成

分和顏色跟花崗岩相似，后者則为細粒結構，并具有很高的力学强度。變質岩的分布範圍比火成岩与沉積岩小得多，它們主要埋藏在山区里。

人 工 石 料

用在道路工程中的人工石料，不是工厂中的廢料（高爐礦渣、鍋爐礦渣、岩石碎塊），就是工厂用当地原料所制成的特种產品（鋪路用煉磚、建筑用磚、礦渣碎石、礦渣石料）。

高爐礦渣与平爐礦渣。道路工程中最有用的人工石料为高爐礦渣与平爐礦渣，它們就是熔煉生鉄和鋼时的副產品。

熔煉生鉄时所獲得的高爐礦渣和煉鋼時獲得的平爐礦渣，以熔融的液体状态輸送到廢料場，它們在空气中冷却后就形成了坚硬致密的結構。

廢料場中的高爐礦渣，它的顏色从淺灰至深灰，打碎时即成为帶銳边的不規則形狀的小塊。

用水和壓縮空气对熔融的礦渣实施人工冷却，就可以从高爐礦渣獲得所謂粒狀礦渣。这种礦渣呈粗糙顆粒形狀，可用作制造水泥、礦渣磚等的原料。

制造成品时应將熔融的礦渣倒在事先預备好的模子里，冷却以后就可以从模子里取出制成的礦渣鑄品。

在道路工程中，主要用廢料場里的礦渣。在旧的礦渣廢料場里，除疏松的小塊料以外，尚有膠結的大塊料，这些大塊料必須加以疏松和击碎。此外，在廢料場中常摻有單独的鉄塊，这些鉄塊必須去除，因為它們掉在碎石机里，就能使后者遭受損坏。

高爐礦渣与平爐礦渣都有很多的优点，这些优点使它們成为道路工程中的重要材料。

已經証明，当修建在春季發生变形（分裂）的不良路段时，若