

技工学校交流讲义

电气安装工艺学

下 册

北京电力工人技术学校編

学校内部使用



中国工业出版社

技工学校交流讲义

电气安装工艺学

下 册

北京电力工人技术学校編

中国工业出版社

本书下册共分七章，重点阐述了发电厂、变电站电气部分的设备安装工艺过程；如主变压器、电机、蓄电池、电缆、二次回路等；最后还叙述了发电厂、变电站安装的施工组织、管理和结尾工作。

本书适用范围为初中及高小毕业入学的技工学校的学生，也可供现场工人培训和具有初中文化程度的电气安装工人自修参考使用。

本书由北京电力工人技术学校段茂林、刘仲琴，浙江电力技工学校張錫均编写，并由北京电业管理局基建公司刘春元审阅。

电 气 安 装 工 艺 学

下 册

北京电力工人技术学校编

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑（北京阜外月坛南路）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092 $\frac{1}{16}$ ·印张7 $\frac{11}{16}$ ·字数170,000

1963年2月北京第一版·1963年2月北京第一次印刷

印数0001—1,390·定价(8-2)0.72元

*

统一书号：K15165·1542(水电-272)

目 录

第八章	主变压器安装	1
第一节	概述	1
第二节	安装	4
第三节	絕緣油处理	17
第四节	变压器干燥	31
第九章	小型电机安装	45
第一节	概述	45
第二节	安装前的检查	48
第三节	电机与被带动机械的机軸校正	54
第四节	控制设备的安装	57
第五节	电机接綫	58
第六节	起动和試运行	64
第十章	蓄电池安装	63
第一节	概述	68
第二节	安装及其技术要求	76
第三节	充电和放电	80
第四节	安装中常发现的一些問題及处理办法	84
第十一章	电綫敷設	86
第一节	概述	86
第二节	施工資料	88
第三节	敷設技术与要求	92
第四节	电綫头制作	102
第十二章	二次回路安装	139
第一节	概述	139
第二节	二次回路接綫图	148
第三节	二次回路接綫	176

第四节	二次回路校驗	190
第五节	二次回路的操作試驗	209
第十三章	結尾工作	211
第一节	概述	211
第二节	刷漆涂色	213
第三节	設置辨認和警戒用的标志	214
第四节	竣工檢查和移交試驗	215
第十四章	施工組織及管理工作	221
第一节	概述	221
第二节	施工工地的布置	222
第三节	施工組織工作	227
第四节	施工管理制度	233
第五节	安全急救和灭火技术	235

第八章 主变压器安装

第一节 概 述

变压器是一种静止的电机，利用电磁感应的原理而做成。它用来把电网的电压升高或降低。主变压器一般装在混凝土的基础上，基础突出地面的高度，比砂砾填料表面至少高10厘米。就大多数变压器而言，基础作成双梁形，梁中心线间的距离等于变压器滚轮的中心线间距离。梁上装有工字

钢或铁轨，以便于移动变压器。为了防止当变压器外壳损坏时油的流散和燃烧起见，在变压器下面设有储油坑，并

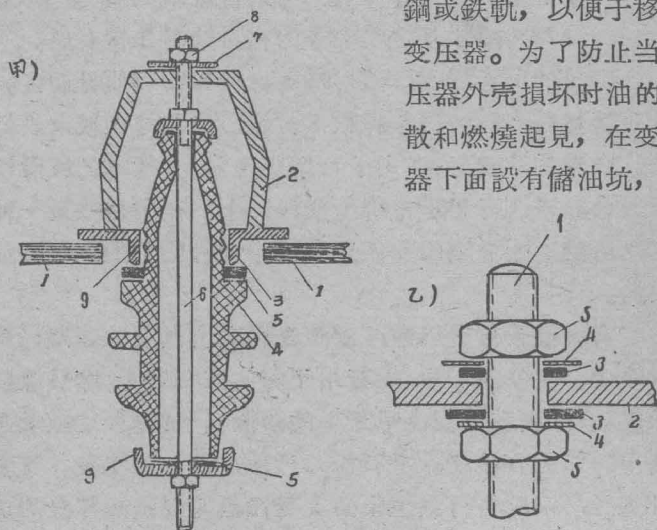


图 8-1 密封图例

甲—套管法兰盘与套管瓷质部分之间的密封示意图

1—置放套管用的带孔眼的平板；2—扁钢制成的拉紧卡板；3—绝缘套管的法兰盘；4—绝缘套管的瓷套；5—衬垫；6—导电螺栓；7—临时垫圈；8—拉紧用螺帽；9—加注油灰的槽。

乙—吊杆的密封

1—吊杆；2—顶盖；3—密封衬垫；4—垫圈；5—螺帽。

在坑內填有一层洗淨的砂砾或紧密的碎石（較多采用的是卵石），其厚度不得小于25厘米。儲油坑內的排油管应設置拦污网。

变压器安装主要有下列这些工作內容所組成：鉄芯（器身）檢查，套管安装，散热器安装，油枕、瓦斯继电器及附属设备的安装等。

在安装过程中特別應該防止套管瓷质部分被打碎，努力使套管法兰盘与套管瓷质部分之間的密封情况（图8-1甲）、吊杆（較小型的变压器才有）与箱盖之間的密封情况（图8-1乙）以及其他相互之間部分的密封情况非常良好。

密封的可靠程度，随衬垫的材料和安装质量而定。常用的衬垫材料有橡胶衬垫和軟木衬垫，橡胶彈性較大、組織細密、密封效果較好，多用于大型变压器上，軟木的性能較差，但容易取得，多用于中小型变压器上。軟木衬垫是一种用軟木碎屑浸上耐油漆压成的条或帶。制衬垫用的橡胶應該是耐油的。

安装橡胶衬垫以前，應該先用蘸上汽油的抹布仔細将密封处接合面擦洗干净，接着用干净的抹布揩干，然后涂以一层橡皮胶（橡胶在汽油或甲苯中的溶液）。衬垫和边缘毗連的一側用同样的方法清除滑石粉和污秽，并涂橡皮胶。安装軟木衬垫时，則应将衬垫上下面及变压器需要密封部分的边缘上均匀涂上漆片液（漆片在酒精中的溶液）。将涂过橡皮胶或漆片液的衬垫材料放在变压器需要密封部分的边缘上，輕輕敲紧，然后再用螺絲压紧衬垫材料，借衬垫材料的彈性来实现完全密封。一般情况下将衬垫材料的厚度压缩至原来的 $\frac{2}{3}$ 或 $\frac{3}{5}$ 已經足够，过大的压力会使衬垫材料失去彈性甚至产生裂紋，反而起不到密封作用。在拧紧螺絲时，应特別注意要

將四周螺絲均勻擰緊，切不可先緊一邊然後再緊另一邊。

衬墊材料的接头处，应按图 8-2 所示的方法来填補，使接合处的厚度和其他部分一致，以保証衬墊材料具有可靠的密封作用。

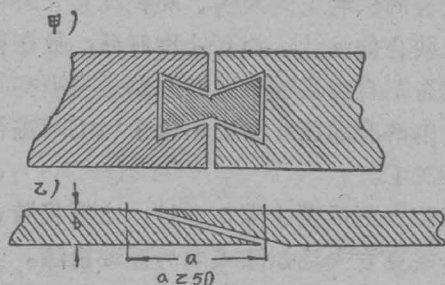


图 8-2 頂蓋下面密封墊料接合处的填補方法

甲—采用橡胶衬墊或軟木衬墊时的填補方法；乙—采用軟木衬墊、电工紙板衬墊或石棉板衬墊时的填補方法。

法兰及瓷套管間的接触处須用胶合剂連接，其成分、配制、使用等問題分述如下。

氧化鉛-甘油胶合剂：

(一)成分(重量比)：

氧化鉛(又称密陀僧)为 3；

甘油为 1 (將甘油溶于淨水中，使比重达到 1.23)。

(二)配制方法：將氧化鉛和甘油盛在干淨的有嘴的球形碗中，仔細而迅速地研成細末，攪拌均匀。配制时应注意：

1. 混合物的凝固時間很快，所以制成后应在 10 分鐘內使用，否則凝固后的混合物將失去胶合作用。

2. 应注意不使容器及搗杆上有殘渣。

3. 配制时开始稀一些，而后增加氧化鉛到規定配合比，否則在配制时易凝固結块，造成廢品。

4. 氧化鉛有毒，配制时应注意不能直接触及以防止中毒。

(三) 使用方法：

1. 将胶合的法兰上的鉄锈、油腻及其它杂物清除。

2. 将被胶合的法兰、瓷套处理好后，放在特制的支架上，将热胶合剂自容器嘴不间断地倒进澆灌空隙。

3. 胶合剂的澆灌应在温度不低于 14°C 时进行，最适宜的温度为 $18\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

4. 澆完胶合剂后至少隔3小时，才能将胶合表面处理光滑，涂上一层克立夫达尔漆或5号擦地板漆。

耐油法兰接合剂——紅丹粉-酒精漆片接合剂：

(一) 成分(重量比)：

洋干漆片(虫胶片)为16；

酒精为26；

紅丹粉为18.5；

蓖麻子油为1。

(二) 配制方法：先将洋干漆片搗碎，倒入酒精中，經常攪拌到完全溶解为止。再将蓖麻油、紅丹粉倒入油中，攪拌均匀即可。

第二节 安 装

一、鉄芯檢查 变压器經過运输和装卸后，内部鉄芯常因震动和冲击使得螺絲松动或掉落，而水质螺絲常有折断情况，穿心螺絲亦常因絕緣材料损坏而使絕緣降低。因此安装变压器时必须檢查鉄芯，并将所发现的問題及时处理，以保

証变压器的可靠运行。檢查时最好吊出鉄芯，但容量在10,000千伏安以上的变压器，如果工地沒有起重設備，根据变压器的构造可以进入油箱內檢查时，允許不吊鉄芯，而从人孔进入油箱內檢查。

为了进行电站的快速安装，在保証安装质量的前提下，尽量采用不吊鉄芯檢查的方式。究竟在什么情况下能采用，須根据变压器基本結構的設計而定。电力变压器的基本結構分为三大类。

第一类——从10~50千伏安，6千伏电压級。这一类变压器的基本結構，油箱为密封式，沒有油枕，高低压套管放在箱壁兩側，鉄芯借螺絲固定在箱壁上(箱壁上焊有角鋼)，分接开关、調节手柄放在箱盖上，用以調节电压。

变压器总重量在600公斤以下就沒有滾輪裝置，这类变压器經過运输后若沒有特殊变化或怀疑和损坏时，可不进行吊芯檢查；如須檢查，則打开箱盖即可进行檢查。

第二类——容量在100~5600千伏安，35千伏級以下。这类变压器使用得最廣，基本結構为箱盖与鉄芯相連，吊鉄芯时不必拆除箱盖，可借箱盖上四个吊环連同箱盖共同吊起，鉄芯借箱底上之定位角鉄及鉄芯上部的四根吊螺杆而固定在油箱中。分接开关当电压在10千伏以下，电流在120安培以下者，装在箱盖上；当电流大于120安培时，則放在鉄芯的側面，即在綫圈与油箱壁之間。35千伏电压級者都装在箱盖上。箱盖上装有高低压套管、安全閥、油枕等。在現有結構中箱盖上沒有人孔和視窗，一般可借安全閥之孔作視察窗之用。鉄芯內部用穿心螺絲使整个綫圈压紧。这类变压器綫圈到油箱壁之間的距离較短，一般为55~75毫米，这样小的距离就不可能允許檢查人員下油箱去檢查，一般就須吊芯

檢查。若有困难時，可通過箱蓋上安全閥拆去鄰近的兩個套管，再由此套管孔拆去其他套管，用手和燈光檢視引綫焊接處及用反光鏡透視綫圈引綫是否損壞，同時檢視螺絲有否鬆動，逐一檢查，裝完後，經過嚴格試驗而沒有發覺任何問題了，則可投入運行，不需要吊芯檢查。

第三類——從5,600~60,000千伏安，110千伏電壓級以下。這類變壓器的結構是箱蓋不連鐵芯，鐵芯單獨裝於油箱箱底上，由四個定位釘定位，上邊用舉架托於箱蓋，箱蓋上開有人孔和吊窗，起吊時可將鐵芯與箱蓋同時吊起，也可分別而吊。鐵芯上裝有穿心螺絲，以使綫圈可靠地壓緊。分接開關裝於箱壁與綫圈之間；分接開關之外套筒可上下移動，借此可檢查開關接觸的情況以及內部之質量。箱底的滾輪可沿移動的方向轉動90°，以便運輸。

綫圈到油箱壁的距离為230~300毫米，上部鐵軛到箱蓋的距离為450~500毫米，檢修人員可從箱蓋上的人孔下到油箱內進行檢查。

變壓器額定電壓為220千伏及110千伏者，工作人員可用軟梯沿高壓側箱壁下到箱底，按電業規程的規定項目進行檢查。這樣做，一般是可以达到吊芯檢查同樣的目的。220千伏電壓級，綫圈到油箱的距离大於550毫米，箱蓋到鐵軛的距离一般較小，所以下油箱時可從油箱長軸兩端進入油箱。

從這三類變壓器的情况来看，不進行吊芯檢查，而用進入變壓器內部檢查來代替，其首要條件就是綫圈與箱壁之間要有足夠的空隙。這個空隙和變壓器的電壓和容量有關，電壓越高容量越大，這個空間越大，人下去檢查也愈方便。

在現場進行變壓器不吊芯而進入其內部檢查時，必須將油箱內的變壓器油放盡。進入變壓器內部檢查的人必須是安

单位和建设单位有經驗的人；进入内部的人员須穿特制的衣褲工作服，身上不得有易掉落的物件；携带之物必須用子或带子系在身上；照明灯具应使用12伏的保安照明灯。

由于变压器是一种靜止的电机，可靠性較大，不吊鉄芯进入内部检查是能够保証质量和簡化安装过程的。

(一)吊芯前的准备工作及注意事項

1.检查鉄芯一般应在室内进行，如条件不允許而需要在室外检查时，应搭好篷布，以防临时雨雪或尘土落入。

2.在变压器四周用竹杆搭好架子，并鋪上木板，以便施工人員站在木板上装卸大盖四周的螺絲及检查鉄芯。

3.冬天检查鉄芯时，变压器运到室内后，如内部鉄芯温度比周圍温度低，必須在鉄芯检查前，使变压器停放一些時間，或采用电炉在底部加热，使变压器的温度等于或高于周圍温度 5°C ，以免在检查鉄芯时綫圈受潮。

4.鉄芯在空气中停放的时间，干燥天气（相对湿度不大于60%）不应超过16小时，潮湿天气（相对湿度不大于75%）不应超过12小时。

上述時間不包括排油和注油時間，但是带油运输的变压器排油后应立即检查鉄芯。鉄芯检查完毕后封上大盖（对第三类变压器而言），并立即注油。

雨天或雾天不宜吊芯检查，如特殊情况时只許在室内检查，而室内的温度应比室外温度高 10°C ，室内的湿度亦不应超过75%，变压器运到室内后亦应停放24小时以上。

5.起吊鉄芯所用鋼絲绳的长度应符合制造厂的要求。如无具体規定，則吊绳在起重机吊鉤处与垂直綫的角度不应大于 30° ，而鋼絲绳应挂于特制的吊环上。起吊时为了避免使鉄芯和綫圈碰撞油箱，在吊芯之前，应对变压器进行整体試

吊一次，即將變壓器稍許吊起，待不擺動時，垂直放下，再進行吊芯。

6. 無論帶油與不帶油運輸的變壓器，吊芯前應將變壓器的存油取出油樣，進行耐壓試驗及是否含水的化學分析，以便作為判斷變壓器是否受潮的參考。取油樣時可從油箱下部取油樣處取出。

不帶油運輸的變壓器，在吊芯前要準備合格的絕緣油，以免存放日久變質。對於帶油運輸的變壓器，先準備好放出變壓器內絕緣油的油桶，並濾好補充的絕緣油。

7. 準備好大小各種活扳子及需用的白布帶、黃蠟布帶、白布（約30尺）及絕緣紙板（鋼紙）等。如果變壓器是采用軟木密封墊的，則在吊芯前制作好。軟木密封墊厚度一般采用10~15毫米。先按變壓器法蘭盤鐵邊寬度切割好，切割寬度須比外圍鐵邊寬出2~3毫米。密封墊應切成斜形，斜坡長度為50毫米以上。在切好的軟木墊要用酒精漆片液浸煮。

8. 檢查人員及工作人員應將口袋內的鋼筆、証章及雜物等取出，以免掉入油箱，變壓器施工用的工具必須登記以便查對，工作人員工作時必須十分小心，不得將工具掉入油箱內。另外還需準備3雙耐油皮鞋，以便進入油箱的人員使用。

9. 對於起吊在吊環上時（對第二類變壓器而言），吊環絲扣應全部擰入。

（二）鐵芯吊出檢查：吊芯檢查的目的主要是檢查鐵芯結構和電氣絕緣有無損壞變形以及內部潔淨程度是否符合要求。

其檢查內容和進行步驟如下述：

1. 吊芯時有專人負責記錄，將發現的問題和處理的結果記錄下來。吊大蓋前先打開人孔，檢查一下，如果大蓋與鐵

芯用螺絲連接着，切换开关操作把手在大盖上时，应将这些連接螺絲卸下后才能吊起大盖。拆卸切换开关的螺絲时应做記号，并用扁錘撬开大盖，再进行起吊，吊起大盖后应仔細檢查鉄芯上的木螺絲及鉄螺絲有无松动和脫落，木支架有无損坏和变形。然后将鉄芯徐徐地吊放到預先垫好方木的地方，并把它稳固妥当。用白布擦淨綫圈、鉄芯支架及絕緣隔板，并檢查有无鉄渣等金属物附着在鉄芯上。用手擰紧木螺絲。如木螺絲有折断或缺少者，可用少油质的硬木或电木制作更換。

2. 木支架如有折断的，应用樺木等材料做成，不許用多脂的松木等材料。木材应預先干燥，并在加工后浸在热变压器油内进行浸漬处理。

3. 擰紧全部鉄螺絲后，且应打上鉋眼以免松脫。逐一擰紧綫圈压紧螺絲。綫圈兩端的絕緣楔垫如有松动或变形的，应用絕緣紙板(鋼紙)垫紧。

4. 檢查各綫圈的絕緣有无損坏，各綫圈和硅鋼片的油循环道路有无阻塞。旋轉电压切换装置，檢查切换器与傳动装置的相互动作是否正常和灵活，上下位置是否符合，其轉动触头与固定触头应接触严密，以0.05毫米厚的塞尺应塞不进。高压引出綫絕緣包层及白布松脫时，应重新包上和固定牢靠。

5. 檢查鉄芯上、下接地片接触是否良好和有无缺少及損坏。拆开接地螺絲使其不接地，在接地片上接綫，用搖表測量鉄芯对地的絕緣电阻。穿心螺絲应用长柄扳子擰紧、打上鉋眼，用500伏搖表測量穿心螺絲对地的絕緣电阻，并用1,000伏交流电耐压試驗1分钟。

穿心螺絲对地的絕緣电阻无規定标准，但判断其絕緣是

否良好时可参考表8-1所列数值。

表 8-1 穿心螺絲的絕緣电阻

工 作 电 压 (千伏)	穿心螺絲最低允許絕緣值(兆欧)
10千伏以下	2
20~35	5
110	10
154~220	20

如果不符合要求，可卸下穿心螺絲进行檢查。絕緣套管倘有损坏的地方，可在穿心螺絲上包扎几层絲絹布带之类的絕緣物。

6. 檢查鉄芯的同时应清扫油箱，其方法可利用油箱底部的少量变压器油先清洗油箱，然后用白布带将油箱擦淨。仔細檢查和清扫散热器的各个油門，并卸开散热器油門盖，轉动其閥門是否灵活。如油箱大盖法兰盘处为軟木密封垫，必須将旧有軟木垫鏟除干淨，并用洁淨的布沾上酒精清洗干淨，換以新的軟木垫。

檢查与处理完毕后，就应組織有关人員进行最后一次檢查，准备将鉄芯吊入油箱，装大盖前应放入衬垫材料，将四周螺絲穿上后，依次按对角方向擰紧或分数次循环擰紧，切不可一次在一点擰得过紧；紧到原衬垫材料厚度的 $\frac{2}{3}$ 即可。

二、套管安装

(一) 低压套管安装：变压器装上大盖后，就可以一方面注油，一方面安装低压套管。如果是采用真空注油，则需要等低压套管装上海后再注油。低压套管的安装步骤如下：

1. 將低压套管清扫干淨，用沾上酒精的白布擦洗套管下部螺絲杆，去掉螺絲杆上的渣子和鉄锈，用扳子擰动螺絲帽，使其灵活。檢查套管下部第一个螺絲帽是否紧固；如不紧，必須予以处理，否則变压器油会从橡皮垫处漏出。

2. 卸开变压器頂上低压套管处及其旁边的人孔盖，将套管下部的两个螺絲帽和垫圈取下，一人臥在变压器頂盖上，将一个垫圈放于右手心，两手伸入变压器內，另一人將低压套管徐徐放下安装。使接头螺絲棒放入垫圈，并将低压綫卷接头軟銅片的圓孔也穿入套管螺絲棒，再将另一垫圈及螺絲帽握于手心也穿入螺絲棒上。將螺絲帽擰进几扣，然后擰紧套管与頂盖的連接螺絲，最后用扳子擰紧低压套管与軟銅片接头連接的螺絲帽。在油箱內工作时，必須特別小心，切勿使物件掉入油箱內，使用的扳子等工具应用布带系于油箱外。临时工作完毕应盖上人孔盖。进入油箱的人員应将口袋內的物件取出。接綫头的螺絲帽应尽力擰紧，以免运轉时发生高热，产生故障。擰紧套管的固定螺絲时，应四周均匀地擰紧，每紧一次只能旋 $1/6$ 周，以免受力不均，损坏瓷套。

(二) 高压套管安装：根据条件的不同，可借厂房內桥式起重机或在变压器旁設立一两个木塔起吊，如能悬挂鋼絲绳，也可利用走綫滑車起吊。

安装前应先檢查套管底座密封垫是橡皮的还是軟木的，如果是軟木，事先还要用酒精漆片液浸煮。若为新装橡皮密封垫应按照所需要长度切好，用粗銼刀將橡皮的一面銼麻，再用汽油擦淨，并在粗糙面上及放橡皮的底座上涂两次橡皮胶，等稍干后即将橡皮放上，用力压紧使其粘固。

套管吊到安装位置后，先将事先穿入套管內的鍍鋅鉄綫系于綫圈引接綫接头上，用力拉鉄絲使引出綫进入套管內。

一面慢慢放下套管，一面拉出引出綫，直到接綫头全部拉出套管，最后在接綫头螺絲上插上銷子，才擰套管底座上的螺絲。当螺絲已受力时应沿四周均匀擰紧，每紧一次螺絲，只能轉 $1/6$ 圈，并不得将扳子任意加长。

三、散热器安装 散热器安装前应进行滲漏試驗，并冲洗散热器內的鉄锈、焊渣等杂物。

散热器的滲漏試驗，是将散热器平放在地上，使法兰盘口朝上，将一个法兰盘口密封，在另一个法兰盘口接鉄管，注入变压器油，使高出 3 米，檢查散热器各处是否有滲油、漏油現象。如发现有滲漏处，須将油放出，用气焊焊补。

經过滲漏試驗后，可用木錘輕輕敲打散热器，使散热器鉄管內壁的焊渣和鉄锈落下，設法除去，再用油循环冲洗散热器，直至油中沒有杂物、絕緣强度能保持在 40 千伏以上时为止。冲洗完毕将油放出，并立即临时封堵散热器的两端，以免灰尘、水分及其他杂物落入。

散热器安装的主要工作是起吊，根据各地区条件的不同，起吊方式也各不一致，最好的办法是利用厂房內桥式起重机起吊，如果在屋外安装时可用木扒杆，或者利用构架綁上鋼绳，采用走綫滑輪方式起吊。安装散热器时先核对散热器的編号，也可从量度散热器和油箱上下法兰盘中心間距离来編号。将散热器运到变压器油箱旁并卸开散热器两端管口的封堵法兰盘。吊装散热器时，可使两人在变压器頂上，两人在地上将散热器上端先装入螺絲，然后装下端，再往里推就容易装上了。紧螺絲帽时应特別注意，不可过松和过紧，松了容易漏油，紧了就会压坏盘根，阻止油門开关。

装散热器时，如法兰盘孔与螺絲对不准，可以先将上部螺絲松开，再将散热器左右搖动，使下部螺絲孔亦套入螺